



PERÚ

Ministerio  
de Agricultura

Proyecto Especial  
Binacional  
Lago Titicaca



**BOLETIN INFORMATIVO 2 – OCTUBRE 2009**  
**MONITOREO CALIDAD DE AGUA**  
**I SEMESTRE 2009**



*ELABORADO POR:*  
*Dirección de Estudios*  
*Preservación de los*  
*Recursos Hídricos – PELT*



**Lic. Julio Carlos Pacheco Girón**  
**Director Ejecutivo PELT**

**Ing. Carlos Enrique Nakagawa Morales**  
**Director de Estudios PELT**

**Ing. Fran Olger Lino Talavera**  
**Jefe Componente Preservación de los**  
**Recursos Hídricos**

**Ing. M.Sc. Wilber Fermín Laqui Vilca**  
**Responsable Hidrología y Meteorología**

**BOLETIN INFORMATIVO**  
**OCTUBRE 2009**

## PRESENTACIÓN

El Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, a través de la Dirección de Estudios, en su Componente Preservación de los Recursos Hídricos, da cumplimiento a las recomendaciones establecidas en el Plan Director Global Binacional, es así que desde el año 1995, viene realizando el monitoreo de calidad de agua en el ámbito del Sistema TPDS – Sector Peruano.

El agua (del latín *aqua*) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida

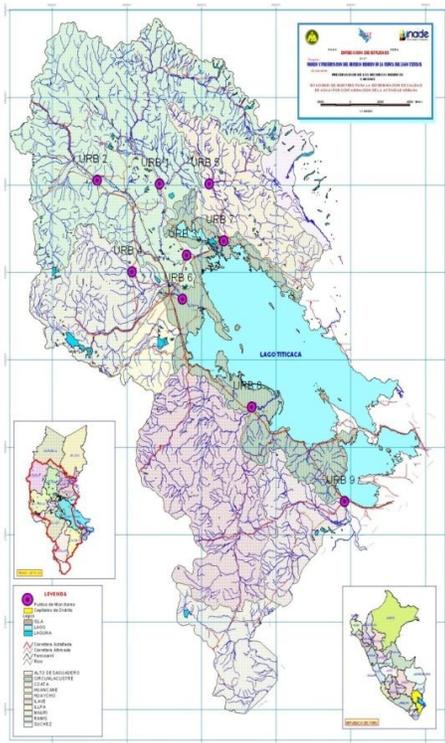
El agua dulce es considerada un recurso renovable, su formación y renovación está regida por el ciclo hidrológico y las condiciones fisiográficas, que a su vez distribuye el agua de forma irregular en toda la superficie terrestre.

La escasez de agua dulce es un factor limitante para el desarrollo regional, pudiendo ser de origen natural, donde las condiciones fisiográficas limitan la disponibilidad del recurso, o ser provocada por el hombre, por sus actividades y por la densidad poblacional. La escasez de agua dulce por actividades humanas es provocada por los índices de consumo (cantidad), fundamentalmente por la degradación de la calidad del agua dulce debido a la contaminación.

## RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA EN EL SISTEMA TDPS

### Calidad de agua afectada por la Actividad Urbana

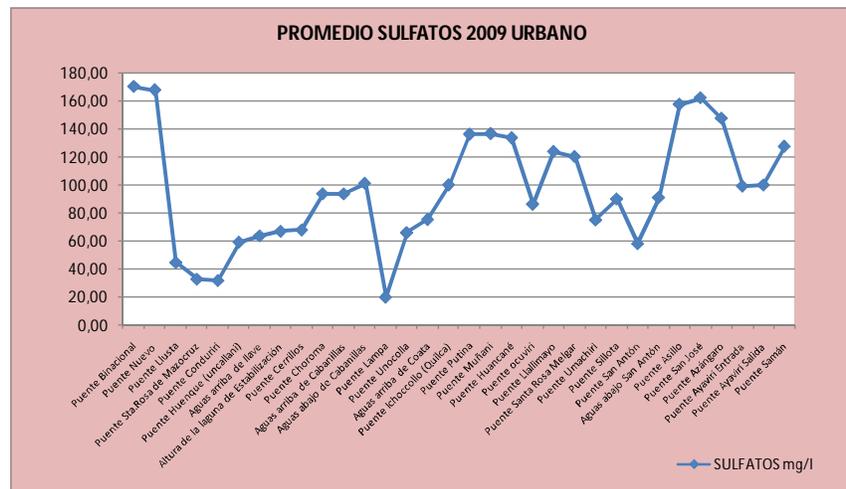
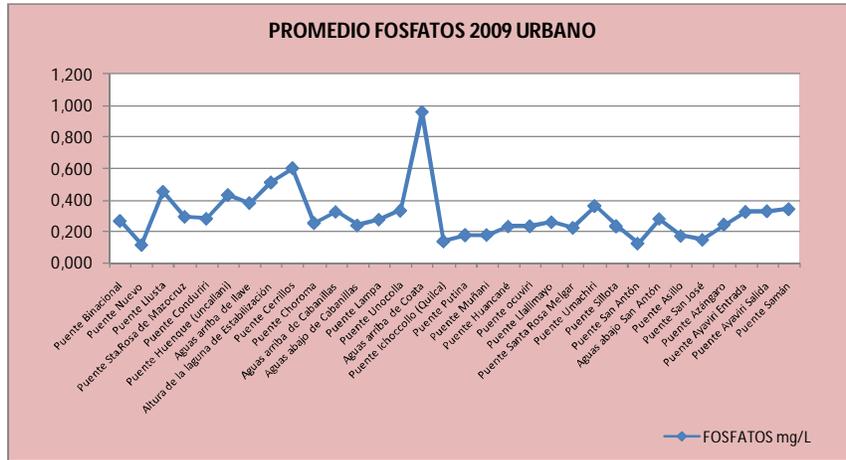
Se realizan monitoreos en 31 puntos de muestreo que se ubican aguas debajo de las principales poblaciones de la cuenca del Titicaca, monitoreo que permitirá evaluar el grado de contaminación provocado por los pueblos aledaños a la cuenca.



