

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**

**FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS**

**LICENCIATURA EN BIODIVERSIDAD**

**TESINA DE LICENCIATURA**

**TEMA:**

**"Estudio del comportamiento estacional de Cianófitas, como agente biológico, para la detección de la calidad del agua en el Embalse de Salto Grande (Entre Ríos, Argentina)"**

**Tesista: Bordet, Facundo H.**

**Director: Otaegui, Alejandro V.**

# INDICE

<u>TEMAS</u>	<u>Pagina</u>
AGRADECIMIENTOS.....	I
INDICE.....	II
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	5
HIPÓTESIS.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
RESULTADOS.....	14
ESTRUCTURA DEL ENSAMBLE FITOPLANCTONICO.....	25
VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA DE CIANOFITAS DOMINANTES.....	27
COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLE ZOOPLANCTONICO.....	37
OBSERVACIONES ZOOPLANCTONICOS.....	39
DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIÓN.....	55
BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXOS.....	61

N°	FIGURAS	Página
	<b>Figura 1a:</b> Mapa ubicando el Embalse de Salto Grande y el área de estudio. Con las estaciones de muestreo, A° Gualeguaycito Grande (G2), A° Gualeguaycito Chico (G3), Área de confluencia de las estaciones antes mencionado (G1).....	9
	<b>Figura 1b:</b> Perfil de profundidad de las estaciones A° Gualeguaycito Grande (G2), A° Gualeguaycito Chico (G3), Área de confluencia de las estaciones antes mencionadas (G1).....	10
	<b>Figura 2:</b> Aportes y cota promedios del Embalse de Salto Grande entre febrero-agosto 2003. (promedio de los 10 días previos al muestreo).....	16
	<b>Figura 3:</b> Variación de los parámetros físicos y químicos en los meses de muestreo y en las estaciones G1, G2 y G3, a lo largo del período de estudio. En T° y OD se muestran las medias de los perfiles en cada mes.....	18:19
	<b>Figura 4:</b> Perfil de temperatura (de sup= 0.50 a 3 m de profundidad) durante el período de estudio.....	20
	<b>Figura 5:</b> Valores medios, mínimos y máximos de la concentración de clorofila a superficial y límite inferior de la capa eufótica (Lzeu) durante el período de estudio febrero-agosto 2003.....	21
	<b>Figura 6:</b> Concentraciones de clorofila a superficial y límite inferior de la capa eufótica durante el período de estudio febrero-agosto 2003.....	22
	<b>Figura 7:</b> Distribución de las concentraciones de clorofila a superficial durante el período de estudio febrero-agosto 2003 en cada una de las estaciones de muestreo (G1, G2 y G3).....	23
	<b>Figura 8:</b> Variación temporal de la concentración de clorofila a superficial, expresada en ug/lit durante el período de estudio febrero-agosto 2003.....	24
	<b>Figura 9:</b> Variación temporal (febrero-agosto 2003) de la abundancia de <i>Microcystis</i> sp. Estación G1. A: presenta la variación temporal en org/ml de <i>Microcystis</i> sp. en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia de <i>Microcystis</i> sp, superficie y <i>Microcystis</i> sp, Lzeu.....	31
	<b>Figura 10:</b> Variación temporal (febrero-agosto 2003) de la abundancia de <i>Anabaena</i> sp. Estación G1. A: presenta la variación temporal en org/ml de <i>Anabaena</i> sp. en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia de <i>Anabaena</i> sp, superficie y <i>Anabaena</i> sp, Lzeu.....	32

N°	FIGURAS	Página
	<b>Figura 11:</b> Variación temporal (febrero-agosto 2003) de la abundancia de <i>Microcystis</i> sp. <u>Estación G2</u> . A: presenta la variación temporal en org/ml de <i>Microcystis</i> sp. en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia de <i>Microcystis</i> sp, superficie y <i>Microcystis</i> sp, Lzeu.....	33
	<b>Figura 12:</b> Variación temporal (febrero-agosto 2003) de la abundancia de <i>Anabaena</i> sp. <u>Estación G2</u> . A: presenta la variación temporal en org/ml de <i>Anabaena</i> sp. en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia de <i>Anabaena</i> sp, superficie y <i>Anabaena</i> sp, Lzeu.....	34
	<b>Figura 13:</b> Variación temporal (febrero-agosto 2003) de la abundancia de <i>Microcystis</i> sp. <u>Estación G3</u> . A: presenta la variación temporal en org/ml de <i>Microcystis</i> sp. en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia de <i>Microcystis</i> sp, superficie y <i>Microcystis</i> sp, Lzeu.....	35
	<b>Figura 14:</b> Variación temporal (febrero-agosto 2003) de la abundancia de <i>Anabaena</i> sp. <u>Estación G3</u> A: presenta la variación temporal en org/ml de <i>Anabaena</i> sp. en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia de <i>Anabaena</i> sp, superficie y <i>Anabaena</i> sp, Lzeu.....	36
	<b>Figura 15:</b> Asociación de especies de <i>Vorticella</i> sp, con colonias de <i>Microcystis aeruginosa</i> durante el período de estudio en las tres estaciones de muestreo (G1, G2 y G3).....	41
	<b>Figura 16:</b> Análisis de los componentes principales (casos). Referencias: estaciones G1, G2 y G3 en cada mes de muestreo febrero (02), marzo (03), abril (04), mayo (05), julio (07) y agosto (08) de 2003.....	47
	<b>Figura 17:</b> Análisis de los componentes principales (variables). Referencias: variables ambientales (aporte y cota), físicas químicas (T°, OD, Conductividad, pH, Secchi, [clo a], [Feo a], biológicas (Mint, Msup, Mleu, Aint, Asup y Aleu).....	48
	<b>Figura 18:</b> Análisis de agrupamiento entre los meses y las estaciones, obtenido de la Aplicación del índice de distancia Euclidiana sobre la base de la cuantificación de las Variables (Biológicas) y las variables (físicas y químicas).....	59
	<b>Figura 19:</b> Concentración de <i>Microcystis</i> sp, Integrada, superficie y Límite inferior de la capa eufótica, durante el período de estudio febrero-agosto 2003.....	53
	<b>Figura 20:</b> Concentración de <i>Anabaena</i> sp, Integrada, superficie y Límite inferior de la capa eufótica, durante el período de estudio febrero-agosto 2003.....	54

<b>Tabla 1:</b> Características morfométricas del Embalse Salto Grande.....	9
<b>Tabla 2:</b> Parámetros ambientales, variables físicas y químicas consideradas y Metodologías utilizadas en los análisis.....	13
<b>Tabla 3:</b> Clasificación del Coeficiente de correlación (r) de Pearson, según Sade El Juri (1986).....	13
<b>Tabla 4:</b> Valores medios, mínimos y máximos de las variables físicas y químicas.....	17
<b>Tabla 5:</b> Valores medios, mínimos y máximos de clorofila a superficial y límite inferior de la capa eufótica (Lzeu), durante el período de estudio febrero-agosto 2003.....	21
<b>Tabla 6:</b> Análisis de los componentes principales con las variables de estudio que explican con los dos primeros componentes más del 50% de la varianza total.....	46

## INTRODUCCION

Las *Cianofitas* también llamadas algas verdes azules, son microorganismos procariontes, aeróbicos y fotoautótrofos. Comprenden formas unicelulares y multicelulares, que poseen Clorofila *a* (Castenholz and Waterbury, 1989), procesos de vida que requieren sólo agua, dióxido de carbono, sustancias inorgánicas y luz. La fotosíntesis es su principal modo de obtención de energía (Fay, 1965). Son organismos con características celulares primitivas, pero de gran potencial biótico y tolerantes, en su mayoría a condiciones adversas a otros organismos, por lo cual han obtenido el calificativo de “oportunistas”

Muchas *Cianofitas* son sensibles a altas intensidades de luz. Pero ciertas *Cianofitas* que forman floraciones superficiales visibles tienen una gran tolerancia a altas intensidades de luz. Paerl *et. al.* (1983), relaciona esto a un incremento en la producción de carotenoides los cuales protegen las células de la fotoinhibición. Están además caracterizadas por un favorable balance energético, su mantenimiento constante es lento lo cual significa que ellas requieren poca energía para mantener la estructura y función celular (Gons, 1997, Van Liere *et al.*, 1979). Como resultado de esto, las *Cianofitas* pueden mantener relativamente una tasa de crecimiento competitivamente más eficiente, que otros organismos fitoplanctónicos, cuando la intensidad de luz es baja (Kallqvist, 1981). La habilidad de las *Cianofitas* para crecer a intensidades de luz baja y en diferentes calidades de luz, les permite, crecer a la sombra de otros organismos fitoplanctónicos (Van Liere & Mur, 1979). Debido a esto, en aguas con elevada turbidez tienen mejores oportunidades de excluir competitivamente a otras especies. Esto explicaría porqué las *Cianofitas* que pueden crecer bajo condiciones nutricionales muy pobres, a menudo desarrollan floraciones, en aguas eutróficas ricas en nutrientes. Las condiciones de luz en un cuerpo de agua dado determina el alcance para el cual propiedades fisiológicas de las *Cianofitas* serán una ventaja en su competición con otros organismos fitoplanctónicos. (Mur *et. al.*; 1978).

Muchas *Cianofitas* fitoplanctónicas contienen vesículas de gas (Walsby, 1981), que pueden darle a las células cianofíticas una densidad mucho más baja que la del agua. Así, la regulación de descenso permite a las colonias buscar la posición que les otorguen las condiciones de luz que son óptimas para su crecimiento. Otra característica que favorece a las *Cianofitas* es una substancial capacidad de almacenaje de fósforo para realizar de dos a cuatro divisiones celulares, lo cual corresponde a un doble incremento en su biomasa, en

comparación con el resto de las algas competidoras (Chorus & Bartram, 1999). Esto significa que ellas pueden dejar fuera de competencia a otros organismos fotosintéticos bajo condiciones de limitación de fósforo y nitrógeno.

También encontramos especies de *Cianofitas* fijadoras de nitrógeno atmosférico (especies del género *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Nodularia* y *Nostoc*) que pueden a menudo ser relacionadas a períodos límite de nitrógeno disuelto. Un número de especies fijadoras de nitrógeno puede formar colonias y poseen vesículas de gas. Esto significa que ellas pueden regular su descenso en la columna de agua, como *Microcystis* sp, y pueden formar capas de verdín en la zona litoral por la acción del viento (Chorus & Bartram, 1999).

El predominio de cianobacterias en muchos lagos mesotróficos y eutróficos hacia el final del verano y en otoño se explicaría por su capacidad para fijar Nitrógeno molecular (Margalef, 1983; Paerl, 1988).

Su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales posibilita su aparición tanto en el suelo como en el medio acuático, en estos últimos preferentemente, en los ambientes de agua dulce, alcalinos o neutros con pH entre 6 y 9, y T° entre 15 y 30 C° y una alta concentración de nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno (Roset *et al*, 2001). Pero las localidades de agua dulce con diversos estados tróficos son los hábitats más prometedores para las *Cianofitas* (Chorus & Batram, 1999). Las *Cianofitas* se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían notablemente de las relaciones habituales. Todo cambio en la relación entre nitrógeno y fósforo acaba manifestándose en un avance o un retroceso en el desarrollo de las *Cianofitas* (Margalef, 1983). Una baja relación entre las concentraciones de nitrógeno y fósforo podría favorecer el desarrollo de floraciones de *Cianofitas*. Una comparación entre la óptima relación de *N: P* para las algas eucariotas (16-23 moléculas N: 1 moléculas de P) con la relación óptima para las *Cianofitas* formadoras de floraciones (10-16 moléculas de N: 1 moléculas de P), muestran que la relación es mucho más baja para las *Cianofitas*. (Schreus, 1992). Esta principal relación de fósforo y nitrógeno, se ha manifestado en lagos, embalses y aguas lóxicas, fuentes valiosas de agua potable para consumo humano, para el desarrollo agrícola e industrial y para acciones de recreación

.Los lagos y embalses tienen características especiales (como por ej.: mayor tiempo de permanencia del agua y por ende, menor renovación de la misma, y en el caso de los embalses las interacciones de fuerzas naturales y artificiales en la operatividad de los mismos) que los hacen más susceptibles a la contaminación y deterioro que los ríos. Este malestar, de dichos cuerpos de agua se ha visto acelerado por las acciones antropogénicas,

Como aguas residuales insuficientemente tratadas, escurridos de áreas agrícolas fertilizadas, actividad ganadera e industrial y deforestación, así como otras, que suman la lista de las demandas del desarrollo demográfico, pero que paralelamente han ocasionado en lagos y embalses un enriquecimiento excesivo de dichos nutrientes (nitrógeno y fósforo), por ejemplo, concentraciones de fósforo, mayores a 0,01ug/L (Chorus y Mur, 1998).

La eutroficación, es un proceso por el cual en una masa de agua, inicialmente pobre en nutrientes (nitrógeno y fósforo) u oligotrófica, se incrementa la concentración de los mismos originándose como respuesta biológica, un aumento significativo de la concentración de algas, generalmente Cianofitas (Margalef, 1983).

Asimismo el incremento de la eutroficación en las aguas dulces revela que el excesivo desarrollo o floraciones de *Cianofitas* será cada vez más común (Lopretto *et. al.*, 1995). Dentro del tipo de afectaciones que producen las *Cianofitas* se encuentran: los problemas de las formaciones antiestéticas de concentraciones superficiales (verdín), el agotamiento de oxígeno disuelto (anoxia), la disminución de la biodiversidad, entre los más importantes. Además su lenta tasa de crecimiento está compensada por la alta prevalencia de sus poblaciones ya establecidas (Chorus & Bartram, 1999); además producen mortandad de peces y la muerte de ganado y otros animales debido a la ingesta de toxinas algales. Así, las toxinas en el agua son generadas casi exclusivamente por las *Cianofitas*, las cuales producen diferentes compuestos tóxicos intracelulares que se incorporan al agua al romperse las células o al morir las algas; clasificados generalmente como: neurotoxinas, hepatotoxinas, citotoxinas y endotoxinas. Las especies del gen. *Microcystis* sp, son responsables de más del 60% de los casos de intoxicación de diferentes organismos acuáticos como terrestres en todo el mundo. Las spp. de *Microcystis* sp, generan una toxina hepatotóxica, la microcystina, (Chorus & Bartram, 1999) que químicamente es un polipéptido soluble en agua y que puede, por lo tanto, pasar al agua de consumo. La microcystina aparte de encontrarse en *Microcystis* sp, también se presenta en cepas de *Anabaena* sp. ; que forman espumas superficiales. Se ha observado un alto contenido de microcistinas en *Planktothrix* (sin. *Oscillatoria*) *agardhii* y *P. rubescens* (Fastner y otros, 1998). Además de los problemas de toxicidad implícitos, estas floraciones producen, por otras vías, un deterioro general de la calidad del agua, ya sea por la producción de metabolitos fuertemente oloroso, en el caso de *Anabaena* sp (Silva *et al.*, 1994); o la producción de afecciones gastrointestinales, dermatógenas o por riesgos de daño hepático y la actividad generadora de tumores (Falconer y Yeung, 1992), por la capacidad acumulativa de la toxicidad de la microcystina, demostrada por Fitzgeorge y otros (1994). Las *Cianofitas* no son pastoreadas con la misma magnitud que otras algas planctónicas y su

desarrollo tiene mínimas restricciones. Sin embargo las *Cianofitas* son atacadas por virus, bacterias y actinomicetes, aunque el efecto de estos enemigos naturales en el declive de sus poblaciones no está aún bien entendido. Ellas tienen pocos enemigos naturales y su capacidad para regular su profundidad previene la sedimentación, y la pérdida del crecimiento de sus poblaciones son generalmente bajas.

La presencia de floraciones de *Cianofitas* en el Embalse de Salto Grande fue registrada prácticamente desde que se llenó el embalse (Quiros Y Lucchini, 1982; Beron, 1990).

Estudios previos realizados en el Embalse de Salto Grande, indican su carácter mesoeutrófico, evidenciando excesiva carga de nutrientes. Han sido reportadas intensas floraciones de *Microcystis aeruginosa* en los brazos laterales cercanos a la represa de Salto Grande durante el período estival, pudiendo extenderse a gran parte del embalse, aunque las concentraciones halladas expresadas en clorofila *a*, no son uniformes (CTMSG, 1986; Conde *et. al.* , 1996; Chalar *et. al.* , 2002).

La aplicación de modelos simples de predicción que relacionan la intensidad de las floraciones con las condiciones de carga y renovación del volumen del embalse, han sido exitosas y permiten, con las debidas restricciones, efectuar pronósticos para la época estival.

Dado que en el embalse de Salto Grande se han aplicado dichos modelos (Beron y Lee, 1984; Otaegui, 1995), se utilizarán como referencia los criterios y la metodología correspondientes para el desarrollo de esta tesina.

## **OBJETIVO GENERAL:**

- Evaluar el comportamiento temporo-espacial de *Cianofitas* en los brazos (Arroyos) Gualeguaycito Grande, Chico y área de confluencias de dichos Arroyos laterales al Embalse de Salto Grande.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- 1-Determinar la estructura vertical de poblaciones de *Cianofitas*, y su variación en el tiempo.
- 2-Registrar los factores físicos citados por la bibliografía, que controlan el desarrollo de poblaciones de *Cianofitas*.

## **HIPOTESIS**

El desarrollo y distribución espacial de las floraciones de *Cianofitas* en el Embalse de Salto Grande esta condicionado y regulado por los factores estacionales, hidrológicos y las características geográficas locales.

## AREA DE ESTUDIO

El embalse de Salto Grande comprende una obra de represamiento del Río Uruguay de carácter binacional Argentino-Uruguayo. Su construcción se inició en 1975 y se llenó en 1979. Fue creado para la generación de energía hidroeléctrica, además de su utilización con fines domésticos y sanitarias, navegación y riego.

El embalse, de tipo río, tiene forma dendrítica y está ubicado entre los paralelos 29° 43' y 31° 12' sur y los meridianos 57° 06' y 57° 55' oeste. Es considerado un sistema cálido tropical, según Salas y Martino (1990), por su temperatura media anual mayor a 15 °C y su temperatura mínima superior a 10 °C. Sus características morfométricas se detallan en la tabla n°1. Se presenta como un ambiente con dos subambientes diferenciados (figura 1). Una zona central que abarca un 70% de la superficie total, con un tiempo medio de permanencia histórico a cota máxima de 0,031 años, y cinco brazos laterales de distintas características (Quirós y Cuch, 1982; Quirós y Luchini, 1982). De ellos, el Arroyo Gualeguaycito es uno de los brazos, ubicado en las proximidades de la represa de Salto Grande, y abarca un 8,5% de la superficie total. La selección del mencionado brazo, como área de estudio, radica en el interés de las altas densidades y continuas floraciones de *Cianofitas* que se han registrado en él, al arrastre de estas algas a áreas recreativas, originando problemas sanitarios a las primeras y en las tomas de captación de aguas con fines domésticos en el segundo (Prioridad/Convenio RA-ROU).

Dentro de este Arroyo se seleccionaron tres estaciones de muestreo con diferentes características geográficas:

- Cabecera del brazo (A°) Gualeguaycito Grande, ubicado entre los 31° 07' Latitud sur y los 58° 01' Longitud oeste (**G2**).
- Centro del brazo (A°) Gualeguaycito Chico, ubicado entre los 31° 12' Latitud sur y los 57° 58' Longitud oeste(**G3**).
- Area de confluencia de los brazos antes mencionados, ubicada a los 31° 11' Latitud sur y los 57° 58' Longitud oeste (**G1**). (figura 1 y 20)

El Río Uruguay, principal tributario del embalse Salto Grande nace en Brasil (Estado de Santa Catarina) y recorre 1.800 Km hasta su desembocadura en el Río de la Plata. Su lecho es principalmente de roca basáltica, siendo el margen uruguayo más alto que el argentino. El régimen hidrológico del río presenta sus mayores caudales durante el invierno y los menores en verano. El caudal medio en 72 años de registro fue de  $4,643 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  con mínimos y máximos de 92 y  $36,100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente (CTM, 1982).

