

# *Reflexiones sobre el Estado Ambiental de la Cuenca del Lago Ypacarai. Alternativas de solución.*

Prof.Dr. Juan Francisco Facetti  
Cátedra de Química  
Facultad de Ingeniería UNA

---

**Resumen Ejecutivo:** Este trabajo tiene por objeto realizar una revisión de las medidas que podrían ser adoptadas por el Estado para la recuperación de la calidad de las aguas del Lago Ypacarai. Además se revisaron estudios realizados en 1947 por el Dr. Francisco Facetti Villasanti, y otros estudios realizados por la JICA junto con el ICB y con el MSPBS en los años 1976 a 1996 así como los estudios realizados por la JICA junto con la Dirección General de Salud Ambiental del MSPBS en 2003 a 2007. Se destacan los factores que afectan el equilibrio de la calidad del agua del Lago y en particular aquellos cuya alteración que podrían desencadenar efectos indeseados en la calidad del agua.

**Palabras clave:** eutrofización, N y P, coloides, hierro soluble, estratificación térmica, contaminación difusa, restauración y conservación, SEAM, MDPBS DIGESA.

---

## 1. Factores que afectan el equilibrio de la calidad del agua

Cuatro factores son fundamentales en el equilibrio de la calidad de las aguas, además del N y P en el Lago Ypacarai: la presencia de coloides en alta concentración, la estratificación térmica producida por los coloides, la presencia de Fe y los vientos. La importancia de estos parámetros serán explicados seguidamente.

Los hallazgos realizados por el Dr. Francisco Facetti en 1947 respecto a la presencia de Fe (III) y coloides son de importancia fundamental. Tal vez no fueron tenidos en cuenta anteriormente porque no se conocía la importancia de los coloides en la dinámica de los cuerpos de agua y el transporte entre las fases de los nutrientes y elementos traza. Sin embargo hoy día muchos estudios indican el rol fundamental de los coloides en la movilización de estos elementos.

### 1.1 Coloides

Los coloides naturales acuáticos son mezclas complejas de sustancias de diferentes fases físicas, químicas y biológicas, definidos como materiales de fase sólida de dimensiones entre 1 nm y 1  $\mu$ m (Buffle y Leeuwen, 1992). Los coloides están compuestos por células biológicas, material orgánico e inorgánico y existen suficiente evidencia que estos compuestos se mantienen en cercana asociación pero fácilmente alterable. (Muirhead y Lead, 2003; Wilkinson, et al. 1999).

Los coloides tienen importantes efectos en el ciclo de los nutrientes y elementos traza en la columna de agua, incluyendo impactos en el comportamiento químico, en su movilización en aguas superficiales y profundas (Lead, et al. 1997) y en su disponibilidad y toxicidad a través de mecanismos tales como la alteración de las cargas superficiales y permeabilidad. Por otro lado los coloides tienen un rol fundamental en la potenciación o retardamiento de la biocaptación y alteración de la incorporación o pérdida de nitrógeno y/o elementos traza en los organismos (Wang y Guo, 2000; Carvalho, et al. 1999). Debido a nuestro total desconocimiento de las fracciones de N y P que se encuentran en estado coloidal, en particular en las fracciones muy finas (nano partículas, <ca. 100 nm) además de su naturaleza inestable (Buffle, et al. 1998) se deben realizar investigaciones complementarias, utilizando técnicas analíticas como *scanning electron microscopy* (SEM)/; *energy dispersive X-ray spectroscopy* (EDX), *transmission electron microscopy* (TEM)/EDX y por *Atomic Force Microscopy-AFM*. Estas fracciones de coloides son de particular importancia porque ellas pueden adsorber una gran cantidad de elementos.

