



IBIF
INSTITUTO BOLIVIANO DE
INVESTIGACIÓN FORESTAL



Plan de Monitoreo de Sistemas Hídricos en Yotaú

Esta publicación ha sido elaborada para el IBIF en el marco del programa Working Landscapes financiado por el Ministerio de Relaciones Exteriores de los Países Bajos a través de Tropenbos Internacional. Las opiniones y puntos de vista expresados en esta publicación son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente las de Tropenbos Internacional o el Ministerio de Relaciones Exteriores de los Países Bajos.

Documento elaborado por el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado

Equipo de trabajo:

Erika Patricia Bejarano (Especialista Limnóloga)

Kathia Rivero (Coordinadora de Proyecto)



Octubre, 2020
Santa Cruz de la Sierra – Bolivia

Plan de Monitoreo de Sistemas Hídricos en Yotaú

El monitoreo del agua es la recolección de datos e información respecto a la calidad y cantidad del agua de una manera regular, usando métodos estandarizados. Los datos y la información son analizados para determinar si la calidad del agua es buena o mala de acuerdo al uso que se le da, y si la cantidad de agua disponible es suficiente para satisfacer las diversas necesidades de una población. El monitoreo se puede convertir en un sistema de alerta temprana. Se recomienda que además de la vigilancia periódica, que se realice al menos dos veces al año un análisis completo de la calidad del agua con un laboratorio acreditado. De esta manera, se obtiene información que complementa el entendimiento de la dinámica de la calidad de los sistemas hídricos. Este documento, tiene elementos básicos que deben tomar en cuenta los responsables de llevar a cabo el monitoreo de los recursos hídricos.

¿Quién es responsable de controlar y cuidar la calidad de agua?

La Constitución Política del Estado (CPE) en su artículo 373 indica que el agua es un derecho fundamentalísimo para la vida y en el artículo 374 queda claro que el uso del agua es prioritario para la vida. Además, que es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes (Art. 374).

Por otra parte, la CPE indica que el Estado reconocerá, respetará y protegerá los usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de las organizaciones indígena originarias campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua (Art. 374).

Uno de los derechos estipulados en la CPE es que las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado. El ejercicio de este derecho debe permitir a los individuos y colectividades de las presentes y futuras generaciones, además de otros seres vivos, desarrollarse de manera normal y permanente (Art. 33). Si se vulnera este derecho las personas pueden efectuar acciones legales en defensa de ese derecho (Art. 34).

En la Ley 1333 de Medio Ambiente (en el Art. 36) queda claro que la protección y conservación del agua es tarea fundamental del Estado y de la sociedad. Sin embargo, el Estado debe normar y controlar la contaminación del agua y el entorno (Art. 39).

Registro de variables climáticas

Conocer cómo se comporta el tiempo, el clima y la hidrología de una zona, puede ayudarnos a planificar las actividades de desarrollo humano de una región, las cuales incluyen desde las labores diarias de campo, preparación del terreno para el cultivo, siembra y cosecha, hasta la extracción de recursos del bosque. En este sentido, es necesario conocer que variables influyen y determinan el tiempo y el clima de una localidad, con la finalidad de poder predecir y tener registro de las condiciones meteorológicas de un sitio a lo largo del año y que con el transcurrir de los años estos registros ayuden a detectar cambios hidrológicos y climáticos que puedan estar sucediendo en la región. Las variables climáticas propuestas a monitorear son: Temperatura máxima-mínima, precipitación y caudal y el protocolo para tomar todas estas variables se encuentran en el manual **M01**.

Parámetros	Tiempo de registro	Método	Código de Planillas
Caudal	Semanal	Aforo, método del flotador	P01
Precipitación	Cuando llueva	Pluviómetros	P02
Temperatura Máxima-mínima	Diario	Termómetro digital	P03

Caudal, es una medición hidrológica esencial para la gestión del agua. Las variaciones en las condiciones hidrológicas tienen efectos importantes sobre la calidad de los cuerpos receptores. El caudal permite determinar o calcular tiempos de residencia y cargas contaminantes, así como también proyectar impactos de dilución o contaminación. Para su determinación existen varios métodos, entre los más utilizados están el uso de cuerpos flotantes y molinetes. Los segundos son los que proveen de resultados con mayor exactitud. Registrar los datos de caudal en la planilla **P01**.

Precipitación, el registro de la precipitación es otro elemento importante para tomar en cuenta ya sea en forma de lluvia, llovizna o granizo. La falta o exceso de precipitación influye directamente sobre las condiciones hidrológicas y climáticas de una región, por lo tanto, es un elemento muy importante para medir periódicamente. Registrar los datos en la planilla **P02**.

