

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE
AGUA EN CINCO COCHAS DEL PARQUE NACIONAL
DEL MANU**

Tesis para optar al Título Profesional de BIÓLOGO

Presentada por:

Bach. YAHAIRA DANIELA ARÉSTEGUI ALEGRÍA

Asesor:

M-Sc. BELTRÁN RODRIGO CHEVARRÍA DEL PINO

**CUSCO – PERÚ
2019**

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

La realización de esta investigación de tesis fue posible, en primer lugar, a la cooperación brindada por la Sociedad Zoológica de Francfort.

Se agradece a la Universidad San Antonio Abad del Cusco, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo; y a Nachito por no dejarme sola.

De manera especial a mi asesor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
INTRODUCCIÓN.....	ii
JUSTIFICACIÓN.....	iv
OBJETIVOS.....	v
CAPITULO I: GENERALIDADES.....	8
1.1 ANTECEDENTES.....	8
1.2 MARCO TEÓRICO.....	10
1.2.1 EL AGUA.....	10
1.2.1.1 Composición y Estructura.....	12
1.2.1.2 Propiedades del Agua.....	13
1.2.1.3 Contaminación del agua.....	16
1.2.1.3.1 Tipos de Contaminantes:.....	17
1.2.1.3.2 Contaminantes del agua.....	19
1.2.1.4 Características de ambientes lóticos (ríos).	21
1.2.1.4.1 Estructura y Funcionamiento de los ríos.....	21
1.2.1.4.2 Dinámica Fluvial.....	22
1.2.1.4.3 Autodepuración.....	22
1.2.1.5 Características de ambientes lénticos (cochas).....	23
1.2.1.6 Calidad del agua.....	25
1.2.1.7 Índice de calidad de agua – ICA.....	27
1.2.1.7.1 Parámetros físicos y químicos del agua para la determinación del ICA.....	33
1.2.1.7.2 Parámetros Bacteriológicos.....	37
1.2.1.8 Marco Legal.....	38
CAPITULO II: ÁREA DE ESTUDIO.....	45
2.1 UBICACIÓN.....	45
2.2 ACCESIBILIDAD.....	46
2.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	47
2.3.1 Medio Físico.....	47
2.3.1.1 Hidrología.....	47
2.3.1.2 Geología.....	48
2.3.1.3 Geomorfología.....	49
2.3.2 Cordillera Oriental.....	49
2.3.3 Cordillera Subandina.....	49
2.3.4 Llanura de Madre De Dios.....	50
2.4 Medio Biológico.....	50
2.4.1 Flora y Vegetación.....	50
2.4.2 Fauna.....	52
2.4.3 Ecología.....	53

2.4.3.1 Zonas de Vida Natural.....	53
2.4.3.2 Clima	54
2.4.3.3 Población	55
2.4.3.4 Actividades económicas	58
2.4.3.5 Problemática Ambiental	58
2.4.3.6 Erosión.....	59
2.4.3.7 Desertificación.....	60
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.1 MATERIALES.....	61
3.1.1 De Gabinete:.....	61
3.1.2 De Campo.....	61
3.1.3 Materiales de Laboratorio:	62
Reactivos:	63
3.2 METODOLOGÍA	64
3.2.1 SELECCIÓN DE LAS COCHAS A EVALUAR.....	64
3.2.1.1 Análisis Físico – Químico del Agua	65
3.2.1.2 Análisis bacteriológico de 5 cochas del Parque Nacional del Manu	66
3.2.1.3 Determinación del Índice de Calidad del Agua	70
3.2.1.4 Determinación del “qi” para cada parámetro por curvas de función:	71
3.2.2.1 Cocha Lagarto	77
3.2.2.2 Cocha Otorongo	78
3.2.2.3 Cocha Salvador	79
3.2.2.4 Cocha Maizal	80
3.2.2.5 Cocha Cashu	81
CAPITULO IV: RESULTADOS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN.....	82
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS DEL AGUA DE 5 COCHAS DEL PARQUE NACIONAL DEL MANU	82
4.1.1 Temperatura	82
4.1.2 Turbidez.....	84
4.1.3 pH.....	85
4.2 Sólidos Totales.....	87
4.1.4 Oxígeno Disuelto	89
4.1.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	91
4.1.6 Nitratos	92
4.1.7 Fosfatos	94
4.1.8 Coliformes Termotolerantes.....	95
4.2 ANÁLISIS DE DATOS DE LOS PARAMETROS EVALUADOS EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS DEL AÑO 2015.....	97
4.2.1 DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO <i>qi</i> PARA EL ICA.....	97
4.2.1.1 Curva de función para porcentaje de saturación	97
4.2.1.2 Curva de función para coliformes termotolerantes	98

4.2.1.3	Curva de función para pH	98
4.2.1.1	Curva de función para DBO	99
4.2.1.1	Curva de función para nitratos	100
4.2.1.1	Curva de función para fosfatos.....	100
4.2.1.1	Curva de función para turbidez	101
4.2.1.1	Curva de función para sólidos totales disueltos (STD).....	102
4.2.1.1	Curva de función para la temperatura (T°)	102
4.2.2	<i>DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO IW</i>	103
4.2.1	INDICE DE LA CALIDAD DE AGUA EN 5 COCHAS DEL PARQUE NACIONAL DEL MANU	104
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES	110

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla N°01: Volumen de Agua disponible en el mundo.....	12
Tabla N°02: Constituyentes seleccionados.....	28
Tabla N°03: Ventajas y limitaciones de un ICA.....	29
Tabla N° 04: Rangos de la Calidad del Agua.....	29
Tabla N°05: Escala de Índice de Calidad del Agua en función a sus diferentes usos.....	32
Tabla N°06 Categoría 4, Conservación del ambiente acuático.....	43
Tabla N°07: Ubicación hidrográfica.....	47
Tabla N°08: Caudales generados (promedios mensuales).....	48
Tabla N°09: Temperatura y precipitación.....	54
Tabla N°10: Población del PNM	55
Tabla N°11: Localización de las Estaciones de Muestreo de Agua de las cochas del Río Manu	64
Tabla N°12: Método para la evaluación de los parámetros.....	66
Tabla N°13: Metodología utilizada para el Análisis Bacteriológico de 5 cochas del Parque Nacional del Manu.....	70
Tabla N° 14: Pesos Relativos para cada parámetro del ICA.....	71
Tabla N°15: Valores de temperatura del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	82
Tabla N°16: Valores de turbidez del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	84
Tabla N°17: Valores de pH del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	85
Tabla N°18: Sólidos totales del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	87
Tabla N°19: Oxígeno Disuelto del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	89
Tabla N°20: Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	91

Tabla N°21: Valores de Nitrato del Agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	92
Tabla N°22: Valores de Fosfatos del Agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	94
Tabla N°23: Coliformes termotolerantes del Agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.....	95
Tabla N°24: Determinación del parámetro IW.....	103
Tabla N°25: Índice de calidad de agua – ICA en las estaciones de muestreo.....	104
Tabla N°26: Índice de Calidad de Agua en función a su uso en cada estación de muestreo.....	106
Tabla N°27: Resultados del estadístico ANOVA y Tukey aplicado a la evaluación de parámetros analizados.....	107

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura N°01: Geometría Angular del Agua, ángulo de 105°	13
Figura N°02: Escala de los ICA en función al uso del Agua.....	30
Figura N°03: Criterios generales según el Índice de Calidad del agua.....	31
Figura N°04: Climograma.....	55
Figura N°05: Curva de función para oxígeno disuelto.....	72
Figura N°06: Curva de función para Coliformes Termotolerantes.....	72
Figura N°07: Curva de función para pH.....	73
Figura N°08: Curva de función para DBO.....	74
Figura N°09: Curva de función para temperatura.....	74
Figura N°10: Curva de función para fosfatos.....	75
Figura N°11: Curvas de función para Nitratos.....	75
Figura N°12: Curvas de función para turbidez.....	76
Figura N°13: Curva de función para sólidos totales.....	76

Figura N°14: Variación de la temperatura.....	83
Figura N°15: Variación de la turbidez.....	84
Figura N°16: Variación del pH.....	86
Figura N°17: Variación de los sólidos totales.....	88
Figura N°18: Variación de los Oxígeno Disuelto.....	89
Figura N°19: Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	91
Figura N°20: Variación de los valores de Nitrato.....	93
Figura N°21: Variación de los valores de Fosfatos.....	94
Figura N°22: Variación de los valores de Coliformes Termotolerantes.....	96
Figura N°23: Curva del% de Saturación de O2.....	97
Figura N°24: Curva de función para Coliformes Termotolerantes.....	98
Figura N°25: Curva de función para pH.....	99
Figura N°26: Curva de función para DBO.....	99
Figura N°27: Curva de función para Nitratos.....	100
Figura N°28: Curva de función para Fosfatos.....	101
Figura N°29: Curva de función para Turbidez.....	101
Figura N°30: Curva de función para sólidos totales disueltos (STD).....	102
Figura N°31: Curva de función para la temperatura (T°).....	103
Figura N°32: Variación de los ICA en cada estación en función a su calidad.....	105
Figura N°33: Representación gráfica de los datos obtenidos.....	107
Figura N°34: Análisis de conglomerados en base a los parámetros estudiados.....	108

RELACIÓN DE MAPAS

Mapa N°01: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.....64

Mapa N°02: Mapa de distribución de los puntos de muestreo.....64

RELACIÓN DE DIAGRAMAS

Flujograma N°01: Procedimiento de análisis de Coliformes Totales y
Termotolerantes.....69

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en el Parque Nacional de Manu (PNM), ubicado en las provincias de Paucartambo (departamento del Cusco) y Manu (departamento de Madre de Dios), de agosto a noviembre del 2015; con el fin de conocer el Índice de Calidad de Agua (ICA) de las cinco cochas ubicadas a lo largo del río Manu, fueron determinadas 15 estaciones de muestreo en las cochas Otorongo, Salvador, Cashu, Maizal y Lagarto; cada una con 3 puntos de muestreo, debido a la geografía del terreno y la forma del cuerpo de agua, considerándose los ingresos, descargas, centros poblados cercanos y hospedajes turísticos. Se utilizó el método gráfico y método analítico propuesto por Brown (1970) y Ott (1978) respectivamente para determinar el Índice de Calidad de Agua – ICA, se evaluaron nueve parámetros: Nitratos, Fosfatos, Turbidez, Sólidos Totales, Temperatura, pH, Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Coliformes Termotolerantes. Respecto al Índice de Calidad de Agua de las 5 cochas evaluadas dentro del Parque Nacional del Manu, muestra que para el año 2015 el ICA es de categoría media; lo que significa que existe menos diversidad de organismos acuáticos y ha aumentado el crecimiento de las algas. En función al uso del agua, el ICA para el uso recreativo es de calidad aceptable, para Uso en Agricultura es de calidad contaminada leve y para el uso en pesca y vida acuática es de calidad aceptable.

INTRODUCCIÓN

El Perú posee condiciones naturales que han configurado una geografía muy particular, única, que sirve de hábitat para un gran número de especies de flora y fauna silvestres, muchas de ellas endémicas, es decir, propia o exclusiva de nuestro país. Considerado entre los países con mayor riqueza de especies de mamíferos: tercero en América y quinto en el mundo, con 508 especies nativas (Pacheco et al. 2009).

La selva y los cuerpos de agua adyacentes al río Madre de Dios, contienen una gran cantidad de formas de vida, por lo que, no resulta sorprendente que esta región sea considerada la capital mundial de la biodiversidad. (Montalván, G, Mogollón, V. 2010)

La región de Madre de Dios presenta una diversidad genética, específica y ecosistémicos manifestados en variados microclimas, tipos de suelo y ambientes acuáticos; características que han hecho que esta sea una de las regiones más diversas del país, llegándose a registrar hasta 218 especies de mamíferos (IIAP 2009).

Una forma de expresar la información de calidad de aguas, de manera integrada, es utilizando un Índice de Calidad de Aguas (ICA). Los ICA son herramientas prácticas que sintetizan la información proporcionada por una gran cantidad de parámetros en una expresión sencilla, para generar un valor numérico que permita evaluar la calidad del agua de un sistema (García 2012). Siendo un tipo de índice ambiental que puede ser usado como referencia única para informar sobre la calidad del ambiente acuático afectado y para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación (Torres Vega, 2009)

Debido a la gran importancia que representa las cochas del río Manu en el Parque Nacional del Manu, que es hábitat de una gran biodiversidad de fauna y flora y que

también es el hábitat del lobo de río quién representa el último eslabón de la cadena trófica de estos ecosistemas (cochas).

El presente estudio se realizará con el fin de dar a conocer el Índice de Calidad del Agua - ICA a lo largo de las cochas; y de esta manera conocer el grado de contaminación que pueda o no afectar a la calidad de las cochas y los seres vivos que habitan en ellas.

JUSTIFICACIÓN

La investigación planteada contribuirá con el conocimiento del Índice de Calidad de Aguas. Siendo un estudio de línea de base, servirá a futuro como referente a las posibles alteraciones que puedan suscitarse en los cuerpos de agua, por la actividad antrópica y su influencia en la diversidad biológica allí existente.

Asimismo, los resultados del estudio ayudarán con los problemas que existen para la conservación de un área natural protegida por el estado.

La finalidad del presente estudio es conocer el Índice de Calidad del Agua-ICA e identificar las actividades antrópicas que afectan a estos cuerpos de agua; mediante el análisis de 9 parámetros físico-químicos mediante el método gráfico propuestos por Brown y método analítico propuesto por Ott para determinar el Índice de Calidad del Agua-ICA.

Los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación servirán para plantear alternativas de solución, promoviendo el uso sostenido y conservación del recurso hídrico a lo largo de las cochas del Rio Manu.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el Índice de la Calidad de Agua de las cochas Otorongo, Salvador, Cashu, Maizal y Lagarto, del Parque Nacional del Manu.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los diferentes parámetros (físicos, químicos y bacteriológicos) de los ecosistemas acuáticos para determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA).
2. Comparar estadísticamente las características halladas entre las cochas estudiadas.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

SCHENCK, (1999) Realizó sus estudios en el Parque Nacional del Manu, en la que hizo un registro cartográfico de las cochas observando la vegetación de la orilla; determinó algunos parámetros físicos y químicos tales como: visibilidad, morfometría, conductividad, pH, contenido de nitrato y dureza del agua. En el que se obtuvo como resultado que las "cochas" son el micro hábitat más adecuado para el lobo de río en comparación con el río porque el agua es mucho más clara, la temperatura es ligeramente elevada, hay una presencia elevada de peces y constituyen una trampa de sustancias nutritivas tanto para iones provenientes del agua de río, como para el ingreso de la producción orgánica del bosque.

MALPARTIDA, et al (2003) Determinaron el Índice de Calidad de Agua-ICA de los principales medios lóticos del Santuario Histórico de Machupicchu-SHM para 2 períodos del año; época de lluvias (Marzo y Abril) y época de estío (Julio). De las 29 muestras obtuvo como resultado que presenta características fisicoquímicas (pH, conductividad, cloruros, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno) que se encuentran dentro de los estándares de calidad de agua, mientras que las características bacteriológicas en su mayoría se encuentran por encima de los estándares establecidos para aguas de consumo humano. El principal agente de contaminación del recurso hídrico es la actividad antrópica.

LINARES, et al (2003) Hizo un estudio en la microcuenca de Canchacancha, Provincia de Calca, Departamento del Cusco. Se estudió la calidad del río Huarán hasta la desembocadura en el río Vilcanota, en la que se obtuvo como resultado un valor de 68.04, correspondiente a un rango de calidad de aguas medias. Encontrando que los parámetros físicos y químicos se hallan

dentro de los rangos permisibles, en contraposición con los parámetros microbiológicos que se hallan por encima de los rangos permisibles para el consumo humano.

ORTEGA, H. et al (2007) Realizaron un estudio en cuerpos de agua del nororiente del Perú en la cuenca del Río Huallaga, donde registran valores similares de Oxígeno Disuelto, transparencia y temperatura en los diferentes ambientes lóticos (Cainarache – Sabaloyacu) mientras, estos valores fueron menores en los ambientes lénticos (Condoryacu – Pumayacu) (Ortega, Rengifo, Samanez, & Palma, Revista peruana de Biología, 2019) . La riqueza de especies de peces en fitoplancton fue de 74, en zooplancton 22 de especies y en bentos de 20 especies (Ortega, Rengifo, Samanez, & Palma, Revista peruana de Biología, 2019).

SILVA, (2010) Realizó un estudio en 19 cuerpos de agua en el Parque Nacional del Manu de la subcuenca del Río Manu en el que evalúa sus características físicas, químicas y bacteriológicas; determinando la calidad de agua, en los cuales presentan una calidad “mala” (cocha Cashu y Pato) y de calidad “media” (17 cochass restantes), mientras que para uso público son de calidad dudosa y para las actividades como son pesca, agricultura, navegación y recreación presentan una calidad de agua en el rango aceptable. En cuanto a especies fitoplanctónicas se ha registrado 63 especies y 20 especies zooplactónicas siendo las más frecuentes *Euglena oxyuris*, *Chara sp.*, *Trachelomonas hispida* y en el zooplancton *Keratella quadrata* y *Lecane inermes*.

LATORRE, et al (2014) Hizo un estudio en el río Araza – Cusco. Determino el Índice de Calidad del Agua, mediante el empleo del método gráfico y el método analítico propuesto por (Brown, (1970)) y (Ott W. , 1978) respectivamente; para la concentración de metales pesados se determinó utilizando el método de espectrometría de absorción atómica. El Índice de calidad del Agua, para la época seca y época de lluvias, se calificó como bueno. Los metales pasados se

encuentran dentro de los rangos permisibles dispuestos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua.

PLATAROTI, M. (2010) Realizó estudios sobre la calidad de agua en el cauce principal del Río Lujan y dos arroyos adicionales Las Flores y Carabassa - Argentina, en el que caracterizó y determinó dos patrones de variación definidos. Un patrón espacial asociado a la acción antropogénica y un patrón temporal relacionado con las variaciones estacionales. La interacción de ambos patrones determina la calidad del agua y el grado de eutrofización de los cursos estudiados. El cauce principal presentó un patrón de variación espacial asociado a un aumento de la contaminación orgánica y el estado trófico en dirección aguas abajo, reflejado en el incremento de valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Fosfatos y Amonio; y un patrón de variación estacional donde la calidad del agua se deteriora al aumentar la temperatura y disminuir las precipitaciones y el caudal del río, provocando así el incremento de la conductividad, sólidos totales, nitrito y disminución del oxígeno disuelto.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 EL AGUA

El agua es uno de los recursos naturales más importantes en la vida, siendo el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Esta influencia no solo se debe a sus propiedades fisicoquímicas como molécula bipolar sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella (Martel, 2004). Su utilización es predominante para el desarrollo humano, esencial para el consumo e insumo importante en la producción agrícola e industrial; pero los diversos usos que se le dan afectan negativamente la calidad del agua. Lo que provoca un detrimento del recurso por acciones antrópicas sumada a la que ya están sometidas de

forma natural; por arrastre de material en partículas o disuelto, materia orgánica natural, escorrentía, entre otras, lo que dificulta la sostenibilidad del recurso (Torres, P., Cruz, C. y Patiño, P., 2009). Hay que considerar también que el hombre influye sobre el ciclo del agua de dos formas distintas, bien directamente mediante extracción de las mismas y posterior vertido de aguas contaminadas, o indirectamente alterando la vegetación y la calidad de las aguas. La contaminación actúa sobre el medio ambiente acuático alterando el delicado equilibrio de los diversos ecosistemas integrado por organismos productores, consumidores y descomponedores que interactúan con componentes sin vida originando un intercambio cíclico de materiales (SENAMHI, 2018).

El agua es la molécula más abundante de la Tierra: el 71% de nuestro Planeta es agua pero el 97.5% de los recursos hídricos es agua salada. El volumen total de agua es de aproximadamente 1,400 millones de km³, de los cuales sólo el 2,5%, o alrededor de 35 millones de km³, corresponde al agua dulce (Ercilio, M. F., Rodríguez, C. S., Cabel N. W., Ortiz S. I., Noriega, T. P., Tejada, G. M., 2005).

Tabla N°01: Volumen de Agua disponible en el mundo

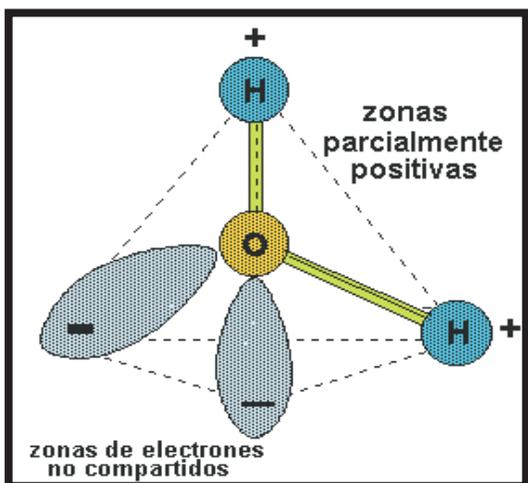
Agua	Volumen (1.000 Km ³)	% del total de Agua	% del total de Agua Dulce
Agua Salada			
Océanos	1,338,000	96.54%	
Aguas Subterráneas Salinas/Salobres	12,870	0.93%	
Lagos de Agua Salada	85	0.01%	
Aguas continentales			
Glaciares cubierta de nieve permanentemente	24,064	1.74%	68.70%
Agua dulce subterránea	10,530	0.76%	30.06%
Hielo del suelo	300	0.02%	0.86%
Lago de agua dulce	91	0.01%	0.26%
Humedad del suelo	17	0.001%	0.05%
Vapor de agua de la atmósfera	13	0.001%	0.04%
Pantanos, Humedales	12	0.001%	0.03%
Ríos	2	0.0002%	0.01%
Incorporación a la biota	1	0.0001%	0.0003%
Total de Agua	1,385,984	100%	
Total de Agua Dulce	35,029		100%

Fuente: (Ercilio, M. F., Rodríguez, C. S., Cabel N. W., Ortiz S. I., Noriega, T. P., Tejada, G. M., 2005)

1.2.1.1 Composición y Estructura

El agua es un recurso natural formado por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva). La molécula tiene una geometría angular (los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de unos 105°) lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras muchas sustancias polares (Carbajal, A. A., Gonzales, F. M., 2012)

Figura N°01: Geometría Angular del Agua, ángulo de 105° .



Fuente: (Carbajal, A. A., Gonzales, F. M., 2012)

1.2.1.2 Propiedades del Agua

A. Polaridad

Es la atracción electrostática entre la carga parcial positiva cercana a los átomos de hidrógeno de una molécula de agua y la carga parcial negativa cercana al oxígeno de otra, permite la atracción electrostática de moléculas de agua vecinas mediante (Carbajal, A. A., Gonzales, F. M., 2012) los puentes de hidrógeno. El enlace sólo requiere que el átomo electronegativo (el oxígeno en el caso del agua) que atrae al hidrógeno sea pequeño, posea un par de electrones no enlazantes y una geometría que permita que el hidrógeno haga de puente entre los dos átomos electronegativos. Cada molécula de agua puede potencialmente formar 4 puentes de hidrógeno con otras tantas moléculas de agua dando lugar a una estructura tetraédrica reticular relativamente ordenada. Esta atracción es fuerte porque las moléculas de agua, siendo pequeñas, pueden acercarse mucho más que moléculas mayores y quedan firmemente atraídas por su gran polaridad (Vaquero & Toxqui, 2012).

B. Cohesión

La energía de un puente de hidrógeno agua-agua es de unas 5,5 kcal/mol; además, hay que tener en cuenta las interacciones de Van Der Waals entre moléculas próximas. Por consiguiente es difícil que se separen y así se evita que escapen como vapor. Esto hace que el agua posea una gran cohesividad intermolecular, condicionando su alto punto ebullición, de fusión y elevado calor específico (Vaquero & Toxqui, 2012).

C. Adhesión

El agua, por su gran potencial de polaridad, cuenta con la propiedad de la adhesión, es decir, el agua generalmente es atraída y se mantiene adherida a otras superficies, lo que se conoce comúnmente como “mojar”. Esta fuerza está también en relación con los puentes de hidrógeno que se establecen entre las moléculas de agua y otras moléculas polares y es responsable, junto con la cohesión, del llamado fenómeno de la capilaridad (Vaquero & Toxqui, 2012).

D. Conductividad

El comportamiento térmico del agua es único y gracias a ello el agua es el principal responsable del sistema termorregulador del organismo, manteniendo la temperatura corporal constante, independientemente del entorno y de la actividad metabólica. Esta es una de sus funciones más importantes. Tiene una alta conductividad térmica que permite la distribución rápida y regular del calor corporal, evitando gradientes de temperatura entre las diferentes zonas del organismo y favoreciendo la transferencia de calor a la piel para ser evaporada (Vaquero & Toxqui, 2012).

E. Densidad

La densidad del agua líquida es altamente estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A presión normal de 1 atmósfera, el agua líquida tiene una mínima

densidad a 100°C, cuyo valor aproximado es 0,958 Kg/l. Mientras baja la temperatura, va aumentando la densidad de manera constante hasta llegar a los 3,8 °C donde alcanza una densidad de 1 Kg/l. Esta temperatura representa un punto de inflexión y es cuando alcanza su máxima densidad a presión normal. A partir de este punto, al bajar la temperatura, disminuye la densidad aunque muy lentamente hasta que a los 0°C alcanza 0,9999 Kg/l. Cuando la temperatura baja, las moléculas pierden movilidad y tienden a unirse más fuertemente, pero separándose unas moléculas de otras, disminuyendo así su densidad a 0,917 Kg/l y aumentando su volumen. Esto hace que el hielo tenga menos densidad que el agua líquida y, por tanto, el hielo flota en el agua. Esta propiedad es fundamental para los peces y otros animales, pues cuando hace frío el agua se congela y al flotar hace que sólo se congele el agua de la superficie, evitando que el frío congele el agua inferior. Si esto no fuera así, se congelaría toda el agua y morirían todos los animales acuáticos (Vaquero & Toxqui, 2012).

F. Disolvente

Debido a su pequeño tamaño, a la naturaleza polar de sus enlaces H–O, a su estructura angular y a su capacidad para formar puentes de hidrógeno, el agua es una molécula altamente reactiva que puede disolver una gran variedad de sustancias (hidrófilas) iónicas y moleculares, pero también evita la disolución de otras apolares (hidrófobas), efecto igualmente muy importante para la vida (Vaquero & Toxqui, 2012). Gracias a su capacidad disolvente, a su elevada constante dieléctrica y a su bajo grado de ionización ($K_w=10^{-14}$), el agua es el medio en el que se producen todas las reacciones del metabolismo, participando en muchas de ellas como sustrato o como producto (Vaquero & Toxqui, 2012).

G. Tensión Superficial

El agua tiene la tensión superficial más alta de todos los líquidos comunes. Por lo tanto tiene una gran capacidad erosiva, por su misma propiedad de cohesión, el agua tiene una gran atracción entre las moléculas de su superficie, creando tensión superficial. La superficie del líquido se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo tiempo ofrecer cierta resistencia al intentar romperla; esta propiedad contribuye a que algunos objetos muy ligeros floten en la superficie del agua. Las gotas de agua son estables también debido a su alta tensión superficial (Toxqui, A. L., Vaquero, R. P., 2012).

H. Temperatura de Ebullición

El agua tiene un punto de ebullición tan alto, esta es la razón por la que el agua es líquida en el amplio rango de temperaturas en las que se producen las reacciones de la vida y no un gas como le correspondería por su bajo peso molecular. El punto de ebullición de un compuesto es función de su masa molecular. Según esto el agua tendría un punto de ebullición de unos -100°C (173K) y, por tanto, no encontraríamos agua líquida en la naturaleza, sólo en estado gaseoso. Sin embargo, la temperatura de ebullición del H_2O es de $+100^{\circ}\text{C}$ (373K) (Vaquero & Toxqui, 2012).

1.2.1.3 Contaminación del agua

La contaminación del agua ha aumentado en los últimos años y también ha decrecido la calidad de muchos depósitos de agua que son ocasionados por las termoeléctricas. El aumento en la actividad industrial ha incrementado la polución de las aguas de la superficie terrestre y está contaminando cada día los depósitos de agua subterráneas. Para calcular la contaminación de las aguas se usa la medición de la demanda bioquímica de oxígeno o DBO, verificándose la cantidad de oxígeno en un volumen unitario de agua durante el proceso biológico de la degradación de la

materia orgánica. La contaminación de las aguas provoca efectos como la distorsión de los ecosistemas, las fuentes de alimento y la belleza natural (Barba, 2002).

Las características de agua se ven afectadas por la introducción de sustancias de modo directo o indirecto deteriorando la calidad para usos posteriores (Gallego, 2000). Dado que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la noción de contaminante del agua comprende cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración impidan los usos benéficos del agua (Johnson, S. H.; Vermillion, D. L.; Sagardoy, J. A., 1995).

El agua tiene una gran capacidad de purificación, pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, aguas servidas, etc.

Los efectos de la degradación del agua son muy diversos y dependen del elemento contaminante. Pero entre los más visibles podemos nombrar: disminución y/o desaparición de la vida acuática, incremento de enfermedades hídricas (como: cólera, parasitosis, diarreas, hepatitis, fiebre tifoidea) o aparición de nuevas, deterioro de la calidad de un curso de agua con fines recreativos (natación, buceo, windsurf, pesca, navegación, etc.), ruptura del equilibrio ecológico (al desaparecer especies que servían de alimento a otras), costos elevados para potabilizar el agua (Owen, 2016).

1.2.1.3.1 Tipos de Contaminantes:

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre.

a. Contaminación Natural

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales, por ejemplo, el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra y en los océanos (Barba, 2002), contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos, normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy específicos (Barba, 2002).

b. Contaminación Antropogénica

Se concentra en zonas concretas o puntual, por ejemplo, zonas de vertido de aguas residuales, industriales y domésticas, siendo muchas veces más peligrosa que la contaminación natural (Barba, 2002).

- Industria

Según el tipo de industria se producen distintos tipos de residuos, normalmente en los países desarrollados muchas industrias poseen eficaces sistemas de depuración de las aguas, sobre todo las que producen contaminantes más peligrosos como metales tóxicos. En algunos países en vías de desarrollo la contaminación del agua por residuos industriales es muy importante. El sector industrial, construcción, minería, energía, las sustancias contaminantes principales son sólidos en suspensión, los radicales ácidos y alcalinos, metales pesados, materia orgánica, etc. (Barba, 2002).

- Vertidos Urbanos

La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales, sales, ácidos, etc.) (Barba, 2002).