## 1.2 Hierro II

Por otro lado la química del hierro es un aspecto fundamental cuando se está en presencia de ambientes muy eutrofizados, como el del Lago de Ypacarai. La relación estequiometría Fe : P puede gobernar la eficiencia de la precipitación del fosfato en aguas afectadas por las transiciones de condiciones anóxicas/óxicas, como las que ocurren en el Lago Ypacarai. (Gunnars y S. Blomqvist 1997). La identificación de Fe (III) realizada por el Dr. Francisco S. Facetti también es un factor relevante porque nos lleva a suponer que el estado de Fe (II) por oxidación se convierte en oxihidroxido de Fe (III). Hoy día está demostrado que los oxihidroxidos de Fe (III) son formados por oxidación de Fe (II) en los límites anóxicos/óxicos de las aguas de lagos (Davison y E. Tipping 1984). En estas aguas, el proceso de oxidación típicamente resulta en partículas coloidales con diámetros extremadamente pequeños del rango de 0.05 to 0.5  $\mu\text{m}$  (Tipping, 1981.; Leppard, G. et al. 1988.; Pizarro, J. et al. 1995.; Lienemann, C.-P et al. 1999), lo cual impide su deposición por gravedad y por coagulación, por ello son fundamentales para la sedimentación.

También está demostrado que, a pesar de que el Fe no es un nutriente limitante en el ambiente lacustre, la química del Fe es determinante para el control de la disponibilidad de nutrientes como el P.

## 1.3 Vientos

**Influencia de los vientos en la floración.** La observación realizada en los años 1978 a 1996 por limnólogos (Facetti Masulli comunicación personal) y de los autores, muestra que con el aumento de la velocidad de los vientos del sureste aumenta la concentración de Chlorifila-a, fitoplancton, cianobacterias y la biomasa de cianobacterias. El rol de la concentración de N-Coloidal, P-Coloidal es clave porque los mismos también son afectados por los vientos suaves. Este tipo de vientos generan suaves oleajes que benefician la flotación o crecimiento de cianobacterias mientras que fuertes vientos no benefician la flotación o crecimiento de las mismas. Estudios realizados (Sun X et al. 2007.) indican una fuerte correlación entre estos parámetros indicando que las algas y su producción son las principales fuentes de N-Coloidal y P-Coloidal en verano en el lago Taihu, China.

## 2. Contaminación por fuentes no puntuales

Si algunas prácticas no son cambiadas las fuentes de contaminación no puntuales o difusas y sus emisiones serán incrementándose en el futuro. Algunos factores que conducen esta tendencia es el creciente aumento en el uso de P y N en prácticas agrícolas, el aumento de la densidad poblacional, la tendencia de las personas de consumir alimentos ricos en carne, el incremento de la producción de ganado, el avance de las áreas urbanas, con el consecuente cambio del uso del suelo y la erosión e incremento de la fijación de N por acción antropogénica como el uso de fertilizantes y quema de combustibles fósiles (Macleod y Haygarth, 2003).

## 3 Alternativas de solución factibles: que hacer y que no hacer.

Además de las fuentes puntuales de emisiones de fósforo y nitrógeno, existen otras que son las llamadas no puntuales o difusas. Otras formas de presencia de fósforo en el ambiente se originan del uso de productos como pasta dental, detergentes, farmacéuticos y compuestos para el tratamiento de alimentos. El tratamiento primario remueve solo el 10% del fósforo de los efluentes, el tratamiento secundario remueve el 30%. El resto es descargado en el cuerpo de agua, por lo tanto obliga realizar el tratamiento terciario para remover el resto del fósforo de las aguas. La cantidad del fósforo que puede ser eliminado varía con la tecnología de tratamiento utilizada. Las tecnologías disponibles incluyen remoción por tratamiento biológico y precipitación química (Tchobanoglous y Burton, 1991).

### 3.1 Estratificación Térmica: El porqué no se puede oxigenar el lago por medios mecánicos

Los estudios realizados han demostrado que las aguas del lago presentan una marcada estratificación térmica. Uno de los causantes de esta estratificación son los coloides. Cualquier tecnología de remediación debe evitar la modificación de las condiciones actuales de estratificación de la columna de agua, ya que la disminución o desaparición de la estratificación provocara una inmediata disponibilidad de nutrientes para el fitoplancton, como nitratos, fosfatos y ácido silícico y desplazara el equilibrio hacia el aumento de la productividad primaria y por consecuencia el aumento de la eutrofización y el aumento de la deposición de detritos en el sedimento.

