



CONTAMINACIÓN EN UN SITIO URBANO DE LA CIUDAD DE LA RIOJA, ARGENTINA. ANÁLISIS DE RIESGO

CONTAMINATION IN AN URBAN SITE OF LA RIOJA CITY, ARGENTINA. ANALYSIS OF RISK

MANUEL MAMANI, J. HUESPE, R. MORENO RAVELLI, R. DEMATTE

Universidad Nacional de La Rioja
mmamani@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN

En la ciudad capital de La Rioja existe un sitio de disposición final de efluentes líquidos vertidos por las industrias, principalmente del género textil, denominado “laguna azul”. Posee una superficie de 2,8 ha, una profundidad máxima de 6 m y una carga hidráulica que contribuye a la infiltración de este líquido en el subsuelo. Para el estudio de los parámetros físicos y químicos del líquido se diseñó un dispositivo mecánico que permitió la extracción automática de muestras a diferentes profundidades. A partir de ellas se trazó la línea base de los contaminantes y se los comparó con las normas establecidas por la Environmental Protection

Agency (EEUU). Los resultados mostraron disminución del pH desde 9,81 en la superficie a 9,24 a 4 m de profundidad. La conductividad eléctrica, en cambio, aumentó de 12 mS/cm a 13,4 mS/cm para la misma profundidad. Se detectó además la presencia de Cd y Cr, fenoles y formaldehído.

Palabras clave: aguas residuales, laguna artificial, metales pesados

Summary

In La Rioja city there is a site for final disposal of liquid effluents discharged by industries, mainly textile factories, called Laguna Azul. It covers an area of 2.8 ha, with a maximum depth of 6 m, and a hydraulic load that contributes

to infiltration of the liquid into the subsurface. For studying the physical and chemical parameters of the liquid, a mechanical device was designed that allows the automatic extraction of samples from different depths. Results showed that the pH value decreased from 9.81 on the ground surface to 9.24 at 4 m depth. Measured conductivity was 12 mS/cm, increasing to 13.4 mS/cm for the same depth. Presence of Cd and Cr, phenol and formaldehyde was detected as well.

Keywords: *artificial lake, heavy metals, wastewater*

INTRODUCCIÓN

En el extremo este de la ciudad de La Rioja, a mediados del año 1979, se conformó un Parque Industrial integrado por empresas alimenticias, textiles, papeleras, químicas, metalmecánicas, farmacéuticas, etc. Muchas de ellas, al no contar con un tratamiento de efluentes, volcaban las aguas residuales en el sistema cloacal, luego se optó por derivarlos hacia una cava originada por la extracción de áridos, formándose así la denominada “laguna azul” (Díaz Mayorga, 1997).

Esta laguna se encuentra ubicada a 400 metros de la intersección entre la Ruta Provincial N° 5 y Ruta Nacional N° 38 (29°24'03 Lat. Sur

- 66°49'43 Long. Oeste). En el año 2006 su extensión era de 2,8 ha, la profundidad máxima en el sitio de donde se realizó el muestreo es de 6 m y el perímetro ocupado por la superficie alcanza a 716 m. El nombre de la laguna azul se debe a la coloración de la misma debida a una importante descarga de colorantes hidrosolubles. Sumado a la contaminación por metales, pH, temperatura, sales provocaron la consecuente muerte de la flora reinante a la vera de la Laguna. (Díaz Mayorga, 1997). Restos de tintes y materiales orgánicos (en suspensión), fueron los generadores de las emanaciones gaseosas.

El cierre de la laguna se realizó en el 2003 cuando la Administración Provincial del Agua (APA), cedió el control a la Fundación Valle de Huaco. Se demolieron, se taparon canales y se cerraron las conducciones que llevaban el agua residual. Mientras las fábricas construían plantas de tratamiento, los líquidos debían ser tratados y reconducidos por la red cloacal hasta el campo de derrame, cumpliendo con las disposiciones ambientales expresada en la Ley Provincial Ambiental 7801/04, luego de concluidas seguirían vertiéndose a la red pero ya tratados.

Hasta ahora se desconocía la cantidad y tipo de los compuestos químicos vertidos en las primeras

etapas de formación de la laguna y su uso como sitio de disposición final. La sola presencia de la laguna constituye un riesgo pues gran parte del agua que se provee a la población y a las industrias es de origen subterráneo.

