

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES**



**EFICIENCIA DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS**  
**SERVIDAS POR EL HUMEDAL EL AGUAJAL EN LA LOCALIDAD DE**  
**MAPRESA - NARANJILLO**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PATSY MORENO LÓPEZ**

**PROMOCIÓN 2010-I**

**Tingo María - Perú**

**2013**



**P10**  
**M79**

**Moreno López, Patsy**

Eficiencia de la remoción de contaminantes de las aguas servidas por el humedal el aguajal en la localidad de Mapresa – Naranjillo - Tingo María 2013

70 páginas; 22 cuadros; 14 figuras.; 24 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniería Ambiental) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

- |                          |                         |                      |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| <b>1. REMOCIÓN</b>       | <b>2. CONTAMINANTES</b> | <b>3. HUMEDAL</b>    |
| <b>4. AGUAS SERVIDAS</b> | <b>5. AGUAJAL</b>       | <b>6. EFICIENCIA</b> |



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María - Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 11 de noviembre del 2013, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento de Ciencias Ambientales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

### **“EFICIENCIA DE LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS SERVIDAS POR EL HUMEDAL EL AGUAJAL EN LA LOCALIDAD DE MAPRESA - NARANJILLO”**

Presentado por la Bachiller: **PATSY MORENO LÓPEZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

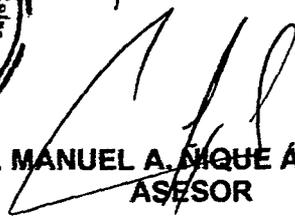
En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 22 de noviembre de 2013.

  
Ing. M.Sc. **LUCIO MANRIQUE DE LARA**  
**PRESIDENTE**

  
Ing. **JOSÉ LUIS PAREDES SALAZAR**  
**VOCAL**

  
Ing. **VÍCTOR M. BETETA ALVARADO**  
**VOCAL**

  
**DR. MANUEL A. NIQUE ÁLVAREZ**  
**ASESOR**



## DEDICATORIA

A mi papá Tercero, por enseñarme siempre a salir de alguna dificultad y ser fuente de energía en mi vida.

A mi mamá Zoila, por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado y por ser mi motor y motivo para salir adelante.

A mis hermanos Withman, Dory, Lina, Deysi y Gabriel de los cuales aprendí de momentos difíciles a estar siempre juntos.

A mi tío Lincoln por ser un segundo padre, por la ayuda que siempre me dio.

A mi amiga Arellí y Rafael por estar siempre conmigo.

## **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 Dr. Manuel Ñique Álvarez, patrocinador del presente trabajo.

Al Ing. Richar Sias, por el apoyo durante la ejecución del presente trabajo.

A mi mama Blanca por el apoyo durante la culminación del presente trabajo.

A mis amigos Alain Acosta, Gina Ramos, Paulo Molina y Noé Espinoza por el apoyo durante la realización del presente trabajo.

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

## INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.1.1. Objetivos específicos .....	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Calidad del agua.....	3
2.1.1. Indicadores fisicoquímicos de la calidad del agua .....	4
2.1.2. Indicadores microbiológicos de la calidad del agua .....	10
2.2. Componentes básicos de un humedal.....	11
2.3. Funciones de los humedales .....	12
2.4. Tipos de humedales .....	12
2.5. Componentes de un humedal.....	12
2.5.1. Agua.....	13
2.5.2. Substratos, sedimentos y restos de vegetación.....	13
2.5.3. Vegetación .....	14
2.5.4. Microorganismos.....	14
2.6. Descripción de los mecanismos de la vegetación para depurar agua en un humedal .....	15
2.6.1. Transferencia de oxígeno a la columna de agua .....	15
2.6.2. Remoción de nitrógeno del agua residual.....	16
2.6.3. Remoción de sólidos suspendidos.....	16

2.6.4.	Remoción de $DBO_5$ .....	17
2.6.5.	Remoción de coliformes fecales .....	18
2.7.	Tiempo de retención hidráulica.....	19
2.8.	Índice de calidad del agua (ICA).....	20
2.8.1.	ICA propuesto por DINIUS (1987).....	20
2.9.	Normas Nacionales .....	22
2.9.1.	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, D.S.N°002-2008-MINAM.....	22
2.9.2.	Categoría 4. Conservación del ambiente acuático - Sub Categoría: Ríos de la Selva .....	22
III.	MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1.	Descripción de la zona de trabajo.....	24
3.1.1.	Ubicación .....	24
3.1.2.	Condiciones climáticas.....	25
3.2.	Materiales .....	25
3.3.	Metodología.....	25
3.3.1.	Estaciones de muestreo.....	25
3.3.2.	Recolección de muestras.....	27
3.3.3.	Evaluación de los parámetros fisicoquímicos .....	28
3.3.4.	Evaluación de los parámetros microbiológicos .....	29

3.3.5.	Determinación del tiempo de retención hidráulica del humedal el Aguajal.....	30
3.3.6.	Determinación del índice de calidad del agua (ICA) .....	31
3.3.7.	Eficiencia para la remoción de contaminantes .....	32
3.4.	Diseño Experimental.....	32
3.5.	Análisis estadístico .....	33
IV.	RESULTADOS .....	34
4.1.	Parámetros fisicoquímicos del agua del humedal el Aguajal .....	34
4.1.1.	Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos.....	34
4.1.2.	Análisis de Varianza de los parámetros fisicoquímicos.....	35
4.1.3.	Inventario de fuentes contaminantes .....	39
4.2.	Parámetros microbiológicos del agua del humedal el Aguajal.....	41
4.2.1.	Análisis descriptivo de los parámetros microbiológicos .....	41
4.2.2.	Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos.....	42
4.2.3.	Correlación de Pearson de los parámetros microbiológicos .....	44
4.3.	Correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	44
4.4.	Tiempo de retención hidráulica del humedal el Aguajal.....	45
4.5.	Índice de calidad del agua (ICA).....	46

4.6. Remoción de contaminantes en las estaciones del humedal el Aguajal.....	47
V. DISCUSIÓN .....	49
5.1. Indicadores de la calidad del agua .....	49
5.2. Tiempo de Retención.....	52
5.3. Índice de Calidad del Agua .....	52
5.4. Eficiencia en la remoción de contaminantes.....	53
VI. CONCLUSIONES .....	54
VII. RECOMENDACIONES.....	56
VIII. ABSTRACT.....	57
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
X. ANEXO.....	61

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Calidad del agua por el nivel de oxígeno disuelto (mg/L) .....	5
2. Funciones de los subíndices y pesos relativos de los parámetros del ICA de DINIUS (1987) .....	21
3. Clasificación del ICA en función al uso pesca y vida acuática, según DINIUS (1987) .....	22
4. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas de uso de conservación del ambiente acuático .....	23
5. Principales características fisiográficas del humedal el Aguajal .....	24
6. Ubicación de las estaciones de muestreo del humedal el Aguajal .....	25
7. Funciones de los subíndices y ponderaciones de cada parámetro para el cálculo del ICA del humedal El Aguajal .....	32
8. Medidas descriptivas de los parámetros fisicoquímicos .....	34
9. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos por estaciones .....	36
10. Prueba de Duncan para comparaciones múltiples de $DBO_5$ .....	36
11. Prueba de Duncan para comparaciones múltiples de OD .....	37
12. Prueba de Duncan para comparaciones múltiples de TURBIDEZ .....	38
13. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos .....	39
14. Medidas descriptivas de los parámetros microbiológicos .....	41
15. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos .....	43
16. Prueba de Duncan para comparaciones múltiples de coliformes totales .....	43
17. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros microbiológicos .....	44

18. Análisis de Correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	45
19. Caudal promedio en cada estación .....	45
20. Tiempo de retención hidráulica por estación .....	46
21. Calculo del ICA en las estaciones del humedal el Aguajal .....	46
22. Eficiencia de la remoción de contaminantes.....	47
23. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de las estaciones del humedal el Aguajal .....	62
24. Resultados de los parámetros microbiológicos de las estaciones del humedal el Aguajal .....	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Los tres componentes básicos que definen un humedal (MITSCH y GOSSELINK, 2000).....	11
2. DBO5 de entrada contra DBO5 de salida en humedales artificiales (LARA, 1999).....	18
3. Ubicación de zona de estudio.....	26
4. Imagen satelital de la ubicación de la zona de muestreo del humedal el Aguajal.....	27
5. Punto de muestreo .....	33
6. Puntos de muestreo.....	33
7. Variación de los promedios de los parámetros fisicoquímicos en cada estación .....	35
8. Variación del promedio de DBO <sub>5</sub> en cada estación .....	37
9. Variación del promedio de OD en cada estación.....	38
10. Variación del promedio de TURBIDEZ en cada estación .....	39
11. Variación de los promedio de los coliformes totales .....	42
12. Variación de los promedio de los coliformes fecales .....	42
13. Clasificación de la calidad del agua del humedal el Aguajal en las estaciones de conservación del ambiente acuático, según el ICA de Dinius (1987) .....	47
14. Concentración de contaminantes en las estaciones del humedal el Aguajal.....	48
15. Estaciones de monitoreo y toma de muestra del humedal el "Aguajal" .....	65

16. Toma de muestra y medición del oxígeno disuelto en las zonas de muestreo.....	65
17. Procedimientos de análisis fisicoquímico y microbiológico.....	66
18. Resultado de analisis de muestreo.....	67
19. Plantas indicadores de contaminación en la estación uno (01).....	68
20. Plantas indicadores de contaminación en la estación uno (01).....	68
21. Ubicación de la estación dos (02) puente a Incari.....	69
22. Medición del ancho de la estación tres (03) puente a Incari.....	69
23. Fuente de contaminación en la estación tres (03) zona de carpintería.....	70
24. Muestreando parámetros in situ en la estación cuatro (04) carretera marginal.....	70

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes de las aguas servidas por el humedal el Aguajal ubicadas en la localidad de Mapresa – Naranjillo a partir de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, tiempo de retención e ICA en 4 estaciones de muestreo. Los parámetros fisicoquímicos tales como OD y DBO<sub>5</sub> en las estaciones de muestreo y en la estación 1 los promedios de CT (> 1100 NMP/100 mL), no se encuentran dentro de los estándares nacionales de agua para uso de conservación del ambiente acuático. En cuanto al tiempo de retención se puede observar que en la estación 2, 3 y 4 es 4.18, 2.76 y 2.47 min. En cuanto al ICA, en la estación 1 y 3 se obtuvo 34.5, 37.9 clasificándose como fuertemente contaminado, en la estación 2 y 4 se obtuvo 55.89 y 51 clasificándose como levemente contaminado. En el periodo de estudio el agua del humedal el Aguajal la eficiencia en remoción de contaminantes evaluados para este caso de CT de un 90.9%, CCT de un 78.71% y de DBO<sub>5</sub> de 99.46 %.

**Palabras claves:** *Eficiencia, Remoción, Contaminantes, Aguajal.*

## 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.

El humedal el Aguajal recibe estas aguas servidas provenientes de los desagües, crianza de animales, agricultura que la población ha generado, ocasionando deterioros de la conservación del ambiente acuático que existe en este lugar, de las cuales han afectado su calidad y alterando el normal comportamiento, limitando su uso y deteriorando el valor ecológico del recurso hídrico del lugar.

Entre las principales causas que afectan su calidad del agua del humedal el Aguajal, está la escasa cultura conservacionista, crecimiento desordenado, uso de sustancias tóxicas en la agricultura, falta de sistema de evacuación y tratamiento de aguas servidas y manejo inadecuado de residuos sólidos.

Actualmente el humedal el Aguajal es receptor de las aguas servidas de poblaciones aledañas, esto se agrava por la escasa educación, cultura ambiental y sanitaria de la población, lo cual conlleva a tener un agua levemente contaminada para uso de conservación del ambiente acuático.

El agua del humedal el Aguajal está dedicada a múltiples usos incluyendo la recreación y pesca de parte de la población aledaña, por ello, la calidad de su agua es de gran interés y preocupación pública; debido a que no existe información sobre la remoción de contaminantes por aguas servidas en el humedal el Aguajal en trabajos de investigación, ante esto surgió la interrogante: ¿Cuál es la eficiencia del humedal el Aguajal de la localidad de Mapresa – Naranjillo en la remoción de los contaminantes de las aguas servidas?, Como hipótesis planteamos lo siguiente: que la eficiencia de remoción de contaminantes de las aguas servidas por el humedal el Aguajal es de un 80%.

### **1.1. Objetivo general**

- Evaluar la eficiencia de la remoción de contaminantes de las aguas servidas por el humedal El Aguajal en la localidad de Mapresa –Naranjillo.

#### **1.1.1. Objetivos específicos**

- Determinar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las estaciones de muestreo
- Estimar el tiempo de retención hidráulica del humedal el Aguajal.
- Determinar el índice de calidad del agua en las estaciones de muestreo del humedal el Aguajal.

## **II. REVISION 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 utiliza el agua por humanos o vida silvestre (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 (físicoquímica o microbiológica), no se encuentre dentro de los límites establecidos (GONZÁLES y GUTIÉRREZ, 2005).

### **2.1.1. Indicadores físicoquímicos de la calidad del agua**

#### **2.1.1.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

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<sub>5</sub> 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).

Para determinar la DBO<sub>5</sub> en zonas con alta carga de contaminantes se debe de utilizar diluciones para ello utilizamos la siguiente fórmula:

$$DBO_5 = (OD_{muestra} - OD_{dilución}) + \left(\frac{Vb}{Vm}\right) * (OD_{dilución} - OD_{final}) \quad (1)$$

### 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 donde se puede apreciar en el cuadro 1 donde vemos la calidad del agua por el nivel de oxígeno disuelto (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 ácido - 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. Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

El contenido de sólidos suspendidos totales del agua depende principalmente de los carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos de calcio, magnesio, sodio y potasio. Se recomienda límites de 500 - 1000 mg/L pero en regiones con aguas altamente mineralizadas se acepta 1500 mg/L. El estándar está basado en condiciones de sabor y adaptabilidad al consumo de agua para obviar los efectos fisiológicos observados en consumidores no acostumbrados a aguas de alto contenido de mineral. Aguas con concentraciones muy alto tienen efectos laxantes y no mitigan la sed. Su valor está asociado generalmente con el sabor, corrosividad, la dureza e incrustaciones en las tuberías de conducciones de agua. Las concentraciones aceptables en agua para peces, de aguas dulces, pueden oscilar entre 2000 a 10000 mg/L según la especie (ROMERO, 1998).