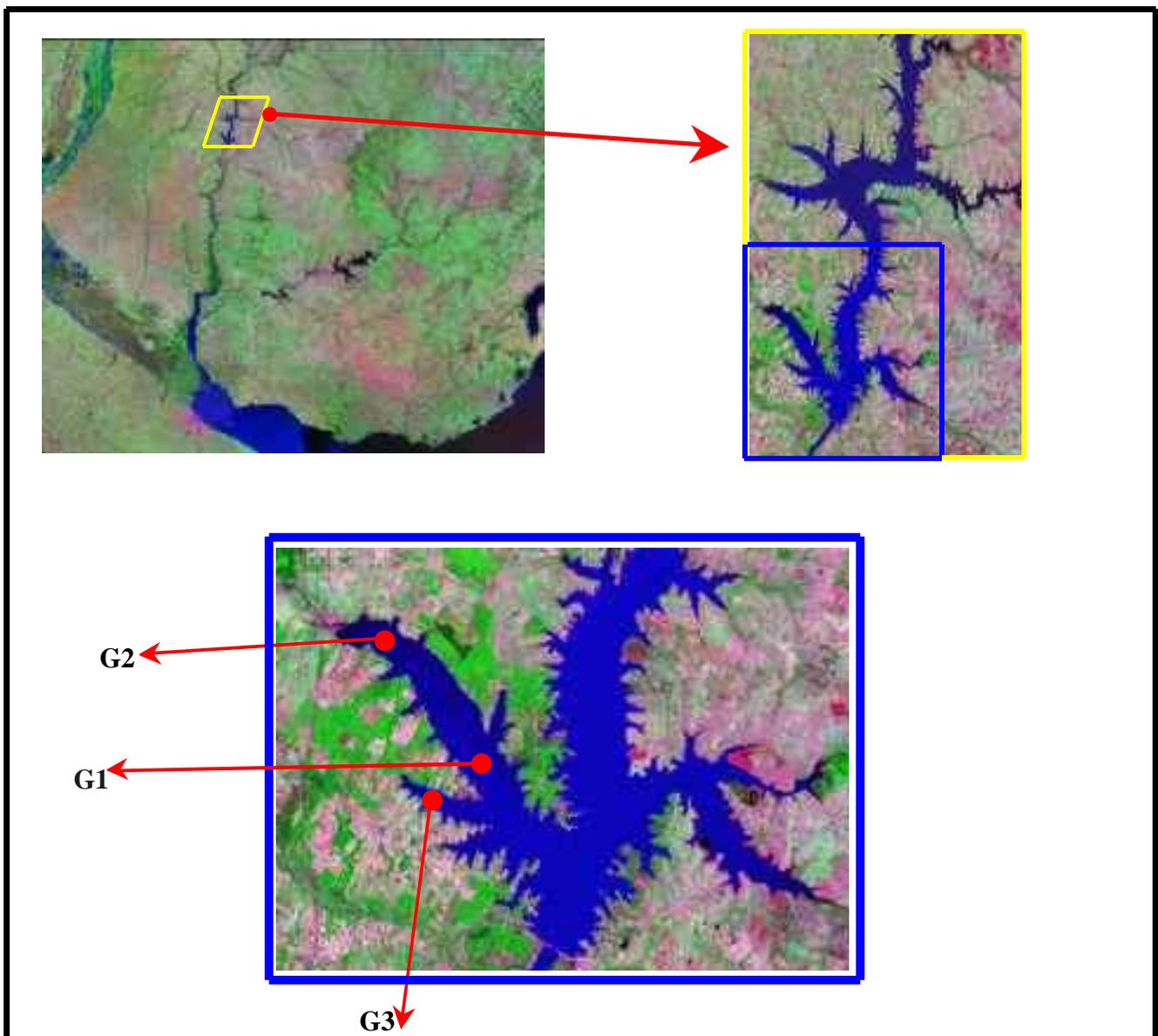
La cuenca del Río Uruguay abarca 224,000 km<sup>2</sup> de extensión en territorios de Brasil, Argentina y Uruguay, mientras que la cuenca del embalse es de 47,235 km<sup>2</sup> (figura 2). En la cuenca del embalse las precipitaciones registran un promedio de 1,260 mm anuales. La temperatura anual alcanza los 19°C y los vientos predominantes del NE y SO con promedios anuales de 7 y 14 km./h respectivamente, siendo la primavera la estación más ventosa.

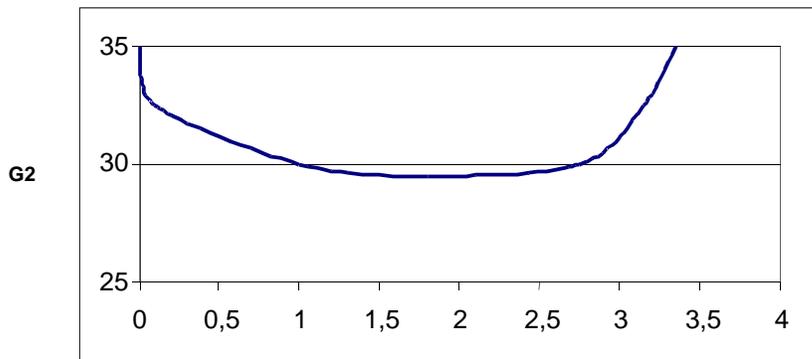
Con respecto a las actividades más importantes de la cuenca inmediata, principalmente en la Provincia de Entre Ríos, se destaca el cultivo de citrus; en particular las tierras que bordean el Arroyo Gualeguaycito se utilizan para estas actividades; provocando posiblemente un ingreso continuo de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo. Esto, supuestamente, favorecería el desarrollo de las *Cianofitas* en el Brazo Gualeguaycito. Otras actividades como la avicultura, la ganadería vacuna, la forestación y el cultivo de arroz, provocarían también un ingreso de nutrientes. En el margen uruguayo, la ganadería extensiva ocupa el 84% de las superficies agropecuarias y le sigue en importancia la producción agrícola 9% (De León, 2000).

**Tabla 1.** Características morfométricas del Embalse Salto Grande

Superficie	780 km <sup>2</sup>
Volumen	5000 Hm <sup>3</sup>
Profundidad media	6,4 m
Profundidad máxima	35,0 m
Ancho medio	5,4 Km
Ancho máximo	9 Km
Longitud	100 Km
Desarrollo línea de costa	11,9

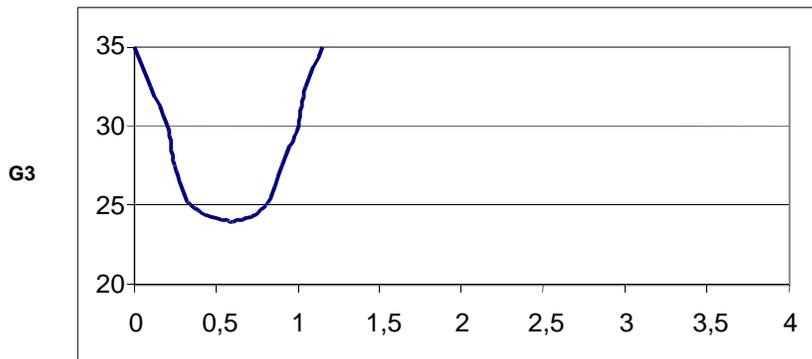
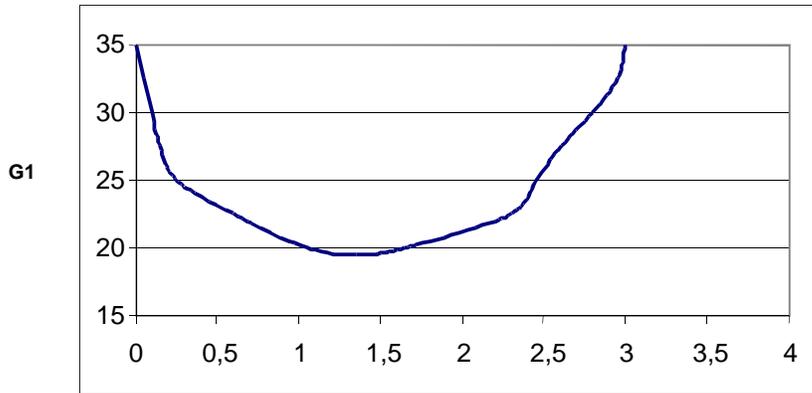
**Figura 1a:** Mapa ubicando el embalse Salto Grande y las estaciones de muestreo: **G2:** A° Gualeguaycito Grande, **G3:** A° Gualeguaycito Chico, y **G1:** Área de confluencia de ambos Arroyos





**Eje x:**  
 1= 100m  
 2= 200m  
 3= 300m  
 4= 400m

**Eje y:**  
 15, 20, 25, 30,  
 35= metros de  
 profundidad



**Figura 1b: Perfil de profundidad de las tres estaciones de muestreo.**

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo forma parte de un estudio realizado entre Febrero 2003 y Agosto 2003. Los análisis químicos y biológicos fueron realizados en los laboratorios de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande y en los laboratorios de la Facultad de Ciencias en la Alimentación de la Universidad Nacional de Entre Ríos, siguiendo las técnicas de Standard Methods (APHA, 1985).

Se seleccionaron tres estaciones de muestreo en el brazo (A°) Gualeguaycito; ubicado en las proximidades de la represa de Salto Grande: una de las estaciones, en la zona correspondiente a la cabecera del Arroyo Gualeguaycito Grande (**G2**), otra en el centro del Arroyo Gualeguaycito Chico (**G3**) y en el Area de confluencia de dichos Arroyos (**G1**). (Figura n° 1). Se realizaron en total 6 muestreos: con una frecuencia trisemanal, entre Febrero y Marzo, y los 3 restantes se tomaron acorde con las condiciones climáticas de la región en estudio y la actividad operativa de la Represa.

En cada estación, se realizaron perfiles de temperatura (T°) y oxígeno disuelto (OD), y se obtuvieron *in situ* medidas del pH, de la conductividad y de la transparencia del agua. En la tabla 2 se listan los parámetros analizados y la metodología aplicada en el análisis.

Los valores de los factores hidrológicos como el Aporte y la Cota fueron suministrados por el Laboratorio de Ecología de la CTM-Salto Grande.

Se extrajeron cuatro muestras de agua por estación: agua superficial, límite inferior de la capa eufótica (2-2,5mts); una muestra integrada de la capa eufótica (Chalar *et al.*; 2002) y una muestra cualitativa superficial.

. Cuantitativas con botella muestreadora Ruttner-Hidrobios de 2 litros de capacidad y por arrastre vertical con red de 30 micras;

. Cualitativas por arrastre superficial con red de 30 micras.

Las muestras cualitativas se dividieron en dos submuestras, manteniendo una de ellas fresca para el análisis inmediato y la otra se fijó *in situ* con formalina neutralizada al 4% de concentración final. La observación del material se realizó en microscopio óptico común. Las muestras fueron fijadas *in situ* con solución de Lugol para el análisis cuantitativo. El recuento se realizó con microscopio invertido utilizando, cámaras de sedimentación de 1 y 2 ml (según Utermöhl, en Hasle, 1978); solo para muestras de *Cianofitas* dominantes según estudios de referencia: *Anabaena* y *Microcystis* sp. Los filamentos de *Anabaena* sp. con 4 o más células

se cuantificaron como un organismo, al igual que las colonias de *Microcystis* sp. con más de 10 células.

Los organismos zooplanctónicos observados fueron los capturados junto al fitoplancton.

Las muestras para las determinaciones de clorofila *a*, se almacenaron en bidones de 2 litros de capacidad. El filtrado se realizó entre las 3 y 6 hs de extraída la muestra, a través de filtros Whatman GF/C, los cuales se conservaron a 20 °C. La extracción se realizó con acetona 90% (Nush, 1980), y se aplicó el Método espectrofotométrico tricomático.

La determinación de posibles relaciones entre las variables bióticas y abióticas se analizaron según el coeficiente de correlación de Pearson y el Análisis de componentes principales. La clasificación de las correlaciones, se expresó de acuerdo a la metodología propuesta por Sade El Juri (1986), (tabla 3). Para analizar la afinidad basándose en las variables estudiadas, entre los distintos muestreos se aplicó el índice de distancia Euclidiana y los resultados fueron expresados en un dendrograma utilizando el UPGMA (método de agrupamiento de pares no ponderados). Los análisis se obtuvieron mediante Excel/Program, y MVSP (Multivariate Statistical Package).

**Tabla 2: Parámetros ambientales y físico-químicos considerados y metodología utilizada en los Análisis.**

PARAMETROS	METODO
Temperatura (T°)	Termómetro de mercurio
Oxígeno disuelto (OD)	Método Electrométrico, con Oxímetro. Mod. YSI 58.
Conductividad	Método Electrométrico, con conductímetro (PARSEC SA. modelo Antaces)
pH	Método Electrométrico, con pH-metro (ORION modelo SA 720)
Transparencia del agua	Disco de Secchi.
Aportes	CTM-Salto Grande (Base de Datos)
Cota	CTM-Salto Grande (Base de Datos)

**Tabla 3: Clasificación del coeficiente de correlación (r) de Pearson, según Sade El Juri (1986).**

CLASIFICACIÓN DE r		
Correlación	r entre	
Mala	0.0 y -0.45	0.0 y 0.45
Regular	-0.45 y -0.65	0.45 y 0.65
Buena	-0.65 y -0.85	0.65 y 0.85
Muy Buena	-0.85 y -1.00	0.85 y 1.00
Perfecta	-1.00	1.00
	<i>Inversa</i>	<i>Directa</i>

## RESULTADOS

### **Resultados de las variables físicas y químicas.**

El máximo valor promedio de Aporte fue  $9349 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , en marzo 2003, y el mínimo de  $2415 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  en agosto del mismo año. La Cota máxima promedio fue de 35,3 m en los meses de marzo y abril de 2003, y la mínima de 33,9 m en agosto (figura 2). Los valores promedio en el período de estudio 2003 fueron de  $5670 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  de Aportes y de 35 m para la Cota.

El valor máximo de temperatura se observó en febrero de 2003 en la estación G3 ( $29,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y el mínimo se constató en la estación G2 ( $12,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ), en julio de 2003 (figura 3). La columna de agua presentó un gradiente vertical de temperatura, con diferencias mayores a  $1,4 \text{ }^\circ\text{C}$  entre superficie y límite inferior de Zona eufótica ( $L_{zeu} = 2-2,5 \text{ m}$ ), durante los dos primeros meses de muestreo en las tres estaciones estudiadas, alcanzando máximos de gradiente de  $4,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $3,9 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $2,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , en el mes de febrero 2003, en las estaciones G3, G2, G1; respectivamente (figura 4).

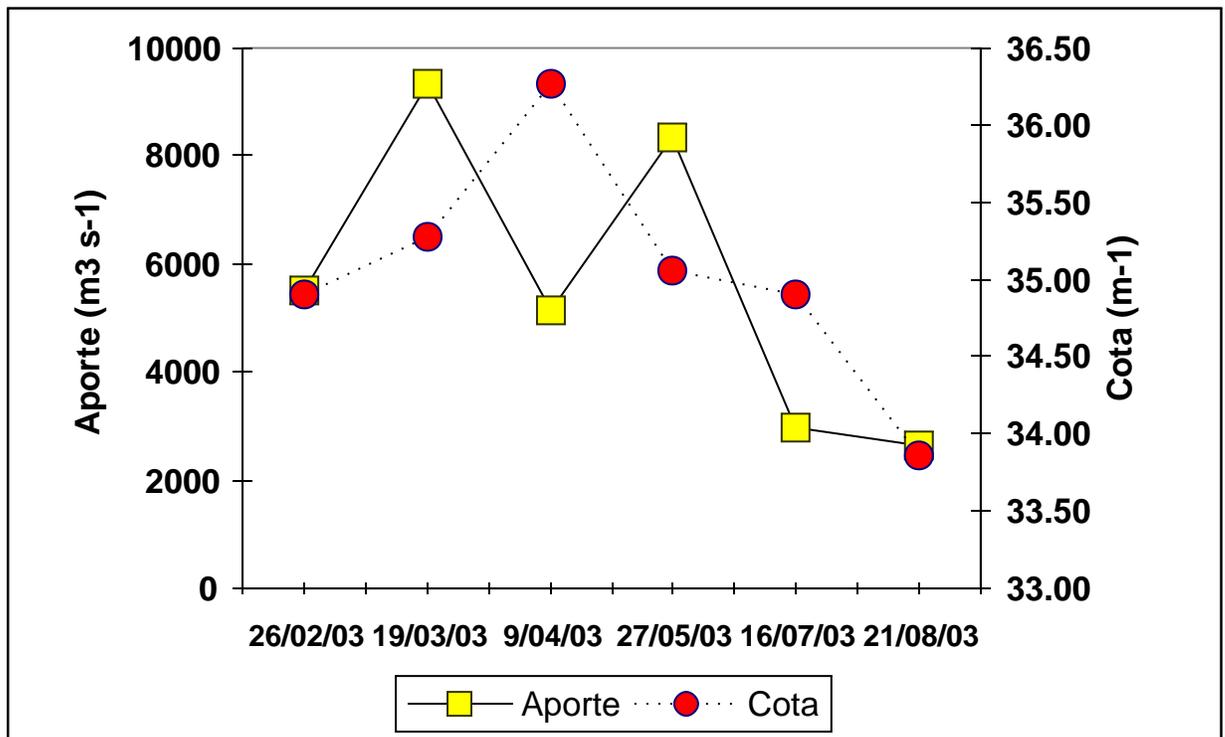
En la tabla 4, se presentan las medias, máximos y mínimos de los seis muestreos de cada estación. A partir de los mismos se observa que la concentración media de oxígeno disuelto no varió significativamente, con valores entre  $8,69 \text{ mg/l}$  y  $8,76 \text{ mg/l}$ . El menor valor de oxígeno disuelto ocurrió en la estación G3 ( $6,4 \text{ mg/l}$ ) y el máximo en la estación G1 ( $12,2 \text{ mg/l}$ ) (figura 3). La concentración de oxígeno disuelto también presentó diferencias entre superficie y límite inferior de Zona eufótica ( $L_{zeu}$ ), siendo éstas mayores en los primeros meses de muestreo. La mayor diferencia se registró en la estación G1 ( $12,2 \text{ mg/l}$  en superficie y  $6,9 \text{ mg/l}$  en  $L_{zeu}$ ); durante el muestreo de marzo del 2003.

El pH presentó valores cercanos a la neutralidad, no obstante, se constató en las estaciones G2 y G1 valores máximos de (9,22 y 9,13), en los meses de febrero y marzo de 2003 respectivamente (figura 3). El menor valor promedio se observó en la estación G3 (7,37), sin presentar mayores diferencias significativas con los valores promedio del resto de las estaciones.

Los valores de conductividad, fueron similares para la mayoría de las estaciones de muestreo a lo largo del tiempo, registrándose los máximos valores ( $62 \text{ uS/cm}$ ), en las estaciones G1 y G3. El mínimo valor promedio se registró en la estación G2 ( $54,97 \text{ uS/cm}$ ), en el mes de agosto de 2003 (figura 3).

La transparencia del agua fue baja. El mínimo valor promedio se registró en la estación G2 (0,45 m) y el máximo valor en las estaciones G1 y G3 (0,70 m) (figura 3). El límite calculado de la zona eufótica (según Margalef, 1983) estuvo entre 0,81 m en febrero y 1,89 m en abril, mayo y agosto, respectivamente (media = 1,47 m)

La concentración media de clorofila *a* de las estaciones fue 12,95 ug/l, 27,42 ug/l y 9,87 ug/l, para G1, G2 y G3 respectivamente. El valor mínimo de clorofila *a* se registró en la estación G1 (1,1 ug/l), en el mes de julio de 2003 y el máximo valor en la estación G2 (97,2 ug/l), en el mes de febrero del mismo año. Los valores promedios para la concentración de clorofila *a* en el Límite inferior de la capa eufótica en las estaciones fueron 3,68 ug/l, 6,26 ug/l y 3,52 ug/l, en G1, G2 y G3, respectivamente. La mínima concentración de clorofila *a* en límite inferior de la capa eufótica fue de 1,1 ug/l en el mes de julio, y la máxima fue de 10,1 ug/l, en febrero 2003 (figura 5 y 6). Respecto a la variación espacial la estación G2 se destacó por presentar los valores más altos, excepto en los meses de marzo y agosto de 2003, en donde los máximos valores se registraron en las estaciones G1 y G3 respectivamente (figura 7). En la variación temporal se observó a las concentraciones más altas de clorofila *a* durante los primeros meses del período de estudio (febrero, marzo y abril) donde se registró en estos meses un 87% de la concentración total de clorofila *a* en las estaciones G1 y G2 y un 63% para la estación G3 (figura 8). La media de clorofila *a* de las tres estaciones de estudio (G1, G2, G3) a lo largo del tiempo fue de 16,74 ug/l.