Temperatura Máxima-mínima, la temperatura del medio ambiente varía a lo largo del día, obteniendo sus valores mínimos en la madrugada y los máximos en la tarde, es por ello que

se debe registrar ambos para tener idea de la variación de la temperatura del medio ambiente en un determinado periodo. Con el registro de muchos meses y años, se puede saber si el clima está cambiando o se mantiene estable, ya que el más mínimo cambio puede desestabilizar y poner en riesgo los ecosistemas naturales tanto terrestres como acuáticos.

Registrar los datos en la planilla **P03**

Registro de parámetros físico-químicos básicos

Para el monitoreo de los cuerpos de agua se definieron 8 parámetros físico-químicos básicos. A continuación, se describe la importancia de evaluar cada uno de estos parámetros

Amoníaco, está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües, el 90% de amoníaco se utiliza por los agricultores en fertilizantes con el fin de producir cultivos sanos. Pero, en altas concentración en el agua es muy tóxico para los animales acuáticos, en especial para los peces, mientras que el ión amonio es apreciablemente mucho menos tóxico. El protocolo para medir amoníaco se encuentra en el manual **M02**.

Fosfato, en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fósforo en forma de ortofosfato es nutriente de organismos fotosintetizadores y por tanto un componente limitante para el desarrollo de las comunidades, su determinación es necesaria en estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas. El protocolo para medir fosfato se encuentra en el manual **M03**.

Nitritos, es un nutriente esencial para las plantas la cantidad excesiva en los cuerpos de agua de puede afectar la calidad de agua y acelerar el proceso de eutrofización. El proceso de eutrofización se produce por un incremento de los nutrientes presentes en el agua y por ello puede provocar un crecimiento algal excesivo. La eutrofización puede dar lugar a cambios importantes en la composición de las comunidades de los diferentes ecosistemas y a la vez a una degradación de la calidad del agua para los usos humanos por la presencia en ella de diferentes compuestos (manganeso, amonio, fosforo, nitritos, nitratos) que pueden ser tóxicos. El protocolo para medir nitritos se encuentra en el manual **M04**.

Oxígeno disuelto (OD), indica la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en el agua, es un indicador del grado de contaminación que presenta o de lo bien que puede dar soporte a

la vida vegetal y animal. Generalmente, niveles altos (>50% de saturación) indicarán agua de buena calidad y niveles bajos (<50%) indicará que algunos peces y otros organismos no podrían sobrevivir. El protocolo para medir el oxígeno disuelto se encuentra en el manual **M05**.

pH, indica el grado de acidez o alcalinidad de una muestra de agua. El pH menor a 7 indica acidez, pH mayor a 7 indicará alcalinidad y pH igual a 7 indicará que la muestra de agua tiene un pH neutro. El protocolo para medir el pH se encuentra en el manual **M06**.

Turbidez (Turb), indica el grado de turbiedad o transparencia y depende del contenido de sólidos suspendidos, sustancias coloidales y disueltas en el agua. Los materiales suspendidos incluyen partículas del suelo, principalmente arcilla y algo de limo, algas, fitoplancton, microbios y otros. El protocolo para medir turbidez se encuentra en el manual **M06**.

Temperatura ambiente (Temp), es una medida del grado de calor o frío del agua, los valores obtenidos generalmente sirven como datos auxiliares para realizar otras determinaciones como es el caso del oxígeno disuelto, alcalinidad, salinidad, conductividad y actividad biológica.

Temperatura del agua (Temp) la temperatura de un cuerpo de agua condiciona solubilidad del oxígeno. El incremento de la temperatura del agua limita la disponibilidad de oxígeno disuelto para la vida acuática. Además, regula diversas reacciones bioquímicas que influyen en su calidad. La temperatura puede medirse usando un termómetro con un rango de 0-50°C. La contaminación térmica se da por los vertidos de aguas residuales (especialmente industriales) suelen verter agua a elevada temperatura

Frecuencia de muestreo

1. Mantener los puntos de muestreo como estaciones fijas para que los datos obtenidos sean comparables en el tiempo. Se deben realizar las evaluaciones en las coordenadas de referencia.

Sitio de evaluación	Coord_X	Coord_Y
Laguna Brava	486721	8214374
Río San Julián	489576	8203463
Laguna de reserva Guayobe	497260	8211732

2. Parámetros de control básico (Amoníaco, fosfato, nitritos, oxígeno disuelto, pH, turbidez, temperatura) deben ser tomados cada mes, es decir, 12 muestras al año (1 muestra/mes * 12 meses/año = 12 muestras/año).
3. Considerar muestreos de agua superficial para que sean analizadas en laboratorio considerando los parámetros de la línea base, los cuales se indican a continuación y se tienen que realizar en época húmeda y época seca.