Son aquellos que son visibles y flotan en las aguas, y pueden ser removidos por medios físicos y mecánicos a través de procesos de filtración o sedimentación, se incluyen en estas clasificaciones las grandes partículas que flotan tales como arcilla, sólidos fecales, restos de papel, madera u otra materia orgánica en descomposición, basura lo que son en un 70% orgánico. Las

sustancias filtrables, son sustancias retenidas por un filtro estándar con poro de 0.45  $\mu\text{m}$  donde sus unidades, son unidades por litro (RHEINHEIMER, 1999).

Fórmula:

$$\text{STS. Gr./It} = (A - B) \times 1000 / \text{volumen de la muestra} \quad (2)$$

Dónde:

$$A = (\text{peso del filtro} + \text{residuo seco (g)}) \quad (2)$$

$$B = \text{peso del filtro (g)} \quad (3)$$

Para determinar los sólidos totales suspendidos de una muestra obtenida, se puede determinar por el método más simple, denominados diferencias de pesos (SEOANEZ, 1999; RHEINHEIMER, 1999).

#### **2.1.1.6. Fosfatos**

Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan sólo 1 gramo de fosfato-fósforo ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) provoca el crecimiento de hasta 100 g de algas. Cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de alrededor de 150 gramos. Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 0,1-0,2 mg/l  $\text{PO}_4\text{-P}$  en el agua corriente y entre 0,005-0,01 mg/l  $\text{PO}_4\text{-P}$  en aguas tranquilas (OMS, 1998).

### **2.1.1.7. Nitratos**

El nitrógeno es esencial para todos los organismos; es parte fundamental de moléculas como proteínas y ácidos nucleicos y es un nutriente indispensable en el crecimiento de organismos fotosintéticos (OMS, 1998).

El exceso de nutrientes, nitrógeno y fósforo en el agua provoca que las plantas y otros organismos crezcan. Cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo su calidad. Durante su crecimiento y su putrefacción, consumen una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido (OMS, 1998).

Los nitratos se pueden transformar en nitritos en función de reacciones químicas y biológicas del aparato digestivo. Los nitritos pasan rápidamente a la sangre y se fijan a la hemoglobina impidiendo la oxigenación de los tejidos. Esta enfermedad, metahemoglobinemia perjudica principalmente a niños. Los iones nitrito pueden formar compuestos nitrogenados en el organismo, que, en un porcentaje elevado, hay indicios de que sean cancerígenos (OMS, 1998).

Los nitritos no son aceptables en las aguas potables. Proceden de la oxidación incompleta del amoníaco y de la reducción bacteriana incompleta de los nitratos. Un agua que contenga nitritos puede considerarse un agua contaminada por materias fecales (OMS, 1998).

Finalmente, las bacterias Nitrobacter llevan a cabo la reacción de nitrito  $\text{NO}^2$ , nitratos  $\text{NO}^3$ , consumiendo oxígeno. Se eliminan en intercambios

propios del metabolismo de las plantas, mediante bacterias que utilizan el nitrato como alimento, absorbiendo el oxígeno y liberando el nitrógeno. En medios con muy altas concentraciones de nitratos, del orden de 3.000 a 4.000 mg/l, el equilibrio puede retornar, convirtiéndose los nitratos en nitritos y amoniacos (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  $36 \pm 1$  °C 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).

## 2.2. Componentes básicos de un humedal

Los humedales se definen como aquellos ecosistemas que se distinguen por la presencia de suelos saturados, con la existencia permanente de agua (salada, salobre o dulce), en cuya superficie se desarrolla una vegetación adaptada a esta condición y en la cual quedan excluidas especies vegetales intolerantes a largos periodos de inundación (MITSCH y GOSSELINK, 2000).

Los tres componentes básicos que se debe tener en cuenta en la definición de un humedal aparecen en la Figura 1.

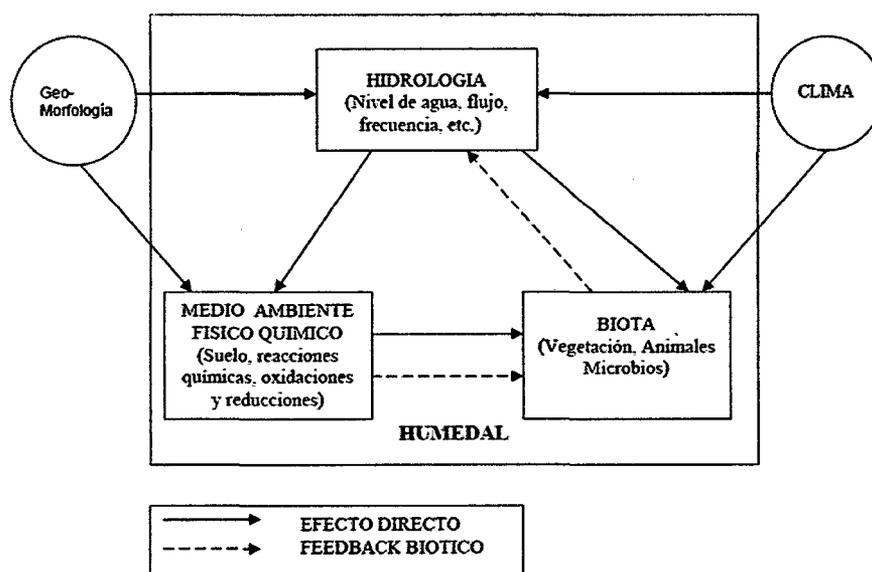


Figura 1. Los tres componentes básicos que definen un humedal (MITSCH y GOSSELINK, 2000)

### **2.3. Funciones de los humedales**

Generalmente los humedales son considerados tierras inservibles, idea que arranca de la ignorancia o apreciaciones erróneas del valor de sus bienes y servicios esto ha redundado en su conversión para destinarlos para usos agropecuarios, industriales o residenciales. Así, las aspiraciones individuales de los agricultores o constructores han estado respaldadas por políticas y subvenciones gubernamentales (WRI *et al.*, 1994).

Según LAHORA (2000) y WANG *et al.* (1997), los parámetros para evaluar la eficiencia de depuración de aguas son los siguientes: carga orgánica (demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno), sólidos suspendidos, nitritos, fósforo y Coliformes fecales, presentes en el efluente del agua residual.

### **2.4. Tipos de humedales**

Existen dos tipos de humedales diseñados para el tratamiento de aguas residuales, humedales de flujo subsuperficial (SFS) y superficial (SF). En el denominado de flujo superficial, el agua circula por sobre la superficie del substrato y, en el de flujo subsuperficial, el agua circula a nivel de la superficie del lecho o por debajo del substrato (ÑIQUE, 2002).

### **2.5. Componentes de un humedal**

Los humedales construidos consisten en una cubeta que contiene agua, substrato y plantas emergentes. Estos componentes pueden manejarse en la construcción del humedal, mientras otros componentes como las

comunidades de microbios y vertebrados e invertebrados se desarrollan naturalmente (ÑIQUE, 2000; LARA, 1999).

### **2.5.1. Agua**

ÑIQUE (2000) define a la hidrología como el factor de diseño más importante en un humedal construido, porque reúne todas las funciones del humedal y porque es, a menudo, el factor primario en el éxito o fracaso del tratamiento de aguas. La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, primero, obstruyendo el flujo y haciendo sinuoso el movimiento del agua, a través de la red de tallos, hojas, raíces, y rizomas; y segundo, bloqueando la exposición del agua al viento y al sol.

### **2.5.2. Substratos, sedimentos y restos de vegetación**

LARA (1999) sostiene que el substrato, sedimentos y restos de vegetación soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal, en especial, las plantas y los microorganismos responsables de transformaciones químicas y biológicas, además proporcionan una fuente de almacenamiento para muchos contaminantes presentes en el agua residual. COLEMAN *et al.* (2000) señalan que la grava tiene la habilidad de mejorar la calidad del efluente mediante la fijación de sólidos suspendidos y formación de biopelículas bacterianas en la superficie de ella.

GOPA (1999) indica que la acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal, representando una fuente de carbono que permite algunas de las más importantes reacciones biológicas en el humedal.

### **2.5.3. Vegetación**

Según SHANNON *et al.* (2000), las plantas disminuyen la velocidad de circulación del agua, permitiendo que los sólidos suspendidos se depositen o precipiten; estabilizan los sustratos y además, al morir, se deterioran dando lugar a restos de vegetación que constituyen una fuente de carbono necesaria para la mayoría de las reacciones químicas y biológicas desarrolladas en un humedal. Además, según COLEMAN *et al.* (2000), las plantas incrementan el volumen de porosidad de los humedales, aumentando la capacidad de filtro. A lo anterior, se puede agregar que proporcionan estética al lugar en que se encuentran.

### **2.5.4. Microorganismos**

La eficiencia de las transformaciones de la materia orgánica e inorgánica en sus diversas formas se debe a la actividad metabólica de los microorganismos, tales como las bacterias, levaduras, hongos, y protozoarios, que consumen gran parte del carbono orgánico y muchos nutrientes (LARA, 1999).

ÑIQUE (2000) indica que por medio de la actividad microbiana se realizan transformaciones de un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas. Además, los microbios están involucrados en los ciclos de reciclaje de nutrientes.

## **2.6. Descripción de los mecanismos de la vegetación para depurar agua en un humedal**

Se ha demostrado que uno de los principales factores de depuración en los humedales son los helófitos (plantas capaces de arraigar en suelos anegados o encharcados, con una parte sumergida y otra aérea). Debido a su particular fisiología y ecología, estas plantas tienen la capacidad de depurar el agua mediante la asimilación directa de nutrientes, en especial nitrógeno y fósforo que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal. Además de este efecto directo, los helófitos son capaces de transportar oxígeno en grandes cantidades desde los tallos hacia las raíces y rizomas, contribuyendo a los procesos de depuración (COLEMAN *et al.*, 2000).

### **2.6.1. Transferencia de oxígeno a la columna de agua**

Según LAHORA (2000), los humedales pueden considerarse como un reactor biológico, con aireación natural, en el que las plantas toman oxígeno de su parte aérea para introducirlo en el substrato a través de los rizomas, creando de esta forma un ambiente que favorece los procesos de depuración, al aumentar los niveles de oxígeno en el substrato. Dentro de estos procesos se encuentran la descomposición de la materia orgánica, nitrificación, desnitrificación, precipitación de fosfatos y muerte de patógenos.

La disminución de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO), están relacionadas con la remoción de la materia orgánica, que se realiza tanto por su deposición y fijación en el substrato, como por procesos anaerobios y aerobios; cabe destacar que estos

últimos dependen del oxígeno disponible y la acción de los microorganismos presentes en las biopelículas formadas en las raíces (ÑIQUE, 2000).

### **2.6.2. Remoción de nitrógeno del agua residual**

Según SHANNON *et al.* (2000), la remoción de nitrógeno total aumenta en el tiempo a medida que se va generando una mayor densidad de plantas en el humedal. Además, sugieren que hay una mayor remoción en los meses de verano cuando las plantas están en pleno crecimiento.

Según ÑIQUE (2000), la remoción de nitrógeno por parte de las plantas puede llegar a alcanzar valores de hasta un 80%, cuando las plantas se han desarrollado completamente. SHANNON *et al.* (2000) señalan que el rol primario de las plantas es respaldar los procesos de nitrificación y desnitrificación. Con respecto a la asimilación directa de nutrientes por parte de las plantas, raramente excede el 20 o 25% del nitrógeno total.

### **2.6.3. Remoción de sólidos suspendidos**

La remoción de sólidos suspendidos es efectiva en los humedales artificiales, produciendo efluentes con concentraciones inferiores a 10 mg/L.

Los mecanismos de remoción son por sedimentación y filtración en el substrato. Las plantas contribuyen a estos procesos, disminuyendo la velocidad de circulación del agua (SHANNON *et al.*, 2000).

Según GERGSBERG *et al.* (1984), la remoción de sólidos suspendidos en el agua residual de humedales con vegetación y sin vegetación. Resultó que no había diferencias en las concentraciones de sólidos

en los dos ensayos, por lo que concluyeron que la reducción de sólidos suspendidos era un proceso netamente físico, independiente de las plantas.

#### **2.6.4. Remoción de DBO<sub>5</sub>**

En los sistemas de humedales la remoción de materia orgánica sedimentable es muy rápida, debido a la quietud en los sistemas tipo de flujo libre (FWS) y a la deposición y filtración en los sistemas de flujo subsuperficial (SFS), donde cerca del 50% de la DBO<sub>5</sub> aplicada es removida en los primeros metros del humedal. Esta materia orgánica sedimentable es descompuesta aeróbica o anaeróbicamente, dependiendo del oxígeno disponible. El resto de la DBO<sub>5</sub> se encuentra en estado disuelto o en forma coloidal y continúa siendo removida del agua residual al entrar en contacto con los microorganismos que crecen en el sistema. Esta actividad biológica puede ser aeróbica cerca de la superficie del agua en los sistemas de flujo libre (FWS) y cerca de las raíces y rizomas en los sistemas de flujo subsuperficial (SFS), pero la descomposición anaerobia prevalece en el resto del sistema (LARA, 1999).

La Figura 2 ilustra la DBO<sub>5</sub> a la entrada contra la DBO<sub>5</sub> a la salida para sistemas de humedales en Norte América recibiendo agua residual de variada calidad, desde primaria hasta terciaria (LARA, 1999).