- Navegación

Produce diferentes tipos de contaminación, especialmente con hidrocarburos. Los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos. Convenios como el Marpol (Disminución de la contaminación marina procedente de tierra) de 1974 y actualizado en 1986 y otros, han impulsado una serie de medidas para frenar este tipo de contaminación (Barba, 2002).

- Agricultura y Ganadería

Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas (Barba, 2002).

1.2.1.3.2 *Contaminantes del agua*

- a. Contaminantes Biológicos: En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por microorganismos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. El agua de consumo humano según la OMS (Organización Mundial de la Salud) debe presentar cero colonias de coliformes por cada 100 ml de agua (Barba, 2002).
- b. Contaminantes Químicos: En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas. Nitratos y

fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas, cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable. Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos. Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos (Barba, 2002).

- c. Contaminantes Físicos: Las sustancias radiactivas como isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua. La contaminación térmica en el agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos (Barba, 2002).

1.2.1.4 Características de ambientes lóticos (ríos).

Son cuerpos de aguas lóaticas (aguas corrientes) que aun cuando pueden dividirse de varias formas son, en última instancia, corrientes de agua continua que desembocan en otra corriente de agua o en el mar (Cervantes, M.; Sánchez, O.; Herzig, M.; Peters, E.; Marquez, R.; Zambrano, L., 2007). Esta definición reúne una amplia gama de sistemas muy diversos, desde pequeños arroyos temporales a grandes y caudalosos ríos, y bajo condiciones muy diversas de clima, geología, topografía, vegetación e impactos humanos. Factores que determinan, entre otros, la fisonomía de los cauces, el régimen hidrológico (permanente/temporal), tipo e intensidad de perturbaciones (riadas, sequías, encauzamientos, represamientos, etc.), y la calidad de sus aguas (grado de mineralización) (Gómez, 2010). Por la complejidad y la heterogeneidad de las cuencas, presentan gradientes espaciales en los descriptores físicos e hidrológicos, así como en la distribución de los organismos (Lampert & Sommer, 1997). Las variaciones se manifiestan desde las zonas de cabecera hasta la cuenca baja y su efecto se expresa en la estructura de las comunidades acuáticas (Izagirre & Elosegí, 2005).

1.2.1.4.1 Estructura y Funcionamiento de los ríos

La estructura de los ecosistemas fluviales está ligada a la forma y dimensiones del cauce, a la calidad química del agua, a la diversidad de hábitats y a las distintas comunidades biológicas que se establecen en los mismos. Su funcionamiento está ligado a procesos como el transporte y retención de sedimentos, nutrientes o materia orgánica o por la fotosíntesis de algas y otros productores primarios, por poner algunos ejemplos. Hay interrelaciones obvias entre estructura y funcionamiento; así el caudal transportado por el río y sus variaciones temporales determina la configuración geomorfológica y la estructura del hábitat fluvial. Asimismo, el tipo y la cantidad

de materiales que llegan al sistema determinan sus características químicas (Sabater & Elosegi, 2009).

1.2.1.4.2 Dinámica Fluvial

Dentro del sistema natural se habla de dinámica fluvial en referencia a los complejos procesos activos y metamorfosis de los sistemas fluviales (migraciones y cambios de trazado de cauces, orillas erosionadas o con depósitos sedimentarios, etc.), tanto en su componente espacial (longitudinalmente a lo largo del eje fluvial, así como transversal y vertical) como en su evolución temporal. Un río vivo es dinámico espacial y temporalmente, porque en cada momento su paisaje es una expresión del funcionamiento y de la historia del sistema, de su cuenca, de todos sus procesos climáticos, hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos (Ollero, 2007).

La dinámica fluvial se expresa en el transporte de las sustancias disueltas y particuladas. La carga disuelta proviene en su mayor parte del agua de lluvia y de los iones que ésta disuelve del suelo o por meteorización química de la roca madre. La carga particulada corresponde a la erosión y transporte de sedimentos de la cuenca, y comprende materiales que varían en tamaño desde arcillas coloidales hasta rocas, y desde hojas hasta troncos. La concentración de los solutos en los ríos cambia con el caudal y con el origen de las aguas que llegan al río. A medida que aumenta el caudal, las concentraciones disminuyen, puesto que una proporción cada vez mayor de agua proviene de la lluvia, que suele ser pobre en nutrientes (Sabater & Elosegi, 2009).

1.2.1.4.3 Autodepuración

La autodepuración es el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar de un modo natural en una masa de agua y que tienden a destruir todos los contaminantes incorporados a la misma (Sans, 1999). Las aguas superficiales de la naturaleza son capaces de

autodepurarse siempre que la concentración de materia orgánica e inorgánica no rebase ciertos límites y que la oxigenación natural del agua se realice de forma continua.

La corriente de un río modifica físicamente las sustancias orgánicas en disolución, disminuyendo su tamaño y aumentando la superficie de contacto. El oxígeno del agua facilita la acción destructora de los microorganismos aerobios provocando la decantación de gran parte de los productos transformados.

La temperatura del agua determina la proporción media de oxígeno en el agua de los ríos y arroyos. La recuperación del oxígeno del agua depende principalmente de las plantas verdes que contenga y sobre todo de la aireación de su superficie. El poder autodepurador del agua de un río depende, por tanto, de la relación que exista entre el consumo de oxígeno por la transformación aerobia de sustancias orgánicas y la absorción de oxígeno procedente del aire y de las plantas acuáticas.

Mientras existe oxígeno en el agua la materia orgánica se metaboliza nitrificándose u oxidándose, siendo más rápido el proceso depurador cuanto mayor sea la dilución o repartición de las materias disueltas (Sabater & Elosegui, 2009).

1.2.1.5 Características de ambientes lénticos (cochas)

a. Lagunas de origen tectónico.

Estas lagunas fueron formadas en depresiones originadas debido a los procesos de hundimiento y levantamiento del suelo. En el llano amazónico también existen algunos ejemplos de lagunas y lagos que se han formado por el hundimiento del terreno, como los casos de la laguna Imiria en la Región Ucayali y el lago Rimachi en la Región Loreto (Maco, 2006).

b. Lagunas de origen fluvial.

Son formadas como consecuencia de la migración lateral de los cursos de agua. Durante este proceso un meandro del río puede ser aislado del cauce principal a través del fenómeno llamado regionalmente “rompeo”. De esta forma se origina un tipo diferente de cuerpo de agua, denominado “tipishca”, y la porción de tierra rodeada por este nuevo cuerpo de agua pasa a la categoría de isla. A medida que se desarrollan los procesos de sedimentación las tipishcas se van cerrando en uno de sus extremos para convertirse en una laguna típica que tiene la forma semilunar o de herradura, denominada localmente “cocha”. Dependiendo de su localización y de la influencia del río principal, se pueden clasificar en lagunas de várzea y en lagunas de agua negra (Maco, 2006).

- Lagunas de várzea.

Son lagunas adyacentes a los cuerpos de agua blanca, de los cuales reciben fuerte influencia en los periodos de creciente de los ríos. Durante los periodos de creciente los niveles de transparencia son bajos en gran parte de estos cuerpos de agua, debido al alto contenido de material en suspensión que introduce el río de agua blanca al cual están conectados. En este periodo se produce un aumento del nivel del agua, que va acompañado con una alta tasa de renovación de sustancias nutritivas. Conforme van sedimentando el material en suspensión, las aguas se tornan más transparentes. Paralelamente a ello, ocurre una alta proliferación de organismos planctónicos que solamente permiten una moderada penetración lumínica (Maco, 2006).

- Lagunas de agua negra.

Algunas veces están cercanas a los cursos de agua blanca, pero sin recibir influencia de estos durante los periodos de creciente. Este hecho permite que estos cuerpos de agua tengan menor tasa de renovación de sustancias nutritivas con relación a las lagunas de várzea. El color de las aguas de esta laguna es el café oscuro; sin embargo, hay lagunas de agua negra en la que, durante los periodos de media vaciante a vaciante, ocurre una proliferación de fitoplancton, que confiere a las aguas una coloración verdosa (Maco, 2006).

1.2.1.6 Calidad del agua

El concepto de calidad del agua es complejo y difícil de precisar. Sin embargo, se puede valorar al identificar y medir sus cualidades, que se identifican con cuantificaciones químicas, físicas y biológicas, para poder calificarla. Del estudio de la calidad del agua se pueden inferir los contaminantes y procesos que la afectan, con el fin de implantar los valores máximos permisibles de contaminantes, cuyas concentraciones no pongan en estrés a la vida acuática y permita al ser humano aprovechar el agua para diferentes usos; los procesos son un conjunto de intercambios entre componentes, del mismo sistema acuático y entre sistemas, de transformaciones biogeoquímicas que cambian el hábitat (Aranda, 2004).

Hay diversos factores que pueden afectar la calidad del agua como, por ejemplo, la geología del área, el ecosistema y actividades humanas tales como: las descargas del alcantarillado sanitario, la contaminación industrial, el uso de cuerpos de agua para recreación y el uso excesivo de los recursos de agua (Torres, 2009). Tener acceso al agua de buena calidad favorece el bienestar humano al igual que al desarrollo económico, la producción y la protección del medio ambiente. Contribuyendo en la mejora de la calidad de vida del individuo, incidiendo directamente en las condiciones de salubridad, economía, capacidad de generar ingresos,

reduciendo gastos y pérdida de tiempo, que se invierte en buscar fuentes de agua con características deseables y trasladarlas al hogar, lo que beneficia el progreso social. Además por la vinculación directa con la pobreza, el tener acceso al agua y que esta sea de calidad puede contribuir con la ruptura del círculo vicioso de enfermedades, desnutrición derivadas de este flagelo social (Red interamericana de academias de ciencias, 2019).

El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos (Lennetech, 2006).

Entre los factores que determinan la calidad del agua están:

- A. Factores físicos: La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas los sólidos en suspensión, la turbidez, el color, la temperatura (Lennetech, 2006).
- B. Factores químicos: Las actividades industriales generan contaminación al agua cuando hay presencia metales pesados tóxicos para los humanos tales como arsénico, plomo, mercurio y cromo. La actividad agrícola contamina cuando emplea fertilizantes que son arrastrados hacia las aguas, especialmente nitratos y nitritos. Además, el uso inadecuado de plaguicidas contribuye a contaminar el agua con sustancias tóxicas para los humanos (Lennetech, 2006).
- C. Factores biológicos-bacteriológicos: Existen diversos organismos que contaminan el agua, las bacterias son uno de los principales contaminantes del agua. Los coliformes representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica. Las coliformes totales no son indicadoras estrictas de contaminación de origen fecal, puesto que existen en el ambiente como organismos libres. Sin embargo, son buenos indicadores microbianos

de la calidad de agua. La *Escherichia coli* es la única bacteria que sí se encuentra estrictamente ligada a las heces fecales de origen humano y de animales de sangre caliente. También contaminan el agua virus, algas, protozoos y hongos. La calidad del agua se mide por la presencia y cantidad de contaminantes y para conocerse con exactitud es necesario realizar un análisis del agua en un laboratorio especializado (Lennetech, 2006).

Existen muchas razones por las cuales un agua pierde su calidad y los seres humanos generalmente tienen una gran influencia en la presencia de los factores que favorecen esto. La mala calidad del agua también afecta la salud de los ecosistemas, pues la biodiversidad asociada al agua se ve afectada por la contaminación (Lennetech, 2006).

1.2.1.7 Índice de calidad de agua – ICA

Un índice de calidad es un número adimensional que atribuye un valor cualitativo a un conjunto de parámetros medidos, agregados matemáticamente. En términos simples, un ICA es un número que expresa la calidad del agua mediante la integración de las mediciones de nueve parámetros de calidad del agua y el uso de esta metodología permite una rápida interpretación de los factores que podrían estar alterando la calidad del cuerpo de agua (García, 2012).

El ICA posibilita la evaluación de los constituyentes que afectan la calidad del agua para sus diferentes usos y resumir esta evaluación en un simple valor que nos sirva como una manera de comunicar y representar la calidad en los cuerpos de agua. Además, permite la comparación entre diversos ríos o en diferentes localizaciones para un mismo río (Torres, 2009).

Esta metodología es práctica y proporciona información de los efectos desfavorables de la contaminación que pudieran afectar al ser humano y las actividades en las que se emplea. Estas medidas se transforman en valores de 0-100 para su comparación en la escala de medición,

acción que beneficia la comparación de calidad de las fuentes de agua (Torres, 2009). Indica también que el índice, permite evaluar los cambios en la calidad del agua de los ríos de forma práctica y sensible. El índice de calidad de agua (Water Quality Index WQI), citado por (Fernández, N. y Solano, F., 2008) fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NFS, 2005) de Estados Unidos para la evaluación de la calidad de fuentes para consumo, utiliza nueve parámetros (NFS, 2005) en su determinación tal como se detalla en la Tabla N°02.

Tabla N°02: Constituyentes seleccionados

Constituyentes
Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto (OD)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
Turbidez
Sólidos Totales (SDT)
Nitratos
Fosfatos
pH
Temperatura
Coliformes Fecales

Fuente: (Brown, R.M., McLelland, N.I., Deininger, R.A. and Tozer, R.G., 1970)

A pesar de las ventajas actualmente reconocidas al uso de índices de calidad, aún siguen siendo criticados por presentar limitaciones de aplicación y confección. En la Tabla N°03 se muestra las ventajas y limitaciones para el índice de calidad de agua.

Tabla N°03: Ventajas y limitaciones del ICA

Ventajas	Limitaciones
Permite mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.	Proporcionan un resumen de los datos.
Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio.	No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.
Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.	No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.	No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.
Permiten priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas. Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua.	Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta la credibilidad de los ICA como ayudan en la definición de prioridades herramienta para la gestión (García, 2012).

Fuente: (Torres, 2009)

El ICA calculado es un número entre 0 y 100 que califica la calidad, a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación. La tabla N°04, muestra la clasificación de la calidad del agua de acuerdo al valor numérico que alcanza y se identifica por un color característico, siendo esta la base para la calificación del ICA en función al uso del agua que se observa en los gráficos (Canter, 1996).

Tabla N° 04: Rangos de la Calidad del Agua

Calidad del Agua	Rango ICA	Color
Muy malo	0 – 25	Rojo
Malo	26 – 50	Naranja
Medio	51 – 70	Amarillo
Bueno	71 – 90	Verde
Excelente	91 - 100	Azul

Fuente: (Canter, 1996)

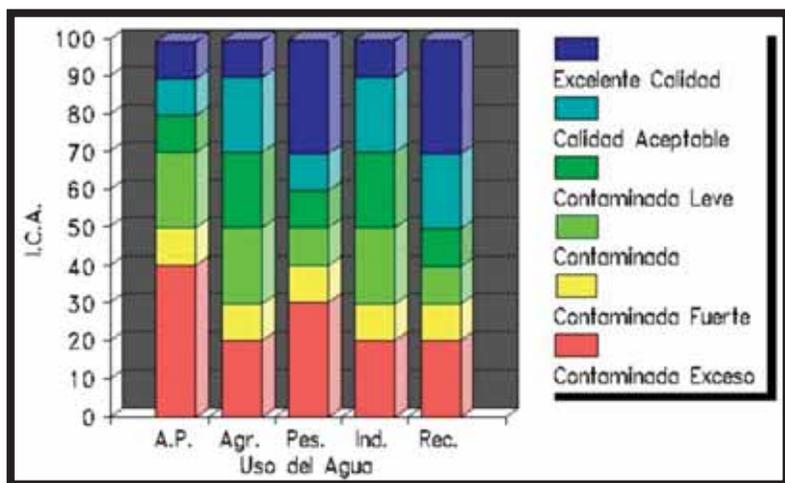
Las aguas con “ICA” mayor que 70, es decir “Excelente” o “Bueno” son capaces de poseer una alta diversidad de la vida Acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con la misma y para la toma de agua para potabilización.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Media” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de vida acuática experimentando probablemente problemas con la contaminación.

Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Muy mala”, en ellas solo pueden desarrollar un número limitado de las formas acuáticas de vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, por ejemplo para ser usado en actividades como la natación (Fernández, N. y Solano, F., 2008). La figura N°02 muestra los rangos de calificación en función al uso del agua.

Figura N°02: Escala de los ICA en función al uso del Agua



Fuente (León, 2003)

Donde:

- A.P.: Agua Potable
- Pes.: Pesca

- Rec.: Recreación
- Agr.: Agricultura
- Ind.: Industria

Asociado al valor numérico del ICA, se definen 06 rangos de estados de la calidad del agua: Excelente calidad, Calidad aceptable, Levemente Contaminada, Contaminada, Frecuentemente Contaminada y Excesivamente contaminada. En función de esta clasificación se establecieron los criterios que a continuación se presentan (ver figura N°03), la cual va a depender del uso al que se destina el agua indicándose las medidas o límites aconsejables. Es importante mencionar que dichos criterios no deben tomarse como regla y deberán ser analizados para cada caso en particular.

Figura N°03: Criterios generales según el Índice de Calidad del agua

Rango ICA	CRITERIOS GENERALES	
	Edo	Edo
90	USO: AGUA POTABLE	USO: RIEGO AGRICOLA
80	NO REQUIERE PURIFICACION PARA SU CONSUMO	NO REQUIERE DE TRATAMIENTO PARA RIEGO
70	REQUIERE PURIFICACION MENOR	TRATAMIENTO MENOR PARA CULTIVOS QUE REQUIEREN DE ALTA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO
60	DUDOSO SU CONSUMO SIN PURIFICACION	UTILIZABLE EN LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS
50	TRATAMIENTO DE POTABILIZACION INDISPENSABLE	TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS
40	DUDOSO PARA CONSUMO	SOLO PARA CULTIVOS MUY RESISTENTES <FORRAJES>
30	INACEPTABLE PARA CONSUMO	INACEPTABLE PARA RIEGO
20		

ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA					
EXCELENTE	ACEPTABLE	LEVEMENTE CONTAMINADA	CONTAMINADA	FUERTE CONTAMINADA	EXCESIVA

Fuente: (León, 2003)

Tabla N°05: Escala de Índice de Calidad del Agua en función a sus diferentes usos.

USO	RANGO	ICA	CARACTERÍSTICAS
Uso para consumo humano	90 - 100	E	No requiere purificación para consumo.
	80 - 90	A	Purificación menor requerida.
	70 - 80	LC	Dudosa su consumo sin purificación.
	50 - 70	C	Tratamiento potabilizador necesario.
	40 - 50	FC	Dudosa para su consumo.
	0 - 40	EC	Dudosa para su consumo.
Uso recreativo	70 -100	E	Cualquier tipo de deporte acuático.
	50 -70	A	Restringir los deportes de contacto directo.
	40 - 50	LC	Uso restringido de contacto con el agua.
	30 -40	C	Evitar contacto directo, solo con botes.
	20 - 30	FC	Contaminación perceptible.
	0 -20	EC	Inaceptable para recreación.
Uso en Agricultura	90 -100	E	No requiere purificación para riego.
	70 - 90	A	Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.
	50 -70	LC	Utilizable en mayoría de cultivos.
	30 -50	C	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
	20 -30	FC	Uso solo en cultivos muy resistentes.
	0 -20	EC	Inaceptable para riego.
Uso en Pesca y vida Acuática	70 -100	E	Pesca y vida acuática abundante.
	60 -70	A	Uso limitado para peces.
	50 -60	LC	Restringido para la pesca.
	40 -50	C	Vida acuática limitada.
	30 -40	FC	Inaceptable para actividad pesquera.
	0 -30	EC	Inaceptable para vida acuática.

Fuente: (León, 2003)

LEYENDA:

E : Excelente

A : Aceptable

LC : Levemente Contaminada

C : Contaminada

FC : Frecuentemente Contaminada

EC : Excesivamente Contaminada

1.2.1.7.1 Parámetros físicos y químicos del agua para la determinación del ICA.

Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas. Para evaluar las condiciones del medio acuático, se requiere conocer su comportamiento en cada una de las variables que definen su calidad. Se distingue entre parámetros físicos y químicos lo siguiente:

A. Temperatura

La temperatura del agua es un factor físico muy importante, debido a que influye en las características físicas (volatilización, solubilidad de sales y gases como el oxígeno, estratificación de estanques), químicas (pH, equilibrio de ionización o concentración de amoníaco, velocidades de reacción) y biológicas (tasa metabólica, descomposición de materia orgánica), afectando la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la fotosíntesis y los seres vivos que habitan (Mitchell, 1991) (Tebbutt, 1994). Si la temperatura se eleva aumenta las reacciones del metabolismo y por consiguiente acelera la putrefacción, incrementándose la solubilidad de las sales, como consecuencia disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) (Davis, M. y Cornwell, D., 1998).

B. Turbidez

El término turbidez se aplica a cuerpos de agua que presentan sólidos suspendidos que interfieren con el paso de la luz, modificando la flora y fauna subacuática (Jimeno, 1998) que puede ser de tamaño suficiente como para distinguirlo a simple vista.

Su principal causa la constituyen los procesos erosivos y extractivos y su efecto sobre los ecosistemas acuáticos se manifiesta en la reducción de la penetración de luz y con ello, el impedimento de la fotosíntesis, provocando que el oxígeno no se libere, el cual es necesario para los organismos aeróbicos (Ramírez, A., Viña, G., 1998).

C. pH

El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad de una sustancia (Davis, M. y Cornwell, D., 1998). Es un indicador de la calidad del agua en general, del grado de afectación de ésta por agentes contaminantes y de la extensión de una estela de contaminación producida por la descarga de un efluente. El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Los cambios en el pH pueden indicar el ingreso de fertilizantes, particularmente cuando se registran mediciones continuas junto con la conductividad del cuerpo de agua y; de procesos de eutrofización, si se asocian con los ciclos de fotosíntesis y respiración de las algas. Además, el pH afecta la toxicidad de algunos compuestos, como el amoníaco, al controlar su ionización, así como, la disponibilidad biológica de ciertos contaminantes (PREQB, 2004).

Los valores del pH solo en el intervalo de 6.5 a 8.5, el agua es apropiada para la subsistencia de muchos sistemas biológicos, valores mayores a 9.0 y menores de 5.8 producen limitaciones al desarrollo y a la fisiología de los organismos acuáticos (Chapman, 1996).

D. Sólidos Totales

Los sólidos son sustancias disueltas, los cuales afectan sensiblemente a la calidad de un agua y, por tanto, limitar sus usos. Las aguas altamente mineralizadas con elevada cantidad de sólidos son menos aceptadas para bebidas, ya que cambian el sabor del agua y pueden producir irritación gastrointestinal en usos domésticos y algunos usos industriales específicos (OMS, 2003). Los sólidos generan problemas de colmatación y, la sedimentación puede formar deltas aguas arriba del reservorio y hasta destruir hábitats para los organismos acuáticos al disminuir la columna de agua. Además, existe una estrecha relación entre la concentración de los sólidos suspendidos y la calidad del agua, debido a su capacidad de adsorción de contaminantes como plaguicidas y nutrimentos, al control que ejercen sobre la turbiedad del agua y a su absorción de calor que

aumenta la temperatura del agua (Dagne, Owens, & Tchounwou, 2005). El análisis de la concentración de los sólidos suspendidos es preferible a la de los sólidos sedimentables de otros índices, pues la disminución en la velocidad del flujo y la presencia de las plantas acuáticas en las lagunas de inundación, logran la remoción no sólo de los sólidos sedimentables, sino de hasta el 90 % del material suspendido (Rodríguez, 1995).

E. Oxígeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto determina si en los procesos de degradación dominan los organismos aerobios o los anaerobios, lo que marca la capacidad del agua para llevar a cabo procesos de auto purificación. Además, si su concentración es muy baja contribuye a que los organismos sean más susceptibles al envenenamiento con metales pesados y plaguicidas (Gaunt & Barker., 2000).

El oxígeno disuelto es esencial para todos los cuerpos de agua que albergan seres vivos, determinando la sobrevivencia de la vida animal y vegetal, pues servirá de indicador de contaminación del agua cuando los niveles de oxígeno sean bajos. Cuánto más alto sea el valor del Oxígeno disuelto, indicará una mejor calidad de agua y si los niveles son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no podrán sobrevivir. Así mismo, la falta de oxígeno disuelto es un indicador de contaminación que puede estar en función de la presencia de plantas acuáticas, materia orgánica oxidable, de organismos y de gérmenes aerobios, existencias de grasas, de hidrocarburos, de detergentes, etc (SENAMHI, 2018).

F. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno determina el requerimiento de oxígeno para la degradación de la materia orgánica en los cuerpos de agua. Su determinación permite calcular los efectos que se puedan producir debido a las descargas de los efluentes en los cuerpos de agua (Davis, M. y Cornwell, D., 1998). La demanda bioquímica de oxígeno es afectada por la temperatura,

microorganismos, cantidad y tipo de elementos nutritivos presentes. Según los estándares de calidad de agua (ECA) según D.S. N°004-2017/MINAM, para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, con valores de 5mg/L. y la Categoría 3: Parámetro de riego de vegetales, D1 Riego de cultivos es 15mg/L.

G. Nitratos

El nitrato es un compuesto inorgánico combinado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O) cuyo símbolo químico es NO_3 . Las fuentes de contaminación que proceden de fuentes no puntuales o difusas en suelos y aguas (superficiales y subterráneas) se asocian, mayormente, a actividades industriales, agrícolas y ganaderas. La presencia de nitratos en aguas subterráneas es el resultado de la introducción de fertilizantes, sistemas sépticos, estiércol, etc (PREQB, 2004).

H. Fosfatos

El fósforo es un componente esencial del ciclo biológico en los cuerpos de agua y generalmente, es el agente limitante del crecimiento de las algas y plantas acuáticas en humedales de agua dulce, por lo que su concentración sirve de criterio para reconocer un problema de eutrofización de lagos, lagunas o ríos y para definir el estado eutrófico de un cuerpo de agua (USDA, 1999).

En las lagunas de inundación de agua dulce, existen mecanismos para atrapar y reciclar el fósforo orgánico y el inorgánico, asociados a las actividades metabólicas. Este elemento puede ser introducido al cuerpo de agua por la acción bacteriana o cambios en el pH. En condiciones aerobias, se adsorbe o precipita por la formación de complejos insolubles con las formas oxidadas de hierro (III), calcio y aluminio. Mientras que en un entorno anaerobio y ácido, como el que normalmente se encuentra cerca de la capa de sedimentos, una buena parte del fósforo se

convierte en una especie soluble, que difunde y pasa a ser utilizable por las plantas (Kadlec & Knight, 1996).

I. Conductividad.

El ICA incorpora la conductividad porque es la capacidad de una sustancia o mezcla de sustancias para transmitir la corriente eléctrica o el calor. Esta propiedad está directamente relacionada con la cantidad de sales disueltas. A mayor cantidad de sales disueltas mayor conductividad. El agua de buena calidad deberá tener un rango de entre 500 a 1600 $\mu\text{mhos/cm}$. Sirve como señal de ingreso de fertilizantes inorgánicos por su relación con las concentraciones relativas de los iones cloruro, sulfato y potasio (Primavesi, O.; Ribeiro de Freitas, A.; Primavesi, A.; Torres de Oliveira, H., 2002). Señalan a la conductividad como una de las variables que mejor discriminan la calidad del agua, entre los puntos de muestreo y su grado de protección hacia alteraciones antropogénicas.

1.2.1.7.2 Parámetros Bacteriológicos.

Coliformes Termotolerantes

Los coliformes son bacterias que pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30 - 37°C. Son bacilos Gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados, que comprende a los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter* (Prescott, 1999).

Existe un grupo de aerobios mesófilos (los aerobios son los microorganismos que se desarrollan en presencia de oxígeno). En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30°C en las condiciones establecidas. Dentro de estos

microorganismos mesófilos están los coliformes e indican fallas en los procesos de higiene y contaminación cruzada.

Los coliformes termo resistentes distintos de *E. coli* pueden provenir también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición (OMS, 1995).

Las ventajas de este grupo como indicador de contaminación son:

- Es menos peligrosa para el analista, el 95% de los coliformes fecales resultan positivos en la prueba de temperatura. Pueden estar ausentes si la contaminación no es de origen fecal.
- Sobreviven menos tiempo que los coliformes totales, por lo que, si se encuentran en concentraciones altas, hace suponer contaminación reciente.
- Requieren de más condiciones que los coliformes totales para reproducirse en el ambiente intestinal.
- Los procedimientos de laboratorio para su cuantificación son relativamente sencillos (Jimenez, 2001).

1.2.1.8 Marco Legal

- Constitución política del Perú

El gobierno promueve la conservación de la biodiversidad mediante el uso sostenible de los recursos naturales ya que toda persona tiene derecho a disfrutar y gozar de un ambiente equilibrado.

- Ley N°28611 Ley general del ambiente

Toda persona tiene derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable y equilibrado, debiendo de contribuir a una efectiva gestión ambiental y protección del ambiente.

- Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338

Artículo 1°.- Objeto y ámbito de aplicación

El Reglamento regula el uso y gestión de los recursos hídricos siendo de aplicación a entidades del sector público nacional, regional y a toda persona natural o jurídica que interviene en dicha gestión.

Artículo 2°.- Dominio de las aguas

El agua es un insumo fundamental para las actividades humanas, estratégica para el desarrollo sostenible del país, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan y la seguridad de la Nación.

Artículo 3°.- Fuentes naturales de agua y los bienes naturales asociados al agua.

Las fuentes naturales de agua y los bienes naturales asociados al agua, son bienes de dominio público hidráulico, en tal sentido no pueden ser transferidas bajo ninguna modalidad, ni tampoco se pueden adquirir derechos sobre ellos. Toda obra o actividad que se desarrolle en dichas fuentes debe ser previamente autorizada por la Autoridad Nacional del Agua.

Artículo 4°.- Administración de los recursos hídricos.

4.1 La administración del agua y de sus bienes asociados la ejerce de manera exclusiva la Autoridad Nacional del Agua. Los gobiernos regionales y locales participan a través de los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca y de 3 conformidades con sus respectivas leyes orgánicas. Asimismo, participan los usuarios organizados en la forma que señala la Ley y el Reglamento.

4.2 La Administración del Agua comprende el ejercicio de las competencias atribuidas por la Ley y el Reglamento a la Autoridad Nacional del Agua para la gestión de recursos hídricos en sus fuentes naturales y bienes asociados.

Artículo 73°.- Licencia de uso de agua para uso consuntivo La licencia de uso de agua para uso consuntivo es aquella en la que el volumen de agua asignado se consume al desarrollar la actividad para la cual se otorgó.

Artículo 74°.- Licencia de uso de agua para uso no consuntivo.