Teniendo en cuenta el incremento de la población, el proceso de urbanización hacia el este de la capital provincial y el desarrollo de emprendimientos agrícolas hacia esa área, surge la necesidad de proteger aquellos acuíferos aguas abajo de este nodo de contaminación. En este trabajo se determina y cuantifica la presencia de algunos compuestos químicos importantes en la laguna y de sus propiedades físicas.

La contaminación es también aérea, ocasionada por la emanación de gases disueltos en la laguna y otros que se generan como consecuencia de las transformaciones físico-químicas. Las elevadas temperaturas (máxima absoluta 46,4° C y máxima media 32° C en el verano y máxima absoluta de 41,4°C, y máxima media de 23° C en el otoño) (Servicio Meteorológico Nacional, 1961-1990) lleva a que los gases livianos se desprendan desde la superficie de la laguna y se esparzan por los alrededores del sitio, provocando molestias e irritación en mucosas en las personas.

Se tomaron muestras para analizar sus propiedades físicas según protocolos establecidos para el estudio de aguas por la Environmental Protection Agency (EPA). Como no existe un sistema de muestreo que se adapte a las condiciones del lugar (centro de la laguna, y a distintas profundidades y sin riesgo para el operador cuando se desplazaba hacia el interior de la laguna), se desarrolló un dispositivo electromecánico que permitió la extracción de muestras líquidas sin riesgos y con la precisión requerida (Mamaní, *et al.*, 2009).

MATERIAL Y MÉTODO

El equipamiento electromecánico desarrollado, por sus características de maniobrabilidad, sus condiciones de operación, diseño y aspectos electrónicos y mecánicos, cumple con las necesidades de seguridad mencionadas. El dispositivo recolector de muestras está conformado por un controlador lógico programable (PLC), un programa de diseño propio que por medio de sensores y actuadores conectados al mismo accionan la parte electromecánica que permite el desplazamiento del muestreador en distintas trayectorias (desplazamiento horizontal sobre la superficie); el descenso, ascenso y apertura del envase donde se recoge la

muestra a una profundidad preestablecida.

En la Figura 1 se muestra como están dispuestos físicamente cada

uno de los componentes del sistema. En la Figura 2 el equipo construido.

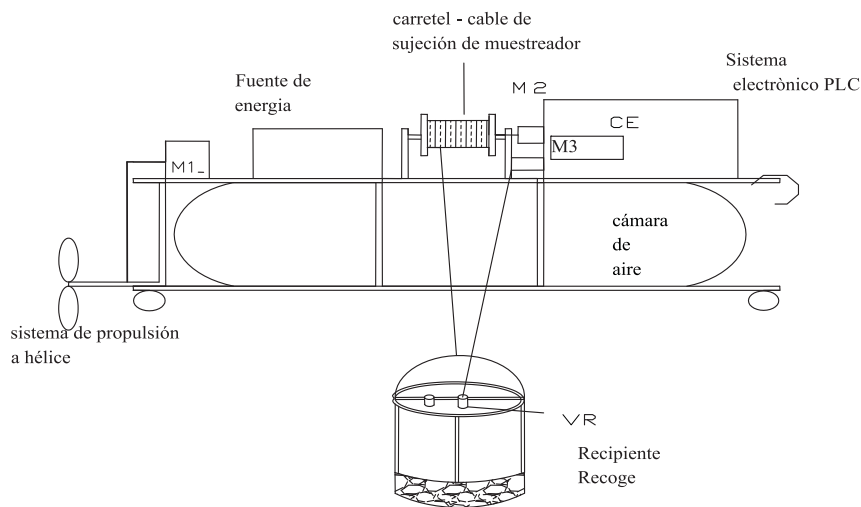


Figura 1. Esquema de los accionamientos

Referencias: M1: Motor del sistema de propulsión; M2: Motor para accionamiento del carretel de ascenso y descenso del recipiente de muestreo; M3: Motor de accionamiento para la apertura del muestreador para el ingreso del líquido a analizar; VR: Válvula de retención; CE: Control electrónico basado en PLC

Figure 1. Diagram of the equipment

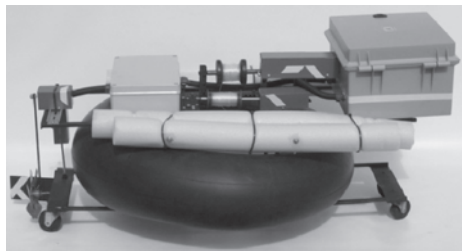


Figura 2. Dispositivo electromecánico de manejo remoto

Figure 2. Electromechanical remote drive device

Para la recolección de muestras de agua se escogieron dos sitios de muestreo. El primero a 86 m de la costa de la laguna y el segundo a 1.5 m de la misma.

