

*Presentado en el “I CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE GESTIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA” 26 al 28
Abril 2006. Córdoba. Argentina*

**MONITOREO INTEGRAL DE UN CUERPO DE AGUA EUTRÓFICO
EMBALSE SAN ROQUE (CÓRDOBA, ARGENTINA).**

**Rodríguez, María Inés; Ruiz, M.; Vilchez, G.; Crema, N.; Ruibal Conti, A.L.; Bustamante, M.A.
& Angelaccio, C.M.**

Instituto Nacional del Agua-Centro de la Región Semiárida
Ambrosio Olmos 1142
5000 Córdoba, Argentina

Busso F. & Bonfanti, E.

Aguas Cordobesas S.A.
La Voz del Interior 5507
Córdoba, Argentina

López, F.

Dirección Provincial de Agua y Saneamiento
Humberto Primo 607
Córdoba, Argentina

Abstract

The monitoring constitutes not only a subject of instruments or sophisticated techniques, but also of perception and careful and continuous observation on the part of the local observers. The scientific knowledge of base is necessary to find, among other aspects, the most efficient solution to environmental problems. This knowledge is provided by specific studies, investigation and experimentation, where the monitoring is a procedure of extreme importance. The problem generated by the eutrophication of dams primarily constitutes a local or regional subject, that requires a practical intervention, in terms of policies, administration and experimentation [1]. In general, the occurrence of environmental emergencies such as surprising mortality of fishes, drastic changes in the coloring of the water, risks in the health of the population, etc, are usually leading to accomplish, most of the times, precise studies, that could lead to the implementation of permanent monitoring. The monitoring of lakes and reservoirs, particularly those that are water resource, must be considered a permanent activity in the development and execution of necessary strategies to solve the problems related to the quality of their water. The monitoring is an important and necessary tool since water bodies are highly vulnerable to the activities developed in the lake as well as in the river basin. In this work, there are aspects related to logistic, techniques and procedures applied as well as general results obtained in the main source of water supply of Córdoba city.

Key words: monitoring, eutrophication, reservoir, blooms, water quality.

Resumen

El monitoreo no sólo constituye un tema de instrumentos o técnicas sofisticadas, sino también de percepción y observación cuidadosa y continua por parte de observadores locales. El conocimiento científico de base es necesario para encontrar junto a otros aspectos, la solución más eficiente a los problemas ambientales. Éste es provisto por estudios específicos, investigación y experimentación, en los cuales el monitoreo es un procedimiento de suma importancia. El problema generado por la eutroficación de embalses constituye primariamente un tema local o regional, que requiere una intervención práctica, en términos de políticas, administración y operación [1]. En general, la ocurrencia de “emergencias ambientales” tales como eventos sorpresivos de mortandad de peces, cambios drásticos en la coloración del agua, riesgos en la salud de la población, etc, suelen ser desencadenantes para la realización, la mayoría de las veces, de estudios puntuales, que conducen eventualmente, a la implementación de monitoreos permanentes. El monitoreo de lagos y embalses, particularmente aquellos que son fuente de abastecimiento de agua para potabilización, debe ser considerado una actividad permanente en el proceso de desarrollo y ejecución de la estrategia necesaria para resolver los problemas relacionados con la calidad de sus aguas. El monitoreo es una herramienta importante y necesaria, más aún tratándose de cuerpos de agua como los lagos y embalses, altamente vulnerables a las actividades desarrolladas tanto en el espejo de agua como en su cuenca. En el presente trabajo se muestran aspectos relacionados con la logística, técnicas y procedimientos, aplicados y resultados generales obtenidos en la fuente de abastecimiento principal de la ciudad de Córdoba.

Palabras clave: monitoreo, eutroficación, embalse, floraciones, calidad de agua.

Descripción del problema ambiental de la cuenca y embalse

El Embalse San Roque es la principal fuente de abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Córdoba, con una población aproximada de 1,3 millones de habitantes.

El problema de eutroficación que presenta es emergente de una problemática ambiental que involucra el tipo de uso del suelo de la cuenca y de los conflictos que se generan al ser un embalse de usos múltiples [2], [3].

La eutroficación es un problema asociado a la calidad de agua de embalses y lagos, que presentan un alto enriquecimiento de nutrientes, específicamente de nitrógeno y fósforo.

