

# ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y FACTORES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL LAGO SAN JACINTO DE TARIJA

## ANALYSIS OF WATER QUALITY AND ENVIRONMENTAL POLLUTION FACTORS IN LAKE SAN JACINTO DE TARIJA

Gutierrez Valeria<sup>1</sup> y Medrano Ninoska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Católica Boliviana. Unidad Académica Tarija.

Dirección para la correspondencia: Ninoska Medrano. Universidad Católica Boliviana. Tarija.  
Correo Electrónico: medraninos@yahoo.com

### RESUMEN

Uno de los principales objetivos de la represa de San Jacinto al ser construida fue el de suministrar agua para riego, y para consumo humano, este último se llevó a cabo, por un corto tiempo, pues con el transcurrir del tiempo la calidad del agua disminuyó, lo cual fue demostrado a través de estudios realizados. Se desconoce cuál es la principal causa de contaminación en la cuenca. En la zona se realizan actividades agropecuarias, además hay que señalar que al ser un lugar turístico, existe una gran actividad comercial de expendio de comida por la afluencia constante de personas, generando de esta manera una importante cantidad de residuos que son potencialmente contaminantes para la fuente de agua, no se debe dejar de lado que el incremento de viviendas en los alrededores del lago, ha sido exponencial en los últimos años.

Al no haberse realizado estudios recientes sobre la calidad del agua del Lago San Jacinto, ha dado lugar a una serie de especulaciones de parte de la ciudadanía sobre el grado de contaminación existente, generando susceptibilidad en la afectación directa sobre los productos que son producidos mediante riego.

Entre los principales resultados obtenidos en la presente investigación se puede mencionar que las aguas del Lago San Jacinto corresponden a la "Clase B", por el contenido de los valores de Coliformes Fecales de DBO. También se registra que existe una variabilidad en la contaminación durante la época seca y lluviosa.

### PALABRAS CLAVE

Ambiental, contaminación, impacto

### ABSTRACT

A primary objective of San Jacinto Dam when it was built was to supply water for irrigation, and for human consumption, the latter one was carried out for a short time; as time passed water quality declined which was demonstrated through studies conducted. The main cause of pollution in the basin is unknown. In addition to agricultural activities carried out on the area, it should also be noted that as a touristic place, there is a large commercial activity of food selling because of the constant influx of people. Therefore a significant amount of waste is generated which pollutes the source of water; besides that, it should not be ignored that the increase of housings in the areas surrounding the lake has been exponential in recent years.

No recent studies on the water quality of San Jacinto Lake have been carried out, which results in a series of speculations among the citizens limiting the possible uses that can be given to the liquid element.

Among the main results obtained in the present investigation, it is possible to point out that water in San Jacinto Lake corresponds to "Class B", by the content of the Fecal Coliform values of BOD. It is also recorded that there is variability in pollution during the dry and rainy season.

## KEY WORDS

Environmental, pollution, impact

## INTRODUCCIÓN

El daño a una fuente de agua suele relacionarse por la evidente pérdida de la biodiversidad en el ecosistema acuático, afectando a la calidad de vida de los individuos allí residentes, e inclusive ocasionando la muerte masiva de los mismos.

Combatir la contaminación de las fuentes de agua es de vital importancia, no sólo para la protección del medio ambiente, sino de la fauna y de la vegetación que vive en ellos.

El agua no es un bien ilimitado, por lo tanto al contaminarla nos estamos perjudicando a nosotros mismos. Por esta razón controlar la contaminación de las aguas es uno de los factores más importantes para la continuidad del equilibrio entre el hombre y el medio en el cual vive y la prevención, reducción y eliminación de los contaminantes de esta agua es una necesidad prioritaria en la actualidad. (Fernando A.A., 2014).

Las sociedades modernas vierten gran cantidad de desechos a los lagos, y esto produce una serie de efectos denominados “contaminación”, tales efectos se consideran indeseables. Sin embargo, se sigue haciendo fluir a los lagos una serie de contaminantes que generalmente provienen de los asentamientos poblacionales que los rodean y de sus múltiples actividades (agrícolas, industriales, comerciales, turísticas, etc.). Los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación. (Moreta, J.C, 2008).