En cada sitio se extrajeron tres muestras consecutivas, cada una de ellas de 1 litro a la profundidad de 1 m; se acumularon en un mismo recipiente, se homogeneizaron y se distribuyeron en tres envases. A cada envase se le colocó el acondicionante según el tipo de análisis a realizar.

Los elementos y las normas utilizadas se muestran en la Tabla 1. Se determinó el contenido de: Cromo, Cadmio, Hierro y Calcio, que junto a los compuestos fenólicos conforman en gran parte el grupo de colorantes y mordientes que forman parte de los contaminantes de la laguna. Los análisis externos fueron realizados en los laboratorios certificados de LABTESA.

Tabla 1. Técnicas utilizadas según la variable a analizar

Table 1. Techniques used according to the variables to be analyzed

Parámetro	Técnica utilizada	Parámetro	Técnica utilizada	Parámetro	Técnica utilizada
PH	SM 4500-H+	DBO 5días /20°C	SM 5210	Sustancias Fenólicas	SM 5530
Conductividad	SM 2510	DQO	SM 5220	Hierro Total	SM 3500-Fe
Color	SM 2120	Oxígeno consumido por permanganato	Método de O.S.N.	Fluoruros	SM 4500-F
Sólidos sedimentables 10 min.	SM 2540	Sulfuros	SM 4500-S2-	Formaldehído	8270 EPA
Sólidos sedimentables 2h	SM 2540	Calcio	SM 3500-Ca	Benceno	8270 EPA
Sólidos totales	SM 2540 CD	Cadmio	SM 3500 Cd B	Tolueno	8270 EPA
Sólidos volátiles	SM 2540 E	Cromo total	SM 3500-Cr	Xileno	8270 EPA

RESULTADOS

Las características físico-químicas (Tabla 2) y el instrumental empleado son las siguientes:

PROPIEDADES FÍSICAS

Estado de agregación: líquido

Apariencia: ligeramente coloreada, entre 262 y 426 unidades de color según método de comparación visual-escala cloroplatínica (SM 2120)

Densidad relativa (versus agua destilada): 1.015 gr. /ml 20°C /4°C

Punto de fusión: -0.5°C

Punto de ebullición: 99.5° a 975.9 hPa de presión a 496 msnm.

PH Y CONDUCTIVIDAD

Para el pH se empleó un pehachímetro Hanna instruments cheker, rango 0 -14 pH, resolución 0.01 pH , exactitud ± 0.2 (a 20°C), desviación típica ± 0.1 . Comprobado con pH metro WTW 320 fix electrodo Sentix 97 T, 0-14, T° -5 a 80°C, resolución 0.01, exactitud 0.1 (entre 15-35°C), desviación 0.01°C.

Para la conductividad se empleó un conductímetro, Horiba, Twin cond B 173, T° -5 a 35°C, resolución en función del valor obtenido: para 0-199 micro S/cm - 1 microsiemens/cm; para 0.201.99 milisiemens/cm, 0.01 milisiemens/cm; para 2- 19.9 milisiemens - 0.1 milisiemens/cm. Exactitud $\pm 2\%$ (entre 15-35°C), desviación $\pm 1\%$.

Tabla 2. pH y conductividad a diferentes profundidades
Table 2. pH and conductivity at different depths

Profundidad (m)	pH	Conductividad (mS/cm)	Temperatura
1	9,81	12,0	0.96 m 19.47 ° C
1,32	9,79	12,1	1.44 m 19.2 ° C
2,23	9,74	12,3	2.16 m 18,46 ° C
3,46	9,63	13,1	3.0 m 18.22 ° C
4.0	9.24	13.4	

El pH tiene pequeñas variaciones, decrecientes a medida que aumenta la profundidad. Los cambios observados en el pH (Tabla 2) probablemente se deban a otros factores, por ejemplo los aniones y cationes de diferente naturaleza química como fluoruros y cloruros

que alcanzaron 1mg/l y 3124 mg/l, respectivamente, la presencia de metales y sus sales (como el hierro y calcio); compuestos orgánicos, como el formaldehído, todos estos compuestos interaccionan de diferente modo dentro de la masa líquida que provocan cambios en el pH.

SÓLIDOS

Los valores de sólidos en suspensión son menores a lo esperado (Tabla 3) en razón de que la mayor parte de los compuestos han preci-

pitado hacia el fondo de la laguna, (única forma de autodepuración). Esto es posible dado el tiempo transcurrido desde su origen, posteriormente se evaluarán los barros del fondo de la laguna.