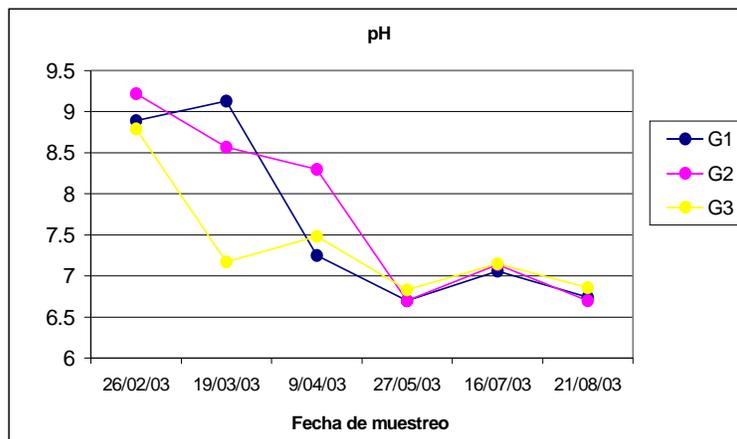
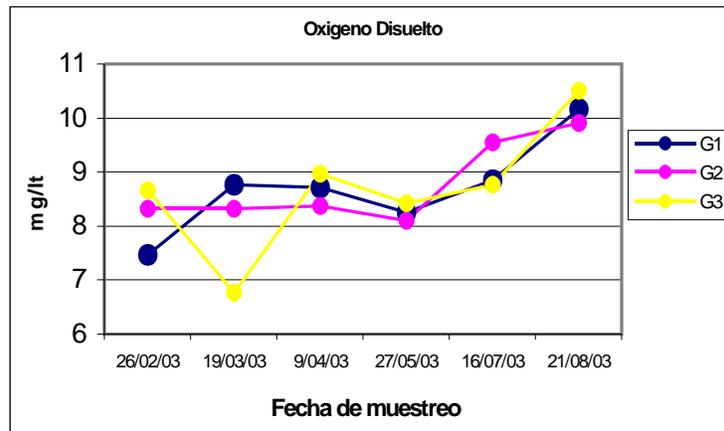
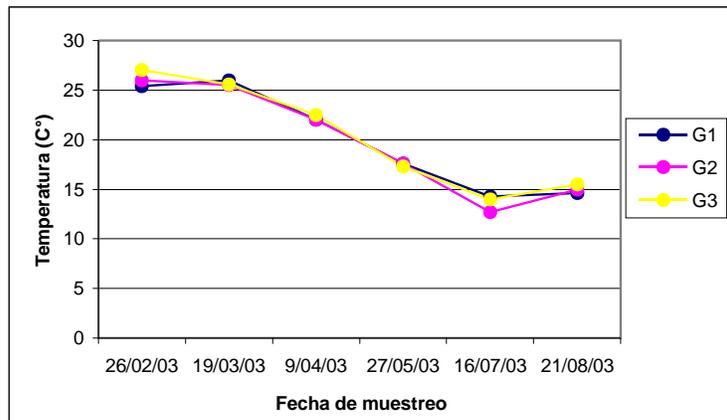


**Figura 2.** Aportes y cota promedios del Embalse Salto Grande entre febrero de 2003 y agosto 2003 (promedio de los 10 días previos al muestreo).

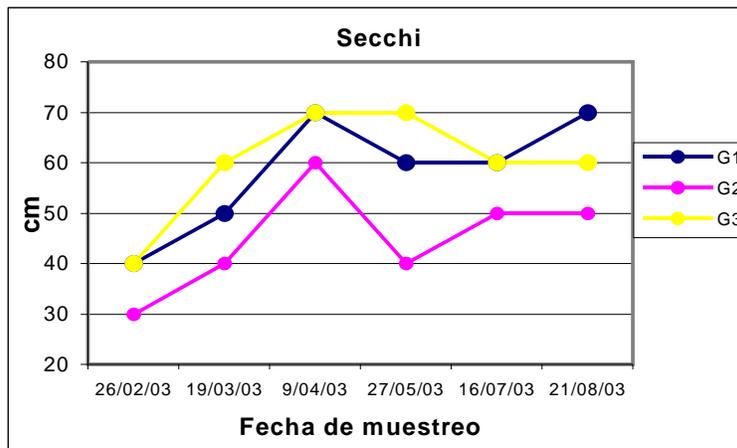
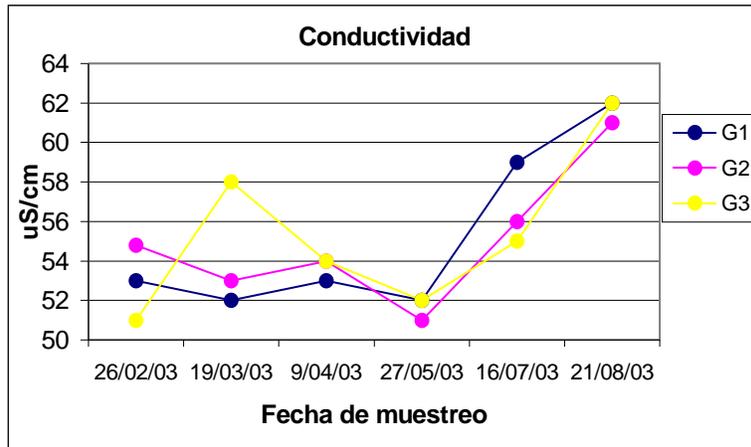
**Tabla 4: Valores Medios, Mínimos y Máximos de las variables físicas y químicas.**

El Fito-Total equivale a la suma de las concentraciones de las especies de *Microcystis* sp. y *Anabaena* sp, en la capa eufótica integrada.

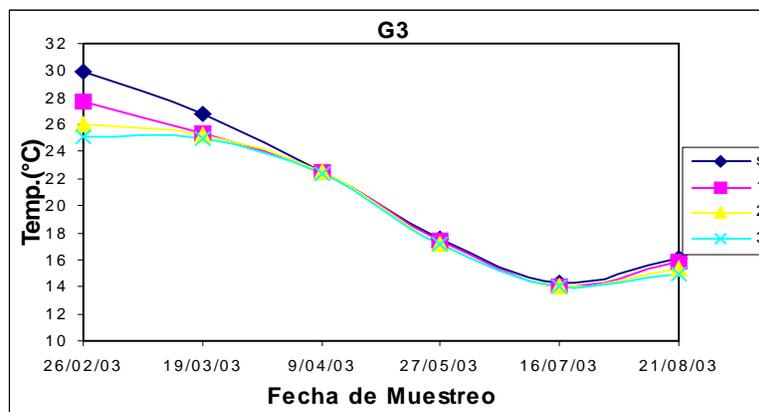
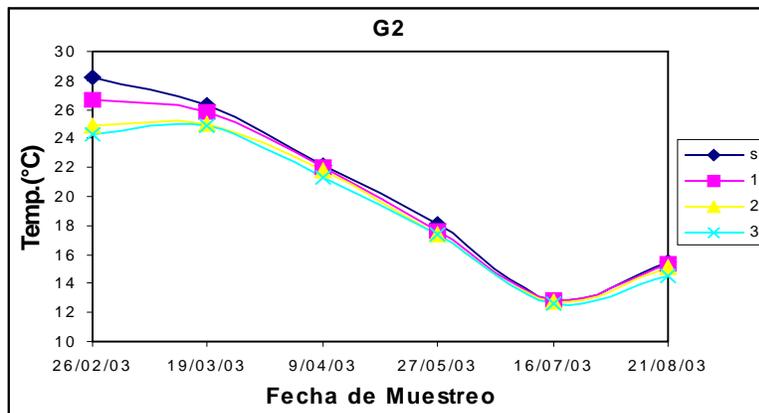
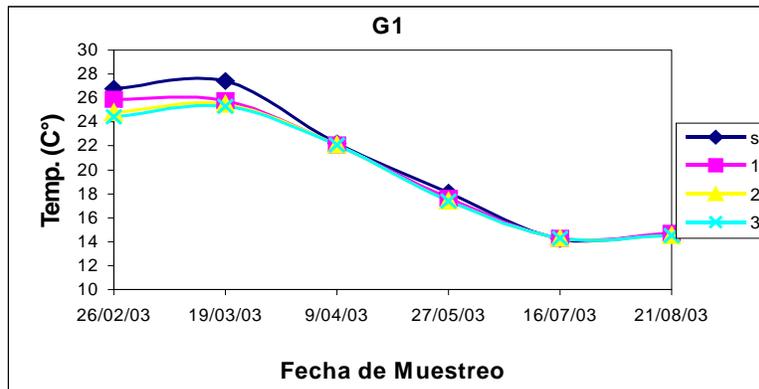
Estación	Temp. °C	OD mg/l	pH	K μS/cm	Secchi mts	Clo"a" μg/l	Fito Total org/ml
<b>G1</b>							
Media	20,00	8,70	7,63	55,17	0,65	12,95	6481,8
Mínimo	14,20	6,60	6,70	52,00	0,60	1,10	1245,0
Máximo	27,40	12,20	9,13	62,00	0,70	26,00	10193,0
<b>G2</b>							
Media	19,80	8,76	7,77	54,97	0,50	27,42	7156,5
Mínimo	12,50	6,80	6,70	51,00	0,40	5,60	3060
Máximo	28,20	10,50	9,22	61,00	0,60	97,20	11217
<b>G3</b>							
Media	20,37	8,69	7,37	55,3	0,65	9,87	5880,17
Mínimo	14,10	6,40	6,83	51,00	0,60	3,00	1648
Máximo	29,90	10,90	8,79	62,00	0,70	20,90	10866



**Figura 3:** Variación de los parámetros físicos y químicos en los meses de muestreo y en las estaciones G1, G2 y G3 a lo largo del período de estudio. En T° y OD, se muestran las medias de los perfiles en cada mes.



**Figura 3:** Variación de los parámetros físicos y químicos en los meses de muestreo y en las estaciones G1, G2 y G3 a lo largo del período de estudio



**Figura 4: Perfil de temperatura (de sup= 0,50 m a 3 m de profundidad) durante el período de estudio en las tres estaciones de muestreo (G1, G2 y G3).**

Tabla 5: Valores Medios, Mínimos y Máximos de clorofila a superficie y límite inferior de la capa eufótica (Lzeu) durante el período de estudio febrero-agosto de 2003.

Clorofila a	G1	G2	G3
Min.	1.1	5.6	3
Media	12.95	27.4	9.87
Max.	26	97.5	20.9

Clorofila(Lzeu)	G1	G2	G3
Mn	1.1	2.6	1.8
Media	3.68	6.26	3.52
Max.	6.8	10.1	5.5

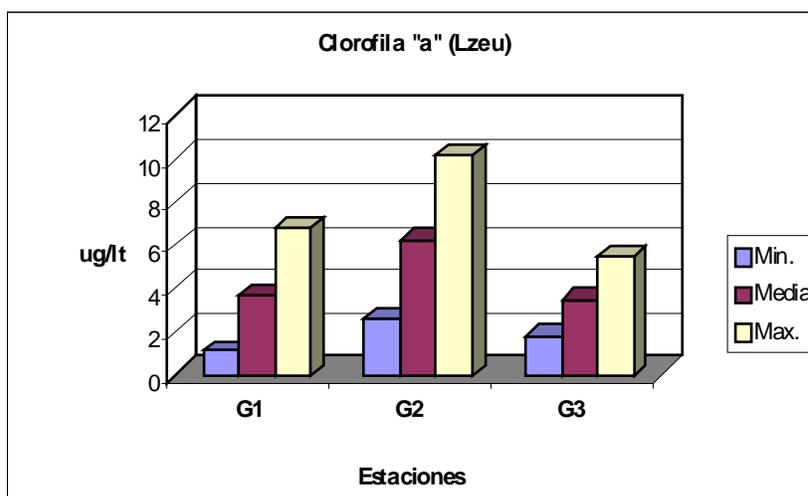
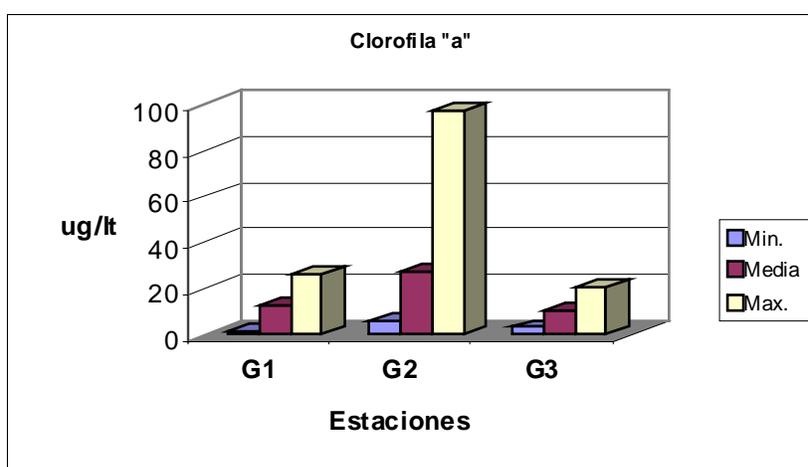
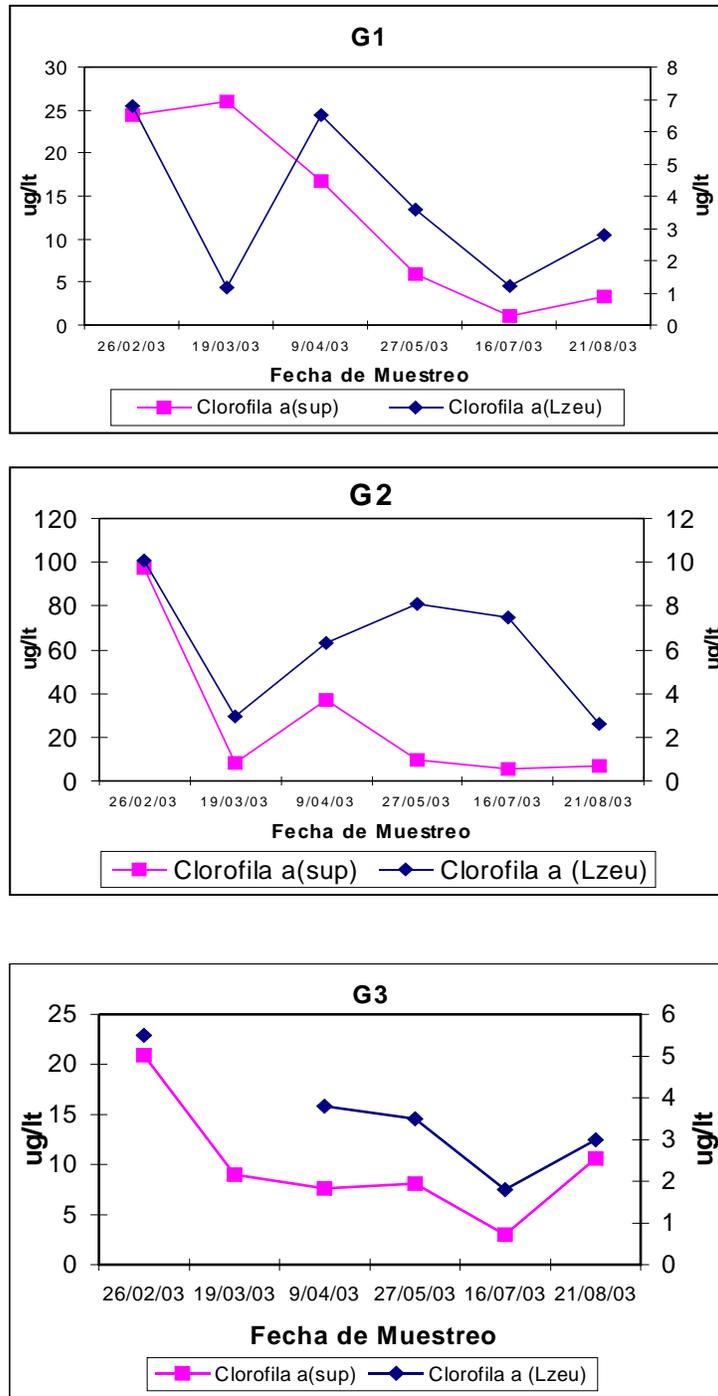
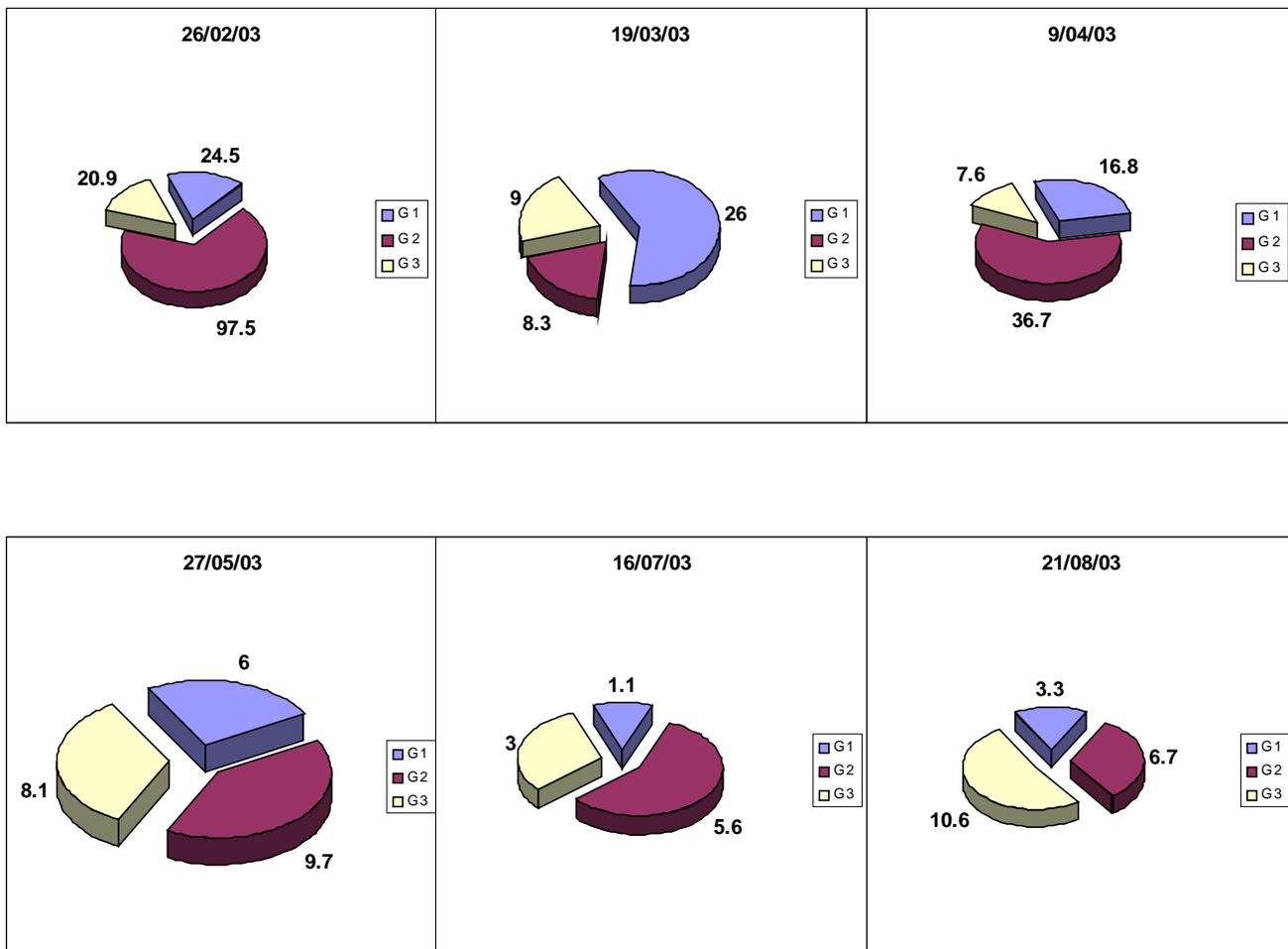


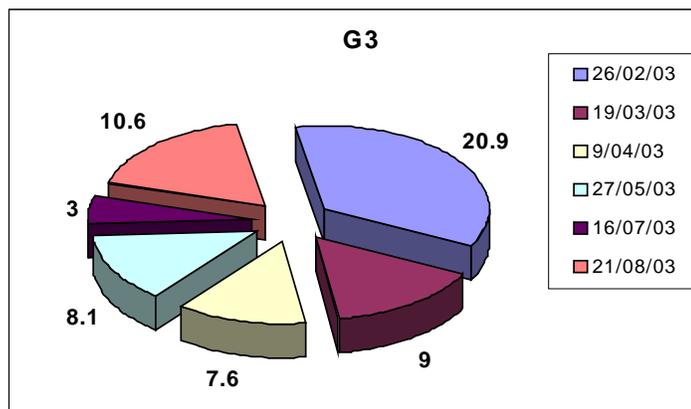
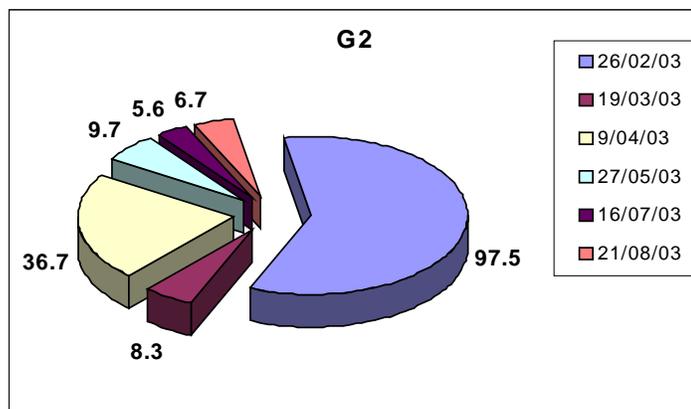
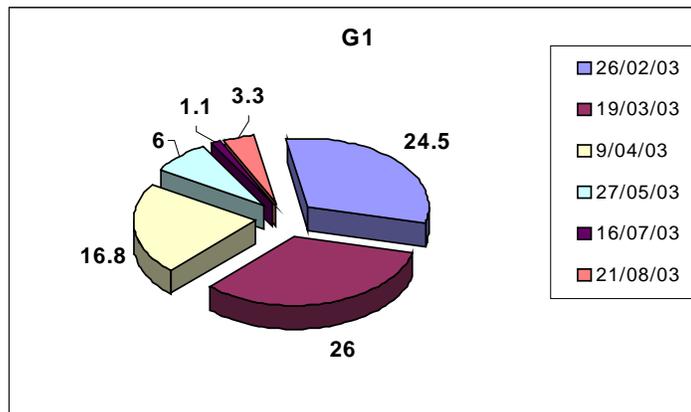
Figura 5: Valores Medios, Mínimos y Máximos de la concentración de clorofila a superficie y límite de la capa eufótica (Lzeu) durante el período de estudio febrero-agosto de 2003.