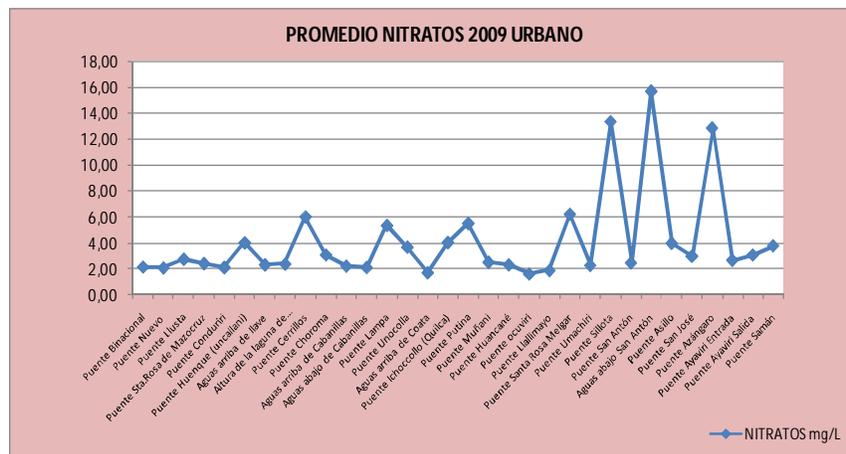
PUNTOS DE MUESTREO POR CONTAMINACIÓN URBANA			
Cuenca	Estación	Código	Punto Referencia de Monitoreo
Río Desaguadero	Río Desaguadero	Des-Ua	Puente Binacional
		Des-Ub	Puente Nuevo
Río Ilave	Río Llusta	Illa-U.1	Puente Llusta
	Río Sta.Rosa de Mazocruz	Illa-U.2	Puente Sta.Rosa de Mazocruz
	Río Conduriri	Illa-U.3	Puente Conduriri
	Río Huenque	Illa-U4	Puente Huenque (uncallani)
	Río Ilave	Illa-U.6a	Aguas arriba de Ilave
		Illa-U6b	Altura de la laguna de Estabilización
Río Coata	Río Cerrillos	Coa-U.1	Puente Cerrillos
	Río Verde	Coa-UM.3	Puente Choroma
	Río Cabanillas	Coa-UM.4b	Aguas debajo de Cabanillas
	Río Lampa	Coa-U.5	Puente Lampa
	Río Coata	Coa-Um.6a	Puente Unocolla
		Coa-Um.6b	Aguas arriba de Coata
Río Huancané	Río Putina	Hua-U.1a	Puente Ichocollo (Quilca)
		Hua-U.1b	Puente Putina
	Río Huancané	Hua-U.2a	Puente Muñani
		Hua-U.2b	Puente Huancané
Río Ramis	Río Ocuvirí	Ram-U.1	Puente ocuvirí
	Río Llalli	Ram-U.2	Puente Llallimayo
	Río Santa Rosa	Ram-U.3	Puente Santa Rosa Melgar
	Río Umachiri	Ram-U.4	Puente Umachiri
	Río Progreso	Ram-U.9	Puente Sillota
	Río Palmera	Ram-U.10	Puente San Antón
	Río San Antón	Ram-U.11	Aguas abajo San Antón
	Río Asillo	Ram-U.12	Puente Asillo
	Río Azángaro	Ram-UM.13a	Puente San José
		Ram-UM.13b	Puente Azángaro
	Río Ayaviri	Ram-UM.14a	Puente Ayaviri Entrada
		Ram-UM.14b	Puente Ayaviri Salida
	Río Ramis	Ram-UM.1	Puente Samán

## Resultados y Discusión

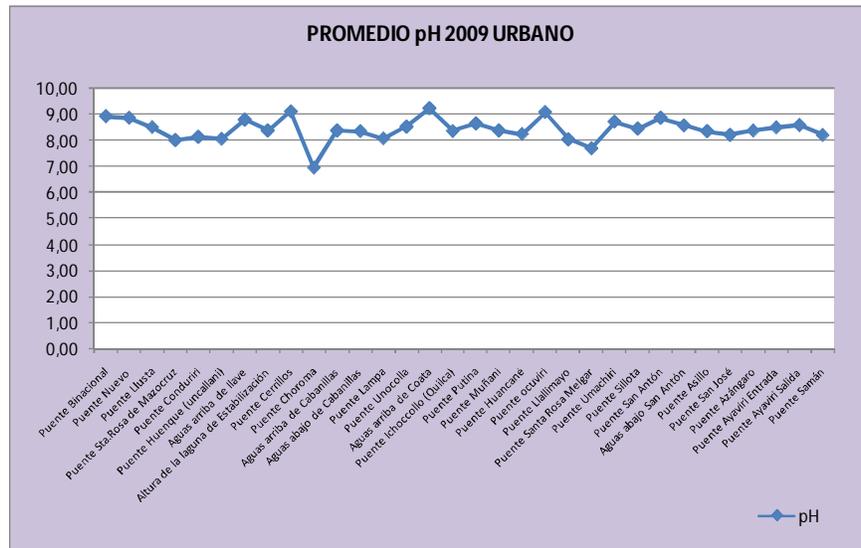
De modo general, los resultados obtenidos en el transcurso del año 2009 muestran que las estaciones ubicadas en la sección intermedia de la cuenca del río Ramis presentan evidencias de contaminación de tipo doméstico, lo que se percibe al observar las concentraciones de ciertos nutrientes como es el caso del fósforo (medido como  $PO_4^{3-}$ ) cuyo valor promedio más elevado se halló en el punto aguas arriba de Coata con 0.955 mg/L como promedio del primer semestre, considerando que el límite permisible para la conservación del ambiente acuático se halla establecido en 0.4 mg/L. Valores como los citados guardan relación directa con la ausencia o deficiente tratamiento de aguas residuales que impactan negativamente los sectores fluviales de dichas áreas. Respecto al azufre como nutriente (medido como  $SO_4^{2-}$ ) se halló concentraciones elevadas en el río Desaguadero con 170.40 mg/L respectivamente, medidos como anión sulfato (el límite para uso poblacional se halla en 250 mg/L). Estos valores se relacionan con procesos metabólicos de ciertas algas y macrofitas en el ámbito del río Desaguadero así como el vertimiento de aguas residuales al río.



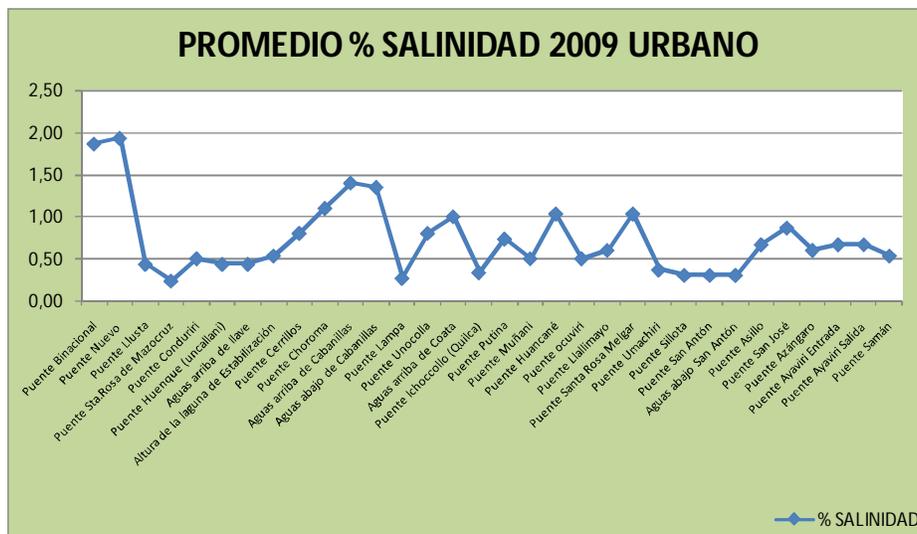
Respecto al nitrógeno como nutriente (medido como NO<sub>3</sub>-N), se halló concentraciones elevadas en el río Ramis con 15.67 mg/L respectivamente, medidos como anión nitrato (considerando que el límite permisible para la conservación del ambiente acuático se halla establecido en 5.0 mg/L). Estos valores se relacionan con el vertimiento de aguas residuales en el ámbito del río Ramis.



