

Calidad de agua en los ríos Tapiracuai y Cuarepoti- Paraguay Oriental

Water quality in Tapiracuai and Cuarepoti Rivers, Eastern Paraguay

F. Flores¹, Delgado Mirna¹, Alicia Dávalos¹, J F Facetti Masulli^{1,2*}

1.Hydroconsult srl; 2.Facultad de Ingeniería UNA; (Asunción Paraguay)

* jfracama@rieder.net.py

Recibido: 03/10/16

Aceptado: 22/11/16

Resumen: Patrones de calidad de agua fueron investigados en los ríos Tapiracuai y Cuarepoti mediante análisis *in situ* y de laboratorio. En ambos cursos en los sitios de muestreo los coeficientes de atenuación señalan un buen clima fotónico para fotosíntesis. El Tapiracuai presenta conductividad baja y dureza baja mientras que en el Cuarepoti la conductividad fue muy variable presentando valores picos altos; en este último, los iones se presentan como endógenos con correlación negativa vs caudal. Los tenores de nutrientes de la serie del fósforo y del nitrógeno no son altos; no son de esperar problemas de eutroficación; coeficientes calculados de correlación del fitoplancton con los nutrientes presentan en ambos cursos coeficientes negativos al fósforo vs Q. La densidad del fitoplancton en los sitios de muestreo fue baja; la distribución porcentual de la cianofíceas, clorofíceas y diatomáceas señala en ambos cursos predominio de estas últimas y relativamente baja presencia de las cianófitas. La ratio N/P está comprendida entre 3,6 y 0,95 en el Tapiracuai y entre 3 y 0,83 en el Cuarepoti.

Palabras claves: Tapiracuai, Cuarepoti, conductividad, nutrientes, fitoplancton.

Abstract: Water Quality patterns were investigated in Tapiracuai and Cuarepoti Rivers by means of *in situ* and laboratory analysis. In sampling sites at both water courses, attenuation coefficients indicate a good photonic climate for photosynthesis. Water samples from Tapiracuai have low conductivity and low hardness while in Cuarepoti water, conductivity values varies with very high peaks; in the latter, ions are present as endogenous materials and showed negative correlation vs flow. Registered tenors of phosphorus and nitrogen nutrients are no high and eutrophication problems can no be expected. Correlation coefficients of phytoplankton density vs phosphorus contents in both courses, show to be negatives. The density of phytoplankton in the sampling sites was low. The percentage distribution of Cyanophyceae, Chlorofyceae and Bacyllariophyceae (Diatoms) noted in both courses show predominance of the latter as well as relatively low presence of Cyanophyta. The ratio N / P ranges from 3.6 to 0.95 in the Tapiracuai and from 3 to 0.83 in Cuarepoti.

Key words: Tapiracuai, Cuarepoti Brooks, conductivity, nutrients, phytoplankton.

1. Introducción

Los impactos de los fenómenos del Niño/Niña, promueven y acentúan el interés estratégico por los recursos hídricos; consecuentemente son de actualidad las investigaciones conducentes a la evaluación de ellos.

En ese sentido, el departamento de San Pedro, rico en dichos recursos constituye un escenario de suma importancia en la planificación y uso de los mismos. El Departamento, de 20.002 Km²; está surcado, además de los grandes ríos, por numerosos riachos, arroyos [1-4]. Además su superficie está cubierta por humedales y praderas inundables en significativo porcentaje [5].

Se han publicado algunos estudios referentes a la Calidad de Agua y evaluación de regímenes correspondientes a ríos y arroyos del departamento tales como el Jejui, Aguaray Guazu y Aguaray mi, Jhu, Pirai, Yetyty, de cursos de agua permanente así como respecto al transporte de sólidos [6-8]; sin embargo conviene volver a enfatizar que hasta ahora resultan limitados en el país los estudios sistemáticos integrales respecto a la calidad de los recursos hídricos, sus inter- relaciones y correlaciones en regímenes de crecida y estiaje, su uso como recurso sustentable etc .

Este trabajo presenta los resultados del monitoreo ejecutado en los ríos *Tapiracuai* y *Cuarepoti* en 10 campañas bimestrales Ambos son de cuenca amplia y de largo curso. El curso del primero es de ~82 km; el Cuarepoti tiene una longitud de cauce 61,4 km; sus regímenes hidrométricos han sido estudiados recientemente.

Forma parte de investigaciones en relación al comportamiento hidrológico y de calidad de aguas realizados en cuerpos de agua superficiales tanto en el Paraguay Oriental como en el Occidental.

2. Metodología

Las tareas de campo y de laboratorio fueron ejecutadas según métodos generalmente aceptados (*vide infra*). En ambos cursos de agua fueron establecidas estaciones de exámenes *in situ* y de colecta de muestras para investigaciones laboratoriales.