74.1 La licencia de uso de agua para uso no consuntivo es aquella en la que el volumen de agua asignado no se consume al desarrollar la actividad para la cual se otorgó el uso del agua. El titular de esta licencia está obligado a captar y devolver las aguas en los puntos señalados en la resolución de otorgamiento, debiendo contar en ambos lugares con obras o instalaciones de medición.

74.2 Las aguas deberán ser devueltas, sin afectar la calidad en que fueron otorgadas, descontándose el volumen de las pérdidas que deberá ser precisado en la resolución de otorgamiento.

Sub capítulo II Modalidades especiales de licencia de uso de agua

Artículo 75°.- Licencia de uso de agua provisional.

75.1 La Autoridad Administrativa del Agua, con opinión previa del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca, podrá otorgar, a los titulares de estudios de aprovechamiento hídrico aprobados, licencias de uso de agua provisionales.

75.2 El solicitante deberá contar con el título habilitante para la ejecución de estudios o actividades exploratorias expedida por la autoridad sectorial competente, para el desarrollo de actividad productiva correspondiente a la cual se destinará el futuro uso de agua.

75.3 Las licencias de uso de agua provisionales garantizan a su titular la existencia de recursos hídricos de libre disponibilidad y que durante su vigencia, éstos no serán otorgados a terceras personas.

75.4 El plazo de vigencia de la licencia de uso de agua provisional, es igual al de la autorización de ejecución de estudios o actividades exploratorias, expedida por la autoridad sectorial competente para el desarrollo de la actividad productiva correspondiente.

75.5 Cumplidas las condiciones de la licencia de uso de agua provisional, a solicitud de parte, se otorgará la licencia de uso de agua que faculte el uso efectivo del recurso para el desarrollo de la actividad permanente que la motiva.

75.6 El procedimiento de autorización de uso de agua para ejecutar las obras de aprovechamiento hídrico podrá acumularse al de licencia provisional.

Artículo 114°.- Criterios para la delimitación de la faja marginal La delimitación de la faja marginal se realiza de acuerdo con los siguientes criterios:

a. La magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses, canales de derivación, entre otros.

b. El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces.

c. El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

d. La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua.

No se considerarán las máximas crecidas registradas por causas de eventos excepcionales.

- D.S. N°: 002 - 2008 – MINAM:

Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Estándares establecen el nivel de concentración de parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas. Son obligatorios en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

- D.S. N°:015-2015-MINAM: “Modifica los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación”

Agrupar en cuatro categorías los diferentes parámetros.

1. Poblacional y Recreacional, con tres subcategorías cuando las aguas son destinadas para producción de agua potable y dos subcategorías Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección y Aguas superficiales destinadas para recreación.
2. Aguas para actividades marino costeras con cuatro subcategorías.
3. Aguas para riego de vegetales y bebida de animales con dos subcategorías.
4. Aguas para la conservación del ambiente acuático que tienen las subcategorías de lagunas y lagos, ríos de costa y sierra, ríos de selva, estuarios y ecosistemas marino costeros.

- D.S. N°:004-2017-MINAM: “Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación”

Para el presente trabajo de investigación se tuvo en cuenta que, las cochas del PNM corresponden a la “Categoría 4: Conservación del ambiente acuático” (Tabla N°06), Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas (MINAM, 2017).

Tabla N°06 Categoría 4, Conservación del ambiente acuático (MINAM, 2017)

CATEGORÍA 4						
PARÁMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICO - QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20(a)	20(a)	20(a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	Us/cm	1000	1000	1000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤100	≤400	≤100	30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ2	Δ2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,36	0,36
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Niquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**

Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo HTPP	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Plaguicidas						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro epóxido		0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
Policloruros Bifenilos (PCB's)						
	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
Microbiológico						
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	1000	2000	2000	1000	2000

Fuente: (MINAM, 2017)

CAPITULO II: ÁREA DE ESTUDIO

2.1 UBICACIÓN

El Parque Nacional del Manu (PNM) está ubicado al sur este del Perú, en el sector oriental de la Cordillera de los Andes y en el borde occidental de la cuenca amazónica, en las provincias de Paucartambo (departamento del Cusco) y Manú (departamento de Madre de Dios). Su extensión es de 1716295.22 hectáreas (Plan Maestro 2013-2018 del PNM).

El PNM protege una de las zonas más importantes del planeta en cuanto a la mega diversidad de especies biológicas. Su gran extensión atraviesa frías punas que sobrepasan los 4,000 msnm; agrestes montañas boscosas que dan origen a una multitud de pequeñas quebradas y valles; bosques nublados de selva alta y finalmente el llano amazónico.

En sus fronteras se encuentra la Reserva Territorial de los grupos étnicos Kugapakori y Nahua, el Santuario Nacional Megantoni y la Reserva Comunal Amarakaeri.

El Parque Nacional del Manu limita:

- Al norte corresponde al Divortium Acuarium del sistema hidrográfico de los ríos Manu y Las Piedras (Coordenada UTM 18L 825732 8751035).
- Al sur está la carretera de Paucartambo Pilcopata con el ramal que va a Tres Cruces (Coordenada UTM 19L 229019 8541241).
- Al este se encuentra la región interior de la margen izquierda del río Alto Madre de Dios y sus afluentes, hasta el río Pilcopata en el departamento del Cusco (Coordenada UTM 19L 264351 8639323).
- Al oeste se puede observar el Divortium Acuarium del sistema hidrográfico de los ríos Manu y Camisea, que también corresponde al límite de los departamentos de Cusco y Madre de Dios (Coordenada UTM 18L 787008 8698824).

2.2 ACCESIBILIDAD

- Ruta 1 Desde Cusco vía terrestre y fluvial

Es la ruta más utilizada, se inicia por la carretera hacia Paucartambo, ingresando a la zona andina del Parque Nacional del Manu por el sector Acjanaco, en camioneta por un espacio de 9 horas, es importante mencionar que la vía es angosta y presenta deslizamientos. Posteriormente el viaje continúa por la carretera hacia Pillcopata pasando por el sector de San Pedro y el poblado de Patria, por un espacio de 2 horas. Finalmente se llega al puerto de Atalaya, donde se toma un bote para continuar por el río Alto Madre de Dios hasta el Puesto de Control Limonal puerta de ingreso al Parque Nacional por el río Manu, por un espacio aproximado de 8 horas.

- Ruta 2 Desde Cusco por vía aérea

Desde Cusco se puede tomar un vuelo de 40 minutos a la comunidad nativa de Diamante, cerca de la localidad de Boca Manu. La pista de aterrizaje está a sólo 30 minutos fuera del Parque Nacional del Manu.

- Ruta 3 Desde Puerto Maldonado vía terrestre y fluvial

Desde Puerto Maldonado se puede conducir hasta el pueblo de Santa Rosa en la carretera Interoceánica y luego hacia Puerto Carlos, donde existen botes disponibles para cruzar el río Inambari. Otra ruta es en auto hasta el poblado de Boca Colorado, aquí se aborda un bote y se viaja 6-7 horas por el río Madre de Dios pasando por Boca Manu hasta el acceso al río Manu.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.3.1 Medio Físico

2.3.1.1 Hidrología

En lo que se refiere a la red hidrográfica del PNM, está compuesta por un río principal: El río Madre de Dios, cuyo curso va de este a oeste. Nace de la unión de los ríos Alto Madre de Dios y Manu. El primero, el río Alto Madre de Dios recibe a lo largo de su recorrido la afluencia de más de 40 tributarios, y el segundo, en el río Manu, desembocan más de 100 tributarios. El PNM limita por:

- Norte: Con la cuenca del río Manu
- Sur: Con la del río Colorado.
- Este: Con el río Pillcopata.
- Oeste: con la cuenca del río Los Amigos.

Tabla N°07: Ubicación hidrográfica

Vertiente	Atlántica
Cuenca	Amazónica
Cuenca media	Alto Madre de Dios
Cuenca mayor	Madre de Dios

Fuente: (Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018)

El PNM comprende dos cuencas:

- La primera está formada por el río Manu, que recorre el Parque de norte a sureste.
- La segunda está constituida por el río Alto Madre de Dios, que va de oeste a noreste.

Estos dos ríos confluyen en la localidad denominada Boca Manu, donde reciben el nombre de río Madre de Dios y forman una nueva cuenca. En lo que se refiere al régimen hídrico, de acuerdo con la clasificación basada en la forma y textura de la red de drenaje, la cuenca hidrográfica del río Madre de Dios es dendrítica. Por su ramificación y densidad hídrica, alcanza

un índice de 1,2, que, comparado con la escala de clasificación de cuencas (índice de 1 a 2: cuencas de alta disponibilidad de agua), indica que forma una cuenca con alta disponibilidad de recurso hídrico.

La variación del régimen mensual del nivel de agua de los principales ríos está en relación directa con la precipitación; así, se presenta un periodo de creciente entre noviembre y abril y uno de vaciante entre mayo y octubre. En este último periodo las lluvias son intensas, pero esporádicas, lo que da como resultado que el nivel de los ríos disminuya e influya en el desarrollo de la navegación y la pesca (Tabla 8).

Tabla N°08: Caudales generados (promedios mensuales)

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	14,37	14,27	20,94	10,94	16,96	6,07	5,98	6,22	5,48	12,35	13,17	20,56
Coef de Esc	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Escorrentía	188,2	203,5	161,2	135,8	79,63	31,32	17,84	31,39	58,5	50,38	116,8	70,09
Q. m3/S	207,6	248,7	177,9	154,8	87,87	35,71	41,75	34,64	66,7	56,25	133,1	77,34

Precipitación (mm)= Precipitación promedio mensual en mm.

Coeficiente de escorrentía = Coeficiente de escorrentía, promedio ponderado.

Escorrentía = Escorrentía, promedio mensual en mm.

Q. m3/S = Caudal generado, promedio mensual en m3/S.

Fuente: Estación Salvación con la información del SENAMHI (Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018).

2.3.1.2 Geología

El estudio de la geología de la zona nos permite conocer las unidades rocosas, los suelos aflorantes y la permeabilidad de las rocas que permitirán una mayor o menor oferta de agua. Las unidades estratigráficas de mayor distribución superficial en el PNM son las formaciones Madre de Dios del Cuaternario Antiguo y las de Ipururo del Terciario Superior, que se extienden

ampliamente en la región depresionada del área de estudio. Les siguen los depósitos aluviales holocénicos, que se localizan a lo largo de los ríos.

(Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018)

2.3.1.3 Geomorfología

Las tres grandes morfo estructuras donde se desarrolla el relieve de Madre de Dios son:

2.3.2 Cordillera Oriental

Es un territorio montañoso abrupto y accidentado que se extiende a lo largo del sector suroccidental del PNM. La cordillera entra en el PNM con una dirección andina noroeste-sudeste para, después, a la altura de las nacientes del río Fierro, ser notablemente afectada por la denominada deflexión de Abancay, que le imprime un rumbo predominante este-sudeste-oeste-noroeste. Según el tramo que recorre, se le conoce como Cordillera de Vilcanota o de Verónica y de Paucartambo. En sus vertientes septentrionales nacen los numerosos ríos que darán lugar a la caudalosa Madre de Dios. Litológicamente, los sedimentos que la conforman consisten de pizarras, lutitos, calizas, areniscas y cuarcitas.

2.3.3 Cordillera Subandina

Está constituida por una estrecha faja de colinas y montañas bajas, de relieve moderado y formas redondeadas, conformadas por rocas meso cenozoicas y durante la fase intrapliocénica fue plegada, la orogenia andina que dio lugar a pliegues cortos y apretados en sectores cercanos a la Cordillera Oriental; luego varió hacia el este, a un estilo tectónico de pliegues amplios y suaves de dirección noroeste-sudeste.

2.3.4 Llanura de Madre De Dios

La llanura de Madre de Dios es una extensa unidad que forma parte de la llanura amazónica que se desarrolla al este del alineamiento montañoso subandino, y se caracteriza por presentar un relieve suave y ondulado donde se exponen en detalle planicies aluviales y colinas bajas (tectónica incipiente), pero en la Cordillera y cerca de ella los buzamientos son fuertes debido a la influencia de la tectónica andina.

La tipología de zonas húmedas se diferenciará en dos grandes tipologías atendiendo a su génesis y procesos. En esta clasificación va implícita, en cierta medida, el tipo de alimentación hídrica y sus características. Las cualidades comunes a todas las cubetas son:

- Topografía muy plana o ligeramente deprimida.
- Cercanía a la superficie del nivel freático.
- Extremas fluctuaciones del régimen hidrológico inducidas directamente por las características del clima húmedo tropical.

(Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018)

2.4 Medio Biológico

2.4.1 Flora y Vegetación

- A. Flora de Selva Baja, Bosque de mayor altura; el bosque húmedo tropical posee la mayor extensión y representa el área en la que se esparcen los ríos y sus formas de vegetación. La escasez de lluvias en los meses de seca, puede llevar a una fuerte caída del follaje. Con base en la edad de sucesión al abastecimiento de agua, al peligro de inundación y a las interferencias, por ejemplo, debido a la caída de los grandes árboles, se forma un mosaico de pequeños espacios compuesto por las más diversas especies. Estos son cubiertos rápidamente por *Heliconia episcopales*, que induce un rebrote retardado de los árboles. El

bosque húmedo tropical muestra una clara estratificación. El primer estrato está constituido por el dosel de los árboles grandes, que sobrepasan 40 metros de altura y 2 metros de diámetro. Los árboles más notables son los grandes shihuahuacos, lupunas (*Ceiba sp.*), cedros (*Cedrela odorata*), el aguano o tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), el oje (*Ficus*), y la castaña (*Bertholettia excelsa*), palmeras como Iriantea, Socratea, Scheela y *Astrocarym* son frecuentes y representan el fenotipo del bosque. Los árboles están a menudo cubiertos con plantas epífitas y se encuentran entrelazadas por una red de lianas. Las siguientes capas carecen de luz. El segundo estrato lo conforman árboles de menor tamaño que alcanzan 30 metros y, también, compiten por la poca luz que se filtra y con el fuste de los árboles del primer estrato. El tercer estrato lo forman árboles, que llegan a medir hasta 20 metros de altura; y el cuarto estrato, por arbustos que forman un sotobosque exuberante que no excede 12 metros de altura (Palma, y otros, s.f.).

- B. Vegetación del río, en las orillas del río Manu que anualmente forma grandes playas se observa una sucesión regenerativa muy peculiar que se inicia con el crecimiento colonizante del pájaro bobo (*Tessaria integrifolia*). Luego de dos a tres años, la zona con *Tessaria* es colonizada por un pasto gigante y tupido de más de 10 m de alto, la caña brava o *Gynerium sagittum*, que se extiende rápidamente, desplazando a la *Tessaria*. Otras plantas que siguen son platanillos (*Helyconia sp.*), ceticos (*Cecropia sp.*), especies pre boscosas como palo de balsa, oje y otros, y la vegetación propiamente boscosa, compuesta por árboles como el cedro, el aguano, palmeras, etc. Los bosques de *Ficus* y *Cedrela* se transforman luego en bosques altos, estables y ricos en especies (Palma, y otros, s.f.).
- C. Vegetación de las cochas, la sucesión en los lagos empieza con la propagación de plantas acuáticas flotantes, tales como la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*, Araceae), en

condiciones apropiadas, especialmente cuando reciben nutrientes al finalizar la temporada de lluvias, las plantas flotantes pueden sobre proliferar los pequeños lagos. Con el aumento de la sedimentación, se extienden desde las orillas las hierbas cárex y otras plantas semiacuáticas. Al principio forman islas flotantes pero luego acaparan las superficies de agua abierta, aumentando su área. En las zonas de hierba crecen arbustos como la *Annona tessmannii* y árboles, como el *Ficus trigona*. El estado de subclímax de larga vida es un pantano poblado de *F. trigona* (Palma, y otros, s.f.).

2.4.2 Fauna

La diversidad de fauna es alta en esta zona, lo que le ha valido ostentar algunos "records". Por ejemplo, en el libro de record "Guinness" se menciona al Manu por ser el sitio donde se ha observado el mayor número de aves en una sola mañana y también por tener el mayor número de especies de anfibios en una localidad. Más de 860 especies de aves han sido identificadas y 200 de mamíferos, entre las cuales se encuentran más de 100 especies de murciélagos. Los insectos se estiman en millones. En esta región es posible ver mamíferos como el otorongo (*Felis onca*), el lobo gigante de río (*Pteronura brasiliensis*), trece especies de monos, sachavacas (*Tapirus terrestris*), sajinos (*Tayassu tajacu*), huanganas (*Tayassu pecari*), pumas (*Felis concolor*), osos hormigueros (*Myrmecophaga tridactyla*), etc; aves como el camungo (*Anhima cornuta*), el águila arpía (*Harpia harpija*), guacamayos, garzas, tucanes y martines pescadores. Los ríos son habitados por lagartos y tortugas. La fauna de peces es rica en especies como en la mayoría de las zonas de la Amazonía. En la cuenca del Amazonas se calculan aproximadamente 2500 especies de peces. En el Perú se han registrado 797 especies de peces de agua dulce. Los carácidos típicos (Familia Characidae) son los que predominan. Las principales especies para consumo humano son el boca chico (*Prochilodus caudifasciatus*), el huasaco (*Hoplias*

malabaricus), la juaracha (*Potemorrhina altamazonica*), la lisa (*Schizodon fasciatus*), la corvina (*Plagioscion auratus*), el bagre (*Pimelodus sp.*) y peces grandes como el zungaro (*Paulicea sp.*), la doncella (*Pseudoplatystoma sp.*) y el paco (*Piaratus sp.*) (Palma, y otros, s.f.).

2.4.3 Ecología

2.4.3.1 Zonas de Vida Natural

El PNM está comprendido biogeográficamente dentro de la región neotropical, en el dominio amazónico. La clasificación ecológica se basa en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida del Mundo de Leslie R. Holdridge (1978), este sistema es ampliamente empleado y muy útil para una caracterización ecológica rápida. En el área de estudio se ha determinado una zona de vida natural.

Descripción de la zona de vida: Bosque Muy Húmedo Subtropical (bmh-S)

Se presenta principalmente en la margen izquierda del río Manu, desde los 200 hasta los 400 msnm. La biotemperatura media anual varía entre 20,2°C y 23,4°C, y la precipitación anual entre 1500 y 3000mm. El relieve es predominantemente terrazas y llanuras aluviales anegadizas. Los suelos son medianamente profundos, de naturaleza ácida y de un color rojo amarillento. La vegetación es la de un bosque con árboles emergentes demás de 45 metros (Plan Maestro Parque Nacional del Manu, 2003-2007). La variabilidad llega hasta 300 especies en una sola hectárea. Existen algunas excepciones para esta alta diversidad, especialmente en dos formaciones vegetales propias de esta región: los rodales de paca o bambú (*Guadua weberbaueri* y *Guadua sarcocarpa*) y los pantanos de la palmera aguaje, que es de gran importancia económica (*Mauritia flexuosa*). La heterogeneidad de hábitats, las condiciones climáticas y la compleja historia geológica han llevado a una alta riqueza biótica, al punto que es la región con mayor

biodiversidad de todo el PNM (Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018).

2.4.3.2 Clima

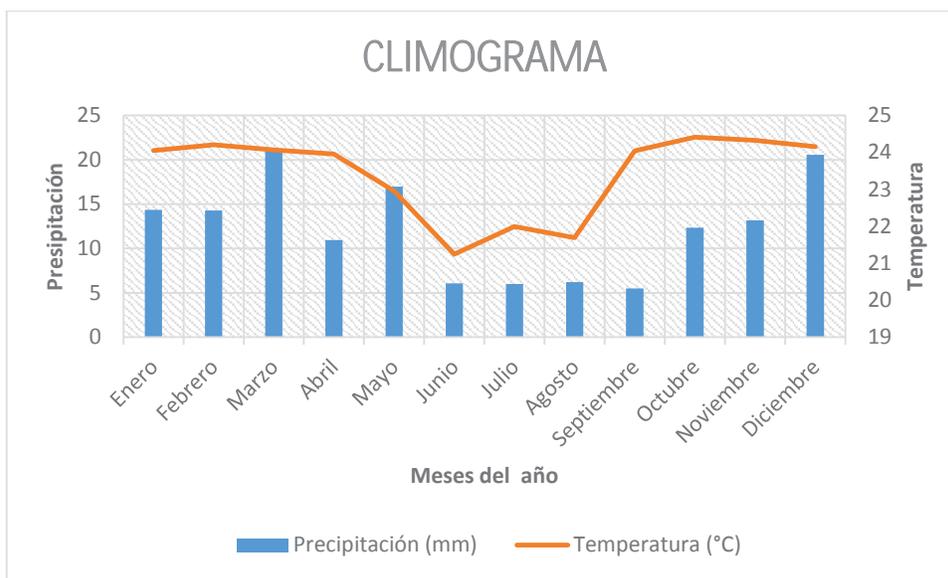
Las condiciones climáticas del PNM son altamente variables en función de su extensa área, su ubicación geográfica y los efectos orográficos locales que se producen cuando los vientos alisios chocan con las altas montañas de los Andes. La zona de estudio se encuentra dentro de la clasificación de clima húmedo a cálido; es considerada como clima tropical por sus elevadas temperaturas y sus lluvias repentinas y violentas. La precipitación más baja se da en el mes de setiembre, cuando alcanza 5,48 mm y una temperatura de 24,04°C. La precipitación más alta se da en el mes de marzo, con 20,94 mm y una temperatura de 24.06 °C.

Tabla N°09: Temperatura y precipitación

Estación Salvación		
Departamento	Madre de Dios	
Provincia	Manu	
Distrito	Manu	
Latitud	12°49'52.3"	
Longitud	71°21'52.06"	
Altitud	542 msnm	
Meses	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Enero	14.37	24.05
Febrero	14.27	24.20
Marzo	20.94	24.06
Abril	10.94	23.95
Mayo	16.96	22.96
Junio	6.07	21.24
Julio	5.98	21.99
Agosto	6.22	21.69
Septiembre	5.48	24.04
Octubre	12.35	24.42
Noviembre	13.17	24.33
Diciembre	20.56	24.16

Fuente: (SENAMHI, 2018)

Figura N°04: Climograma



Fuente: (SENAMHI, 2018)

2.4.3.3 Población

La población que habita en el PNM es de aproximadamente 2303 personas. La demografía en el Parque es compleja, en principio debido a las características de los grupos sociales que la habitan, con patrones culturales diversos, nucleados, no nucleados, asentamientos no permanentes o itinerantes como las poblaciones en aislamiento voluntario y las poblaciones en contacto inicial.

Tabla N°10: Población del PNM

Comunidades nativas y poblaciones	N° de habitantes
Tayakome	338
Yomibato	357
Santa Rosa de Huacaria	175
Callanga	140
Mameria Piñi Piñi	113
Población en aislamiento voluntario	300
Poblaciones en contacto inicial	880
No identificados	
Total	2303

Fuente: (Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018).

En el PNM viven poblaciones indígenas pertenecientes a diferentes familias lingüísticas y con distintos niveles de integración a la sociedad; existen pueblos indígenas en aislamiento voluntario y en contacto inicial (Piaci), comunidades nativas y una asociación de agricultores. De igual manera, en la zona de amortiguamiento del PNM hay Piaci, comunidades nativas, comunidades campesinas y centros poblados de colonos y mestizos.

Comunidades nativas y asentamientos dispersos en el PNM:

- Matsiguenkas

Asentados tanto dentro del PNM como fuera de él, hablan la lengua matsiguenka y otros idiomas como el asháninka, el yine y el yanesha. Al interior del Parque están asentados en las comunidades de Yomibato y Tayakome, así como en los asentamientos dispersos (en contacto inicial) de Cumerjali. Sotileja y Alto Yomibato, al norte; los asentamientos dispersos de Abaroa, Mameria, Maestrón, Piñi Piñi y Amalia, así como la comunidad de Santa Rosa de Huacaria, al sur. Muy cerca de los límites del sector este del Parque se encuentran las comunidades nativas de Shipetiari y Palotoa-Teparo.

- Yines (Piros)

El pueblo yine es un grupo étnico perteneciente a la familia lingüística arahuaca. La comunidad nativa de Diamante, la comunidad yine más grande del Manu, tuvo diferentes ubicaciones (boca del Pinguén, Pijuayal, boca del Manu) en áreas actualmente comprendidas dentro del PNM, hasta que en 1974 finalmente se estableció en la zona que hoy ocupa.

- Harakmbuts

El pueblo harakmbut está conformado por los subgrupos arakmbut, huachipaeri, toyeri, sapiteri, arasaeri, aiweieri y pukirieri, hablantes todos de variedades de un mismo idioma de la familia lingüística harakmbut (sin clasificar). Entre las comunidades nativas harakmbut está

Santa Rosa de Huacaria, que tiene gran parte de sus territorios titulados dentro del PNM, aunque su población vive fuera de él, a solo 7 km de Pillcopata. Otras comunidades nativas harakmbut en la ZA¹ del PNM son San Miguel de Shintuya, Queros, Puerto Azul-Mberohue y Boca Isiriwe.

- Pueblos indígenas en aislamiento y contacto inicial (Piaci)

En el PNM y ciertas áreas circundantes existen pueblos indígenas en aislamiento y en contacto inicial (Piaci), entre los que se ha podido reconocer a un subgrupo matsigenka conocido como kugapakori o nanti, los mashco- piro (yine) y a otros aún no identificados. Éstos forman parte de los 14 pueblos amazónicos en situación de aislamiento voluntario identificados en el Perú y cuya población total se estima entre los 5000 y 10 000 individuos. Uno de los grupos más importantes y más numerosos es el de los mashco-piro, cuyo nombre es “piros bravos”.

Los cálculos demográficos de las poblaciones indígenas en aislamiento se hacen en función del número de campamentos temporales encontrados por la zona, que proporcionan una estimación de la cantidad de pobladores. Por otro lado, también se recurre a los reportes de avistamientos que desde 2004 a la fecha han sido más frecuentes, lo que haría suponer que se trata de 2 o 3 grupos que se movilizan constantemente por dichas zonas, y que representan una población de entre 200 y 300 personas de la familia lingüística yine.

- Colonos quechuas

Es la población asentada en los pueblos y predios ubicados en la ZA. Habitan los valles de Yavero, Lacco y Kosñipata, y la cuenca del río Alto Madre de Dios. Existen tres formas de ocupación de esta zona: asentamientos definitivos de varias generaciones, migrantes permanentes y migrantes recientes o pendulares.

(Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018)

¹ ZA: Zona de amortiguamiento

2.4.3.4 Actividades económicas

Sus actividades productivas son la agricultura de roce y quema, la caza, la pesca, la recolección de frutos silvestres y la crianza de animales menores. Entre las nuevas actividades destaca el transporte fluvial, la extracción maderera (manejo de troncas en el río Manu) y la artesanía para uso y venta a los turistas que visitan la zona, además del ingreso por la concesión de su aeropuerto (Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018).

2.4.3.5 Problemática Ambiental

El PNM fue creado para proteger los ecosistemas boscosos andinos y amazónicos; en relación con este objetivo, ha sido uno de los mayores éxitos del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el gobierno; los registros de infracciones son muy pocos y muy localizados.

En la localidad de Boca Manu se cazan ungulados categorizados como amenazados por el DS N° 034-2004-AG: la sachavaca (*Tapirus terrestris*) y la huangana (*Tayassu pecari*), además de otros mamíferos de caza mayor. En la zona altoandina se cazan venados (*Odocoileus virginianus*) y un carnívoro amenazado, el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), que es prioridad de conservación dentro del PNM.

La contaminación por mercurio se aprecia en los peces, y se evidencia por la dispersión y migración de las poblaciones de ictiofauna, aunque no ha habido reportes de minería aurífera en el PNM. Igualmente, estas poblaciones están siendo afectadas por los cambios en los ríos, causados por la erosión y deforestación, el calentamiento global y la posible sobrepesca. Afortunadamente, no existen en el PNM problemas registrados de pérdida de ecosistemas acuáticos; tres especies de animales son claves para el monitoreo de estos ecosistemas: los lobos de río (*Pteronura brasiliensis*), los lagartos negros (*Melanosuchus niger*) y las taricayas (*Podocnemis unifilis*). Los dos primeros, por ser súper depredadores, aunque son, a su vez,

indicadores de la salud de los ecosistemas, y las taricayas, no solo por funcionar como indicadores del estado de los ecosistemas, sino por la recolección de sus huevos por los pobladores indígenas en la Zona de Uso Especial.

El aumento de temperatura global que se está dando en los últimos años, y que va a continuaren el futuro próximo, tendrá varias consecuencias sobre la Amazonía y el Manu en especial. Los modelos climáticos globales y regionales prevén un calentamiento mayor del Manu, aunque difieren en la variación de sequedad y precipitaciones futuras. La disminución de la precipitación en temporada de secas tiene una probabilidad de 10%, la menor de todas en el conjunto de la Amazonía. Esto indica que la zona del Manu, incluyendo el corredor Vilcabamba-Amboró, va a convertirse en una zona importante de refugio para la biota amazónica.

Es la zona donde se concentra la mayor actividad turística del Parque, por su naturaleza, es una actividad dinámica; puede generar movimientos económicos expectantes y beneficios a los pobladores locales, pero, a su vez, es capaz de degradar ambientes e impactar de forma negativa sobre las comunidades y adonde se han dirigido muchos esfuerzos en materia de implementación, organización y gestión. Comprende desde el límite con la CN² de Isla de los Valles (río arriba) hasta el PCV³ Pakitza. Entre los instrumentos de gestión se cuenta con el Plan de Sitio del Sector Turístico Río Manu, que responde a los objetivos del Plan Maestro y el Plan de Uso Turístico del PNM.

2.4.3.6 Erosión

Una situación que ha generado mayor riesgo de erosión en la zona y de presión por buscar estos recursos dentro del PNM, es la presencia de algunos taladores ilegales.

² CN: Comunidad nativa

³ PCV – Punto de control de vigilancia, donde se encuentran los guardaparques del Parque Nacional del Manu.

La mayor parte de las actividades económicas de esta cuenca son prácticas agrícolas extensivas. La degradación de los ecosistemas de pastos y de bosques es el problema más grave en la zona, y ocurre normalmente por las quemas no controladas, el uso excesivo e ineficiente de especies leñosas como el combustible, el exceso de monocultivos y el empleo inadecuado de pastos naturales para ganadería. Estas actividades generan otros problemas como la pérdida de biodiversidad y de terreno fértil, así como la erosión de los suelos, que, al afectar la disponibilidad de los recursos, dan como resultado la poca capacidad de generación de ingresos económicos (Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018).

2.4.3.7 Desertificación

La agricultura es realizada en forma tradicional mediante prácticas de tala y quema. Las áreas de cultivo se han incrementado por el aumento poblacional. Otros impactos relevantes son la desertificación de ciertas áreas, la presencia de erosión en los suelos y la caza excesiva (Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu, 2013-2018).

