

Aspectos limnológicos del Lago Ypacaraí estudios hídricos III

Mirna Delgado¹, F. Lozano^{1,2}, J. F. Facetti Masulli^{1,2}

1 Hydroconsult SRL, 2 Universidad Nacional de Asunción.

Recibido: 2013.12.03 Aceptado: 2014. 02.13

Resumen: En seguimiento de estudios anteriores de la limnología del lago Ypacaraí, se describe y correlaciona resultados y conclusiones de una campaña ejecutada en octubre de 2013 de calidad de agua. Los resultados son compatibles con los anteriores así como las conclusiones; el recuento del fitoplancton señala un aumento prominente del número de organismos. El epilogo apoya la validez de las conclusiones anteriores imperativas tales como cortar el aporte puntual exógeno de nutrientes, frenar el arrastre y deposición de sedimentos mediante cordones escalonados de gramíneas y malezas de rápido crecimiento, pero especialmente, sin análisis costo/beneficio no perturbar el estado estacionario acuático extremadamente frágil que puede entonces dispararse con indeseables consecuencias.

Palabras claves: lago Ypacaraí, aspectos limnológicos, calidad de agua, contaminación, protección ribereña.

Abstract: Following previous studies on the limnology of Ypacaraí Lake, this work describes and correlates results and conclusions of an executed water quality campaign in October 2013. The results are consistent with the foregoing as well as with the conclusions; the phytoplankton count indicates a prominent increase in the number of organisms. The epilogue supports the validity of the earlier mandatory findings such as eliminating the alloctonus load of nutrients from contaminant point sources, braking entrainment and deposition of sediments by setting up staggered fringes/strips of grasses and fast-growing weeds, but especially, not disturb the extremely fragile aquatic steady state that can then trigger on undesirable consequences.

Key words: Ypacaraí Lake; limnology aspects, water quality, contamination, riparian protection.

1.-Introducción

El Lago Ypacaraí constituye en la geobiósfera del Paraguay, un recurso emblemático que recientemente ha suscitado la atención de diversos actores sociales así como de los medios de comunicación en relación a la calidad de sus aguas. No son muchos los estudios limnológicos publicados en Revistas Científicas arbitradas. Puede citarse la *Revista de la Facultad de Química y Farmacia (1943)* y *Trans. First Interamerican Sympos (1964)* referentes a estudios analíticos fisicoquímicos clásicos y por activación neutrónica [1,2], el *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry(1993)* que, mediante el empleo de técnicas radioquímicas y del efecto

Mossbauer, enfoca estudios de sedimentos, de la dinámica del lago, de la disponibilidad de fósforo y del efecto limitante del Fe^{3+} [3], *esta Revista de la Sociedad Científica del Paraguay* en referencia a la Limnología Física y Fisico-química del lago [4&ref.inclusas] (2005), aspectos hidrobiológicos (2006) [5&ref.inclusas] y aspectos hidrológicos (2006) [6]. Estos tres últimos, están en cierta parte basados en investigaciones realizadas por los autores en 1978, 1983, 1995, expuestos en sucesivos Informes Científico-Técnicos al Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental –SENASA-(1978); Municipalidad de San Bernardino (1984); al ViceMinisterio de Obras Públicas (1995), documento[7] público este último.

Las conclusiones que ellos señalan entre otras: a) el importante efecto contaminante/colmatante del arrastre de sedimentos b) la significativa carga de nutrientes en las aguas y sedimentos del lago a resultas de su aporte exógeno; c) la limitada penetración de radiación d) La productividad primaria restringida acorde con el constreñido *ambiente radiativo* y de la actividad del Fe^{3+} como elemento limitante. e) la necesidad de mitigar el arrastre de sedimentos con cordones escalonados de malezas y gramíneas en el perilago; f) la obligatoriedad de cortar el suministro de nutrientes debido a contaminación puntual/difusa. En algunas publicaciones de nuestro país, aunque no en revistas arbitradas, se citan recientemente algunas de estas conclusiones sin mencionar la bibliografía pertinente.

Es de interés cotejar aquellos resultados con la situación actual de las aguas del lago y su sostenibilidad. Con dicho objeto en el mes de octubre de 2013 fue realizada una campaña de estudios limnológicos físicos, fisicoquímicos e hidrobiológicos cuyos resultados y conclusiones se exponen en este trabajo.

