



Reserva Municipal Laguna Nimes



**Impacto de la ciudad de Calafate
por vertidos provenientes de la
planta de tratamiento de efluentes
líquidos.**

**Esteves José Luis y Faleschini
Mauricio**

**Informe Técnico
Noviembre 2005.**



Introducción

La laguna de Nimes, es un ambiente litoral al lago Argentino, ubicada en la localidad de Calafate, Provincia de Santa Cruz. Sus características limnológicas se asocian a un humedal, con la presencia de numerosos aves que nidifican, reposan o se alimentan en la misma. La Municipalidad de Calafate, con razón, ha declarado a la misma Reserva Municipal. Esta constituye un lugar de visita obligado para los turistas que recorren la región y se ha preparado un circuito de aproximadamente 2500 metros de extensión para la observación de la avifauna y de la flora del lugar, con refugios para la mejor observación. La figura 1 muestra la posición relativa.



Figura 1. Laguna Nimes (según Imberti y Albrieu, 2004).

El crecimiento de la ciudad ha sido importante en la última década. La población en el año 1991 era de 3101 personas con una distribución de la población de 53% y 47% de mujeres y varones respectivamente. En el año 2001, este número se ha duplicado contándose con una población total 6410 habitantes repartidos en un 48% de mujeres y 52% varones (INDEC, 2005). El turismo se ha incrementado de manera concomitante y se ha hecho más constante a lo largo del año. La localidad cuenta con una planta de tratamiento secundario de efluentes cloacales diseñada para una población del orden de los 4000 habitantes (Sr. Ariel Quinteros, comunicación personal). No toda la población se encuentra servida con este sistema y existen pozos absorbentes en varios sectores de la Ciudad. La planta de tratamiento descarga una parte de los efluentes tratados a la laguna; la otra parte de los mismos va a una pileta cercana – construida al efecto – de una profundidad de 4 metros aproximadamente. Esta se encuentra en una zona de médanos, por lo que la filtración de esta agua hacia la Laguna Nimez, es fuertemente probable.

El objetivo de este estudio ha sido caracterizar el efluente urbano que drena en la Laguna Nimes y las áreas de la laguna adyacentes al vertido, desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico. Este estudio se encuentra enmarcado en un Acuerdo entre la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y la Fundación Patagonia Natural (FPN).

Materiales y Métodos

Se establecieron cuatro estaciones de muestreo, de manera de caracterizar el líquido crudo (E1), el ingreso a la laguna luego de atravesar un canal de aproximadamente 25 metros (E2), dos puntos dentro de la laguna: uno en el este (E3) y el otro en el oeste (E4), separados entre sí por una distancia de unos 300 metros.

La Fotografía 1 muestra la llegada de los efluentes a la Laguna.



El caño proveniente de la planta de tratamiento desemboca en una cisterna que baja su energía para evitar cárcavas profundas. El caudal es variable y seleccionable desde la Planta. La observación a lo largo del día, mostró caudales relativamente bajos en el día, que se incrementaron significativamente a partir de las 20 horas. El excedente de esta cámara cae a la zona de marisma y por desnivel se dirige a la Laguna. El recorrido es de aproximadamente 25 metros de un canal con una profundidad media de 40 cm, con sedimentos limo-arcillosos. A ambos lados de este canal la vegetación es densa, aunque baja, formada por arbustos variados. Los sedimentos son anóxicos en prácticamente todo el trayecto; el color y el olor de esta agua es indicativa de agua proveniente de una planta de tratamiento. Las fotografías 2 y 3 muestran la zona del canal y su desembocadura a la Laguna.



Fotografía 2: Canal de drenaje a la Laguna – Estación 2



Fotografía 3: Canal de drenaje a la Laguna (Estación 2).

La estación 3 se ubicó sobre la Laguna, a unos 100 metros al este de la desembocadura del Canal. La fotografía 4 muestra la ubicación relativa. El primer plano muestra el arroyo que llega a la Laguna proveniente – muy probablemente – de la filtración de la laguna cercana a la Planta de Tratamiento.



Fotografía 4

La estación 4 se ubicó sobre la Laguna, a unos 100 metros al oeste de la desembocadura del Canal. La fotografía 5 muestra la ubicación relativa. El primer plano muestra una cañería diseñada para aportar agua dulce a la laguna en períodos de bajo aporte. Según el personal de Servicios Públicos, esta cañería aporta solamente agua proveniente del lago Argentino. Al final de su recorrido, presenta un dispersor colocado perpendicular a la cañería y con orificios por donde sale el agua (ver Fotografía 5 y 6). La cañería de conducción – en el momento del análisis - se encontraba rota, por lo que el agua que llegaba se derramaba bastante antes de llegar al dispersor. La fotografía 7 muestra el problema.



Fotografía 5: Estación 4 y dispersor de agua proveniente de Lago Argentino 11 15 2005 09 29



11 13 2005 19 51



Fotografía 7: Detalle de la cañería rota.