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 De Gabinete:

- Bibliografía
- Computadora
- Mapas
- Calculadora
- Planos topográficos digitales
- Software ArcGIS 10.4
- Microsoft Excel 2013

3.1.2 De Campo

- Libreta de campo
- Lápiz, lapiceros
- Plumones indelebles
- GPS
- Cámara fotográfica
- Navaja o cuchillo
- Tijeras
- Binoculares
- Machete
- Mapas cartográficos
- Recipientes de plástico
- Disco de Secchi de 30 centímetros de diámetro

- Botas
- Bote
- 15 frascos Winkler de 300ml
- 15 frascos de 650ml para análisis bacteriológicos
- Botella para colecta de muestras de agua.
- Multiparametro Hanna 1980

3.1.3 Materiales de Laboratorio:

Materiales de vidrio:

- Matraces Erlenmeyer de 500ml. y 1000ml.
- Pipetas de 0.1 y 10ml. con graduación de 0.1 ml.
- Tubos de cultivo de rosca de 16x150mm.
- Frascos de dilución de 100ml. con tapón de rosca.
- Bureta
- Balón aforado
- Varilla de vidrio
- Vaso de precipitados
- Tubos Durham
- Gradilla
- Plumón marcador
- Mandil
- Guantes descartables

Reactivos:

- Sulfato manganoso
- Solución Yoduro de potasio- azida
- Ácido sulfúrico concentrado
- Solución de almidón
- Tiosulfato de sodio 0.025N.
- Solución de yoduro de potasio
- Solución de sulfito de sodio
- Ácido acético
- Solución heptamolibdato de amonio
- Solución de ácido sulfúrico
- Solución de tartrato de potasio antímonilo
- Solución de ácido ascórbico
- Reactivo mixto
- Solución estándar de fosfato

Equipos de Laboratorio:

- Turbidímetro
- Incubadora
- Refrigeradora
- Balanza analítica
- Autoclave

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 SELECCIÓN DE LAS COCHAS A EVALUAR

Los cuerpos acuáticos fueron seleccionados mediante el uso de mapas cartográficos, se ubicaron las cochas del Río Manu considerando los siguientes criterios: Accesibilidad, representatividad y seguridad, considerándose los centros poblados cercanos y el turismo.

Los puntos de muestreo fueron cochas a lo largo del Río Manu, en total de 5 cochas ubicándose 3 puntos de muestreo en cada una de ellas, haciendo un total de 15 muestras para los análisis, que fueron determinados geográficamente y altitudinalmente mediante el uso de GPS. El muestreo se realizó en el segundo semestre del año 2015 mes de setiembre, período para una mejor accesibilidad a las cochas estudiadas (inicio de la época de lluvias).

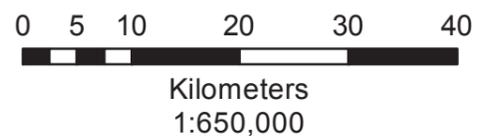
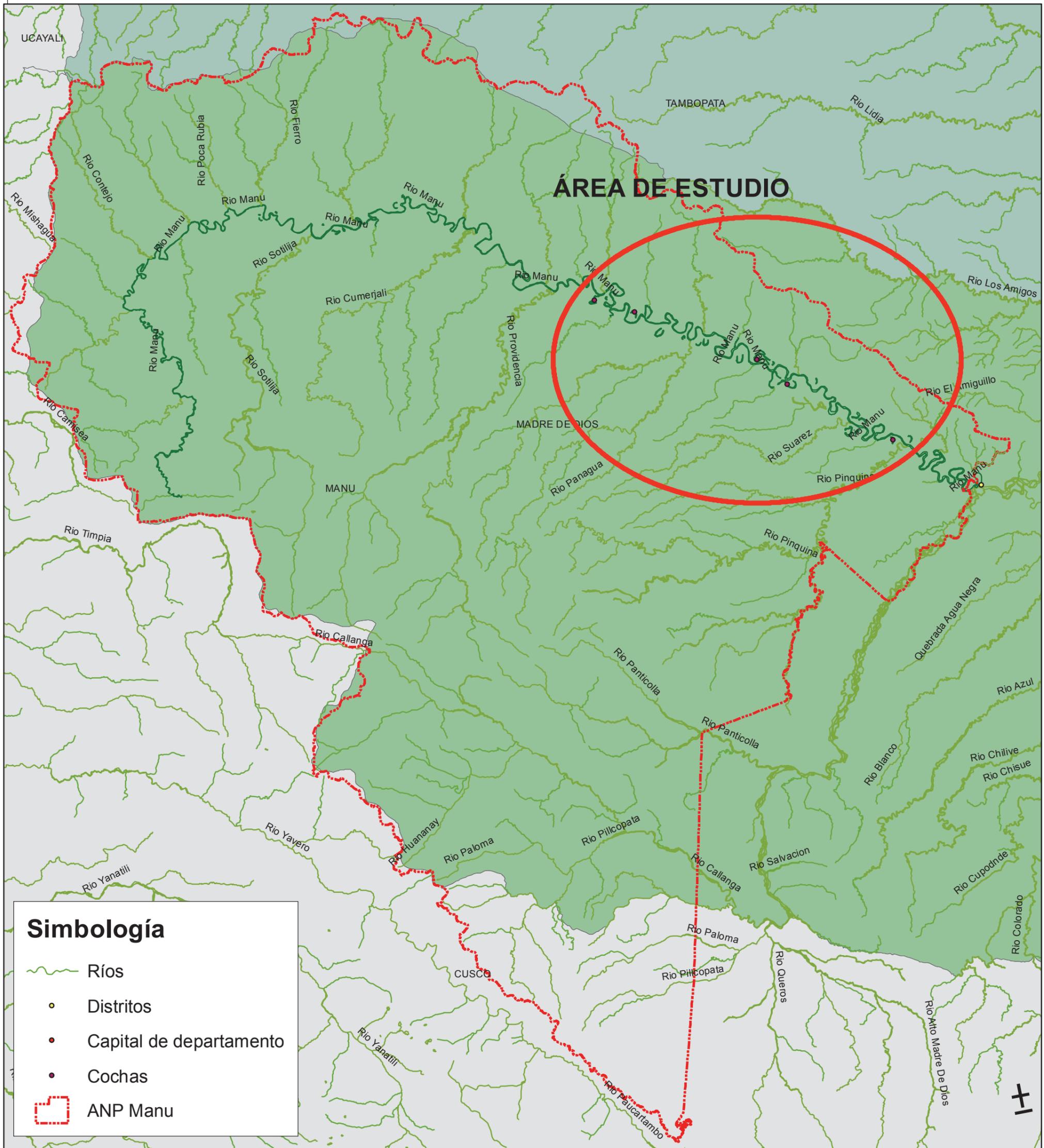
Tabla N°11: Localización de las Estaciones de Muestreo del Agua de las cochas del Río Manu

Código de Campo	Origen de la Fuente	Cocha	Coordenadas UTM WGS84-19L		Altitud
			E	N	
M-1	Río Manu	Lagarto A	278006	8653501	304
M-2	Río Manu	Lagarto B	278270	8654105	304
M-3	Río Manu	Lagarto C	277994	8654604	304
M-4	Río Manu	Otorongo A	262373	8666569	324
M-5	Río Manu	Otorongo B	261629	8667292	324
M-6	Río Manu	Otorongo C	261002	8668102	324
M-7	Río Manu	Salvador A	259063	8671492	318
M-8	Río Manu	Salvador B	257548	8672783	318
M-9	Río Manu	Salvador C	258286	8673684	318
M-10	Río Manu	Maizal A	231332	8689288	333
M-11	Río Manu	Maizal B	229986	8688427	333
M-12	Río Manu	Maizal C	230832	8688595	333
M-13	Río Manu	Cashu A	236926	8685309	325
M-14	Río Manu	Cashu B	237569	8685183	325
M-15	Río Manu	Cashu C	237597	8684421	325

Fuente: Elaboración propia

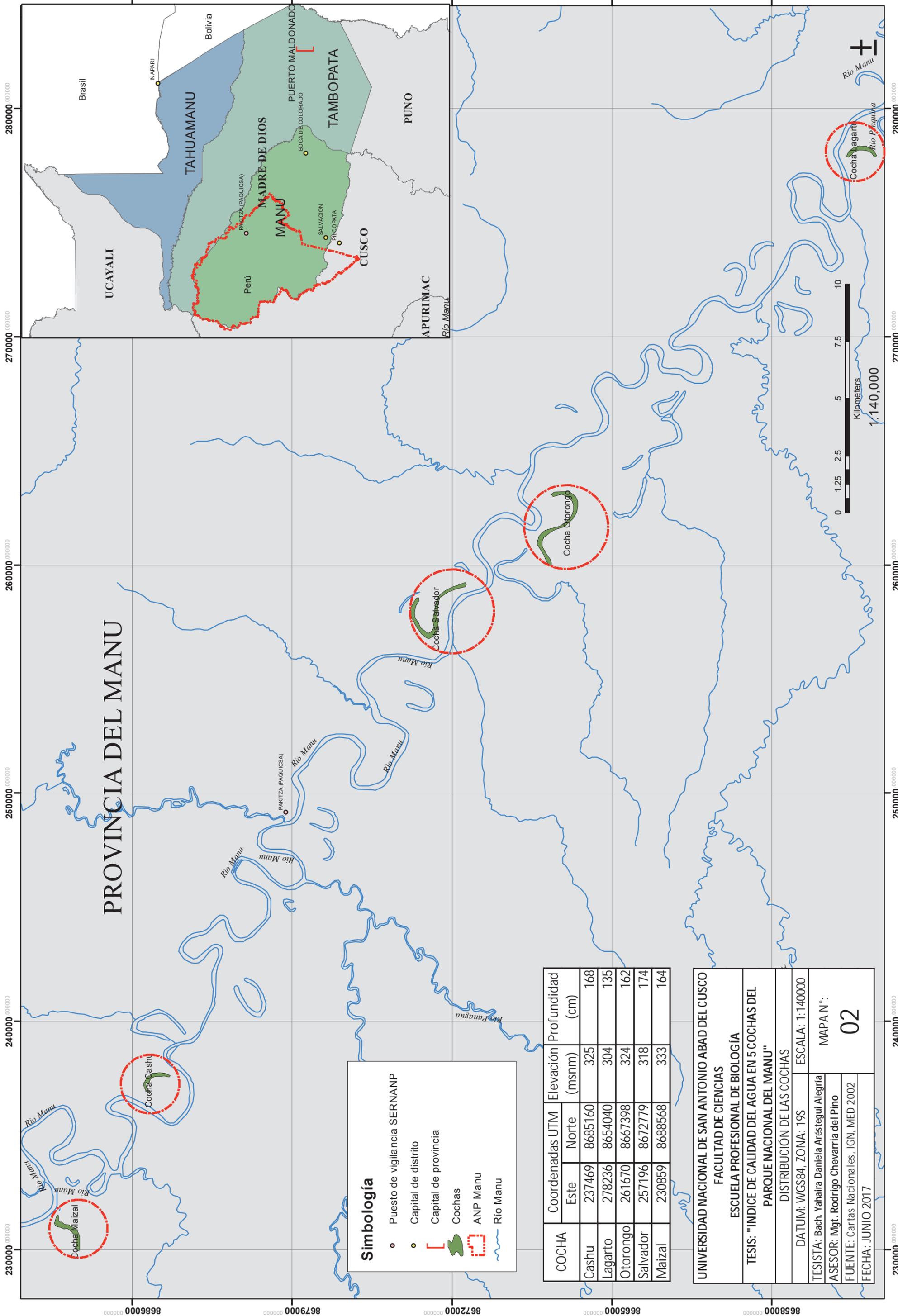
Mapa N°01: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo

Mapa N°02: Mapa de distribución de los puntos de muestreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE CIENCIAS	
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA	
TESIS: "ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN 5 COCHAS DEL PARQUE NACIONAL DEL MANU"	
UBICACIÓN Y ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO	
DATUM: WGS84, ZONA: 19S	ESCALA: 1:650000
TESISTA: Bach. Yahaira Daniela Aréstegui Alegria	MAPA N°: 01
ASESOR: Mgt. Rodrigo Chevarria del Pino	
FUENTE: Cartas Nacionales, IGN, MED 2002	
FECHA: JUNIO 2017	

DISTRIBUCIÓN DE LAS COCHAS



Simbología

- Puesto de vigilancia SERNANP
- Capital de distrito
- Capital de provincia
- Cochas
- ▭ ANP Manu
- ~ Río Manu

COCHA	Coordenadas UTM		Elevación (msnm)	Profundidad (cm)
	Este	Norte		
Cashu	237469	8685160	325	168
Lagarto	278236	8654040	304	135
Otorongo	261670	8667398	324	162
Salvador	257196	8672779	318	174
Maizal	230859	8688568	333	164

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

TESIS: "ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN 5 COCHAS DEL PARQUE NACIONAL DEL MANU"

DISTRIBUCIÓN DE LAS COCHAS

DATUM: WGS84, ZONA: 19S ESCALA: 1:140000

TESISTA: Bach. Yahaira Daniela Aréstegui Alegría
 ASESOR: Mgt. Rodrigo Chevarría del Pino
 FUENTE: Cartas Nacionales, IGN, MED 2002
 FECHA: JUNIO 2017

MAPA N°:
02



1:140,000



3.2.1.1 Análisis Físico – Químico del Agua

A. Toma de Muestra

Para la obtención de las muestras se tomó en consideración que sea lo más representativa, cuyo volumen sea adecuado para ser transportado y manipulado con facilidad. La metodología empleada se basó en las técnicas de muestreo, recomendadas en las normas de Agency United States Environmental, 2017.

Para la toma de muestra se escogieron 3 puntos por cada cocha para tener valores significativos, considerando la morfometría como: el área, longitud y profundidad de las cochas.

- Área (A): fue medido con la ayuda del bote inflable remando por los bordes del espejo de agua y el GPS que nos permitió grabar la ruta recorrida. Posteriormente, las rutas fueron insertadas en el Software ArcGis que nos permitió determinar el área real del cuerpo acuático.
- Longitud máxima (L): es la distancia de la superficie de la cocha entre dos puntos más distantes de la orilla.
- Ancho máximo (a): es la medida de mayor longitud perpendicular a la longitud máxima.
- Profundidad: fue medida con una cuerda metrada con plomada.
 - Profundidad máxima (Zm): fue la mayor profundidad de la cocha.
 - Profundidad media (Z): el volumen dividido para el área de la superficie.
- Longitud de Línea Costera: es el perímetro que posee el cuerpo acuático.

(Roldán & Ramírez, 1992)

Para este proceso se utilizaron frascos de plástico de 650 ml, frascos de color caramelo de cierre hermético y limpio; sin preservación y conservándose en termo-cooler plástico.

Las muestras se tomaron en cada estación de muestreo seleccionado, los frascos se rotularon adecuadamente para su posterior traslado a laboratorio.

B. Procesamiento de las Muestras:

Los parámetros de turbidez, temperatura, pH y oxígeno disuelto se evaluaron en campo mediante el empleo de un instrumento portátil, mientras que los demás parámetros fueron analizados en el laboratorio MC QUIMICALAB, quién proporcionó los reactivos, instrumentos y equipos para la determinación de los parámetros de calidad de agua.

Los métodos utilizados para la realización de cada parámetro se detallan en la siguiente tabla:

Tabla N°12: Método para la evaluación de los parámetros para la determinación del ICA

N°	PARÁMETROS DEL ICA	DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO	MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS
1	Turbidez (NTU)	In situ	Observación semicuantitativa
2	Temperatura (°C)	In situ	Multiparámetro Hanna HI 9828
3	Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	Laboratorio	Gravimetría
4	pH	In situ	Multiparámetro Hanna HI 9828
5	Nitratos (mg/L)	Laboratorio	Espectofotometría
6	Fosfatos (mg/L)	Laboratorio	Espectofotometría
7	Oxígeno Disuelto (mg/L)	In situ	Multiparámetro Hanna HI 9828
8	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Laboratorio	Incubación
9	Coliformes fecales (Col/100ml)	Laboratorio	Método del Número Más Probable

Fuente: Metodología (APHA, AWWA, WPCF, 2019)

3.2.1.2 Análisis bacteriológico de 5 cochas del Parque Nacional del Manu

La determinación de microorganismos coliformes totales por el método del Número más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 h., utilizando un

medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa.

En la fase presuntiva el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono. Durante la fase confirmativa se emplea como medio de cultivo caldo Lactosado Bilis Verde Brillante el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante.

Uso de las tablas del Número más Probable (NMP)

Mediante la utilización de métodos matemáticos de probabilidad es posible estimar el número de bacterias que producen un resultado observable de cualquier combinación de tubos positivos y negativos. Las combinaciones más comunes de resultados de tubos positivos y negativos aparecen en la tabla indicando la estimación del NMP con límites de confianza del 95%. La tabla se basa en el uso de tres volúmenes diferentes de muestra en orden decimal decreciente, con 5 o 3 réplicas por dilución (ver Anexo VI). La precisión de la estimación del NMP se incrementa al aumentar el número de réplicas por dilución.

Determinación del Número más Probable (NMP)

La determinación del número más probable (NMP) de microorganismos Coliformes Termotolerantes se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ por un periodo de 24 a 48 h (Konarki & Johnson, 2001).

Codificar los resultados de la serie de diluciones en los tubos de la siguiente manera: si inicialmente son inoculadas 5 porciones de 10ml de muestra, 5 de 1ml y 5 de 0.1ml, y los resultados positivos fuesen respectivamente 5, 3 y 0, éstos se codificarán como 5-3-0. El código obtenido es buscando en la tabla del NMP y se registra directamente el NMP en 100ml. Cuando la serie de diluciones decimales es diferente a 10, 1.0 y 0.1 mL, se utiliza la tabla del NMP de acuerdo a la siguiente fórmula:

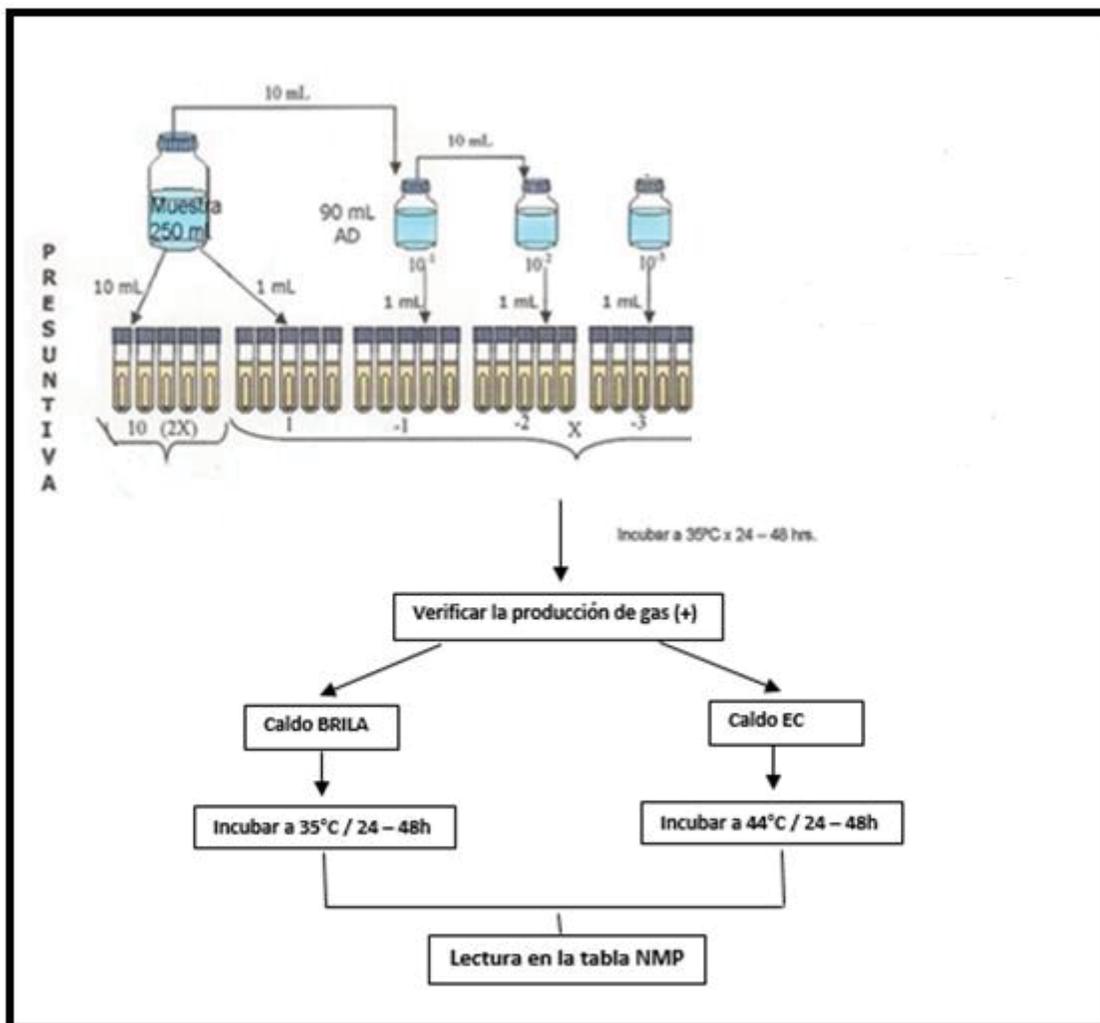
$$\text{NMP}/100\text{mL} = \text{NMP}^* \times \frac{10}{\text{Volumén mayor probado}}$$

A. Toma de Muestra: Las muestras fueron recolectadas en cada estación de muestreos seleccionados durante el trabajo de campo. Los frascos de las muestras se rotularon y preservaron debidamente de acuerdo a los métodos estandarizados, hasta su traslado y procesamiento en el laboratorio MC QUIMICALAB.

La toma de muestra bacteriológica se realizó a una profundidad de 20 a 30 cm. Los frascos para las muestras fueron de vidrio y estériles, no deben ser sometidos a enjuague, para la preservación de la muestra se siguió las recomendaciones del Compendio para la examinación microbiológica de alimentos (Konarki & Johnson, 2001).

B. Procesamiento de las Muestras: El análisis bacteriológico al igual que el físico-químico también fue realizado en el Laboratorio MC QUIMICALAB en una serie de 5 tubos, ver Flujograma N°01.

Flujograma N°01: Procedimiento de análisis de Coliformes Totales y Termotolerantes



Fuente: Metodología (APHA, AWWA, WPCF, 2019)

Los métodos utilizados para la realización de cada parámetro de detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N°13: Metodología utilizada para el Análisis Bacteriológico de 5 cochas del Parque Nacional del Manu

N°	Parámetros	Método
1	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Número más probable
2	Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	Número más probable

Fuente: Metodología (APHA, AWWA, WPCF, 2019), WPCF- 2005

3.2.1.3 Determinación del Índice de Calidad del Agua

Se utilizó la metodología propuesta por Brown (1970) y Ott (1978), con el apoyo de la Fundación de Sanidad – NSF de los Estados Unidos aplicable para Latinoamérica, que consiste en el cálculo de 9 parámetros (coliformes termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Fosfatos, Variación de temperatura, Turbidez, Sólidos Totales, Oxígeno Disuelto), los resultados que se obtienen de la muestras son convertidos en valores q_i y se multiplican por un factor de corrección w_i , los cuales son propios de cada parámetro evaluado. El ICA que se obtiene de la ecuación es un número entre 0 y 100, es un promedio geométrico ponderado que califica la calidad, a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación.

$$ICA = \sum_{i=1}^n q_i \cdot w_i$$

Fuente: (Brown, (1970))

Dónde:

I.C.A.: Índice de calidad de agua, un número entre 0 y 100, adimensional.

q_i : Calidad del i ésimo parámetro, un número entre 0 y 100, obtenido del respectivo gráfico de calidad, en función de su concentración o medida.

w_i : Valor ponderado correspondiente al i ésimo parámetro, atribuido en función de la importancia de ese parámetro para la conformación global de la calidad, un número entre 0 y 1. La sumatoria de valores w_i es igual a 1, siendo i el número de parámetros que entran en el cálculo.

n : Parámetros.

Los pesos temporales se muestran en la Tabla N°14.

Tabla N° 14: Pesos Relativos para cada parámetro del ICA

PARAMETRO	Wi
OD (% de saturación)	0.17
Coliformes Fecales (Col/100ml)	0.16
pH	0.11
DBO (mg/L)	0.11
Temperatura (°C)	0.10
Fosfatos (mg/L)	0.10
Nitratos (mg/L)	0.10
Turbidez (NTU)	0.08
Sólidos Totales (mg/L)	0.07

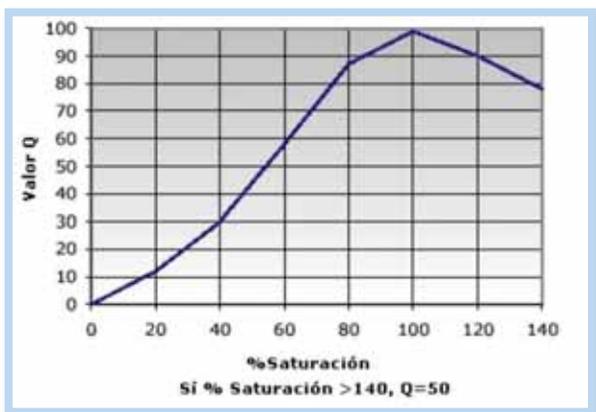
Fuente: (Ott W. , 1978)

3.2.1.4 Determinación del “ q_i ” para cada parámetro por curvas de función:

1. Oxígeno disuelto: Se procede a calcular el porcentaje de saturación a partir del oxígeno disuelto, si el resultado es mayor a 140% el q_i es igual a 50 y si el resultado resulta menor de 140%, se procede a buscar el valor en el eje de las X interceptándose

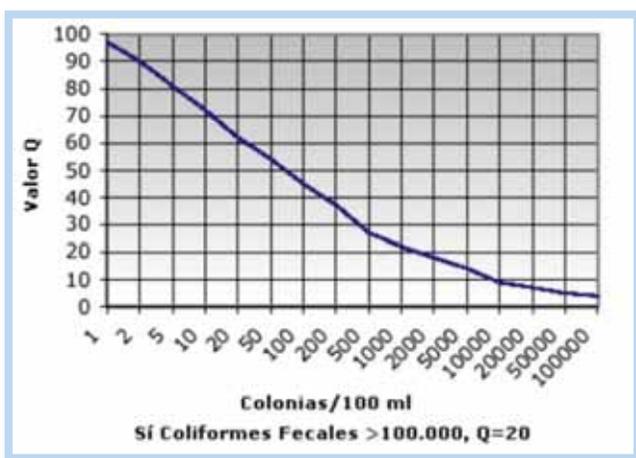
con el eje de las Y. El valor encontrado es el q_i para este parámetro y se procede (conforme a la fórmula), a multiplicarlo por su peso relativo asignado ($w_i=0,17$).

Figura N°05: Curva de función para oxígeno disuelto



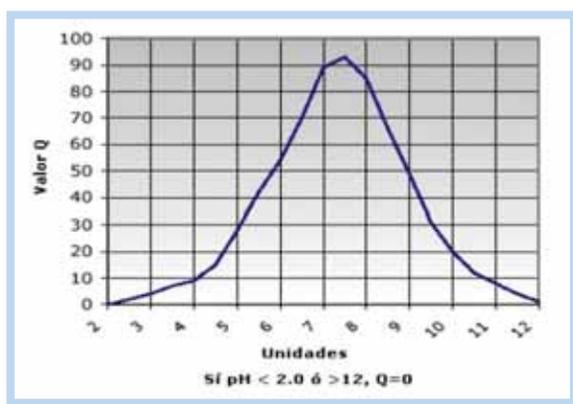
- Coliformes fecales: Luego de realizar los análisis microbiológicos para coliformes termotolerantes, si los coliformes termotolerantes son mayores de 100,000 NMP el q_i es igual a 3 y si el valor es menor de 100,000 NMP, se procede a buscar el valor en el eje de las X y se interpola con el eje de las Y. El valor obtenido es el q_i para este parámetro, posteriormente se continúa con multiplicarlo con su valor asignado ($w_i=0,16$).

Figura N°06: Curva de función para coliformes fecales



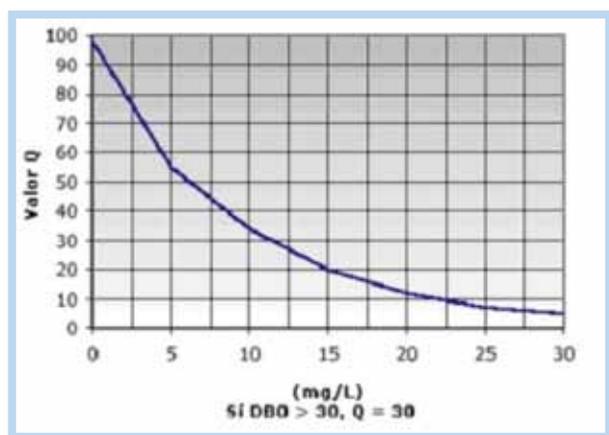
3. pH: Si el resultado del pH es menor o igual a 2, el q_i es igual a 2, y si el resultado del pH es mayor o igual a 10 el q_i es igual a 3. El resultado se debe encontrar entre 2 y 10 para proceder con la búsqueda en el eje de las X e interceptar con los valores establecidos en el eje de las Y, encontrándose así el valor para el q_i de este parámetro, posteriormente se multiplica con su valor asignado ($w_i=0,11$).

Figura N°07: Curva de función para pH



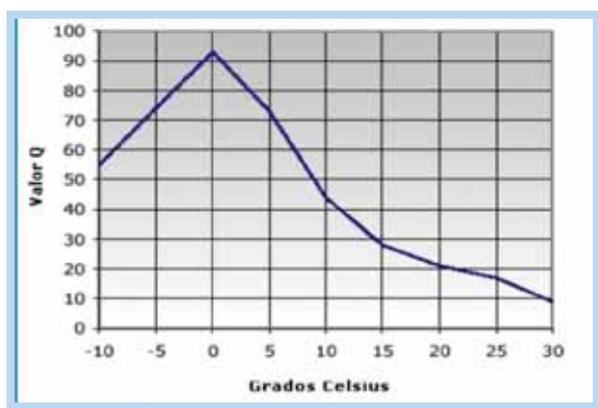
4. Demanda bioquímica de oxígeno: Si los resultados obtenidos para la DBO son mayores a 30 mg/L el q_i será igual a 2 y si es menor se procede a buscar en el eje de las X para posteriormente interceptar con el eje de las Y, obteniéndose así el valor para el q_i de este parámetro, posteriormente se continúa con multiplicarlo con su valor asignado ($w_i=0,11$).