1.1.-Generalidades

El lago Ypacaraí se ubica 25 km al este de Asunción (S 25° 17', W 57° 20') y ocupa una extensión de 5.328 ha., con una elevación promedio de 64 msnm; se lo describe como un “lago de agua dulce, poco profundo, con bañados asociados en una zona de paisaje ondulado”. Una falla lo cruza longitudinalmente aunque de acuerdo a Eckel [8] son dos y lo bordean longitudinalmente; no es muy raro escuchar en días claros y serenos estampidos como tronadas en el lago. Se ubica en la zona más deprimida de la cuenca del río Salado de aproximadamente 1060 Km² de área.

De acuerdo al Mapa Geológico del Paraguay y su memoria explicativa [9], el lago en sí mismo, se halla en dicha depresión entre areniscas del Grupo Caacupé del ordovícico/silúrico -un enfoque diferente ha sido recientemente planteado y su análisis escapa al alcance de este trabajo- con afloramiento aislado de granito rosado biotítico normal en San Bernardino [7].

La cuenca en sus recursos fluviales presenta un régimen que aunque asociado a los regímenes de crecida del Río Paraguay, es marcadamente pluvial. Largos períodos de

carencia de lluvias determinan fuertes bajantes del nivel de las aguas, muy notables en el Lago Ypacaraí cuya profundidad máxima es de ~3 m. La profundidad media calculada es de 1,31 m a la que corresponde un volumen de $7,074 \times 10^7 \text{ m}^3$. Los caudales de los arroyos afluentes y efluentes presentan su máximo en los meses de verano cuando ocurren las mayores precipitaciones e inundaciones, coincidiendo con las alturas máximas del lago.

Los principales arroyos que componen esta cuenca son el: Pirayu, Yukyry y el río Salado. Todos ellos corren de sur a norte, de las zonas elevadas de la cuenca; el río Salado discurre desde el lago al río Paraguay. Es de particular importancia por su implicancia sobre la hidrología, hidroquímica hidrobiología del lago y del río Salado. Aspectos hidrológicos de estos cursos hídricos fueron descritos anteriormente [6].

Sub-cuenca del arroyo Yukyry: Esta unidad hidrológica está formada por varios tributarios, como el Mbaepirungá, Paso Mburicá, San Lorenzo y el Ycuá Duré.

El arroyo Yukyry se dispersa y termina su curso en humedales que conducen sus aguas al lago y al río Salado. Determinaciones de caudal realizadas [10] entre abril y fines de junio de 1988 dieron valores de caudal Q comprendidos entre 2,3 y 54,8 m^3/seg , siendo el promedio de $14,3 \pm 18,6 \text{ m}^3/\text{seg}$. Nótese la *gran dispersión de valores*. En tiempo de estiaje el caudal determinado por el método de flotación arrojó un tenor de $Q = 0,75 \pm 0,06 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Sub-cuenca del arroyo Pirayú: Está situada al sur del área en estudio, los arroyos tributarios del Pirayú son: el arroyo Yaguá resay, Ypucú y el Ingá. Todos estos cursos del agua fluyen hacia el lago Ypacaraí y terminan/descargan por un solo afluente. En algún tiempo el Ingá era prácticamente el colector cloacal de muchas viviendas de San Bernardino: al parecer los camiones cisternas que desagotan los pozos negros de San Bernardino, descargaban esos desechos en este arroyo. ***Sub-cuencas del Este y del Oeste:*** *Corresponden a tributarios y cauces que en épocas de sequía no llegan al lago y solamente se presentan durante las lluvias.*

Alimentación del Lago. Atendiendo a la situación de los afluentes del lago de las sub-cuencas del este y del oeste, con cursos que no llegan al mismo sino en épocas de lluvia, se estima que la alimentación del lago se realiza actualmente por las sub-cuencas del Pirayú y del Yukyry.

1.2- Humedales

El humedal del Pirayú, cubre un área permanentemente inundada de alrededor de $1,8 \text{ km}^2$ y se halla en la zona de la desembocadura del arroyo del mismo nombre, con las características citadas más arriba; actualmente funciona como un freno al flujo del río por la aparente concentración de sedimentos; el área de tierras inundables es de unos 12 km^2 .

Humedal Yuquyry-Salado: En la zona más baja del arroyo Yukyry se extiende un área baja pantanosa y que cumple un papel regulador del nivel de agua del lago y preserva en cierto modo la calidad de agua. Se estima que el área inundada permanente es de 15,7 km², aunque la inundable es bastante mayor.

Se observa también una retracción del humedal acortándose su radio. Actualmente mucha superficie de terreno inundable de esta cuenca está seca, con suelos cuarteados, debido a la pérdida de agua del lago Ypacarai atribuida a la destrucción del dique natural en la naciente del río Salado [11].