Parámetros a medir

- **Bacteriología:** Se prepararon las diluciones adecuadas para la determinación del Número Más Probable (NMP), utilizando recipientes y jeringas estériles. Volúmenes de 100 ml de muestra con el agregado del medio de cultivo adecuado, se vierten en recipientes Quanta-tray®, y se sellan en una selladora ad-hoc. Esto permite aislar totalmente 51 celdas. Se incuban a 35°C durante 24 horas. La presencia de coliformes totales se detecta por la coloración amarilla de las celdas, mientras que la presencia de *Escherichia coli* se detecta por una coloración azul al iluminar las celdas positivas con luz ultravioleta. Se cuentan el número de celdas amarillas y azules sobre el total (51) y teniendo en cuenta la dilución, se determina el NMP y los desvíos correspondientes. Se incuban nuevamente a la misma temperatura durante 4 horas más y se repiten las observaciones para confirmar los valores.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días):** se analizó como la diferencia en la concentración de oxígeno disuelto de una muestra al inicio del ensayo y al final, luego de la incubación de la misma durante cinco días a 20°C. El consumo de oxígeno disuelto está asociado al contenido de materia orgánica de la muestra. Se realizaron distintas diluciones: una fracción de muestra llevada a 700 ml con agua de dilución

conteniendo un buffer de pH 7 de fosfato y nutrientes. La concentración de oxígeno se midió con un oxímetro YSI modelo 58.

- **Parámetros In Situ:** se midió Oxígeno Disuelto, Conductividad, pH, Temperatura utilizando una sonda YSI 6000 con la cual se realizó un seguimiento durante dos horas aproximadamente con adquisición de datos cada 1 minuto. Las estaciones seleccionadas fueron la 2 y la 3. En los cuatro sitios de muestreo se midió de manera discreta (no continua), oxígeno disuelto y temperatura con una sonda YSIy pH con un peachímetro Altronix.
- **Amonio:** Método: Es una modificación del método del fenol-hipoclorito de Solorzano. Descripto por APHA (1995).
Rango: 0,1 – 10 µg-at/litro.
Principio del método: El agua es tratada en un medio alcalino con hipoclorito de sodio y fenol en presencia de nitroprusiato de sodio que actúa como catalizador. El azul de indofenol formado con el amonio es medido a 640 nm.
- **Nitrito:** Método: de Shinn y modificado por Bendschneider y Robinson (con modificaciones para análisis con autoanalizador) descripto por APHA (1995).
Rango: 0,01 - 2,5 µM
Principio del método: El nitrito en el agua, reacciona con sulfanilamida en solución ácida. El compuesto diazo resultante, reacciona con N-(1-Naftil)-etilendiamina y forma un compuesto azo altamente coloreado, cuya extinción se mide a 543 nm.
- **Nitrato:** Método: de Morris y Riley (con modificaciones para análisis con autoanalizador) descripto por APHA (1995).
Rango: 0,05 - 45 µM
Principio del método: El nitrato se reduce cuantitativamente a nitrito, al pasar la muestra a través de una columna con limaduras de cadmio recubiertas con cobre metálico (coperizadas). El nitrito así reducido y el originalmente presente en la muestra es determinado por diazotación con sulfanilamida y copulado con N-(1-Naftil)-etilendiamina, para formar un compuesto azo muy coloreado, cuya extinción se mide en un espectrofotómetro visible a 543 nm. Posteriormente haciendo la corrección por la cantidad inicial de nitrito que reacciona cuantitativamente con los mismos reactivos, se obtiene finalmente la concentración de nitrato reactivo.
- **Fosfato:** Método: de Murphy y Riley descripto por APHA (1995).
Rango: 0,03 - 5 µM
Principio del método: El agua reacciona con un reactivo compuesto que contiene ácido molibdico, ácido ascórbico y antimonio trivalente. El complejo heteropoliácido resultante es reducido in situ para dar una solución azul, cuya extinción es medida a 885 nm.
- **Clorofila “a”:** El agua es filtrada a través de filtros de acetato de celulosa de 0,45 µm de diámetro de poro. El filtro se congela a -20°C hasta el momento de su análisis. Se extrae la clorofila del filtro mediante acetona al 90% durante 24 horas. Se centrifuga y

el sobrenadante se lee en fluorómetro Turner®. Se aplican las ecuaciones de acuerdo a la técnica descripta por APHA (1995).

- **Sólidos Sedimentables 10´ y 2Hs:** se midió como el volumen sedimentado en un cono de Imhoff, en 10 minutos y en 2 horas.
- **Sólidos Suspendidos:** es la diferencia entre el peso inicial de un filtro GFC (fibra de vidrio) y su peso luego de haber filtrado 100 ml de muestra y haber sido secado a 103 °C. En el filtro quedan retenidas todas aquellas partículas cuyo diámetro es mayor a 1,2 micrómetros.
- **Sólidos Totales:** se midió como la diferencia en peso entre el peso inicial de una cápsula de porcelana y el obtenido luego de evaporar 100 ml de muestra a 103 °C en estufa.
- **Sólidos Fijos:** se obtuvo como la diferencia en peso entre la cápsula inicial y el peso de la cápsula (conteniendo los Sólidos Totales) luego de su exposición a 550 °C en una mufla.
- **Sólidos Volátiles:** representa la diferencia entre el peso de la cápsula luego de la sequedad a 103 °C y el peso luego de calcinar a 550 °C.