La escasa transparencia y deterioro de la calidad estética de sus aguas con presencia de color y olores desagradables, floraciones algales y eventos de mortandad de peces son de fácil y frecuente percepción, siendo éstas las manifestaciones visibles del problema que presenta el cuerpo de agua (Figura 1).



Figura 1: Floración de cianobacterias en el área cercana a la presa del Embalse San Roque (verano 2001).

Objetivos del monitoreo

Como fuente de abastecimiento de agua para potabilización el seguimiento continuo del estado de la calidad de aguas del embalse es de alta prioridad.

El monitoreo constituye uno de los ejes fundamentales para su estudio ya que es una herramienta esencial para comprender la condición actual del recurso y evaluar el grado de éxito de las medidas correctoras a implementar a nivel de cuenca (ej: saneamiento) o lago (ej: instalación de difusores).

Descripción del área de estudio

El embalse se localiza en una región semiárida, en el Valle de Punilla (31° 22' S y 64° 27' O) a 600 m sobre el nivel del mar, entre las Sierras Grandes y las Sierras Chicas en la Provincia de Córdoba (Argentina). Es un cuerpo de agua artificial cuyo

primer muro data del año 1888. Este primer muro, en 1944 se reemplazó por la presa actual. A nivel de cota de vertedero, la superficie del lago es de 16 Km², con un volumen máximo de 190 Hm³ y una profundidad media de 13 m. La cuenca alta de Río Suquía está conformada por las subcuencas de los cuatro tributarios que drenan al embalse San Roque con una superficie total de 1750 Km², ellas son: Río San Antonio (505 Km²), el Río Cosquín (820 km²), el Arroyo Las Mojarras (85 Km²) y el Arroyo Los Chorrillos (160 km²) siendo su único efluente el Río Suquía.

Desde el punto de vista climático, el régimen de precipitación en la cuenca se presenta con una gran variación espacio temporal. Las lluvias, a lo largo del año hidrológico se distribuyen en dos ciclos bien diferenciados: uno húmedo (noviembre - abril) y otro seco (mayo - octubre). También a nivel anual se observa una alternancia de años muy húmedos: (precipitaciones anuales superiores a 1000 mm) con otros secos que apenas superan los 400 mm. La cuenca está caracterizada por una precipitación media anual de 780 mm.

Bajo el dominio de un clima templado, la temperatura media anual es de 14°C y los vientos predominantes son del cuadrante sur y norte.

Marco institucional

Actualmente las campañas de monitoreo del embalse y cuenca son programadas y conducidas por CIRSA perteneciente al INA, organismo descentralizado dependiente de la Subsecretaría de Recursos Hídricos, cuyo objeto es satisfacer los requerimientos de estudio, investigación, desarrollo y prestación de servicios especializados en el campo de aprovechamiento, control y preservación del agua. Estos estudios se realizan como una Actividad Permanente y en el marco de Proyectos de Investigación y Desarrollo del INA. Participan en las actividades de monitoreo y caracterización, la empresa concesionaria del servicio de agua potable, Aguas Cordobesas y la Dirección Provincial de Agua y Saneamiento (DiPAS).

Diseño de monitoreo

En los ríos

La cantidad y la calidad del agua que entra al embalse determinan en gran parte su condición, por lo que son aspectos que no pueden dejar de ser evaluados.

Así es que sobre cada tributario, se monitorea regularmente un punto previo al ingreso del embalse, donde es claro que el cuerpo monitoreado es río y no cola de embalse. Este punto se ubica aguas abajo de los mayores asentamientos urbanos. El sitio monitoreado en calidad es coincidente en tiempo espacio con el sitio donde se realizan los aforos, por

lo tanto el sitio tiene una sección apta para dicha medición.

Las mediciones se realizan con una frecuencia mensual desde el año 1998 en los cuatro tributarios al embalse (Figura 2) y se cuenta en la actualidad con un total de 90 aforos en cada tributario asociados a la calidad del agua. En la Tabla 1 se detallan los parámetros monitoreados y técnicas aplicadas [4].