Parece ser que ambos humedales fueron sustancialmente afectados, paraeventuales eufemísticas “recuperaciones” inmobiliarias de sus tierras, por acciones de drenaje en los mismos.

Escurrimiento del Lago

Ha habido pérdida, por escurrimiento al río Paraguay, de significativos volúmenes de agua del lago Ypacarai, atribuida por los pobladores y turistas de entonces, a la destrucción de origen antrópico del dique natural en la embocadura/naciente del río Salado ocurrida [11] en el verano de 1925/1926. Esto indujo una bajante importante del lago coincidente con otra pronunciada del río Paraguay que estimuló probablemente, el descenso de las aguas de aquel; a partir de ello, **según percepción de aquellos usuarios, se fue produciendo el deterioro de los aspectos estéticos y de su uso para recreación, así como la disminución de sus condiciones de navegabilidad.** Por otro lado, la recarga del Lago por las aguas de crecidas del río Paraguay podría haberse visto facilitada, con el concomitante eventual depósito de material aluvial y entrada de peces alóctonos.

El Río Salado

Descripción: El río Salado tiene, de acuerdo al Balance Hídrico Superficial del Paraguay-(Código 68418) [12], un área de drenaje 1066 km², perímetro de cuenca 193 km, longitud del cauce 84km ; 64km **de acuerdo a** estudios recientes realizados en la FIUNA [13] que dan al área de drenaje, incluyendo al propio Lago 1127 km². Este curso de agua oficia de canal de conexión entre el Lago y el Río Paraguay y es probable que, en cronología geológica reciente, fue constituyéndose (debido talvez a mayor oscilación de velocidad en aguas de fondo) en un curso sub-superficial de escurrimiento del agua en un antiguo humedal más amplio que fue retrayéndose en el tiempo. Actualmente, en tiempos históricos recientes en el humedal del Yuquyry-Salado por causas antrópicas aceleradas se percibe una retracción del mismo según se mencionó más arriba.

El caudal del río en estiaje (XII/95), fue determinado por el método de flotación, resultando un valor de $Q = 1,7 \text{ m}^3/\text{s}$; medición hecha siguiendo su curso a unos 3000 m de su embocadura en el lago. De acuerdo al BHSP el caudal medio es de 11m/s. Otros

estudios en la misma época plantean [10] la relación H/Q siguiente: $Q = 0,5659 e^{1,9542 h}$. El curso se extiende en un humedal cubierto por vegetación acuática arraigada y flotante (pej yacare yrupe, ,pontederias abundantes, etc); la velocidad de corriente era baja con sedimentos depositados/acumulados; putrefacción de materia orgánica con producción de gases sulfhídricos más o menos localizados. El río llega al cruce de la ruta Luque-San Bernardino dispersado en varios brazos, cuatro en ocasión de nuestra inspección; ello es dependiente del nivel y se amplía en un relativamente extenso humedal.

2.-Metodología

Las tareas *in situ* fueron realizadas en cuatro estaciones en la ribera este (San Bernardino) del lago: Club Náutico, Muelle, Rotonda y Club Lago Azul en octubre de 2013. Tanto la colecta de muestras, mediciones y análisis *in situ*, análisis en laboratorio e investigaciones del plancton fueron realizados por métodos establecidos [3-5 &ref,]

inclusas]. En laboratorio, fue investigada una selección de parámetros fisicoquímicos así como hidrobiológicos.

Los estudios anteriores fueron realizados en tres periodos: 1978, 1984, 1995 con tres campañas de mediciones *in situ*, colecta de muestras a no menos de 50m de la costa, y análisis de laboratorio en cada uno; adicionalmente y para verificación, fueron ejecutadas dos en el 2005, [4-6].

3.- Resultados y Análisis

3.1 Análisis *in situ*

La tabla 1 presenta los resultados de las mediciones y análisis *in situ*. Puede señalarse: el aumento hacia el medio día del pH coincidente con el aumento de la

Tabla 1 (octubre/2013)

Hora	Náutico	Muelle		Rotonda	LAzul	
	13:20	09:00	15:00	9:50	12:00	16:40
Temp. agua °C	28,8	22	32,1	22,8	24,0	30,0
pH	9,3	8,6	9,4	8,6	8,9	9,2
OD mg/L	9,2	7,5	10	7,5	7,5	9,2
Cond μ S/cm	229	222	235	223	229	235
Transp m	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26
Prof m	1,30	0,80	s.d	0,84	0,84	s.d
Vientos V_{med} m/s	4,1	0,3	2,3	0,3	0,8	s.d

v_{med} del viento NE y de la densidad de organismos del fitoplancton coincidente también con el aumento importante de la temperatura del agua y de la concentración de OD; esto último puede deberse a la concomitancia de una mayor tasa de respiración y el aumento de la aireación (p.ej en Náutico la V_{max} del viento NE fué de ~4 nudos).