En base a lo extremadamente difícil que es plantear un método que evite un mayor desequilibrio en los parámetros que regulan la producción de biomasa en el lago, es necesario adoptar el principio de precaución y plantear medidas de muy largo plazo para su recuperación.

### 3.2 Medidas factibles para la recuperación de la calidad de las aguas del Lago Ypacarai

Una de las características sociales relevantes de la cuenca del lago Ypacarai, desde el punto de vista de control de contaminación, constituye la elevada tasa de crecimiento poblacional, correspondiendo, aproximadamente al doble, cada diez años, como fue visto anteriormente. Así, la carga de nutrientes generados por alcantarillado sanitario crece rápidamente, necesitando cada vez más la adopción de una solución compleja.

Los aspectos importantes que se deben tener en cuenta en la elaboración del plan de recuperación es que, los nutrientes se caracterizan por acumularse en el ecosistema, agravando la condición del ecosistema cada vez más; este comportamiento difiere de los contaminantes orgánicos y bacterias fecales que son susceptibles de descomposición o decaimiento a lo largo del tiempo en el ambiente natural.

Otro punto relevante que debe ser resaltado, también, es que estos minerales no pueden ser tratados eficientemente, por un sistema de tratamiento convencional, siendo necesaria la aplicación de un sistema de solución más avanzado, o sea, tratamiento terciario. Este factor indica la necesidad de un mayor monto de inversión para la solución del problema de eutrofización que sería inviable en las condiciones financieras en Paraguay.

Para la recuperación de la calidad del agua, es preciso que se elabore una estrategia nacional que abarque medidas dirigidas no solamente desde el sector público nacional y local, sino también que involucre al sector privado. Estas medidas deben plantear la reducción de la fijación de los nutrientes provenientes de fuentes puntuales y las difusas.

Debido a la limitada disponibilidad de recursos financieros esa estrategia nacional deberá desarrollarse en al menos tres fases, cada una de al menos cinco a siete años.

Considerando la complejidad y de las múltiples aristas que abarcan la articulación de políticas multisectoriales, aspectos legislativos y del cumplimiento de la legislación penal ambiental es evidente que todos los poderes del estado estarán involucrados.

La gestión del sector privado también es fundamental, para que este proyecto sea un éxito es necesaria una conquista fundamental: el **compromiso de la sociedad con la causa**. Esto se podrá lograr a través de la construcción de un pacto social, tal como el que se construyó entre 2004 y 2005 para dar una solución a la deforestación del Bosque Atlántico Alto-paranaense-BAAPA. Es de recordar el éxito que tuvo este Pacto Social en el descenso de la tasa de deforestación ilegal de 160.000 ha/año, en 2005 a 8.000 ha/año, en 2007.

### **3.3 Medidas en el marco institucional y legal**

Se deben incluir en este pacto social medidas que abarquen los aspectos institucionales de la gestión del saneamiento ambiental de la cuenca del Lago incluyendo medidas para:

- a. la creación del comité de cuencas y la autoridad local de la cuenca,
- b. el fortalecimiento de las capacidades de gestión ambiental de los municipios,
- c. la descentralización de la gestión ambiental por parte de la SEAM en los municipios de la cuenca,
- d. el fortalecimiento de las capacidades de la unidad técnica ambiental del Ministerio Público
- e. la jerarquización de la Dirección General de Salud Ambiental DIGESA del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social creando un Instituto Nacional de Control de la Salud Ambiental, dotándole de mayor flexibilidad administrativa a través de una autarquía y mejorando sus capacidades laboratoriales y presupuesto.
- f. un aspecto clave es el ordenamiento territorial que asegure la disponibilidad presente y futura de sitios para la instalación de plantas de depuración de aguas residuales en los municipios de forma a evitar las medidas populistas y anarquistas que impidan la construcción de las mencionadas instalaciones.