Resultados

- **Bacteriología.** Las tablas 1 y 2 muestran los resultados obtenidos para coliformes totales y fecales respectivamente. Por una parte, se pueden observar concentraciones elevadas de coliformes totales, tanto en la estación 1 como en la 2, del orden de 10^8 Coli/100 ml. Los coliformes fecales (expresados como *Escherichia coli*), se encontraron con valores del orden de 10^6 , Colifecales/100 ml; aunque menores, superaron los límites establecidos por la legislación para vertidos en cuerpos de agua dulce. Por otro lado, existen diferencias entre las estaciones 3 y 4. La 3, ubicada al Este de la desembocadura del canal, mantiene las concentraciones elevadas (10^6 NMP/100 ml) para coliformes fecales y 10^5 NMP/100 ml, respectivamente). La estación 4, ubicada al oeste de la desembocadura del canal mostró valores dos órdenes de magnitud inferiores en los dos componentes bacteriológicos analizados. De estos datos se concluye que dentro de la Laguna y sobre el sector sur, existe una deriva del agua hacia el Este por acción del viento posiblemente.

	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Límite Inferior	Límite Superior
Estación 1	$2,22 \times 10^8$	$1,41 \times 10^8$	$3,52 \times 10^8$
Estación 2	$6,40 \times 10^7$	$3,00 \times 10^7$	$1,39 \times 10^8$
Estación 3	$1,45 \times 10^6$	$1,02 \times 10^6$	$2,24 \times 10^6$
Estación 4	$6,4 \times 10^4$	$3,00 \times 10^4$	$1,39 \times 10^5$

Tabla 1: Concentración media, límite inferior y superior (NMP/100 ml) de coliformes totales.

	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	Límite Inferior (NMP/100ml)	Límite Superior (NMP/100ml)
Estación 1	5,31 x 10 ⁶	3,75 x 10 ⁶	7,62 x 10 ⁶
Estación 2	6,24 x 10 ⁶	4,46 x 10 ⁶	8,88 x 10 ⁶
Estación 3	3,64 x 10 ⁵	2,47 x 10 ⁵	5,39 x 10 ⁵
Estación 4	6,97 x 10 ³	5,00 x 10 ³	9,90 x 10 ³

Tabla 2: Concentración media, límite inferior y superior (NMP/100 ml) de coliformes fecales.

La norma chilena (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2000), establece entre otros límites, los máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres. El límite máximo permisible es de 10³ Colifecales/100 ml. Los mismos valores establece la legislación Brasileira (CONAMA, 2005).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Los valores de DBO fueron elevados en el momento del muestreo. Concentraciones del orden de 120 o 130 mg/l, representan prácticamente un líquido crudo con poca degradación. Esto puede ser debido a una baja eficiencia de la Planta de Tratamiento o también a aportes de orgánicos que superan las normas relativas a afluentes. Una vez en la Laguna, la DBO disminuye y puede observarse mayor concentración en la estación 3 coincidente con la deriva de las aguas en esa zona. Las concentraciones límites que se establecen para vertido en cuerpos receptores en donde se debe proteger la fauna, es del orden de 50 mg/l.

	DBO₅ (mg/l)
Estación 1	129,3
Estación 2	123,0
Estación 3	32,8
Estación 4	22,1

Tabla 3: Valores de DBO medidos.

La Provincia de Santa Cruz (1996), establece en su Ley 1451, un límite de 50 mg/l de DBO₅ 20°C para el vertido en canales de desagüe. La Unión Europea (1991) establece un máximo de DBO de 25 mg/l para agua proveniente de plantas de tratamiento de efluentes urbanos a cuerpos receptores naturales que pueden estar sometidos a procesos de eutroficación.

- **Parámetros In Situ**

El líquido crudo ingresó a la Laguna con valores de saturación de Oxígeno Disuelto del orden de 60%; esto es un reflejo del tratamiento secundario previo que se realiza en la Planta

de Tratamiento, en donde tiene lugar un proceso de aireación mecánico. Estas concentraciones y los valores elevados de DBO a la salida, sería un indicio de un bajo tiempo de retención del agua en la Planta. Cuando el agua pasó de la estación 1 a la 2 a través del canal, ya sobre la Laguna, se observó una disminución importante en la concentración de oxígeno disuelto. Esto puede asociarse a la marisma como un sistema consumidor de oxígeno, evidenciado por una densa vegetación y por nodos anóxicos que se ponen en resuspensión por la presencia de pisadas de animales como caballos, por ejemplo.