**Figura 6: Concentraciones de clorofila a en superficie y límite inferior de la capa eufótica durante el período de estudio febrero-agosto de 2003 (el valor faltante en la gráfica de (G3), no fue registrado).**



**Figura 7: Distribución de las concentraciones de clorofila a (ug/l), superficial durante el periodo de estudio febrero-agosto de 2003 en cada una de las estaciones de muestreo (G1, G2 y G3).**



**Figura 8: Variación temporal de la concentración de clorofila a superficial, expresada en (ug/l), durante el periodo de estudio febrero-agosto de 2003, en las estaciones G1, G2 y G3.**

## Resultados de la estructura del ensamble fitoplanctónico observado en las tres estaciones (G1, G2 y G3) del brazo (A°) Gualeguaycito Embalse de Salto Grande.

Las **Cyanophyta** fueron los organismos que mejor representados estuvieron en las tres estaciones de muestreo por formas pertenecientes al Orden Chroococcales (4 taxa), capaces de desarrollar floraciones tóxicas, como la cosmopolita *Microcystis aeruginosa*. Esta estuvo acompañada de forma ininterrumpida por *Pseudanabaena mucicola*; una oscillatoria de pequeño tamaño (menor a 10 $\mu$ ), presente en el mucílago de la primera. Entre las formas filamentosas, el Orden Hormogonales (4 taxa) estuvo representado por *Anabaena circinalis* y *Anabaena spiroides*, quienes fueron las más frecuentes (Lista 1).

Las **Chlorophyta** presentaron igual número de taxa que las **Cyanophyta**, pero con una significativa diferencia en la abundancia a favor de las últimas. Dentro de la división estuvieron representados las clases, Chlorophyceae (4 Chlorococcales, 1 Volvocales, 1 Ulothricales) y la clase Zygnemaphyceae (2 Desmidiales). La especie *Clorella vulgaris*, estuvo presente en las estaciones G1 y G2, durante todo el período de estudio, excepto en el muestreo de agosto donde no se registró y sí se observó la presencia por vez primera durante el período de estudio de *Chlamydomonas sp*, acompañando en varias colonias de *Microcystis aeruginosa*. *Ulothrix sp*, registró una presencia mucho menor que *Clorella vulgaris* durante el período de estudio y no estuvo en todas las estaciones; siendo la estación G3, donde más se la observó (Lista 1).

En la División **Bacillariophyta**; estuvieron presentes las clases Centrobacillariophyceae (4 Centrales) y la clase Pennatibacillariophyceae (4 Pennales). El Género *Aulacoseira sp*. fue el más representativo de las diatomeas y estuvo presente en las tres estaciones durante todo el período de estudio. En el Orden Pennales, el Género *Navicula sp*, si bien fue el más representativo, no estuvo presente en todas las estaciones durante el tiempo de estudio (Lista 1).

**Lista 1: Composición del ensamble fitoplanctónico observado en las tres estaciones (G1, G2 y G3) del brazo (A°) Guauguaycito del Embalse de Salto Grande, durante el período de estudio (febrero2003-agosto2003).**

La composición se determinó basándose en el análisis de la presencia de los organismos en las muestras cualitativas y cuantitativas.

**División CYANOPHYTA**

**Clase Cyanophyceae**

**Orden Chroococcales:**

*Croococcus* sp.

*Microcystis aeruginosa*. Kützing.

*Microcystis flos-aquae*. (Witte.) Kirchner.

*Microcystis wesenbergii*. Komárek

**Orden Hormogonales**

*Anabaena circinalis*. Rabenh. Ex Born. Et Flash.

*Anabaena spiroides*. Klebahn.

*Anabaena* sp.

*Pseudanabaena mucicola*. (Hub-Pest. et Naum.) Anagnostidis et. Komárek.

**División CHLOROPHYTA**

**Clase Chlorophyceae**

**Orden Volvocales**

*Chlamydomonas* sp.

**Orden Chlorococcales**

*Ankistrodesmus* sp.

*Clorella vulgaris*

*Scenedesmus* sp<sub>1</sub>

*Scenedesmus* sp<sub>2</sub>

**Orden Ulothricales**

*Ulothrix* sp.

**Clase Zignemaphyceae**

**Orden Desmidiales**

*Closterium* sp.

*Staurastrum* sp.

**División BACILLARIOPHYTA**

**Clase Centrobacillariophyceae**

**Orden Centrales**

*Aulacoseira granulata*. (Ehr.) Simonsen.

*Aulacoseira* sp.

*Cyclotella* sp.

*Melosira varians*. Agardh.

**Clase Pennatibacillariophyceae**

**Orden Pennales**

*Navicula* sp<sub>1</sub>

*Navicula* sp<sub>2</sub>

*Nitzschia* sp.

## Variación temporal de la abundancia de *Cianofitas* dominantes (*Microcystis* sp y *Anabaena* sp) en las estaciones de muestreo.

### Estación G1 (Área de confluencia de los brazos (A°) Gualeguaycito Grande y Chico

#### **Microcystis sp. : (Figura 9: A y B).**

En esta estación, los máximos valores de *Microcystis* sp. , para la capa eufótica integrada se registraron en febrero, marzo y agosto de 2003, con 8477 org/ml, 10159 org/ml y 7569 org/ml (22%, 27% y 20% de abundancia, respectivamente), y un mínimo de 1211 org/ml (3% de abundancia), en julio del mismo año. Los valores de abundancia de *Microcystis* sp. Superficie (sup=0,50 m) y *Microcystis* sp. , límite zona eufótica (Lzeu= 2-2,5 m), tuvieron un máximo de 6492 org/ml y 3229 org/ml, respectivamente, en marzo de 2003, y un mínimo de 335 org/ml y 165 org/ml, en febrero del 2003, respectivamente. El valor promedio de *Microcystis* sp. Sup y *Microcystis* sp. Lzeu, durante todo el período de estudio fue de 2450 org/ml y 1266 org/ml, respectivamente. La abundancia de *Microcystis* sp. , fue mayor durante todo el período de estudio en superficie, que en límite zona eufótica. En casi todo el período de estudio, la estación G1 estuvo principalmente representada por *Microcystis aeruginosa*, quien presentó floraciones visibles de gran desarrollo en febrero y marzo del 2003.

#### **Anabaena sp. : (Figura 10: A y B)**

Los máximos valores de abundancia de *Anabaena* sp. en la capa eufótica integrada se registraron en mayo y agosto de 2003, con 235 org/ml y 370 org/ml (28% y 44% de abundancia, respectivamente), y un mínimo de 34 org/ml (4% de abundancia) en marzo y julio del mismo año. La abundancia de *Anabaena* sp. superficie (sup=0,50 m), registró un valor máximo de 269 org/ml en marzo 2003, y un mínimo valor de 34 org/ml en julio de 2003. *Anabaena* sp. límite zona eufótica (Lzeu=2-2,5 m), registró un máximo de 101 org/ml.

en mayo 2003, cuyo valor de abundancia es la excepción durante todo el período de muestreo en donde, supera la abundancia de *Anabaena* sp. sup. (34 org/ml, respectivamente). El valor mínimo *Anabaena* sp. Lzeu, registrado fue de 6 org/ml en julio del correspondiente año. El valor promedio de abundancia de *Anabaena* sp. sup y *Anabaena* sp. Lzeu, durante todo el período de estudio fue de 116,3 org/ml y 49 org/ml, respectivamente.

### **Estación G2 : Cabecera del brazo (A°) Gualeguaycito Grande.**

<b>Microcystis sp:</b> (Figura 11: A y B)
---

En esta estación, *Microcystis* sp, al igual que en la estación G1, presenta las mayores abundancias. Los máximos valores de *Microcystis* sp en la capa eufótica integrada registrados, fueron, 9015 org/ml, 9823 org/ml y 11135 org/ml (22%, 24% y 26% de abundancia) en febrero, marzo y abril del 2003, respectivamente. El mínimo se registró en mayo del 2003, con 2758 Org/m (7% de abundancia). El valor promedio de la capa eufótica integrada durante el período de estudio fue de 6963,5 org/ml. Los máximos de abundancia registrados por *Microcystis* sp. superficie, fueron en marzo y abril 2003 con 4979 org/ml y 4340 org/ml, respectivamente, y el mínimo se observó en agosto 2003 con 572 org/ml. Su valor promedio en el período de estudio fue de 2017 org/ml. *Microcystis* sp. Lzeu, presentó valores en la mayor parte del período de estudio muy cercanos a su valor promedio (1077,2 org/ml), a excepción de febrero 2003 (342 org/ml) y agosto 2003 (370 org/ml), quienes fueron los mínimos valores registrados. Sus valores máximos de abundancia se registraron en marzo y julio de 2003 con 1547 org/ml y en abril de 2003 con 1648 org/ml. En mayo y julio de 2003, *Microcystis* sp. Lzeu, presentó mayores valores de abundancia que *Microcystis* sp. superficie.

**Anabaena sp** (Figura 12: A y B)

Al igual que en la estación anterior, *Anabaena sp.* se presentó en todo el período de muestreo, pero en esta estación con una proporción levemente mayor. La capa eufótica integrada presentó sus máximos de abundancias de 302 org/ml y 572 org/ml (26% y 49% de abundancia), en mayo y agosto de 2003, respectivamente, coincidiendo con los meses en donde también la estación G1 presentó sus máximos. En el mes de febrero y el mes de marzo de 2003 se registraron los mínimos de 33 org/ml y 34 org/ml (3% de abundancia, respectivamente). El valor promedio durante todo el período de estudio de la capa eufótica integrada fue de 193 org/ml. En superficie *Anabaena sp.* presentó máximos de abundancias en febrero y marzo de 2003, con 269 org/ml y 201 org/ml, respectivamente; y un mínimo de 13 org/ml en julio del mismo año. El valor promedio registrado durante todo el período de estudio fue de 114,2 org/ml. En marzo 2003, *Anabaena sp. Lzeu*, presentó su máximo de abundancia con 101 org/ml, sin diferenciarse de la abundancia de superficie; y en febrero de 2003 un mínimo de 32 org/ml. El valor promedio de *Anabaena sp.* fue de 50,3 org/ml. En abril, mayo y agosto del 2003 *Anabaena sp.* superficie y límite de zona eufótica no presentaron diferencias en la abundancia, pero en julio 2003 la abundancia fue mayor en límite zona eufótica.

**Estación G3: centro del brazo (A°) Gualeguaycito Chico.**

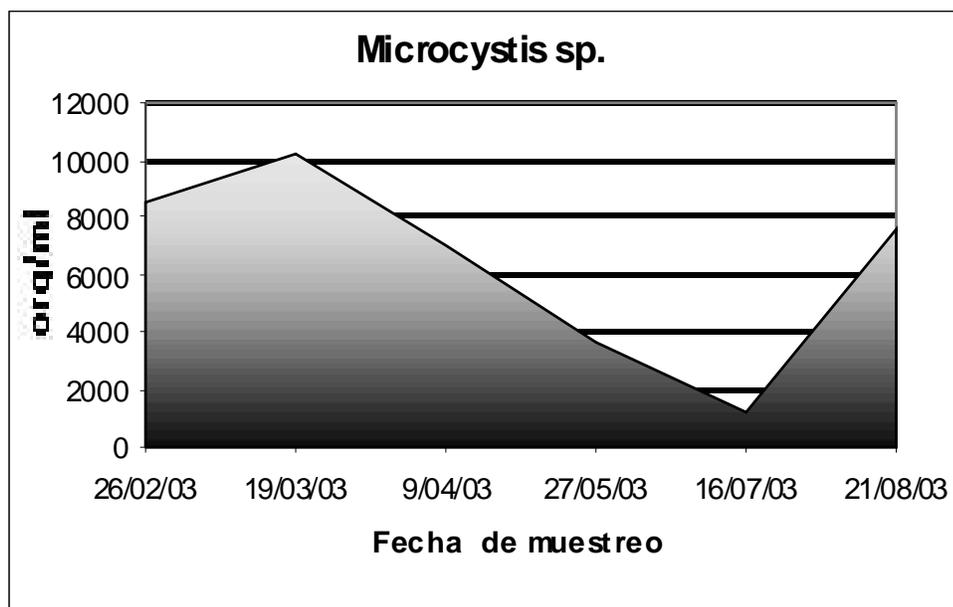
**Microcystis sp:** (Figura 13: A y B)

En dicha estación, los valores de abundancia máximos de *Microcystis sp.* para la capa eufótica integrada fueron de 7636 org/ml, 6291 org/ml y 10092 org/ml (23%, 19% y 29% de abundancia), en febrero, abril y agosto de 2003, respectivamente; y se registró un mínimo de 1581 org/ml (5% de abundancia), en julio 2003. Su valor promedio en el tiempo de estudio fue 5601 org/ml. En superficie, *Microcystis sp.* presentó máximos de abundancia de 2792 org/ml y 2758 org/ml, en marzo y agosto del 2003, respectivamente; y un mínimo de 295 org/ml en febrero del mismo año. La abundancia promedio durante el período de estudio fue 1501 org/ml. Los valores máximos de *Microcystis sp.* límite zona eufótica fueron 1716 org/ml

y 1245 org/ml en marzo y agosto 2003, meses estos en donde también se registraron los máximos valores de *Microcystis* superficie, al igual que el mes de febrero el cual registró el mínimo de 145 org/ml para *Microcystis* sp, limite zona eufótica. En mayo 2003, la abundancia de superficie fue levemente menor que la de limite zona eufótica. El valor promedio para *Microcystis* sp, fue de 943,7 org/ml.

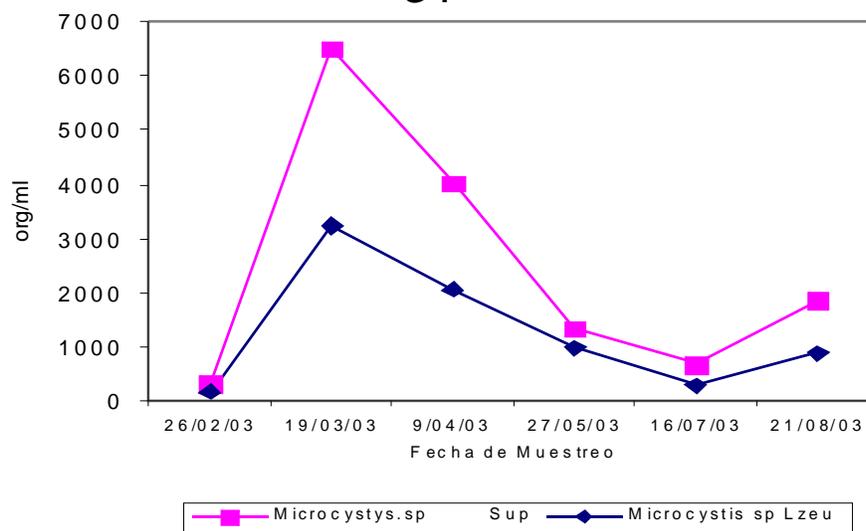
<b>Anabaena sp</b> (Figura 14: A y B)
---------------------------------------

En esta estación, *Anabaena* sp, alcanzó los valores de abundancia de la capa eufótica integrada más altos en comparación con las estaciones anteriores los cuales fueron, 370 org/ml y 774 org/ml (22% y 47% de abundancia) en mayo y agosto del 2003, respectivamente; meses en cuales se presentaron los máximos de abundancia en las tres estaciones (G1, G2 y G3). El mes de julio registró el mínimo de 67 org/ml (4% de abundancia). El valor promedio del período de estudio para la capa eufótica integrada fue 279,2 org/ml. En superficie, *Anabaena* sp, presentó máximos de abundancia de 303 org/ml y 201 org/ml en febrero y agosto de 2003, respectivamente; y un valor mínimo de 6 org/ml en julio del mismo año. El valor promedio del período de estudio para *Anabaena* sp, superficie fue de 118,7 org/ml. En los meses de marzo y abril de 2003 se presentaron los máximos de abundancia para el límite de zona eufótica de 101 org/ml, respectivamente; y un mínimo valor de 6 org/ml en febrero de 2003. El valor promedio para límite zona eufótica, durante el período de estudio fue de 57,2 org/ml. Los meses de marzo y julio de 2003, presentaron mayor abundancia para *Anabaena* sp, en el límite zona eufótica y en el mes de mayo 2003, la abundancia fue igual tanto para superficie como para límite zona eufótica.



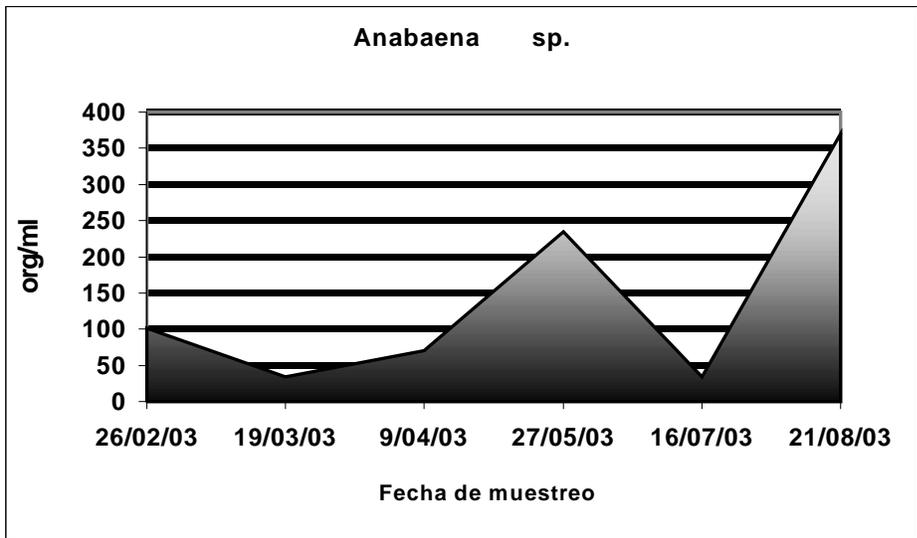
B

G 1

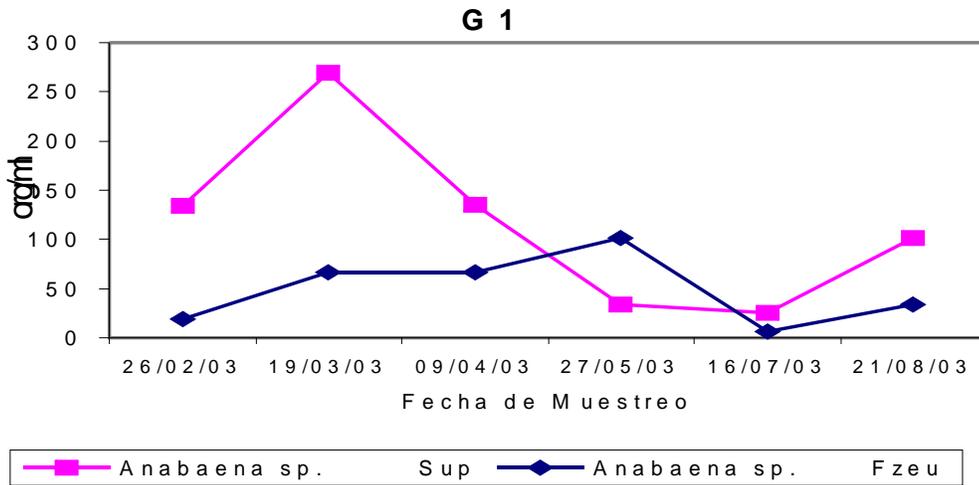


**Figura 9:** Variación temporal (febrero 2003 a agosto 2003) de la abundancia de *Microcystis* sp, Estación G1. A: presenta la variación temporal en org/ml de *Microcystis* sp en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia temporal de *Microcystis* sup. Y *Microcystis* Lzeu.