Los aspectos térmicos y radiativos en conjunción con las campañas anteriores señalan: **i) El lago de poca profundidad** no presenta estratificación térmica permanente pero sí estratos someros de poca extensión y escaso espesor, fácilmente mudables. **ii) El fetch o rango de exposición** tiene marcada influencia; con vientos del SE la superficie se enfría y se producen “*over turns*” tanto extensos como localizados pero muy diseminados. **iii) Siendo el lago de profundidad somera**, este dinamismo eleva algo de los sedimentos de fondo incorporándolos al seston de la masa hídrica que contribuye a interferir la penetración de la luz es decir de la radiación. La radiación incidente es atenuada totalmente a poco espesor, debido a la concentración de los componentes del tripton [14,15]. De esta manera el valor de la *Radiación Disponible Fotosintéticamente* (RDF) rápidamente tiende a cero. Pese a ello, los organismos del fitoplancton aparecen en las campañas, en buena parte de la columna de agua, coherente e indicativo con el sistema dinámico descrito, dentro de las limitaciones que son de esperar como se verá en 3.3.

3.2 Hidroquímica

En la Tabla2 aparecen los resultados de los análisis de parámetros seleccionados.

Tabla 2

Parámetros		Nautico	Muelle	Rotonda	Lago Azul
pH		9,5±0,1	9,3±0,1	8,0±0,1	8,0±0,1
Conductividad		249±4	241±4	262±4	245±4
Dureza	mg/L CaCO ₃	36,0±0,12	33,4±0,20	36,0±0,20	35±0,20
Calcio	mg/L	11,82±0,2	11,02±0,1	11,62±0,2	11,02±0,4
Magnesio	mg/L	1,55	1,43	1,58	1,80
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	33,75±0,5	30,0±0,4	30,0±0,4	30,0±0,4
Fósforo total	mg/L	0,12±0,008	0,12±0,008	0,14±0,008	0,12±0,01
N- NH ₃	mg/L	0,02±0,002	0,0183±0,002	0,035±0,002	0,028±0,002
N.Nitrato	mg/L	0,1 ±0,01	0,15±0,005	0,1±0,01	0,05
Cloruros	mg/L	49,96 ±0,5	48,49±0,5	50,44±1,0	49,96±1,0
Sólidos totales	mg/L	251,2	268,8	262,4	268,8

Los parámetros geoquímicos son del orden de los valores anteriormente registrados. Los nutrientes rep

resentados acá por $N-NH_3$ y P_{total} presentaron en la columna de agua, tenores inferiores a los registrados en 1995/2005. En el caso del fósforo podría deberse a su incorporación a los sedimentos de fondo por precipitación de fracciones del seston que ha sido importante (como ejemplo su prominente acumulación en la embocadura del Salado); así mismo, a su *consumo por los productores primarios* cuya población ha tenido un incremento sustancial. Ambos factores estarían en competencia con la descarga de efluentes en contaminación puntual y difusa y con el aporte alóctono de contaminantes provenientes del arrastre de sedimentos por escorrentía. Éste último, por contrario imperio, contribuye también grandemente a la precipitación del seston y a la colmatación del Lago.

Las principales fuentes de **contaminación puntual** en la cuenca del arroyo **Yuquyry** se presentan en la zona de Capiatá-Itauguá donde se ubican las grandes aceiteras. Otras industrias muy contaminantes son los mataderos de vacunos y de aves. También las cargas de efluentes domésticos y municipales constituyen otras fuentes de contaminación. En la cuenca del **Piray** existen principalmente fábricas de ladrillo y curtiembres así como algunos mataderos. Posibles focos de contaminación se señalan en el mapa producido en estudios hechos en la Facultad de Ingeniería de la UNA [13].

En cuanto a la **contaminación difusa**, en acuerdo a los estudios citados [3-7], la **mayor carga proviene del arrastre y deposición de sedimentos exógenos**. Los sedimentos en términos de volumen constituyen hoy por hoy el mayor contaminante tanto en el Lago Ypacarai como lo son en general en aguas epicontinentales. Reducen la capacidad de almacenamiento de los reservorios, colmatan lagos y estanques, obturan canales y sepultan a los hábitat acuáticos. Su incorporación y deposición va restringiendo la vida útil del cuerpo de agua. Bajo condiciones naturales generalmente resultan de tres procesos geológicos: erosión, transporte y deposición. Las actividades asociadas con deforestación, agricultura, minería, desarrollo urbano, construcción de caminos, frecuentemente tienden a acelerar los procesos naturales incrementando la sedimentación natural del lago en varios factores multiplicativos. Se **muestra imperativa** la protección del mismo con implantación de vegetación ribereña apropiada [7].