Figura N°08: Curva de función para DBO



5. Temperatura: Para obtener el q_i de este parámetro, primero se debe calcular la diferencia entre la temperatura del ambiente y el de la muestra. Una vez que se obtiene el valor del diferencial de temperatura y este es mayor de 15°C q_i será igual a 5. Si los resultados son menores a 15°C el resultado se busca en el eje de las X para posteriormente interceptar con el eje de las Y obteniendo así el q_i para la temperatura, posteriormente se continúa multiplicándolo con su valor asignado ($w_i=0,10$).

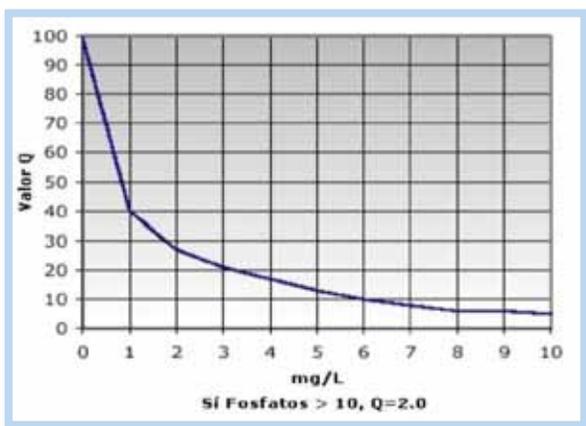
Figura N°09: Curva de función para temperatura



6. Fosfatos: Si los resultados para los fosfatos son mayores de 10 mg/L el q_i será igual a 2 caso contrario sean menores se procederá a buscar en el eje de las X para posteriormente interceptar con el eje de las Y, este valor obtenido viene a ser el q_i de

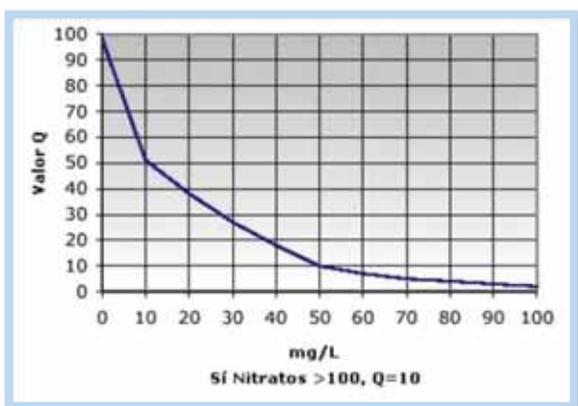
este parámetro, posteriormente se continúa con multiplicarlo con su valor asignado ($w_i=0,10$).

Figura N°10: Curva de función para fosfatos



7. Nitratos: Si los resultados para los nitratos son mayores de 100 mg/L el q_i será igual a 1; de no ser el caso se procede a buscar en el eje de las X y se intercepta con los valores del eje de las Y, encontrándose así el valor de q_i para este parámetro, posteriormente se continúa multiplicándolo con su valor asignado ($w_i=0,10$).

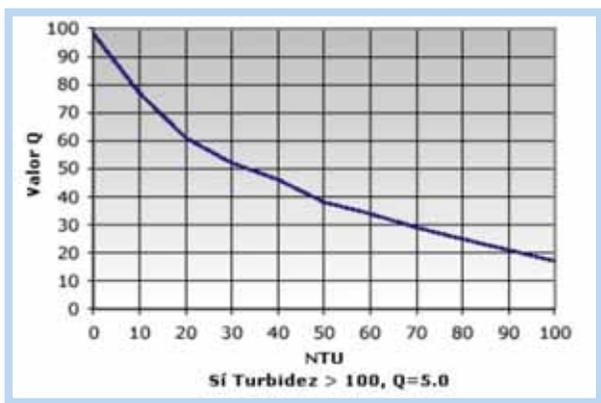
Figura N°11: Curvas de función para Nitratos



8. Turbidez: Si la turbidez es mayor de 100 NTU (Unidades Nefelométricas), el q_i es igual 5; caso contrario la turbidez sea menor a 100 NTU, se procederá a buscar en el eje de las X posteriormente se interceptara con el eje de las Y, el valor obtenido

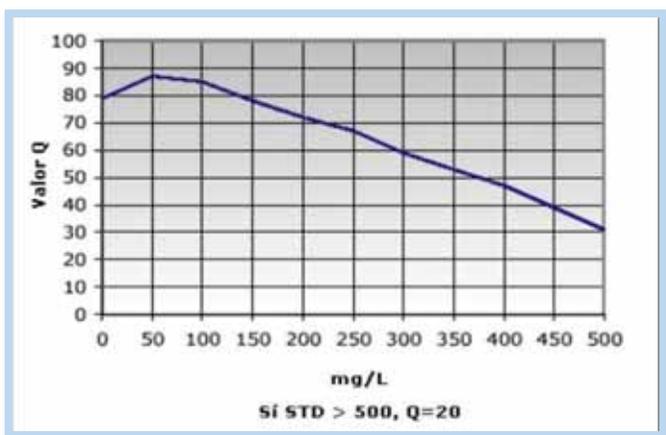
vendrá a ser el q_i para este parámetro, posteriormente se continúa multiplicándolo con su valor asignado ($w_i=0,08$).

Figura N°12: Curvas de función para turbidez



9. Sólidos totales disueltos: Si los resultados de los sólidos totales disueltos son mayores a 500 mg/L el q_i será igual a 20 y si es menor se procederá a buscar en el eje de las X, posteriormente se interceptará con los valores asignados en el eje de las Y, obteniéndose como resultado el valor para el q_i de este parámetro, posteriormente se continúa multiplicándolo con su valor asignado ($w_i=0,08$).

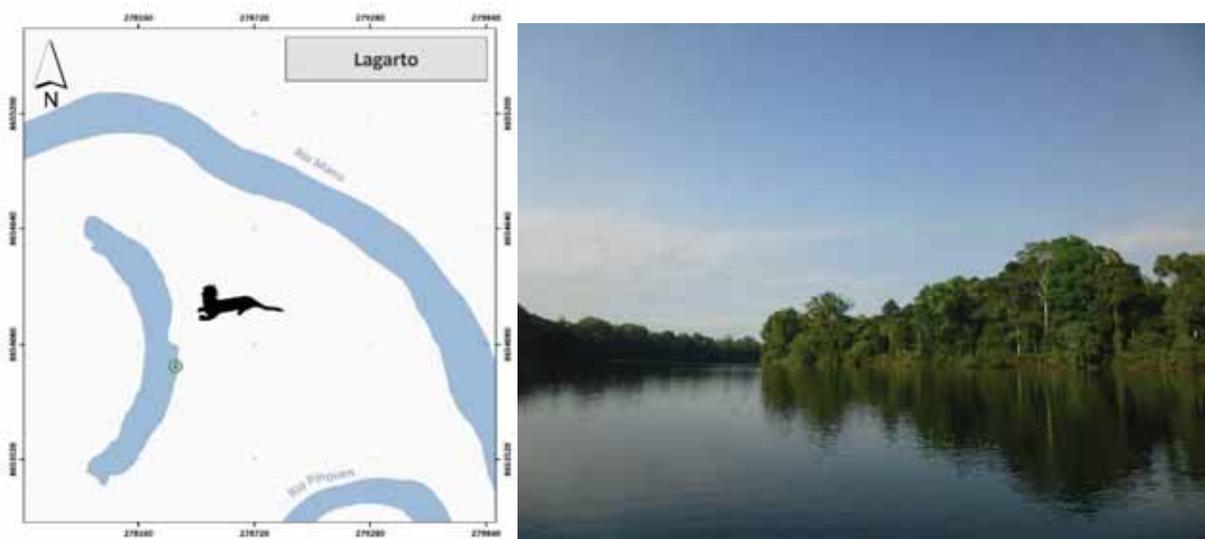
Figura N°13: Curva de función para sólidos totales



3.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS COCHAS

3.2.2.1 Cocha Lagarto

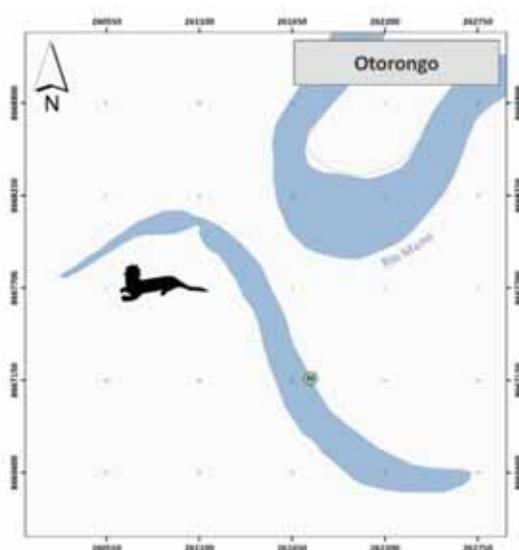
Ambiente léntico de agua negra, con superficie reducida, con plantas flotantes, bordeada por gramíneas y secundariamente por vegetación arbustiva y arbórea. Fondo arenoso con abundante material vegetal en descomposición, que al acumularse va reduciendo la profundidad, permitiendo el avance de las plantas enraizadas (Ortega, 1996).



CARACTERÍSTICAS	COCHA
FORMA	Ligeramente rectangular
EDAD	Antigua
COLOR	Verde
LONGITUD MÁX.	1.29km
ANCHO MÁX.	224m
PROFUNDIDAD	135cm
ÁREA	24.27ha

3.2.2.2 Cocha Otorongo

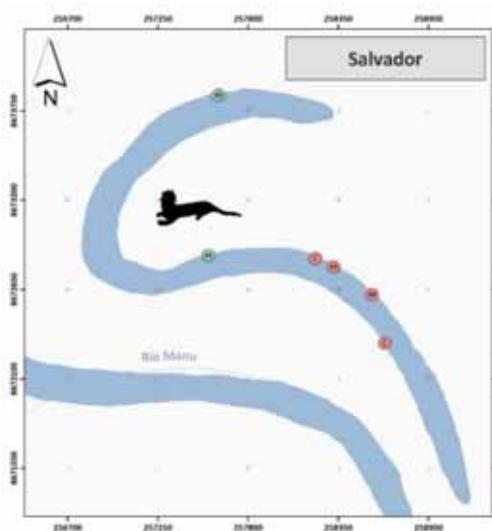
Ubicada en la margen opuesta a la cocha Juárez. Agua negra, con fondo arcilloso y abundante materia orgánica con vegetación ribereña; predominan gramíneas, herbáceas, *Heliconia sp.*, y plantas flotantes, principalmente *Pistia sp.* (Ortega, 1996).



CARACTERÍSTICAS	COCHA
FORMA	Ligeramente rectangular
EDAD	Antigua
COLOR	Verde marrón
LONGITUD MÁX.	4.73Km
ANCHO MÁX.	273m
PROFUNDIDAD	162cm
ÁREA	78.64 ha

3.2.2.3 Cocha Salvador

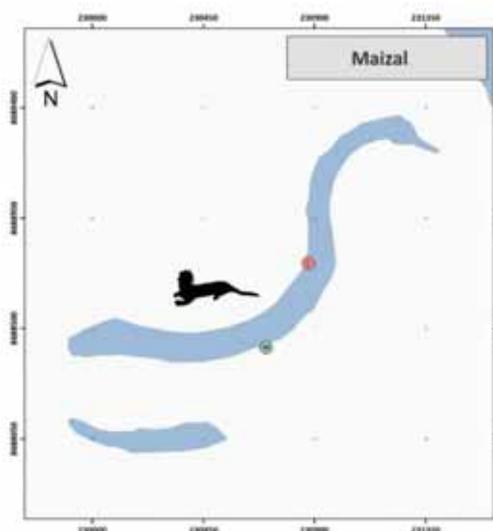
Es la laguna de mayor extensión en el parque, ubicada en la margen izquierda del río Manu. Mezcla de agua clara y blanca, de claro-verdoso. Ausencia de playas y orillares. Fondo arcilloso con abundante materia orgánica y vegetación arbustiva y arbórea densa en la ribera (Ortega, 1996).



CARACTERÍSTICAS	COCHA
FORMA	Ligeramente rectangular
EDAD	Antigua
COLOR	Verde
LONGITUD MÁX.	4.74Km
ANCHO MÁX.	283m
PROFUNDIDAD	174cm
ÁREA	80.21 ha

3.2.2.4 Cocha Maizal

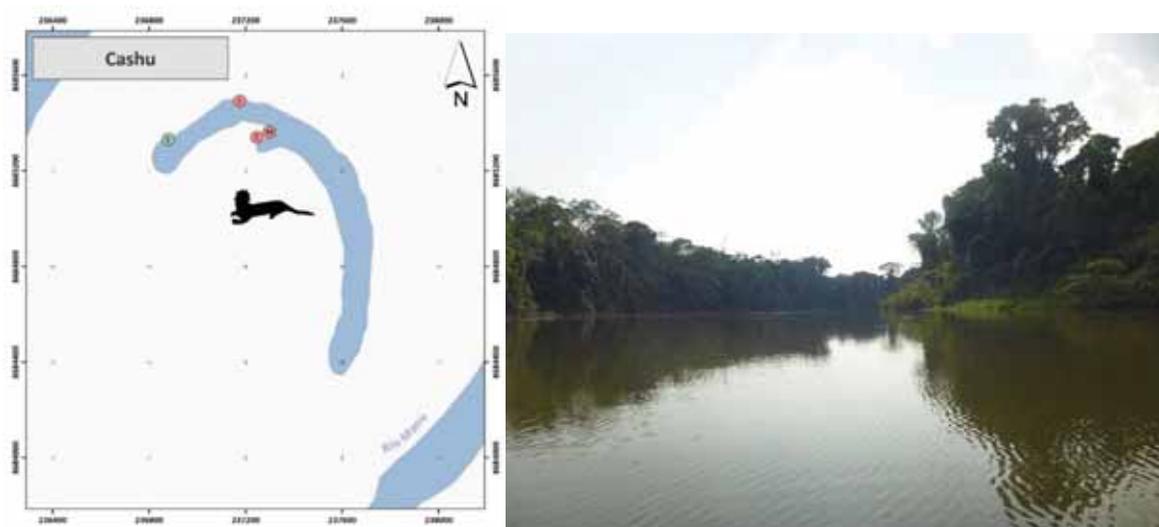
Es una cocha pequeña que, en forma de herradura, cubierta por vegetación flotante como las del género Pistia, plantas flotantes y gramíneas alrededor. El área de muestreo tiene una longitud de 1.76km y el ancho es de 310m aproximadamente. La profundidad hacia el centro, alcanza 164cm. Presenta aguas turbias y aparentemente está en un proceso de eutrofización.



CARACTERÍSTICAS	COCHA
FORMA	Ligeramente rectangular
EDAD	Antigua
COLOR	Verde marrón
LONGITUD MÁX.	1.76Km
ANCHO MÁX.	310m
PROFUNDIDAD	164cm
ÁREA	38.40 ha

3.2.2.5 Cocha Cashu

Laguna de agua blanca y negra, de color verdoso, debido a la proliferación de algas. Tiene una longitud aproximada de 1200m, márgenes con profundidad promedio de 90 cm y los extremos más superficiales; lo que indica un proceso de acumulación de sólidos. Vegetación ribereña variada. Fondo arcillo – arenoso y abundante materia orgánica vegetal (Ortega, 1996).



CARACTERÍSTICAS	COCHA
FORMA	Ligeramente rectangular
EDAD	Antigua
COLOR	Verde marrón
LONGITUD MÁX.	1.65km
ANCHO MÁX.	137m
PROFUNDIDAD	168cm
ÁREA	22.37 ha

CAPITULO IV: RESULTADOS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS DEL AGUA DE 5 COCHAS DEL PARQUE NACIONAL DEL MANU

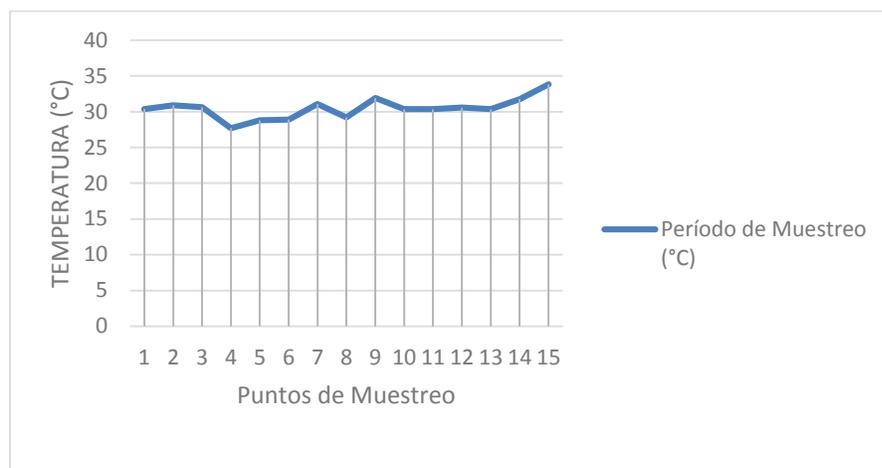
4.1.1 Temperatura

Tabla N°15: Valores de temperatura del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	Temperatura (°C)
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	30.37
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	30.90
3	M - 3	Río Manu	Lagarto c	30.62
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	27.70
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	28.80
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	28.90
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	31.07
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	29.20
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	31.90
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	30.36
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	30.34
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	30.57
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	30.36
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	31.76
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	33.83

Fuente: Elaboración propia

Figura N°14: Variación de la temperatura



Fuente: Elaboración propia

En relación a la Temperatura no se observaron diferencias significativas, en la tabla N°15 y Figura N°14, se observa que la temperatura mínima es de 27.7°C (M-4) y máxima es de 33.83°C (M-15) ambos resultados para la época de lluvias del 2015. La zona de estudio pertenece a Selva baja y está en una altitud de 320m aproximadamente, debido a esto la temperatura es relativamente alta y constante. La temperatura de las cochas en relación con la temperatura del ambiente, es mucho más elevada con un aproximado de 5°C (ΔT), debido a que el agua presenta un alto calor específico y en consecuencia es térmicamente muy estable.

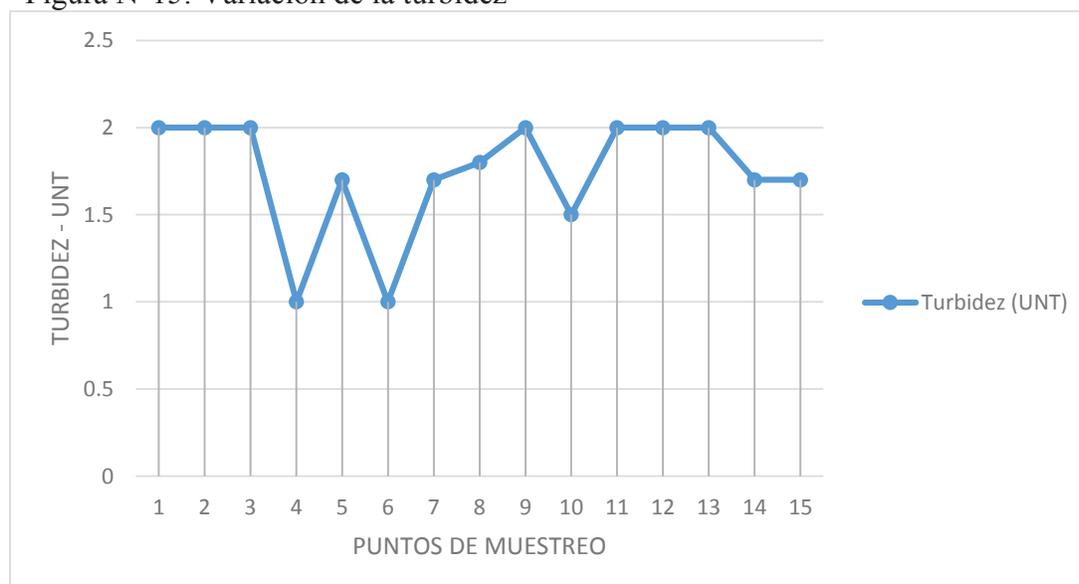
4.1.2 Turbidez

Tabla N°16: Valores de turbidez del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	Turbidez (UNT)
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	2
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	2
3	M - 3	Río Manu	Lagarto C	2
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	1
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	1.7
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	1
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	1.7
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	1.8
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	2
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	1.5
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	2
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	2
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	2
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	1.7
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	1.7

Fuente: Elaboración propia

Figura N°15: Variación de la turbidez



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°16 y Figura N°15, se aprecia los valores varían de 1-2UNT, debido que la zona de estudio presenta una topografía accidentada, causando procesos erosivos y las precipitaciones aluviales (época de lluvias) provocando arrastre de sólidos suspendidos en las cochas para la época de lluvias.

Los valores de Turbidez se encuentran dentro de los rangos permitidos de los Estándares de Calidad Ambiental emitidos según D.S. N°004-2017/MINAM, para la categoría 1: Aguas superficiales destinada a la producción de agua potable y subcategoría A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, valores < 5UNT (Anexo N°V).

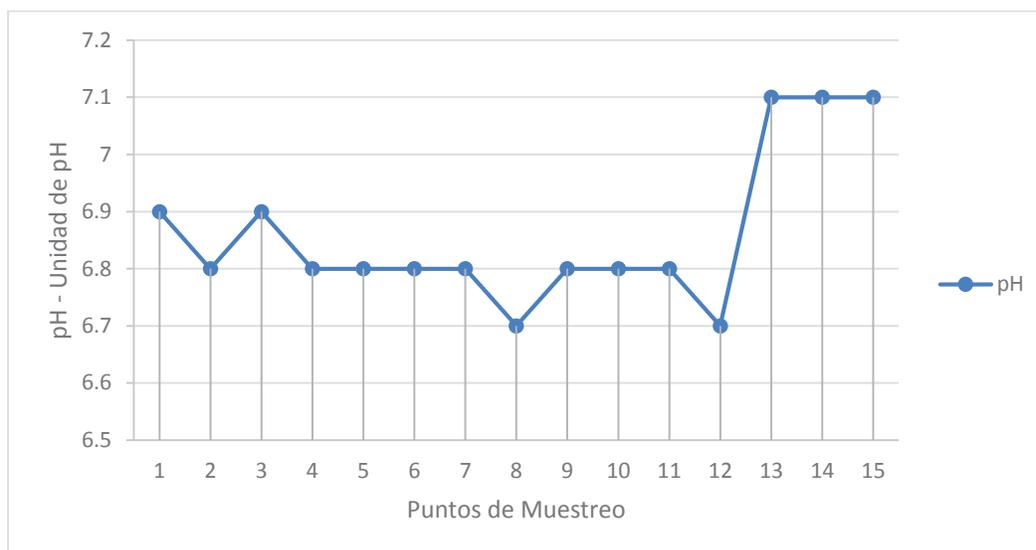
4.1.3 pH

Tabla N°17: Valores de pH del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	pH
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	6.9
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	6.8
3	M - 3	Río Manu	Lagarto C	6.9
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	6.8
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	6.8
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	6.8
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	6.8
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	6.7
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	6.8
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	6.8
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	6.8
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	6.7
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	7.1
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	7.1
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	7.1

Fuente: Elaboración propia

Figura N°16: Variación del pH



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°17 y Figura N°16 se observa que los valores de pH fluctúan entre 6.7-7.1 en todas las cochas a excepción de la cocha Cashu; se puede apreciar que el pH es más ácido en Salvador, Otorongo, Maizal y Lagarto. Los valores de pH para los 3 puntos de muestreo de la cocha Cashu presentan valor promedio de 7.1, y esto estaría relacionado a las altas tasas de fotosíntesis fitoplanctónica que pueden alterar significativamente el equilibrio de carbonatos en los lagos, haciendo que aumente el pH (Barthem et al, 2003). Así mismo, esta alta productividad estaría relacionada con una mayor transparencia en Cashu debido a niveles bajos de sedimentos en suspensión.

Cuando el pH es menor a 7 normalmente existe descomposición de materia orgánica, donde el CO_2 reacciona con el agua y forma ácido carboxílico y deben existir rocas calizas que contengan carbonatos, bicarbonatos que cumplen función tampón o buffer.

Los valores de pH evidencian condiciones de agua ácida casi neutra, se encuentran dentro de los rangos permitidos de los Estándares de Calidad Ambiental emitidos según D.S. N°004-

2017/MINAM, para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, con valores comprendidos entre 6.5- 9 unidad de pH.

En esta época del año se aprecia que no hay una variación significativa de pH, y se mantiene constante en las estaciones de muestreo con un valor promedio de 6.7 de pH, debido a que la precipitación aumenta provocando la dilución de iones producto de la descomposición de la materia orgánica y por consiguiente disminuye la acidez del medio.

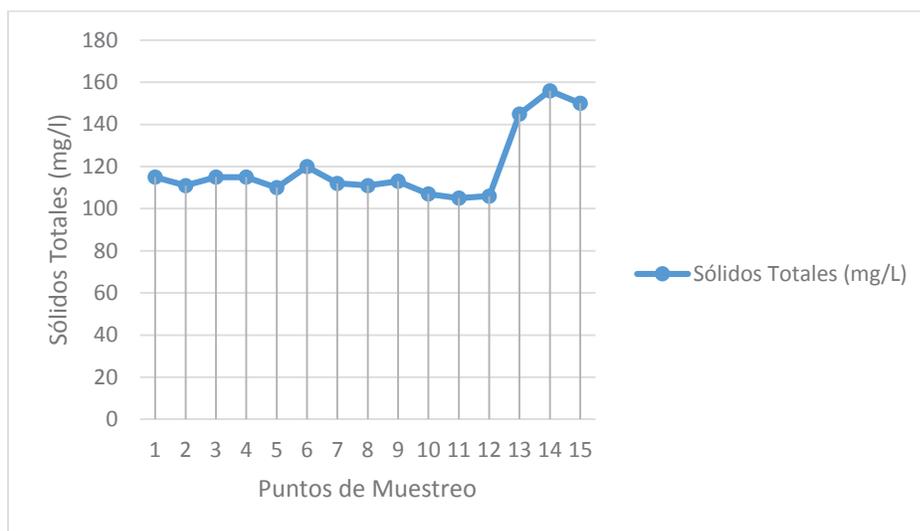
4.2 Sólidos Totales

Tabla N°18: Sólidos totales del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	Sólidos Totales (mg/L)
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	115
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	111
3	M - 3	Río Manu	Lagarto C	115
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	115
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	110
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	120
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	112
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	111
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	113
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	107
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	105
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	106
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	145
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	156
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	150

Fuente: Elaboración propia

Figura N°17: Variación de los sólidos totales



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°18 y Figura N°17, se aprecia una fluctuación de valores de sólidos totales disueltos que van de 105 a 156 mg/L, en las muestras M-13, M-14 y M-15 que corresponden a la cocha Cashu los valores son altos en comparación con los demás puntos de muestreo. Para la época de lluvias el efecto erosivo es mayor.

Los valores de Sólidos suspendidos totales para los Estándares de Calidad Ambiental emitidos según D.S. N°004-2017/MINAM, para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, son valores <25mg/L.

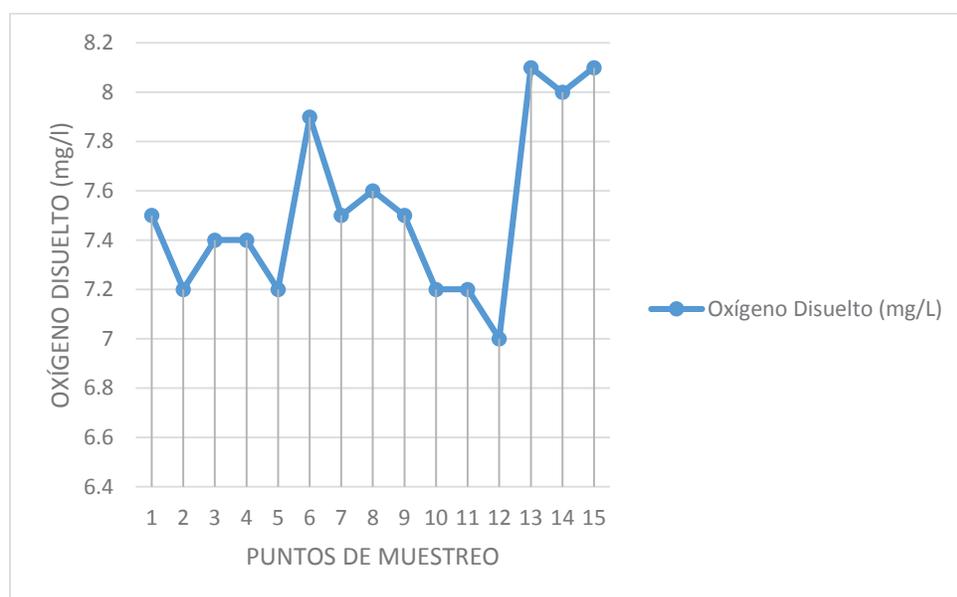
4.1.4 Oxígeno Disuelto

Tabla N°19: Oxígeno Disuelto del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	Oxígeno Disuelto (mg/L)
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	7.5
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	7.2
3	M - 3	Río Manu	Lagarto C	7.4
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	7.4
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	7.2
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	7.9
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	7.5
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	7.6
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	7.5
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	7.2
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	7.2
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	7
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	8.1
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	8
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	8.1

Fuente: Elaboración propia

Figura N°18: Variación de los Oxígeno Disuelto



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 19 y Figura N°18, se aprecia que los valores de Oxígeno Disuelto fluctúa desde 7mg/L en el punto de muestreo M-12 hasta 8.1mg/L en los puntos de muestreo M-13 y M-15, se sabe que los procesos de intercambio gaseoso entre el aire y el agua son mayores en la zona de selva baja. Los valores más altos corresponde a los puntos de muestreo de la cocha Cashu y los valores más bajos corresponden a uno de los puntos de muestreo de la cocha Maizal (M-12), Lagarto B (M-2) y Otorongo B (M-5), se presume que estas cochas presentan los valores más bajos (7 -7,2) porque hay menor actividad fotosintética. El oxígeno disuelto es mayor en Cashu, debido a una mayor productividad primaria por parte de los organismos planctónicos y también a la presencia de vegetación sumergida en las orillas.

Los valores de Oxígeno Disuelto se encuentran dentro de los rangos permitidos de los Estándares de Calidad Ambiental emitidos según D.S. N°004-2017/MINAM, para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, con valores mínimos $\geq 5\text{mg/L}$.