A

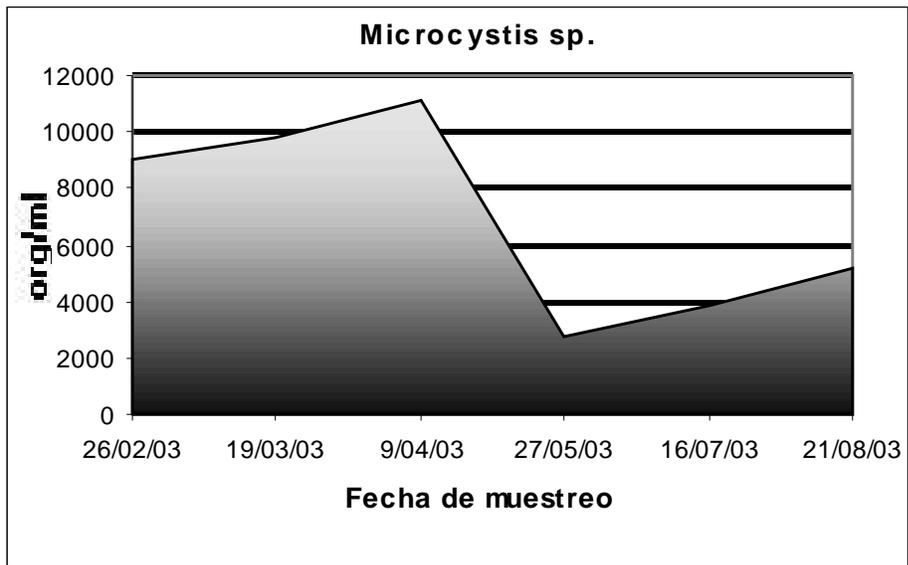


B

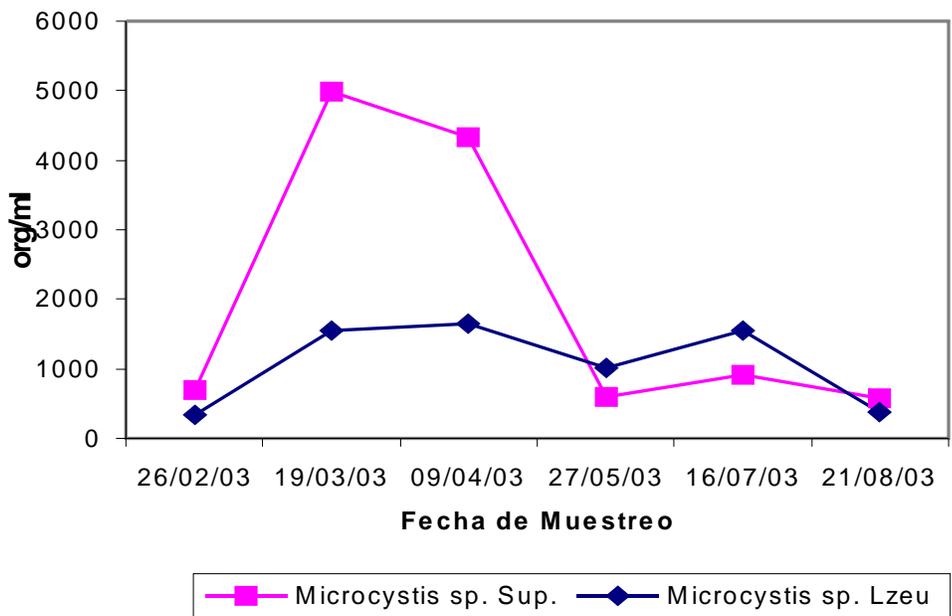


**Figura 10:** Variación temporal (febrero 2003 a agosto 2003) de la abundancia de *Anabaena sp*, en la *Estación G1*. A: presenta la variación temporal en org/ml de *Anabaena sp* en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia temporal de *Anabaena sp sup.* y *Anabaena Lzeu.*

A

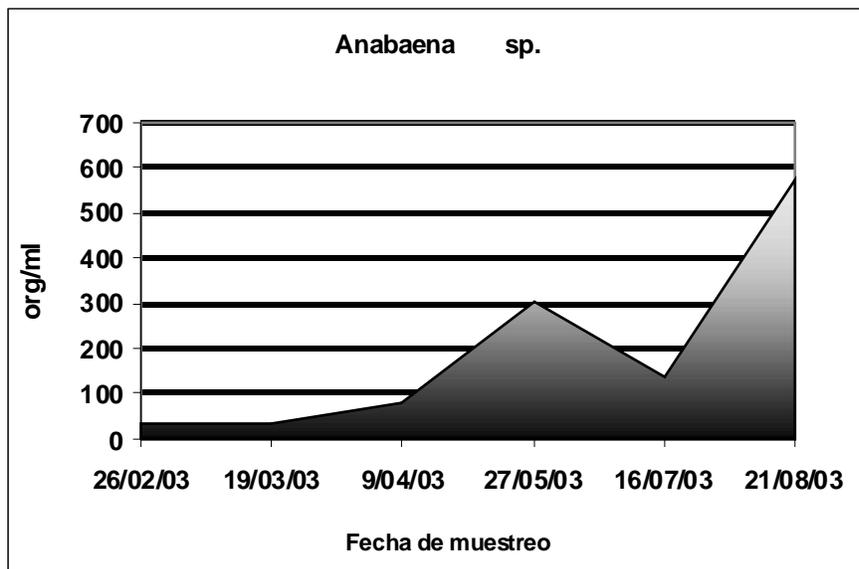


B

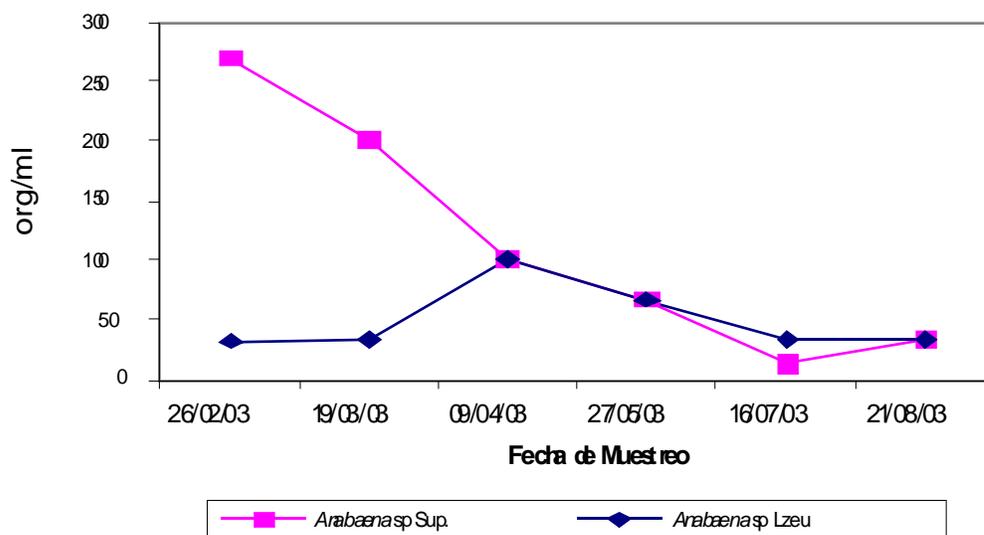


**Figura 11:** Variación temporal (febrero 2003 a agosto 2003) de la abundancia de *Microcystis* sp, Estación G2. A: presenta la variación temporal en org/ml de *Microcystis* sp en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia temporal de *Microcystis* sup. Y *Microcystis* Lzeu.

A

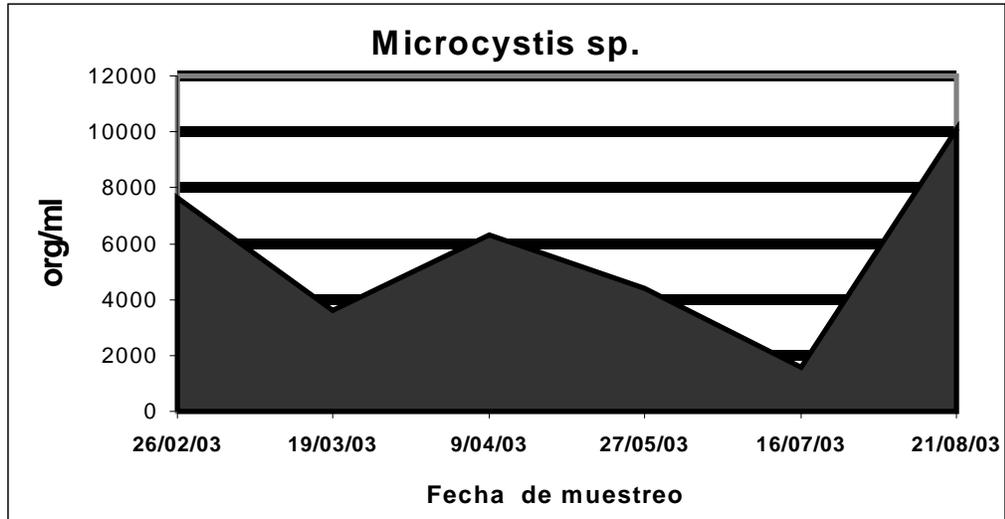


B

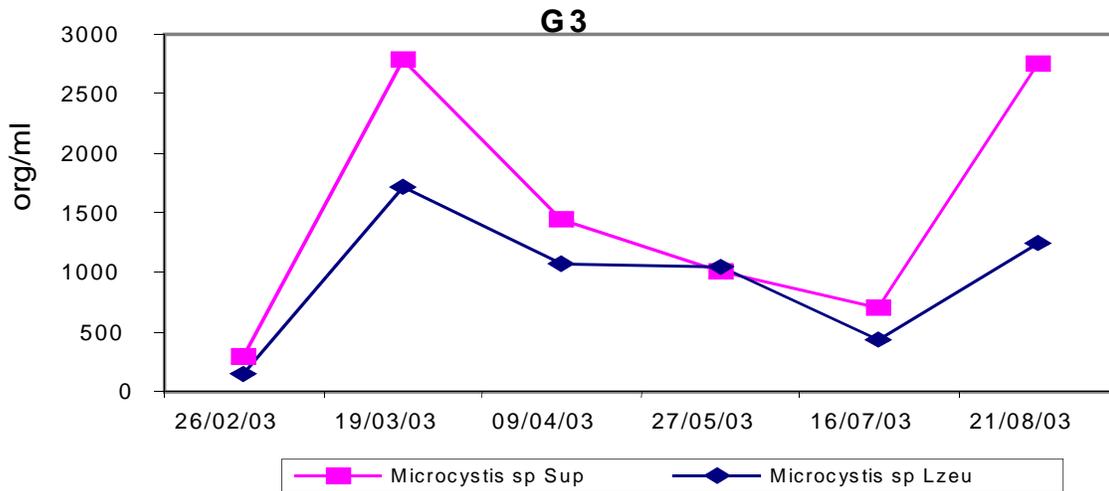


**Figura 12:** Variación temporal (febrero 2003 a agosto 2003) de la abundancia de *Anabaena* sp, en la Estación G2. A: presenta la variación temporal en org/ml de *Anabaena* sp en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia temporal de *Anabaena* sup. Y *Anabaena* Lzeu.

A

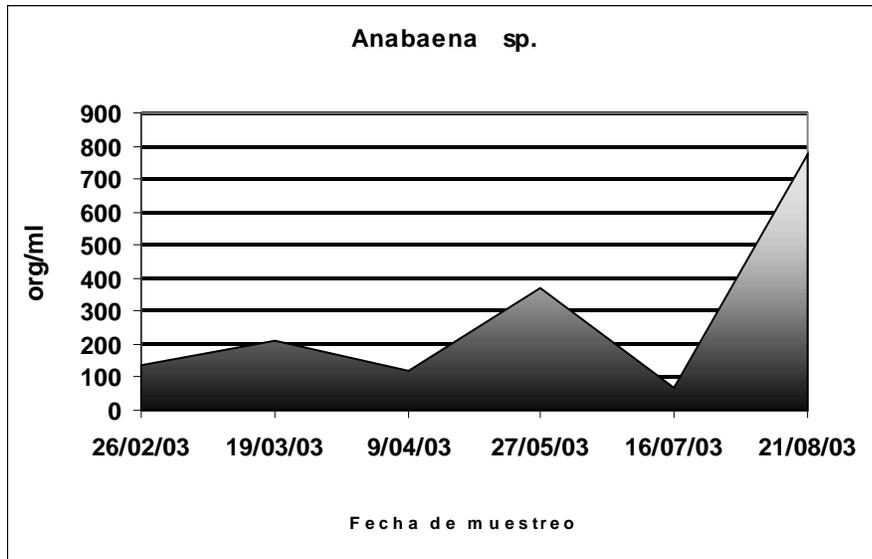


B

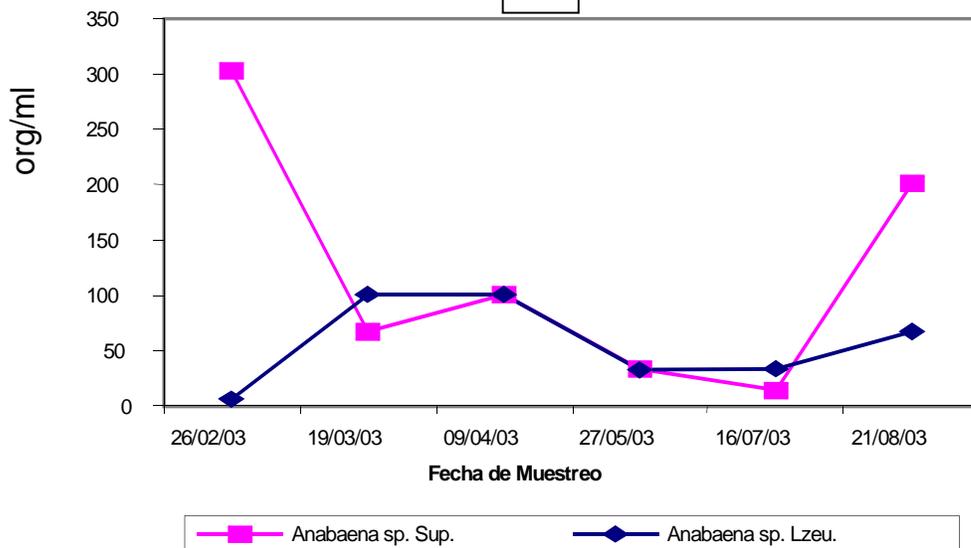


**Figura 13:** Variación temporal (febrero 2003 a agosto 2003) de la abundancia de *Microcystis* sp. Estación G3. A: presenta la variación temporal en org/ml de *Microcystis* sp en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia temporal de *Microcystis* sup. Y *Microcystis* Lzeu.

A



B



**Figura 14:** Variación temporal (febrero 2003 a agosto 2003) de la abundancia de *Anabaena sp.*, en la *Estación G3*. A: presenta la variación temporal en org/ml de *Anabaena sp.* en la capa eufótica integrada. B: la variación de la abundancia temporal de *Anabaena Sup.* Y *Anabaena Lzeu.*

## **Resultados de la composición del ensamble zooplanctónico observado en las tres estaciones (G1, G2 y G3) del brazo (A°) Gualeguaycito del Embalse de Salto Grande.**

La composición de la comunidad zooplanctónica se caracterizó por la presencia en el Reino Protista de Protozoa, Rotífera, además de larvas *nauplii* y microcrustáceos de los grupos Cladocera y Copepodos de los órdenes Calanoida y Ciclopoida.

Los grupos identificados al principio del período de estudio (febrero y marzo del 2003) fueron organismos pertenecientes al microzooplancton, muy pequeños pero con un marcado movimiento errático, a los cuales se los agrupó en el Orden de los Ciliados. El grupo Rotífera estuvo representado por el género *Keratella* sp, quien junto a los Ciliados, fueron los organismos zooplanctónicos que se observaron cuando la abundancia fitoplanctónica alcanzó sus máximos valores (ver anexos).

A partir del mes de abril y mayo de 2003, se observó una codominancia entre el microzooplancton y crustáceos. En la estación G1 en todas las estaciones y G3 (se observaron Copepodos, *Nauplius* y al rotífero *Keratella* sp). Los Copepodos fueron quienes más abundaron en la estación G1 (área de confluencias de Iso brazos) y *Nauplius* lo hizo en la estación G3 (centro del brazo Gualeguaycito Chico). En la estación G2 (Cabecera del Brazo (A°) Gualeguaycito Grande), los rotíferos presentaron la mayor abundancia de organismos representado por los géneros *Trichocerca* sp y *Conochilus* sp, este último género con una significativa abundancia en esta estación. Se observó la presencia de organismos de gran desarrollo pertenecientes al género *Vorticella* sp. No se observó a *Keratella* sp, en G2 en el mes de abril.

En julio del 2003 se observó al Protozoo tecado *Diffugia* sp en las estaciones G1 y G3, con una marcada presencia.

En agosto, la comunidad zooplanctónica en las tres estaciones estuvo dominada por *Keratella* sp, por Ciliados no determinados y por larvas *Nauplii* (Anexos).

**Resultados de la zooplanctónico observado composición del ensamble en las tres estaciones (G1, G2 y G3) del brazo (A°) Gualeguaycito Embalse de Salto Grande.**

**Phylum Rotifera**  
**Clase Monogononta**

**Orden Ploima**

**Familia:**

**Brachionidae**

*Keratella cochlearis*

*Keratella sp*

**Trichocercidae**

*Trichocerca sp.*

**Orden Flosculariacea**

**Familia:**

**Conochilidae**

*Conochilus unicornis.* (Rroousselet 189)

*Conochilus sp.*

**Phylum Artropoda**

**Clase Crustacea**

**Orden Cladocera**

**Suborden Calyptomera**

**Familias:**

**Daphnidae**

*Ceriodaphnia sp.*

**Moinidae**

*Moina sp.*

**Bosminidae**

*Bosmina sp.*

**Orden Copepoda**

**Suborden Calanoida**

**Familia:**

**Diaptomidae** NI

**Copepoditos**

**Suborden Cyclopoida**

**Familia**

**Cyclopoide** NI

**Nauplius**

**Phylum Protozoa**

**Protozoo Tecado**

*Diffflugia sp*

**Orden Ciliados**

*Vorticella sp<sub>1</sub>*

*Vorticella sp<sub>2</sub>*

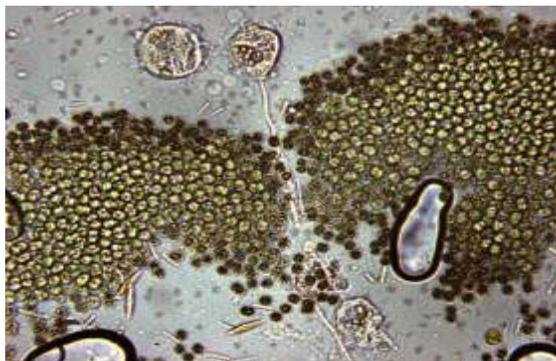
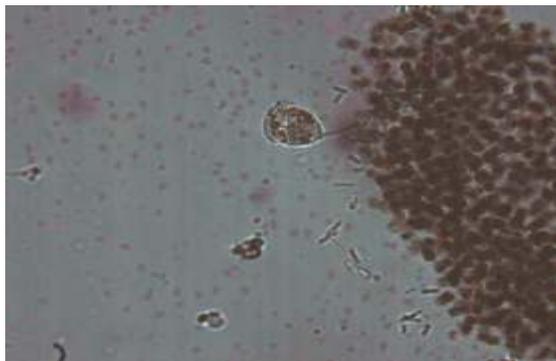
## Observaciones Zooplanctónicas

El zooplancton encontrado en el brazo (A°) Gualeguaycito, estuvo caracterizado por la presencia de Rotífera y microcrustáceos como los organismos mejor representados. Los rotíferos fueron dómiantes durante los meses de mayor aporte y de densidades algales (febrero y marzo 2003) suponiendo esto debido a su condición de estrategias *r* y por ser organismos más competitivos bajo condiciones de elevado flujo (Nogueira, 2001). Durante estos meses, estos organismos encontrarían las condiciones adecuadas para incrementar sus poblaciones por las elevadas temperaturas y la disponibilidad de alimento (Chalar *et al*, 2002).