La **concentración de nutrientes**, en especial fósforo y nitrógeno de origen exógeno fue aumentando a lo largo de esos pocos años sobrepasando en las campañas de 1995 y corroborados en 2005 y 2013 los valores máximos recomendados, penetrando e /incursionando en niveles de eutrofización. **i) Nutrientes** como ortofosfatos, considerados como de fácil aprovechamiento por el fitoplancton y los fosfatos totales **presentaban valores elevados** aunque sin riesgo potencial para una eutrofización acelerada como se vio en estudios anteriores en atención a la escasa penetración y la consiguiente **poca e ineficiente transferencia de energía** de la radiación, que limita la actividad de los

productores primarios. Sin embargo en el 2013 la concentración de fósforo total se retrajo a valores que presentaba el lago en las campañas de 1978-1984. En relación inversa la densidad de organismos tuvo el cremento prominente mencionado y que se detalla más abajo. Es sabido que el fósforo generalmente es considerado como elemento limitante en la forma de o-fosfato disuelto y así es aprovechado por las algas; mas la presencia de Fe^{3+} estequiométricamente lo insolubiliza con formación de $FePO_4$, y cuyo aprovechamiento es muy limitado: el Fe^{3+} se vuelve así elemento limitante. Si se corta el suministro exógeno de compuestos de fósforo es de esperar una disminución importante en la demografía. Es pues también imperativo el tratamiento de efluentes de los focos de contaminación.

3.3 Fitoplancton

Se lo puede considerar como el indicador más prominente actual. Su clasificación se hizo teniendo a la vista los volúmenes de Bourrelly [16] y del Binnengewässer [17]. Un resumen de los resultados del recuento aparece en la **Tabla 3**. En anexo, el detalle del recuento.

El somero análisis de la secuencia histórica [4-5], muestra *un franco deterioro de la calidad*:

i).-Densidad de organismos: la densidad de los organismos presentes en los grandes grupos en los dos primeros períodos (78 y 84), aunque similares, puede estimarse que fueron inferiores en las campañas del 84 a la luz de las metodologías empleadas. Si se compara con los valores obtenidos en los lagos de Acaray e Yguazú en los mismos periodos y en el de Itaipú en el 84, los tenores hallados no son elevados. En la campaña de 2013, el aumento de la densidad de organismos fue sustancial. Puede notarse así mismo que dicho aumento se incrementó aún más hacia el medio día con mayor irradiancia y temperatura más alta.

ii).-Distribución por Clases: fueron registrados organismos correspondientes a las cianófitas, clorofíceas y diatomáceas y algas de otros grupos. Hubo *predominio de las diatomáceas* en casi todos los períodos en las campañas anteriores; en general se estima que ello acontece en lagos *no eutróficos*. En 2013, el predominio de modo importante pasó a la cianofíceas seguido por las clorofíceas.

iii).-Diversidad: Es notoria la *disminución de la diversidad*: En las campañas de 1978, las cianofíceas representaron el $3,1 \pm 1,2\%$ con 1 a 2 géneros presentes; en el 84, el $8,7 \pm 2,1\%$ y un género; en la del 95, el $17,4 \pm 4,2\%$ y un género; en las del 2005 frente a Puerta del Lago y a la Rotonda estas algas representaron el $23,25 \pm 23\%$ en diciembre, (en octubre fueron observadas sólo en la Rotonda). Las clorofíceas en las campañas se comportaron como sigue: en la del 78, representaron el $17,6 \pm 6,0\%$ con

4 a 8 géneros; en la del 84, el $17,2 \pm 0,8\%$ con 4 géneros; en la del 95 representaron el $39,6 \pm 30\%$ en octubre con 1 sólo género y en diciembre el $46,9 \pm 4,9\%$ con 2 a 4 géneros. Por su parte, las diatomáceas en 1978, representaron el $75,3 \pm 6,7\%$ con 5 a 8 géneros; en del 84 el $71,7 \pm 3,1\%$ con 4 a 5 géneros; en la del 95, el $47,3 \pm 25\%$ en octubre con 1 sólo género y en diciembre $20,3 \pm 14\%$ con 2 a 3 géneros. *Las desviaciones, que señalan la variación de los valores, fueron a partir del 95 en algunos casos francamente grandes.*