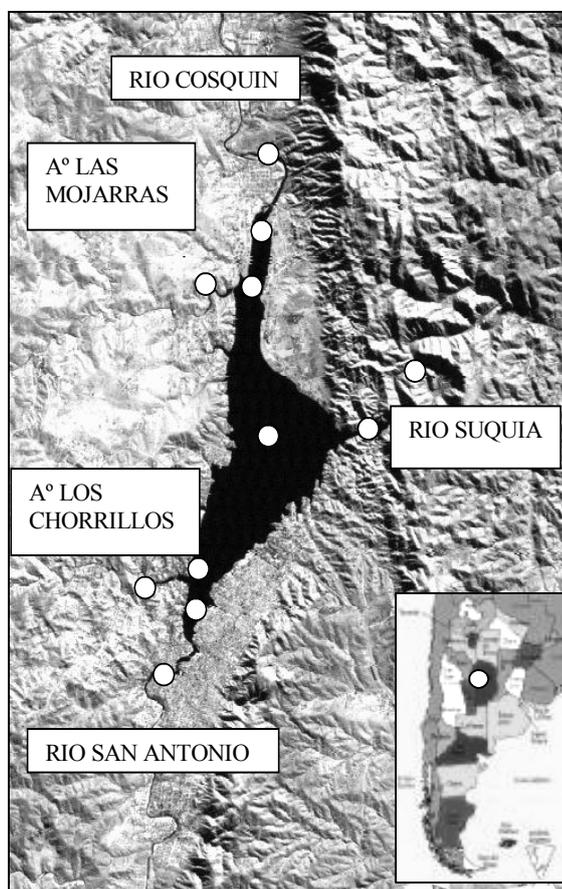


Figura 2: Ubicación de los puntos de monitoreo en el Embalse San Roque y cuenca

La metodología aplicada en el aforo consiste en un conjunto de operaciones de campo necesarias para determinar el caudal que pasa por una determinada sección del río. Este se define como el producto de la velocidad del flujo por el área de paso en una unidad de tiempo. Generalmente se registra la altura o nivel del agua y un conjunto de mediciones como la velocidad del flujo, profundidad del río y área que luego son evaluadas conjuntamente hasta obtener el valor de caudal. Los aforos de los caudales de base (hasta 8 m³/s) fueron realizados en los ríos de la cuenca por el método del vadeo debido a la baja profundidad y la velocidad se determinó a partir de mediciones con correntómetros (Figura 3).

El método analítico utilizado en la determinación de los caudales se denomina “Método de la sección media”. Es el método más generalizado y es el que adopta la Norma ISO 748 – 1979, en la cual se calculan los caudales parciales entre dos verticales consecutivas y mediante integración se obtiene el caudal final.

Uno de los inconvenientes que se suscita se relaciona con la necesidad de tener registros de caudales con mayor frecuencia y en particular de eventos críticos como las crecientes.

De las subcuencas de aporte al Embalse San Roque, la del Río San Antonio es la más instrumentada y estudiada. La subcuenca del Río Cosquín es una de las que presenta los inconvenientes antes mencionados. Con los aforos realizados en este río y con otros estudios de uso de suelo, geología, climatología, topografía, etc se recurre al uso de modelos hidrológicos tales como el HEC-HMS a partir de los cuales se pueden obtener hidrogramas que representen y expliquen el comportamiento del curso de agua en eventos meteorológicos críticos no aforados (Figura 4).

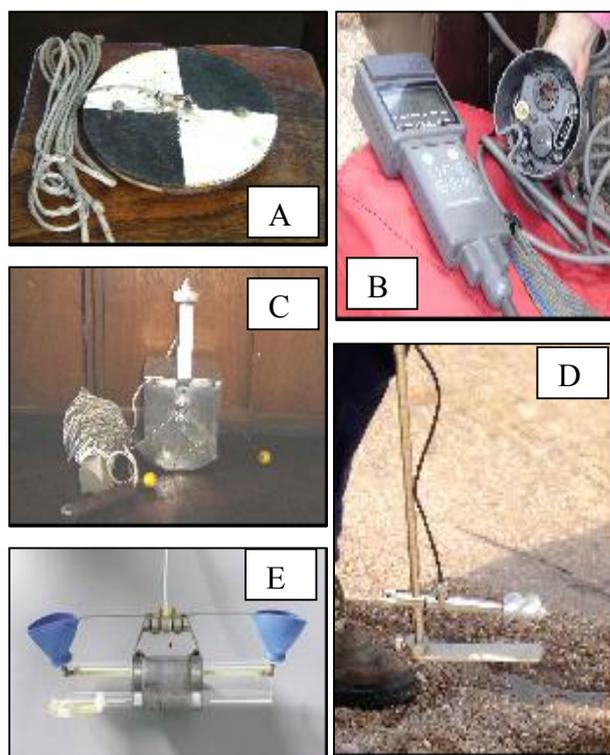


Figura 3: Instrumental utilizado en las campañas. (A) Disco de Secchi, (B) Sonda multiparamétrica U-10, (C) Draga, (D) Micromolinete y (E) Botella muestreadora tipo Van Dorn.