### **3.4 Medidas en el marco de infraestructuras hidráulicas, sanitarias e inversiones**

En el Comité de Cuencas se debe determinar la política de gestión de la cuenca con la priorización de las inversiones en:

- a. alcantarillado sanitario de las áreas urbanas de los municipios de la cuenca,
- b. tratamiento de las aguas residuales cloacales de los municipios de la cuenca,
- c. tratamiento y disposición de residuos sólidos domiciliarios y sus lixiviados,
- d. tratamiento y disposición adecuada de los residuos hospitalarios y patológicos
- e. uso del agua de la cuenca y
- f. tratamiento de las aguas residuales industriales de la cuenca,
- g. desvío de las aguas del arroyo Yuquyry solución a ser exhaustivamente analizada
- h. además se deben realizar inversiones locales inmediatas en la reducción de las fuentes difusas a través de la reforestación y recuperación del bosque ciliar, plantación de vegetación que asegure la reducción del nitrógeno y fósforo de los efluentes que aportan estos contaminantes, plantación de gramíneas que permitan la retención de sólidos que son arrastrados durante las lluvias.

### **3.5 Medidas en el marco de la reducción de la contaminación por fuentes difusas**

#### **3.5.1 Manejo de las márgenes en la Cuenca del Lago**

La vegetación riberena y los bosques ciliares pueden reducir significativamente el flujo de las aguas de escorrentía. Esta vegetación juega además un rol importante en la conservación y recuperación de los hábitats acuáticos, terrestres y la biodiversidad regional. El interés en el uso de la vegetación riberena para el control de la contaminación difusa ha crecido rápidamente en los últimos años, comprobable por la publicación de más de 600 obras al respecto. ([www.serc.si.edu](http://www.serc.si.edu)).

Los humedales del Yuquyry son los sitios de desnitrificación (conversión del nutriente  $\text{NO}_3$  al  $\text{N}_2$  gaseoso) que disminuye el flujo de N. La restauración de esos humedales por lo tanto aumentará la desnitrificación, por consiguiente reducirá la contaminación del lago en cierta magnitud. La restauración de humedales podría ser el método más efectivo en términos de costos aplicable al Lago de Ypacarai, para la reducción de la contaminación por N.

### **3.5.2 Gestión del N y P agrícola**

En la Cuenca del lago existe una importante actividad de pequeños productores agrícolas y pecuarios. La más importante causa de contaminación de las tierras cultivables de la cuenta es el excesivo uso de fertilizantes y prácticas pecuarias intensivas. Para ello existen soluciones directas.

La aplicación de fertilizantes debe ser limitada a lo que el cultivo necesita. Las aguas residuales de las actividades pecuarias intensivas pueden ser manejadas como fuentes de contaminación puntual. Los nutrientes del estiércol (las heces y orina), pueden ser utilizadas como fertilizantes o deben ser tratadas en estaciones de depuración de efluentes, antes de que sean descargadas en los arroyos de la cuenca. Para ello se debe establecer, con el apoyo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA (FCA-UNA), los niveles umbrales de nutrientes en los suelos que amenazan la calidad del agua, mapear extensivamente las Fuentes agropecuarias y controlar las fuentes y transporte de nutrientes.

### **3.5.3 Niveles Umbrales**

La determinación de los niveles umbrales de nutrientes en los suelos que generan amenazas inaceptables a la calidad del agua son necesarios para generar una línea base de datos para establecer una reglamentación específica que proteja la calidad ambiental de la cuenca. Este debería ser un trabajo de investigación de largo plazo en la FCA-UNA, porque los datos existentes son insuficientes.

### **3.5.4 Gestión en las Fuentes de contaminación puntual:**

El arrastre de N y P puede ser grandemente reducida si los nutrientes son aplicados en las concentraciones que demanden los cultivos, y solo cuando los fertilizantes son aplicados durante la fase de crecimiento rápido y sostenido. Además la introducción de P en la ingesta del ganado puede limitarse a la demanda animal, disminuyendo las cantidades de P excretado en los suelos. Manejo de las fuentes puede significativamente reducir las concentraciones de P en la escorrentía que llega al Lago.