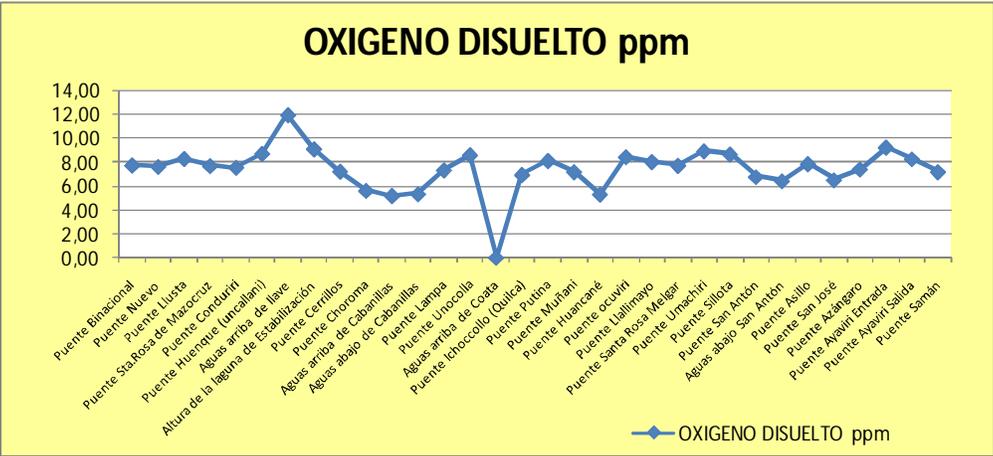
Respecto a los parámetros fisicoquímicos, los resultados obtenidos del parámetro de Potencial de Hidrogeniones pH, se puede observar una tendencia alcalina, esto por la presencia de materia orgánica, como es el caso de aguas arriba de Coata que presenta un valor promedio de 9.24, así como también en el puente Ocuviiri, sobrepasando los límites máximos permisibles cuyo valor fluctúa entre 6.5 y 8.5, para el consumo humano.



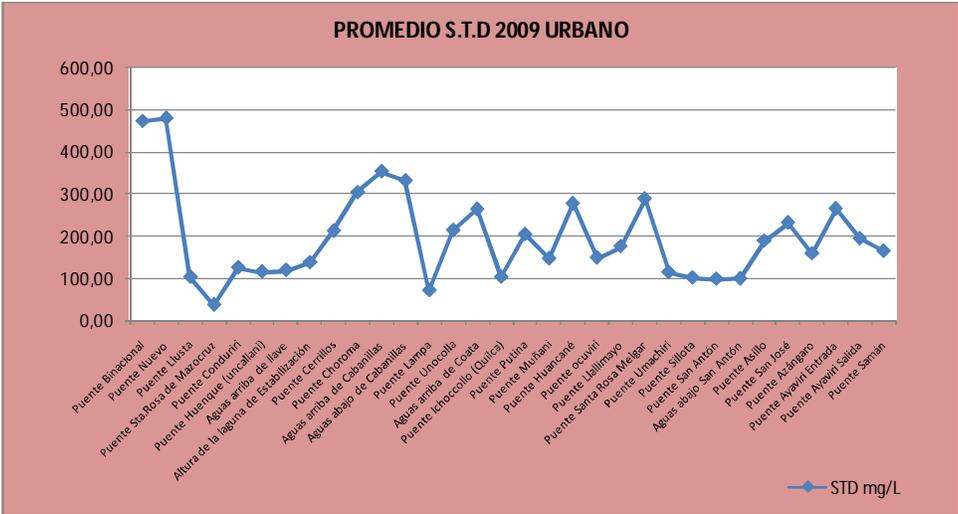
Con relación al % de salinidad se puede observar que el valor más alto se reporta en el punto de monitoreo de puente nuevo río Desaguadero con un valor de 1.93%.



En lo que respecta al oxígeno disuelto, todos los puntos de monitoreo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que tiene un valor de  $\geq 5$  mg/L, reportándose el valor más alto en el punto aguas arriba de llave con un valor de 11.93 ppm, favoreciendo de esta manera a la vida acuática en los ríos.



En el parámetro de sólidos totales disueltos se ha encontrado valores altos en el río desaguadero, en el puente nuevo de 479.67 mg/L y en el puente Binacional de 472.67 mg/L como promedio, siendo el límite máximo permisible en la categoría 4 conservación del Ambiente acuático de 500 mg/L, como se observa en el cuadro todos los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.



### Calidad de agua afectada por la Actividad Minera.

## Resultados y Discusión

Durante el año 2009, el monitoreo de calidad de agua afectada por actividad minera en el ámbito del sistema hídrico del lago Titicaca, se realizó evaluando una red de 20 estaciones de muestreo, las mismas que fueron distribuidas de la siguiente manera:

- En la cuenca del río Coata se estableció seis (06) Estaciones de Monitoreo.
- En la cuenca del río Ramis, diez (10) Estaciones de Monitoreo.
- En la cuenca del río Suchez, tres (04) Estaciones de Monitoreo.



PUNTOS DE MUESTREO POR CONTAMINACIÓN MINERA			
Cuenca	Estación	Código	Punto Referencia de Monitoreo
Río Coata	Río Paratía	Coa-M.2a	Entrada MINSUR
		Coa-M.2b	Salida MINSUR
	Río Verde	Coa-UM.3	Puente Choroma
	Río Cabanillas	Coa-UM.4b	Aguas debajo de Cabanillas
	Río Coata	Coa-UM.6a	Puente Unocolla
		Coa-UM.6b	Aguas arriba de Coata
Río Ramis	Río Antauta	Ram-M.5	Aguas Abajo Mina San Rafael
	Río Lunar de Oro	Ram-M.6	Sta Barbara( La Rinconada)
	Río Ananea	Ram-M.7a	Laguna Pampa Blanca
		Ram-M.7b	Río Ananea
	Río Crucero	Ram-M-8	Puente Potoni
	Río Azángaro	Ram-UM.13a	Puente San José
		Ram-UM.13b	Puente Azángaro
	Río Ayaviri	Ram-UM.14a	Puente Ayaviri Entrada
		Ram-UM.14b	Puente Ayaviri Salida
	Río Ramis	Ram-UM.1	Puente Samán
Río Suchez	Laguna Suchez	Suc-M.1	Efluente de la Laguna
	Río Trapiche	Suc-M.2	Puente Trapiche
	Río Suchez	Suc-M.3	Puente Ramón Castilla

El análisis de campo y de laboratorio permitió identificar escenarios mineros cuyo aporte contaminante hacia el recurso hídrico de la cuenca del Lago Titicaca es importante, teniendo en cuenta que los ríos afluentes al sistema hídrico son producto de precipitaciones pluviales y deshielo de nevados ubicados en las zonas altas de cordillera y manantiales subterráneos, cuya calidad de aguas es óptima para los diversos tipos de usos, sin embargo son poluidas por actividades propias de la actividad minera extractiva y de procesamiento de mineral, desde casi sus orígenes como es el caso de las cuencas de los ríos Ramis, Coata y Suches.