La represa de San Jacinto cuenta con un embalse de una capacidad de 62 Hm<sup>3</sup> (volumen útil de 49 Hm<sup>3</sup>) y con un espejo de agua de aproximadamente 700 ha. El agua del embalse proviene de la Cuenca del río Tolomosa, que junto a la cuenca del río la Victoria son las principales fuentes de agua para la ciudad de Tarija. Además, existe una presa de doble curvatura con una altura de 44.50 m y coronamiento de aproximadamente de 100 m (PMSJ, 2006, citado por Tiaguaro, 2012).

El uso del agua almacenada en el embalse se destinada principalmente para la generación de energía eléctrica y dotación de agua para riego. (Gutiérrez y Saldías, 2011, citado por Tiaguaro, 2012).

Hasta hace 9 años atrás el Proyecto Múltiple San Jacinto (P.M.S.J) contaba con una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), pero el año 2006 después de 10 años de funcionamiento suspendió su funcionamiento debido a los resultados del análisis de agua realizado por la Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM) ese mismo año, ya que el análisis concluyó que existía la presencia de contaminantes como metales pesados (Pb), lo cual puso a alerta a la población que era beneficiaria de dicho recurso hídrico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

**Figura 1.** Ubicación de la represa de San Jacinto



El lago San Jacinto, ubicado entre las coordenadas 21° 34' 22.50»-21° 36' 46.78» S y 64° 45' 49.81»-64° 43' 21.53» O, se localiza en la cuenca hidrográfica del río de Tolomosa, ubicada en el sur de Bolivia, en el sector occidental del departamento de Tarija, en la provincia y municipio de Cercado.

### Trabajo de campo

La recolección de muestras para el análisis se desarrolló en la zona de las casetas de comida del lago, en épocas diferentes del año.

La primera fue tomada en fecha del 8 de junio de 2015 tomando en cuenta que el periodo de lluvias se alargó por lo que es considerado época lluviosa, la segunda muestra fue tomada en la fecha del 27 de septiembre, correspondiente a la época de estiaje.

Los puntos de muestreo se los señala a continuación en la Figura 2.

Para cada periodo y sitio de estudio, se tomaron

**Figura 2.** Puntos de muestreo en la represa de San Jacinto



muestras superficiales de los parámetros: pH, DBO5, Coliformes Totales y Coliformes Fecales, conforme a la Normativa NB-496.

### **Determinación de parámetro de calidad del agua**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5, mg/L) y Coliformes Totales (CT) y Fecales (CF) (número más probable, NMP) se cuantificaron de acuerdo con las técnicas del método estándar (APHA 2005, citado por Espinal, Sedeño y López, 2013).

La imagen señala la ubicación de los puntos de toma de muestras

**Figura 3.** Ubicación de toma de muestras



## Tratamiento de los datos

A través de la aplicación de métodos analíticos de laboratorio, se pudieron determinar las características organolépticas, físico-químicas y bacteriológicas de las aguas del lago San Jacinto, de forma cualitativa y cuantitativa, como se detalla a continuación:

Para la determinación de la calidad del agua se determinaron 9 puntos de muestreo de agua tomando en cuenta los ríos aportadores (Puntos N°1, 5, 6, 7), para saber si la contaminación es generada in situ o si proviene de los cursos de agua que ingresan al lago, de la misma manera se determinó tomar muestras en las orillas de la represa donde existen viviendas (Punto N° 4, 8), cerca de los locales de expendio de comida (Punto N°3) y en la toma de agua (Punto N°2) y en el rompe cargas (Punto N°9).

La comparación los resultados de los análisis de agua con el cuadro N° A-1 VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS RECEPTORES de la Ley de Medio Ambiente N° 1333- R.M.C.H. y determinar la Clase del agua.

## RESULTADOS

### Aspectos ambientales del lago San Jacinto

La contaminación ambiental del lago San Jacinto depende principalmente de los siguientes aspectos: la gestión de residuos sólidos, manejo de excretas y el uso de pesticidas, son los aspectos determinantes de la calidad del agua del lago San Jacinto. El inadecuado manejo de ellos va a influir directamente en la contaminación del recurso hídrico.