In situ, los estudios consistieron en determinaciones de parámetros físicos y químicos; en laboratorio, análisis en las muestras de agua colectadas, de parámetros físico-químicos así como estudios hidrobiológicos; en sedimentos de fondo de contaminantes metálicos.

Estaciones de exámenes *in situ* y de colecta.

Fueron establecidas dos estaciones en el Tapiracuai así como en el Cuarepoti, designadas Tp 1, Tp2 y C1 y C2 respectivamente, según estuvieren ubicadas aguas arriba y aguas abajo de los pertinentes puentes en su travesía de la Ruta 10 “De las Residentas” .

Descripción	Coordenadas u.t.m.	
	Norte	Este
Tp1 Río Tapiracuai 1 – San Estanislao	7.274.852,10	549.654,60
Tp2 Río Tapiracuai 2 – San Estanislao	7.274.819,00	549.634,00
C1 Río Cuarepoti 1 – Villa del Rosario	7.300.687,80	489.505,40
C2 Río Cuarepoti 2 – Villa del Rosario.	7.300.655,00	489.536,00

Campañas de campo

Se realizó un total de 10 campañas bimestrales en el lapso entre Abril 2011 a septiembre 2012. En ellas, se distinguen 4 campañas de tipo estacional complementadas con 6 intermedias. En las primeras, se investigó una serie amplia de parámetros tales como oxígeno disuelto (OD), pH, Turbidez, Conductividad, Sólidos en suspensión, Sólidos disueltos, Cloruros, sulfatos, fósforo total y de o-fosfato, series del Nitrógeno, Alcalinidad, Dureza, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, contaminantes metálicos en sedimentos de fondo; así mismo, se realizaron estudios del plancton; en las intermedias O.D., pH, Turbidez, Conductividad, Sólidos en suspensión, Sólidos disueltos, alcalinidad, cloruros, nitrógeno y fosforo totales.

Exámenes *in situ* - Colecta de Muestras -Análisis

La colecta y análisis "*in situ*" fueron ejecutados de acuerdo a métodos establecidos [9, 10]. Los análisis de una selección de parámetros fisico-químicos fueron realizados según los métodos estándar [11-12] en los laboratorios de Hydroconsult así como los hidrobiológicos [13-14].

3. Resultados y Discusión

Exámenes *in situ*

Los valores promedios, máximos y mínimos de los parámetros investigados *in situ* en el río Tapiracuai, y en el río Cuarepoti se visualizan en las Tablas 1a y 1b. Se expresan como sigue: Temperatura: °C; pH: unidades; Turbidez: NTU; Conductividad: $\mu\text{mhos/cm}$ y O.D.: mg/L. Transparencia: m.

Tabla 1a - Río Tapiracuai - Mediciones y análisis *in situ*

	Tp1				Tp2			
	Prom	DS	Max	Min	Prom	DS	Max	Min
pH	6,79	0,24	7,16	6,2	6,81	0,21	7,12	6,3
Conductividad	33,28	3,46	39,1	28	33,99	3,05	39,7	30
Transparencia	0,65	0,19	0,88	0,25	0,65	0,18	0,85	0,27
O.D.	6,63	0,9	8,4	5,6	6,62	0,89	8,5	5,5

El pH presentó muy buenos valores en relación con la biota acuática en todas las campañas, con margen de variación estrecho. La oxigenación es buena con valor promedio superior a 6,5 mg/L con poca variación. La conductividad se mantuvo alrededor de 33-34 μScm^{-1} , índice de poca salinidad y eventualmente de aguas blandas. La transparencia en las campañas fue relativamente buena como se indica más abajo.

Tabla 1 b - Río Cuarepoti- Mediciones y análisis *in situ*

	C 1				C2			
	Prom	DS	Max	Min	Prom	DS	Max	Min
pH	6,92	0,31	7,3	6,3	6,9	0,26	7,2	6,3
Conductividad	345,03	448,94	1332	65	346	455,3	1370	67
Transparencia	0,72	0,21	1,16	0,5	0,7	0,2	1,2	0,55
O.D.	7,11	1,02	8,7	4,8	6,9	0,98	8,6	4,8

Los valores de OD (~ 7 ppm), excepto en la campaña de noviembre de 2011, fueron aceptables. El pH con valores correctos y apropiados para la biota. La conductividad presentó variaciones significativas, coherentes con los tenores de los iones presentes, tal como se discute más adelante.

Con relación a la *Transparencia* o claridad del agua, ella está relacionada con su clima fotónico. Además de las características “filtrantes” de la radiación del agua *per se*, la presencia de materia en suspensión así como sustancias en disolución por absorción, dispersión etc atenúan la radiación y afectan la claridad/transparencia de aquella. Los cambios en la transparencia son, pues, debido a varios factores, simples / combinados como el tripton (incluyendo la materia inorgánica coloidal constituyente), el color de la materia disuelta (gilvin), el fitoplancton etc.