Tabla3 (octubre 2013)

Hora	Náutico	Muelle	Rotonda	Lago Azul	
	13:00	09:00 15:00	09:50	12:00	16:40
Nº TOTAL org/L ($\times 10^6$)	32,3	28,1 – 40,7	42,5	42,4 – 42,0	
CIANOFITAS					
%	50,30	44,28 – 40,39	40,70	31,84 – 39,76	
nº de géneros	10	9 8	8	9 10	
Predominancia		Cylendrospermopsis Raciborskii			
CLOROFICEAS					
%	31,67	36,07 – 38,66	33,88	46,23 – 38,33	
nº de géneros	10	10 14	10	14 9	
Predominancia	Scenedesmus	Scenedesmus	Scenedesmus	Scenedesmus	
DIATOMACEAS					
%	18,01	19,64 - 20,93	25,41	21,93 - 21,90	
nº de géneros	7	6 5	6	7 6	
Predominancia	Cyclotella	Cyclotella	Cyclotella	Cyclotella	
OTRAS ALGAS					
%	0,1	0,1	0,2	0,1	

En la situación que muestra la campaña de octubre 2013 la distribución porcentual es como sigue: las Cianófitas contribuyen con el $41,21 \pm 5,57\%$; las Clorofíceas con el

37,47 \pm 4,61%; y las Diatomáceas con 21,30 \pm 2,29%. La presencia de otras algas fue poco significativa. La mayor variabilidad presentaron las cianófitas. Las diatomáceas muestran presencia más consistente en el cuerpo de agua de la ribera derecha estudiada.

iv).- Ambiente fotosintético: Algo interesante de señalar, es la presencia de organismos del fitoplancton en niveles no eufóticos (ausencia de luz); ello está de acuerdo a la dinámica del lago y la frecuente inversión que ocurre. Por otra parte en el Ypacarai, la elevada concentración del tripton y los altos coeficientes de atenuación de la radiación debido a las relativamente elevadas secciones eficaces de dispersión y absorción determinan que la radiación fotosintéticamente disponible *rápidamente tiende a cero* en la columna de agua: la presencia de algas en toda la columna se explica por el dinamismo mencionado.

v).- Índice de Nyegaard: Los valores calculados para este índice definido [18] por la *ratio* Centrales/Pennales son los siguientes para las aguas estruadas: en el Náutico 1,52; frente al muelle 1,75 y 2,5; en la Rotonda 3,11 y en Lago Azul 1,37 y 2,83. Valores superiores a 1 corresponden a ambientes meso-tróficos/eutróficos. Se hace evidente que el aumento de temperatura y de irradiancia contribuyen a una mayor **tasa de la densidad de Centrales** como puede inferirse de la **tabla 3**.

3.4.- Fragilidad

El escenario bioenergético de tipo **estacionario** existente, debido a la conjunción de estos factores *es a todas luces frágil* ya que alguna pequeña variación de las variables en juego, en especial aquellas limitantes, puede disparar fenómenos absolutamente indeseables como ser una eutrofización acelerada.

Qué pasa si aumenta la transparencia y mejora el clima fotónico y el rendimiento de la RFD?

Debido a la alta concentración de nutrientes *se dispara* la productividad primaria. Podría ser localizada, pero en un sistema de alto dinamismo como el Lago de Ypacarai fácilmente el fenómeno puede extenderse y abarcar importantes masas de agua.

Eso pudo haber ocurrido en 2013 según pudo observarse en la campaña del mes de octubre del año: el número/densidad de organismos aumentó substancialmente, entre ellos las cianófitas que son organismos procariontes como las bacterias y se diferencian de ellas por la presencia de clorofila *a* y el uso del agua como donador de electrones en la fotosíntesis. Frecuentemente consisten en miembros de la familia Croococaceae o filamentosa como Oscillatoriaceae, Nostocaceae, Rivulariaceae.

4.- Conclusiones

Se trata el Ypacaraí de un lago somero subtropical que por efecto de los vientos predominantes y del rango de exposición (fetch) tiene un importante dinamismo; remueve masas de agua, elevando fracciones húmicas y sedimentos de fondo incorporándolas al agua y al seston. Esto determina una baja densidad, fotónica con poca energía disponible. Por ello, a pesar de la elevada concentración de nutrientes, su aprovechamiento integral por parte de las algas se muestra limitado.

El aumento del número de organismos, (en correlación negativa con el fósforo) hubo de haberse debido a un incremento de la disponibilidad de energía.