La contaminación ambiental del lago San Jacinto depende principalmente de 4 aspectos, como muestra la Figura 4:

**Figura 4.** Calidad Ambiental del Lago San Jacinto



## Calidad de agua

Para la determinación de la calidad del agua se determinaron 9 puntos de muestreo de agua tomando en cuenta los ríos aportadores señalados en la Figura N° 1 (Puntos N°1, 5, 6, 7) con motivo de saber si la contaminación es generada in situ o si viene con los cursos de agua que ingresan al lago; de la misma manera se determinó tomar muestras en las orillas de la represa donde hay viviendas (Punto N°4, 8), cerca de los locales de comida (Punto N°3) para ver si es que son un foco de contaminación, en la toma de agua (Punto N°2) y en el rompe cargas (Punto N°9). El muestreo se realizó el 8 de Junio del presente año

## Manejo de excretas

El incremento de las viviendas en los alrededores del Lago San Jacinto cada vez es mayor, pese a que el costo de los terrenos es bastante elevado y pese a la inexistencia de alcantarillado sanitario.

La cantidad de turistas que visita el lugar es elevado, el problema radica en la inexistencia de baños públicos en las casetas de comida, la gente que visita el lugar se ve obligada a hacer sus necesidades biológicas en lugares que no son los adecuados; este es un aspecto que afecta directamente a la contaminación ambiental del Lago San Jacinto; especialmente a la calidad del agua y del suelo. Las excretas al encontrarse al aire libre y por efecto de la escorrentía en época de lluvia, son arrastradas hasta la fuente de agua más cercana, en este caso el lago, aportando de esta manera un alto contenido de contaminantes como Coliformes fecales, que en concentraciones elevadas son una fuente de enfermedades infecciosas para las personas que hacen uso de este recurso. Es la principal causa del mal olor y proliferación de diferentes vectores.

El número de viviendas sin conexión de alcantarillado sanitario es elevado, entre 150 a 200 viviendas no cuentan con este servicio.

## Gestión de residuos sólidos

El Lago San Jacinto al ser uno de los principales atractivos turísticos de la ciudad de Tarija es muy confluente por la ciudadanía en general y turistas. Según encuestas realizadas a las vendedoras de comida del lugar, el número de personas que visitan diariamente es de 200, sin embargo el fin de semana este valor incrementa, llegando a albergar a aproximadamente 500 turistas y en época de ve-

rano, entre los meses de diciembre y febrero llegan a visitar alrededor de 1000 turistas.

La cantidad de residuos es directamente proporcional a la cantidad de visitantes, por lo tanto la producción de residuos sólidos generada por persona es amplia en su totalidad.

Actualmente existe un carro basurero que hace la recolección de los residuos sólidos en el margen de las casetas de comidas, los martes y jueves son los días que se realiza la recolección, sin embargo se sigue observando residuos en los alrededores del lago por lo que no es suficiente para mantener el lago San Jacinto fuera de la contaminación.

El área degradada por residuos sólidos es extensa, más del 70% de la superficie de los alrededores del lago San Jacinto tiene presencia de residuos.

En el margen principal del lago San Jacinto, existen casetas de comida que ofrecen a los turistas diferentes platos con una variedad de frituras (pescados fritos), con alto contenido de grasas y aceites que terminan en el lago. De estas casetas provienen tuberías de desagüe que desembocan al lago, vertiendo aguas residuales siendo una de las principales causas de la disminución de la calidad del agua del embalse

En el margen del lago que limita con la comunidad de Tolomosa Oeste se observa una gran cantidad de domicilios, así mismo, se encuentra en ejecución un resort hotel; sin embargo no se cuenta con conexiones de alcantarillado sanitario. Por otra parte es visible la mala disposición de residuos sólidos en los alrededores, que con la ayuda de las lluvias va a terminar en las aguas de la represa, otorgando mal aspecto además de disminuir la calidad del agua

### Manejo del uso de pesticidas y fertilizantes

La problemática radica en el mal uso de productos químicos (plaguicidas, pesticidas, etc.), los cuales tienen efecto en el medio ambiente. Son la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas, son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nitroso; contaminantes del aire y del agua. También contribuyen a la degradación de la tierra y la salinización.

El río Mena otro de los ríos aportadores al lago San Jacinto, según estudios realizados anteriormente se catalogado como el río con mayor arrastre de sedi-

mentos; presenta aguas con poca transparencia más aún en época de estiaje, de coloración verde a causa del excesivo contenido de nutrientes, ya que los sedimentos son uno de los factores que contribuyen al proceso de eutrofización

En Tolomosa, comunidad que limita con el lago, se practica mucho la agricultura y la ganadería por ser las principales fuentes de ingreso de las familias.

Estas actividades contribuyen a la disminución de la calidad del agua de la represa, se trata de una contaminación difusa con fertilizantes inorgánicos de origen industrial utilizados en la agricultura o por excrementos animales, a causa de una producción masiva de ganado.