### **3.5.5 Gestión del Transporte de P y N.**

El transporte de P y N a las aguas del lago por la erosión y escorrentía, pueden ser reducidas significativamente gracias a la vegetación ribereña, a las franjas de amortiguación, conservación de suelos, tajamares o lagunas de retención, cultivos de cobertura (Osborne and Kovacic 1993, Sharpley et al. 1994, Sharpley and Smith 1994). Las franjas de amortiguación en zonas ribereñas reducen por ejemplo, el transporte de P del 50-85% hacia los cauces (Osborne and Kovacic 1993). Sin la reducción concurrente de los nutrientes de los suelos, los nutrientes seguirán acumulándose.

### **3.5.6 Control de las escorrentías urbanas**

El control de la contaminación difusa urbana es una rama de la ingeniería civil y sanitaria bien desarrollada con abundante literatura (Novotny and Olem 1994). La optimización de los sistemas de alcantarillado es el objetivo clave. Otras estrategias incluyen la creación de estanques o tajamares de retención, humedales, y corredores verdes como un componente integrado de la gestión de las aguas de lluvias urbanas, aspecto absolutamente ausente en la cuenca del Lago.

### **3.5.7 Monitoreo ambiental: niveles de gestión**

Respecto a las medidas de monitoreo ambiental es necesario que las mismas se realicen en dos niveles: local, a cargo de los municipios; y nacional, a cargo de la SEAM. Este monitoreo debe responder a un plan donde se prioricen las sub cuencas, empezando por aquella con mayores niveles de contaminación y que busquen detectar las descargas clandestinas en los efluentes del Lago, así como también a aquellas

industrias con bajos niveles de tratamiento de sus efluentes. A fin de mejorar la eficiencia y eficacia de esta medida es muy recomendable la instalación de Estaciones ONLINE de Monitoreo de la Calidad del Agua las cuales permitirán detectar instantáneamente los picos de las descargas de contaminantes y detectar por consecuencia más fácilmente, aquellas industrias contaminadoras.

### **3.6 Financiamiento de las inversiones:**

El monitoreo permanente garantizara que las actividades industriales estén bajo control, pero las medidas de control tienen que estar acompañadas por la disponibilidad de fondos que permitan a los empresarios la adecuación de sus industrias a las normativas ambientales respecto a las descargas en cuerpos receptores. En este caso la Agencia de Financiamiento para el Desarrollo podría poner a disposición del sistema financiero nacional los fondos para la inversión.

Respecto a las inversiones públicas municipales en materia de saneamiento, se debería en el marco del Pacto Social, plantear el uso de los fondos del FONACIDE, del FOCEM y de Bonos Soberanos obligando a los municipios a que inviertan anualmente en esta infraestructura hasta alcanzar altos niveles de cobertura (80-85%) en el tratamiento de sus aguas residuales domesticas.

En relación a las inversiones en estaciones de depuración de aguas residuales de entidades públicas como los hospitales regionales, Hospital del Cáncer y del Quemado y de la ESSAP, el Gobierno nacional podría utilizar los fondos del FOCEM y los Bonos Soberanos.

### **3.7 Coordinación del proceso de toma de decisión:**

Debido a que esta gestión es muy compleja y considerando la necesidad de una efectiva coordinación interinstitucional se plantea crear un Comité de Emergencia para la Gestión del Lago que asegure una efectiva coordinación con el Poder Legislativo, el Poder Judicial y los ministerios y secretarías del Poder Ejecutivo así como con los gobiernos locales de la cuenca.