4.1.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla N°20: Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	DBO (mg/L)
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	7
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	6
3	M - 3	Río Manu	Lagarto C	7
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	6
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	6
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	6
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	6
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	6
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	6
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	6
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	7
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	6
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	7
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	6
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	6

Fuente: Elaboración propia

Figura N°19: Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°20 y Figura N°19, los valores de DBO fluctúan entre 6mg/L y 7 mg/L con respecto a todos los puntos de muestreo, son resultados de los procesos de descomposición de la materia orgánica que son elevados.

Los resultados de la DBO se encuentran dentro los rangos permisibles de los ECA emitidos según D.S. N°004-2017/MINAM, para la Categoría 3: Parámetro de riego de vegetales, D1 Riego de cultivos es 15mg/L y para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, se excede en 2mg/L en relación a los 5mg/L establecidos.

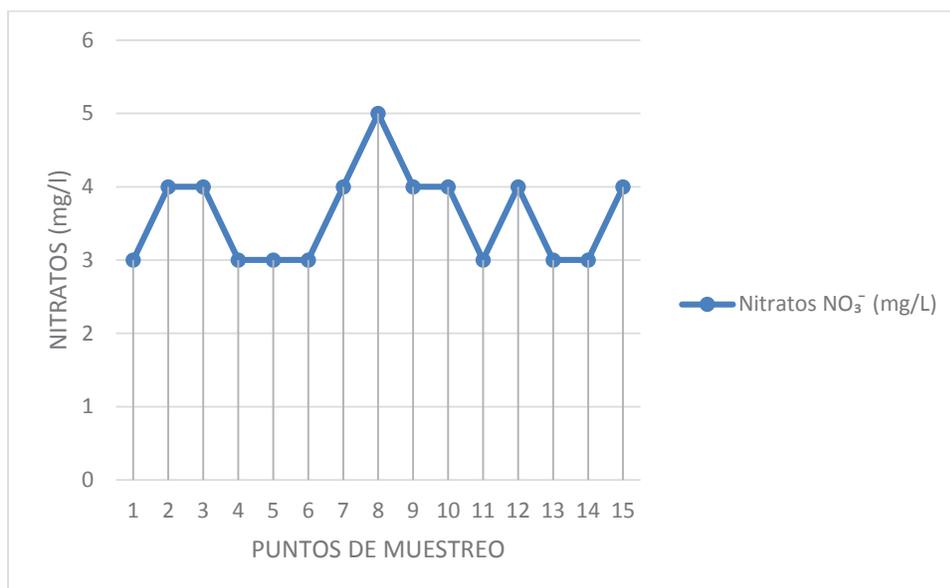
4.1.6 Nitratos

Tabla N°21: Valores de Nitrato del Agua de las cochas del Parque Nacional del Manu

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	Nitratos NO ₃ ⁻ (mg/L)
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	3
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	4
3	M - 3	Río Manu	Lagarto C	4
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	3
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	3
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	3
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	4
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	5
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	4
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	4
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	3
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	4
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	3
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	3
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	4

Fuente: Elaboración propia

Figura N°20: Variación de los valores de Nitrato



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°21 y Figura N°20 los valores de Nitratos obtenidos van de 3 mg/L. en los puntos de muestreo N° 01, 04, 05, 06, 11, 13 y 14 y el punto de muestreo N°08 es de 5mg/L.

Para esta época del año se aprecia un valor mínimo de 3mg/L. y un valor máximo de 5mg/L, siendo un valor constante entre todos los puntos de muestreo. La concentración de Nitratos se encuentran dentro de los rangos permitidos de los Estándares de Calidad Ambiental emitidos según D.S. N°004-2017/MINAM, tanto para la categoría 3: Riego de cultivos con valores < 100mg/L y bebida de animales con valores menores a <100mg/L. y aguas de categoría 4: Conservación del ambiente acuático, con valores <13mg/L.

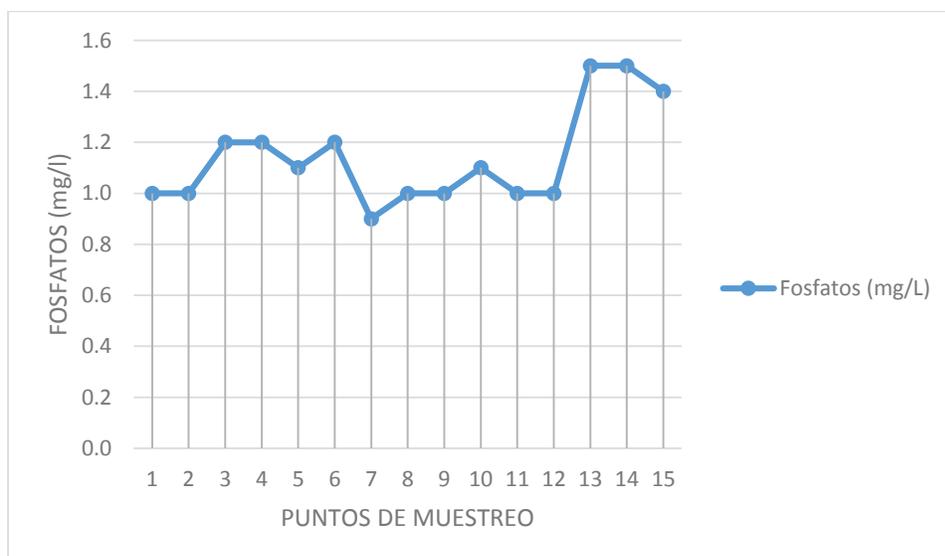
4.1.7 Fosfatos

Tabla N°22: Valores de Fosfatos del Agua de las cochas del Parque Nacional del Manu

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	Fosfatos (mg/L)
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	1.0
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	1.0
3	M - 3	Río Manu	Lagarto C	1.2
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	1.2
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	1.1
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	1.2
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	0.9
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	1.0
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	1.0
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	1.1
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	1.0
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	1.0
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	1.5
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	1.5
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	1.4

Fuente: Elaboración propia

Figura N°21: Variación de los valores de Fosfatos



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°22 y Figura N°21 los valores de Fosfatos obtenidos fluctúan entre 0.9mg/L. en el punto de muestreo N°07 y 1.5mg/L en los puntos de muestreo N°13 y N°14.

La concentración de Fosfatos para esta época del año se mantiene casi constante con valores entre 1,0mg/L a 1,5mg/L, debido a que los Fosfatos están presentes en las aguas superficiales como resultado de la meteorización y lixiviación de las rocas portadoras de fosforo procedentes de la erosión del suelo, aguas residuales y precipitación atmosférica.

Los fosfatos son un compuesto natural de sales que contienen fosforo y otro minerales. Los Estándares de Calidad Ambiental emitidos según D.S. N°004-2017/MINAM, para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático para el fosforo total es de valores <0.035mg/L.

4.1.8 Coliformes Termotolerantes

Tabla N°23: Coliformes Termotolerantes del Agua de las cochas del Parque Nacional del Manu.

Puntos de Muestreo	Código	Origen de la Fuente	Localización	Coliformes Termotolerantes (NMP)
1	M - 1	Río Manu	Lagarto A	110
2	M - 2	Río Manu	Lagarto B	120
3	M - 3	Río Manu	Lagarto C	120
4	M - 4	Río Manu	Otorongo A	100
5	M - 5	Río Manu	Otorongo B	150
6	M - 6	Río Manu	Otorongo C	100
7	M - 7	Río Manu	Salvador A	110
8	M - 8	Río Manu	Salvador B	110
9	M - 9	Río Manu	Salvador C	120
10	M - 10	Río Manu	Maizal A	110
11	M - 11	Río Manu	Maizal B	120
12	M - 12	Río Manu	Maizal C	100
13	M - 13	Río Manu	Cashu A	120
14	M - 14	Río Manu	Cashu B	110
15	M - 15	Río Manu	Cashu C	110

Fuente: Elaboración propia

Figura N°22: Variación de los valores de Coliformes Termotolerantes



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°23 y Figura N°22, muestran que los valores obtenidos de Coliformes Termotolerantes fluctúan entre 100 a 150 según los datos obtenidos en la tabla del Número más probable (NMP), se trabajó en una serie de 5 tubos; tal como se explica en la metodología.

Los valores de Coliformes Termotolerantes se encuentran dentro de los rangos permitidos de los Estándares de Calidad Ambiental emitidos según D.S. N°004-2017/MINAM, para la categoría 3: Agua para riego de vegetales de cuello bajo y alto con valores <1000NMP y para la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, con valores <1000NMP.

4.2 ANÁLISIS DE DATOS DE LOS PARAMETROS EVALUADOS EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS DEL AÑO 2015.

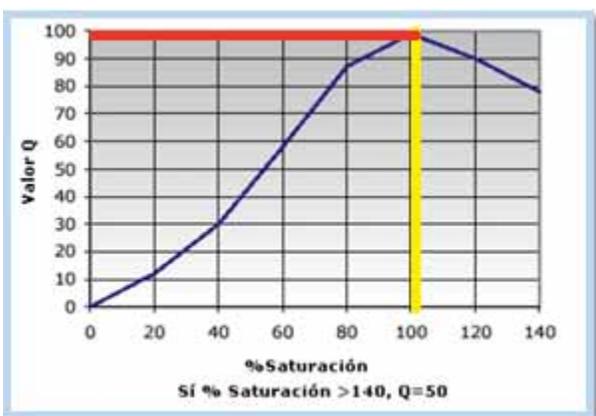
4.2.1 DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO q_i PARA EL ICA

Se tomará la M-1 como ejemplo de cálculo, el análisis de las demás cochas se puede observar en el Anexo I.

4.2.1.1 Curva de función para porcentaje de saturación

El porcentaje de saturación de OD para la M-1 es 102.80% que es menor de 140 %, entonces se procede a buscar el valor en el eje de las X y se intercepta al valor en el Y, lo cual nos da como resultado 99. El valor encontrado es el q_i del oxígeno disuelto y se procede (conforme a la formula), a multiplicarlo por su peso relativo asignado ($w_i=0,17$).

Figura N°23: Curva del % de Saturación de O_2 .

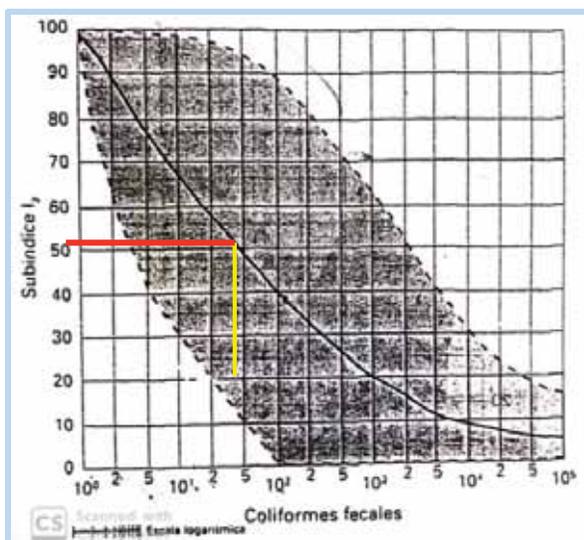


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2 Curva de función para coliformes termotolerantes

El valor de coliformes termotolerantes para la M-1 es 110, se procede a interceptar con el eje Y, este valor obtenido es el q_i de coliformes termotolerantes que es 40, se continúa con multiplicarlo con su valor asignado ($w_i=0,16$).

Figura N°24: Curva de función para Coliformes Termotolerantes

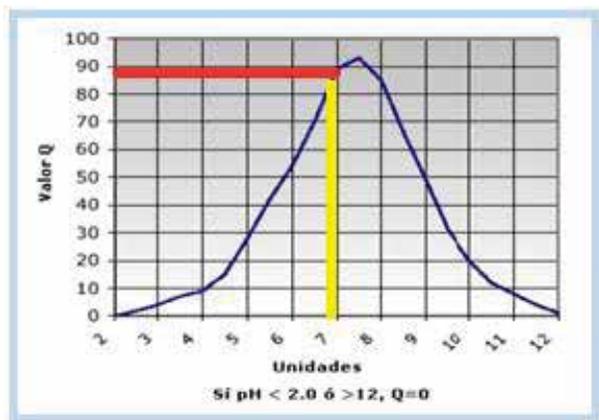


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3 Curva de función para pH

El valor de pH para la M-1 es 6.9 se procede a buscar el 6.9 en el eje de las X, una vez que se encuentre dicho valor se interpola con los valores del eje de las Y. Es así como se encuentra el valor para el q_i de pH que es igual a 88, y posteriormente se continúa con multiplicarlo con su valor asignado ($w_i=0,11$).

Figura N°25: Curva de función para pH.

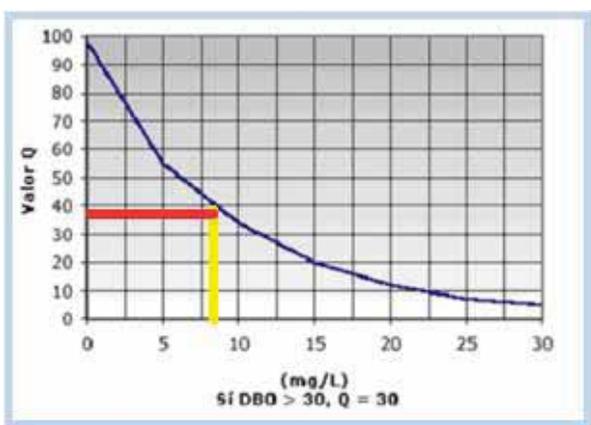


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Curva de función para DBO

La DBO5 para la M-1 es igual a 7 se busca en el eje de las X, una vez que se encuentre dicho valor se interpola con los valores establecidos en el eje de las Y, el valor que se encuentra en este eje viene a ser el valor de q_i que en este caso es 47, posteriormente se continúa con multiplicarlo con su valor asignado ($w_i=0,11$).

Figura N°26: Curva de función para DBO.

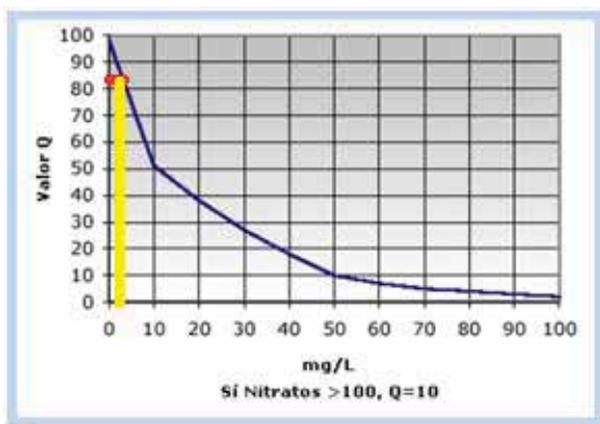


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Curva de función para nitratos

El valor para nitratos de la M-1 es igual a 3 se procede a buscar en el eje de las X, una vez que se ubique el valor se intercepta con el eje de las Y, encontrándose así el valor de q_i que sería igual a 83, posteriormente se continúa con multiplicarlo con su valor asignado ($w_i=0,10$).

Figura N°27: Curva de función para Nitratos.

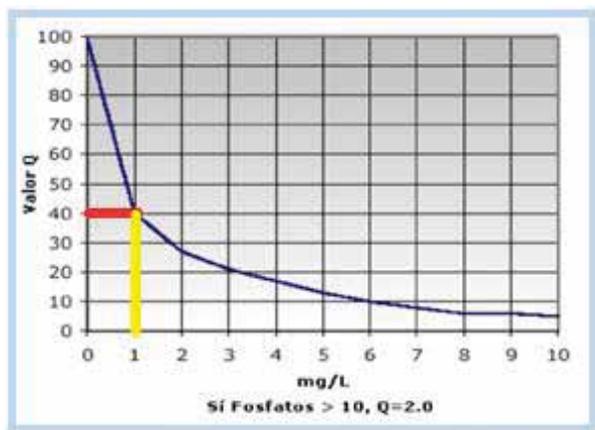


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Curva de función para fosfatos

El fosfato para la M-1 es igual a 1, procedemos a buscar en el eje de las X, una vez que se encuentre el valor se procede a interceptar con los valores del eje de las Y, el valor que encontramos viene a ser el q_i para los fosfatos, en este caso es igual a 40, posteriormente se continúa multiplicándolo con su valor asignado ($w_i=0,10$).

Figura N°28: Curva de función para Fosfatos.

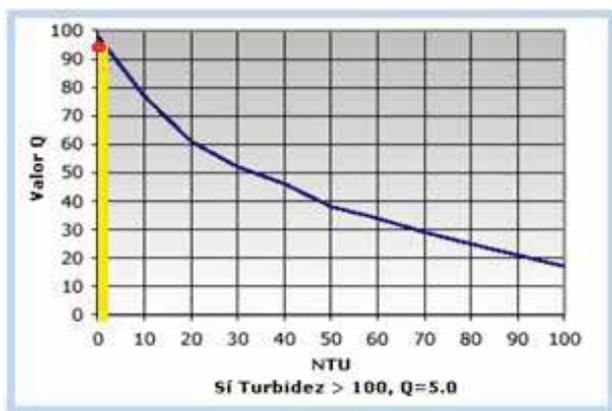


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Curva de función para turbidez

El valor de turbidez para la M-1 es igual a 2 se procede a buscar este valor en el eje de las X, y una vez encontrado el valor se intercepta con los valores del eje de las Y, encontrando así el valor de q_i para este parámetro de turbidez que es igual a 95, posteriormente se continúa multiplicándolo con su valor asignado ($w_i=0,08$).

Figura N°29: Curva de función para Turbidez.

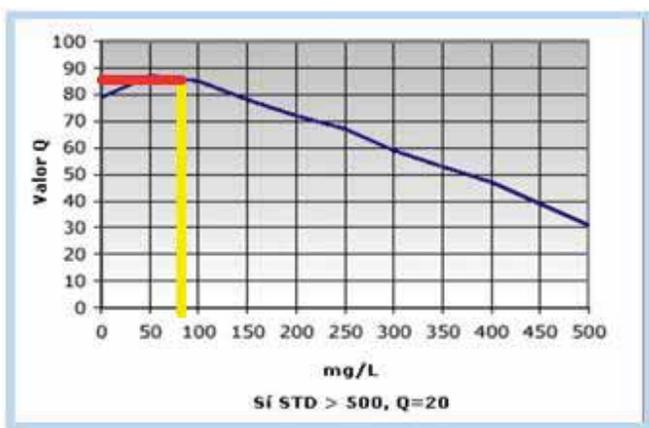


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Curva de función para sólidos totales disueltos (STD)

El valor de sólidos totales disueltos para la M-1 es 115, se busca dicho resultado en el eje de las X y una vez que se encuentre se procede a interceptar con los valores del eje de las Y, y es así como se encuentra el valor para el q_i de los sólidos disueltos totales que en este caso es igual a 83, posteriormente se continúa multiplicándolo con su valor asignado ($w_i=0,07$).

Figura N°30: Curva de función para sólidos totales disueltos (STD)

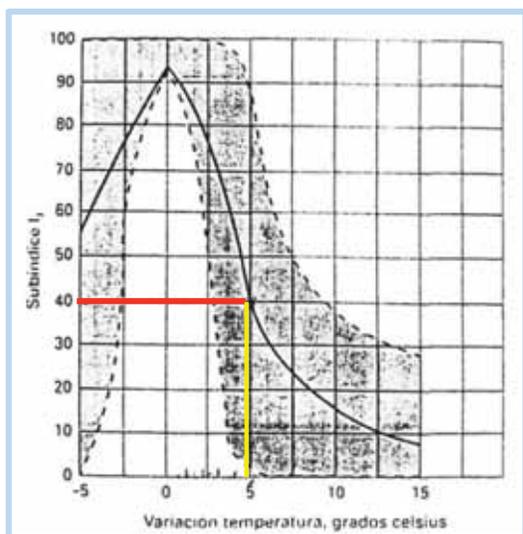


Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Curva de función para la temperatura (T°)

En el caso de la temperatura para obtener su q_i primero se debe calcular las diferencia entre la temperatura del ambiente y la de la muestra, si el valor que se obtiene es menor a 15°C procedemos a buscar el valor en el eje X y se procede a interceptar al valor en el eje de Y. Para la M-1 la variación de temperatura es 5 y el q_i de la temperatura será 40, posteriormente se continúa con multiplicarlo con su valor asignado ($w_i=0,10$).

Figura N°31: Curva de función para la temperatura (T°).



Fuente: Elaboración propia

4.2.2 DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO IW

Tabla N°24: Determinación del parámetro IW para la M-1

VARIABLE	qi	Wi	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	99	0.17	16.83
Coliformes termotolerantes	39	0.15	5.85
pH	88	0.12	10.56
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO)	47	0.10	4.7
Nitratos	83	0.10	8.3
Fosfatos	40	0.10	4
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	95	0.08	7.6
Sólidos Totales (STD)	83	0.08	6.64
TOTAL			68.48

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 INDICE DE LA CALIDAD DE AGUA EN 5 COCHAS DEL PARQUE NACIONAL DEL MANU

Tabla N°25: Índice de calidad de agua – ICA en las estaciones de muestreo

Estación de muestreo	Cocha	Origen de la fuente	Calificación cuantitativa ICA	Calificación cualitativa
M-1	LAGARTO	Río Manu	68.48	MEDIA
M-2	LAGARTO	Río Manu	68.49	MEDIA
M-3	LAGARTO	Río Manu	68.06	MEDIA
M-4	OTORONGO	Río Manu	68.49	MEDIA
M-5	OTORONGO	Río Manu	67.99	MEDIA
M-6	OTORONGO	Río Manu	68.14	MEDIA
M-7	SALVADOR	Río Manu	68.81	MEDIA
M-8	SALVADOR	Río Manu	67.86	MEDIA
M-9	SALVADOR	Río Manu	68.27	MEDIA
M-10	MAIZAL	Río Manu	69.06	MEDIA
M-11	MAIZAL	Río Manu	68.49	MEDIA
M-12	MAIZAL	Río Manu	68.58	MEDIA
M-13	CASHU	Río Manu	67.67	MEDIA
M-14	CASHU	Río Manu	67.99	MEDIA
M-15	CASHU	Río Manu	67.51	MEDIA
PROMEDIO			68.26	MEDIA

Fuente: Elaboración propia

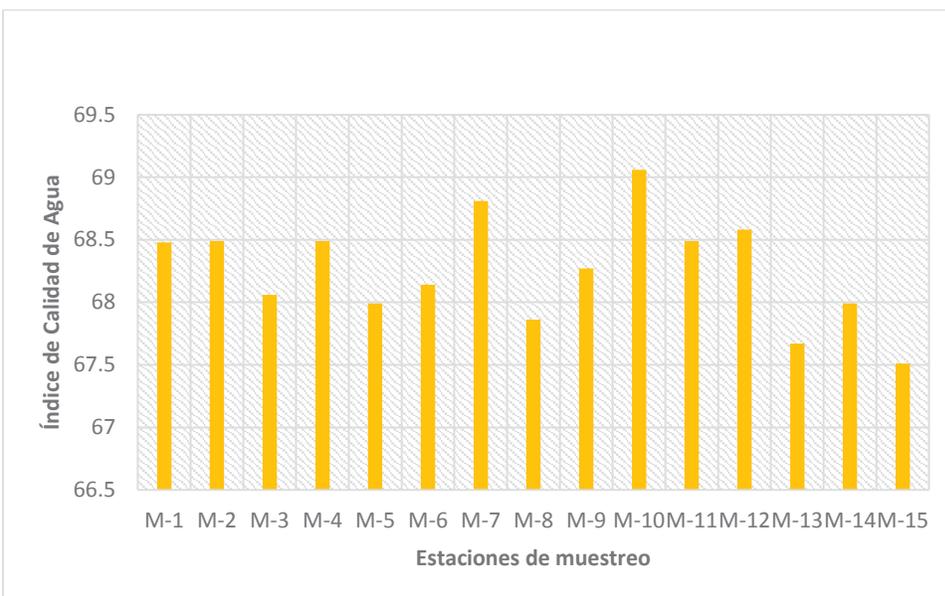
Leyenda:

MUY MALO	0-25	
MALO	26-50	
MEDIO	51-70	
BUENO	71-90	
EXCELENTE	91-100	

La clasificación “media”, determinada para las 5 cochas del PNM que la calidad del agua se encuentra en un estado que se aleja de las condiciones naturales en algunas ocasiones, y

presentando limitaciones en algunos de los usos potenciales que se le puede dar a este recurso. (Caho Rodriguez & López Barrera, 2019).

Figura N°32: Variación de los ICA en cada estación en función a su calidad



Fuente: Elaboración propia

Mediante la aplicación para cada punto de muestreo en el PNM, el promedio observado para los puntos de muestreo es de 68,06. El mayor valor es para la cocha Maizal con 69,06 y el menor valor es para la cocha Cashu con 67,51. Se observa que los resultados para el análisis de las 5 cochas del PNM se encuentran dentro de la escala cualitativa “media” (Caho Rodriguez & López Barrera, 2019).

Tabla N°26: Índice de Calidad de Agua en función a su uso en cada estación de muestreo

Estación de muestreo	Cocha	Origen de la fuente	Calificación cuantitativa ICA	ICA para consumo humano	ICA para uso recreativo	ICA para uso en agricultura	ICA para uso en pesca y vida acuática
M-1	LAGARTO	Río Manu	68.48	C	A	LC	A
M-2	LAGARTO	Río Manu	68.49	C	A	LC	A
M-3	LAGARTO	Río Manu	68.06	C	A	LC	A
M-4	OTORONGO	Río Manu	68.49	C	A	LC	A
M-5	OTORONGO	Río Manu	67.99	C	A	LC	A
M-6	OTORONGO	Río Manu	68.14	C	A	LC	A
M-7	SALVADOR	Río Manu	68.81	C	A	LC	A
M-8	SALVADOR	Río Manu	67.86	C	A	LC	A
M-9	SALVADOR	Río Manu	68.27	C	A	LC	A
M-10	MAIZAL	Río Manu	69.06	C	A	LC	A
M-11	MAIZAL	Río Manu	68.49	C	A	LC	A
M-12	MAIZAL	Río Manu	68.58	C	A	LC	A
M-13	CASHU	Río Manu	67.67	C	A	LC	A
M-14	CASHU	Río Manu	67.99	C	A	LC	A
M-15	CASHU	Río Manu	67.51	C	A	LC	A

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

E	Calidad Excelente	
A	Calidad Aceptable	
LC	Contaminada Leve	
C	Contaminada	
FC	Frecuentemente contaminada	
EC	Excesivamente contaminada	

Tabla N°27: Resultados del estadístico ANOVA y Tukey aplicado a la evaluación de parámetros analizados.

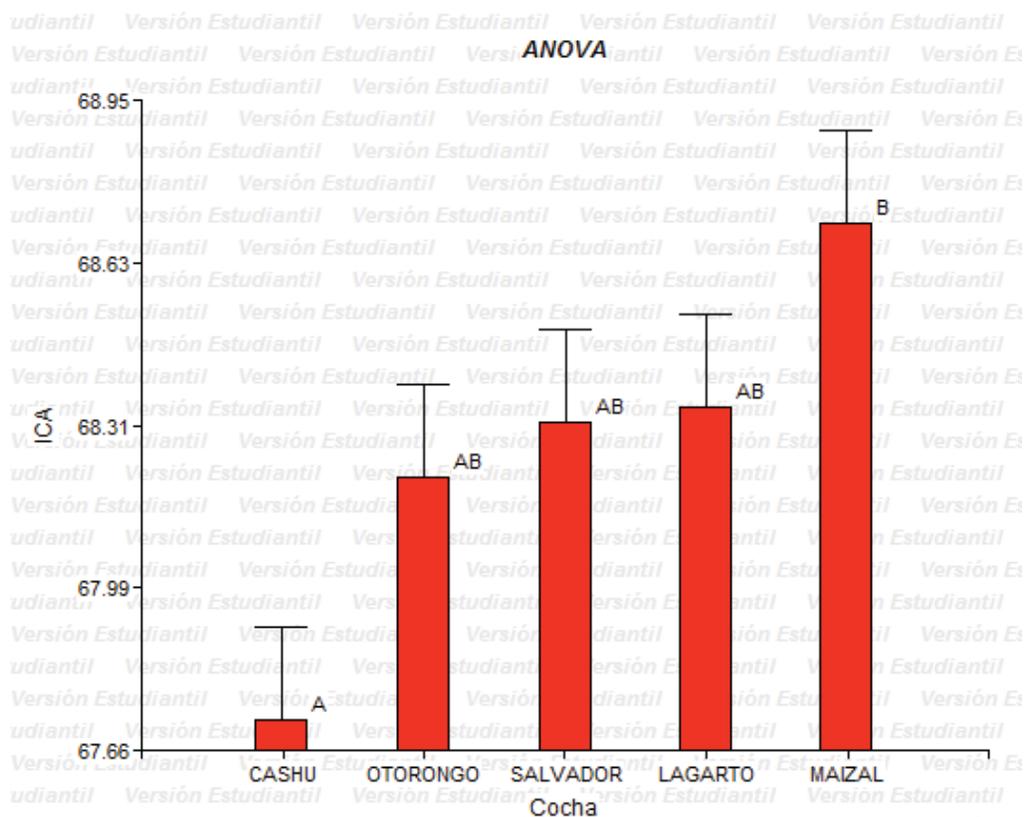
Cocha	Medias	n	E.E.		
CASHU	67.72	3	0.18	A	
OTORONGO	68.21	3	0.18	A	B
SALVADOR	68.31	3	0.18	A	B
LAGARTO	68.34	3	0.18	A	B
MAIZAL	68.71	3	0.18		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia

En la prueba de Tukey al 5% se observa el primer rango de significancia se ubica el sitio Cashu, en el segundo los sitios de Otorongo, Salvador y Lagarto y en el tercero, el sitio de Maizal respecto a condiciones de calidad de agua.