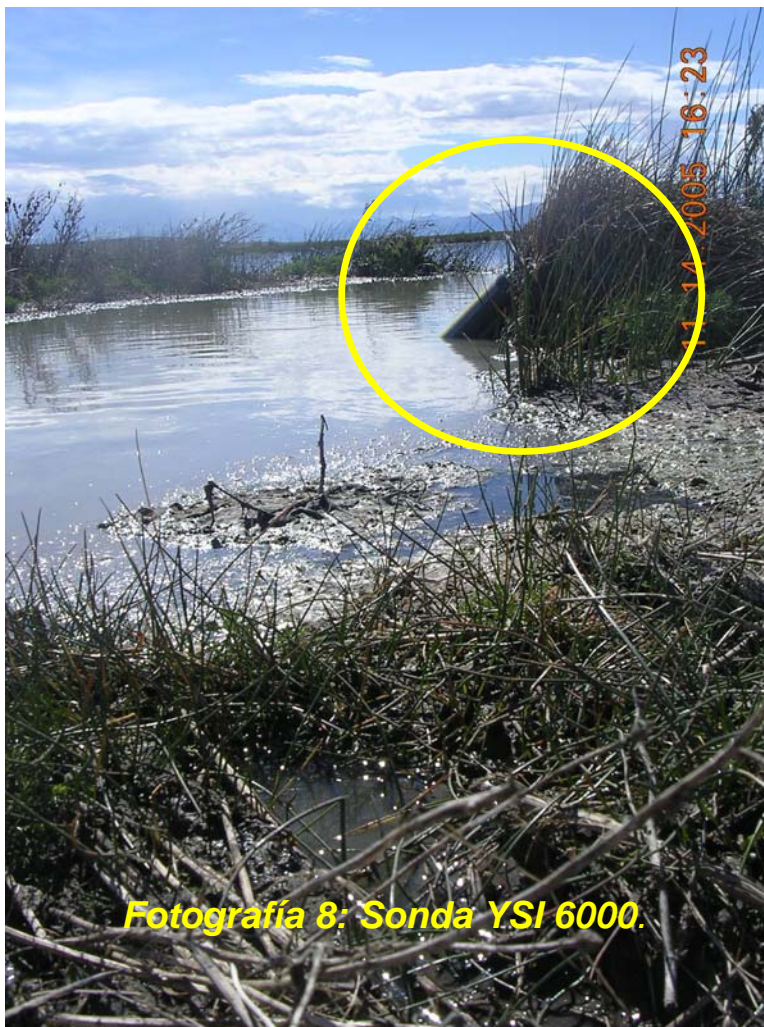
La temperatura se mantuvo prácticamente constante en las cuatro estaciones. El pH presentó con valores típicos de un líquido cloacal (E1 y E2) y se registró un incremento en las estaciones E3 y E4. Este incremento se relaciona directamente con la producción primaria (microalgas, plantas acuáticas y terrestres). Se observó un mayor valor en la E3, lo cual estaría nuevamente relacionado a la acción predominante del viento Oeste.

	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	pH
Estación 1	17,5	6,3	7,32
Estación 2	17,5	1,9	7,24
Estación 3	17,5	7,8	8,94
Estación 4	18,0	7,3	8,39

Tabla 4: Valores de parámetros obtenidos *in situ*.

- Mediciones en continuo

Como se explicó más arriba, se hicieron mediciones cada minuto en dos estaciones a lo largo de un período cercano a las 2 horas. Las estaciones fueron la 2 y la 3. Los parámetros medidos fueron: oxígeno disuelto, conductividad, pH, temperatura, potencial redox. La fotografía 8 muestra el equipo ubicado en la estación 2.



Fotografía 8: Sonda YSI 6000.

El oxígeno disuelto se mantuvo siempre por debajo del 5% de saturación en la estación 2, coincidente con los valores discretos analizados con la sonda YSI 58. En la estación 3, las concentraciones aumentaron significativamente. La variabilidad fue mayor con un rango de concentración entre 60 y 120% de saturación. Los máximos se observaron a las 19 horas con 137% de saturación. La figura 2 muestra las variaciones observadas.