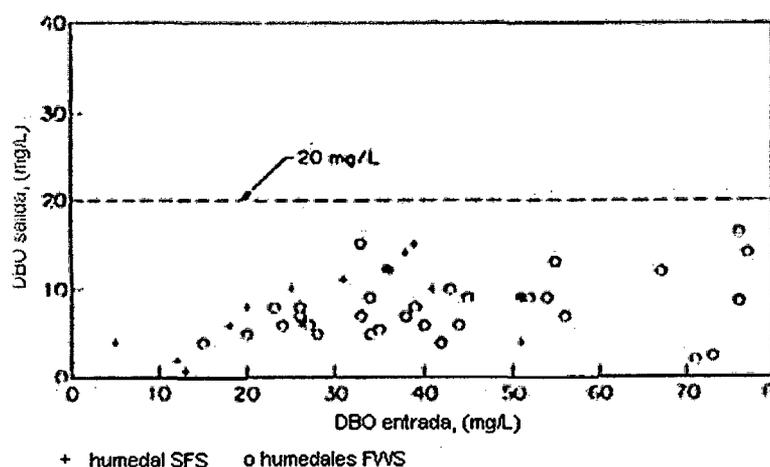


Figura 2. DBO<sub>5</sub> de entrada contra DBO<sub>5</sub> de salida en humedales artificiales (LARA, 1999)

En climas relativamente cálidos, la remoción de DBO<sub>5</sub> observada durante los primeros días es muy rápida y puede ser razonablemente aproximada a una relación de flujo a pistón de primer orden. La remoción subsiguiente está más limitada y se cree que está influida por la producción de DBO<sub>5</sub> residual debida a la descomposición de los residuos de las plantas y otra materia orgánica natural presente en el humedal. Esto hace a estos sistemas únicos, ya que se produce DBO<sub>5</sub> dentro del sistema y a partir de fuentes naturales, por tanto, no es posible diseñar un sistema para una salida de cero DBO<sub>5</sub>, independientemente del tiempo de retención hidráulica. En términos generales la DBO<sub>5</sub> del efluente puede estar entre 2 y 7 mg/L, lo que explica los valores bajos, en la porción inferior izquierda del gráfico (LARA, 1999).

#### 2.6.5. Remoción de coliformes fecales

Los humedales artificiales son en general, capaces de una reducción de coliformes fecales de entre uno a dos logaritmos con tiempos de

retención hidráulica de 3 a 7 días que en muchos casos no es suficiente para satisfacer los requisitos de la descarga que a menudo especifican <200NMP/100 mL (LARA, 1999).

Cuando se presentan eventos intensos de lluvia, los picos de caudal influyen negativamente en la eficiencia de remoción de coliformes fecales. Como resultado, la mayoría de los sistemas utilizan alguna forma de desinfección final. En la instalación antes citada, que cuenta como medio con grava fina de río los coliformes fecales se han reducido de  $8 \times 10^4$  NMP /100 mL a 10/100 mL de media (LARA, 1999).

## 2.7. Tiempo de retención hidráulica

Según LARA (2009), el tiempo de retención hidráulica en el humedal puede ser calculado con la siguiente expresión:

$$t = \frac{LWyn}{q} \quad (7)$$

Dónde:

- L: Largo de la celda del humedal, m
- W: Ancho de la celda del humedal, m
- y: Profundidad de la celda del humedal, m
- n: porosidad, o espacio disponible para el flujo del agua a través del humedal. La vegetación y los residuos ocupan algún espacio en los humedales tipo de sistema de flujo libre (FWS), y el medio, raíces y otros sólidos hacen lo mismo en los del tipo de sistema de flujo subsuperficial (SFS). La porosidad es un porcentaje expresado como decimal.

Q: Caudal medio a través del humedal, m<sup>3</sup>/d

$$Q = \frac{Q_e + Q_o}{2} \quad (2)$$

Dónde: Q<sub>e</sub>: Caudal de salida, m<sup>3</sup>/d

Q<sub>o</sub>: Caudal de entrada, m<sup>3</sup>/d

## 2.8. 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 agua que expresa qué tan adecuado es para un uso específico (LEÓN, 2000).

### 2.8.1. 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:

$$\boxed{ICA = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} = (I_1^{W_1})(I_2^{W_2}) \dots (I_n^{W_n})} \quad (5)$$

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 (1987).

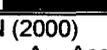
Cuadro 2. Funciones de los subíndices y pesos relativos de los parámetros del ICA de DINIUS (1987)

Parámetro	Función del subíndice ( $I_i$ )	Peso relativo ( $W_i$ )
Coliformes Termotolerantes	$I_{CTT} = 106 (CTT)^{-0.1286}$ Si $CTT > 10^5/100\text{mL}$ , $I_{CTT} = 2$	16%
OD % saturación	$I_{OD} = 0.82(OD) + 10.56$ Si $\% OD > 140$ , $I_{OD} = 5$	15%
DBO <sub>5</sub>	$I_{DBO} = 108 (DBO_5)^{-0.3494}$ Si $DBO_5 > 30 \text{ mg/L}$ , $I_{DBO} = 2$	14%
Coliformes Totales	$I_{CT} = 136 (CT)^{-0.1311}$ Si $CT > 10^5/100\text{mL}$ , $I_{CT} = 2$	12%
Nitratos	$I_{NO_3} = 125 (NO_3)^{-0.2718}$	12%
Temperatura	$I_T = 10^{2.004 - 0.0382(\Delta T)}$	11%
pH	Si $6.9 \leq \text{pH} \leq 7.1$ : $I_{pH} = 100$ Si $\text{pH} < 6.9$ : $I_{pH} = 10^{0.6803+0.1856(\text{pH})}$ Si $\text{pH} > 7.1$ : $I_{pH} = 10^{3.65 - 0.2216(\text{pH})}$ Si $12 < \text{pH} < 2$ , $I_{pH} = 0$	11%
Turbiedad	$I_{Turb} = e^{(4.561 - 0.0196Turb)}$ Si Turbiedad $> 100$ , $I_{Turb} = 5$	9%

Fuente: LEÓN (2000)

En el Cuadro 3 se presenta los rangos de clasificación del ICA de DINIUS (1987) en función al uso recreacional.

Cuadro 3. Clasificación del ICA en función al uso pesca y vida acuática, según DINIUS (1987)

Rango	Color	Letra	Descripción
70 – 100		E	Pesca y vida acuática abundante
60 – 70		A	Límite para peces muy sensitivos
50 – 60		LC	Dudosa la pesca sin riesgos a la salud
40 – 50		C	Vida acuática limitada a especies muy resistentes
30 – 40		FC	Inaceptable para actividad pesquera
0 – 30		EC	Inaceptable para vida acuática

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).

## 2.9. Normas Nacionales

### 2.9.1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, D.S.N°002-2008-MINAM

Cada uso exige un tipo de agua con calidad determinad. En base al D.S. N° 002-2008-MINAM, se precisa la siguiente categoría de uso para conservación del ambiente acuático.

### 2.9.2. Categoría 4. Conservación del ambiente acuático - Sub Categoría: Ríos de la Selva

En el cuadro 4 se presentan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas de uso de conservación del ambiente acuático.

Cuadro 4. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas de uso de conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidades	Rios
		Selva
<b>Físico y químicos</b>		
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<10
Temperatura	Celsius	
Oxígeno Disuelto	mg/L	>5
pH	Unidad	
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	<25 - 400
<b>Inorganicos</b>		
Fosfatos Total	mg/L	0,5
Nitratos(N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	10
<b>Microbiologicos</b>		
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	2000
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	3000

NOTA: Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis.  
MP/100mL: Número más probable de 100 mL

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan tomar depósitos de sedimentos a las orillas o en el fondo, que puedan ser detectadas como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Descripción de la zona de trabajo

El humedal el Aguajal es un cuerpo receptor de las aguas servidas provenientes de la población de Supte San Jorge, de las utilizadas en la agricultura y de la chanchería ubicada en Mapresa – Naranjillo, cuyas principales dimensiones se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Principales características fisiográficas del humedal el Aguajal

Características	Unidad	Dimensión
Área	Ha	57
Perímetro	Km	4.4
Longitud total	Km	1.9
Ancho máximo	m	3
Ancho mínimo	m	0.5
Ancho promedio	m	2.29
Profundidad máxima	m	0.83
Profundidad promedio	m	0.38

Fuente: Elaboración propia

##### 3.1.1. Ubicación

El presente trabajo se realizó en cuatro zonas de las aguas del humedal el Aguajal de la localidad de Mapresa – Naranjillo que está ubicado al margen derecha de la carretera Fernando Belaunde (marginal de la selva) en dirección Tingo María – Pucallpa.

Dichas muestras se trasladaron al laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS).

### 3.1.2. Condiciones climáticas

Respecto al clima del área de estudio, se realizó el presente trabajo desde Noviembre a Abril de 2013, en épocas de invierno con una precipitación promedio de 0.89 mm durante el tiempo que se recolectaron las muestras (ESTACION C.P.T.M.- UNAS).

### 3.2. Materiales

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

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Estaciones de muestreo

En el humedal el Aguajal se establecieron cuatro (04) zonas de muestreo en base al transcurso natural de las aguas servidas que interceptan el humedal para que posteriormente estas aguas terminen en el Rio Huallaga que se muestran en el cuadro 6 que es la ubicación de las estaciones de muestreo en el humedal el Aguajal.

Cuadro 6. Ubicación de las estaciones de muestreo del humedal el Aguajal

Estaciones	Fuente	Coordenadas UTM Zona 19 (WGS84)	
		Este	Norte
Z1	Chanchería	391631	8975102
Z2	Puente a Incari	391336	8975937
Z3	Zona de Carpintería	391377	8976157
Z4	Puente Carretera Marginal	391223	8976261

Fuente: Elaboración propia (2013)

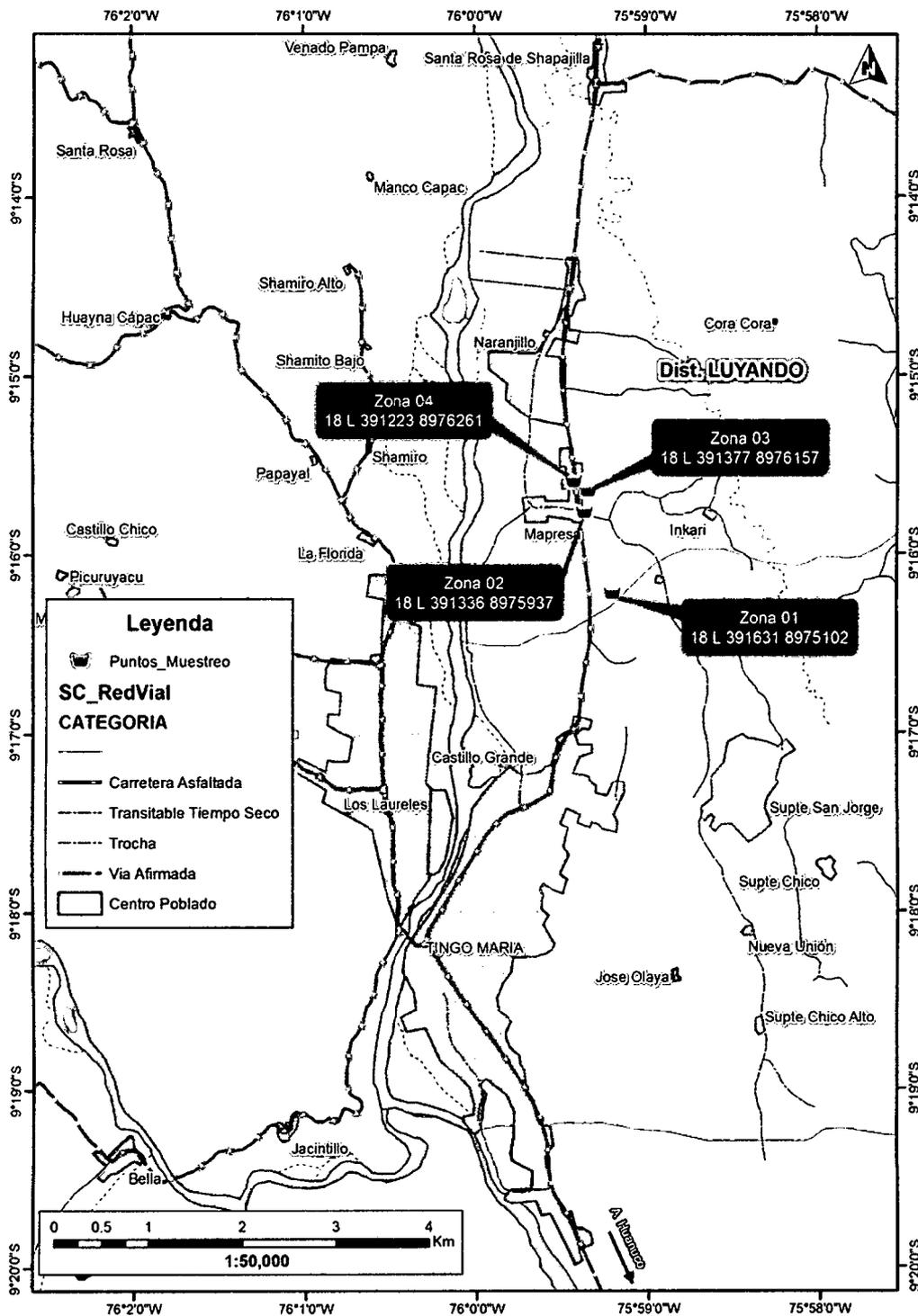


Figura 3. Ubicación de zona de estudio

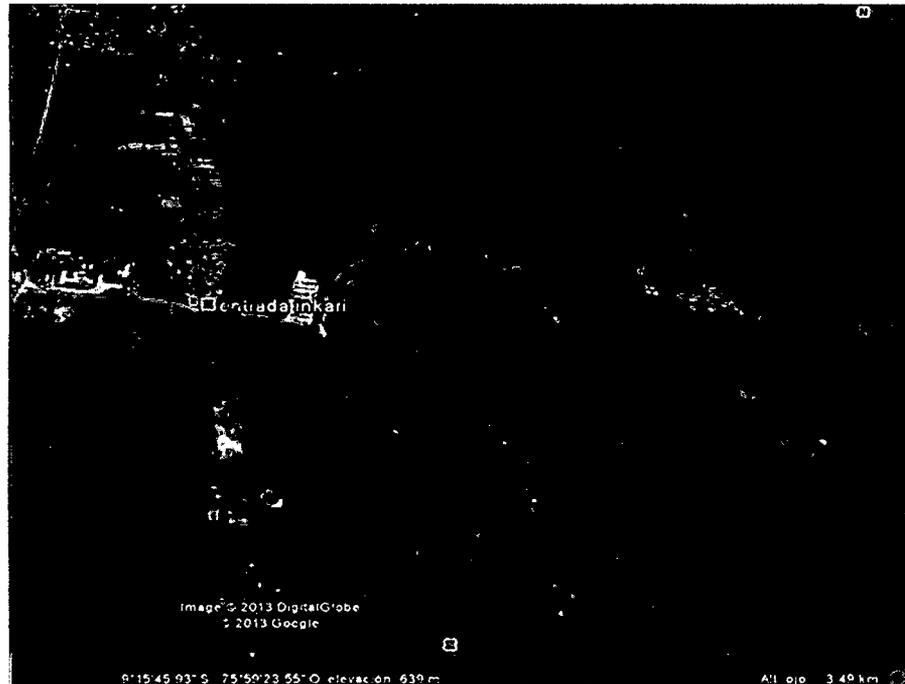


Figura 4. Imagen satelital de la ubicación de la zona de muestreo del humedal el Aguajal

### 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  $\text{DBO}_5$  se utilizó frascos de vidrio oscuros de 1 L. Las muestras se tomaron en la parte media del curso del agua y a 30 cm de profundidad. Se realizó un muestreo compuesto (3 muestras simples). Se recolectaron 2 muestras por mes (Noviembre a Abril del 2013) entre las 8 a 10 am., durante el muestreo se presentaron precipitaciones leves. La metodología se realizó de acuerdo a lo establecido en el APHA (2005).