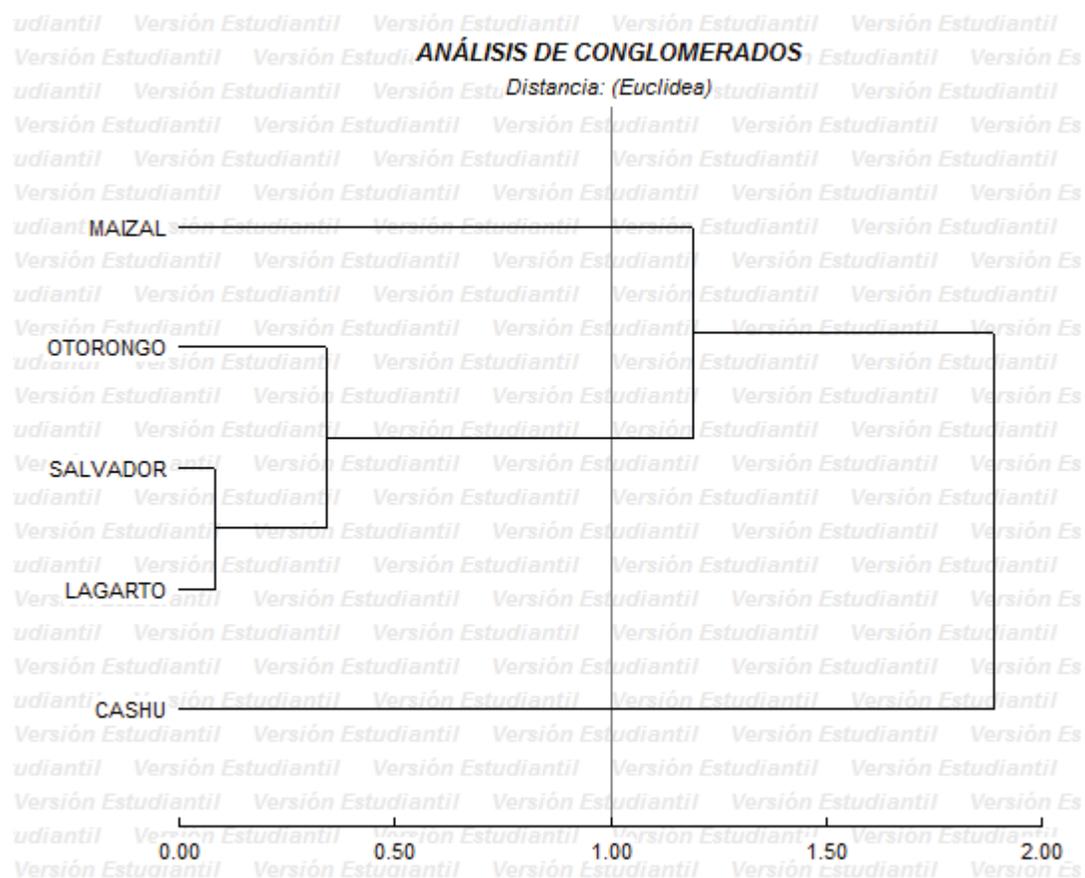
Figura N°33: Representación gráfica de los datos obtenidos.



Fuente: Elaboración propia

La representación gráfica (ANOVA) se puede observar que la Cocha Cashu que es usada como centro de investigación y Cocha Maizal que es usada por la población, presentan una diferencia significativa ($p > 0.05$) para la calificación cuantitativa del índice de calidad de agua.

Figura N°34: Análisis de conglomerados en base a los parámetros estudiados.



Fuente: Elaboración propia

Como se ve en el dendrograma de cluster, los análisis de similaridad indicaron una composición distinta para la cocha Cashu en comparación con las cochas restantes. La época (vacante o creciente) influencia significativamente en la estructura de estos ecosistemas.

CONCLUSIONES

Primera. El índice de Calidad de Agua (ICA) de las 5 cochas evaluadas dentro del Parque Nacional del Manu, muestra que para el año 2015 el ICA es de categoría MEDIA; lo que significa que existe menos diversidad de organismos acuáticos y ha aumentado el crecimiento de las algas. En función al uso del agua, el ICA para el uso recreativo es de calidad ACEPTABLE, para uso en Agricultura es de calidad CONTAMINADA LEVE y para el uso en pesca y vida acuática es de calidad ACEPTABLE.

Segunda. Los análisis físicos, químicos y biológicos de las aguas de las 5 cochas del Parque Nacional del Manu, se encuentran dentro de los rangos establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) D.S N°004-2017-MINAM. Los resultados de los análisis físicos y químicos de los puntos de muestreo de agua para la Categoría 4, que corresponde a Aguas de Conservación del ambiente acuático se encuentran dentro de los rangos permitidos. Los resultados de Coliformes Termotolerantes se encuentran dentro de los rangos permitidos para la categoría 3: Agua para riego de vegetales y para la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, con valores <1000 NMP/100ml.

Tercera. El ICA promedio de las aguas de las cochas estudiadas es de calidad MEDIA, teniendo como valor máximo 69.06 para la cocha Maizal y valor mínimo de 67.51 para la cocha Cashu, siendo estos valores cercanos a la clasificación de calidad BUENA.

RECOMENDACIONES

- Realizar monitoreos estacionales por parte de las autoridades competentes para determinar los cambios de la calidad del agua a través del tiempo.
- Fomentar en la población que vive a lo largo del Rio Manu la educación ambiental para concientizar sobre la importancia que tienen los recursos hídricos en la vida y los ecosistemas.
- Concientizar a las autoridades para que participen activamente en la disminución de los índices de analfabetismo, evaluando a la población para conocer la importancia de la educación; y así evitar la contaminación de las cochas.
- Un muestreo de varios ciclos anuales (vaciente y creciente) daría una mejor visión sobre los cambios de la calidad en estas cochas y el río Manu.

BIBLIOGRAFÍA

- Agency United States Environmental Protection. (28 de Marzo de 2017). *Environmental Measurement US EPA*. Obtenido de http://www.state.in.us/dnr/fishwild/files/Methods_Analysis_Water_Wastes_USEPA_March1983.pdf
- APHA, AWWA, WPCF. (13 de Agosto de 2019). *Standard methods for the examination of water and wastewater, 21sted*. Obtenido de <https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/guia-monitoreo-participativo-calidad-agua-digital.pdf>
- Aranda, C. N. (2004). *Eutrofización y Calidad de agua de una zona costera tropical (tesis doctoral)*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Barba, H. L. (2002). *Conceptos basicos de la contaminación del agua y parámetros de medición (tesis de pregrado)*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_h%C3%ADrica
- Barthem, R., Goulding, M., Forsberg, B., Cañas, C., & Ortega, H. (2003). *Aquatic Ecology of The Rio Madre de Dios - Scientific Bases for Andes- Amazon Headwaters Conservation*. Lima, Perú: Eco News & Gráfica Biblos.
- Brown, R.M., McLelland, N.I., Deininger, R.A. and Tozer, R.G. (1970). *A Water Quality Index – Do we dare?* Obtenido de http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf
- Caho Rodriguez, C. A., & López Barrera, E. A. (13 de Agosto de 2019). *Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>
- Canter, L. W. (1996). *Environmental Impact Assessment*. United States: McGraw-Hill.
- Carbajal, A. A., Gonzales, F. M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/Maelcarmona/biomoleculas-propiedades-de-la-agua-como-disolvente-universal-carbajal-gonzalez2012isbn9788400095727>
- Cervantes, M.; Sánchez, O.; Herzig, M.; Peters, E.; Marquez, R.; Zambrano, L. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México: Escuela de Biología de la Universidad de Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.
- Chapman, D. (1996). *Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Obtenido de <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>
- Dagne, D., Owens, W., & Tchounwou, P. (2005). *Comparative assessment of the physico-chemical and bacteriological qualities of selected streams in Louisiana*. Louisiana.: Int. J. Environ. Res. Public Health. .

- Davis, M. y Cornwell, D. (1998). *Introduction to Environmental Engineering*. Obtenido de http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf
- DIGESA., M. . (2008).
- Ercilio, M. F., Rodríguez, C. S., Cabel N. W., Ortiz S. I., Noriega, T. P., Tejada, G. M. (2005). *Desafíos del derecho humano al agua en el Perú* (Segunda edición ed.). Lima: Centro de investigación y educación popular- Alternativa y centro de asesoría laboral del Perú - CEDAL.
- Fernández, N. y Solano, F. (2008). *Índices de Calidad y Contaminación del Agua*. Pamplona, España: Universidad de Pamplona.
- Gallego, M. (1 de Marzo de 2000). Babab. Turrialba, Costa Rica. Obtenido de Babab: <http://www.babab.com/no01/agua.htm>
- García, Q. T. (2012). *Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile (tesis de pregrado)*. Santiago de Chile: Universidad de Chile facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería civil.
- Gaunt, P., & Barker., S. (2000). *Matrix solid phase dispersion extraction of triazines from catfish tissues; examination of the effects of temperature and dissolved oxygen on the toxicity of atrazine* . International Journal of Environment and Pollution.
- Gómez, R. (2010). *Modelos conceptuales de Funcionamiento de ríos y arroyos*. España: Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia.
- Groenendijk, Tovar, Wust. (2013). *Reporte Manu Pasión por la investigación en la amazonía peruana*. Lima: San Diego Zoo Global Peru.
- Instituto de la Investigación de la Amazonía Peruana IIAP. Plan estratégico 2009-2018. [en línea] consultado en noviembre del 2015.
- Izagirre, O., & Elosegi, A. (2005). *Environmental control of seasonal and inter-annual variations of*. Bilbao: University of the Basque Country.
- Jimenez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México*. México: Limusa.
- Jimeno, E. (1998). *Análisis de Aguas y Desagüe* . Lima, Perú: sUniversidad Nacional de Ingeniería – UNI.
- Johnson, S. H.; Vermillion, D. L.; Sagardoy, J. A. (1995). *Irrigation management transfer: selected papers from the International Conference on Irrigation Management Transfer*. Italia: FAO.
- Kadlec, R., & Knight, R. (1996). *Treatment Wetlands*. Boca Ratón, Florida, EEUU.: CRC.
- Konarki, J. L., & Johnson, J. (2001). *Enterobacteriaceae, coliforms, and Escherichia coli as Quality and Safety Indicators In: Compendium of Methodos for the Microbiological Examination of Foods*. (Cuarta ed.). Washington: American Public Health Association.

- Lampert, W., & Sommer, U. (1997). *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. Oxford University Press Inc. India: Oxford University.
- Latorre, R., Luna, K. 2014. “Índice de Calidad de Agua y Nivel de Metales Pesados del Río Araza, Quispicanchi – Cusco”. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Lennetech. (2006). *Agua residual y purificación del aire*. Holanda: Holding B. V. Rotterdamseweg.
- León, L. (2003). *Índice de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Linares, A., Sarmiento, L. 2003. “Índice de Calidad de Aguas del río Huaran en la microcuenca de Canchacancha- Calca”. Seminario de Investigación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Maco, J. (2006). *Tipos de Ambientes Acuáticos de la Amazonía Peruana*. Folia Amazónica: Instituto de investigaciones de la amazonía peruana - IIAP.
- Malpartida, M., Quispe, R. 2003. “Índice de Calidad de Agua de los principales medios lóticos en el Santuario Histórico de Machupicchu”. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Martel, A. B. (2004). Aspectos Físicoquímicos de la Calidad de Agua. En C. P. (CEPIS/OPS), *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría* (pág. 3). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente .
- MINAM. (2015). Aprueban los estándares de nacionales de calidad ambiental para el agua. *El Peruano*, 569076. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf>
- MINAM. (2017). *Aprueban los estándares de nacionales de calidad ambiental para el agua*. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>
- Mitchell, M. S. (1991). *Manual de Campo*. Estados Unidos: Proyecto del Río NET México.
- Montalvan, G. y Mogollon, V. 2010. “Hidrobiología Fitoplancton, Zooplancton, Perifitos y peces”. Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias alimentarias. Universidad Nacional Federico Villareal.
- NFS. (27 de December de 2005). *Boulder Area Sustainability Information Network Text Imag*. Obtenido de National Sanitation Foundation Water Quality Index: http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf.html

- Ollero, A. (2007). *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes*. Bilbao: Bakeaz y Fundación Nueva Cultura del Agua.
- OMS. (1995). *Guías OMS para la calidad del agua de bebida*. Publicación científica.
- Ortega, H. (1996). Ictiofauna del Parque Nacional del Manu, Perú. En S. A. Wilson Don, *Manu la biodiversidad del sureste del Perú* (págs. 453-460). Lima: Smithsonian Institution.
- Ortega, H., Rengifo, B., Samanez, I., & Palma, C. (Julio de 2007). Diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el nororiente del Perú. (I. 1. 9933, Ed.) *Revista Peruana de Biología*, 185-194. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000100006
- Ott, W. (1978). *Enviromental Indices, Theory And Practice*. Michigan: AA Science, Ann Arbor.
- Owen, J. D. (26 de julio de 2016). *Contaminación de aguas*. Obtenido de Medio Ambiente: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7mqw_q7_S8IJ:www2.medioambiente.gov.ar/sian/chubut/trabajos/contagua.htm+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
- Palma, L., Ruiz, G., Castillo, A., Chalco, M., Oroz, A., Austermüller, S., & Velarde, L. (s.f.). *Plan de Uso Turístico del Parque Nacional del Manu*. Obtenido de http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/publicaciones/PN_MANU/PUT%20PN%20Manu.pdf
- (2013-2018). *Plan Maestro Diagnóstico del Parque Nacional del Manu*. Lima: SERNANP Perú.
- (2003-2007). *Plan Maestro Parque Nacional del Manu*. Cusco: Instituto Nacional de Recursos Naturales .
- Plataroti, M. C, y Patiño, P. "Caracterización de la calidad de agua de una sección del río Lujan: Efectos sobre el fitoplanctina", Tesis, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- PREQB. (2004). *Puerto Rico Water Quality Inventory and List of Impaired Waters*. Obtenido de http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf
- Prescott, L. H. (1999). *Microbiology*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Primavesi, O.; Ribeiro de Freitas, A.; Primavesi, A.; Torres de Oliveira,H. . (2002). *Water quality of the Canchims Creek watershed in São Carlos, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities*. . Brazil: Arch. Biol. Technol.
- Ramírez, A., Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana Aportes a su Conocimiento y Estadística de Análisis*. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá: Jorge Tadeo Lozano.
- Ramirez, O. (2010). *Problemática y estudio del ambiente*.

- Red interamericana de academias de ciencias. (13 de Agosto de 2019). *Calidad de aguas en las americas riesgos y oportunidades*. Obtenido de <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>
- Rodríguez, R. (1995). *Humedal: Sistema de tratamiento de aguas residuales*. . San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Colombia: Universidad de Antioquía.
- Sabater, S., & Elosegí, A. (10 de Octubre de 2009). *Conceptos y Tecnicas en Ecología fluvial*. Obtenido de http://www.fbbva.es/TLFU/microsites/ecologia_fluvial/pdf/cap_02.pdf
- Sans, R. (1999). *Ingeniería Ambiental, Contaminación y Tratamiento*. España: Alfa omega.
- Schenck, C. (1999). “Lobo de Río”, *Pteronura brasiliensis*, Presencia, Uso del Hábitat y Protección en el Perú. Spanish Translation of German PhD Dissertation: Vorkommen, Habitatnutzung und Schutz des Riese notters (*Pteronura brasiliensis*) in Perú (1996), Munich.
- SENAMHI. (2018). *SENAMHI*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Silva, L. 2010. “Evaluación de los cuerpos lénticos del Parque Nacional del Manu”. Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
- Tebbutt, T. (1994). *Fundamentos de Control de la Calidad de Agua*. México: Ed. Limusa.
- Torres, P., Cruz, C. y Patiño, P. (2009). Indices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*, 79-94.
- Torres, V. F. (2009). *Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico (tesis magistral)*. Obtenido de http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf
- USDA. (1999). *A procedure to estimate the response of aquatic systems to changes in phosphorus and nitrogen inputs*. U.S. . Washington DC, EEUU. : Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- Vaquero, M. P., & Toxqui, L. (2012). *Agua para la salud. Pasado, presente y futuro*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/Maelcarmona/biomoleculas-propiedades-de-la-agua-como-disolvente-universal-carbajal-gonzalez2012isbn9788400095727>

ANEXOS

ANEXO I

TABLA DE CONVERSIÓN, FACTOR Q DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA

Ejemplo de los cálculos para el Índice de Calidad de Agua de una estación de muestreo, y factor de conversión del ICA.

I_j: Lectura de los gráficos para cada parámetro

W_j: Valor de importancia para cada parámetro

IW: Producto del valor de importancia por la lectura de cada parámetro.

1. Cocha Lagarto – M1

VARIABLE	I _j	W _j	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	99	0.17	16.83
Coliformes termotolerantes	39	0.15	5.85
PH	88	0.12	10.56
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO)	47	0.10	4.7
Nitratos	83	0.10	8.3
Fosfatos	40	0.10	4
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	95	0.08	7.6
Sólidos Totales (STD)	83	0.08	6.64
TOTAL			68.48

2. Cocha Lagarto – M2

VARIABLE	I _j	W _j	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	99	0.17	16.83
Coliformes termotolerantes	38	0.15	5.7
PH	87	0.12	10.44
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	40	0.10	4
Fosfatos	84	0.10	8.4
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	95	0.08	7.6
Sólidos Totales (STD)	84	0.08	6.72
TOTAL			68.49

3. Cocha Lagarto – M3

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	98	0.17	16.66
Coliformes termotolerantes	38	0.15	5.7
PH	88	0.12	10.56
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO)	47	0.10	4.7
Nitratos	38	0.10	3.8
Fosfatos	84	0.10	8.4
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	95	0.08	7.6
Sólidos Totales (STD)	83	0.08	6.64
TOTAL			68.06

4. Cocha Otorongo – M4

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	99	0.17	16.83
Coliformes termotolerantes	40	0.15	6
PH	85	0.12	10.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	38	0.10	3.8
Fosfatos	83	0.10	8.3
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	99	0.08	7.92
Sólidos Totales (STD)	83	0.08	6.64
TOTAL			68.49

5. Cocha Otorongo – M5

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	98	0.17	16.66
Coliformes termotolerantes	35	0.15	5.25
PH	87	0.12	10.44
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	83	0.10	8.3
Fosfatos	39	0.10	3.9
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	98	0.08	7.84
Sólidos Totales (STD)	85	0.08	6.8
TOTAL			67.99

6. Cocha Otorongo – M6

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	96	0.17	16.32
Coliformes termotolerantes	40	0.15	6
PH	87	0.12	10.44
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	83	0.10	8.3
Fosfatos	38	0.10	3.8
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	99	0.08	7.92
Sólidos Totales (STD)	82	0.08	6.56
TOTAL			68.14

7. Cocha Salvador – M7

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	98	0.17	16.66
Coliformes termotolerantes	39	0.15	5.85
PH	87	0.12	10.44
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	84	0.10	8.4
Fosfatos	41	0.10	4.1
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	98	0.08	7.84
Sólidos Totales (STD)	84	0.08	6.72
TOTAL			68.81

8. Cocha Salvador – M8

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	99	0.17	16.83
Coliformes termotolerantes	39	0.15	5.85
PH	86	0.12	10.32
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	75	0.10	7.5
Fosfatos	40	0.10	4
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	98	0.08	7.84
Sólidos Totales (STD)	84	0.08	6.72
TOTAL			67.86

9. Cocha Salvador – M9

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	97	0.17	16.49
Coliformes termotolerantes	38	0.15	5.7
PH	88	0.12	10.56
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	84	0.10	8.4
Fosfatos	40	0.10	4
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	95	0.08	7.6
Sólidos Totales (STD)	84	0.08	6.72
TOTAL			68.27

10. Cocha Maizal – M10

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	99	0.17	16.83
Coliformes termotolerantes	39	0.15	5.85
PH	88	0.12	10.56
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	84	0.10	8.4
Fosfatos	39	0.10	3.9
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	99	0.08	7.92
Sólidos Totales (STD)	85	0.08	6.8
TOTAL			69.06

11. Cocha Maizal – M11

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	99	0.17	16.83
Coliformes termotolerantes	38	0.15	5.7
PH	88	0.12	10.56
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	47	0.10	4.7
Nitratos	83	0.10	8.3
Fosfatos	40	0.10	4
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	95	0.08	7.6
Sólidos Totales (STD)	85	0.08	6.8
TOTAL			68.49

12. Cocha Maizal – M12

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	98	0.17	16.66
Coliformes termotolerantes	40	0.15	6
PH	86	0.12	10.32
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	84	0.10	8.4
Fosfatos	40	0.10	4
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	95	0.08	7.6
Sólidos Totales (STD)	85	0.08	6.8
TOTAL			68.58

13. Cocha Cashu – M13

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	95	0.17	16.15
Coliformes termotolerantes	38	0.15	5.7
PH	91	0.12	10.92
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	47	0.10	4.7
Nitratos	83	0.10	8.3
Fosfatos	35	0.10	3.5
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	95	0.08	7.6
Sólidos Totales (STD)	85	0.08	6.8
TOTAL			67.67

14. Cocha Cashu – M14

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	94	0.17	15.98
Coliformes termotolerantes	39	0.15	5.85
PH	91	0.12	10.92
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	83	0.10	8.3
Fosfatos	35	0.10	3.5
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	98	0.08	7.84
Sólidos Totales (STD)	85	0.08	6.8
TOTAL			67.99

15. Cocha Cashu – M15

VARIABLE	lj	Wj	IW
Oxígeno Disuelto (OD)	90	0.17	15.3
Coliformes termotolerantes	39	0.15	5.85
PH	91	0.12	10.92
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	48	0.10	4.8
Nitratos	84	0.10	8.4
Fosfatos	36	0.10	3.6
ΔT	40	0.10	4
Turbidez	98	0.08	7.84
Sólidos Totales (STD)	85	0.08	6.8
TOTAL			67.51

ANEXO II

Gráficos Estándares del Índice de Calidad (Fuente: Mark Mitchell, William Stapp, 1986 – Field Manual for Water Quality Monitoring)