La zona minera aurífera de Puno comprende un área aproximada de 6738 Km<sup>2</sup> y concentra su actividad informal en el ámbito de Ananea (San Antonio de Poto), situado en la parte alta de la cuenca del río Ramis, así como el nacimiento de la cuenca Suches. Esta actividad genera impactos ambientales en la parte alta de la cuenca con alcance hacia la zona media en los meses lluviosos, por medio del arrastre de material particulado y la resuspensión de sedimentos. Los parámetros de importancia en este tipo de monitoreo son los fisicoquímicos empezando por los que se pueden medir in situ.

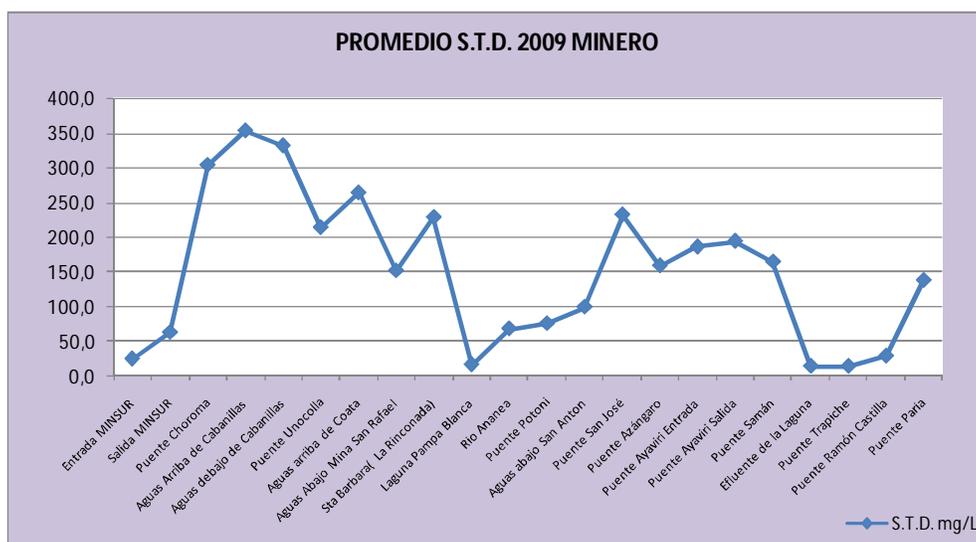
De los resultados generados se tiene que, los niveles de pH en la zona de Santa Bárbara Rinconada, presenta valores moderadamente ácidos de 5.1 como promedio y en el puente Trapiche valores de 5.7 como promedio, respectivamente; estando fuera de los límites máximos permisibles que fluctúa entre 6.5 – 8.5; al analizar los datos se observa que estas concentraciones son constantes a través del año y que la actividad minera de acuerdo al proceso extractivo u operativo influye decisivamente en la acidez del cuerpo de agua receptor al evacuar efluentes ácidos. Estas condiciones añadidas a la cantidad de material disuelto impactan negativamente en áreas aguas abajo, debido a que el material disuelto contiene cantidades de metales que al flocular podría alcanzar niveles por encima de los límites máximos permisibles.



El gráfico nos muestra el comportamiento anual del pH en las tres cuencas afectadas por la actividad minera, presentando los resultados más bajos en la cuenca Ramis y Suches.

De los análisis de sólidos totales disueltos se tiene que las concentraciones más elevadas se encuentran en la cuenca del Río Coata en el punto aguas arriba de Cabanillas con 353.5 mg/L como promedio t en el puente Choroma con 304 mg/L como promedio, siendo los límites máximos permisibles para la categoría 4 conservación de ríos DE 500 mg/L.

Como se observa en el cuadro ninguno de los puntos de monitoreo sobrepasan los límites máximos permisibles.



## Calidad de agua en Bahías del Lago Titicaca

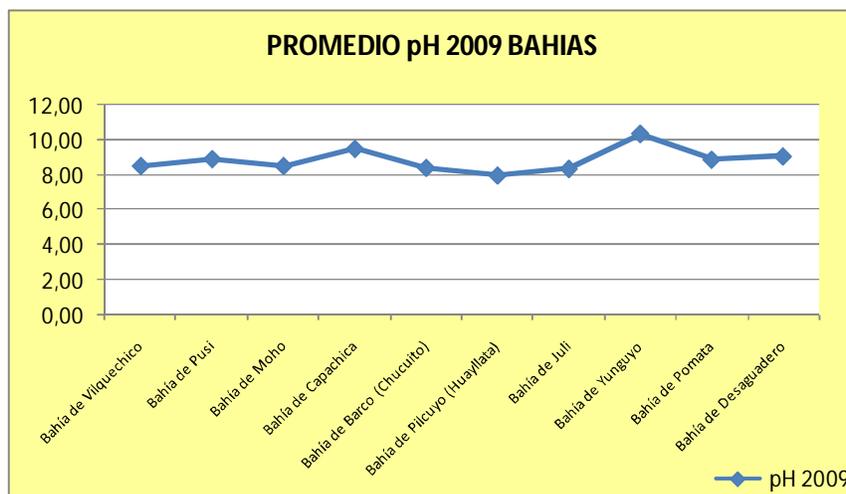
### Resultados y Discusión

La calidad de agua afectada por actividad antrópica de poblaciones adyacentes a bahías del lago Titicaca se realiza evaluando 10 estaciones limnológicas.

PUNTOS DE MUESTREO POR CONTAMINACIÓN EN BAHÍAS			
AREA	ESTACIÓN	CÓDIGO	REFERENCIA
Vilquechico	Bahía de Vilquechico	Vil-B.1	Bahía de Vilquechico
Pusi	Bahía de Pusi	Pus-B.1	Bahía de Pusi
Moho	Bahía de Moho	Moh-B.1	Bahía de Moho
Capachica	Bahía de Capachica	Cap-B.1	Bahía de Capachica
Chucuito	Bahía de Chucuito	Chu-B.1	Bahía de Barco (Chucuito)
Pilcuyo	Bahía de Pilcuyo	Pil-B.1	Bahía de Huayllata
Juli	Bahía de Juli	Jul-B.1	Bahía de Juli
Yunguyo	Bahía de Yunguyo	Yun-B.1	Bahía de Yunguyo
Pomata	Bahía de Pomata	Pom-B.1	Bahía de Pomata
Desaguadero	Bahía de Desaguadero	Des-B.1	Bahía de Desaguadero

Al evaluar un cuerpo de agua generalmente se comienza por la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas, el pH es una característica general que se mide in situ, y cuyo rango permisible considerado por la legislación vigente es de 6.5 a 8.5 como límite máximo permisible.