A partir de la clásica ecuación $K=C*D^{-1}$ y $C=1,7$ [15], se puede estimar los coeficientes K de atenuación de radiación, correspondientes a los valores *promedio, máximo y mínimo de D* tal como sigue: Tp1: 2,61-1,93-6,80 en tanto que para Tp2 los coeficientes resultan 2,61-2,00-6,30 todos en m^{-1} . En el Cuarepoti, estación C1: 2,36-1,46-3,40; en C2: 2,43-1,42-3,10 todos en m^{-1} . En general un clima fotónico adecuado para la actividad fotosintética [16].

Exámenes de laboratorio

Los valores medios y la amplitud de los mismos obtenidos en los análisis de las muestras de agua del Tapiracuai se presentan en las Tablas 2a.

Cationes y aniones

En relación a los iones, la salinidad es razonable con valor promedio de ~33,5 $\mu S/cm$. Iones que contribuyen a ella como Cl^- , SO_4^- exhiben correlación positiva con $r = 0,47$ y $r = 0,48$ respectivamente. Su variación durante las campañas se observa en la **figura 1**.

El cálculo de correlaciones con los caudales genera señales sobre el carácter alóctono o autóctono de ciertos parámetros. Atendiendo a los registrados en los aforos coincidentes [8] con las colectas de agua, se obtiene: Conductividad vs Q, $r = 0,407$ indicando algún

Tabla 2a – Río Tapiracuai, parámetros fisicoquímicos. Valores medios y amplitud

	Río Tapiracuai 1				Río Tapiracuai 2			
	Prom	DS	Mx	Mn	Prom	DS	Mx	Mn
pH	6,79	0,24	7,16	6,2	6,8	0,21	7,12	6,3
O.D.	6,63	0,90	8,4	5,6	6,62	0,89	8,5	5,5
Conductividad	33,28	3,46	39,1	28	33,72	2,9	39,7	30
Turbidez	7,03	2,91	12,3	3	7,2	3,15	12	3,0
Sól. en susp	25,85	18,18	67,8	2	25,71	17,22	6,3	2,2
Sól. disueltos	38,8	11,49	55,1	20,2	39,35	11,6	56,3	21,8
Alcalinidad	14,26	2,52	18,2	11,7	14,38	2,78	18,3	12,4
Dureza total	16,45	1,30	18,2	15,2	16,59	1,19	17,9	15,3
Calcio	4,29	0,63	4,85	3,23	4,28	0,7	4,83	3,27
Magnesio	1,39	0,37	1,73	0,86	1,43	0,47	1,9	0,86
N tot Kjeldhal	0,15	0,11	0,47	0,03	0,15	0,12	0,5	0,03
N Amoniacal	0,055	0,03	0,102	0,02	0,051	0,03	0,09	0,02
N de Nitratos	0,24	0,015	0,25	0,22	0,16	0,08	0,21	0,1
N. de nitritos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fósforo total	0,074	0,05	0,2	0,03	0,074	0,05	0,19	0,03
P de Ortofosf.	0,02	0,009	0,031	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01
DQO	19,49	6,45	31,6	8,24	16,74	5,89	29,0	8,24
DBO ₅	1,66	0,51	2,4	0,9	1,75	0,50	2,5	0,93
Cloruros	2,37	0,743	3,75	1,5	2,406	0,619	3,5	1,55
Sulfatos	2,1	0,68	3,27	0,9	1,95	0,69	3,1	0,81
Sodio	2,14	0,3	2,49	1,75	2,14	0,27	2,4	1,78
Potasio	2,33	0,66	3,33	1,64	2,23	0,76	3,1	1,7

aporte exógeno de iones, entre los que estaría el Na ya que Na vs Q $r=0,670$, algo de sulfatos, SO₄ vs Q $r=0,164$; Ca vs Q $r=0,023$. El K, litófilo, presenta $r=-0,015$ y el Cl vs Q $r=-0,304$.

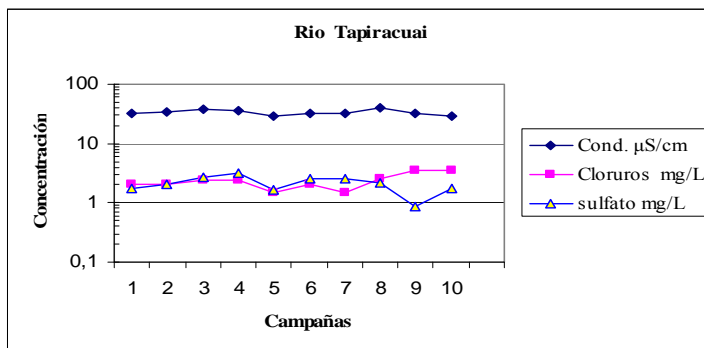


Fig 1. Variación de conductividad, cloruros y sulfatos.