En la aplicación de estas técnicas siempre es necesario tener datos de caudales medidos para la calibración de los modelos.

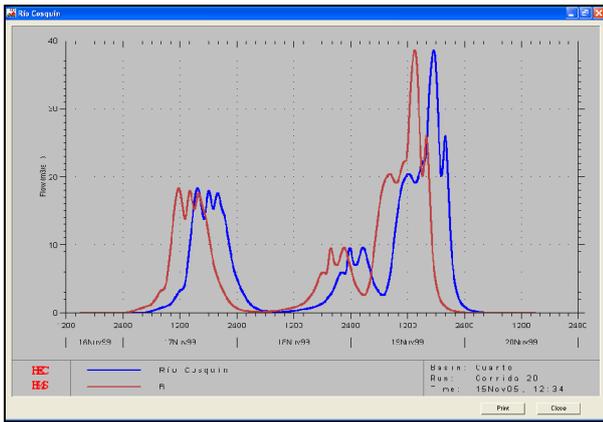


Figura 4: Hidrograma de respuesta de la cuenca del Río Cosquín

La Tabla 2 muestra características de calidad de los ríos registradas en un ciclo húmedo 1999-2000 (1196 mm) y en uno seco 2003-2004 (760 mm).

Dentro del ciclo anual las cantidades del nutriente son menores en estiaje y mayores en el período estival, con algunas variaciones entre los años analizados.

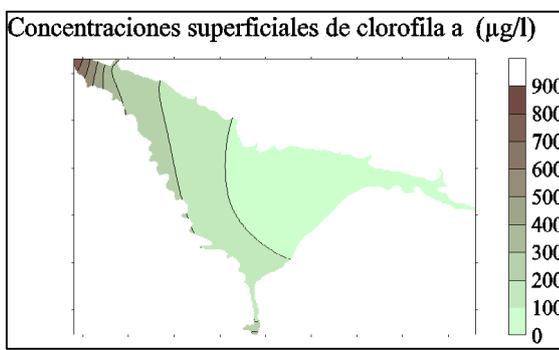
La concentración de nitrato es la mayor fracción de NIT >75 %.

El transporte de los nutrientes y sólidos suspendidos muestra importantes variaciones mensuales e interanuales relacionadas con la precipitación y se calcula en función de los caudales y de variables climatológicas. Si se estima el transporte en función de los muestreos periódicos, se incurre en una subestimación porque la mayor carga se produce en los eventos de magnitud.

En esta cuenca son típicos los eventos de precipitaciones de gran intensidad que provocan aluviones repentinos, transportando abundante material erosionado. La Tabla 3 muestra las cargas totales anuales de SS y nutrientes de los ríos considerando la variabilidad del flujo registrado en verano [5], [6].

En el embalse

El diseño espacial horizontal responde a la morfología del embalse en la que el centro, desembocadura de tributarios y área próxima a la presa se distinguen como sitios que pueden presentar variaciones entre sí. Así por ejemplo, las características de la desembocadura del Río San Antonio son más críticas en relación a la calidad de agua, la desembocadura del Río Cosquín presenta algunas peculiaridades asociadas a las características de suelo de su cuenca, en tanto que la presencia del antiguo muro sumergido hace presentar algunas variaciones en el punto del próximo a la presa con respecto al resto del embalse [7]. El centro del embalse se muestra como un punto en el que alguno de los aspectos críticos o extremos observados en las



otras áreas, tales como concentración de nutrientes, de oxígeno disuelto y clorofila (Figura 5), están en general suavizados. Los valores obtenidos en el centro, se utilizan en el análisis como valor promedio aproximado del comportamiento del embalse.

Figura 5: Concentraciones extremas de clorofila a observadas en el verano 1999-2000.