Parámetros	Unidades	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Arsénico	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.1
Amoníaco	mg/l	0.05	1	2	4
Cadmio	mg/l	0.005	0.005	0.005	0.005
Cloruros	mg/l	250	300	400	500
Cobre	mg/l	0.05	1	1	1
Coliformes Fecales	NMP7100ml	<50 y >5	<1000 y <200	<5000 y >1000	<50000 y <5000
Coliformes Totales	NMP7100ml				
Conductividad específica	µS/cm				
Cromo Total	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05
DBO5	mg/l	<2	<5	<20	<30
Detergentes	mg/l				
DQO	mg/l	<5	<10	<40	<60
Fosfato	mg/l	0.4	0.5	1	1
Grasas y aceites	mg/l	Ausentes	Ausentes	0.3	1
Mercurio	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001
Nitratos	mg/l	20	50	50	50
Nitritos	mg/l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Plomo	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.1
pH		6.0 a 8.5	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0
Oxígeno Disuelto	mg/l				
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000	1000	15000	15000
Sólidos Sedimentables totales	mg/l	<10	<30 -0.1	<50 <1	100 <1
Zinc	mg/l	0.2	0.2	0.5	5

4. El Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano sugiere que el control de calidad y las frecuencias mínimas de muestreo en

el punto de salida del tanque de almacenamiento, y en la red de distribución de agua potable, en función a la población abastecida y al tipo de fuente (superficial o subterránea). Los controles se realizarán en época de estiaje y época de lluvias (2 veces/año) y/o en caso de que se realice una mezcla de agua de distintas o diversas fuentes, en el punto de la mezcla, de tal manera que permita controlar la calidad de la fuente de agua y/o la eficiencia del proceso de tratamiento requerido.

5. Rellenar todos los campos, en la planilla de registro para datos físico-químico (Planilla **P04**).
6. No se debe tomar datos en días de lluvias se tiene que esperar de 1 a 2 días hasta que las condiciones sean favorables.

Recomendaciones para la toma de muestras

En el caso de la toma de muestras de agua superficial (Laguna La Brava y Río San Julián) considerar los siguientes aspectos:

1. Tomar la muestra cerca a la orilla (0.5 a 1 metro) y a una profundidad de (15 a 30 centímetros).
2. Muestree a contracorriente para evitar exceso de materia flotante.
3. Minimice el número de personas para manejar la muestra, para evitar contaminación cruzada.

En el caso de la toma de muestras de agua de grifo (agua de distribución domiciliaria) considerar los siguientes aspectos:

1. Abrir el grifo dejar caer el agua por 1-2 minutos.
2. Desinfectar el grifo con alcohol.
3. Esterilizar el grifo con un encendedor (flamear).

Insumos e instrumentos para el registro de parámetros básicos

Para la medición de los parámetros básicos de Nitritos, fosfato, amonio y oxígeno disuelto, de los cuales se tienen los equipos, se tienen todos los pasos y recomendaciones en los manuales; sin embargo, se debe considerar la compra de los insumos anualmente, los mismos que son detallados en la siguiente tabla con su correspondiente código y son distribuidos por la empresa HANNA.

Equipos	Código (HANNA)
Colorímetro para fosfatos rango alto	HI 717
Set de calibración para fosfato	HI 717-11
Reactivos de Fosfato rango alto (40 tests)	717-25
Colorímetro para Nitrito rango alto (25 tests)	HI 708
Reactivos para Nitrito (25 tests)	HI 708-25
Fotómetro Checker Amonio (25 tests)	HI 733
Reactivo Amonio rango alto	HI 733-25
Kit Oxígeno disuelto (100 tests)	HI 3810)
Kit de reactivos Oxígeno Disuelto	HI 3810-100

A continuación se indica la referencia de contacto para reponer reactivos (HANNA INSTRUMENTS) y técnica (Museo NKM) ante alguna duda o para cualquier consulta.

Álvaro Arias Cárdenas
HANNA INSTRUMENTS
alvaro@hannabolivia.com
67010062

Kathia Rivero
MUSEO DE HISTORIA NATURAL NOEL KEMPF MERCADO
krivero@museonoelkempff.org
3366574

Erika Patricia Bejarano V.
MUSEO DE HISTORIA NATURAL NOEL KEMPF MERCADO
phatrizzia@hotmail.com
70936628

Glosario

Fuentes de abastecimiento de agua. Depósitos o cursos naturales de agua, superficiales o subterráneos.

Muestreo. Acción que consiste en coleccionar un volumen considerado como representativo, para examinar y evaluar las diversas características definidas, con un procedimiento dado

Parámetro. Nombre del elemento o compuesto a medirse mediante un procedimiento analítico de un laboratorio.