En abril y mayo de 2003, aparecieron los microcrustáceos. Se registró una disminución de los aportes y una elevada cota, lo que se traduciría en una leve estabilidad del medio, que favorece el desarrollo de estrategias *k* (crustáceos). Este grupo dominó en las estaciones G1 y G3, a través de copepodos y nauplius, respectivamente. Los rotíferos dominaron en la estación G2 y tuvieron un incremento en el número de especies. Aparecieron los géneros, *Trichocerca* sp, y *Conochilus* sp, este último con una gran densidad. Además se observó la presencia de organismos de gran desarrollo pertenecientes probablemente al género *Vorticella* sp.

En los meses de julio y agosto 2003, se observó una reducción de la densidad de crustáceos. Los rotíferos estuvieron representados por *Keratella* sp y los Ciliados por organismos del género *Vorticella* sp, en las tres estaciones.

Estudios previos mencionan a la dominancia de Rotífera, como posible indicador de un estado eutrófico en el embalse debido a su amplio espectro de alimentación (algas, detritus y bacterias), y composición de especies oportunistas (Pejler, 1983; Matsumara-Tundisi *et al*, 1990). La utilización de asociaciones de rotíferos como indicadores de eutrofización fue propuesta para el embalse Salto Grande por Chalar *et al*. (1993). En el período 2000-2002 (Chalar *et al*, 2002) se registró la supuesta asociación *Conochilus unicornis*: *Keratella cochlearis*, como característica de ambiente eutrofizado. Durante el presente trabajo se registraron estas especies, pero no de manera asociativa. El género *Vorticella* sp, se presentó muy ligado a las colonias de *Microcystis aeruginosa* (figura n° 15). Esto haría pensar supuestamente en ampliar el estudio de esta asociación, para observar si sería posible utilizar especies de *Vorticella* sp, como indicadores de eutrofización en dicho sistema.



**Figura 15.** Asociación de especies de *Vorticella* sp, junto a colonias de *Microcystis aeruginosa* a lo largo del periodo de estudio (febrero-agosto de 2003), en el Brazo (A°) Gualeguaycito.  
( fotografías propias del autor).

## DISCUSION

### Composición

La comunidad fitoplanctónica del Brazo (A°) Gualeguaycito estuvo representada básicamente por Cyanophyta, como el grupo cuantitativamente dominante, y los grupos Bacillariophyta y Chlorophyta presentes en menor proporción. En todos los muestreos realizados *Microcystis aeruginosa*, fue dominante. Llegó a formar durante el período conformado entre los meses de febrero-abril y agosto de 2003, verdaderas floraciones; acompañados, aunque en menor densidad por *Anabaena* sp. Este género presentó una variación morfológica, específicamente *Anabaena circinalis* y *A. spiroides*. *A. circinalis* con formas pequeñas (filamentos con pocas células) se presentó con más frecuencia cuando se produjeron las floraciones algales, pero a medida que estas disminuían en intensidad, fue acompañada por *A. spiroides* la cual tuvo un aumento en el desarrollo de sus filamentos (más largos y espiralados) y células de mayor diámetro, superando en cantidad, al finalizar el período de estudio a *A. circinalis*, quién también presentó un mayor desarrollo morfológico. Ambas especies, no presentaron *heterocistes* durante todo el período de estudio (febrero-agosto 2003), esto podría deberse a que el ambiente de estudio se encontraría rico en nutrientes con nitrógeno (Prosperi, 1999). Se observó también un aumento en la concentración de individuos a medida que pasaba el período de muestreo, a excepción del mes de julio 2003 donde se observó un mínimo fitoplanctónico. Las Diatomeas se presentaron ocasionalmente, representadas por especies del género *Aulacoseira*, a lo largo del período de estudio. Se observó sustitución de formas: pequeñas (filamentos cortos) al principio de los muestreos y cada vez mayores (filamentos largos) a medida que transcurría el tiempo de estudio, posiblemente debido a un cambio en las condiciones ambientales, en particular en la disminución de la concentración de los nutrientes más importantes, como el SiO<sub>2</sub> y PO<sub>4</sub> (De León H, 2000).

Las *Cianofitas*, consideradas como estrategas-S (limitados por nutrientes), según Reynolds (1988, 1997) se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían notablemente de las relaciones habituales. Todo cambio en la relación entre nitrógeno y fósforo acaba manifestándose en un avance o un retroceso en el desarrollo de las *Cianofitas* (Margaleff, 1983). La ventaja competitiva de las *Cianofitas* por su capacidad de almacenar fósforo, favorecería su crecimiento sobre otras especies, cuando la concentración

Del nutriente fuese indetectable (Pearl, 1988; Sommer, 1988) (ver anexos).

La composición fitoplanctónica del brazo (A°) Gualeguaycito registrada a través del presente trabajo básicamente fue similar a la registrada en los períodos: -1982 (Quiros & Lucchini), 1992-93 (Chalar *et al*, 1998; De León H, 2000) y 2000-2002 (Chalar *et al*, 2002), destacándose la ausencia de: *Raphidiopsis mediterránea* y *Radiocystis fernandoy*, señaladas como especies dominantes y mejor representada, respectivamente y la presencia de *Chlorella vulgaris*, no registrada en los trabajos anteriores. Dicha especie fue reemplazada en agosto del 2003 por *Chlamydomona sp*, que se observó por primera vez en este mes.

### **Abundancia y biomasa.**

Durante el período de estudio las especies dominantes (*Microcystis sp* y *Anabaeana sp*), presentaron una variación en su abundancia, registrada en dos períodos (Figuras 19 y 20). El primero comprendió los meses Febrero-marzo-abril 2003. Se registraron los máximos aportes y cota promedio, los valores de T° y pH más altos y una leve estratificación. *Microcystis sp*, presentó un 64,4 % de abundancia total, con un máximo valor promedio de densidad, 8122 org/ml. El desarrollo de floraciones estuvo en las tres estaciones de muestreo, con las colonias de *Microcystis aeruginosa*, fácilmente identificables, en estadios o fases de crecimiento múltiples; convivencia de fases y predominio de las fases de crecimiento inicial (Ib, Vb), exponencial (VI, Va) y estacionario (III) (Reynolds *et al*, 1981) (anexos), coincidiendo con algunos de los estadios observados en el período de estudio 2000-2002 (Chalar *et al*, 2002). Los valores de concentración de *clorofila a*, acompañaron las variaciones de abundancia de *Microcystis sp*. Estos representaron el 82,1% de la concentración total registrada. Se observó una correlación Directa en toda el área de estudio. En las estaciones G1 y G3 ( $r= 0,79$ ,  $r= 0,61$ , respectivamente) la correlación fue de Regular a Buena y en G2 ( $r= 0,48$ ) fue regular.

No obstante, en la estación G2 se observó en el mes de marzo una concentración de 8,3 ug/lit, en comparación a la del mes de febrero de 97,5 ug/lit, siendo este el valor máximo en todo el período de estudio. Las *Cianofitas* que forman floraciones superficiales visibles tienen una gran tolerancia a las altas intensidades de luz (Chorus & Bartram, 1999). Paerl *et al*, (1983) relaciona esto con un incremento en la producción de carotenoides los cuales

protegen las células de la fotoinhibición. Estas propiedades de las *Cianofitas* les permiten crecer a intensidades de luz baja y el capturar ciertas cualidades de luz específicas les permite crecer a la “sombra” de otros organismos del fitoplancton (Chorus & Bartram, 1999). Esto podría explicar el bajo valor de clorofila a registrado en marzo, a pesar del aumento en la densidad de org/ml que se registró en este mes. Una densidad de fitoplancton elevada provoca una turbidez elevada que se corroboraría con el bajo valor de Secchi en ese mes=0,30 o 0,40 y poca luz, por lo tanto las *Cianofitas* son el grupo de organismos que mejor pueden crecer en estas condiciones (Chorus & Bartram, 1999).

*Anabaena* sp, en el primer período, presentó un comportamiento inverso al descrito para *Microcystis* sp. Registró la menor abundancia promedio; 90 org/ml; y un 23,76% de abundancia total. Presentó una correlación Inversa con la concentración de clorofila a. En las estaciones G1 y G2 la correlación fue Regular ( $r = -0,50$ ,  $r = -0,46$ , respectivamente) y sin relación real en la estación G3.

El segundo período comprendió los meses de mayo, julio y agosto 2003. Durante el mismo, los aportes y la cota disminuyeron hasta un mínimo, como también los valores de T° y pH. La abundancia de *Microcystis* sp solo presentó, un 35,6 % de la abundancia total. Las fases de crecimiento, de senescencia (Ia), estacionaria (III) y exponencial (VI, Va) predominaron y también, aunque en menor medida, las fases de crecimiento de declinación (II). La concentración de clorofila a registró un 17,9% de la concentración total.

La abundancia de *Anabaena* sp, mostró un crecimiento marcado en este período con una abundancia promedio de 291 org/ml y un 76,26% de abundancia total. Este aumento puede estar relacionado, a la condición hidrodinámica imperante en este período. Los filamentos de *Anabaena* sp, cambiarían lentamente de posición vertical, opuestamente a las colonias de *Microcystis* sp de gran tamaño, que al poseer vesículas de gas les permitiría migrar rápidamente en la columna de agua, por ende, adaptarse a las masas de agua turbulentas en las que deben volver a la zona eufótica durante los períodos de tranquilidad, mientras que las especies con filamentos aislados se adaptan a masas estables de agua en las que permanecen en capas bien definidas (Darley WM, 1987). Así, cuando las condiciones hidrodinámicas se presentaron más inestables (primer período), las colonias de las especies de *Microcystis* fueron las dominantes. Pero al presentarse un medio más estable (segundo período), el incremento de la densidad de *Anabaena* sp fue mayor (figuras 2 y 3) .

A partir de mayo, en la estación G2 y julio para las estaciones G1 y G3, se registraron los mínimos de la abundancia total (*Microcystis* sp + *Anabaena* sp), que coincidió con los valores de temperatura y de pH, más bajos. (figura 3)

Las abundancias de *Microcystis* sp, como de *Anabaena* sp, pertenecientes al límite de la capa eufótica presentaron de manera más frecuentes en este segundo período valores superiores a las abundancias de superficie en las estaciones G2 y G3 (figuras 9B-14B).

Al final del período de estudio (agosto 2003) se observaron florecimientos, aunque no con la magnitud que se observó al inicio del presente trabajo (febrero 2003).

Con el objetivo de analizar la distribución de las observaciones (estaciones y los meses) con relación a las variables biológicas, físicas y químicas se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Dicho análisis aplicado a las variables (Tabla 6 y figura 16 y 17), permitió reducir la información a dos componentes que explicaron el 61,3% de la varianza total. El primer componente explicó el 47.7% de la variación total y las variables (biológicas) que proporcionaron mayor información fueron: *Microcystis* sp, en la capa eufótica integrada (**Mint**), *Microcystis* sp, en superficie (**Msup**), *Anabaena* sp, superficie (**Asup**) y *Anabaena* sp, en la capa eufótica integrada (**Aint**). Las variables físicas y químicas más relacionadas fueron: la concentración de clorofila *a* en superficie (**Clas**), los valores de temperatura en superficie, 1m, 2m y 3m de profundidad (**Tsup**, **T1m**, **T2m** y **T3m**), el aporte (**Qe**), la **Cota**, la conductividad (**Cond**), la transparencia del agua (**Sh<sub>0</sub>**), el **pH**, la concentración de feofitina *a*, superficie (**Feos**) y límite de la capa eufótica (**Feol**) y los valores de oxígeno disuelto en 1m, 2m y 3m de profundidad (**OD1m**, **OD2m** y **OD3m**).

Así, hacia el extremo positivo se ubicaron los muestreos correspondientes a febrero, marzo y abril en las tres estaciones de estudio (G1, G2 y G3). El muestreo de febrero se caracterizó por presentar la mayor temperatura y pH. La mayor concentración de clorofila *a* superficie, elevada densidad de *Microcystis* sp de la capa eufótica integrada y de *Anabaena* sp superficie.

En marzo las estaciones G1 y G2 presentaron similares características al mes de febrero, con respecto a las variables antes mencionadas. La estación G3 en marzo, se comportó diferente al resto de los muestreos, posiblemente debido a que registró valores inversos de las variables, con respecto a las estaciones G1 y G2 y particularmente, registró una mayor densidad de *Anabaena* límite de la capa eufótica. En este mes los aportes y la cota tuvieron los valores promedios más altos.

El muestreo de abril comparte con el de marzo, el registro de las máximas densidades de *Microcystis* sp superficie y *Microcystis* sp límite de la capa eufótica en las estaciones G1, G2 y G3.

Hacia el extremo negativo, se situaron los muestreos correspondientes a los meses de mayo, julio y agosto, en las tres estaciones (G1, G2 y G3). El muestreo de julio se distinguió por presentar los mínimos valores de densidad de las especies de *Microcystis* y *Anabaena*, específicamente los registrados por *Anabaena* sp de la capa eufótica integrada.

El muestreo de agosto se caracterizó principalmente por presentar los mayores valores de oxígeno disuelto a los 2 y 3m de profundidad y los máximos valores de conductividad.

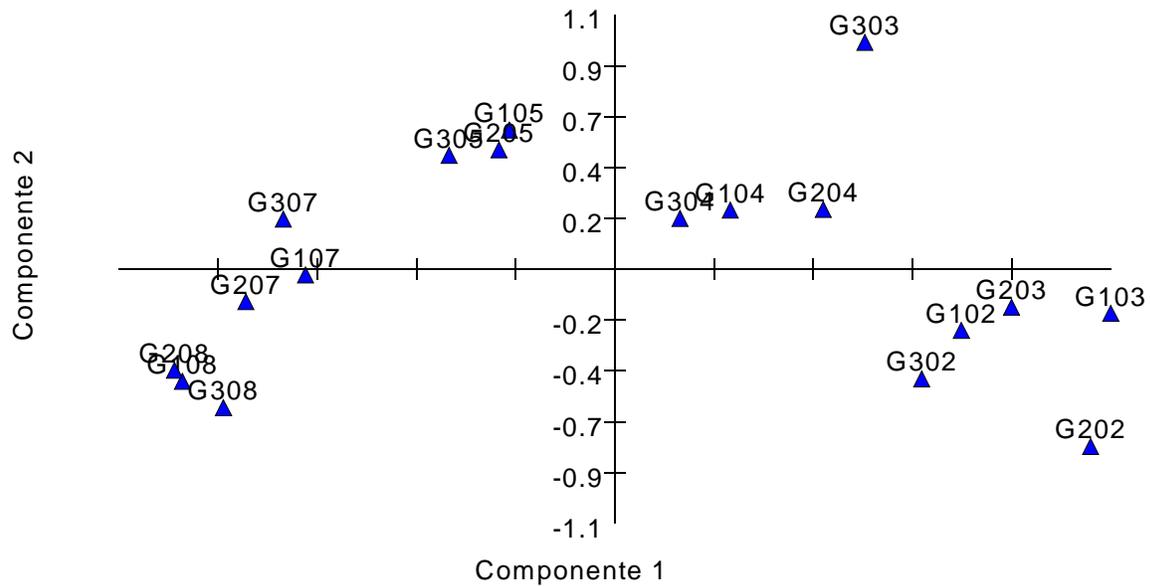
El componente 2 explicó el 13,6 % de la variación total y las variables biológicas más importantes fueron: *Microcystis* sp, en la capa eufótica integrada (**Mint**), *Microcystis* sp límite de la capa eufótica (**Mleu**), *Anabaena* sp, superficie (**Asup**), *Anabaena* sp, límite de la capa eufótica (**Aleu**) y las variables físicas y químicas fueron: concentración de clorofila *a* en superficie (**Clas**), concentración de clorofila *a* en límite de capa eufótica (**Clal**), concentración de feofitina *a*, superficie (**Feos**) y límite de la capa eufótica (**Feol**), oxígeno disuelto en superficie (**ODsup**), los valores de oxígeno disuelto en 1m, 2m y 3m de profundidad (**OD1m**, **OD2m** y **OD3m**), **pH**, Transparencia del agua (**Sh<sub>20</sub>**), conductividad (**Cond**), aporte (**Qe**) y **cota**.

*Microcystis* sp límite de la capa eufótica (**Mleu**), *Anabaena* sp, límite de la capa eufótica (**Aleu**), concentración de clorofila *a* en límite de capa eufótica (**Clal**) y oxígeno disuelto en superficie (**ODsup**), son las únicas variables que no tuvieron relación con el componente 1. El componente 2, no presentó relación con las variables: *Microcystis* sp, en superficie (**Msup**), *Anabaena* sp, en la capa eufótica integrada (**Aint**) y La temperatura de superficie, 1, 2 y 3m de profundidad.