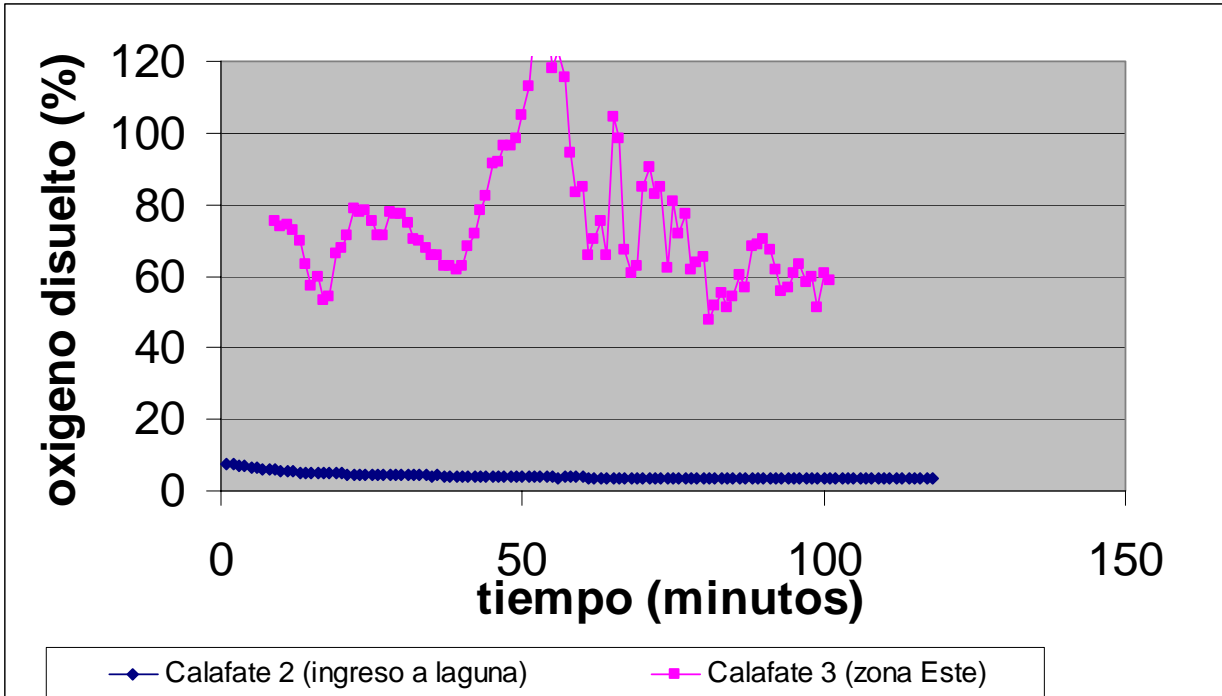


Figura 2: Variación del oxígeno disuelto en dos estaciones de la Laguna.

El pH mostró una evolución similar al oxígeno disuelto. Fue constante en la estación 2 con valores del orden de 7,3, mientras que varió significativamente en la estación 3. Los máximos observados (pH 9), fueron coincidentes con la hora de máximo oxígeno disuelto. La figura 3 muestra los resultados.

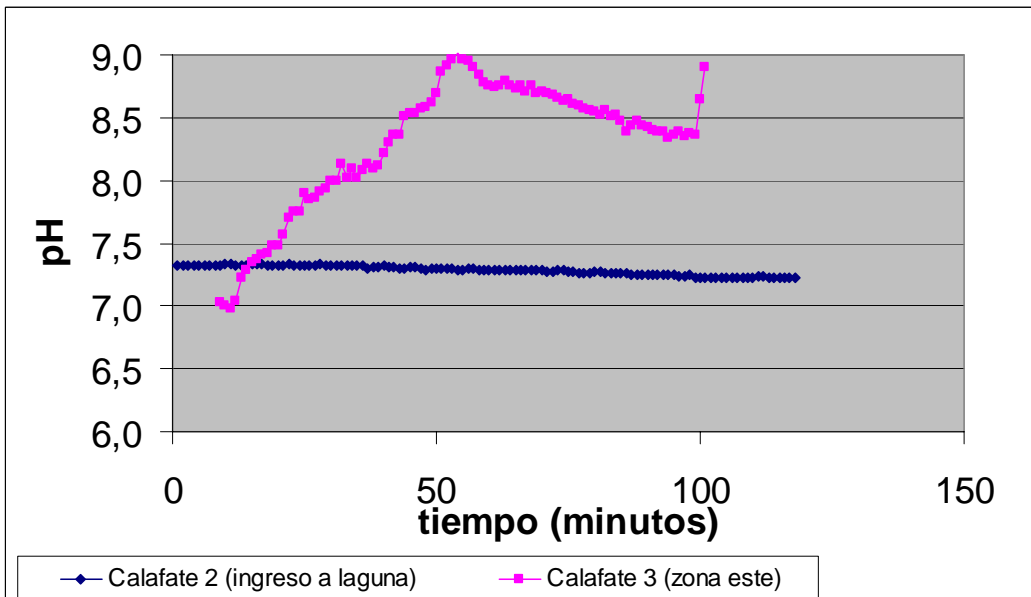


Figura 3. Valores de pH a lo largo del tiempo.

La conductividad fue más elevada en el agua de salida del efluente que en el agua de la Laguna. Las variaciones en la estación 3 fueron menores que los otros parámetros observados (Figura 4).