El diseño espacial vertical, es decir en la columna de agua, tiene en consideración las aguas superficiales (0.2 m) y las más profundas (a 1 m del fondo), pasando por un número variable de dos a tres muestras intermedias dependiente de la situación de mezcla o estratificación térmica que presente el embalse. Una de estas muestras corresponde a una profundidad en el límite de la zona fótica (zona donde la luz que llega es igual al 1% de la incidente en superficie, y suficiente para que se realice el proceso de fotosíntesis de las algas) estimada como el producto entre la profundidad de visibilidad del disco de Secchi (medida de transparencia del agua) y el factor de 2,5 [8].

En condiciones de mezcla, la muestra siguiente tomada en profundidad es intermedia entre la muestra de zona fótica y fondo. La condición del embalse en estratificación, implica una variabilidad adicional en la vertical debido a la formación de dos capas (epilimnio e hipolimnio) claramente definibles a partir de la construcción del perfil de temperaturas, que no presentan mezcla entre sí durante la época estival, salvo por la presencia de fuertes vientos que pueden alterar esta condición. Estas capas o estratos presentan cualidades diferentes que es importante conocer en el embalse por sus implicancias en la agudización del problema de eutrofización. A partir de octubre el embalse comienza estratificarse térmicamente y se evidencia entre diciembre y febrero un estrato superficial más cálido presente hasta los 6 o 9 m y un gradiente de disminución con la profundidad que generalmente llega hasta el fondo. El plano denominado termoclina que divide ambas capas se define por la presencia de un máximo gradiente de temperatura (por disminución de 1 °C de temperatura, en una diferencia de profundidad de al menos 1 m) y determina la ubicación de una muestra 1 metro por encima y otra 1 metro por debajo de la termoclina en el sector del centro del lago.

En el área próxima a la presa, se opta por mantener constante un punto de muestreo en la vertical a la altura de la toma de los conductos que conducen el agua hacia la usina.

Las muestras de agua se extraen con un muestreador tipo Van Dorn y los sedimentos con una draga tipo Eckman). Los parámetros medidos *in situ* en la columna de agua fueron determinados con sondas multiparamétricas marca Horiba, modelos U-10 y U-23 (Figura 3 y Tabla 1).

Las concentraciones superficiales de PT se registran en el embalse (99-04) en el rango 10-522 µg P/l, con una variabilidad en verano máxima.

Las concentraciones superficiales de nitrato varían entre 20-750 µg N/l, y en fondo entre 30-1224 µg N/l.

Actualmente la frecuencia de monitoreo es mensual, pudiendo incrementarse en períodos en que se observan cambios significativos y amplios en las variables monitoreadas (cambios en la composición fitoplanctónica, aumento de caudales de los ríos y concentración nutrientes en el embalse) como en el caso del período 1999-2000.

Sin mediar estos cambios debido a causas naturales o por la implementación de medidas de control de eutroficación, los resultados obtenidos con una frecuencia mensual de monitoreo en embalse han demostrado estar acorde a los objetivos planteados.

Sedimentos

El fósforo posee un rol importante en el metabolismo biológico y en los cuerpos lacustres, generalmente actúa como limitante de la productividad biológica, siendo un factor determinante en la situación trófica de los mismos. El fósforo que ingresa al embalse, en gran parte es retenido en la matriz del sedimento, pero en condiciones de anoxia y cambio de potencial redox, puede ser liberado hacia el agua hipolimnética, constituyéndose en una fuente interna importante [9],[10]. Actualmente se toman sedimentos de dos sitios del embalse centro y área cercana a la presa (TAC), por considerarlos representativos con una frecuencia bimensual. Durante los estudios se compararon varias metodologías y se evaluó la más óptima para realizar las determinaciones analíticas de P en sedimentos [11], [12]. La Figura 6 y la Figura 7 muestran que la concentración de PT y MO es variable a lo largo del año y en los dos sectores del embalse.

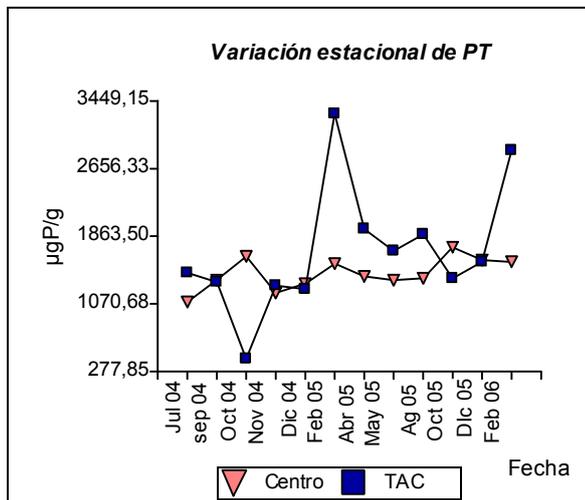


Figura 6: Variación de PT en sedimentos.