Nutrientes: En esta clase de estudios se apunta a relacionarlos con el desarrollo del fitoplancton y en general a los productores primarios. En ese sentido se enfatiza que el fósforo y el nitrógeno están ligados en ciertos casos a los fenómenos de eutrofización.

Serie del fósforo: Los fosfatos totales incluyen a todas las formas de fósforo en sus distintas especies presentes en el agua (o-fosfato, metafosfatos, polifosfatos así como los orgánicos) y su conocimiento ilustra la situación general del nutriente en el cuerpo de agua que se estudia; en un clima fotónico apropiado, tenores del orden de $100 \mu\text{g/L}^{-1}$ o mayores pueden impactar sensiblemente en la vida acuática. Los ortofosfatos, en tanto sean solubles, son aprovechados directamente por las algas. En el R Tapiracuai los tenores hallados están en el rango de los valores recomendados siendo el valor medio del fósforo de $20 \pm 9 \mu\text{g/L}$ para los orto-fosfato y $74 \pm 50 \mu\text{g/L}$ para los totales registrados.

Nótese que en este trabajo el fósforo (total), presenta correlación negativa muy débil ($r = -0,082$) con el caudal. El efecto es congruente con sus fuertes enlaces en el entorno mineral que lo hacen difícilmente lixiviable del suelo y disponible para las plantas [17]. Quiere decir que acá es algo de su presencia es escasamente de origen endógeno.

Sin embargo, en investigaciones realizadas en algunos ríos del Paraguay como el Aguaray Guazu y Aguaray- mi, Confuso, entre otros y publicadas en esta Revista [18,19], los compuestos de fósforo se manifestaron como eminentemente alóctonos, muy probablemente debido a la concentración de las formas orgánicas tales como los nucleótidos y ácidos nucleicos, en particular las disueltas, que gozan de movilidad que en suelos poco desarrollados son fácilmente lixiviadas [17].

Serie del nitrógeno: constituida por las formas orgánicas, amoniacal, nitritos y nitratos. Los tenores promedios hallados fueron $150 \pm 110 \mu\text{g/L}$ y $53 \pm 30 \mu\text{g/L}$. Dichos nutrientes muestran una cierta contribución alóctona Norg vs Q $r = 0,695$; N_{NH_3} vs Q $r = 0,33$. Los

compuestos orgánicos tanto como inorgánicos del nitrógeno muestran movilidad en los suelos tal como fuera señalado anteriormente [18,19].

La variación del comportamiento de ambos nutrientes a lo largo de las campañas se ve en la **fig 2**.

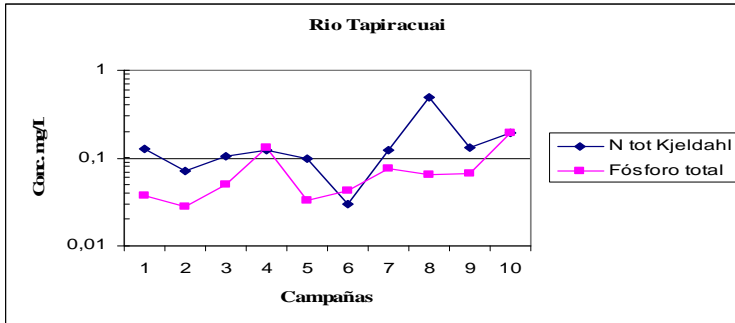


Fig. 2. Conc. de fósforo y nitrógeno totales en las campañas.

Río Cuarepoti

Los valores medios y la amplitud de los resultados obtenidos en los análisis de las muestras de agua del Cuarepoti se presentan en la Tabla 2b.

Cationes y aniones

La conductividad presentó un valor promedio alto: $X_m \sim 345$ con un valor de dispersión aún más alto: $DS \sim 450 \mu\text{S}/\text{cm}$ y valores extremos de 1370 y $\sim 65 \mu\text{S}/\text{cm}$. Los aniones Cl^- y SO_4^{2-} presentaron con la conductividad fuerte correlación positiva, $r = 0,98$ y $r = 0,88$ respectivamente. Es interesante señalar que los valores más altos de conductividad, cloruros y sulfatos son coincidentes con valores bajos del caudal.

Su variación a lo largo de las campañas, se ve en la **fig 3**.

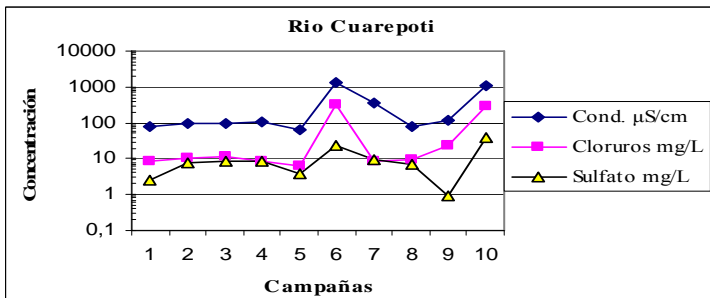


Fig 3 . Variación de conductividad, cloruros y sulfatos.