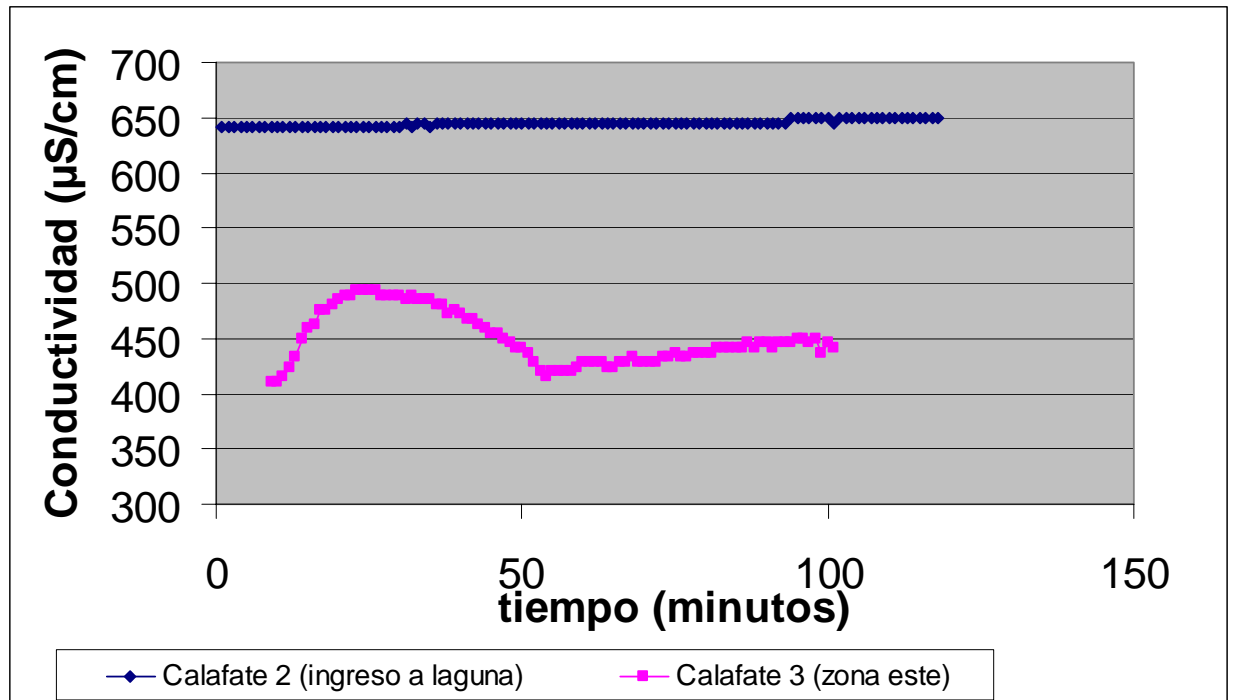


Figura 4: Valores de Conductividad,

El potencial redox. Este parámetro muestra la energía del sistema. Los valores máximos (hasta 400 mV) se dan en zonas bien aireadas. Los mínimos (hasta -300 mV) se pueden observar en sedimentos anóxicos. Los valores en el agua no reflejan necesariamente la situación en los sedimentos, pero es un indicio claro de una interacción entre los dos sustratos: sedimento y agua. El potencial redox mostró valores bajos para la estación 2 (20 mV), coincidentes con bajo tenor de oxígeno disuelto. Para la estación 3 en cambio, los valores superaron los 100 mV en el mismo momento en que el oxígeno y el pH alcanzaron los valores máximos (Figura 5).

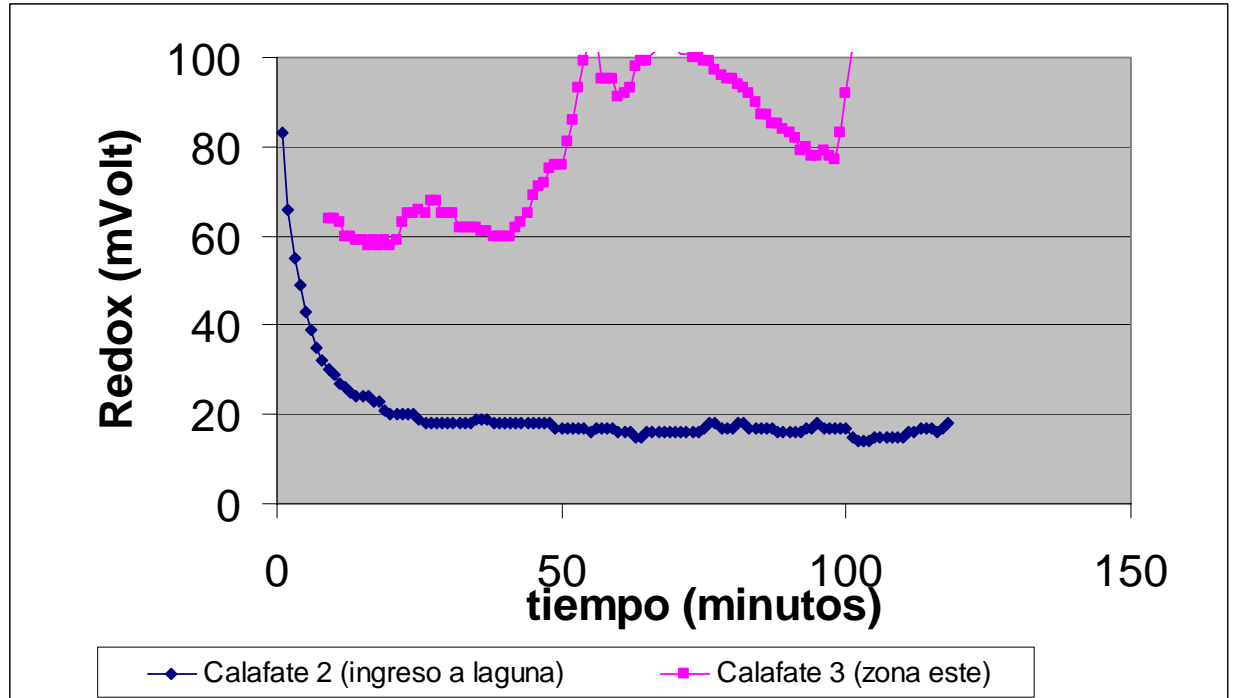


Figura 5: Valores de potencial redox.

- Nutrientes

Amonio. Los valores fueron máximos en las estaciones 1 y 2. Su concentración (41 μM), es un indicio de que existe un tratamiento previo; en caso de anoxia total este valor debería haber sido más elevado. En la Laguna, las concentraciones disminuyeron sensiblemente; la estación 3 algo más elevada que la 4, reflejando la deriva del agua en ese sector de la Laguna.

Nitrito y Nitrato. Sus valores fueron bajos o no detectables en las estaciones 1 y 2. En este caso, el amonio es el componente más estable en un ambiente con alta hipoxia (disminución de oxígeno disuelto), por lo que las bajas concentraciones de nitrito y nitrato son normales. En la Laguna, ambos compuestos incrementaron su concentración, por la existencia de procesos de nitrificación.