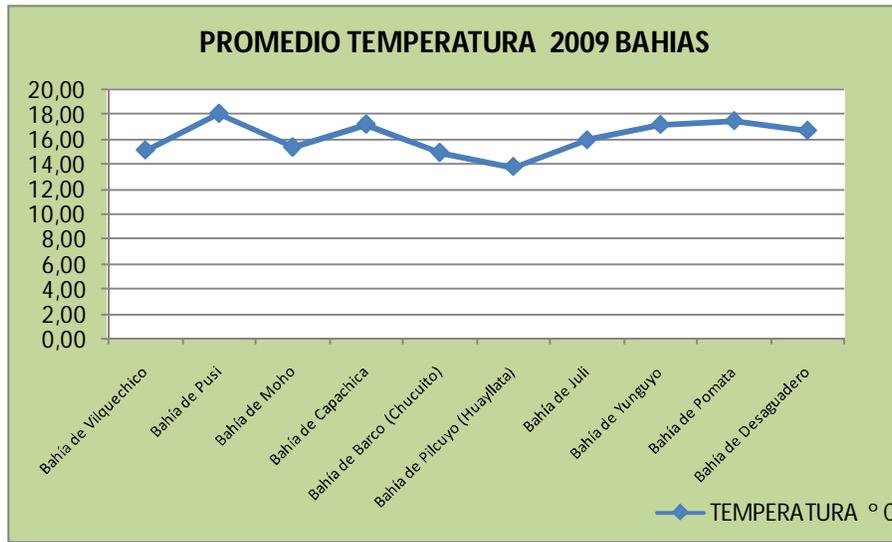
Al evaluar las estaciones de monitoreo se observa que la Estación de Yunguyo excede este valor, reportando 10.34 pH presumiblemente en razón al vertimiento de gran cantidad de aguas servidas sin tratamiento previo.



Complementariamente, también se presentan valores menos alcalinos en las bahías de Desaguadero (9.08), Capachica (9.49).

Los valores de temperatura del agua en los meses de lluvia (con valores máximos de 18.07 °C en Pusi como promedio) son generalmente mayores que los meses de estiaje (con valores máximos de 13.80 °C en Pilcuyo y 14.93°C en Chucuito como promedio) de donde se puede inferir un incremento en la tasa de metabolismo en los meses lluviosos, ya que valores elevados de temperatura favorecen la producción primaria en la zona, esto quiere decir que también favorece la proliferación de la lenteja de agua, incrementando la descomposición de la materia orgánica, el crecimiento de las bacterias y el fitoplancton, la turbidez del agua y la cantidad de algas debido a las condiciones de suministro de nutrientes a través de efluentes municipales, lo que se ve potenciado por la baja

circulación de las aguas provocado por la interferencia de la masa de totorales sembrados, como es el caso de Yunguyo.

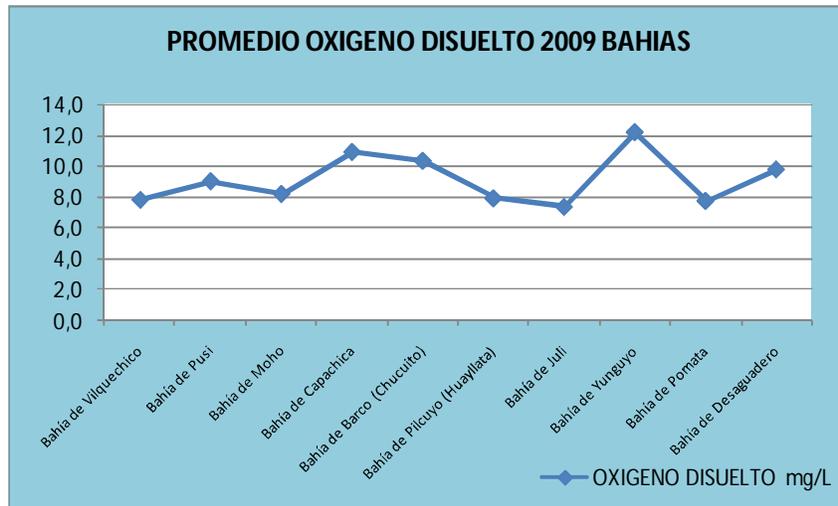


El gráfico nos muestra el comportamiento semestral de la temperatura en las estaciones de monitoreo, presentando los resultados más altos en la estación de Yunguyo.



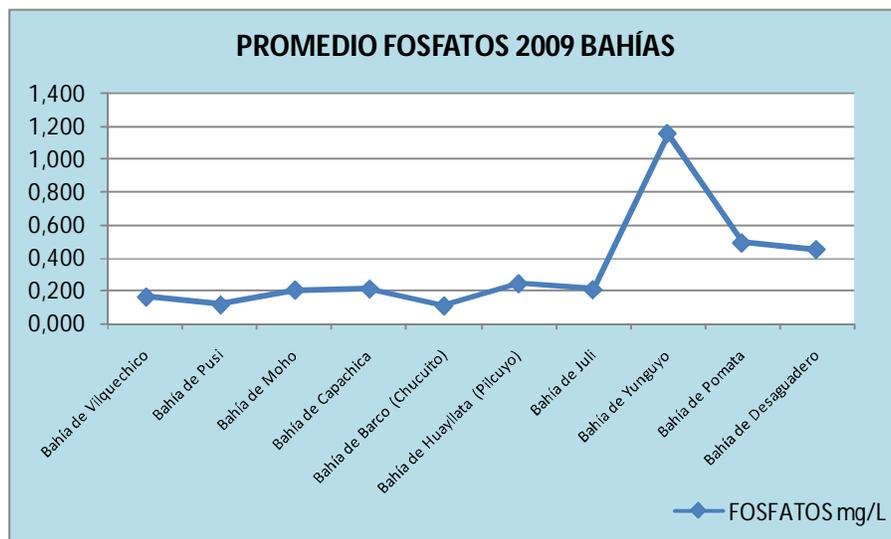
Fig. 5 Bahía de Yunguyo (proceso de eutrofización).

Una variable desfavorable para la calidad de agua del lago es la altura a la que se encuentra (3812 msnm), pues produce una disminución en el contenido de oxígeno disuelto en el agua, siendo el 65 % del valor que se puede encontrar a nivel del mar. Generalmente para el Lago Titicaca el rango normal de oxígeno disuelto es de 6-8 mg/l, sin embargo los meses de lluvia en las estaciones de Yunguyo y Capachica se registran valores más elevados (12.7 y 10.9 mg de O<sub>2</sub>/l como promedio, respectivamente). Los valores máximos se mantienen en Yunguyo los meses de estiaje en razón a la reacción metabólica de su biota acuática (como consecuencia de la alta disponibilidad de nitrógeno y fósforo aprovechables), teniendo que los valores de oxígeno disuelto disminuyen en zonas lejanas a la orilla de las bahías.