Tabla 2b – Río Cuarepoti, parámetros fisicoquímicos. Valores medios y amplitud

	Río Cuarepoti 1				Río Cuarepoti 2			
	Prom	DS	Max	Min	Prom	DS	Max	Min
pH	6,92	0,31	7,3	6,9	7,0	0,27	7,2	6,3
O.D.	7,11	1,02	8,7	4,8	7,0	0,94	8,6	4,8
Conductividad	345,03	448,9	1332	65	345,6	455,5	1370	67
Turbidez	6,52	2,66	9,9	2,3	7,0	2,88	10,9	2,3
Sól. en susp	105,44	217	750	4,01	106,2	212,1	735	5,1
Sól. disueltos	244,43	326,5	1013	44,1	235,3	306,4	940	46,2
Alcalinidad	26,37	9,21	36	16,2	25,9	9,5	38,1	16,2
Dureza total	121,88	131,5	343	16,2	122,7	137,7	356	16,2
Calcio	33,12	33,74	89	4	32,8	34,35	90	4,00
Magnesio	9,4	11,42	29	1,5	10,4	13,66	34	1,48
N tot Kjeldhal	0,27	0,18	0,65	0,09	0,3	0,21	0,62	0,05
N Amoniacal	0,06	0,04	0,12	0,01	0,1	0,04	0,12	0,01
N de Nitratos	0,06	0,06	0,13	ND	0,12	ND	ND	ND
N. de nitritos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fósforo total	0,15	0,16	0,42	0,05	0,1	0,11	0,41	0,01
P de o-fosfato	0,03	0,01	0,04	0,01	0,031	0,01	0,05	0,01
DQO	40	18,94	83	7,68	36,5	16,57	76	7,9
DBO ₅	1,86	0,85	3,7	0,9	1,8	0,6	3,1	0,96
Cloruros	71,18	120,47	314	6,2	70,5	120,4	331	0,13
Sulfatos	11,03	9,93	35,9	0,93	11,3	10,66	38,1	0,86
Sodio	38,03	40,84	108	7,9	35,4	37,86	100,2	8,3
Potasio	3,18	0,71	4,32	2,4	3,4	0,81	4,8	2,7

Los cationes de carácter geoquímico reflejan una marcada condición endógena de correlación negativa con el caudal Q a saber: Ca vs Q $r = -0,775$; Na vs Q $r = -0,687$; K vs Q. $r = -0,666$. En tanto los aniones Cl^{-1} y SO_4^{-2} con correlación negativa más baja, $r = -0,46$ y $r = -0,346$ respectivamente, además de la endógena señalan igualmente incorporación exógena al cuerpo de agua desde el entorno.

La alcalinidad también acusa el fuerte efecto de dilución con $r = -0,994$ respecto de Q.

La incorporación de materia orgánica (DQO vs Q: $r = - 0,239$) por otra parte señala la pobreza de materia orgánica del entorno.

Incorporación de sales

Se plantea examinar su incorporación al cuerpo hídrico mediante un análisis de tipo cinético como fuera desarrollado en trabajos anteriores [19,20] .Se puede construir una curva de concentraciones C vs Q que representa la variación de la concentración C en función de los caudales Q para parámetros tales como Cl^{-1} , SO_4^{2+} , Na^{1+} etc de correlación negativa.

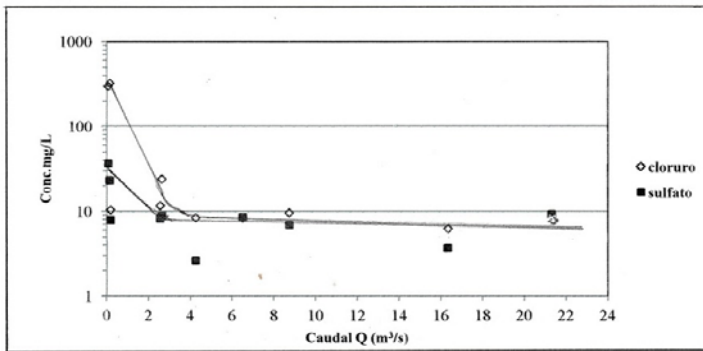


Fig 4.-Variación de concentración de Cl^{-} y SO_4^{-} con el caudal.

La misma puede descomponerse en componentes de cambio de concentración que decrecen según:

$$C = C_n^i e^{-k Q}$$

Donde C_n^i es la concentración del elemento “n” para un caudal considerado inicial (concentración *superficial* [21]); k es una constante que depende de varios factores y es propia del ión analizado y su entorno. Así $k = \ln 2/q$; “q” se considera caudal de medio cambio y es el caudal en el cual la concentración del elemento n decrece a la mitad.