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) para los análisis respectivos.

### 3.3.3. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos

#### 3.3.3.1. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno

Método de dilución, 5 días a 20 °C, 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 °C, el oxígeno disuelto se midió por el método electrométrico, antes y después de la incubación.

Para determinar la  $DBO_5$  en zonas con alta carga de contaminantes se debe de utilizar diluciones para ello utilizamos la siguiente formula:

$$DBO_5 = (OD_{muestra} - OD_{dilución}) + \left(\frac{vb}{vm}\right) * (OD_{dilución} - OD_{final}) \quad (6)$$

#### 3.3.3.2. Determinación de oxígeno disuelto y temperatura

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<sup>+</sup>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 Nitratos ( $\text{NO}_3$ )**

La presencia de nitratos se determinó utilizando el Test Kit de Nitrato HI 3874.

### **3.3.3.6. Determinación de Fosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ )**

La presencia de fosfatos se determinó utilizando el Test Kit de Fosfato HI 3833-0.

## **3.3.4. Evaluación de los parámetros microbiológicos**

### **3.3.4.1. Determinación de coliformes totales y coliformes termotolerantes**

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 2 etapas

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 °C por 24 a 48 horas, en el caso de coliformes termotolerantes, se inoculó en caldo EC – MUG e incubó a 44.5°C por 24 horas. La formación de gas en los tubos Durham, presencia de fermentación y turbiedad, se consideraron reacción positiva.

### 3.3.5. Determinación del tiempo de retención hidráulica del humedal el Aguajal

Para ello necesitamos determinar el caudal en cada estación y poder evaluar el tiempo de retención.

#### 3.3.5.1. Determinación del Caudal del agua

Se midió el caudal en las 4 zonas de estudio para ver el tiempo de retención de las aguas en el humedal El Aguajal en pasar de un punto al otro.

La medición del caudal del humedal El Aguajal, se realizó 2 veces por mes utilizando el método volumétrico, tomándose durante el tiempo de ejecución de la investigación. La medición del caudal se realizó de forma manual utilizando un cronómetro y un flotador, según el método propuesto por (LARA, 2009).

#### 3.3.5.2. Determinación del tiempo de retención hidráulica

Este tiempo de retención hidráulica en el humedal puede ser calculado con la siguiente expresión:

$$t = \frac{LWyn}{Q} \quad (7)$$

Dónde:

- L: Largo de la celda del humedal, m
- W: Ancho de la celda del humedal, m
- y: Profundidad de la celda del humedal, m
- n: porosidad, o espacio disponible para el flujo del agua a través del humedal. La vegetación y los residuos ocupan algún espacio en los humedales tipo de sistema de flujo

libre (FWS), y el medio, raíces y otros sólidos hacen lo mismo en los del tipo de sistema de flujo subsuperficial (SFS). La porosidad es un porcentaje expresado como decimal.

Q: Caudal medio a través del humedal, m<sup>3</sup>/d

$$Q = \frac{Q_e + Q_o}{2} \quad (8)$$

Dónde: Q<sub>e</sub>: Caudal de salida, m<sup>3</sup>/d

Q<sub>o</sub>: Caudal de entrada, m<sup>3</sup>/d

### 3.3.6. Determinación del índice de calidad del agua (ICA)

Para la clasificación de la calidad del agua del humedal "El Aguajal" 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 7).

$$\text{ICA} = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} = (I_1^{W_1})(I_2^{W_2}) \dots (I_n^{W_n}) \quad (8)$$

Donde, *i* corresponde a cada uno de los parámetros de calidad elegidos, *I<sub>i</sub>* corresponde al subíndice de cada parámetro, y *W<sub>i</sub>* corresponde al peso o porcentaje asignado a cada parámetro.

Cuadro 7. Funciones de los subíndices y ponderaciones de cada parámetro para el cálculo del ICA del humedal El Aguajal

Parámetro	Función del subíndice ( $I_i$ )	Peso Relativo ( $W_i$ )
Coliformes Termotolerantes	$I_{CTT} = 106 (CTT)^{-0.1286}$ Si $CTT > 10^5/100\text{mL}$ , $I_{CTT} = 2$	16%
OD % saturación	$I_{OD} = 0.82(OD) + 10.56$ Si % OD $> 140$ , $I_{OD} = 5$	15%
DBO <sub>5</sub>	$I_{DBO} = 108 (DBO_5)^{-0.3494}$ Si $DBO_5 > 30 \text{ mg/L}$ , $I_{DBO} = 2$	14%
Coliformes Totales	$I_{CT} = 136 (CT)^{-0.1311}$ Si $CT > 10^5/100\text{mL}$ , $I_{CT} = 2$	12%
Nitratos	$I_{NO_3} = 125 (NO_3)^{-0.2718}$	12%
Temperatura	$I_T = 10^{2.004 - 0.0382(\Delta T)}$	11%
pH	Si $6.9 \leq \text{pH} \leq 7.1$ : $I_{pH} = 100$ Si $\text{pH} < 6.9$ : $I_{pH} = 10^{0.6803+0.1856(\text{pH})}$ Si $\text{pH} > 7.1$ : $I_{pH} = 10^{3.65 - 0.2216(\text{pH})}$ Si $12 < \text{pH} < 2$ , $I_{pH} = 0$	11%
Turbiedad	$I_{Turb} = e^{(4.561 - 0.01967Turb)}$ Si Turbiedad $> 100$ , $I_{Turb} = 5$	9%

Fuente: LEÓN (2000)

### 3.3.7. Eficiencia para la remoción de contaminantes

Tomando como base las estaciones de muestreo y de acuerdo a KENT (1987), se realizó comparaciones entre los puntos de muestreo Z1, Z2, Z3 y Z4; con respecto a su variación (incremento o disminución) en términos porcentuales de las concentraciones de Coliformes totales, fecales y DBO

### 3.4. Diseño Experimental

Se aplicó el diseño descriptivo correlacional para 4 puntos de muestreo y 2 puntos control, con tres repeticiones por punto, y una evaluación de 6 meses para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de acuerdo al modelo siguiente:

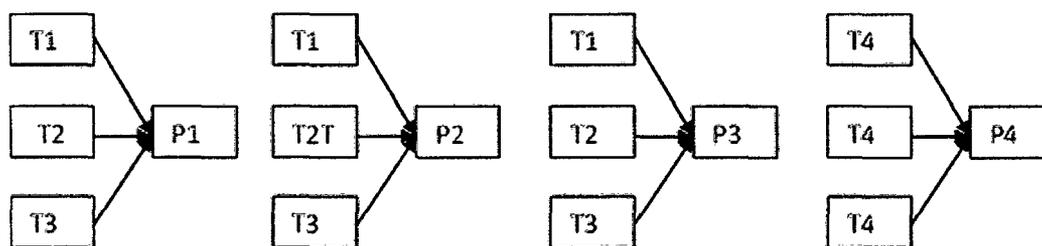


Figura 5. Punto de muestreo

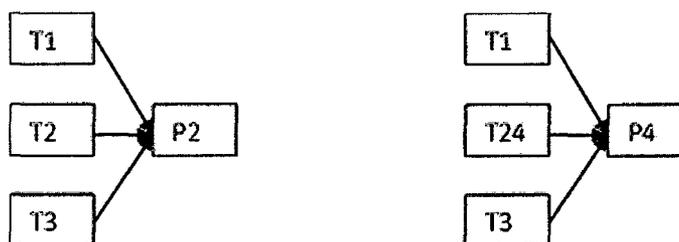


Figura 6. Puntos de muestreo

Leyenda: [T1]: análisis físicos, [T2]: análisis químico, [T3]: análisis microbiológico, [P1]: Punto de muestreo de la zona uno, [P2]: Punto de muestreo de la zona dos, [P3]: Punto de muestreo de la zona tres, [P4]: Punto de muestreo de la zona cuatro

### 3.5. 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 STATGRAPHICS.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua del humedal el Aguajal

#### 4.1.1. Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos utilizados para evaluar la calidad del agua del humedal el Aguajal para uso de conservación del ambiente acuático se muestran en el Cuadro 8 y Figura 7.

Cuadro 8. Medidas descriptivas de los parámetros fisicoquímicos

Parámetro fisicoquímico	Medidas descriptivas	Estaciones			
		Chanchería	Pte. a Incari	Zona Carpintería	Carretera Marginal
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	X	81.38	0.583636	90.89	0.494545
	Mín	9.77	0.25	33.47	0.2
	Máx	128.2	1.07	121.66	0.83
OD (mg/L)	X	5.09273	5.44364	4.81364	5.35
	Mín	4.37489	4.7258	4.0958	4.63217
	Máx	5.81056	6.16147	5.53147	6.06783
pH (Unidad de pH)	X	6.29091	6.29091	6.10909	6.29091
	Mín	5.92505	5.92505	5.74323	5.92505
	Máx	6.65677	6.65677	6.47495	6.65677
Turbiedad (UNT)	X	9.85364	5.03636	2.59545	1.34273
	Mín	9.69282	4.87555	2.43464	1.18191
	Máx	10.0145	5.19718	2.75627	1.50354
Temperatura (Celsius)	X	25.2818	25.3545	25.6909	27.4182
	Mín	24.4056	24.4783	24.8147	26.5419
	Máx	26.1581	26.2308	26.5671	28.2944
SST (mg/L)	X	22.2055	8.27909	9.56818	14.66
	Mín	13.3424	-0.583922	0.705168	5.79699
	Máx	31.0685	17.1421	18.4312	23.523
NITRATOS	X	80.5455	28.1909	46.3136	52.3545

(mg/L)	Mín	64.0017	11.6471	29.7698	35.8107
	Máx	97.0893	44.7347	62.8574	68.8983
FOSFATOS	X	3.81818	1.0	1.8182	1.8182
(mg/L)	Mín	3.49209	0.673904	0.855722	0.855722
	Máx	4.14428	1.3261	1.50791	1.50791

Fuente: Elaboración propia (2013)

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

DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días; OD: Oxígeno disuelto; pH: Potencial de hidrogeno; SST: Sólidos Suspendido Totales.

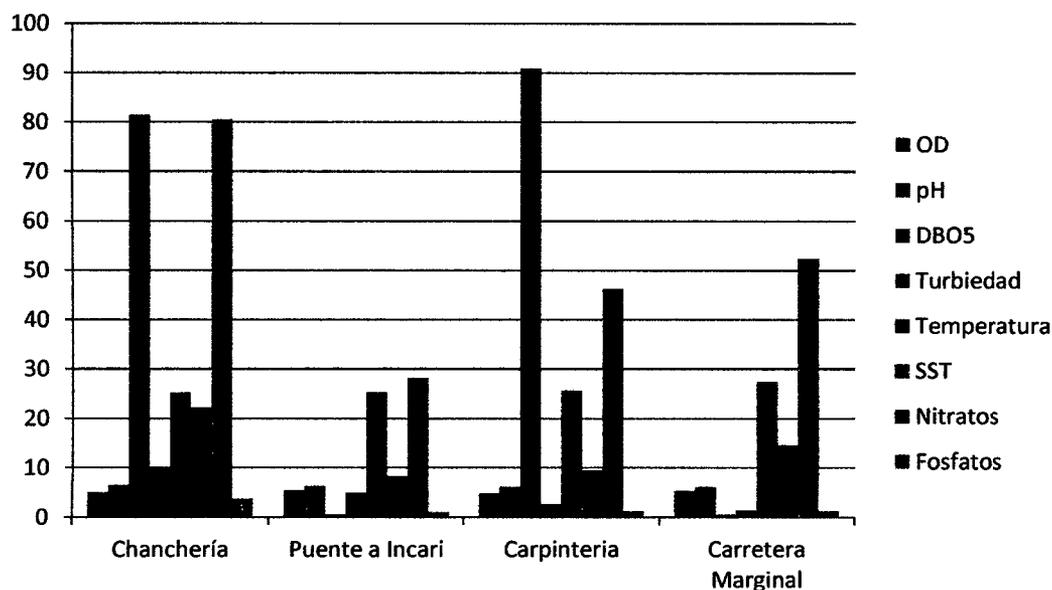


Figura 7. Variación de los promedios de los parámetros fisicoquímicos en cada estación

#### 4.1.2. Análisis de Varianza de los parámetros fisicoquímicos

En el cuadro 9 muestra el análisis de varianza, se observa que no existe diferencia significativa entre las medias para los parámetros pH, Fosfatos, Nitratos, SST, temperatura, en cambio para la DBO<sub>5</sub>, OD y turbidez existe diferencias altamente significativas (Sig.<0.01) en función a las estaciones de muestreo.