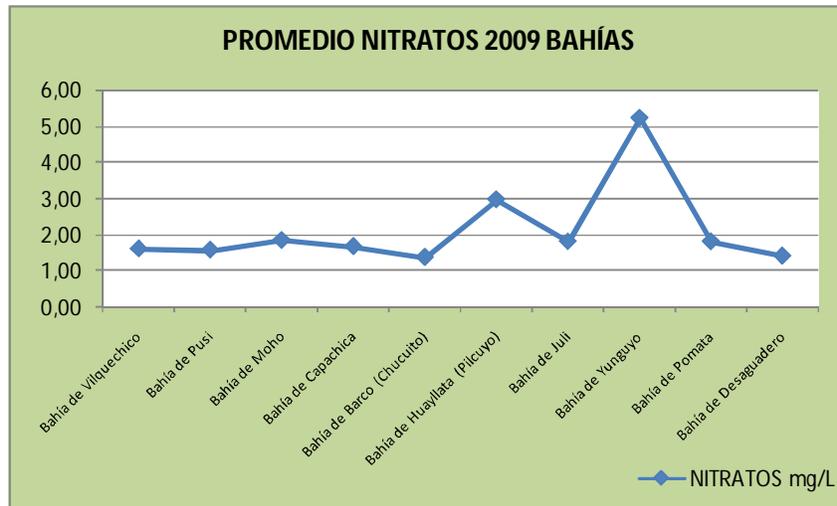


El gráfico nos muestra el comportamiento anual del oxígeno disuelto en las Estaciones de Monitoreo, presentando los resultados más altos en la Estación de Yunguyo.

El problema de la contaminación por nutrientes en las bahías de Yunguyo con valores promedio de 1.151 mg/L y Pomata con valores promedio de 0.489 mg/L de Fosfatos, siendo el límite máximo permisible fijado en 0.4 mg/L para la conservación de lagos y lagunas, valores que sobrepasan los límites permisibles, esto es consecuencia directa del vertimiento de las aguas residuales y pluviales.



Los valores de Nitratos en las bahías, muestran valores elevados en la bahía de Yunguyo con valores promedio de 5.23 mg/L y en la bahía de Pilcuyo con valores promedio de 2.97 mg/L, siendo el valor límite máximo permisible de 5 mg/L para la categoría 4 conservación de lagos y lagunas, valores en mención si sobrepasan los límites permisibles, en el caso de Yunguyo.



Los efectos de la actividad antropogénica de las ciudades circunlacustres sobre sus bahías adyacentes se pueden enlistar del modo siguiente:

- Incremento de la turbidez de las aguas, debido al material en suspensión
- Aporte de materia orgánica biodegradable
- Aporte de sustancias orgánicas y minerales
- Aporte de bacterias patógenas
- Aporte y acumulación de residuos sólidos en las bahías y áreas inundables

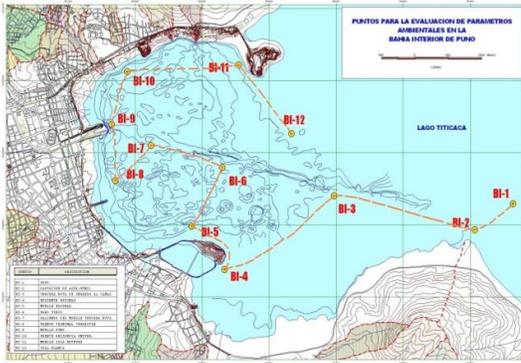


Fig. 6 Bahía de Moho (condiciones oligotróficas)

## Calidad de agua en Bahía Interior de Puno

### Resultados y Discusión

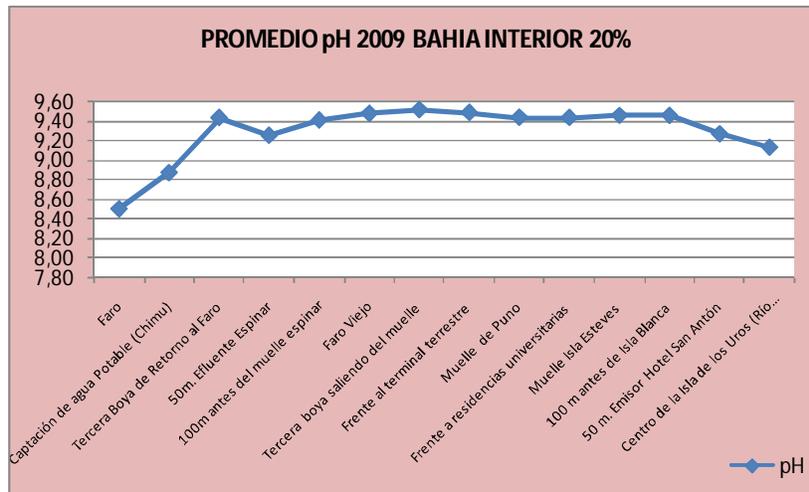
La calidad de agua afectada por actividad antrópica de la población de Puno hacia la Bahía Interior de Puno se realiza evaluando 14 Estaciones limnológicas.



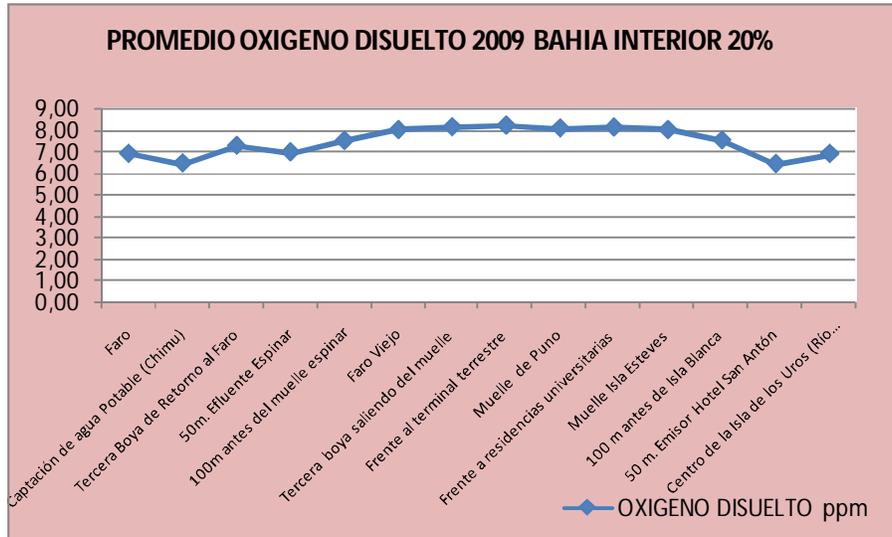
BAHIA INTERIOR PUNO	
ESTACION DE MONITOREO	CODIGO
Faro	BI - 1
Captación de agua Potable (Chimu)	BI - 2
Tercera Boya de Retorno al Faro	BI - 3
50m. Efluente Espinar	BI - 4
100m antes del muelle espinar	BI - 5
Faro Viejo	BI - 6
Tercera boya saliendo del muelle	BI - 7
Frente al terminal terrestre	BI - 8
Muelle de Puno	BI - 9
Frente a residencias universitarias	BI - 10
Muelle Isla Esteves	BI - 11
100 m antes de Isla Blanca	BI - 12
50m Emisor hotel San Antón	BI - 13
Centro de las Isla de los Uros (Rio	BI - 14

El pH es una característica general que se mide *in situ*, y cuyo rango permisible considerado por la legislación vigente es de 6.5 a 8.5 como límites máximos permisibles.

Al evaluar las Estaciones de Monitoreo se observa que casi todas las Estaciones, reportan por encima de 9.00 pH presumiblemente en razón al vertimiento de gran cantidad de aguas servidas sin tratamiento previo, valores que se encuentran por encima de los límites máximos permisibles.