En la época de lluvia por escorrentía ocurre el arrastre del suelo aportando a las aguas del lago nitrógeno, en forma de nitrato y amonio, y fósforo, como fosfato, a la vez que cationes como potasio (K+), magnesio (Mg++)

### Comparación de análisis en época seca y lluviosa

A continuación la Tabla 1, muestra el cuadro comparativo:

**Tabla 1.** Cuadro comparativo análisis época seca y lluviosa

Parámetros analizados	Unidad	Época lluviosa	Época de estiaje	Clase "C" LMA 1333
pH	--	6,50	7,70	6.0 a 9.0
DBO <sub>5</sub>	mg/l	< 2	10,20	>10, <20
Coliformes totales	NMP/100ml	3,40E+02	1,9E+04	
Coliformes fecales	NMP/100ml	8,10E+01	9,40E+03	<5000

Se observa que en la época de estiaje el pH aumenta en 1.20, la DBO<sub>5</sub> incrementa más de 8 mg/l, de igual manera que los Coliformes totales y Coliformes fecales.

Considerando que la época del año en la que se tomaron las muestras fue una época lluviosa, y por la variación de resultados, se determinó tomar otra muestra de agua en un lugar diferente que es en la entrada a la estación piscícola ubicada en la zona del Bosquecillo.

El muestreo se realizó el 2 de octubre del presente año y por el tema de costos se evaluaron tan solo dos parámetros: Turbidez y DBO5, la Tabla N° 2, muestra los resultados.

**Tabla 2.** Parámetros en época de estiaje

Parámetros analizados	Unidad	Época de estiaje	Clase "D" LMA 1333
Turbidez	NTU	43	<200
DBO <sub>5</sub>	mg/l	28	<30

La DBO5 incrementó notablemente, llegando a alcanzar un valor de 28 mg/l.

### Calidad del Agua

En aguas naturales superficiales la concentración de los contaminantes es inversamente proporcional al volumen de agua, mientras mayor sea el volumen, la concentración de los contaminantes será menor, debido a la dilución de estos en el agua.

Esta es la principal causa del por qué en los resultados del análisis de agua efectuado en el Lago San Jacinto la primera semana de junio difiere de los resultados de algunos parámetros que se analizaron en un mismo punto la última semana de septiembre.

Resultando de ser de buena calidad de acuerdo a los primeros resultados del análisis, pese a las observaciones que se realizaron y los aspectos contaminantes que se identificaron a orillas del lago San Jacinto, que a simple vista se podría afirmar la contaminación del agua, sin embargo los resultados en época lluviosa no señalan lo mismo.

En el mes de agosto debido a la mortandad de peces registradas en uno de los depósitos de agua de riego que proviene del lago San Jacinto, se determinó tomar dos muestras para verificar si la causa de la muerte era la contaminación del agua, un punto de muestreo fue el depósito de Portillo y otro el tanque de regulación de Torrecillas.

Analizando los resultados de los 10 puntos de muestreo, en la mayoría de ellos y según la LMA N° 1333, corresponderían a aguas de "Clase B", por los valores de Coliformes Fecales y también por los valores de DBO.

Por lo que, y según la aptitud de uso, puede ser usada para abastecimiento de agua potable con previo tratamiento físico y desinfección, para recreación

de contacto primario, protección de los recursos hidrobiológicos, riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada, abastecimiento industrial, para la acuicultura y para abrevadero de animales.

Sin embargo no existe ningún tipo de tratamiento previo desde el lago hasta estos dos últimos puntos, más al contrario desde la estación de bombeo del Portillo hasta los puntos señalados en las tablas, las cuales se conducen por un canal abierto, poniendo en duda los resultados. Se desconoce el porqué de esta situación.

### El proceso de eutrofización- relación con el lago San Jacinto

Un lago o un embalse, sufre de eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes (Fósforo y Nitrógeno) originando el crecimiento de las algas. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos, más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores, dándoles un aspecto nauseabundo y disminuyendo drásticamente su calidad.

Las principales fuentes de eutrofización de origen humano son los vertidos urbanos, ganaderos y agrícolas.