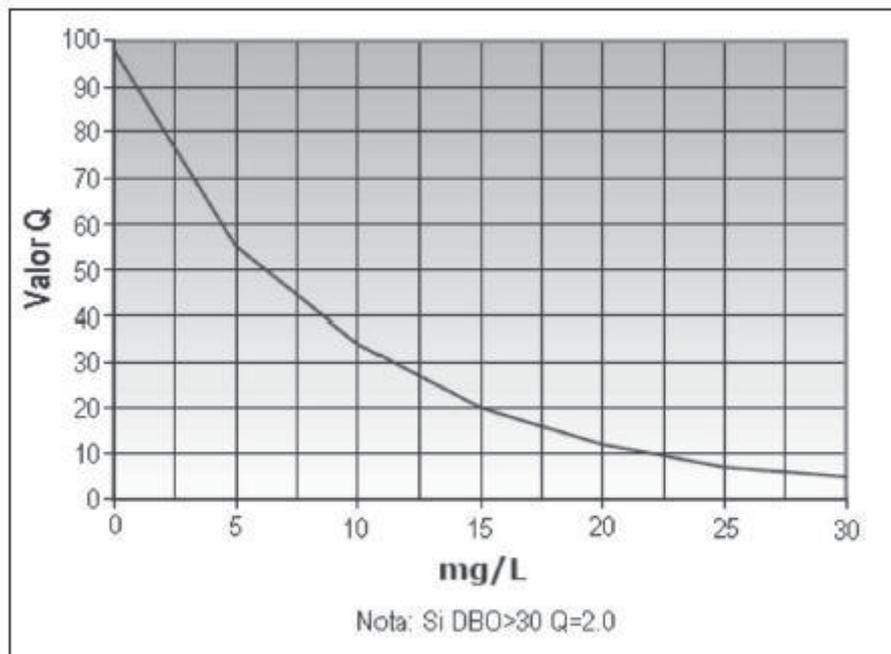


Gráfico 1. Curva de calidad de DBO

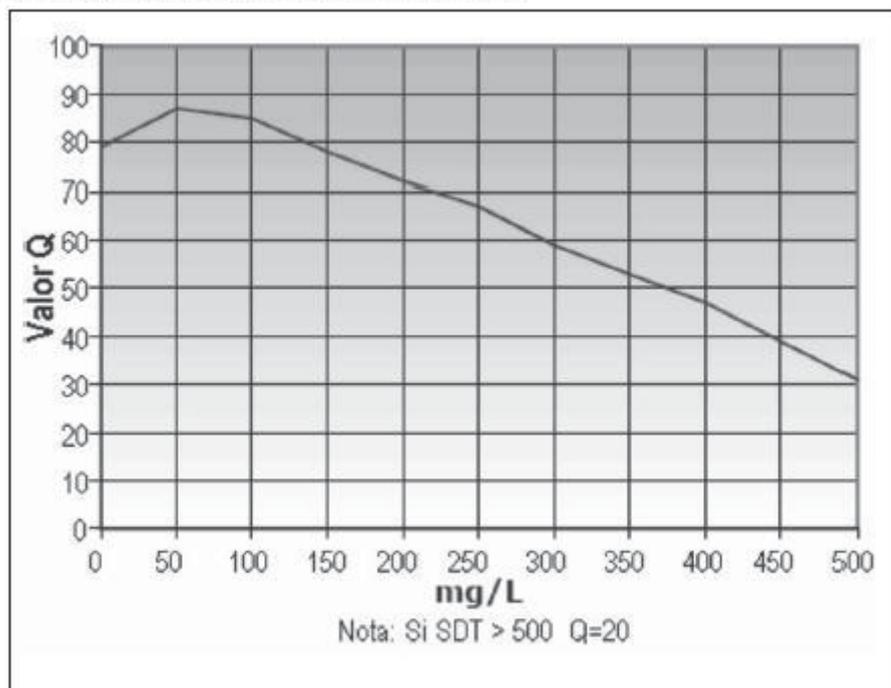


Gráfico 2. Curva de calidad de SDT

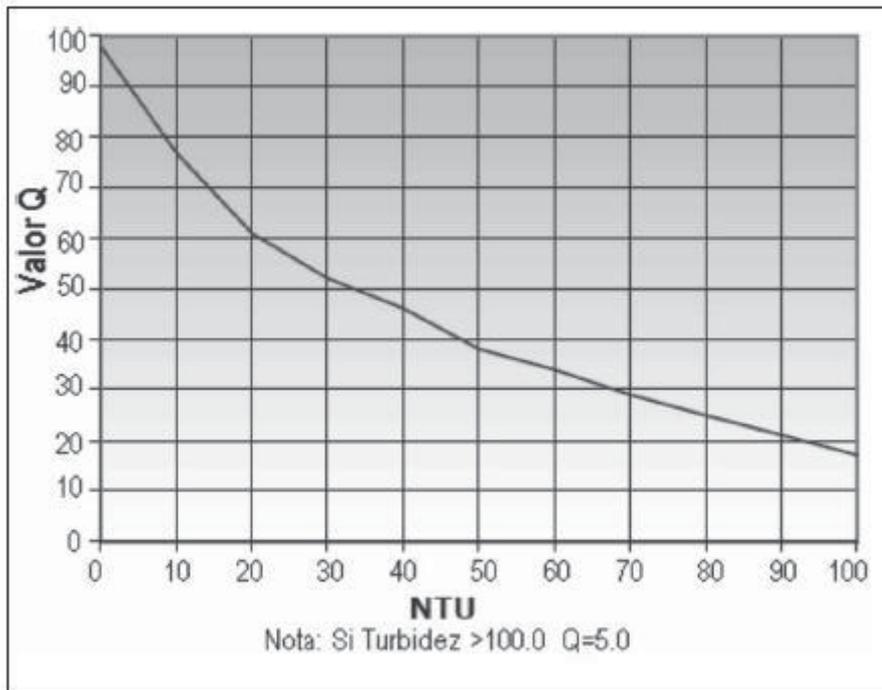


Gráfico 3. Curva de calidad de turbidez

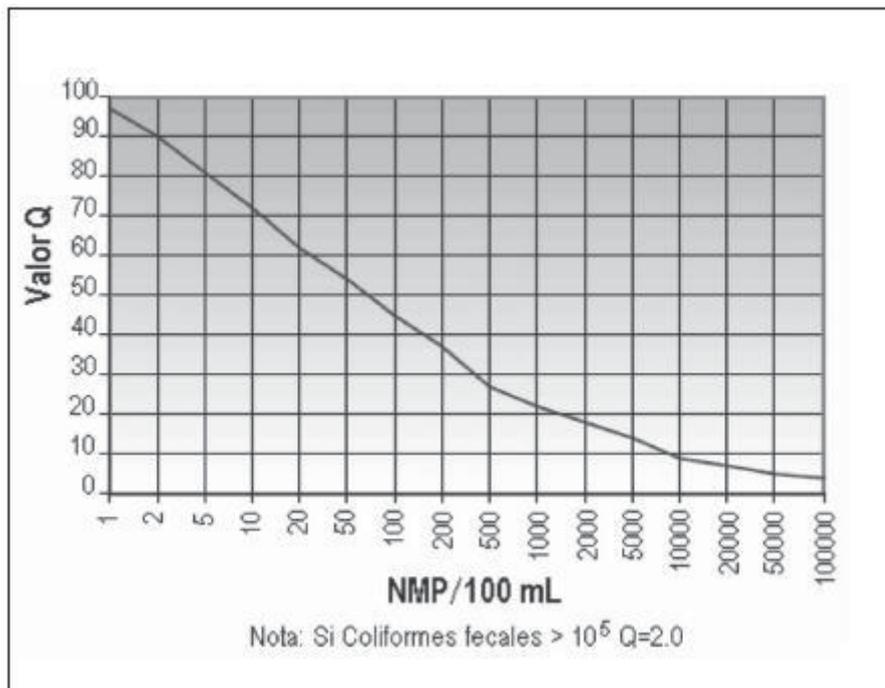


Gráfico 4. Curva de calidad de coliformes termotolerantes

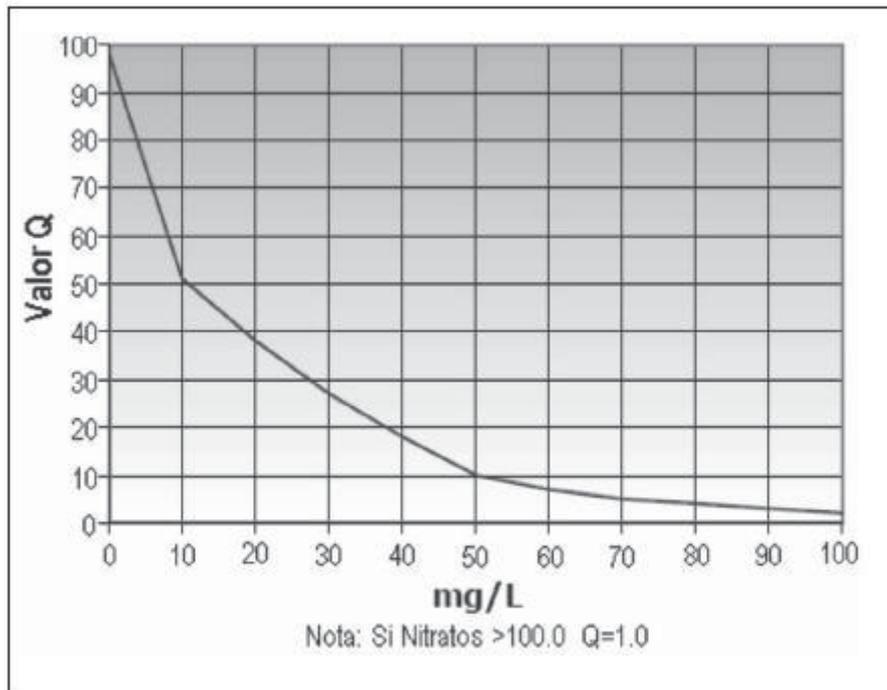


Gráfico 5. Curva de calidad de nitratos

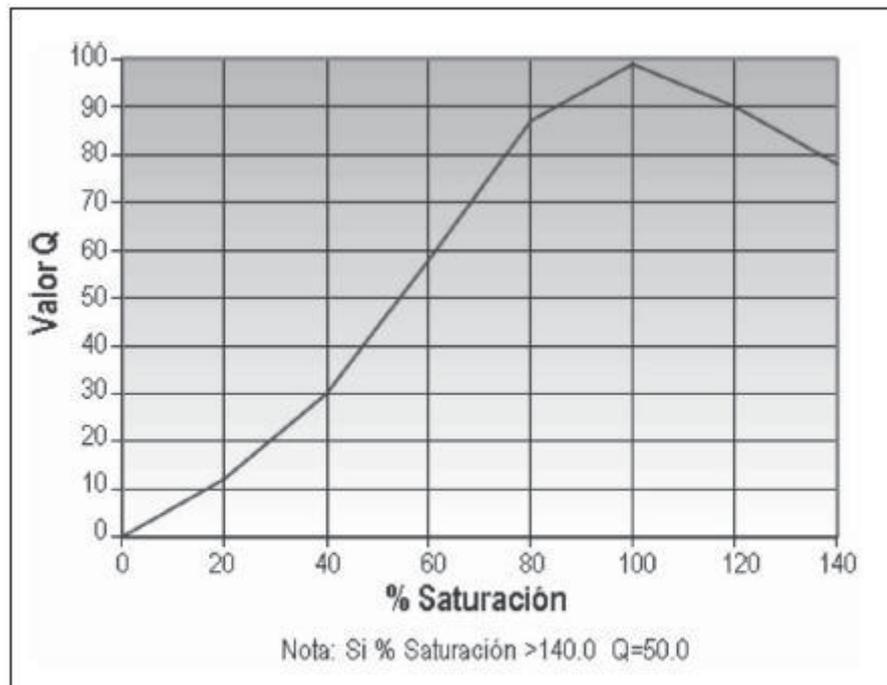


Gráfico 6. Curva de calidad de % OD

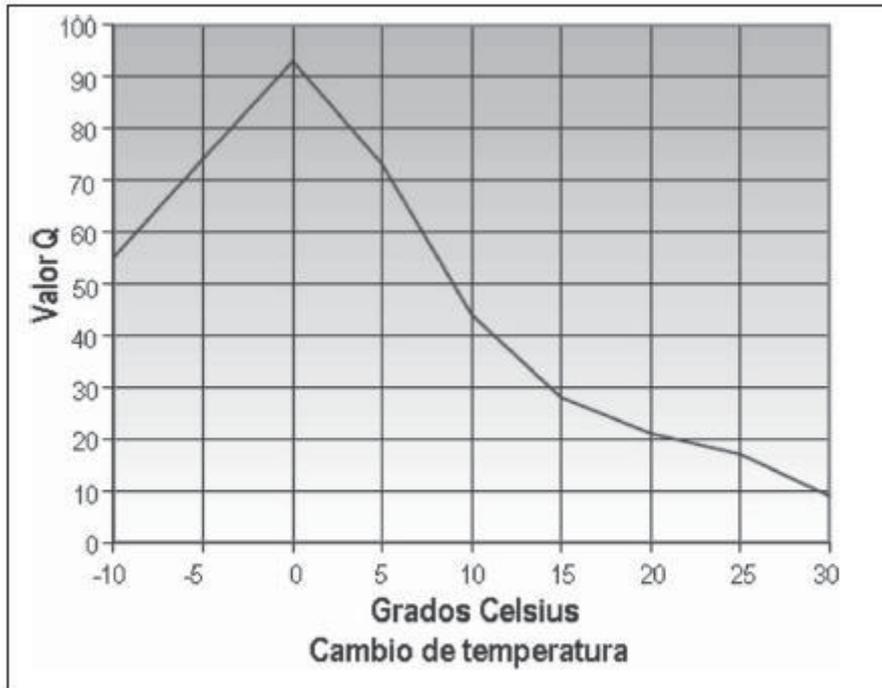


Grafico 7. Curva de calidad de pH

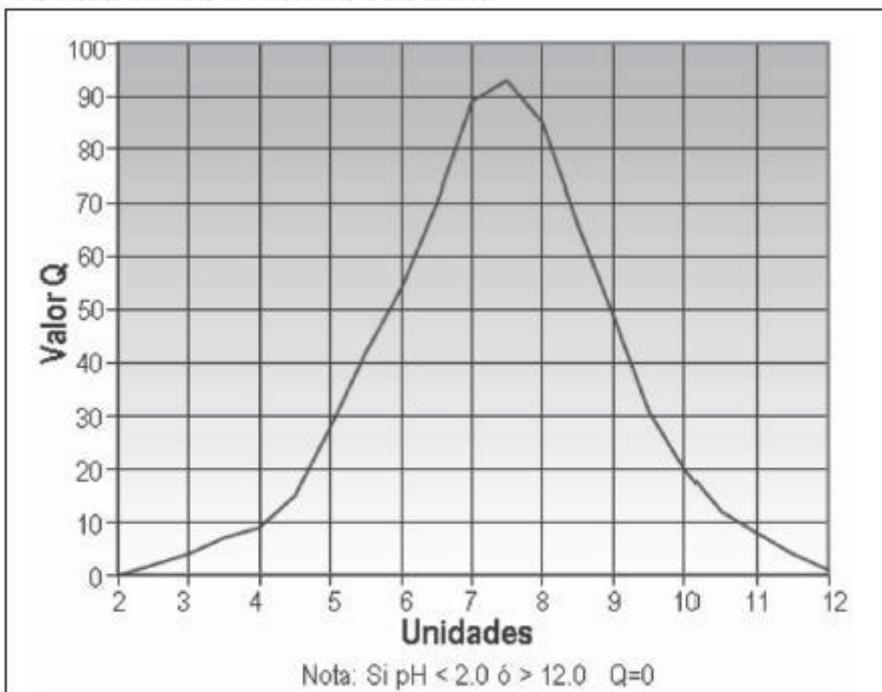


Grafico 8. Curva de calidad de temperatura

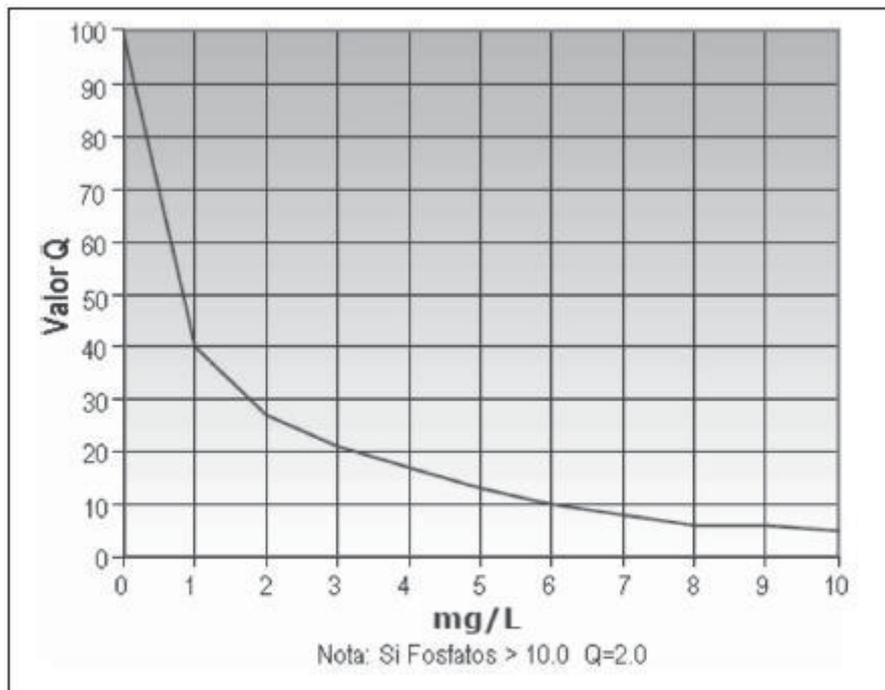


Grafico 9. Curva de calidad de fosfatos

ANEXO III

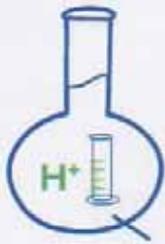
Comparación de los resultados con los Estándares de Calidad de Agua, Categoría 4 (MINAM , 2017)

PARÁMETRO	UNIDAD	COCHAS					ECA: CAT4
		LAGARTO	OTORONGO	SALVADOR	MAIZAL	CASHU	E1:LAGUNAS Y RÍOS
Conductividad	Us/cm	120	153.33	136.67	130	183.33	1000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	6.67	6	6	6.33	6.33	5
Nitratos	mg/L	3.67	3	4.33	3.67	3.33	13
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	7.37	7.5	7.53	7.13	8.06	≥5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.87	6.8	6.77	6.77	7.1	6,5 a 9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	30.33	10	20.67	20.33	25.33	≤25
Temperatura	°C	Δ5	Δ5	Δ5	Δ5	Δ5	Δ3
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	116.66	116.66	113.33	110	113.33	1000
Turbidez	UNT	2	1.24	1.84	1.84	1.8	-
Fosfatos	mg/L	1.1	1.2	1	1	1.5	-
Alcalinidad	mg/L	80.33	93	93.33	93.33	129	-
Alcalinidad a la fenoftaleína	mg/L	9	9	9	9	9	-
Dureza total	mg/L	86.67	110	105	96.33	143.33	-
Calcio	mg/L	73.33	88	86.67	82.67	118.33	-
Cloruros	mg/L	10	8.67	10	9.33	11.67	-
Magnesio	mg/L	13.33	17.33	18.33	13.67	25	-
DQO	mg/L	23.33	20.67	20.67	21	23.67	-

Fuente: (MINAM , 2017)

ANEXO IV

**Resultados del Análisis de Agua por el Laboratorio MC – QUIMICA
LAB**



MC QUIMICALAB

De: Ing. Mario Cumpa Cayuri

LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES:
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

RUC N° 10238409077 - COVIDUC A4 (SAN SEBASTIAN) CEL: 974673993 - 946887776

INFORME N°LQ 002-16 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

SOLICITA : Yahaira Daniela Aréstegui Alegria
TESISTA DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

MUESTRAS : AGUAS DEL PARQUE NACIONAL DEL MANU

PROVINCIA : MANU

REGION : MADRE DE DIOS

FECHA : 15-10-2015

N°	DESCRIPCIÓN
M1	Lagarto A
M2	Lagarto B
M3	Lagarto C

N°	DESCRIPCIÓN
M4	Otorongo A
M5	Otorongo B
M6	Otorongo C

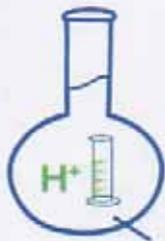
N°	DESCRIPCIÓN
M7	Salvador A
M8	Salvador B
M9	Salvador C

N°	DESCRIPCIÓN
M10	Maizal A
M11	Maizal B
M12	Maizal C

N°	DESCRIPCIÓN
M13	Cashu A
M14	Cashu B
M15	Cashu C

MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 18198

MC QUIMICA LAB CUSCO
Lic. Maria L. Gutierrez Holgado
ADMINISTRADORA



MC QUIMICALAB

De: Ing. Mario Cumpa Cayuri

LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES:
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

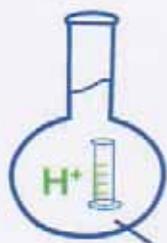
RUC N° 10238409077 - COVIDUC A4 (SAN SEBASTIAN) CEL: 974673993 - 946887776

RESULTADOS:

DETERMINACIONES	UNIDAD	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
Conductividad eléctrica	µs/cm	130	110	120	160	130	170	
pH		6.9	6.8	6.9	6.8	6.8	6.8	
Dureza total	CaCO ₃	mg/L	90	80	90	110	120	
Calcio	CaCO ₃	mg/L	80	70	70	90	84	90
Magnesio	CaCO ₃	mg/L	10	10	20	15	12	25
Alcalinidad	CaCO ₃	mg/L	83	75	83	96	85	98
Acidez (fenoftaleína)	CO ₂	mg/L	9	9	9	9	9	9
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	10	10	10	10	8	8
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	7	6	6	13	12	18
Fosfatos	HPO ₄ ²⁻	mg/L	1.0	1.0	1.2	1.2	1.1	1.2
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/L	3	4	4	3	3	3
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/L	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sólidos en suspensión		mg/L	30	31	30	10	10	10
Sólidos disueltos		mg/L	85	80	85	105	100	110
Turbidez		mg/L	2	2	2	1	1.7	1
Oxígeno Disuelto		mg/L	7.5	7.2	7.4	7.4	7.2	7.9
Demanda Bioquímica de Oxígeno		mg/L	7	6	7	6	6.0	6
Demanda Química de Oxígeno		mg/L	24	22	24	22	20	20
ΔT	°C	5	5	5	5	5	5	
Calor	UC	3	2	3	2	2	2	
Saturación O ₂	%	102.7	101.35	104.16	98.82	97.4	106.87	
Temperatura	°C	30	31	31	28	29	29	
Sólidos totales	mg/L	115	111	115	115	110	120	

MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16188

MC QUIMICA LAB CUSCO
Lic. Maria L. Gutierrez Holgado
ADMINISTRADORA



MC QUIMICALAB

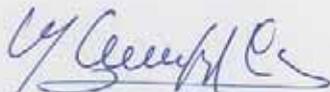
De: Ing. Mario Cumpa Cayuri

LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES:
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

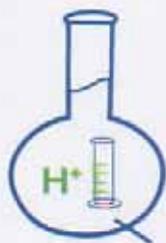
RUC N° 10238409077 - COVIDUC A4 (SAN SEBASTIAN) CEL: 974673993 - 946887776

RESULTADOS:

DETERMINACIONES	UNIDAD	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Conductividad eléctrica	$\mu\text{s/cm}$	140	130	140	130	130	130
pH		6.8	6.7	6.8	6.8	6.8	6.7
Dureza total	CaCO_3	110	100	105	95	97	97
Calcio	CaCO_3	90	85	85	82	83	83
Magnesio	CaCO_3	20	15	20	13	14	14
Alcalinidad	CaCO_3	100	90	90	93	94	93
Acidez (fenoftaleína)	CO_2	9	9	9	9	9	9
Cloruros	Cl^-	10	10	10	8	10	10
Sulfatos	SO_4^{2-}	10	10	12	13	13	11
Fosfatos	HPO_4^{2-}	0.9	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0
Nitratos	NO_3^-	4	5	4	4	3	4
Nitritos	NO_2^-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sólidos en suspensión	mg/L	20	21	21	20	20	21
Sólidos disueltos	mg/L	92	90	92	87	85	85
Turbidez	mg/L	1.7	1.8	2	1.5	2	2
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.5	7.6	7.5	7.2	7.2	7.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	6	6	6	6	7	6
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	20	21	21	20	22	21
ΔT	$^\circ\text{C}$	5	5	5	5	5	5
Calor	UC	3	3	3	4	3	3
Saturación O_2	%	105.57	102.81	107.02	98.68	98.62	98.5
Temperatura	$^\circ\text{C}$	31	29	32	30	30	31
Sólidos totales	mg/L	112	111	113	107	105	106


MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16188


MC QUIMICALAB CUSCO
Lic. Maria L. Gutierrez Holgado
ADMINISTRADORA



MC QUIMICALAB

De: Ing. Mario Cumpa Cayuri

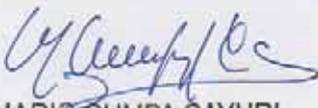
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES:
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

RUC N° 10238409077 - COVIDUC A4 (SAN SEBASTIAN) CEL: 974673993 - 946887776

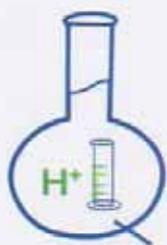
RESULTADOS:

DETERMINACIONES	UNIDAD	M13	M14	M15	
Conductividad eléctrica	µs/cm	180	190	180	
pH		7.1	7.1	7.1	
Dureza total	CaCO ₃	mg/L	140	150	140
Calcio	CaCO ₃	mg/L	115	125	115
Magnesio	CaCO ₃	mg/L	25	25	25
Alcalinidad	CaCO ₃	mg/L	129	129	129
Acidez (fenoftaleína)	CO ₂	mg/L	9	9	9
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	10	15	10
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	11	16	11
Fosfatos	HPO ₄ ²⁻	mg/L	1.5	1.5	1.4
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/L	3	3	4
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/L	0.0	0.0	0.0
Sólidos en suspensión	mg/L	25	26	25	
Sólidos disueltos	mg/L	120	130	125	
Turbidez	mg/L	2	1.7	1.7	
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.1	8.0	8.1	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	7	6	6	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	24	23	24	
ΔT	°C	5	5	5	
Calor	UC	3	3	3	
Saturación O ₂	%	11.01	112.61	118.3	
Temperatura	°C	30	31	34	
Sólidos totales	mg/L	145	156	150	

METODO DE ANALISIS: Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).


MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16188


MC QUIMICA LAB CUSCO
Lic. Maria L. Gutierrez Holgado
ADMINISTRADORA



MC QUIMICALAB

De: Ing. Mario Cumpa Cayuri

LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES:
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

RUC N° 10238409077 - COVIDUC A4 (SAN SEBASTIAN) CEL: 974673993 - 946887776

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

SOLICITA : Yahaira Daniela Aréstegui Alegría
MUESTRAS : AGUAS DEL PARQUE NACIONAL DEL MANU
REGIÓN : MADRE DE DIOS
FECHA : 15-10-2015

N°	DESCRIPCIÓN
M1	Lagarto A
M2	Lagarto B
M3	Lagarto C

N°	DESCRIPCIÓN
M4	Otorongo A
M5	Otorongo B
M6	Otorongo C

N°	DESCRIPCIÓN
M7	Salvador A
M8	Salvador B
M9	Salvador C

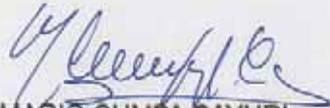
N°	DESCRIPCIÓN
M10	Maizal A
M11	Maizal B
M12	Maizal C

N°	DESCRIPCIÓN
M13	Cashu A
M14	Cashu B
M15	Cashu C

DETERMINACION	UNIDAD	M1	M2	M3	M4	M5
Coliformes Termotolerantes	NMP	110	120	120	100	150
Coliformes Totales	NMP	110	120	120	100	150

DETERMINACION	UNIDAD	M1	M2	M3	M4	M5
Coliformes Termotolerantes	NMP	100	110	110	120	110
Coliformes Totales	NMP	100	110	110	120	110

DETERMINACION	UNIDAD	M1	M2	M3	M4	M5
Coliformes Termotolerantes	NMP	120	100	120	110	110
Coliformes Totales	NMP	120	100	120	110	110


MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 16188


MC QUIMICALAB CUSCO
Lic. Maria L. Gutierrez Holgado
ADMINISTRADORA

ANEXO V

TABLA DE NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP)

TABLA 9221: IV. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR VARIOUS COMBINATION OF POSITIVE RESULT WHEN FIVE TUBES ARE USED PER DILUTION

Combinación de tubos positivos			NMP/100mL	Límites de 95% de confianza		Combinación de tubos positivos			NMP/100mL	Límites de 95% de confianza	
				Inferior	Superior					Inferior	Superior
0	0	0	< 1.8	-	6.8	4	0	3	25	9.8	70
0	0	1	1.8	0.090	6.8	4	1	0	17	6.0	40
0	1	0	1.8	0.090	6.9	4	1	1	21	6.8	42
0	1	1	3.6	0.70	10	4	1	2	26	9.8	70
0	2	0	3.7	0.70	10	4	1	3	31	10	70
0	2	1	5.5	1.8	15	4	2	0	22	6.8	50
0	3	0	5.6	1.8	15	4	2	1	26	9.8	70
1	0	0	2.0	0.10	10	4	2	2	32	10	70
1	0	1	4.0	0.70	10	4	2	3	38	14	100
1	0	2	6.0	1.8	15	4	3	0	27	9.9	70
1	1	0	4.0	0.71	12	4	3	1	33	10	70
1	1	1	6.1	1.8	15	4	3	2	39	14	100
1	1	2	8.1	3.4	22	4	4	0	34	14	100
1	2	0	6.1	1.8	15	4	4	1	40	14	100
1	2	1	8.2	3.4	22	4	4	2	47	15	120
1	3	0	8.3	3.4	22	4	5	0	41	14	100
1	3	1	10	3.5	22	4	5	1	48	15	120
1	4	0	10	3.5	22	5	0	0	23	6.8	70
2	0	0	4.5	0.79	15	5	0	1	31	10	70
2	0	1	6.8	1.8	15	5	0	2	43	14	100
2	0	2	9.1	3.4	22	5	0	3	58	22	150
2	1	0	6.8	1.8	17	5	1	0	33	10	100
2	1	1	9.2	3.4	22	5	1	1	46	14	120
2	1	2	12	4.1	26	5	1	2	63	22	150
2	2	0	9.3	3.4	22	5	1	3	84	34	220
2	2	1	12	4.1	26	5	2	0	49	15	150
2	2	2	14	5.9	36	5	2	1	70	22	170
2	3	0	12	4.1	26	5	2	2	94	34	230
2	3	1	14	5.9	36	5	2	3	120	36	250
2	4	0	15	5.9	36	5	2	4	150	58	400
3	0	0	7.8	2.1	22	5	3	0	79	22	220
3	0	1	11	3.5	23	5	3	1	110	34	250
3	0	2	13	5.6	35	5	3	2	140	52	400
3	1	0	11	3.5	26	5	3	3	170	70	400
3	1	1	14	5.6	36	5	3	4	210	70	400
3	1	2	17	6.0	36	5	4	0	130	36	400
3	2	0	14	5.7	36	5	4	1	170	58	400
3	2	1	17	6.8	40	5	4	2	220	70	440
3	2	2	20	6.8	40	5	4	3	280	100	710
3	3	0	17	6.8	40	5	4	4	350	100	710
3	3	1	21	6.8	40	5	4	5	430	150	1100
3	3	2	24	9.8	70	5	5	0	240	70	710
3	4	0	21	6.8	40	5	5	1	350	100	1100
3	4	1	24	9.8	70	5	5	2	540	150	1700
3	5	0	25	9.8	70	5	5	3	920	220	2600
4	0	0	13	4.1	35	5	5	4	1600	400	4600
4	0	1	17	5.9	36	5	5	5	> 1600	700	-
4	0	2	21	6.8	40						

Fuente: STANDARD METHODS 9221 B. STANDARD TOTAL COLIFORM FERMENTATION TECHNIQUE , JUNE 2003

PANEL FOTOGRÁFICO

Foto 01. Preparación de materiales y reactivos antes de realizar el viaje y tomar las muestras.

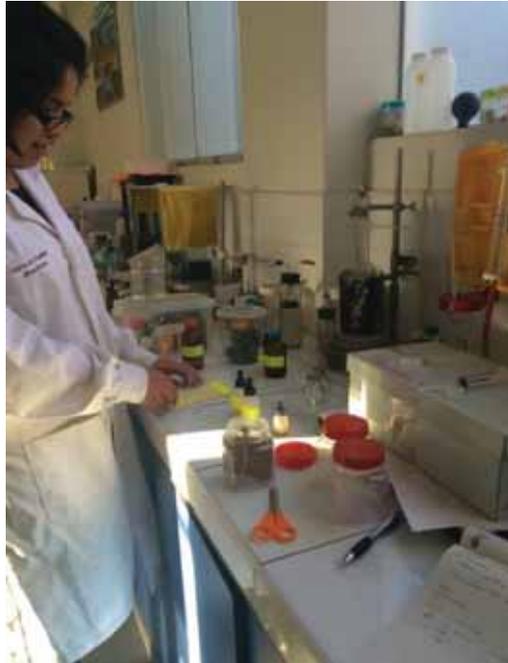


Foto 02. Toma de muestra en la cocha Salvador.



Foto 03 y Foto 04. Rotulación y almacenamiento de las muestras en la estación evaluada.



Foto 05 y Foto 06. Determinación de los parámetros en situ, mediante el uso del Multiparámetro HANNA HI 9828.



Foto 07. Estación de muestreo – Cocha Lagarto



Foto 08. Estación de muestreo – Cocha Otorongo



Foto 09. Estación de muestreo – Cocha Salvador

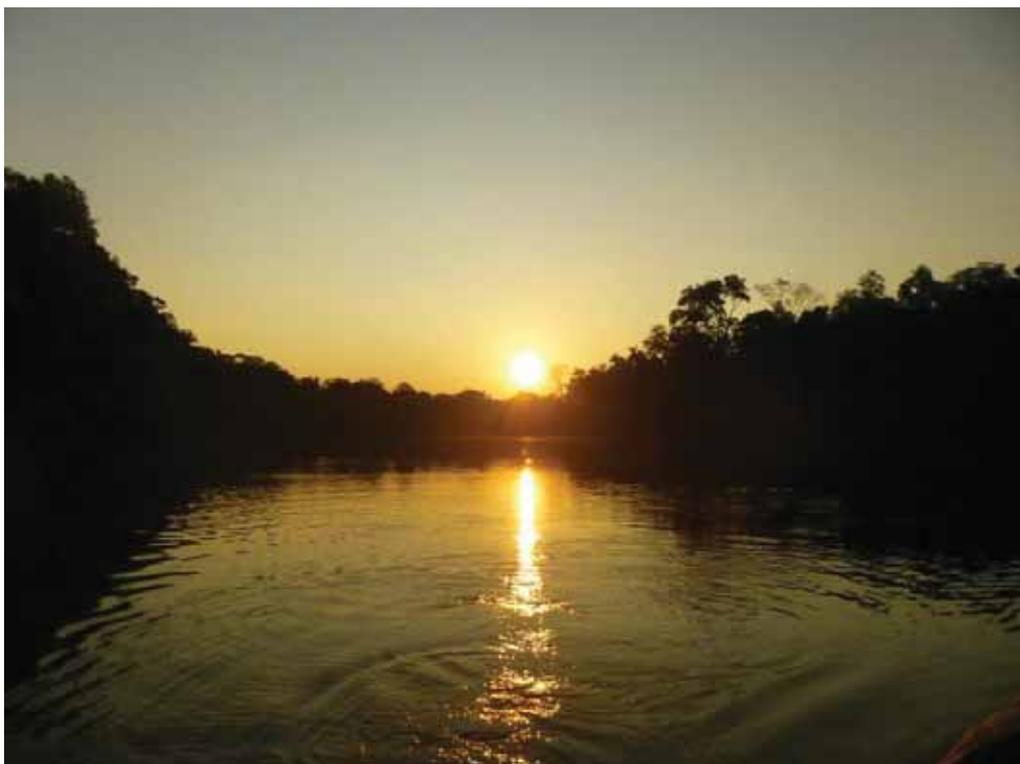


Foto 10. Estación de muestreo - Cocha Cashu



Foto 11. Estación de muestreo - Cocha Maizal



Foto 12. Lobo de río (*Pteronura brasiliensis*) en la Cocha Salvador.

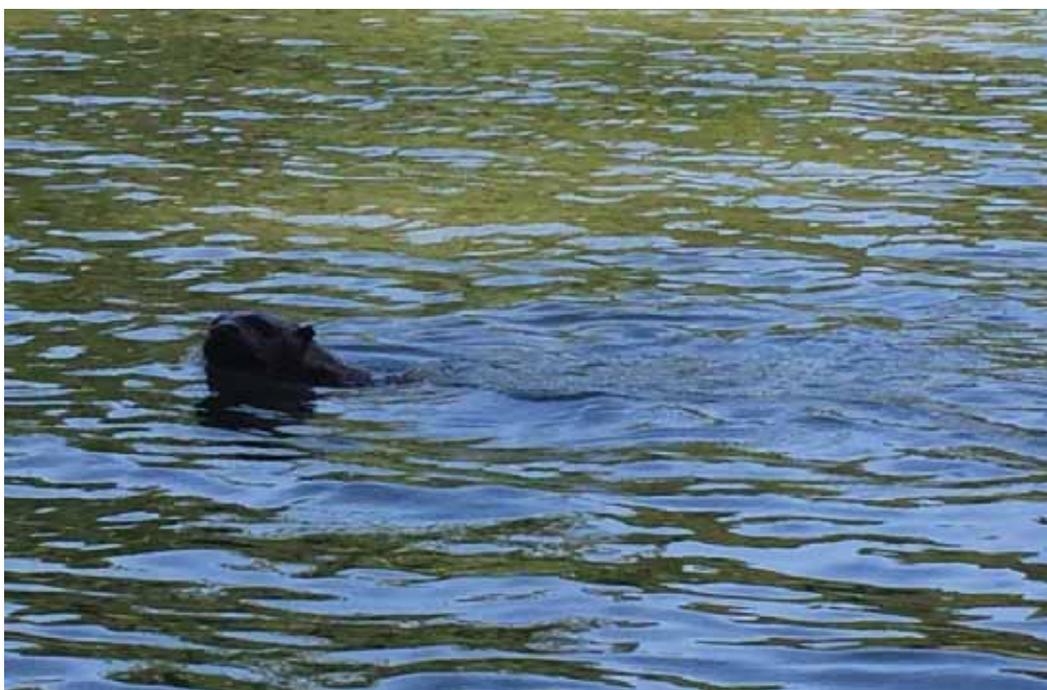


Foto 13. Vegetación de la zona en estudio.



Foto 14 y Foto 15. Procesamiento de las muestras en laboratorio



Foto 16 y Foto 17. Determinación de los parámetros en laboratorio



Foto18. Determinación de los parámetros en laboratorio



Foto 19. Titulación de las muestras.





Dr. EFRAIN MOLLEPAZA ARISPE
PRIMER REPLICANTE
PRESIDENTE DEL JURADO



Bgo. EDILBERTO VELARDE DURAN
SEGUNDO REPLICANTE



Dra. GRETA MARGOT PAIVA PRADO
PRIMER DICTAMINANTE



Dra. HELDY YIYI ESPINOZA CARRASCO
SEGUNDO DICTAMINANTE