A la luz de los resultados y su análisis, es imperativo y de inmediato:

a) Frenar/eliminar la descarga de efluentes y desperdicios contaminantes que son importantes portadores de fósforo, nitrógeno etc.

b) Exigir/Fomentar la instalación, con tecnología apropiada, de sistemas de tratamiento donde fuere necesario (industrias/fábricas, efluentes cloacales etc).

c) Frenar la deforestación.

d) Controlar/mitigar el arrastre y deposición de sedimentos exógenos que constituyen la mayor carga de contaminación difusa.

e) Proteger el perilago con malezas y gramíneas de rápido desarrollo* en forma escalonada circunvalando el lago para frenar/atenuar el arrastre de sedimentos que además de sus efectos por masa y volumen pueden transportar/incorporar componentes de riesgo potencial para la masa hídrica*.

f) Por último pero no por lo último, se concluye que no se debe intervenir el lago sin una cuidadosa evaluación riesgo/beneficio, producto de reflexión y análisis científico serios y responsables.

* Los municipios pueden exigir con una Ordenanza a los propietarios de fincas en el perilago esta tarea; las áreas públicas corresponden a la Municipalidad.

Referencias

- [1] **Facetti F.S.** - Investigaciones Analíticas en el Lago Ypacaraí- Rev. Facultad de Química y Colegio Químico del Paraguay. 8/9, 19(1945)
- [2]**Facetti M, J.F. – Facetti F.S.** — Trace Elements in Ypacaraí lake water. *In* Fifth Interamer. Symp. on Nucl Energy - Washington DC – 105(1965).
- 3]Velazquez R., Alviso Rosalba, Facetti M. J. F.-** Sediments of Ypacaraí. Lake – J. Radioanal. and Nuclear Chem -161,233-238 (1992)
- [4]-**Facetti M. J F, Lozano F , Flores F., Schade F(+),Delgado M. , Dávalos A,-** Estudios Hídricos en el Lago Ypacaraí –II Rev Sociedad Cientif Paraguay .-Tercera Época ,n° 18, 85 (2005).
- [5]- **Facetti M. J F, Lozano F, Flores F, Schade F(+),Delgado Mirna, Urbieta A, Dávalos Alicia,-** Estudios Hídricos en el Lago Ypacaraí –II Rev Sociedad Cientif Paraguay .-Tercera Época, n° 19, 55 (2006).
- [6]- Facetti M. J F, Lozano F , Flores F., - Estudios Hidrológicos en el Lago Ypacaraí – Un caso de estudio – Rev. Soc. Cientif. Paraguay- Tercera Época n° 19, 49 (2006)
- [7]- **Facetti J.F., Flores F, Lozano F, -** Estudios de Evaluación del Impacto de la instalación de un Umbral de Restitución en el Lago Ypacaraí – Hydroconsult SRL;MOPC , Asunción – (1995).
- [8]-**Eckel E., -** Geology and Mineral Resources of Paraguay A Reconnaissance- US Geological Survey PP 327. & Geology Map (1952).
- [9]- **Proyecto PAR 83/005** Mapa Geológico del Paraguay y Texto Explicativo MOPC – Asunción (1986).
- [10]- **Japan International Cooperation Agency (JICA)** — Estudios sobre el Plan de Control de Contaminación del lago Ypacaraí y su cuenca – Secretaría Técnica de Planificación –JICA – Asunción (1989).
- [11]- **Doldán Insfrán A., -** San Bernardino y una Aventura audaz y casi desconocida - Menciona que en diciembre de 1925, se había completado la construcción del yate deportivo de dos palos, el Ulf , en San Bernandino y que ello motivó la “apertura” del

dique natural del río Salado, para permitir a la nave hacerse a la mar. Pág. 22-23 (Edición del autor). San Bernardino (1981).

[12].- Balance Hídrico Superficial del Paraguay-(Código 68418) BHSP -Programa Hidrológico Internacional – Paraguay – Dirección de Meteorología e Hidrología –Asunción (1992).

[13].- **Chávez Sonia, Meyer Celia, Santos Sergio**- División Adm. y Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales de la Rca.del Paraguay a partir de Las Cuencas Hidrográficas – Mapa de vulnerabilidades – Proyecto de una obra Importante . Facultad de Ingeniería UNA – (2005).

[14].-**Fitzpatrick J.A., Facetti M,J. F.** – Optical Measurements of Biomass Determination in Limnological studies of Eutrofication - J. Water, air and soil pollution 15, 169-172 (1981).