Cuadro 9. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos por estaciones

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor-P
<b>Covariables</b>					
DBO <sub>5</sub>	34011.6	1	34011.6	17.02	<b>0.0002</b>
Fosfatos	1825.99	1	1825.99	0.91	0.3463
Nitratos	4366.46	1	4366.46	2.19	0.1491
OD	17071.9	1	17071.9	8.54	<b>0.0063</b>
pH	1527.1	1	1527.1	0.76	0.3885
Turbidez	8570.1	1	8570.1	4.29	<b>0.0465</b>
SST	6.0535	1	6.0535	0.00	0.9564
Temperatura	336.11	1	336.11	0.17	0.6844
<b>Efectos principales</b>					
A:fecha	26314.5	3	8771.51	4.39	<b>0.0107</b>
Residuos	63944.0	32	1998.25		
<b>Total (corregido)</b>	<b>132930</b>	<b>43</b>			

Fuente: Elaboración propia (2013)

El cuadro 10 muestra las comparaciones múltiples de DBO<sub>5</sub>, en donde se observa las diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para comparaciones múltiples de DBO<sub>5</sub>

Variable Dependiente	(I) Estación	(J) Estación	Sig.	Diferencia de medias (I-J)
DBO <sub>5</sub>	CHANCHERIA	PUENTE A INCARI	*	80.7918
		ZONA DE CARPINTERIA		-9.51909
		CARRETERA MARGINAL	*	80.8809
	PUENTE A INCARI	ZONA DE CARPINTERIA	*	-90.3109
		CARRETERA MARGINAL		0.0890909
		ZONA DE CARPINTERIA	CARRETERA MARGINAL	*

Fuente: Elaboración propia (2013)

\*indica una diferencia significativa

La Figura 8, muestra que las concentraciones de DBO<sub>5</sub> son menores en las estaciones de la Carretera Marginal con Puente a Incari, y mayores en las estaciones de Chanchería con la Carpintería

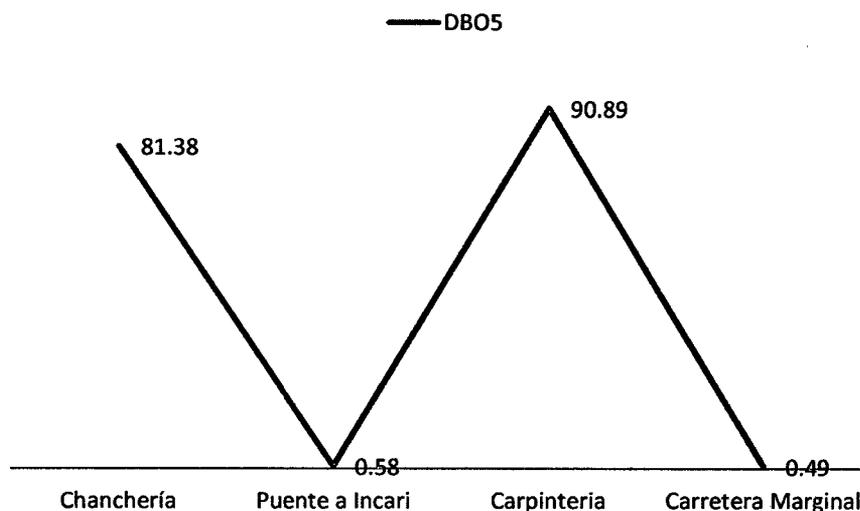


Figura 8. Variación del promedio de DBO<sub>5</sub> en cada estación

El cuadro 11 muestra las comparaciones múltiples de OD en donde se observa las diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para comparaciones múltiples de OD

Variable dependiente	(I) Estación	(J) Estación	Sig.	Diferencia de medias (I-J)
OD	CHANCHERIA	PUENTE A INCARI		-0.350909
		ZONA DE CARPINTERIA		0.279091
		CARRETERA MARGINAL		-0.257273
	PUENTE A INCARI	ZONA DE CARPINTERIA		0.63
		CARRETERA MARGINAL		0.0936364
		ZONA DE CARPINTERIA	CARRETERA MARGINAL	

Fuente: Elaboración propia (2013)

\*indica una diferencia significativa

La Figura 9, muestra que las concentraciones de OD son mayores en las estaciones de la Carretera Marginal con Puente a Incari, y menores en las estaciones de Chanchería con la Carpintería

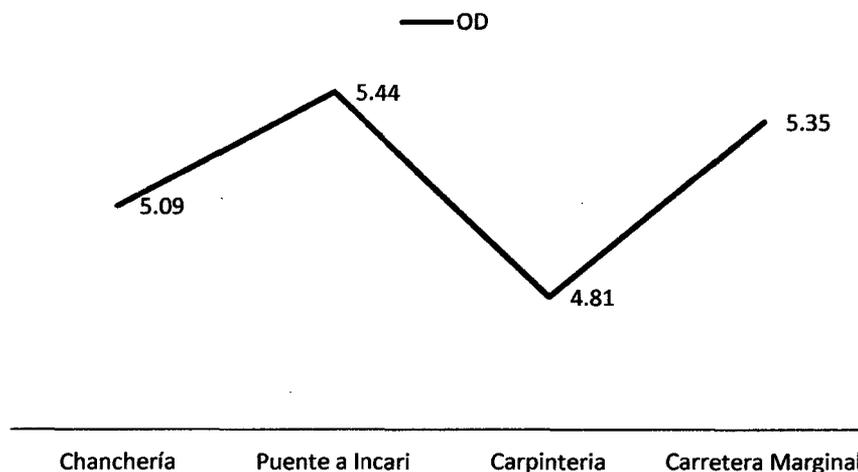


Figura 9. Variación del promedio de OD en cada estación

El Cuadro 12 muestra las comparaciones múltiples de TURBIDEZ en donde se observa las diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para comparaciones múltiples de TURBIDEZ

Variable dependiente	(I) Estación	(J) Estación	Sig.	Diferencia de medias (I-J)
TURBIDEZ	CHANCHERIA	PUENTE A INCARI	*	4.81727
		ZONA DE CARPINTERIA	*	7.25818
		CARRETERA MARGINAL	*	8.51091
	PUENTE A INCARI	ZONA DE CARPINTERIA	*	2.44091
		CARRETERA MARGINAL	*	3.69364
	ZONA DE CARPINTERIA	CARRETERA MARGINAL	*	1.25273

Fuente: Elaboración propia (2013)

\*indica una diferencia significativa

La Figura 10, muestra que las concentraciones de TURBIDEZ son mayores en las estaciones de la Chanchería con Puente a Incari, y menores en las estaciones de Carpintería y Carretera Marginal

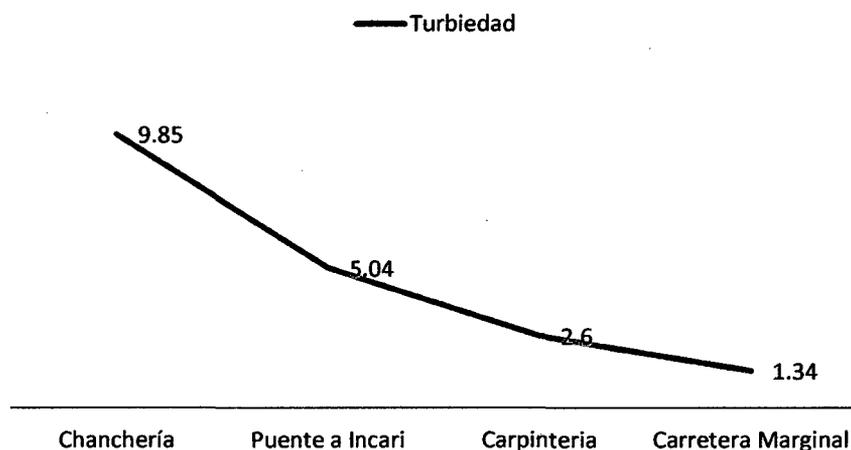


Figura 10. Variación del promedio de TURBIDEZ en cada estación

#### 4.1.3. Inventario de fuentes contaminantes

El Cuadro 13 muestra el análisis de correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos, se observa que existe asociación lineal entre los parámetros de DBO<sub>5</sub> con Turbidez, DBO<sub>5</sub> con Fosfatos, Fosfatos y Nitratos, Fosfatos y SST, Fosfatos y Turbidez (Sig.>0.05).

Cuadro 13. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos

Parámetros	Sig.	Correlación de Pearson	
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub>		
	OD	0.0793	-0.2674
	pH	0.9322	0.0132
	TURBIDEZ	0.0214	0.3460
	TEMPERATURA	0.5271	-0.0979
	SST	0.7394	-0.0156
	NITRATOS	0.2156	0.1904
FOSFATOS	FOSFATOS	0.0139	0.3684
	DBO <sub>5</sub>	0.0139	0.3684

	OD	0.9416	0.0114
	pH	0.3162	0.1547
	TURBIDEZ	0.0000	0.7420
	TEMPERATURA	0.2478	-0.1780
	SST	0.0149	0.3649
	NITRATOS	0.0024	0.4455
	FOSFATOS		
	DBO <sub>5</sub>	0.2156	0.1904
	OD	0.3098	0.1567
	pH	0.5267	0.0980
NITRATOS	TURBIDEZ	0.0559	0.2903
	TEMPERATURA	0.5787	-0.0860
	SST	0.6715	0.0658
	NITRATOS		
	FOSFATOS	0.0024	0.4455
	DBO <sub>5</sub>	0.0793	-0.2674
	OD		
	pH	0.2728	-0.1690
OD	TURBIDEZ	0.9560	-0.0086
	TEMPERATURA	0.2306	1845
	SST	0.2916	0.1626
	NITRATOS	0.3098	0.1567
	FOSFATOS	0.9416	0.0114
	DBO <sub>5</sub>	0.9322	0.0132
	OD	0.2728	-0.1690
	pH		
pH	TURBIDEZ	0.7167	0.0563
	TEMPERATURA	0.7251	0.0545
	SST	0.4603	0.1142
	NITRATOS	0.6715	0.0980
	FOSFATOS	0.3162	0.1547
	DBO <sub>5</sub>	0.7394	-0.0156
	OD	0.2916	0.1626
	pH	0.4603	0.1142
SST	TURBIDEZ	0.2715	0.1694
	TEMPERATURA	0.2850	0.1648
	SST		
	NITRATOS	0.6715	0.0658
	FOSFATOS	0.0149	0.3649
	DBO <sub>5</sub>	0.5271	-0.0979
	OD	0.2306	0.1845
	pH	0.7251	0.0545
TEMPERATURA	TURBIDEZ	0.0590	-0.2869
	TEMPERATURA		
	SST	0.2850	0.1648
	NITRATOS	0.5787	-0.0860
	FOSFATOS	0.2478	-0.1780

	DBO <sub>5</sub>	0.0214	0.3460
	OD	0.9560	-0.0086
	pH	0.7167	0.0563
TURBIDEZ	TURBIDEZ		
	TEMPERATURA	0.0590	-0.2869
	SST	0.2715	0.1694
	NITRATOS	0.0559	0.2903
	FOSFATOS	0.0000	0.7420

Fuente: Elaboración propia (2013)

## 4.2. Parámetros microbiológicos del agua del humedal el Aguajal

### 4.2.1. Análisis descriptivo de los parámetros microbiológicos

Los valores promedio de los parámetros microbiológicos utilizados para evaluar la calidad del agua del humedal el Aguajal para uso de conservación del ambiente acuático se muestran en el Cuadro 14 y Figura 11 y 12.

Cuadro 14. Medidas descriptivas de los parámetros microbiológicos

Parámetro microbiológico	Medidas descriptivas	Estaciones			
		Chanchería	Puente a Incari	Zona de Carpintería	Carretera Marginal
CT (NMP/100 mL)	X	1022.73	104.0	368.18	93.09
	Mín	915.93	-2.80	261.38	-13.71
	Máx	1129.53	210.80	474.98	199.89
CTT (NMP/100 mL)	X	14.09	4.64	8.36	3.0
	Mín	11.18	1.73	5.45	0.09
	Máx	17.00	7.55	11.27	5.91

Fuente: Elaboración propia (2013)

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

CT: Coliformes totales; CTT: Coliformes termotolerantes

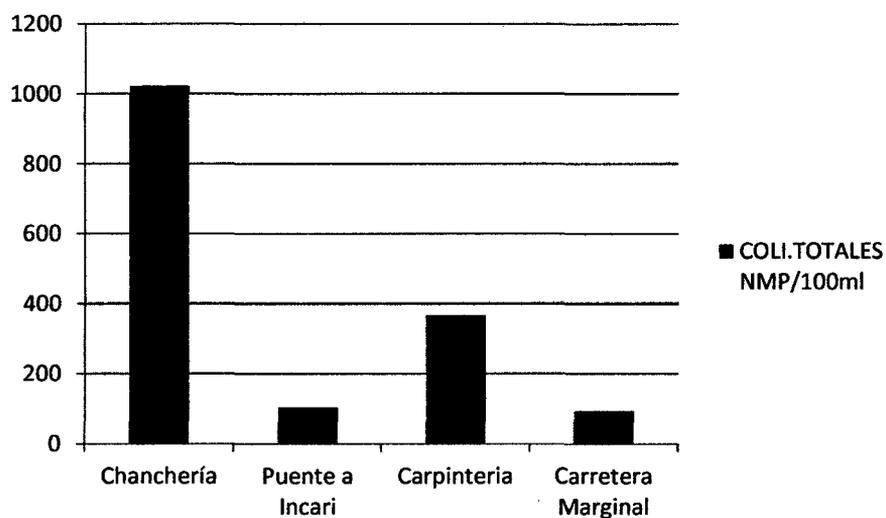


Figura 11. Variación de los promedio de los coliformes totales

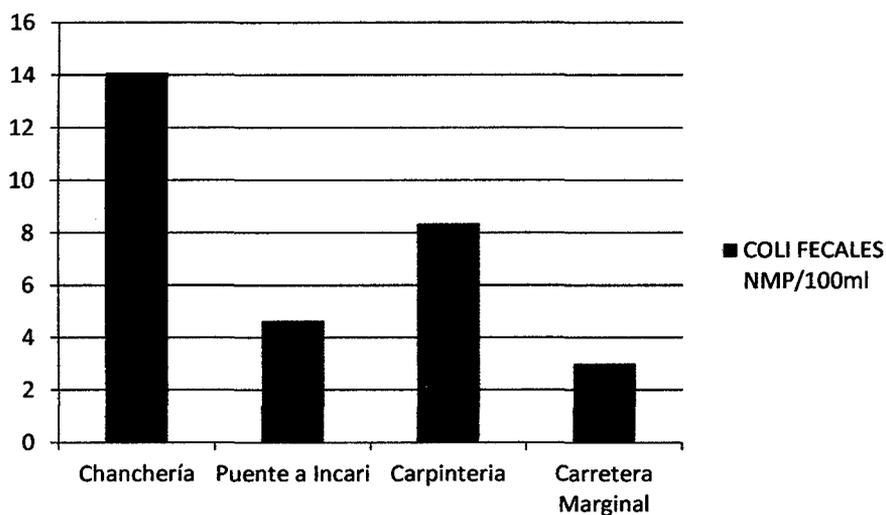


Figura 12. Variación de los promedio de los coliformes fecales

#### 4.2.2. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos

En el cuadro 15 muestra el análisis de varianza, en donde se observa que existe diferencias significativas ( $\text{Sig} < 0.05$ ) para coliformes totales en función a las estaciones de muestreo.