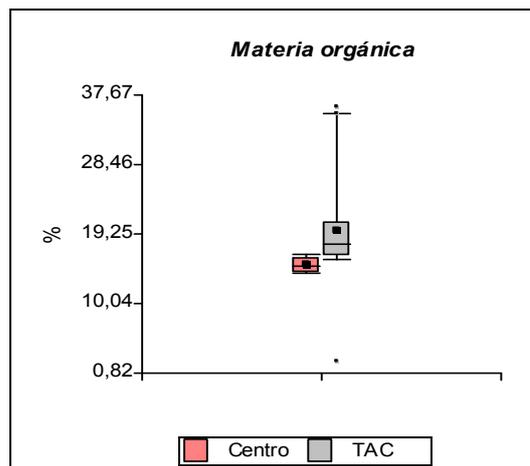


Figura 7: Variación de materia orgánica en sedimentos.

Floraciones de algas

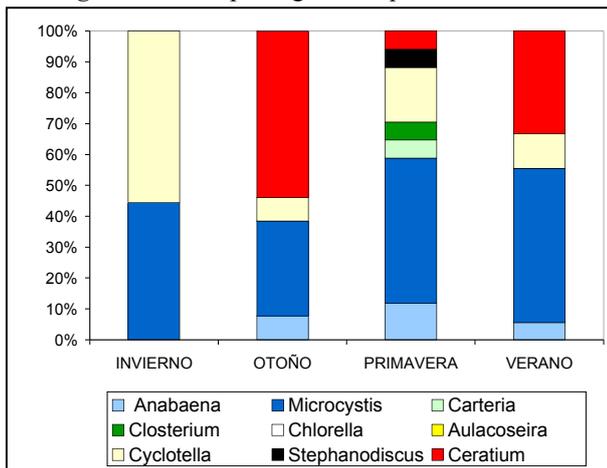
El grado en que la calidad de las aguas es afectada por el crecimiento de fitoplancton, depende de numerosos factores entre ellos: la composición de la comunidad fitoplanctónica, la concentración de nutrientes, la morfología del cuerpo de agua y el tiempo de residencia hidráulico, por mencionar algunos aspectos [8].

Las algas causantes de floraciones en el Embalse San Roque son principalmente cianófitas de las especies *Anabaena spiroides* y *Microcystis aeruginosa*, y la pirrófita *Ceratium hirundinella* (Figura 8). La presencia de cianófitas de los géneros mencionados adquiere particular importancia ya que son algas potencialmente productoras de toxinas. En ocasiones, las floraciones de *M. aeruginosa* y *A. spiroides* desarrolladas en el Embalse San Roque han sido tóxicas. Los resultados de la determinación de microcistinas totales muestran años de altas concentraciones con medias máximas de 96µg/l [13], y años cuya concentración máxima no supera los 3 µg/l en la superficie del lago.

El estudio de los factores que controlan el crecimiento de las algas contribuye no sólo al conocimiento del funcionamiento y estructura de los sistemas acuáticos, sino que también tiene aplicación directa en el control de la problemática de eutroficación.

El registro y el análisis de las condiciones locales bajo las cuales se producen eventos de floración han permitido establecer probabilidades empíricas en función de la condición térmica y nivel del embalse, para cada una de las algas de mayor relevancia [14].

Figura 8: Principales géneros que desarrollan



floraciones y su distribución en las distintas épocas del año.

Conclusiones

La generación de una base de datos continua a lo largo de varios años (1999 a la actualidad), ha permitido un mayor conocimiento científico del funcionamiento de sistema en aspectos relacionado con la ecología de las algas, la valoración de los sedimentos como fuente de aporte de nutrientes; dinámica de nutrientes en la cuenca [15], desarrollo de floraciones algales tóxicas y la aplicación de modelos físicos y ecológicos [16].

El modo en que se organiza, corrige, mantiene y almacena dicha base de datos no es un tema menor. Una base de datos fehaciente y continua, permite un análisis más eficiente de la información, y por lo tanto una mayor calidad en los resultados y conclusiones obtenidos. La logística de las campañas también es un aspecto de importancia. Al igual que para el manejo de la base de datos, se requiere de personal asignado para tal tarea.