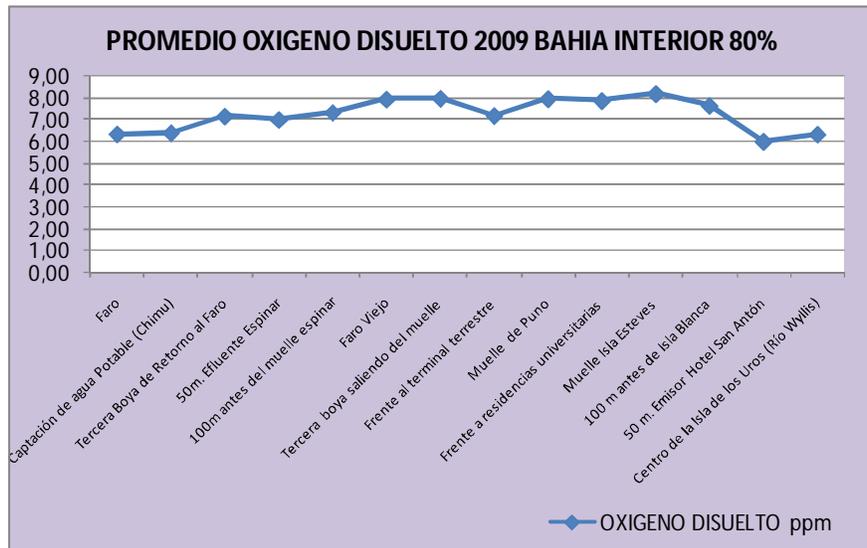


Con relación al oxígeno disuelto, el límite máximo permisible es de  $\geq 5$  mg/L para la categoría 4 conservación de lagos y lagunas, los valores en los puntos de muestreo faro con 8.50 mg/l de promedio, Chimu con 8.87 mg/L de promedio y terminal terrestre con 8.18 mg/L de promedio tomados al 20% de la columna de agua se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para la calidad de agua de lagos y lagunas de acuerdo a la normatividad vigente. Esto en razón a la metabólica de su biota acuática (como consecuencia de la alta disponibilidad de nitrógeno y fósforo aprovechables), para los tres primeros casos.

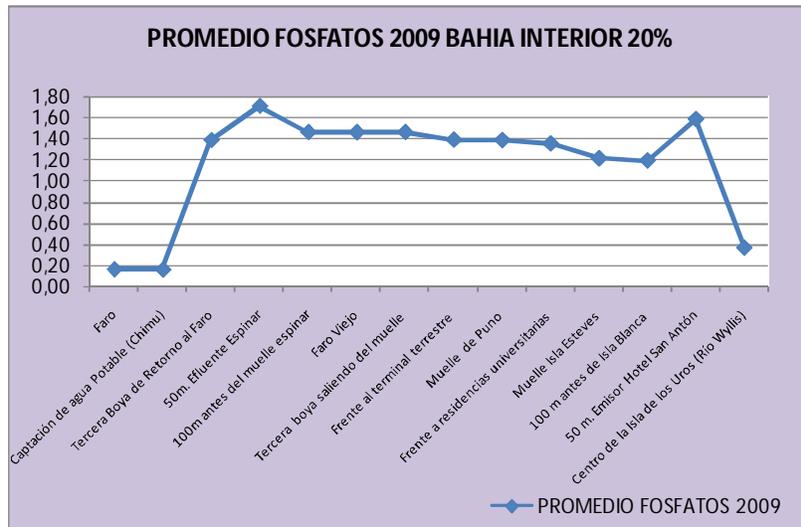


El gráfico nos muestra el comportamiento anual del oxígeno disuelto en las Estaciones de Monitoreo.

Con relación al 80% de la columna de agua, el oxígeno disuelto disminuye con respecto a lo muestreado al 20% de columna de agua, como se observa en el gráfico, valores que oscilan entre 5.99 mg/L y 8.18 mg/L, relación que es correcta en el comportamiento del agua.

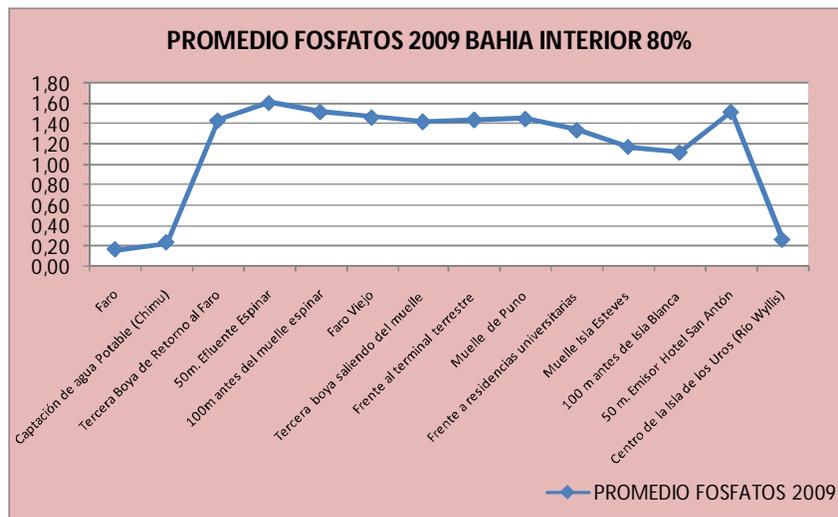


El problema de la contaminación por nutrientes en la bahía Interior de Puno con relación a los  $PO_4^{3-}$ , con un estándar fijado en 0.4 mg/L para la conservación de lagos y lagunas es consecuencia directa del vertimiento de las aguas residuales y pluviales.

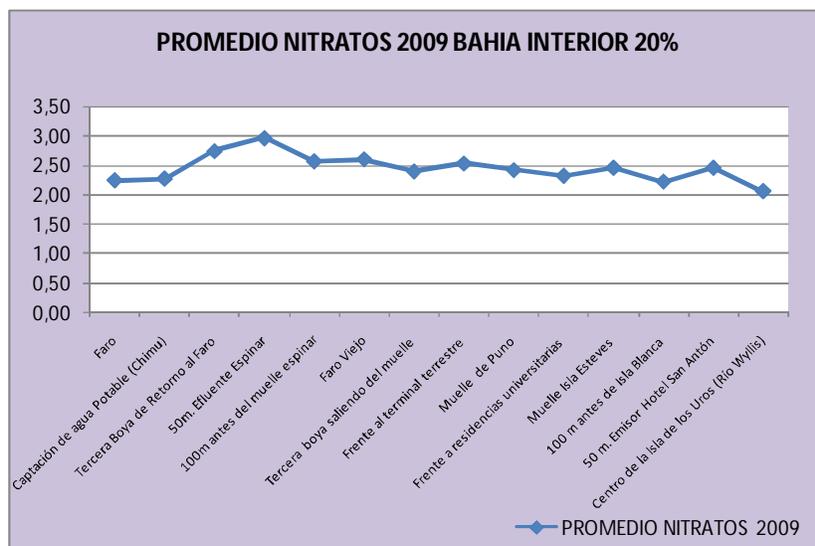


Como se puede observar en el gráfico a excepción de la Estación de muestreo del Faro, captación de agua potable Chimu y centro de la isla de los uros (rio Wili) todos sobrepasan los límites máximos permisibles, para muestras en la columna de agua al 20%.