Cuadro 15. Análisis de varianza de los parámetros microbiológicos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razó n-F	Valor-P
Covariables					
CT	15.3202	1	15.3202	17.36	<b>0.0002</b>
CTT	2.13409	1	2.13409	2.42	0.1301
Efectos principales					
a:fecha	2.61551	10	0.261551	0.30	0.9768
Residuos	27.3649	31	0.882738		
<b>Total (corregido)</b>	<b>55.0</b>	<b>43</b>			

Fuente: Elaboración propia (2013)

En el Cuadro 16 muestra las comparaciones múltiples de coliformes totales, en donde se observa las diferencias de las estaciones, indicando que entre las estaciones de Puente a Incari con la estación de carretera marginal no hay diferencia estadísticamente significativa entre ambas estaciones.

Cuadro 16. Prueba de Duncan para comparaciones múltiples de coliformes totales

Variable dependiente	(I) Estación	(J) Estación	Sig.	Diferencia de medias (I-J)
CT	CHANCHERIA	PUENTE A INCARI	0.000	918.727
		ZONA DE CARPINTERIA CARRETERA MARGINAL	0.000	654.545
		ZONA DE CARPINTERIA CARRETERA MARGINAL	0.000	929.636
	PUENTE A INCARI	ZONA DE CARPINTERIA CARRETERA MARGINAL	0.000	-264.182
		ZONA DE CARPINTERIA CARRETERA MARGINAL	0.000	10.9091
	ZONA DE CARPINTERIA	CARRETERA MARGINAL	0.000	275.091

Fuente: Elaboración propia (2013)

### 4.2.3. Correlación de Pearson de los parámetros microbiológicos

El cuadro 17 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 17. Análisis de Correlación de Pearson entre parámetros microbiológicos

Parámetros		Sig.	Correlación de Pearson
CT	CT	0.0283	0.3308
	CTT		
CTT	CT	0.0283	0.3308
	CTT		

Fuente: Elaboración propia (2013)

### 4.3. Correlación de Pearson entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En el Cuadro 18 muestra el análisis de correlación de Pearson entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, observándose que existe asociación lineal entre los parámetros: DBO<sub>5</sub> y CT, DBO<sub>5</sub> y CTT, CT y FOSFATOS, CT y NITRATOS, CT y TURBIDEZ, CTT y FOSFATOS, CTT y TURBIDEZ. Para este caso algunas variables fisicoquímicas dependen de las microbiológicas y viceversa.

Cuadro 18. Análisis de Correlación de Pearson entre los parámetros físicoquímicos y microbiológicos

Parámetros		Sig.	Correlación de Pearson
DBO <sub>5</sub>	CT	0.0004	0.5145
	CTT	0.0049	0.4169
OD	CT	0.1613	-0.2149
	CTT	0.7841	0.0425
pH	CT	0.1613	0.0556
	CTT	0.3024	0.1591
TEMPERATURA	CT	0.1187	-0.2387
	CTT	0.5524	-0.0920
SST	CT	0.2908	0.1629
	CTT	0.6721	0.0656
TURBIDEZ	CT	0.0000	0.7255
	CTT	0.0012	0.4719
FOSFATOS	CT	0.0000	0.7214
	CTT	0.0049	0.4169
NITRATOS	CT	0.0135	0.3698
	CTT	0.1304	0.2316

Fuente: Elaboración propia (2013)

#### 4.4. Tiempo de retención hidráulica del humedal el Aguajal

Para determinar el tiempo de retención hidráulica tenemos que evaluar el caudal que ingresa en cada estación. En el cuadro 19 se muestra el caudal en promedio en cada estación

Cuadro 19. Caudal promedio en cada estación

Estación	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Chanchería	0.34
Puente a Incari	0.31
Zona de Carpintería	0.36
Carretera Marginal	0.41

Fuente: Elaboración propia (2013)

El tiempo de retención hidráulica se muestra en el Cuadro 20 en las estaciones evaluadas.

Cuadro 20. Tiempo de retención hidráulica por estación

Estación	Tiempo de retención (min)
Chanchería	-
Puente a Incari	4.18
Zona de Carpintería	2.76
Carretera Marginal	2.47

Fuente: Elaboración propia (2013)

#### 4.5. Índice de calidad del agua (ICA)

El Cuadro 21 muestra el ICA en las estaciones del humedal el Aguajal.

Cuadro 21. Calculo del ICA en las estaciones del humedal el Aguajal

Estación	Medidas	Parámetros								ICA
		CTT	OD (% sat)	DBO <sub>5</sub>	CT	pH	T°	Turb	NO <sub>3</sub>	
Chanchería	X	14.09	5.09	81.38	1022.73	6.56	25.28	9.85	80.55	34.5
	<i>(I)</i>	75.43	14.73	23.22	54.82	100	10.92	79.04	37.92	
Puente a Incari	X	4.64	5.44	0.58	104	6.29	25.35	5.04	28.19	55.9
	<i>(I)</i>	129.13	15.02	130.64	73.98	100	10.86	86.49	50.44	
Zona de Carpintería	X	8.36	4.81	90.89	368.18	6.11	25.69	2.6	46.31	37.9
	<i>(I)</i>	80.67	14.50	22.34	50.07	100	10.54	90.92	44.07	
Carretera Marginal	X	3	4.81	0.49	93.09	6.11	27.47	1.34	52.31	51.0
	<i>(I)</i>	92.03	14.50	138.57	75.06	100	9.01	84.12	42.64	

Fuente: Elaboración propia (2013)

X: Promedio; *I*: subíndice de cada parámetro

La Figura 13 muestra la clasificación del ICA para uso de conservación del ambiente acuático en las estaciones del humedal el Aguajal, en donde se observa que la estación de la zona la Chanchería y Carpintería está fuertemente contaminada y las estaciones de la Puente a Incari y Carretera Marginal están levemente contaminadas.

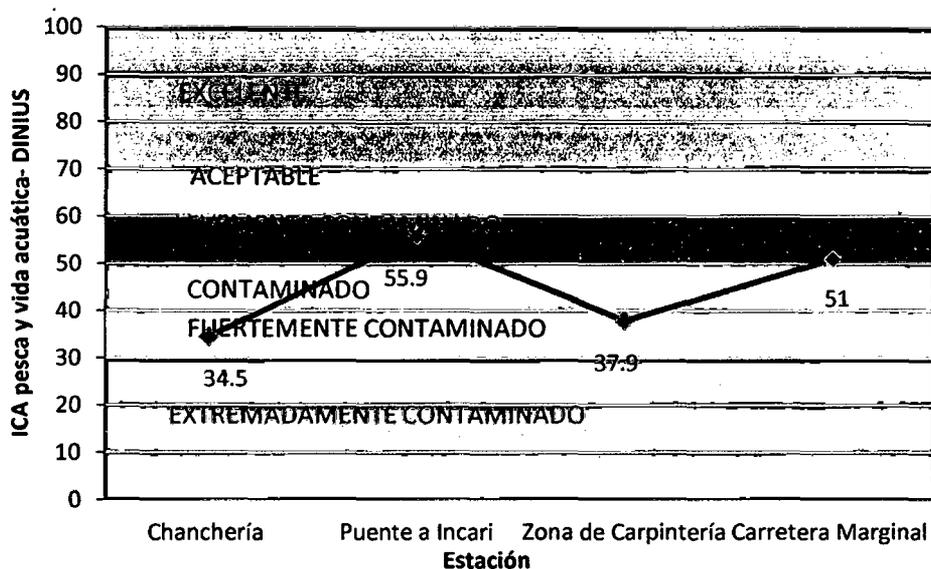


Figura 13. Clasificación de la calidad del agua del humedal el Aguajal en las estaciones de conservación del ambiente acuático, según el ICA de Dinius (1987)

#### 4.6. Remoción de contaminantes en las estaciones del humedal el Aguajal

El Cuadro 21 y Figura 15, muestra la concentración de coliformes totales, fecales y  $\text{DBO}_5$ , para ello verificaremos la eficiencia que tiene el humedal el Aguajal en remover dichos contaminante.

Cuadro 22. Eficiencia de la remoción de contaminantes

Concentraciones del contaminante	Estaciones				Eficiencia en remoción %
	Chanchería	Puente a Incari	Zona de Carpintería	Carretera Marginal	
Coliformes Totales (NMP/100mL)	1022.73	104	368.18	93.09	90.9%
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	14.09	4.64	8.36	3	78.71%
$\text{DBO}_5$ (mg/L)	81.38	0.58	90.89	0.49	99.46%

Fuente: Elaboración propia (2013)

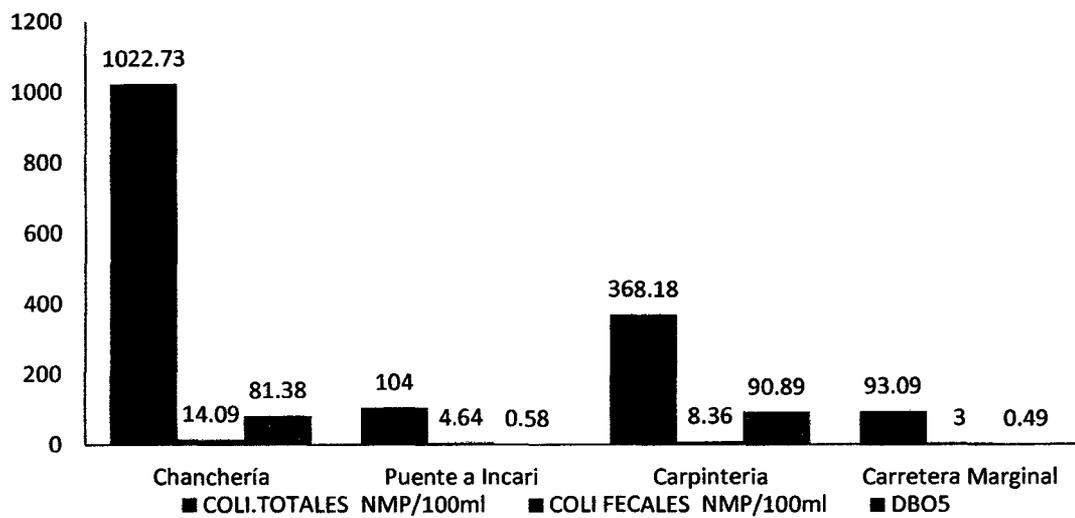


Figura 14. Concentración de contaminantes en las estaciones del humedal el Aguajal

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1. Indicadores de la calidad del agua**

De acuerdo a la norma D.S. N° 002-2008-MINAM, algunos los valores de los parámetros fisicoquímicos se encuentran fuera de los estándares nacionales para uso de conservación del ambiente acuático.

Los valores de oxígeno disuelto (OD) en la estación de la Carpintería (Zona 3), se encuentran por debajo del estándar nacional, lo que no permite la vida de organismos acuáticos, notándose ausencia de peces.

Los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ), en las estaciones de la Chanchería (Zona 1) y Carpintería (Zona 3), se encuentran por encima del estándar nacional, es necesario anotar que la  $DBO_5$  analizada no solo está referida al metabolismo de las aguas servidas domesticas sino también a la descomposición de restos vegetales (porción de tallos y hojas) LARA (1999) que se generan anualmente luego de la cosecha de las plantas emergentes del humedal.

La turbidez (debido a los sólidos en suspensión, fitoplancton y coloración natural) va a propiciar un cambio en la estructura de la comunidad desde plantas sumergidas a flotantes o emergente (USEPA, 1998b). Entre los valores de turbidez encontrados en la estación de Chanchería fue el mayor con

9.85 UNT en la Figura 08, debido a la cantidad de materia orgánica en suspensión.

Además contribuyen con la turbidez los componentes orgánicos que pueden albergar concentraciones altas de bacterias, virus y protozoarios (NCSU- WQC, 1998), mientras que en la estación de Carretera Marginal se encuentra la más baja turbidez Figura 08, debido a los procesos de remoción de  $\text{DBO}_5$ , coliformes totales y fecales que son bastantes eficientes en esta estación.

La carga de nutrientes derivados como son los fosfatos y polifosfatos reforzantes en la mayoría de detergentes domésticos MURGEL (1984), y del nitrógeno producto de la descomposición de materia orgánica (amoniaco, nitrato, nitrito, nitrógeno total, etc.). Estos contaminantes amenazan a los humedales por su tenencia a la eutroficación WETZEL (1981).

Los fosfatos encontrados en la estación de Chanchería es de 3.81 mg/L ingresando estos al humedal el Aguajal de las cuales se puede apreciar la disminución de estos en la estación del Puente a Incari de 1.0 mg/L, en lo que respecta a los nutrientes GRILLAS (1996) y NCSU-WQG (1998) indican que ocurren rápidos cambios en la concentración de los nutrientes en la columna de agua debido a estos son captados por las plantas e intercambiados con el sedimento debido a la resuspensión del sedimento inducida por el viento y flujos de fosforo desde el sedimento hacia la columna de agua como resultado de transformaciones químicas como el decrecimiento en el redox del sedimento.

La variación de los valores del nitrato se debe según indica WETZEL (1981), a la nitrificación y desnitrificación que pueden darse simultáneamente. Para el caso de la nitrificación, a partir del amoníaco en condiciones aeróbicas, la temperatura adecuada, suficiente alcalinidad y después de que la mayoría de la  $DBO_5$  ha sido removida, para que los organismos nitrificantes puedan utilizar el oxígeno disponible en la columna de agua LARA (1999).