En el caso, *v.gr.* del Cl^{-} el análisis gráfico permite distinguir dos componentes *, C_1 y C_2 y determinar para el componente C_1 de pronunciada pendiente, la constante de *medio cambio* “ q_1 ” ~ $0,5 m^3/s$ y para C_2 “ q_2 ” ~ $58 m^3/s$. Para el SO_4^{2+} , $q_1 \sim 0,9$ etc. Este primer componente que rápidamente se diluye, es índice de la cesión de los iones por el sedimento al medio hídrico circulante. Por otra parte, es posible que exista un tercer componente decreciente que se acerque asintóticamente a la abcisa.

Nutrientes:

Serie del fósforo: los tenores hallados están en el rango de los valores recomendados siendo el valor medio del fósforo de $30 \pm 10 \mu\text{g/L}$ para los orto-fosfato y $150 \pm 160 \mu\text{g/L}$ para los totales registrados.

Nótese que en el R. Cuarepoti el fósforo (total) tiene correlación positiva débil ($r = 0,317$) con el caudal esto es, en este cuerpo de agua tiene parcialmente carácter alóctono. En los estudios anteriores [18,19] los compuestos de fósforo se manifestaron como eminentemente alóctonos.

Serie del nitrógeno: Nutrientes como el nitrógeno y el amoniacal muestran una cierta contribución alóctona N total vs Q, $r = 0,114$; NH_3 vs Q $r = 0,317$. Los compuestos orgánicos como inorgánicos del nitrógeno muestran movilidad en los suelos. [17].

La variación del comportamiento de ambos nutrientes a lo largo de las campañas se ve en la **fig 2**.

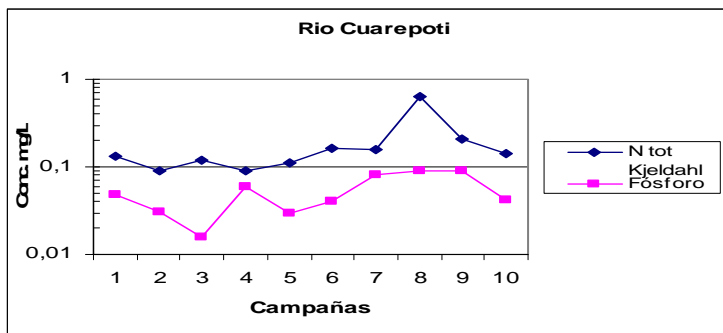


Fig 5.Variación de nutrientes N & P en las campañas

Aspectos del Fitoplancton

En las campañas estacionales fueron realizadas colecta y recuento del fito y zooplancton así como de los macroinvertebrados del bentos. En este trabajo serán mencionados los resultados del recuento del fitoplancton.

Río Tapiracuai

El número total de organismos registrados así como su distribución porcentual en los grandes grupos de Cianofíceas (Cianobacterias), Clorofíceas y Diatomáceas se observa en la **tabla 3a**.

Tabla 3.a- Distribución del Fitoplancton – Río Tapiracuai

Río Tapiracuai	abr-11	set-11	mar-12	oct-12
Total (org./L)	48.100	52.450	44.200	12.400
Cianofíceas %	9	20	21	0
Clorofíceas %	36,3	30	38	31,4
Diatomáceas %	54,5	56	38,6	68,5

En valores absolutos la densidad de organismos se mostró equilibrada en las campañas. En las campañas de 1 a 3 (abril-set/11 y marzo/12), la distribución de las Cianobacterias varió entre 9 y 21%. La concentración de las Clorofíceas estuvo entorno al 34%; las Diatomáceas predominaron con registro del ~ 50%. En la 4ta campaña realizada en el mes de octubre de 2012, no se registró Cianofíceas y la distribución correspondió en 31,4% a las Clorofíceas y a las Diatomáceas ~68%.

Un predominio neto de estas últimas.

El único género registrado entre las Cianofíceas fue *Dactylococcopsis*.

En las Clorofíceas aparecieron *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Schroederia* y *Tetraedron*. Las Diatomáceas presentaron *Conscinodiscus*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Melosira*, *Navicula*, *Nitzschia*. Predominó el género *Melosira*.

Río Cuarepoti

El número total de organismos registrados así como su distribución porcentual en los grandes grupos de Cianobacterias, Clorofíceas y Diatomáceas se observa en la **tabla 3b**.

Tabla 3.b Distribución del Fitoplancton- Río Cuarepoti

Río Cuarepoti	abr-11	set-11	mar-12	oct-12
Total (org/L)	27.329	56.304	53.300	56.100
Cianofíceas %	0	31,7	34,1	0
Clorofíceas %	47,6	24,3	19,5	18,8
Diatomáceas %	52,3	43,9	46,3	81,1

Este río se caracteriza por su comportamiento hidrológico peculiar, muy sujeto a las crecidas y estiaje del Río Paraguay. En las tres primeras campañas (abril,set/11 y marzo/12), la distribución de las Cianobacterias varió entre 0 y 31-34%. La concentración de las Clorofíceas tuvo un registro máximo del ~ 47% en abril disminuyendo los registros en las campañas subsiguientes (~ 24-19%): Las Diatomáceas predominaron con registro del ~ 50%. En la 4ta campaña realizada en el mes de octubre

de 2012, no se registraron Cianofíceas y las Clorofíceas aparecieron en 19% y las Diatomáceas ~81%.