[15].- **Kirk J. T.** – Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystem – Cambridge University Press – Cambridge, (1986).

[16].-**Bourelly P.** – Les Algues d'eau douce I-II-III- N. Boubee & Cie . Paris (1970-71).

[17] **Hübner-Pestalozzi G** . Das Phytoplankton des Süßwassers XIV-XVII, *Im Die Binnengewässer; von Thienemann A.* 2.unveränderter Nachdruck. Stuttgart (1975)

[18] **Patrick Ruth** Use of Algae in the assessment of water Quality. *In Biological Methods for the Assessment of Water Quality.* Cairn J, & Dickson K, Eds. STP528.- ASTM Philadelphia (1973).

	Náutico	Mue	Ile	Lago	Azul	Rotonda
CIA NOFICEAS						
Anabaena constricta		900.000	700.000	1.000.000	2.200.000	2.000.000
Anabaena sp	2.200.000					
Anabaena spiroedea	900.000	1.400.000	1.500.000	1.000.000	2.000.000	2.600.000
Aphanizomenon	2.000.000	800.000	600.000	400.000	1.000.000	
Aphanocapsa	200.000	300.000			400.000	
Coelosphaerium kuitzinglonum	1.000.000					
Coelosphaerium naegelianum	300.000				300.000	
Coelosphaerium sp		700.000	1.400.000	1.200.000	800.000	500.000
Cylindrospermum sp	2.765.000	2.380.000	3.955.000	2.580.000	2.460.000	2.904.000
Cylindrospermopsis raciborskii	5.135.000	4.420.000	7.345.000	6.020.000	5.740.000	5.896.000
Gomphosphaeria lacustris						1.200.000
Gomphosphaeria sp		700.000	500.000	400.000		
Lymgbya confortata	700.000					200.000
Merismopedia	300.000	200.000		300.000	300.000	
Mycrosistis airuginosa	500.000		200.000	300.000	800.000	
Nostoc		600.000				
Phormidium						1.000.000
Spirulina	200.000		200.000	300.000	700.000	1.000.000
CLOROFICEAS						
Ankistrodesmus augustus	900.000	1.500.000	1.900.000	2.400.000	2.400.000	1.300.000
Ankistrodesmus falcatum				1.200.000		
Cosmarium sp		600.000	200.000	100.000		100.000
Crucigenia	800.000	800.000	300.000	400.000	400.000	100.000
Chodatella sp	300.000	300.000				
Desmidium sp				200.000		
Dicocales			400.000			
Dictyosphaerium sp			200.000			
Pediastrum duplex	100.000	100.000	200.000	500.000	400.000	
Pediatrum tetras				400.000	200.000	

Protococcus	200.000	200.000		400.000	400.000	600.000
Pediastrum simplex					100.000	100.000
Protococcus viridis			800.000			
Scenedesmus securiformes	3.000.000	3.000.000	3.700.000	4.800.000	3.400.000	2.400.000
Scenedesmus acuminatum	1.700.000	900.000	3.000.000	3.000.000	600.000	1.600.000
Scenedesmus armatus	800.000	800.000	700.000	900.000	2.400.000	2.000.000
Scenedesmus acuiformis					600.000	2.700.000
Scenedesmus bijugatus				200.000		
Schroederia setegira	300.000	300.000	700.000	600.000	800.000	100.000
Schroederia spiralis				300.000		
Selenastrum			100.000	200.000	500.000	
Staurastrum sp	500.000		100.000	300.000	300.000	200.000
Stauroidesmus sp				100.000		
Oocystis			200.000			
Tetraedron sp	700.000	700.000	700.000	600.000	800.000	300.000
Ulotrix	900.000	900.000	2.400.000	3.000.000	2.800.000	2.900.000
Volvox sp			100.000			
DIATOMACEAS						
Asterionella	200.000	200.000	900.000	1.200.000	1.400.000	800.000
Cyclotella	2.000.000	2.000.000	4.300.000	4.400.000	4.600.000	5.600.000
Fragilaria	300.000	300.000		100.000	2.000.000	
Melosira varians	1.500.000	1.500.000	1.700.000	1.000.000	100.000	2.500.000
Navicula pupula	100.000	100.000	100.000			
Navicula sigmoidea	100.000	100.000		300.000		100.000
Navicula sp	700.000	700.000	800.000	800.000	200.000	800.000
Nizchia acicularis	200.000	200.000				
Nizchia sp	700.000	400.000	600.000	1.300.000	700.000	500.000
Stephanodiscus				200.000	200.000	
Synedra uvella			100.000			100.000
Synedra ulna						400.000