Las aguas de las estaciones del humedal el Aguajal a pesar de presentar indicadores fisicoquímicos dentro de los estándares nacionales para agua de uso de conservación del ambiente acuático y aparentar ser apta para este uso, no se las puede considerar de esta manera en una de las estaciones de Chanchería y zona de Carpintería, puesto que la calidad del agua se aprecia luego de realizar los análisis microbiológicos, los cuales estuvieron fuera de los estándares nacionales, como también en el análisis de  $DBO_5$ , OD, Turbidez, Nitratos y Fosfatos. 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. En nuestro estudio en la zona de Chanchería los valores de coliformes totales fueron superiores a los estándares nacionales para uso de conservación del ambiente acuático. Estos resultados se deben posiblemente al aumento poblacional y porcicultura

desordenada alrededor del humedal el Aguajal, lo cual ha generado mayor descarga de agua residual, que sin ningún tratamiento es vertido al humedal el Aguajal.

Haciendo los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se encontró diferencias significativas en los parámetros DBO<sub>5</sub>, OD, Turbidez y Coliformes Totales, en las cuales indica que en las estaciones analizadas los parámetros evaluados no son iguales en donde se puede apreciar en el Cuadro 9 y 14.

## **5.2. Tiempo de Retención**

Según (ROMERO, 2009), para el tiempo de retención define el lapso en que los contaminantes permanecen en contacto con las plantas y los microorganismos para ser transformados biológica y químicamente; en la estación 2 podemos ver que hay mayor cantidad (tiempo- segundos) para poder disminuir la concentración de contaminantes presentes en el agua del humedal el "Aguajal" donde se puede apreciar en los resultados de remoción de los contaminantes evaluados en el estudio.

## **5.3. Índice de Calidad del Agua**

Para el ICA, en las estaciones de Chanchería, y Zona de Carpintería reportaron valores de 34.5 y 37.9 clasificándose como Fuertemente Contaminado (FC), y la estaciones de Puente a Incari y Carretera Marginal entre 55.9 y 51.0 clasificándose como Levemente Contaminado (LC), para esta clasificación DINIUS (1987), citado por LEON (1987), establece para LC

dudosa la pesca sin riesgos a la salud y para el caso de (FC) Inaceptable para actividad pesquera.

#### **5.4. Eficiencia en la remoción de contaminantes**

KENT (1987), establece con respecto a su variación (incremento o disminución) en términos porcentuales de las concentraciones de Coliformes totales, fecales y DBO<sub>5</sub>. Para este estudio podemos apreciar que la eficiencia en remoción de estos contaminantes para el caso de Coliformes Totales es de un 90.9%, Coliformes Fecales de un 78.71% y de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de 99.46 %. Para ello podemos decir que el humedal es eficiente para remover dichos contaminantes pero necesita un tratamiento posterior para así tratar a los nitratos y fosfatos que no es muy eficiente en ello.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Los parámetros fisicoquímicos en todas las estaciones, algunos se encuentran fuera de los estándares nacionales para uso de conservación del ambiente acuático. Los valores de oxígeno disuelto en la estación de la Carpintería se encuentran por debajo del estándar nacional; los valores de BDO<sub>5</sub> en la estación de la Chanchería y Zona de Carpintería se encuentran por encima de los estándares nacionales permitidos; los valores de nitratos y fosfatos se encuentran por encima de los estándares nacionales para uso de conservación del ambiente acuático.
2. La concentración de coliformes totales en la estación de Chanchería se encuentra fuera los estándares nacionales como máximo permitido teniendo un valor promedio >1100 NMP/100 ml.
3. El tiempo de retención hidráulica es mayor en el estación 2 (Puente a Incari) de 4.18 minutos, lo cual va a ayudar a disminuir la concentración de contaminantes presentes en el agua.
4. Las estaciones de Chanchería, y Zona de Carpintería reportaron valores de 34.5 y 37.9 clasificándose como Fuertemente Contaminado (FC), y las estaciones de Puente a Incari y Carretera Marginal entre 55.9 y 51.0 clasificándose como Levemente Contaminado (LC).
5. La eficiencia en remoción de contaminantes en el humedal el Aguajal evaluados para este caso de Coliformes Totales es de un 90.9%,

Coliformes Fecales de un 78.71% y de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de 99.46 %. Indicando que el humedal el Aguajal es eficiente pero para algunos parámetros evaluados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar controles periódicos en todas las épocas del año para conocer el perfil fisicoquímico y microbiológico para el agua servida que pasa por el humedal el Aguajal, para así plantear estrategias de manejo y gestión del recurso hídrico.
2. Establecer controles de descarga de aguas antes de ser servidas al humedal el Aguajal principalmente las de origen doméstico y porcicultura.
3. Integrar desagües antes del ingreso del humedal el Aguajal ya que estos son los principales contaminantes para estas aguas que se puede utilizar para uso de conservación del ambiente acuático.
4. Realizar campañas de concientización ambiental que permita a los ciudadanos locales y visitantes foráneos, enterarse de la importancia ecológica, económica y sociocultural, que presenta el humedal el Aguajal ya que podemos apreciar que es eficiente en remover contaminantes presentes en aguas servidas.

**Efficiency of contaminant removal wastewater by the Aguajal wetland located in the town of Mapresa - Naranjillo**

**VIII. ABSTRACT**

The present work aimed to evaluate the efficiency of contaminant removal wastewater by the Aguajal wetland located in the town of Mapresa – Naranjillo, from the physicochemical and microbiological parameters, retention time and ICA in 4 sampling stations. The physicochemical parameters such as DO and BOD<sub>5</sub> in the sampling stations and in station 1 the average CT ( > 1100 MPN/100 mL ) , not within the national standards for water use conservation of the aquatic environment .Regarding the retention time can be seen that in station 2, 3 and 4 are 4.18, 2.76 and 2.47 min. As for the ICA, in the estation 1 and 3 was obtained 34.5, 37.9 classified as heavily polluted, in station 2 and 4 was 55.89 and 51 classified as slightly polluted. In the study period the wetland water Aguajal efficiency in removing contaminants evaluated for this case CT of 90.9 % a 78.71 % CCT and BOD<sub>5</sub> of 99.46 %

***Keywords:*** Efficiency, Remocin, Pollutants, Aguajal.

## 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.
- CLAIR, N. 2000. Ingeniería de aguas residuales. Bogotá, Colombia, McGraw-Hill. 197 p.
- COLEMAN, J., HENCH, K., GARBUTT, K., SEXSTONE, A., BISSONNETTE, G., SKOUSEN, J. 2000. Treatment of domestic wastewater by three plant species in constructed wetland. Department of Biology, West Virginia University, Morgantown. 128: 283-295.
- DINIUS S, H.1987. Design of a Index of Water Quality. En: Water Resources Bulletin. 23 (5): 833-843.
- GERGSBERG, R., ELKINS, LYON, S., GOLDMAN, C. 1984. Wastewater. 20: PCDSH – PERÚ. 1998. Programa de Conservacion y Deesarrollo Sostenido de Humedales, Perú: Reporte Humedales 1992- 1997, PCDSH – INRENA – UNALM – PRONATURALEZA – WI – WWF. Lima.
- 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.

- GOPA, B. 1999. Natural and constructed wetlands for wastewater treatment: potentials and problems. School of Environmental Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi 40(3): 27-35
- GRILLAS, P. 1996. Identification of Indicators. *In: Tomas, P. (ed.). Monitoring Mediterranean Wetlands: A Methodological Guide.* Wetlands Internacional – Instituto da Conservacao da Natureza. Lisbon, Portugal. 35 – 59p.
- LAHORA, A. 2000. Los humedales artificiales como tratamiento terciario de bajo costo en la depuración de aguas residuales urbanas. Gestión de aguas del Levante Almeriense. 12 p.
- LARA, J. 1999. Depuración de Aguas Residuales Urbanos Mediante el Uso de Humedales Artificiales. Universidad Politécnica de Cataluña, Instituto Catalán de Tecnología. 122p.
- LEÓN, L. 2000. Índices de Calidad del agua (ICA), Forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma –Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. México.
- MITSCH, J., GOSSELINK, J. 2000. Wetlands, Third Edition, John Wiley & Sons, inc. New York.
- MURGEL, S. 1984. Limnología Sanitaria: Estudio de la Polución de Aguas Continentales. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico – Secretaria de la OEA. Washington.
- NCSU – WQG. 1998. Water Resources Characterization Decision Support System. North Carolina State University – Water Quality Group. URL <http://h2osparc.wq.ncsu/info/wetlands/aquatic.html>. 25 Jul 2013.

- ÑIQUE, A, 2000. Humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales, [En línea]: [http://www.Geocities.com/sociedadpga/publicaciones/anoInro1/humedales\\_tratamiento\\_aguas .htm](http://www.Geocities.com/sociedadpga/publicaciones/anoInro1/humedales_tratamiento_aguas .htm). 25 Jul 2013.
- OMS. 1998. Guías para la calidad del agua potable. Washington, EE.UU. 1v.
- RHENHEIMER, G. 1999. Microbiología de las Aguas. España
- ROMERO, J.A. 1998. Calidad de aguas. Madrid, España, Nomos. 210p.
- ROMERO, A.M. 2009. Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. México.
- SHANNON, R., FLITE, O., MICHAEL., HUNTER, S. 2000. Subsurface flow constructed wetlands performance at a Pennsylvania campground and conference center. 29: 2029-2036.
- USEPA, 1998a. Vascular Plants as Indicators of Prairie Wetland Integrity Enviromental Proteccion Agency's Office of Wetlands, Oceans an Watersheds. URL: [http://www.epa.gov/owow/wetlands/wqual/pph2\\_3.html](http://www.epa.gov/owow/wetlands/wqual/pph2_3.html). 25 Jul 2013.
- WANG, W, GORSUCH, J, HUGHES, S. 1997. Plants for environmental studies. New York 6:141-168.
- WRI. 1994. World Resources: A Guide to the Global Environment. Wold Resources – Institute Oxford University Press. UK.

## **X. ANEXO**

### Anexo A. Resultados de análisis

Cuadro 23. Resultados de los parámetros fisicoquímicos de las estaciones del humedal el Aguajal

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	ESTACIONES			
	CHANCHERIA	PTE A INCARI	CARPINTERIA	CARRETERA MARGINAL
DBO (mg/L)	102.20	0.25	109.01	0.20
	9.77	0.61	33.65	0.45
	35.75	0.31	33.47	0.58
	85.00	0.31	67.55	0.69
	31.29	0.64	69.07	0.83
	60.17	1.07	102.51	0.22
	108.07	0.57	114.48	0.39
	109.44	0.66	118.05	0.81
	128.20	0.61	121.66	0.45
	118.80	0.69	119.24	0.35
	106.44	0.70	111.15	0.47
OD (mg/L)	2.45	1.81	2.01	1.98
	7.6	6.6	6.3	4.9
	6.43	6.22	6.33	7.3
	3.87	3.7	4.8	5.7
	6.52	7.07	4.61	6.57
	5.04	4.37	2.09	3.47
	3.61	4.43	4.88	4.8
	3.88	6.5	5.59	7.49
	7.6	6.6	6.3	4.9
	5.73	5.91	5.82	6.73
	3.29	6.67	4.22	5.01
pH (Unidad de pH)	7.2	7.2	7.2	7.2
	7	6	6	7
	7	6	6	7
	7	7	7	6
	5	5	4	4
	6	6	6	7
	6	6	6	6
	6	6	6	6
	7	7	5	6
	7	6	7	6
	7	7	7	5
TURBIEDAD (UNT)	10	4.68	2.58	1.54
	9.8	4.22	2.39	1.45
	9.7	4.11	2.98	1.37
	9.56	4.69	2.78	1.43
	9.77	4.78	2.57	1.56
	9.88	4.97	2.98	1.54
	9.98	4.87	3.04	1.23
	9.89	5.65	2.54	1.22
	9.9	5.67	2.34	1.27
	9.93	5.87	2.22	1.13
	9.98	5.89	2.13	1.03
TEMPERATURA (°C)	24.2	24.6	24.8	25.2
	23.6	23.9	24.1	24.3

	25.8	26.9	26.4	32.8
	23.6	23.9	24.1	24.3
	24.5	25	26.5	29.2
	26.3	26.6	25.9	28.2
	25.8	26.9	26.4	32.8
	23.6	23.9	24.1	24.3
	29.3	25.8	27.4	25.6
	24.5	25	26.5	29.2
	26.9	26.4	26.4	25.7
SOLIDOS	8.24	9.66	10.59	7.25
	9.47	2	5.45	11.96
TOTALES (mg/L)	136.48	10	10.94	13.07
	15.53	14.46	20.77	16.75
	19.2	9.41	7.52	22.54
	0.01	0.01	0	0.29
	6.06	10	6.47	51.2
	8.89	7.67	8.71	7.99
	17.73	9.76	16	11.75
	8.97	7.23	7.65	10.93
	13.68	10.87	11.15	7.53
NITRATOS (mg/L)	88.6	22.15	44.3	44.3
	88.6	44.3	22.15	44.3
	88.6	44.3	132.9	132.9
	88.6	0	22.15	44.3
	88.6	44.3	44.3	0
	22.15	0	44.3	132.9
	88.6	0	0	0
	88.6	44.3	132.9	132.9
	88.6	44.3	22.15	44.3
	88.6	22.15	22.15	0
	66.45	44.3	22.15	0
FOSFATOS (mg/L)	5	1	3	1
	5	1	1	1
	5	1	1	2
	4	1	2	1
	4	1	1	1
	1	1	0	1
	4	1	0	1
	3	1	1	1
	4	1	1	1
	4	1	2	1
	3	1	1	2

Fuente: Elaboración propia (2013)

Cuadro 24. Resultados de los parámetros microbiológicos de las estaciones del humedal el Aguajal

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	ESTACIONES			
	CHANCHERIA	PTE A INCARI	CARPINTERIA	CARRETERA MARGINAL
CT(NMP/100 mL)	>1100	240	>1100	240
	>1100	240	460	240
	>1100	93	460	93
	>1100	43	75	15
	>1100	43	75	15
	>1100	240	>1101	240
	>1100	93	460	93
	>1100	43	75	15
	>1100	43	75	15
	>1110	43	75	15
		240	23	93
CTT(NMP/100 mL)	9	0	9	3
	34	9	9	3
	12	6	15	3
	6	3	7	3
	9	3	7	3
	9	0	9	3
	12	6	15	3
	6	3	7	3
	9	9	7	3
	6	3	7	3
	43	9	0	3