Las Cianobacterias presentaron como género predominante *Oscillatoria*, con presencia de otros géneros como *Microcystis* y *Dactilococcopsis* en la campaña de marzo /12.

En las Clorofíceas los géneros registrados fueron: *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Chlorococcum* (presencia predominante en la 2da.campaña), *Closterium*, *Scenedesmus*, *Schroederia*, *Tetradon* en las demás.

Las Diatomáceas con poca diversidad en la 1ra. campaña (abril/11) (*Nitzschia* y *Navicula*) pero incrementados en las demás (de 40% 80% del total de las algas), con géneros tales como: *Cyclotella*, *Cymbella*, *Fragilaria*, *Eunotia*, *Melosira*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Synedra*, etc.

También en este curso de agua predominaron las Diatomáceas.

Nutrientes Nitrógeno, Fósforo y el Fitoplancton.

A partir de valores totales obtenidos por el recuento del fitoplancton [10] se investigaron las correlaciones de ellos con los nutrientes.

Tabla4a-Correlaciones con nutrientes río Tapiracuai

Cianofíceas	r	Clorofíceas	r	Diatomáceas	r
vs. P tot.	-0,358	vs. P total	-0,688	vs. P total	-0,563
vs. N NH ₃	0,759	vs. N NH ₃	0,274	vs. N NH ₃	0,052
vs. N tot.	0,838	vs. N tot..	0,774	vs. N tot..	0,685

Los tres grupos presentan correlación negativa con el fósforo. Las cianofíceas están presentes con valor absoluto menor pero con correlación positiva elevada respecto a los dos nutrientes nitrogenados.

Tabla 4b- Correlaciones con nutrientes río Cuarepoti

Cianofíceas	r	Clorofíceas	r	Diatomáceas	r
vs. P tot.	-0,378	vs. P total	-0,259	vs. P total	-0,198
vs. N NH ₃	0,614	vs. N NH ₃	-0,301	vs. N NH ₃	0,127
vs. N tot.	-0,298	vs. N tot.	-0,134	vs. N tot.	0,613

Las Cianofíceas presentaron correlación negativa con Ptot y Ntot y positiva con el N amoniacal. Las Clorofíceas, con correlación negativa con los tres nutrientes considerados. Las Diatomáceas parecen ser las más tolerantes y las clorofíceas las más afectadas por el nivel trófico.

Ciertas algas azul-verdes tienen altos requerimientos de fósforo para su desarrollo óptimo. Por ejemplo especies del género *Anabaena* requieren una concentración en el

agua del orden de 850µg/L o del género Aphanizomenon 260 µg/L . Especies de ambos géneros no son raras en aguas superficiales del Paraguay y con mayor frecuencia *Anabaena* spp. Acá no han sido registradas pero sí *Oscillatoria*, también exigente : los máximos valores de o-fosfato registrados fueron 30 y 50 µg/L en el Tapiracuai y Cuarepotí respectivamente, mientras que la concentración de los totales en ellos y en ese orden, no pasó de de 200 y 400 µg/L. La penuria del fósforo, expuesta por las correlaciones negativas no alcanzó a las Diatomáceas mucho menos exigentes; por ejemplo especies de *Nitzschia* se desarrollan óptimamente con 18 µg/L pero igualmente lo hacen bien con concentraciones 9 µgP/L [21,22].

Correlaciones con el fitoplancton:

La *ratio* N/P tiene un papel importante en el desarrollo del fitoplancton [17] y constituye un control biogeoquímico significativo [18-20].

	r Cianofíceas vs N/P	r Clorofíceas vs N/P	r Diatomáceas vs N/P
A° Tapiracuai	-0,173	0,402	0,419
A° Cuarepoti	0,266	0,578	-0,412

En el Tapiracuai la *ratio* N/P varió entre 3,6 y 0,95 y en el Cuarepotí entre 3 y 0,83. Dichas relaciones señalan al P como elemento limitante. Las mismas son bajas. Sugieren que no son de esperar problemas de eutroficación en ambos cuerpos de agua en un eventual represamiento .

4. Conclusión

Los ríos se diferencian marcadamente en su contenido de sales siendo el mismo alto y muy variable en el Cuarepoti. El pH y la concentración de O:D son adecuados para la biota acuática. El clima fotónico registrado tanto en el Tapiracuai como en el Cuarepoti es favorable a los procesos de fotosíntesis. Sin embargo, la densidad del fitoplancton no es alta, atribuible al estado trófico de los cursos de agua. Los tenores de nutrientes N y P no son elevados; la población fitoplanctónica presenta correlación negativa con los tenores del fósforo en ambos ríos y la *ratio* N/P es baja. Ello señala al fósforo como factor limitante. Por la posibilidad de su uso múltiple, (doméstico, recreación, riego, estético, consumo después de tratamiento convencional etc), ambos cursos hídricos se constituyen en importantes recursos para el Departamento de San Pedro y la R.Oriental.