El monitoreo a lo largo del tiempo ha presentado modificaciones en su diseño. Dichas modificaciones pueden estar sujetas a eventos particulares (ej: floraciones), o bien ser realizadas para lograr un mejor ajuste del diseño espacial y temporal, logrando a menor costo y esfuerzo, igual calidad de información (ej: reducción de puntos sobre el embalse, aumento de la frecuencia durante el período estival).

Por último, el monitoreo ha permitido percibir otros problemas en el área de estudio, como inconvenientes asociados en el agua de consumo en las márgenes del lago, incendios producidos en la cuenca, entre otros.

LAGO	Método
Parámetros In Situ	Sonda multiparamétrica, Horiba U-23)
ph	
Temperatura (°C)	
OD Oxígeno disuelto (mg/l)	
Conductividad (mS/m)	
Turbidez (NTU)	
Parámetros medidos en laboratorio	
Composición iónica (Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , CO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ⁻ , F ⁻)	Cromatografía iónica.
Nitrógeno de amonio N-NH ₄ ⁺ (µg/l)	Espectrofotometría.
Nitrógeno de nitrito N-NO ₂ ⁻ (µg/l)	Espectrofotometría.
Nitrógeno de nitrato N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	Cromatografía iónica.
Fósforo reactivo soluble PRS (µg/l)	Espectrofotometría
Fósforo soluble total PST, fósforo total PT (µg/l)	Espectrofotometría
Clorofila a (µg/l)	Espectrofotometría
Fe y Mn (µg/l)	Absorción atómica
Identificación y cuantificación de fitoplancton (cel/l)	Filtración en membrana y Sedimentación
Microcistinas totales (µg/l)	Test de ELISA
Frecuencia de monitoreo: mensual	
RIOS	
Parámetros In Situ	Sonda multiparamétrica, Horiba U-10 y Horiba U-23)
pH	
Temperatura (°C)	
Oxígeno disuelto (mg/l)	
Conductividad (mS/cm)	
Turbidez (NTU)	
Velocidad del flujo (m/s) y geometría de la sección	Correntímetro marca A-OTT Kempton Método de la sección media
Parámetros medidos en laboratorio	
Nitrógeno de amonio N-NH ₄ ⁺ (µg/l)	Método de la sal de fenol
Nitrógeno de nitrito N-NO ₂ ⁻ (µg/l)	Método de diazotación
Nitrógeno de nitrato N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	Columna de cadmio y diazotación
Fósforo reactivo soluble PRS (µg/l)	Reducción con ácido ascórbico
Fósforo soluble total PST, fósforo total PT (µg/l)	Digestión con persulfato y reducción con ácido ascórbico
Coliformes Totales y Fecales (NMP/100 ml)	Tubos múltiples
Fitoplancton (Cél/l)	Sedimentación y recuento en cámara de Fuchs-Rosenthal identificación de géneros
PI y PT en sedimentos (µg/g)	Naquadat
MO en sedimentos (%)	Ignición 550°/ Nelson y Sommers
Frecuencia de monitoreo: mensual	

Tabla 1: Metodología empleada en el monitoreo de los tributarios y del embalse San Roque [4].

	Est.	T° C	OD (mg/l)	NO3 (µg N/l)	NH4 (µg N/l)	PT (µg P/l)	PRS (µg P/l)
99-00	LCH	16.87	11.27	483:	15	50	21
	LM	16.86	9.75	326	48	59	20
	CQ	14.63	10.77	1273	48	71	34
	SA	14.69	9.66	433:	43	63	32
03-04	LCH	18.46	8.7:	555:	22	527	39
	LM	18.05	8.43	357:	37	446	53
	CQ	18.43	8.97	974:	60	407	41
	SA	18	8.7	478:	19	383	39

Tabla 2: Valores medios de las principales variables monitoreadas en los ríos (LCH: A° Los Chorrillos; LM: A° Las Mojarras; CQ: Río Cosquín y SA: Río San Antonio) en dos años hidrológicos diferentes 99-00: húmedo y 03-04: seco.

año	SS (tn/año)	NO3 (tn N/año)	NH4 (tn N/año)	PT (tn P/año)	PRS (tn P/año)
99-00	5247	49	10	22	6
03-04	4432	25	4	17	3

Tabla 3: Cargas anuales de sólidos suspendidos (SS) y nutrientes en distintos años hidrológicos aportadas por el Río San Antonio al Embalse San Roque.