Tabla 3. Contenido de sólidos en suspensión
Table 3. Contents of soils in suspension

Sólidos sedimentables 10 min.	ml/l	0,1
Sólidos sedimentables 2h	ml/l	0,2
Sólidos totales	mg/l	7.582
Sólidos volátiles	mg/l	20,1

SOLVENTES ORGÁNICOS

La presencia del formaldehído (relación aire/agua) (Tabla 4) está catalogado como cancerígeno. El límite tolerado ambiental es de 0,1 ppm, la presencia de este compuesto en el aire en concentraciones mayores de 0,13 ppm produce irritación de ojos y lagrimación, la

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR, 2003)) reporta efectos como escozor ocular y molestias en la garganta cuando la concentración es mayor de 0,45 ppm, Se han descrito irritaciones primarias de piel y dermatitis de tipo alérgico (Clarín, 27/10/1997).

Tabla 4. Cantidad de Solventes Orgánicos
Table 4. Amount of organic solvents

Formaldehído	mg/l	0,29
Benceno	mg/l	< 0,005
Tolueno	mg/l	< 0,005
Xileno	mg/l	< 0,005

METALES PESADOS Y COMPUESTOS FENÓLICOS

Existe la presencia de metales pesados (Tabla 5) pese a que las muestras fueron extraídas a 1 metro de

profundidad y se encuentran en solución o en suspensión; es de esperar que a profundidades mayores se encuentre mayor concentración debido a la tendencia a la precipitación de los mismos.

Tabla 5. Elementos en suspensión o en solución
Table 5. Elements in suspension or in solution

Calcio	8,4	mg/l
Cadmio	0,013	mg/l
Cromo total	0,05	mg/l
Hierro Total	1,1	mg/l
Sustancias Fenólicas	<0,05	mg/l

El contenido de compuestos fenólicos es relativamente bajo y no se pudo determinar la concentración exacta debido al límite de sensibilidad del método seleccionado.

Las concentraciones permitidas en aguas de efluentes por EPA (2008) admiten un contenido de hierro total hasta 0.3 mg/l, Cadmio hasta 0.005 mg/l, Cromo hasta 0.1 mg/l, si observamos los resultados en los dos primeros compuestos, estos límites son superados.

PERFIL DE LA TEMPERATURA

La recolección de datos se realizó sumergiendo los sensores de temperatura en el seno de la masa líquida a distintas profundidades, a 20 m y 5 m desde las costas. En la Figura 3 se observa que a medida que se va profundizando la temperatura se va haciendo más estable, modificada únicamente por la pequeña convección del volumen líquido, de modo que se puede estimar que partir de esa profundidad hay una estratificación del líquido de la laguna.

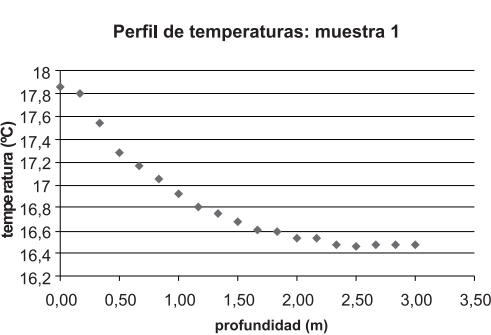


Figura 3. Temperaturas vs. profundidad de la muestra 1
Figure 3. Temperature vs. depth of sample 1

Profundidad (m)	Temperatura (°C)
0,00	17,86
0,33	17,55
0,50	17,29
1,00	16,92
1,33	16,74
1,50	16,67
1,67	16,61
2,00	16,54
2,17	16,54
2,50	16,46
2,67	16,48
3,00	16,48

El perfil de temperaturas (Figura 4) fue realizado entre las 9:16 AM y 9:22 AM, a intervalos de 0.02 seg. Por medio de iButton®. Temperatura media ambiental 18°C. Descenso del sensor recolector de información por medio del dispositivo de extracción de muestras líquidas.