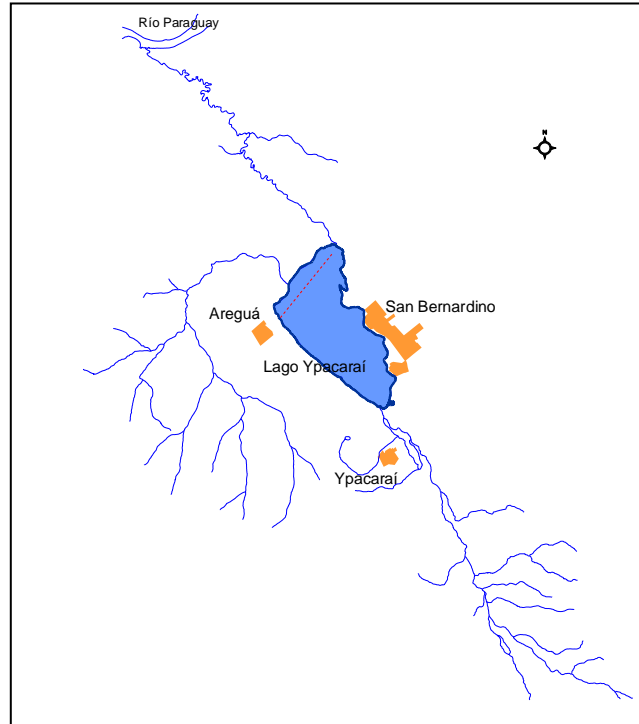
Este Comité de Emergencia deberá encargarse de coordinar las medidas sugeridas anteriormente con los ejecutores (MAG, Min.Hacienda, SEAM, MSPBS, CONACYT, academia, etc.), con el apoyo del Ministerio Publico. El Comité de Emergencia podría estar ubicado bajo la coordinación del Secretario Técnico de Planificación o del Vicepresidente de la Republica.

Por último, es un error comparar un proyecto de descontaminación de la cuenca del lago Ypacarai con el río Támesis de Inglaterra ya que son cursos de agua muy diferentes. Uno tiene un régimen lenticó y el otro un régimen lótico, donde las aguas del Ypacarai tienen un caudal o tiempo de residencia mucho menor que el Támesis. Cuanto mayor es el caudal es más fácil el proceso de autodepuración, cosa que no ocurre en los lagos con tiempos de residencia muy largos. El caso del lago Ypacarai es único en el mundo y debe ser tratado con el mayor rigor científico posible. En otras palabras, las soluciones deben provenir del ámbito científico y se debe dejar a los tecnólogos la aplicación de la tecnología evitando que el lago se convierta en campo de experimentación irresponsable.

### **Apartado: Consideraciones sobre el desvío de las aguas del Arroyo Yuquyry**

Frente a este grado de dificultad, fue sugerido (Kawai, 2006) el desvío de las aguas del A° Yuquyry, que transporta cerca de 80 % de todas las cargas generadas en la toda cuenca de lago Ypacarai, a través de una divisoria hecha de concreto como una cortina dentro del lago, como se muestra en la figura abajo, hasta la boca del río Salado, evitando la mezcla de agua contaminada del A° Yuquyry con el agua del lago Ypacarai. No habrá ningún impacto negativo con la implementación de esta solución, visto que no provoca alteración en el ecosistema de la región.

No quedan dudas de que la propuesta presentada es una solución complementaria, debiendo ser acompañada de la solución efectiva del control conjunto de las fuentes contaminantes, tales como, cloacas sanitarias, residuos sólidos y otros, a través de los emprendimientos apropiados en áreas de saneamiento básico para garantizar la protección de la salud de la población. En cualquier forma, en un país, en donde se verifica una gran dificultad económica - financiera, no se debe adoptar la política ambiental con base en la solución convencional.



En este sentido, varios niveles de gobiernos y representantes de la población reunidos en torno del comité de la cuenca hidrográfica formado, por ejemplo, puede abrir un camino no solo para aunar esfuerzos para establecer una nueva forma de administración, como por ejemplo, la introducción de políticas para incentivar el sector productivo sostenible y aumentar la capacidad financiera de la población, a través de la cual propicie el emprendimiento para la recuperación y preservación de la cuenca en estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buffle, J.; Van Leeuwen, H. P. Environmental Particles; Lewis Publishers: Boca Raton, FL, 1992; Vol. 1.
- Buffle, J.; Wilkinson, K. J.; Stoll, S.; Filella, M.; Zhang, J. A generalized description of aquatic colloidal interactions: The three-colloidal component approach. Environ. Sci. Technol. 1998, 32, 2887-2899.
- Carvalho, R. A.; Benfield, M. C.; Santschi, P. H. Comparative bioaccumulation studies of colloiddally complexed and free-ionic heavy metals in juvenile brown shrimp *Penaeus aztecus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae). Limnol. Oceanogr. 1999, 44, 403- 424.
- Davison, W., and E. Tipping. 1984. Treading in Mortimer's footsteps: The geochemical cycling of iron and manganese in Esthwaite Water, p. 91-101. In Freshwater Biol. Assoc. 52nd Annu. Rep.
- Gunnars, A., and S. Blomqvist. 1997. Phosphate exchange across the sediment–water interface when shifting from anoxic to oxic conditions—an experimental comparison of freshwater and brackish-marine systems. Biogeochemistry 37: 203–226.
- Facetti Villasanti F.S. Análisis físico químicos de las aguas del Lago Ypacarai. Facultad de