Existen varios causantes de la eutrofización derivados de la actividad humana, las cuales se identifican en las orillas del lago San Jacinto. A continuación se señalan algunas de las causas y se ilustran con fotografías de la situación del lago:

- El excesivo uso de fertilizantes que contienen nitrógeno (N<sub>2</sub>), porque el N<sub>2</sub> aumenta el crecimiento de plantas.
- La integración a los lagos por detergentes provenientes de las descargas domésticas e industriales, ya que son alimentos para las bacterias y para algunos microorganismos superiores como los protozoos.
- La evacuación de las aguas lluvias hacia los lagos, ya que éstas arrastran desechos naturales que pueden encontrarse en las calles, rebalses (detenciones, inundaciones) de sistemas públicos o privados en mal estado, detergentes, etc.
- Los asentamientos poblacionales y la construcción de infraestructura de viviendas y establecimientos comerciales en el entorno de los

lagos y en áreas de fuerte pendiente, las cuales provocan deslizamientos de grandes cantidades de sedimento al cuerpo de agua.

- La existencia de posibles conexiones clandestinas de alcantarillado que tienen como desembocadura final los ríos y lagos.
- Sistema de drenajes colindantes a los lagos deteriorados, lo que puede ocasionar infiltración de aguas contaminadas ricas con alto grado de nutrientes.
- La eliminación de basura dentro o inmediatamente a orillas de los lagos.
- La ganadería, los excrementos de los animales son ricos en nutrientes, sobre todo en los de carácter nitrogenado (amonio).

## DISCUSIÓN

La contaminación ambiental en el lago San Jacinto es visible, por las actividades que se desarrollan a sus alrededores, al crecimiento poblacional en la zona, al desarrollo comercial, y también las actividades agrícolas practicadas en las orillas del lago, el vertido de residuos sólidos, la inexistencia de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales en comunidades aguas arriba al lago, .

Sin embargo, la concentración de los contaminantes es inversamente proporcional al volumen de agua, mientras mayor sea el volumen, la concentración de los contaminantes será menor, debido a la dilución de estos en el agua, por ello los valores de contaminación se muestran en niveles relativamente bajos.

Las principales fuentes de eutrofización en el lago son de origen humano, por los vertidos urbanos, ganaderos y agrícolas; si las actividades al entorno del lago San Jacinto continúan de la misma manera, sin ningún tipo de control, se tendrán en el mediano e incluso corto plazo, los mismos resultados que en los lagos Titicaca, Alalay, en las que se confirmaron altos niveles de contaminación.

La UNAM el 2006, de acuerdo a análisis efectuados, concluyó que existía la presencia de contaminantes como metales pesados (Pb), la presente investigación no puede confirmar esto.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Fontúrbel, F. E. (2010). Contaminación Hídrica y Conservación en el Lago Titicaca: Existe suficiente evidencia empírica para tomar acciones concretas-REDESMA

Galindo, C. (2015). Zona de Contaminación de la Cuenca del río Katari y la bahía Cohana.

Espinal, T., Sedeño, J. y López, E. 2013. Evaluación de la Calidad del Agua en la Laguna De Yuriria, Guanajuato, México, Mediante Técnicas Multivariadas: Un Análisis De Valoración Para Dos Épocas 2005, 2009-2010. Revista Interamericana de Contaminación Ambiental. Vol. 29 (3). pp. 147 – 163.

Martínez, F. (2014). Estudio bacteriológico de las aguas residuales.

Moreta, J.C. (2008). La eutrofización de los lagos y sus consecuencias.

IBNORCA. (2005). Norma Boliviana (NB) 496-Agua Potable Toma de Muestras. Ministerio de Servicios y Obras Públicas de la República de Bolivia. Imprenta Génesis. La Paz - Bolivia.

IBNORCA. (2010). Norma Boliviana (NB) 496-Reglamento Nacional para el Control de la Calidad para Consumo Humano. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Obras Públicas de la República de Bolivia. Arteria Producciones. La Paz - Bolivia.

UNAM. (2006). Informe técnico del diagnóstico de la calidad del agua, sedimentos, jacintos y peces del lago “San Jacinto”, agua de los ríos que lo abastecen y plantas potabilizadores San Jacinto y Tabladita. Tarija, Bolivia. Tarija

Tiaguaro, Y. (2012). La Transferencia de la Gestión de Riego en el Proyecto Múltiple San Jacinto, Bolivia. Tesis de Master en Ingeniería de Riego e Ingeniería Hidráulica. Universidad de Wageningen, Países Bajos

Valderrama, J. C. (2013). Cambios Institucionales para preservar la Cantidad y la Calidad del agua en la cuenca del lago de tota. Bogotá, D.C.