Referencias bibliográficas

1. Cartas Nacionales SG 21-2; SG21-4, Escala 1:250.000,5472, 5572,5571, 5671 Escala 1:100.000 Min. Defensa .Paraguay. Dirección del Servicio Geográfico Militar .1993.

2. Mapa Hidrogeológico. Proyecto PAR/83/005. Gobierno de la República del Paraguay- Organización de las NN.UU . Asunción.1986.
3. Balance Hídrico Superficial del Paraguay – .Dirección de Meteorología e Hidrología –UNESCO. Asunción. 1992.
4. Mapa Hidrogeológico de America del Sur y Texto explicativo- UNESCO- Programa Hidrológico Internacional – 1996.
5. Facultad de Ingeniería Agronómica. Uso de la Tierra y Deforestación en la Región Oriental del Paraguay –Vol.1. San Lorenzo-Paraguay. (1994)
6. Facetti Masulli JF,Lozano Arasa F, Dávalos Alicia, Urbieta A, Delgado Mirna Estudios de calidad de agua en el Río Aguaray Guazu y su afluente el Aguaray mi.- Rev. Soc. Cient. Paraguay-Tercera Época, 2009. Año XIV, n 25, 53-64.
7. Cáceres F, Parra V, Alonso P, Facetti M.JF. Estudios Hidrológicos en los arroyos Jhu, Piray, Yetyty.-Paraguay Oriental- Rev Soc. Cient Paraguay Tercera Época. 2016, 21 (1): 61-72.
8. Cáceres F, Delgado M, Parra V, Alonso P.. Estudios Hidrológicos en los ríos Tapiracuai y Cuarepoti. Rev Soc Cient Py. 2016. 21(2) 169-180. Registran los caudales de 1 a 10 coincidentes con las campañas de calidad de agua (Qm^3/s) 4,25 0,18 2,55 6,5 16,33 0,13 21,03 8,73 2,63 0,07 en el Tapiracuai y 7,66, 7,26 13,57 16,32 23,47 6,47 8,54 29,48 6,83 7,98 en el Cuarepotí.
9. Welch P. S. – Limnological Methods. New York, Mc Graw – Hill Book Co. 1948.
10. Lind O. T. -Handbook of Common Methods in Limnology – Saint Louis .C V. Co.1974.
11. American Public Health Association: Standard Methods 19 Edit . Washington. APHA.1995.
12. Dojlido J.-Best G. Chemistry of Water and Water Pollution- London .Ellis Horwood . 1993.
13. Bourrely P. – Les Algues d'eau douce – Paris . . N. Boubée & Cie. 1970.
14. Pennak R.W. – Fresh-water Invertebrates – New York.. A Wiley-Interscience. 1978.
15. Poole H. H, and Atkins W R, Photo-electric Measurements of Submarine Illumination throughout the Year “ J. Mar. Biol. Assoc. 1929, 16: 297-394.
16. Fitzpatrick J. and Facetti M. J. Secchi disc and Lago de la Republica, Eastern Paraguay. J. Earth Sci and Engi. 2015; 5 (8) : 482-486.
17. Kaiser K, Brödlin D, Hagedorn F. The leak in the phosphorus cycle – exploring the mechanisms and controls of phosphorus leaching in soils of acquiring and recycling forest ecosystems. Atti del XXXIV Convegno Nazionale, *Ambiente e Sostenibilità: Il ruolo della Chimica Agraria dalla Ricerca alla Realtà Produttiva*. Perugia 5-7 ottobre 2016.
18. Facetti M.JF,Lozano Arasa F.M., Dávalos Alicia, Urbieta A y Delgado Mirna. Estudios de calidad de agua en el Río Aguaray guazú y su afluente el Aguaray mi. Rev Soc Cient. Tercera Época . 2009, año XIV n° 26, 53-64.
19. Facetti M. J.F., F.Flores Ocampo, F.Cáceres Dueñas Estudios hidroquímicos en el Río Confuso Rev Soc Cient. Tercera Época. 2009, año XV, n° 26. 219-228.
20. Cáceres F , Parra V, Flores Ocampos F, Facetti Masulli JF. Estudios hídricos en el Río Aguaray. Rev Soc. Cient. del Paraguay ,Tercera Época. 2010, 15 (21): 69-86.
21. Wetzel R . Limnology 2nd-edition- New York -Saunders College Publishing . 1983.
22. Hutchinson G E. A Treatise on Limnology. Vol 1 part 2 Chemistry of Lakes. J Wiley & Sons. New York. 1975.