- Química y Farmacia. Asunción Paraguay 1947.
- Kawai H. Informe Final: Proyecto de Control y Mejoramiento de la Calidad de las Aguas del la Cuenca del Lago Ypacarai y del Río Paraguay, JICA SEAM. 2007
  - Lead, J. R.; Davison, W.; Hamilton-Taylor, J.; Buffle, J. Characterizing colloidal material in natural waters. *Aquat. Geochem.* 1997, 3, 213-232.
  - Leppard, G.G., J. Buffle, R.R. De Vitre & D. Perret. 1988. The ultrastructure and physical characteristics of a distinctive colloidal iron particulate isolated from a small eutrophic lake. *Archiv fuer Hydrobiologie* 113.
  - Lienemann, C.-P., M. Monnerat, J. Dominik & D. Perret. 1999. Identification of stoichiometric iron-phosphorus colloids produced in a eutrophic lake. *Aquatic Sciences* 61: 133-149.
  - Muirhead, D.; Lead, J. R. Physicochemical characteristics of natural colloids in a heavily polluted, urban watershed: analysis by atomic force microscopy. *Hydrobiol.* 2003, 494, 65-69.
  - Macleod C. and Haygarth P. June 2003. A review of the significance of non-point source agricultural phosphorus to surface water. Institute of Grassland and Environmental Research (IGER). Newsletter NUMBER 51 Special Edition.
  - Novotny, V., Olem, H., 1994. *Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1054 p..
  - OSBORNE, L. L. and KOVACIC, D. A. (1993), Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater Biology*, 29: 243–258. doi: 10.1111/j.1365-2427.1993.tb00761
  - Pizarro, J., N. Belzile, M. Filella, G.G. Leppard, J.-C. Negre, D. Perret & J. Buffle. 1995. Coagulation /sedimentation of submicron iron particles in a eutrophic lake. *Water Research* 29: 617-32.
  - Sharpley AN, Chapra SC, Wedepohl R, Sims JT, Daniel TC, Reddy KR. 1994. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. *Journal of Environmental Quality* 23: 437–451.
  - Sharpley, A.N., and S.J. Smith. 1994. Wheat tillage and water quality in the Southern Plains. *Soil Tillage Research* 30:33-38.
  - Sun XJ, Qin BQ, Zhu GW, Zhang ZP. 2007 Mar. Effect of wind-induced wave on concentration of colloidal nutrient and phytoplankton in Lake Taihu. *Huan Jing Ke Xue.* 28(3):506-11.
  - Tchobanoglous G, Burton FL, 1991. “Wastewater Engineering”, McGraw – Hill Inc.
  - Tipping, E. 1981. Adsorption by goethite (alpha -FeOOH) of humic substances from three different lakes. *Chemical Geology* 33: 81-9.
  - Wang, W. X.; Guo, L. D. Influences of natural colloids on metal bioavailability to two marine bivalves. *Environ. Sci. Technol.* 2000, 34, 4571-4576.
  - Westhoek, H. et al, Economic and environmental effects of the manure policy in the Netherlands: synthesis of integrated ex-post and ex-ante evaluation. *Water Science & Technology*, vol. 49, No 3, 2004.
  - Wilkinson, K. J.; Balnois, E.; Leppard, G. G.; Buffle, J. Characteristic features of the major components of freshwater colloidal organic matter revealed by transmission electron and atomic force microscopy. *Colloids Surf.A.* 1999, 155, 287-310.