Bibliografía

- [1] Nakamura, M. Hashimoto, M. Tundisi, J.G. & Bauer, C. 1989, *Planificación para una gestión adecuada de ambientes lacustres*, en Directrices para la Gestión de Lagos: Principios Generales sobre la Gestión de Lagos, ILEC-PNUMA, Vol I, Cap 8, 101-122.
- [2] Bustamante, M. A.; López, F.; Bonetto, C.; Ruibal Conti, A.L. & Granero, M. 2000, *Evaluación De las cargas de fósforo aportadas por la cuenca de drenaje al Embalse San Roque (Córdoba, Argentina)*, XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Córdoba, Argentina.
- [3] Rodriguez, MI 2003, Estudio de la Problemática ambiental de eutrofización del Embalse San Roque (Córdoba): Aportes para la gestión del recurso. Tesis de Maestría GADU, 164 pp
- [4] APHA, AWWA,WPCF 1992, *Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residuales*. Ediciones Diaz de Santos, Madrid España.
- [5] Bustamante, M. A., Granero, M., Bonetto, C., Morillo, S. & López F. 2002, *The Role of Nutrients, Physical Processes and Climatological Factors on Cyanophytes and Dinoflagellates Summer Blooms*. Proceedings of 4th International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality, Academy of Sciences of the Czech Republic pp 58-61.
- [6] Bustamante M.A., López F., Bonetto C. & M. Granero 2002, *Limnology of mountain rivers and transport of phosphorus and nitrogen to an enriched reservoir (Cordoba, Argentina)*. Verh. Internat. Verein. Limnol. Vol (28): 1779-1782.
- [7] Granero, M., Bustamante M A. & Ruiz M. 2002, *Hypolimnion Water Quality in an Eutrophicated Water Body: San Roque Reservoir (Córdoba, Argentina)*. Proceedings of 4th International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality. Academy of Sciences of the Czech Republic. pp 106-109
- [8] Wetzel, R. 1981, *Limnología*, Ed. Omega, España.
- [9] Granero, M., Bustamante, M. A., López F. & Ruiz M., 2002, *Internal Load and Hypolimnion Water Quality of San Roque Reservoir*. Journal of Hydraulic Research Vol. 42 (3): 310–315. International Association of Hydraulic Engineering and Research.
- [10] Ruiz, M.; Granero, M.; Rodriguez, M.I.; Bustamante,M.A. & Ruibal Conti, A.L. 2005 *Importancia de los sedimentos como fuente interna de fósforo en el Embalse San Roque (Córdoba): Determinación de una metodología para su estudio*, XX Congreso Nacional del Agua y III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur, Mendoza, Argentina.
- [11] NQDB (National Quality Data Bank) 1979, Analytical Water Manual 1979, “*Naquadat*”. Ottawa, Canadá.
- [12] Granero, M., Bustamante,M.A.; Ruiz, M; Busso, F & Bonfanti, E. 2002. *Evaluación de la Carga Interna de Fósforo en el Embalse San Roque*. XIX Congreso Nacional del Agua, Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- [13] Ruibal Conti, A.L.; Reguerira, M. & Guerrero, J.M. 2005, *Levels of microcystins in two reservoirs used for water supply and recreation: Differences in the implementation of safe levels*, Environ Toxicol 20: 263–269.
- [14] Rodríguez, M.I.; Busso, F.; Bustamante, M.A.; Ruibal Conti, A.L; Ruiz M. & Angelaccio, C.M. 2005, *Floraciones de algas en el Embalse San Roque (Córdoba)*, XX Congreso Nacional del Agua y III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur, Mendoza, Argentina.
- [15] Bustamante, M A, Lopez F, Bonetto C, & Granero, M (2002). “*Limnology of mountain rivers and transport of phosphorus and nitrogen to an enriched reservoir*”. Verh. Internat. Verein. Limnol 28: 1779-1782.
- [16] Morillo, S.; Dasso, C.; Bustamante, M.A.; Granero, M. & López, F, 2002, *Modelación unidimensional de la limnología física del embalse San Roque , Córdoba, Argentina*, XIX Congreso Nacional del Agua, Carlos Paz, Córdoba, Argentina