Fosfato. Este compuesto se mantuvo con concentraciones relativamente elevadas en todo el sistema.

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos.

	Amonio (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)
Estación 1	41,0	0,01	nd	4,0
Estación 2	41,22	0,02	nd	5,0
Estación 3	13,6	0,04	0,06	4,8
Estación 4	11,9	0,03	0,01	4,6

nd: no detectable.

Tabla 5: concentraciones observadas de nutrientes.

- **Sólidos**

Sólidos sedimentables. Los valores observados fueron insignificantes en 10 minutos y bajos en 2 horas. Marca claramente la inexistencia de sólidos pesados (tipo arena).

Sólidos suspendidos, totales, fijos y volátiles. Fueron mayores en las estaciones 1 y 2 y disminuyeron en las estaciones 3 y 4. Las variaciones más notables se observaron en los sólidos suspendidos, constituidos mayormente por elementos orgánicos provenientes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento. La tabla 6 muestra los resultados obtenidos.

	Sólidos Sedimentables		Sólidos			
	10´ (ml/l)	2 Hs. (ml/l)	Suspendidos (mg/l)	Totales (mg/l)	Fijos (mg/l)	Volátiles (mg/l)
Estación 1	<0,1	0,7	184,0	613	342	271
Estación 2	<0,1	0,7	191,4	584	325	259
Estación 3	<0,1	0,9	31,0	448	287	161
Estación 4	<0,1	<0,1	32,0	416	283	133

Tabla 6. Sustancias sólidas observadas en los muestreos.

La Unión Europea (1991) establece valores de Sólidos suspendidos totales de 60 mg/l para un equivalente poblacional entre 2.000 y 10.000 y menor de 35 mg/l para un equivalente poblacional mayor de 10.000. para agua proveniente de plantas de tratamiento de efluentes urbanos a cuerpos receptores naturales que pueden estar sometidos a procesos de eutroficación:

Grasas y aceites

En la estación 1 se obtuvo un valor de 13 mg/l, que define el origen de esta agua. En la estación 4, este valor decae a 0,6 mg/l. La tabla 7 muestra estos resultados.

Grasas y aceites (mg/l)

Estación 1	13,0
Estación 2	0,57

Clorofila “a”

La clorofila “a” es un parámetro biológico que nos permite conocer la biomasa vegetal (en general de fitoplancton), que hay en un sistema. Por este motivo, el análisis de clorofila “a” no se realizó en la estación 1, ya que el agua proveniente de la Planta de Tratamiento no debería mostrar concentraciones de relevancia. En la estación 2 – en la desembocadura del canal – su concentración fue relativamente baja (7,7 mg/m³), mientras que aumentó significativamente en las estaciones 3 y 4. En la estación 4, el valor observado (52,5 mg/m³), fue aún menor que en la estación 3 (466,7 mg/m³). Este comportamiento coincide con lo observado para otros parámetros, y se lo relaciona con la influencia de este canal (y de sus constituyentes) sobre la Laguna, por la deriva del agua que sale de la Planta de Tratamiento. En la estación 3, el tiempo de permanencia del agua en la Laguna ha sido suficientemente grande y se refleja con una concentración elevada de clorofila “a”. La tabla 8 muestra estos resultados.

	Clorofila “a” (mg/m³)
Estación 1	---
Estación 2	7,7
Estación 3	466,7
Estación 4	52,5

Tabla 8. Datos de clorofila “a”.

Otras Consideraciones

- Existe un drenaje de agua transparente cercano al puesto de observación 9, que podría tener origen en la Laguna perteneciente a Servicios Públicos. Si bien este afluente no se lo analizó, el agua era incolora e inolora. Debería confirmarse. La fotografía 8 muestra la zona de referencia.



Fotografía 9: afluente a la Laguna Nimes.

- Existe un drenaje de agua desde la Laguna Dos hacia la Laguna Nimes, con olor *sui generis*, color turbio y caudal relativamente importante. No se analizó esta agua ni se buscó su origen, pero este aporte podría estar incrementando la productividad del sistema Nimes.
- Se observaron numerosos caballos pastando en el humedal. Es claro que sus deposiciones constituyen un aporte adicional de materia orgánica a un sistema que ya es rico naturalmente y su presencia puede destruir nidos de aves. Por otra parte impacta negativamente a aquellos que pueden dedicar buena parte de su tiempo a la observación de las aves. Se debería analizar la conveniencia o no de su permanencia en el lugar a la luz del objetivo que se persigue para este sistema.
- Es claro que hay filtración de agua hacia el Lago Argentino. La calidad será de un agua con carga orgánica, posiblemente saturada de oxígeno disuelto y con mayor concentración de nutrientes que el propio Lago. Se debería estimar el caudal de agua diario para realizar un balance de masas y determinar el grado de impacto que está teniendo el Lago a causa de la laguna Nimes y el humedal circundante.