**Tabla 6: Análisis de los componentes principales**

	<b>Componente 1</b>	<b>Componente 2</b>
<b>Autovalores</b>	9,592	3,921
<b>Porcentajes</b>	47,706	13,616
<b>Porcentaje acumulado</b>	47,706	61,122

**Figura 16: Análisis de los componentes principales (casos).**



**Referencias:**

G102  
G202 = Muestreo de **febrero** en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3).  
G302

G103  
G203 = Muestreo de **marzo** en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3).  
G303

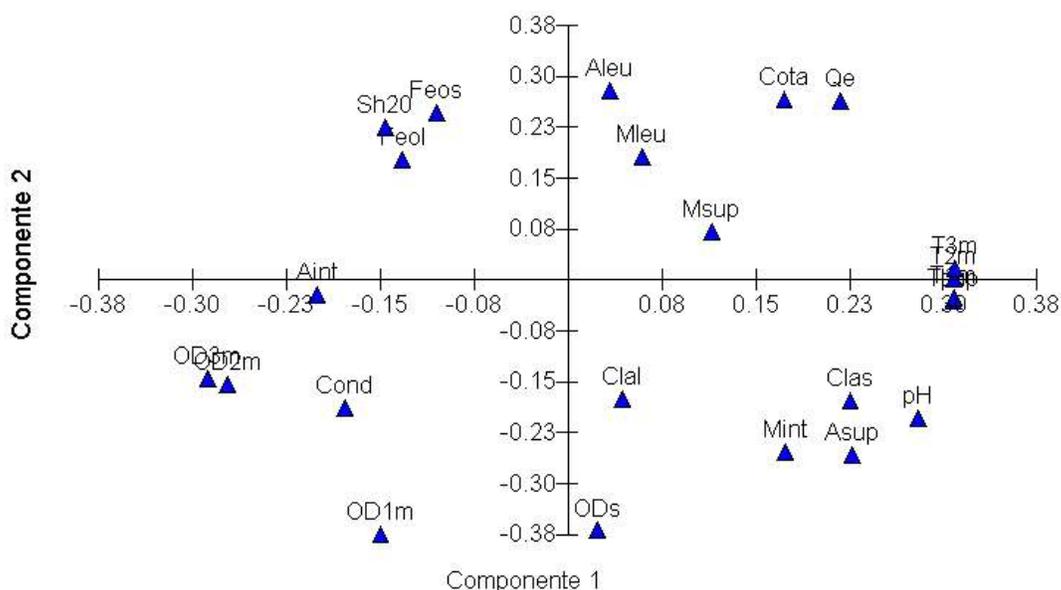
G104  
G204 = Muestreo de **abril** en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3).  
G304

G105  
G205 = Muestreo de **mayo** en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3).  
G305

G107  
G207 = Muestreo de **julio** en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3).  
G307

G108  
G208 = Muestreo de **agosto** en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3).  
G308

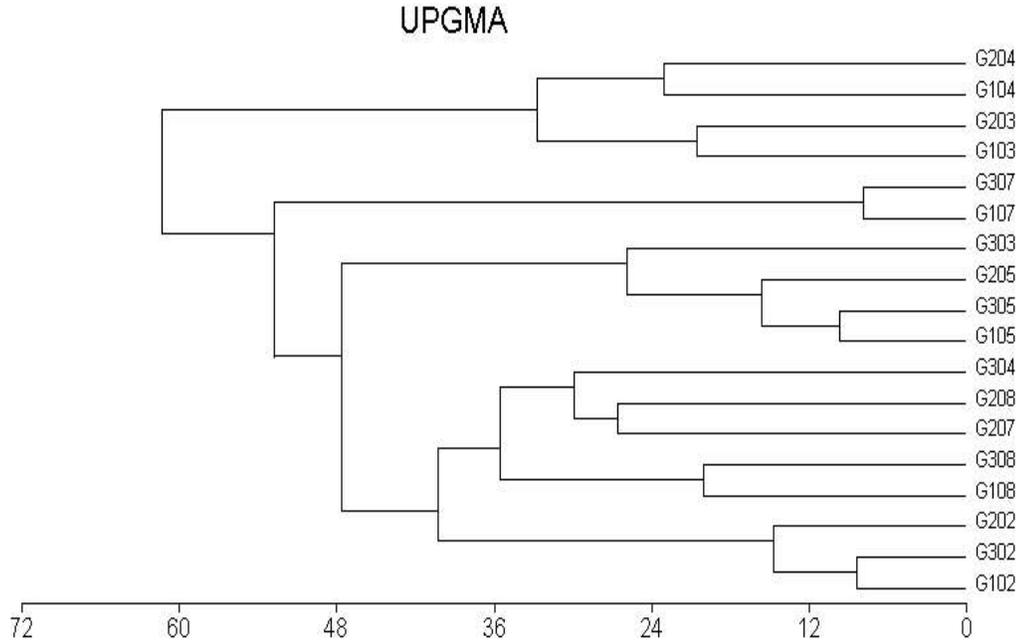
**Figura 17: Análisis de los Componentes Principales (variables).**



**Referencias:**

- Mint: Microcystis spp, capa eufótica integrada
- Msup: Microcystis spp, superficie
- Mleu: Microcystis spp, límite capa eufótica integrada
- Aint: Anabaena spp, capa eufótica integrada
- Asup: Anabaena spp, superficie
- Aleu: Anabaena spp, límite capa eufótica integrada
- Clas: Concentración de clorofila a, en superficie
- Clal: Concentración de clorofila a, en límite de capa eufótica integrada
- Feos: Concentración de feofitina a, en superficie
- Feol: Concentración de feofitina a, en límite capa eufótica integrada
- Tsup: valor de temperatura en superficie
- T1m: valor de temperatura a 1 m de profundidad
- T2m: valor de temperatura a 2m de profundidad
- T3m: valor de temperatura a 3m de profundidad
- ODs: valor de oxígeno disuelto en superficie
- OD1m: valor de oxígeno disuelto a 1 m de profundidad
- OD2m: valor de oxígeno disuelto a 2 m de profundidad
- OD3m: valor de oxígeno disuelto a 3 m de profundidad
- pH

**Figura 18: Dendrograma- (Euclidiano- datos transformados a raíz cuadrada).**



**Referencias:**

- G102
- G202 = Muestreo de febrero en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3).
- G302
  
- G103
- G203 = Muestreo de marzo en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3).
- G303
  
- G104
- G204 = Muestreo de abril en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3)
- G304
  
- G105
- G205 = Muestreo de mayo en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3)
- G305
  
- G107
- G207 = Muestreo de julio en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3)
- G307
  
- G108
- G208 = Muestreo de agosto en las estaciones de estudio (G1, G2 y G3)
- G308

Del Análisis de agrupamiento entre los meses y las estaciones, obtenido de la aplicación del índice de distancia Euclidiana, sobre la base de la cuantificación de las variables (biológicas) y las variables (físicas y químicas) del presente trabajo, se permite delimitar 3 grupos (Figura 18).

El grupo **(A)**, formado por los muestreos de marzo y abril en las estaciones G1 y G2, que se unen a un nivel de disimilitud de 32,74%. Esto se puede deber a que en estos meses se registraron los máximos valores de abundancia para las especies de *Microcystis*, manifestándose verdaderos florecimientos. Los Aportes y la Cota fueron máximos y la T° y el pH elevados.

El grupo **(B)**, se formó con el muestreo de julio en las estaciones G1 y G3, con un bajo nivel de disimilitud 7,88%. La relación de estas estaciones en este mes puede deberse a que se observó la mínima densidad de las especies dominantes (*Microcystis* y *Anabaena*). La concentración de clorofila *a*, registró su más bajo valor y la T° y el pH presentaron valores muy bajos.

Los grupos **(A)** y **(B)**, se conformaron de acuerdo a valores extremos de las variables (biológicas, físicas y químicas). **(A)**: presentó los máximos en general y **(B)**, los valores mínimos. El resto de los muestreos formaron el grupo **(C)**, constituido por los meses y estaciones que registraron valores intermedios y equilibrados entre las variables de estudio, presentando una relación a un nivel de disimilitud del 48%.

En el grupo **(C)**, se observó una relación existente a niveles de disimilitud muy bajos, entre las estaciones G1 y G3, en los meses de febrero y mayo, con menos del 10% de disimilitud y en agosto con un 20%. Esto puede deberse a que dichas estaciones presentaron valores de las variables (físicas -químicas) muy similares. Es probable que el bajo nivel de disimilitud este asociado a la tipografía y a la cercanía entre estas estaciones. La estación G2, por otro lado, se registró más disímil con respecto a las estaciones G1 y G3. Esto se debería a que esta última estación se encuentra más alejada de las otras estaciones y presenta una morfometría diferente (figura 1a y 1b).

## Caudal de Aportes y Cota del Embalse

Según Berón *et al* (1990), un caudal menor a  $2000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  constituye un factor de riesgo para el desarrollo de floraciones de Cianobacterias en el embalse de Salto Grande. En el presente estudio, cuando las *Cianofitas* desarrollaron floraciones visibles en los meses de febrero-marzo-abril 2003, los caudales de ingreso y la Cota registraron valores superiores a  $5000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  y 35 m, respectivamente. Estos valores están por encima de los registrados en el período de estudio 2000-2002 (Chalar *et al*, 2002), exclusivamente los períodos de verano (diciembre a marzo). Se registraron máximos promedios de  $9349 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  y 36.27 m, en marzo y abril 2003, para el aporte y la cota respectivamente y mínimos de  $2415 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  y 33.9 m, en agosto del mismo año.

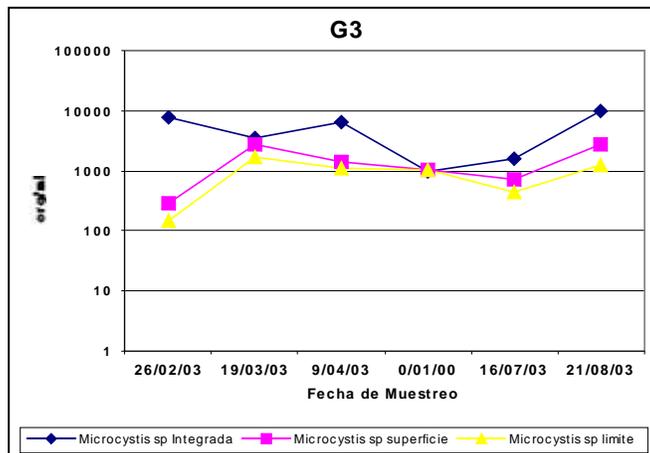
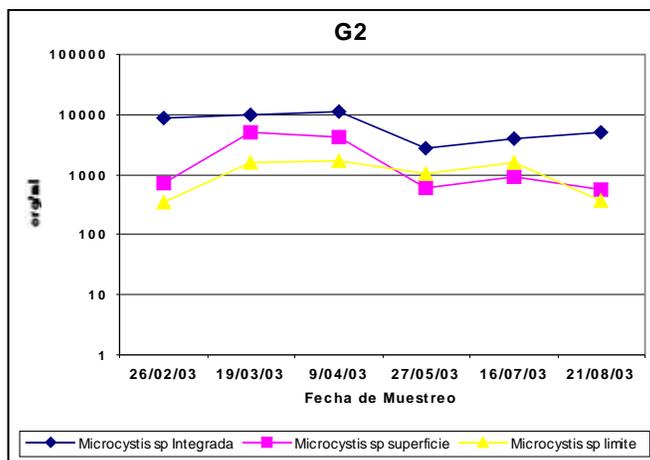
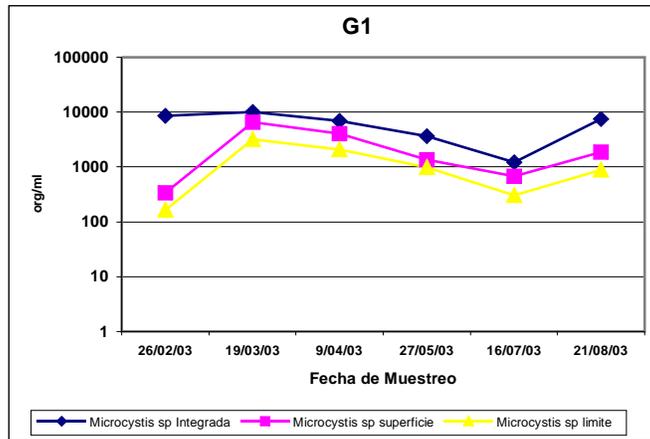
La abundancia de *Microcystis* sp, tuvo una correlación Directa Mala con los Aportes, en las estaciones G1 y G2 ( $r=0.34$  y  $r = 0.22$ , respectivamente), y una correlación Inversa Mala en la estación G3 ( $r = -0.35$ ). La correlación de la Cota, con la abundancia de *Microcystis* sp, no presentó una real relación en la estación G1. En la estación G2 hubo una correlación Directa Regular ( $r = 0.59$ ) y fue Inversa Mala en la estación G3 ( $r = -0.39$ ).

La relación entre la abundancia de *Anabaena* sp, y los Aportes registró una correlación Inversa Mala; para las estaciones G1, G3 y G2 ( $r = -0.29$ ,  $r = -0.25$  y  $r = -0.43$  respectivamente) y con la Cota tuvo una correlación Inversa Buena ( $r = -0.69$ ,  $r = -0.722$ ,  $r = -0.729$ , para G1, G2 y G3, respectivamente).

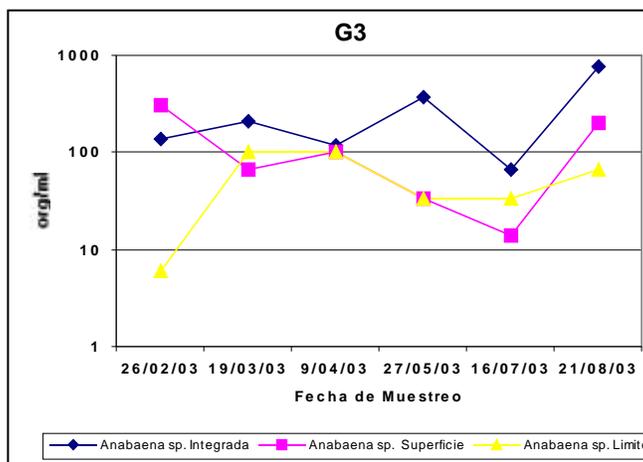
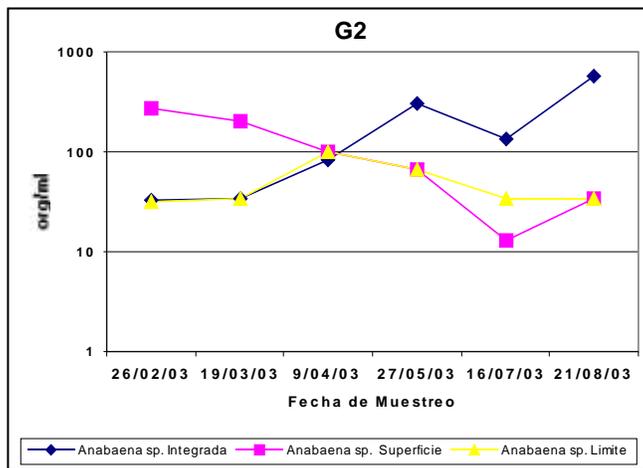
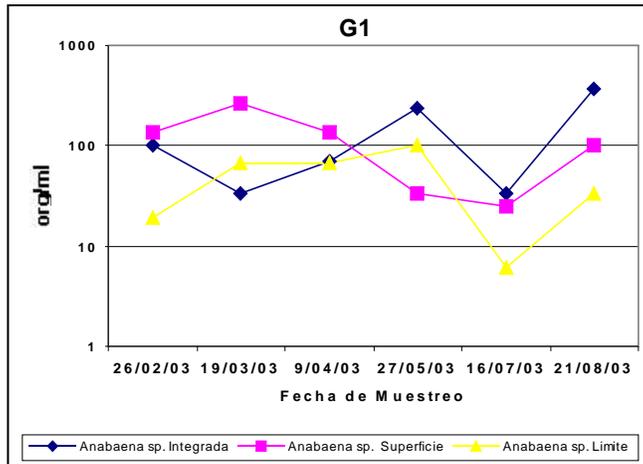
Analizando la distribución de los aportes medios durante el período de estudio, estos tuvieron una variabilidad que estableció una alternancia de los valores máximos de abundancia entre las estaciones G1, G2 y G3. Cuando los aportes fueron máximos, la estación con mayor abundancia fue G1, con caudales intermedios la estación fue G2, y para los aportes mínimos la estación con mayor abundancia fue G3. Así, teniendo en cuenta la heterogeneidad espacial del embalse, de que el brazo Gualeguaycito queda separado de este sistema, especialmente en verano (De León H, 2000) y la ubicación geográfica de las estaciones de estudio en este brazo, obligarían a pensar (según Otaegui, 1995) en considerar al caudal como la variable o factor principal de este sistema, cuya importancia radica en que:

- (a). es proporcional a su valor la carga de nutrientes (P y N) los que favorecen el desarrollo de algas. Y la carga de sólidos en suspensión que, por el contrario, disminuyen la transparencia del agua, inhibiendo el desarrollo algal;
- (b). a menor caudal mayor tiempo de residencia del agua lo cual favorece el desarrollo de algas.

Si bien los aportes son considerados como la variable o el factor principal de este sistema (embalse), el brazo (A°) Gualeguaycito, no mostró una correlación directa o inversa buena, entre los aportes y las concentraciones de algas. La estación G1, fue quien más relación mostró con los aportes, probablemente por su cercanía al cauce principal. Es la estación más profunda del área de estudio, y registró junto a la estación G3, los mayores valores de la transparencia del agua (figura2) La estación G3, es considerada como un bolsón con baja tasa de renovación, esto puede corroborarse con la poca o mala correlación que presentó con los aportes. Durante el período de estudio G3, mostró una estable productividad, la cual alcanzó un incremento máximo al final del período de estudio, coincidiendo con el mínimo registro del caudal de entrada. La estación G2, corresponde a la estación más alejada del cauce principal (figura 1a) y de acuerdo al análisis de agrupamiento (figura 18) realizado se pudo observar su mayor disimilitud con las estaciones G1 y G3, las cuales a su vez presentaron una disimilitud menor al 20%. La profundidad de G2 (figura 1b), es la menor del área de estudio, y fue donde se registró los valores más bajos de Secchi. No obstante, a pesar que G2 presentó una correlación directa Mala con los aportes, registró altas densidades durante la mayor parte del período de estudio, que obligarían a pensar que en ella, las *Cianofitas* se encuentran establecidas. Esto podría deberse a los aportes que recibiría G2, desde las tierras circundantes, ocupadas mayoritariamente por quintas de cultivos. Así, la poca profundidad que presenta esta estación posibilitaría una mayor resuspensión de los aportes antes mencionados (Chalar *et al*, 2002).



**Figura 19: Concentración de *Microcystis* sp, Integrada, Superficie y Límite inferior de la capa eufótica, durante el período de estudio febrero-agosto 2003.**



**Figura 20: Concentración de *Anabaena* sp, Integrada, Superficie y Límite inferior de la capa eufótica, durante el período de estudio febrero-agosto 2003.**

## CONCLUSIONES

En relación con los objetivos planteados en este estudio y sobre los resultados obtenidos y analizados, se ha observado que:

Durante los caudales de aportes máximos, la mayor abundancia de algas Cianofíticas se registró en la estación G1 (Área de confluencia de los brazos Gualeguaycito Grande y Chico).

Durante los caudales de aportes intermedios, la mayor abundancia se registró en la estación G2 (cabecera del brazo (A°) Gualeguaycito Grande).

Durante los caudales de aportes mínimos, la mayor abundancia de Cianofitas se registró en la estación G3 (centro del brazo (A°) Gualeguaycito Chico).

- En el brazo (A°) Gualeguaycito, *Microcystis aeruginosa*, dominó durante todo el período de estudio en las tres estaciones de muestreo, manifestando verdaderas floraciones. Las divisiones Bacillariophyta y Chlorophyta, se presentaron en menor proporción.

Se registró una marcada variación temporal de la abundancia, que fue mayor durante los meses más cálidos (febrero-marzo-abril 2003). La abundancia de *Microcystis sp* y *Anabaena sp*, fue relativamente mayor en la capa eufótica integrada, que en superficie y límite inferior de la capa eufótica. Lo cual permite interpretar que estas especies se distribuyen heterogéneamente en la misma.

La concentración de clorofila *a* registró valores, que de acuerdo a la clasificación trófica (Salas y Martino, 1990) corresponde a sistemas eutrófico y eutro-politrófico. Esta variable presentó mayor variación temporal que espacial y acompañó las variaciones de las abundancias, principalmente las de *Microcystis sp*.

Las variables físico-químicas presentaron una marcada variación temporal, determinada en dos períodos: febrero, marzo y abril, con máximos de temperatura, de pH, aportes y cota, predominando características de un ambiente más inestable. El otro, entre mayo, julio y agosto, con mínimos de temperatura, de pH, aportes y cota, predominando características de un ambiente más estable.

Las estaciones G1 y G3, tuvieron una mayor similitud en relación con las variables físico-químicas y las características morfométricas, en comparación a la estación G2.

La estación G2 constituye el área más favorable para el desarrollo de floraciones de *Cianofitas*.

Por lo tanto puede concluirse que en relación a las diferencias observadas en el desarrollo de las algas cianofíticas se cumple la hipótesis planteada en los siguientes términos:

No existiría una relación biunívoca entre el caudal de aporte y el desarrollo de algas cianofíticas, pareciendo tener también influencia las características geomorfológicas del lugar. A su vez, éstas parecen influir en la composición específica, por lo cual los factores hidrodinámicos y geomorfológicos tendrían un efecto combinado.

Sí se observa una relación directa entre el desarrollo de las algas cianofíticas y la temperatura, considerado ésta como variable estacional.

Por lo tanto los factores utilizados en el presente estudio como hipótesis, tienen utilidad como macro indicadores a los efectos de prever problemas de eutrofización, por lo que, a la hora de establecer un plan de monitoreo, deberían ser considerados como parte de los criterios de diseño del mismo.