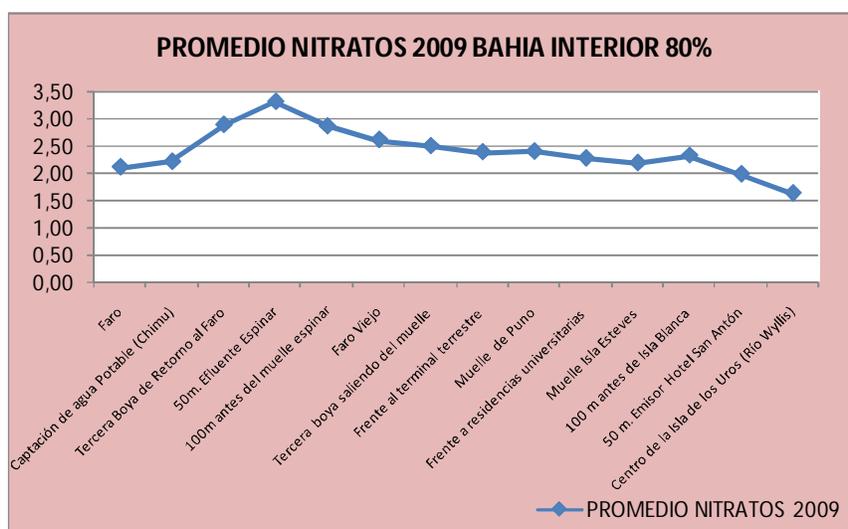
Para muestras de columna de agua al 80%, de igual manera todos sobrepasan los límites máximos permisibles, a excepción de los tres puntos mencionados anteriormente.



Para el caso de los nitratos con un estándar fijado en 5.0 mg/L para la conservación de lagos y lagunas, los resultados obtenidos para los diferentes puntos de muestreo, no sobrepasan los límites máximos permisibles, como se observa en el gráfico, esto al 20% de la columna de agua.



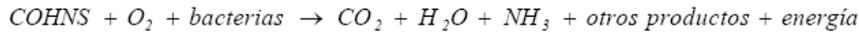
Para el caso del muestreo para el 80% de la columna de agua, los resultados no sobrepasan los límites máximos permisibles que es de 5 mg/L.



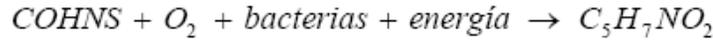
La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es el método de laboratorio usado con mayor frecuencia para medir cantidades de materia orgánica (en general mayores a 1 mg/L). Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido. Tres actividades más o menos diferenciadas pueden ocurrir. Primero, una parte del desecho se oxida a productos finales y con ellos los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de nuevo tejido celular.

Simultáneamente, otra fracción del desecho se convierte en tejido celular nuevo empleando la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando se consume la materia orgánica, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular; este tercer proceso es llamado respiración endógena. El término usado para representar los desechos orgánicos es COHNS (el cual representa los elementos carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y azufre), y para el tejido celular es  $C_5H_7NO_2$ ; los tres procesos se definen por las siguientes reacciones químicas:

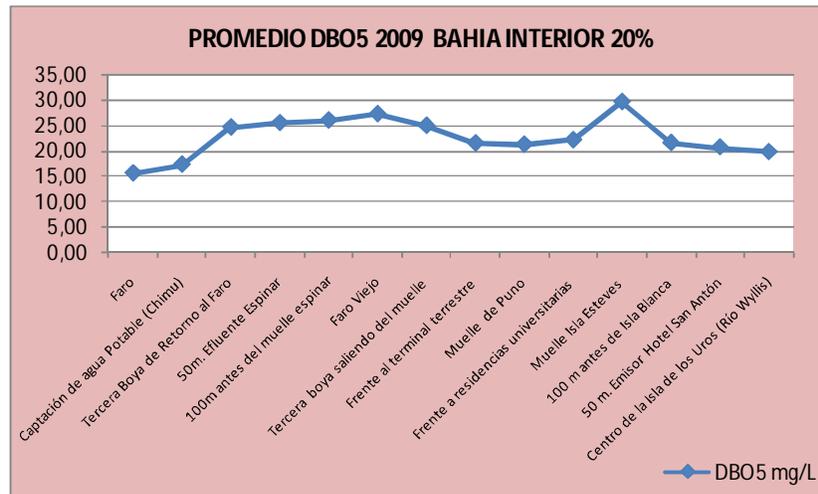
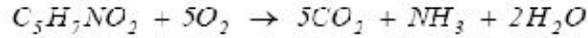
Oxidación



Síntesis

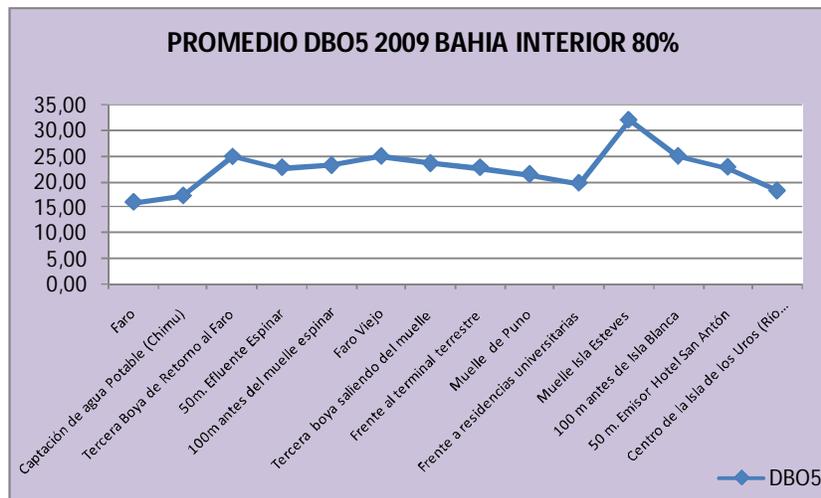


Respiración endógena



El gráfico nos muestra los promedios del comportamiento de la DBO5 en la columna de agua al 20% de profundidad, en los diferentes puntos de muestreo de la Bahía Interior de Puno, los cuales sobrepasan los límites máximos permisibles según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua en la categoría 4, Conservación del Ambiente Acuático que fija un estándar de <5 mg/L para la conservación de lagunas y lagos.

Para el caso del muestreo en la columna de agua al 80% de profundidad, de igual manera sobrepasan los límites máximos permisibles para la categoría 4 Conservación del Ambiente Acuático.



Esta contaminación es consecuencia directa del vertimiento de las aguas residuales y pluviales.



La figura muestra el nivel de contaminación del lago producto de la descarga de aguas residuales de las lagunas de oxidación del Espinar.



La figura muestra la toma de muestras en la Bahía Interior de Puno, a la profundidad de 20% y 80 % de la columna de agua.



La figura muestra el incremento de la propagación de lenteja de agua, producto de la gran cantidad de nutrientes existentes en el agua, por el vertido de aguas residuales.