Punto de muestreo. Lugar físico de donde se extrae una muestra representativa para su posterior análisis fisicoquímico, microbiológico y/o radiológico

Red de distribución. Conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten la entrega del agua a los usuarios.

Usuario (consumidor), Toda persona natural o jurídica, pública o privada, que recibe el servicio de agua potable.

Valor máximo aceptable. Aquel valor establecido para los diferentes parámetros definidos en la NB 512 y el presente Reglamento, el cual no debe ser excedido para no incidir negativamente en la salud humana.

BIBLIOGRAFIA

Reglamento a la Ley del Medio Ambiente D.S. N° 24176. 1995. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica. Vice ministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal, La Paz en Ley 1333 de Medio Ambiente. Secretaría Nacional de Medio Ambiente, La Paz.

MMAYA & VAPSB. 2018. Compendio Normativo sobre Calidad de Agua para Consumo Humano NB 512, NB 495, NB 496. La Paz-Bolivia.

Anexo 1. Parámetros límites permisible NB 512.

Tabla 2 - Requisitos químicos

Características		Valor máximo aceptable	Observaciones
Dureza total		500,0 mg/L CaCO ₃	-
pH ⁽¹⁾		9,0	Para aguas que no cuentan con un sistema de potabilización, límite inferior 6,5
		9,5	Para aguas que provienen de sistemas de potabilización, siempre y cuando se cumpla con el rango de Langelier. Límite inferior 6,5
Compuestos inorgánicos:			
Aluminio	Al	0,1 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Arsénico	As	0,01 mg/L(*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Amonio	NH ₄ ⁺	0,5 mg/L (**)	Valor mayor influye en la aceptabilidad, por el olor y el sabor
Antimonio	Sb	0,02 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Bario	Ba	0,7 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Boro	B	0,3 mg/L (**)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Cadmio	Cd	0,003 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Calcio	Ca	200,0 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Cianuro libre	CN ⁻	0,07 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Cloruros	Cl ⁻	250,0 mg/L (*)	Valor mayor influye en la aceptabilidad por el sabor.
Cobre	Cu	1,0 mg/L (**)	Valor mayor influye en la aceptabilidad por el olor y el sabor.
Cromo total	Cr	0,05 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Fluoruro	F ⁻	1,5 mg/L (**)	Deberá tenerse en cuenta la adaptación climática del lugar
Hierro total	Fe	0,3 mg/L (**)	Valor mayor influye en la aceptabilidad por el color
Magnesio	Mg	150,0 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Manganeso	Mn	0,1 mg/L (**)	Valor mayor influye en la aceptabilidad por el sabor.

Características		Valor máximo aceptable	Observaciones
Mercurio	Hg	0,001 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Níquel	Ni	0,05 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Nitritos ⁽²⁾	NO ₂ ⁻	0,1 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Nitratos ⁽²⁾	NO ₃ ⁻	45,0 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Plomo	Pb	0,01 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Selenio	Se	0,01 mg/L (*)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Sodio	Na	200,0 mg/L (**)	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Sulfatos	SO ₄ ⁼	400,0 mg/L (**)(****)	
Zinc	Zn	5,0 mg/L (**)	
Compuestos orgánicos:			
Acrilamida ⁽³⁾		0,4 µg/L	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Cloruro de vinilo		0,3 µg/L	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Epiclorohidrina ⁽³⁾		0,4 µg/L	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Fenol		2,0 µg/L	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Trihalometanos (THM)(****)			
Cloroformo		200 µg/L	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Bromoformo		100 µg/L	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Bromo diclorometano		60 µg/L	Valor mayor tiene efecto sobre la salud
Dibromo clorometano		100 µg/L	Valor mayor tiene efecto sobre la salud

Anexo 2. Parámetros de desinfección

Características	Valor máximo aceptable	Observaciones
Cloro libre residual	1,5 mg/L Valor aceptable a la salida de la planta de tratamiento o en cualquier punto de la red	Límite inferior 0,2 mg/L en un punto terminal de la red
NOTA El uso de cualquier desinfectante diferente a un generador de cloro activo debe ser autorizado por la autoridad competente, la cual además debe establecer la concentración mínima, la concentración máxima, la tolerancia, los controles y el método de determinación de un desinfectante activo residual en la red, así como la toma de muestreo.		
NOTA Para situaciones de emergencias y desastre, el valor mínimo se ajustará a 0,5 mg/L en el punto terminal de la red de distribución.		

INFORMACIÓN DE CONTACTO
Instituto de investigación Forestal (IBIF)
Barrio Las Palmas, Av. Ibérica, Calle 6 N°39
Teléfono (591) 33411171
Email: ibif@ibifbolivia.org.bo
www.ibifbolivia.org.bo



IBIF
INSTITUTO BOLIVIANO DE
INVESTIGACIÓN FORESTAL