## **Bibliografía:**

- ✎ A.P.H.A, 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA AWWAWPCF. Washington, 16th Edition, 1268 pp
- ✎ Berón, L. E.; Lee, F. 1984. Aplicación de un modelo de Eutrofización del Embalse de Salto Grande. AIDIS- XIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Chile.
- ✎ Beron, L. 1990. Features of the limnological behavior of Salto Grande's reservoir (Argentina-Uruguay). Ecological. Modelling. 52: 87:102.
- ✎ Castenholz, R.W. and Waterbury, J.B. 1989 In: J.T. Staley, M.P. Bryant, N.Pfennig and J.G. Holt [Eds] Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol. 3, Williams & Wilkins, Baltimore, 1710-1727.
- ✎ Chalar, G., De León, L., Clemente, J., Paradiso, M. y Brugnoli, E.-Período Setiembre 2000- Marzo 2002. Dinámica de la Eutrofización del Embalse de Salto Grande. Informe. Montevideo.
- ✎ Chalar, G. 1998. Sedimentação e fluxo vertical de nutrientes em dois reservatórios de distintos estados tróficos (Reservatórios de Broa e Barra Bonita-SP). Tesis de doctorado, Universidad de Sao Paulo, Escola de Engenharia de Sao Carlos. pp 1-143
- ✎ Chalar, G., De León, L.; de León R.; Fabián, D. & Gorga, J. 1993. Evaluación de la eutrofización del Embalse de Salto Grande. Análisis de las relaciones entre los parámetros físico-químicos y biológicos. Universidad de la Republica- Comisión Técnica Mixta de Salto Grande. Montevideo, 125p
- ✎ Chorus, I & Bartram, J. 1999.- Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and Management. WHO.E&FN Spon. London. 611 pp
- ✎ Conde, D., Gorga, J., De León, R., Clemente, J. 1996. Evaluación de la Eutrofización en el Embalse de Salto Grande. Convenio C.T.M./Salto Grande-Facultad de Ciencias/Secc. Limnología. Informe Final. Montevideo.
- ✎ Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (CTM-SG) 1982. Evaluación de resultados de la aplicación del Programa de Calidad de Aguas en el Período julio 1976-abril 1981.
- ✎ CTM-SG, 1986. Dpto. Ecología. Calidad de Aguas: Caracterización Limnológica del Embalse de Salto Grande. Mayo 1982-Mayo 1985.
- ✎ Darley, WM; 1987. Biología de las Algas. Enfoque fisiológico. Pag: 99. Editorial Limusa. Georgia.

- ✎ De León Hernández, M.L. 2000. Composición y Dinámica de la Comunidad Fitoplanctónica de un Embalse Subtropical (Salto Grande, Uruguay y Argentina). Tesis de Magister en Ciencias, Mención Botánica. Concepción/Chile.
- ✎ Falconer, I.R. and Yeung, S.K. 1992 Cytoskeletal changes in hepatocysts induced by *Microcystis* toxins and their relation to hyperphosphorylation of cell proteins. *Chem. Biol. Interact.*, 81, 181-196.
- ✎ Fastner, J., Neumann U. and Erhard, M. 1998. Patterns of different Microcystins in field samples dominated by different species of Cyanobacteria. In: I. Chorus [Eds] *Cyanotoxins Occurrence Effects Controlling. Factors.* Springer Verlag, (in Press).
- ✎ Fay, P. 1965 Heterotrophy and nitrogen fixation in *Chlorogloea fritschii*. *J. Gen. Microbiol.* 39, 11-20.
- ✎ Fitzgeorge, R.B., Clark, S.A. and Keevil, C.W. 1994 Routes of intoxication. In: G.A. Codd, T.M. Jefferies, C.W. Keevil and E. Potter. [Eds] *Detection Methods for Cyanobacterial Toxins.* The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, 69-74.
- ✎ Gons, H.J. 1977 On the light limited growth of *Scenedesmus protuberans* Fritsch. Thesis, University of Amsterdam.
- ✎ Hasle, F; 1978. Counting Phytoplankton. En: Sounia, A (ed), *Phytoplankton Manual.* Monographs Oceanographic methodology, 6: 88-96
- ✎ .Källqvist, T. 1981 Hidroecological field experiment 1981. Incubation of Natural Phytoplankton in Lake Gjersjoen. Norwegian Institute for Water Research, F-80402, Oslo, 21 pp
- ✎ Lopretto, E; Tell, G. 1995. Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodológicas para su estudio. Ed. Sur. Tomo1, 297-312.
- ✎ Margalef, R. 1983. *Limnología.* Ed. Omega. Barcelona. 14, 247-260
- ✎ Matsumara-Tundisi; T.; Nauman Leitao, S. Aguenta, L.S. e Miyahara. 1990. Eutrofização da represa de Barra Bonia: Estrutura e organização da comunidade de rotífera. *Rev. Bras Biol.* 50 (4): 923-935.
- ✎ Mur, L.R. 1983 Some aspects of the ecophysiology of cyanobacteria. *Ann. Microbiol.*, 134B, 61-72.
- ✎ Mur, L.R., Gons, H.J. and Van Liere, L. 1978 Competition of the green alga *Scenedesmus* and the blue-green alga *Oscillatoria* in light limited environments. *FEMS Microbiol. Letters* 1, 335-338.
- ✎ Nogueira, M. 2001. Zooplankton composition dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Juruminim Reservoir (Parapanema River), Sao Paulo. Brazil. *Hidrobiologia*, 455 (1/3): 1 - 18.

- ✎ Nush, E.A. 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 17: 14-36.
- ✎ Otaegui, A. Verano 1994-95. Caracterización Eutrónica del Embalse de Salto Grande. Informe C.T.M Salto Grande.
- ✎ Paerl, H.W. 1988 Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae. In: C.D. Sandgren [Eds.] Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge, 261-315.
- ✎ Paerl, H.W., Tucker, J. And Bland, P.T. 1983. Carotenoid enhancement and its role in maintaining blue-green (*Microcystis aeruginosa*) surface blooms. *Oceanogr.* **28**, 847-857.
- ✎ Pejler, B. 1983. Zooplanktic indicators of trofy and their food. *Hidrobiologia.* **101**:111-114
- ✎ Prósperi, C. 1999. Cyanobacterial blooms in Argentinean inland waters. *Lakes & Reservoirs: Research and Management.* 4 (3-4), 101-105.
- ✎ Quirós, r. y Cuch,. 1982. Características Limnológicas del Embalse de Salto Grande II: Distribución y Dinámica de nutrientes. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. *Ecología Argentina* 8: 111-142.
- ✎ Quirós, R. y Luchini, L. 1982. Características Limnológicas del Embalse de Salto Grande, III: Fitoplancton y su Relación con Parámetros Ambientales. I.N.I.D.E.P. *Rev.Asoc.Cienc.Nat.Litoral* 13: 49-66.
- ✎ Reynolds, C. 1997. Vegetations processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. Excellence in Ecology N°. 9.371 pg. Kinne, O. (ed), Excellence in ecology, 9. Ecology Institute, Germany, 371 pp.
- ✎ Reynolds, C. S., 1988. Functional morphology and adaptative strategies of freshwater phytoplankton. *En: Sandgren C. (ed.). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cmbridge Uuniversity Press, Cambridge, 388-426*
- ✎ Reynolds, C. S., Jawroski; G,H.M; Cmieche, H.A. & Leedale G.F. 1981. On the annual cycle of the blue-green alga *M. aeriginosa* Kutz. Emend. Elenkin. Phd. *Trans. R. Soc. London. B.* 293: 419-477.
- ✎ Roset, J., Aguayo, S., Muñoz, MJ. Febrero 2001/Mayo 2001. Detección de Cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. Centro de Investigaciones en Sanidad Animal (CISA-INIA).
- ✎ Sade El Juri, E. 1986. Bioestadística. Biofísica. 7: 160-165. C.T.M. Servicios Bibliográficos. S.A. Buenos Aires.

- ✎ Salas, H.J. & P. Martino. 1990. Metodologías simplificadas para la evaluación de la eutroficación en lagos cálidos tropicales. CEPIS/HPE/OPS.
- ✎ Schreurs, H. 1992 Cyanobacterial dominance, relation to eutrophication and lake morphology. Thesis, University of Amsterdam.
- ✎ Silva, H.J., J.M. Luco, D.M González y C.M. Baudino 1994 Producción de metabolitos olorosos en un lago eutrófico por floraciones de *Anabaena spiroides*. Identificación de productos volátiles. Acta toxicológica Argentina.
- ✎ Sommer, U. 1988. Growth and survival strategies of planktonic diatoms. En: C. Sandgren (Ed.). Ecology and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge Univ. Press.
- ✎ Van Liere, L. and Mur, L.R. 1979 Chapter 9. Some experiments on the competition between a green alga and a cyanobacterium. In: L. Van Liere, Thesis, University of Amsterdam.
- ✎ Walsby, A.E. 1981 Cyanobacteria: planktonic gas-vacuolated forms. In: M. Star, H. Stolp, A. Balowes and H.G. Schlegel [Eds] The Prokaryotes. Springer Verlag, New York, 224-235.

# ANEXOS

**Anexo 1: valores de las variables biológicas, físicas y químicas en todos los muestreos del período de estudio.**

Muestreos	G102	G103	G104	G105	G107	G108	G202	G203	G204	G205	G207	G208	G302	G303	G304	G305	G307	G308
Variables																		
Mint (org/ml)	8477	10159	6963	3668	1211	7569	9015	9823	11135	2758	3869	5181	7636	3599	6291	4407	1581	10092
Msup (org/m)	335	6492	4003	1346	673	1850	701	4979	4340	605	908	572	295	2792	1446	1009	706	2758
Mleu (org/ml)	165	3229	2052	975	303	874	342	1547	1648	1009	1547	370	145	1716	1076	1043	437	1245
Aint (org/ml)	101	34	70	235	34	370	33	34	82	302	135	572	135	209	120	370	67	774
Asup (org/ml)	134	269	135	34	25	101	269	201	101	67	13	34	303	67	101	34	6	201
Aleu (org/ml)	19	67	67	101	6	34	32	34	101	67	34	34	6	101	101	34	34	67
Clas (ug/lt)	24.5	26	16.8	6	1.1	3.3	97.5	8.3	36.7	9.7	5.6	6.7	20.9	9	7.6	8.1	3	10.6
Clal (ug/lt)	6.8	1.2	6.5	3.6	1.2	2.8	10.6	2.96	6.3	8.1	7.5	2.6	5.5		3.8	3.5	1.8	3
Tsup (C°)	26.8	27.4	22.2	18.1	14.2	14.7	28.2	26.3	22.2	17.2	12.8	15.5	29.9	26.8	22.5	17.5	14.3	16.1
T1m (C°)	25.9	25.8	22.1	17.6	14.3	14.7	26.7	25.8	22	16.5	12.8	15.3	27.7	25.4	22.5	17.4	14.1	15.8
T2m (C°)	24.8	25.5	22.1	17.4	14.3	14.5	24.9	25	21.8	16.3	12.7	15.1	26	25.2	22.5	17.1	14.1	15.3
T3m (C°)	24.4	25.3	22.1	17.4	14.3	14.5	24.3	24.9	21.3	16.2	12.6	14.5	25.1	25.1	22.4	17.1	14.1	14.9
ODs (mg/lt)	8.6	12.2	9	8.8	9	10.3	10.5	9.5	9.8	8.7	10.2	10.1	10.3	7.7	9.7	8.7	9	10.9
OD1m(mg/lt)	7.8	8.5	9	8.1	8.9	10.3	9.1	9.2	8.6	8.2	9.3	10	9.2	6.5	9.1	8.5	8.7	10.9
OD2m(mg/lt)	6.9	7.5	8.5	8.1	8.8	10.1	6.8	7.4	8.3	7.8	9.5	9.8	8	6.5	8.7	8.4	8.7	10.3
OD3m(mg/lt)	6.6	6.9	8.4	8	8.7	10	6.9	7.2	6.8	7.7	9.2	9.7	7.2	6.4	8.4	8.1	8.7	10.1
pH	8.89	9.13	7.4	6.7	7.14	6.75	9.22	8.57	8.3	6.7	7.14	6.7	8.79	7.17	7.48	6.83	7.15	6.84
Sh20 (mts)	0.4	0.5	0.7	0.6	0.5	0.7	0.3	0.4	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6
Cond(uS/cm)	54.8	52	53	52	56	62	54.8	53	54	51	56	61	51	58	54	52	55	62
Qe (m3)	5526	9349	5136	8350	2996	2660	5526	9349	5136	8350	2996	2660	5526	9349	5136	8350	2996	2660
Cota (mts)	34.90	35.28	36.3	35.1	34.9	33.9	34.90	35.3	36.27	35.1	34.9	33.9	34.90	35.3	36.3	35.1	34.91	33.86

**Referencias:**

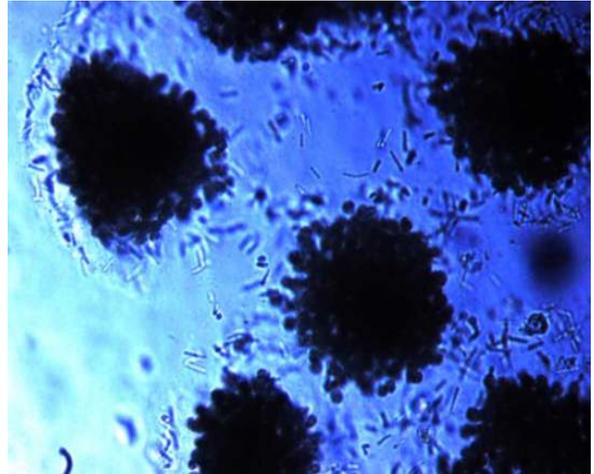
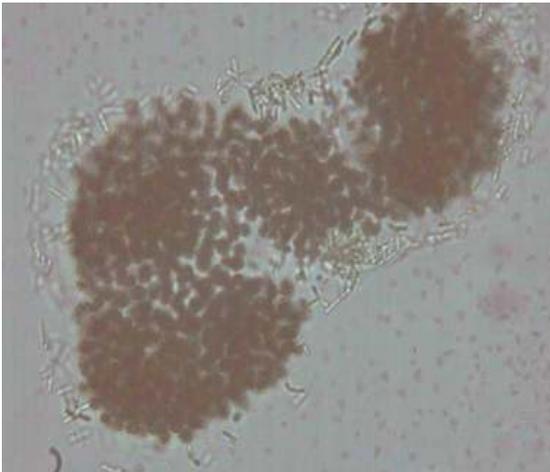
- Muestreo en la estación G1 (área de confluencia de los Brazos (A°) Gualeguaycito Grande y Chico). Durante los meses G102 (febrero), G103 (marzo), G104 (abril), G105 (mayo), G107 (julio), G108 (agosto)

- Muestreo en la estación G2 (Brazo (A°) Gualeguaycito Grande). Durante los meses G202 (febrero), G203 (marzo), G204 (abril), G205 (mayo), G207 (julio), G208 (agosto).

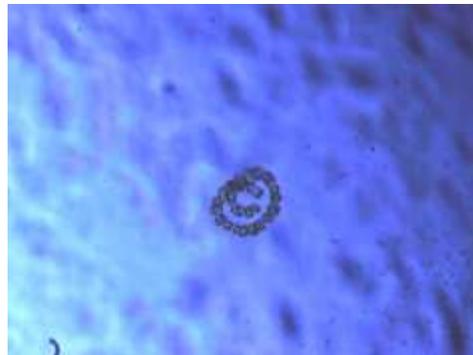
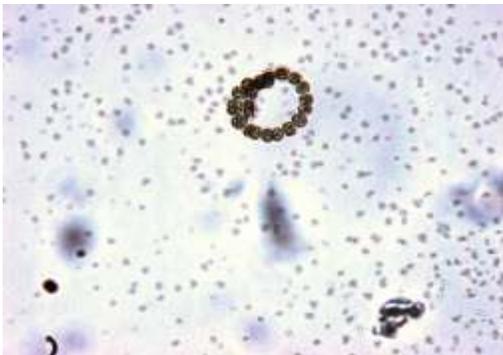
- Muestreo en la estación G3 (Brazo (A°) Gualeguaycito Chico). Durante los meses G302 (febrero), G303 (marzo), G304 (abril), G305 (mayo), G307 (julio), G308 (agosto).

**Anexo 2.** Fotografías de especies dominantes durante el periodo de estudio Febrero Agosto de 2003 presentes en el área de estudio: a). *Microcystis aeruginosa* en asociación con *Pseudoanabaena mucicola*; b) y de *Anabaena spp.* (Fotografías propias del autor).

(a)  
Aumento: 40x



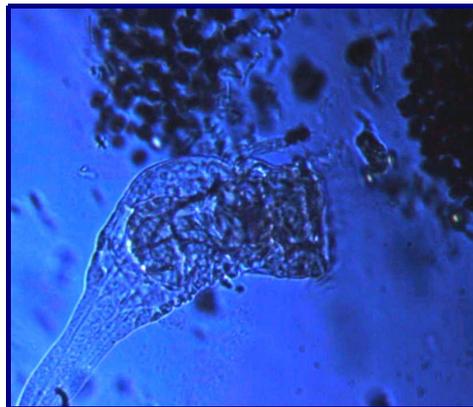
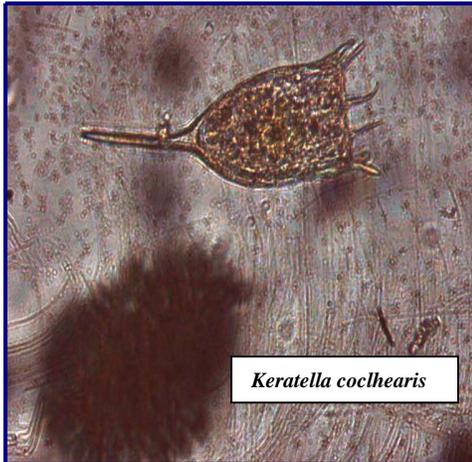
(b)  
Aumento: 40x



**Anexo 3. Fotografías de algunas de las especies de la comunidad zooplanctónica del brazo (A°) Gualeguaycito del embalse de Salto Grande durante febrero-agosto de 2003. (fotografías propias del autor)**

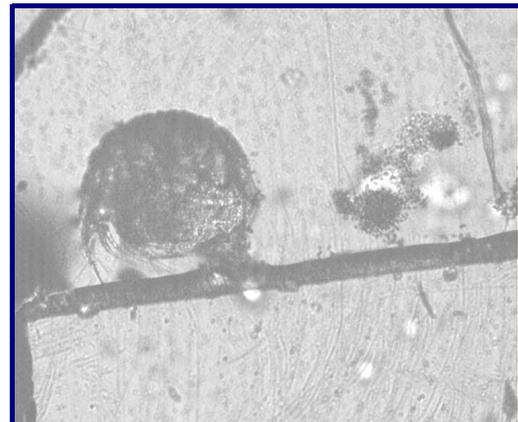
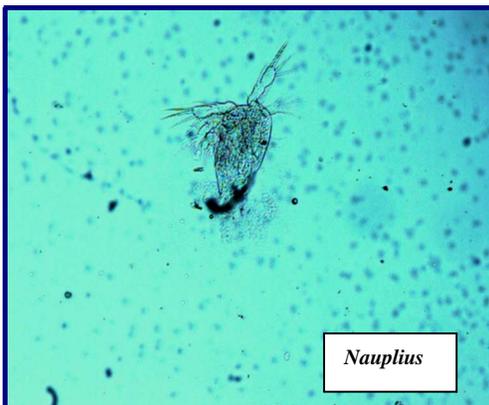
**Rotíferos y Ciliado**

**Aumento: 40x**



**Microcrustaceos**

**Aumento: 10x**



**Anexo 4.** Tabla de valores de Nitrógeno (NT y NTD) y Fósforo (PT y PTD), registrados en el Brazo (A°) Gualeguaycito en diferentes períodos de estudio. Período **1992-1993:** (De León, M.L, 2000); **1994-1995:** (Conde, Gorga, De León y Clemente, 1996); **2002:** (Chalar, De León, Clemente, Brugnoli y Paradiso, 2002)

-----: valores no registrados.

Año	Brazo (A°) Gualeguaycito	
	N (ug/lt)	P (ug/lt)
<b>#1992</b>		
Mayo	37,37	4,17
Julio	76,15	11,27
Setiembre	52,48	2,73
Octubre	61,40	8,32
Noviembre	49,25	6,88
Diciembre	44,27	1,17
<b>#1993</b>		
Enero	52,12	1,80
Febrero	99,61	1,36
Marzo	194,95	0,02
Abril	157,40	0,00
<b>**1994</b>		
Mayo	538,6	111,7
Junio	400,8	217,3
Julio	792,4	92,6
Septiembre	1537,6	164,9
<b>**1995</b>		
Marzo	426,8	109,7
Abril	203,4	-----
Mayo	387,8	148,8
Junio	279,5	143,5
# Promedios mensuales		
** Concentraciones mensuales promedio en ug/lt.		

Año: 2002	NTD// NT(ug/lt)	PTD // PT(ug/lt)
Mes: <b>**Enero</b>		
Estación: G 1	404,8//578,5	18,2 // 30,1
G 2	256,4//564	38,9 // 69,9
G 3	419,3//441	21,6 // 33,7
<b>**Febrero</b>		
G 1	237,7 //-----	14,5 //-----
G 2	265,2 //-----	24,9 //-----
G 3	214,2 //-----	14,7 //-----
<b>**Marzo</b>		
G 1	210,2 //-----	11,1 // 23,6
G 2	108,1 //-----	19,0 // 21,3
G 3	210,2 //-----	18,8 // 25,1