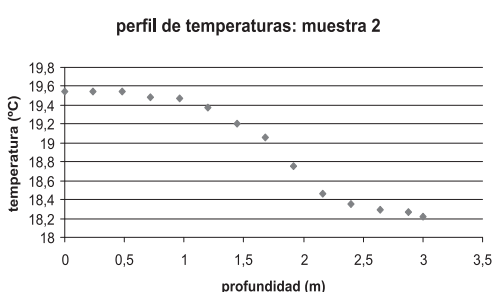


Figura 4. Temperaturas vs. profundidad de la muestra 2
Figure 4. Temperature vs. depth of sample 2

Profundidad (m)	Temperatura (°C)
0	19,55
0,24	19,54
0,48	19,54
0,72	19,48
0,96	19,47
1,2	19,38
1,44	19,2
1,68	19,06
1,92	18,75
2,16	18,46
2,4	18,35
2,64	18,29
2,88	18,27
3	18,22

Perfil de temperaturas tomado entre las 9:36 AM y 9:42 AM, a intervalos de 0.02 seg. Por medio de iButton® (circuito integrado digital DS1920-F5. (fuente: Maxim, Continea), procesado con Temp IT lite 4.0.29 de signatrol.com datalogging solutions.). Temperatura media ambiental 19.5°C. Descenso del sensor recolector de información por medio manual.

DISCUSIÓN

La industria textil usa una mezcla de diferentes productos químicos, en especial colorantes, (una variedad de compuestos derivados de

las anilinas, grupos benzoicos, acetato de cromo, grupos naftoles, etc.), pigmentos y pinturas (compuestos derivados de cadmio y plomo), mordientes (dicromato de sodio, trifluoruro de cromo, cloruro crómico, y sales de aluminio) y otras sustancias auxiliares que se utilizan en el proceso (álcalis fuertes, ácidos acético y sulfúrico, agua oxigenada, auxiliares para blanqueo, compuestos orgánicos, etc.) (Programa de Desarrollo Institucional Ambiental, 2001).

Las características principales de estos efluentes son:

- De color variable intenso
- Caudales fluctuantes con picos pronunciados, gran cantidad de fibras
- Ph entre 8 a 11, cuando existe recuperación de soda cáustica, sino mayor de 12
- DBO 5 mayor de 500 mg/l.
- Temperatura mayor de 65 °C.
- Presencia de metales y fenoles debido a los colorantes usados en el proceso de teñido.

Las corrientes de agua de descarga del proceso textil tienen origen principalmente en el desengomado (15 %), descruce y mercerizado (20 %) y en el blanqueo, teñido y lavado (65 %). El mayor aporte de la carga orgánica es la etapa del desengomado que aporta alrededor de 40 % del total del la DBO (Mansilla *et al.*, 2001). En la tintura ordinaria se logra una fijación de más del 90% del tinte, pero en la estampación con tintes reactivos sólo un 60% o menos, liberándose el resto en forma de vertidos.

La situación descripta en los niveles medidos de formaldehído y de los metales pesados hace que el sitio posea un efecto contaminante puntual intenso, que contamina a los suelos subyacentes a la laguna y a los acuíferos de la zona que proveen el agua para riego y para consumo humano a la población cercana..

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de La Rioja, Secretaria de Ciencia y Técnica, por el apoyo recibido para el proyecto, a Jorge Claudio Fernández Llanos por la corrección y las sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR), 2003. *Reseña Toxicológica de Fluoruros, Fluoruro de Hidrógeno y Flúor*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.
- DIAZ MAYORGA, M., 1997. Creció la industria textil y también la contaminación [en línea]. Sociedad. (27 octubre) < <http://www.clarin.com/diario/1997/10/27/e-06610a.htm> > [20 de agosto de 2008].
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 821/c-99-004 (EPA), 2008. *Methods and guidance for the analysis of water*, version 2.0. / <http://www.epa.gov/product/epa-water-methods.htm>.

MAMANI, M., L. AVILA, H. CARRIZO, R. DEMATTE, J. HUESPE, A. GONZALEZ, R. MORENO & M. PRESTIPINO 2009. Desarrollo de dispositivo electromecánico de manejo remoto para la extracción de muestras líquidas a diferentes profundidades... *UNLaR Ciencia* 18: 2-6.

MANSILLA, H. D., C. LIZAMA, A. GUTARRA & J. RODRIGUEZ, 2001. Tratamiento de residuos líquidos de la industria de celulosa y textil. www.cnea.gov.ar/xxi/ambiental/CYTED/20cap13.pdf

PROGRAMA DESARROLLO INSTITUCIONAL AMBIENTAL, 2001. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente - Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental, 2001. *Manual de Inspectores*. Cap.2: Control de Efluentes Industriales, Control de Contaminación Industrial – Industrias Textiles, 45 Pp.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Datos Extremos (Período 1961-1990.

<<http://www.smn.gov.ar/?mod=clima&id=30&provincia=La%20Rioja&ciudad=La%20Rioja>

Recibido: 11/2009

Aceptado: 05/2010