Conclusiones del estudio

El incremento poblacional de la Ciudad de Calafate, genera un impacto ambiental sobre su entorno, que también se incrementa. La existencia de una Planta de Tratamiento de efluentes urbanos, minimiza este impacto. A la luz de la información obtenida en la estación 1, su tratamiento no es completo en la Planta y finaliza en la Laguna de Nimes o en una laguna

aledaña a la Planta. Las características del agua que se vierte en la Laguna Nimes reflejan su origen: alta carga bacteriana, bajo oxígeno, pH neutro, amonio elevado, olor *sui generis*, alta turbidez. ¿Cuál es el impacto sobre la avifauna? Resulta imposible responder la pregunta a la luz de estos datos. Pero sí sabemos que en términos generales se ha detectado una carga bacteriana alta que excede los límites establecidos por la legislación ambiental sobre vertidos a cuerpos de agua naturales. Hay información nacional e internacional que asocian el desarrollo de algas tóxicas al vertido de nutrientes (nitrógeno, fósforo) en concentraciones elevadas y con relaciones entre ellos diferentes de lo natural. Estas algas han generado mortalidades importantes en la avifauna.

La Laguna de Nimes constituye un ecosistema perturbado antrópicamente y no cambiará su estatus por la existencia de la ciudad de Calafate en su entorno. El objetivo a perseguir es mitigar el impacto negativo de la Ciudad, haciendo un manejo adecuado de los afluentes, de los residuos sólidos, de los animales que pastorean en ella, del manejo de la vegetación.

En momentos de sequía, la existencia de un flujo de agua permanente a la Laguna Nimes, colabora con el mantenimiento del humedal y – por extensión – con la permanencia de la fauna en el lugar. Se debe analizar cuál sería el devenir del humedal si se eliminara el agua que llega a la Laguna. Posiblemente entraría en un ciclo natural de sequía – humedad, tal como habría existido antes de la instalación de la Ciudad. Se debería analizar la situación de la Laguna también a la luz de esta realidad.

Existe un proyecto de cambio en la ubicación y en la capacidad de tratamiento del sistema cloacal de la Ciudad a la luz del crecimiento poblacional. Parte del agua tratada, con mejores condiciones físicas, químicas y biológicas, podría seguir derivándose hacia la Laguna, para mantener el humedal. El resto, podría destinarse al reuso, con riego de forestaciones, usos industriales, etc.

El presente Informe se ha realizado con un único muestreo en temporada estival. Sería importante conocer la situación en período invernal para conocer la capacidad de depuración de la Planta y de la Laguna.

Recomendaciones

Las recomendaciones más importantes que surgen de este estudio son las siguientes:

- controlar con una frecuencia mensual la calidad bacteriológica y química del agua que llega a la Laguna Nimes proveniente de la Planta de Tratamiento.
- El agua que no es necesario dirigir a la Laguna debería ser reutilizada. La posibilidad de regar cordones forestales y usos industriales o semi-industriales que no requieran una calidad “potable” (fábrica de ladrillos, selección de áridos, por ejemplo). Esto minimizaría la extracción de agua del Lago, minimizando a su vez el volumen a tratar.
- Limitar el consumo de agua. Ciudades argentinas ribereñas a lagos (Bariloche, San Martín de los Andes), han debido construir plantas de tratamiento terciarias para mitigar problemas de eutroficación en los lagos. Se bien se desconoce el impacto actual de la ciudad de Calafate sobre el Lago Argentino, estimamos que éste debe ser bajo por la relativamente escasa población. Pero, a juzgar por el incremento poblacional que está teniendo esta zona, es claro que el impacto se incrementará en igual medida. Se hace necesario entonces un control del agua, antes y después del proceso de purificación.

- Control antes del proceso. Mediante programas de Educación ambiental en diferentes niveles que ayuden a minimizar su uso.
- Control después del proceso. Controlando la calidad obtenida en la Planta de Tratamiento, buscando alternativas de reuso.
- Estudio de la microflora de la Laguna. Los problemas de eutroficación implican también el desarrollo de poblaciones microalgales nocivas para la salud animal. Conocer la evolución de los componentes de esta microflora ayudará a tomar determinaciones sobre qué tipo de agua debería llegar a la Laguna para mantener las poblaciones de aves en buen estado de salud.

Referencias

- APHA, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington, DC.
- CONAMA, 2005. Conselho nacional do meio ambiente. Resolução No 357, DE 17 DE MARZO DE 2005. http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_274_00.pdf (revisado setiembre 2005).
- Imberti Santiago y Albrieu Carlos, 2004. El Calafate – Argentina. Aves de la Laguna Nimez. Convenio Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Municipalidad de El Calafate. 32 pp.
- INDEC, 2005. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Argentina. http://www.indec.mecon.ar/censo2001s2_2/datos/780000c111.xls (revisada el 11-2005).
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2000. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Norma chilena (D.S. N° 90/2000 del (DO 7.03.2001). Máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres.
- Provincia de Santa Cruz, 1996. Ley N° 1451. Estudio, uso y preservación de las aguas públicas provinciales no marítimas. Disposición 4/1996. Anexo II. Tablas de parámetros y sus límites permisibles de vuelco en cada cuerpo receptor. <http://www.dsostenible.com.ar/leyes/santacruzdispos4.html> (revisado noviembre 2005).
- Unión Europea. 1991. COUNCIL DIRECTIVE. Directive 91/271/EEC. of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment (91/271/EEC). <http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-urbanwaste/directiv.html> (revisado: setiembre 2005)