Fuente: Elaboración propia (2013)

### Anexo B. Fotos

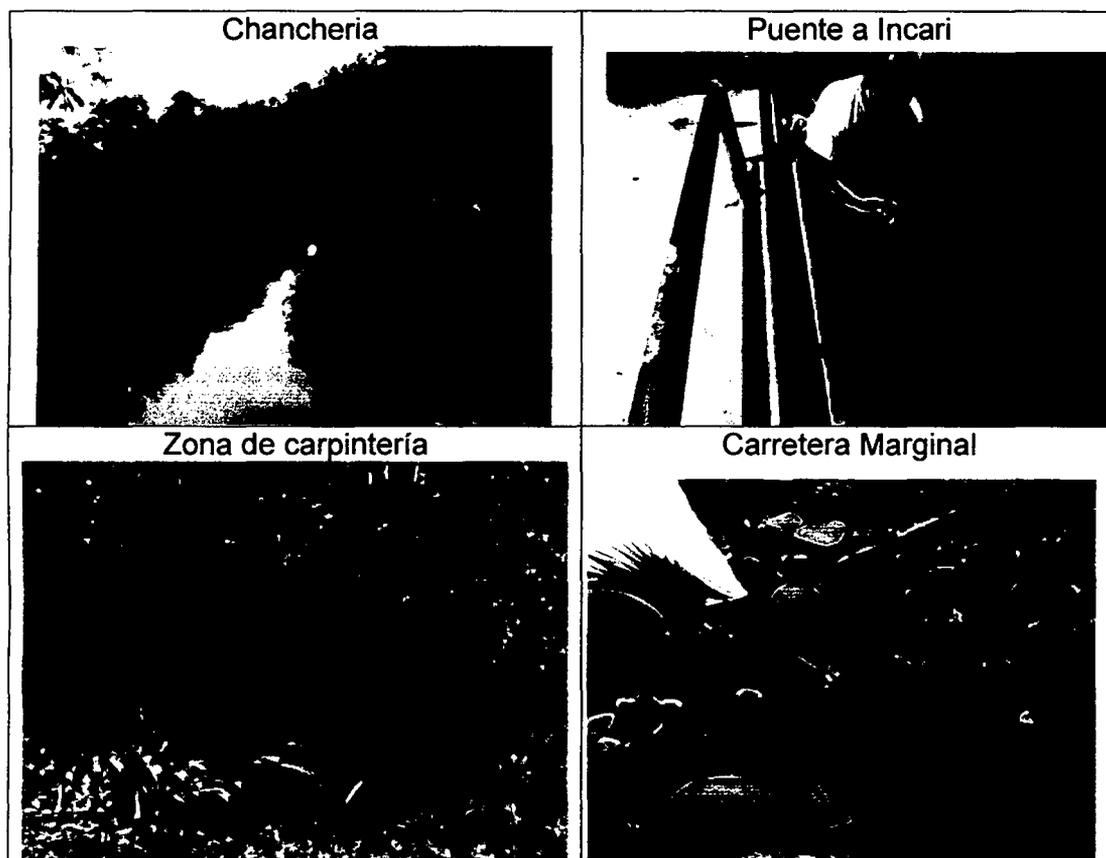


Figura 15. Estaciones de monitoreo y toma de muestra del humedal el "Aguajal"

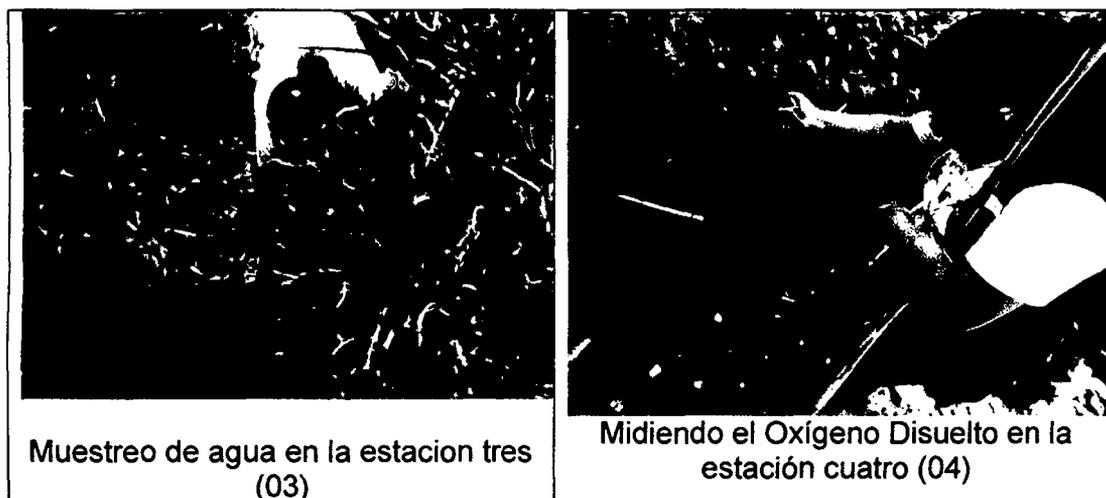


Figura 16. Toma de muestra y medición del oxígeno disuelto en las zonas de muestreo



Figura 17. Procedimientos de análisis fisicoquímico y microbiológico

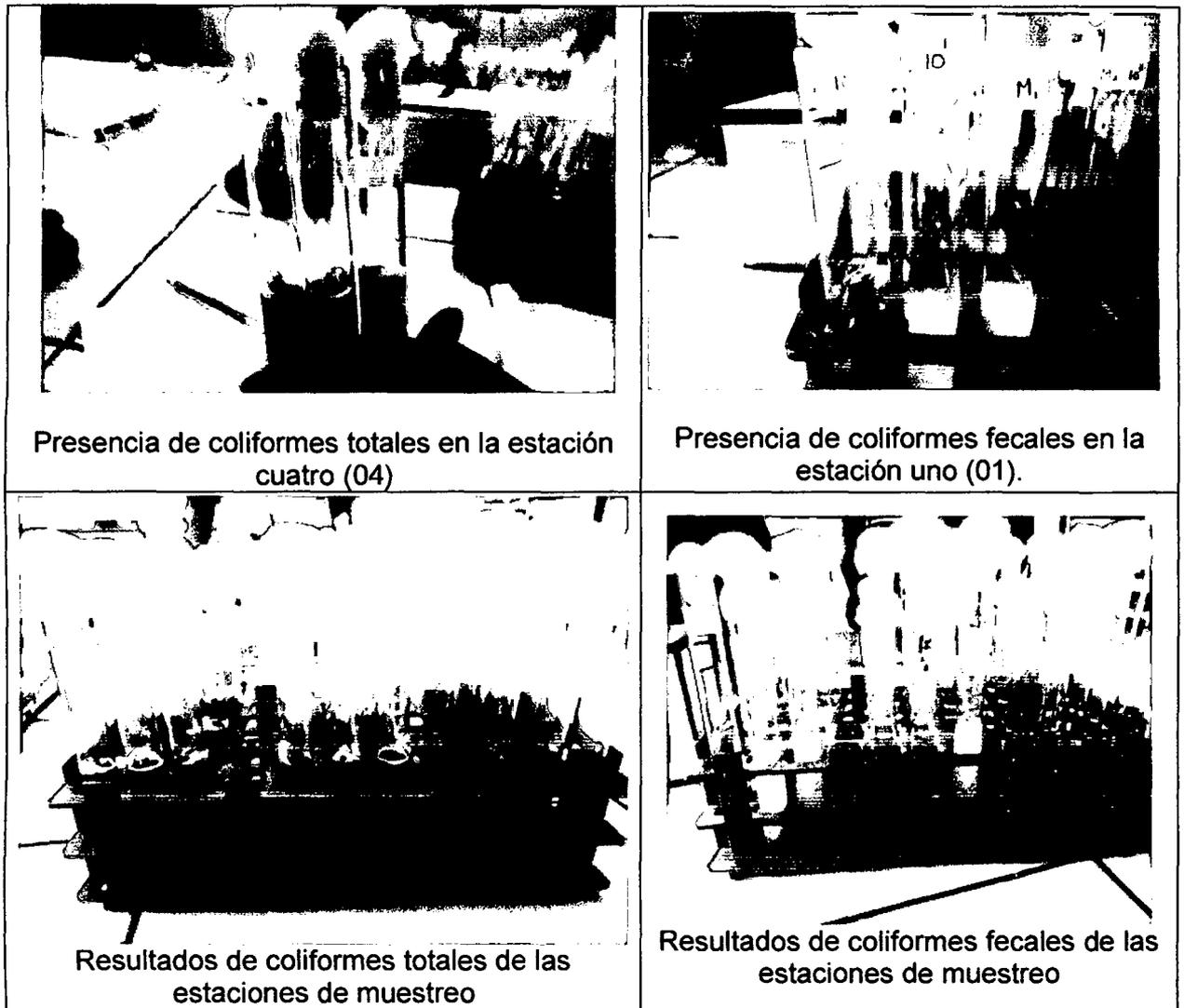


Figura 18. Resultado de analisis de muestreo



Figura 19. Plantas indicadores de contaminación en la estación uno (01)



Figura 20. Plantas indicadores de contaminación en la estación uno (01)

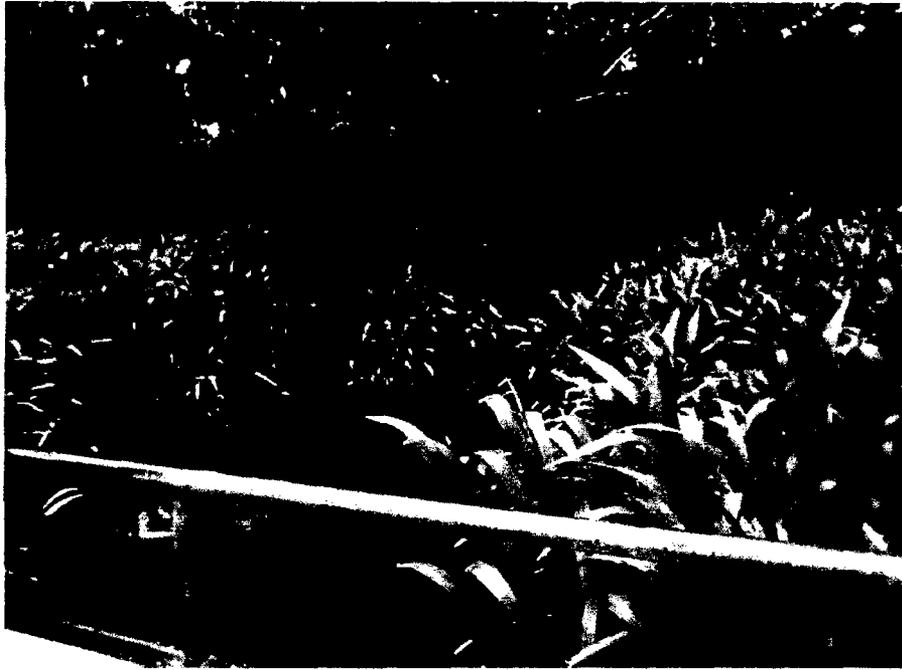


Figura 21. Ubicación de la estación dos (02) puente a Incari



Figura 22. Medición del ancho de la estación tres (03) puente a Incari

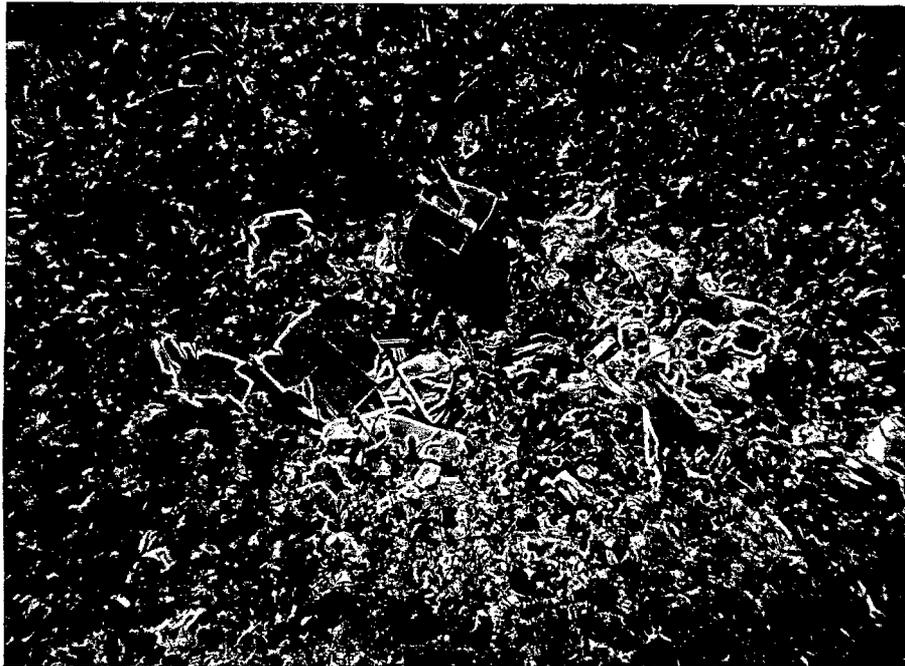


Figura 23. Fuente de contaminación en la estación tres (03) zona de carpintería



Figura 24. Muestreando parámetros in situ en la estación cuatro (04) carretera marginal

## Anexo C. Normas Nacionales

377222


**NORMAS LEGALES**

 El Peruano  
 Lima, jueves 31 de julio de 2008

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  
 N° 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 N° 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 N° 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 1°.- 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 2°.- 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

## CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	≤5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					difería 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
<b>INORGÁNICOS</b>						
Artenico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	---
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	---
Clorito A	mg/L	10	---	---	---	---
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	---
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (HNO <sub>3</sub> )	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,5	1,5		---	---
Niquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0031	0,0081
Silicatos	mg/L	---	---	---	---	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,061
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

NOTA: Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

Dureza: Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método fónica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

Nitrógeno total: Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrato (NO<sub>3</sub>)

Amonio: Como N-H no ionizado

NMP/100 mL: Número más probable de 100 mL

Ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que pasen en forma de depósitos de sedimenta en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como película visible en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.