


# Características limnológicas de los embalses Alto Andinos

## *Limnological Characteristics of reservoirs High Andean*

Dr. Edgar Fuertes-Calva   
*edgar\_fuertes\_calva@yahoo.com*

*Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, Quito, Ecuador*

### ● Resumen

El propósito del siguiente informe es evaluar las características fisicoquímicas y planctónicas de los embalses Salve Faccha, la Mica, Mogotes y Sucus que la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento opera para abastecer agua de consumo humano al Distrito Metropolitano de Quito, con el fin de conocer la dinámica espacial, temporal y vertical de la calidad del agua, la comunidad planctónica presente, los valores de clorofila *a* y nutrientes, que nos permite conocer su estado trófico.

**Palabras clave:** nutrientes, variabilidad espacial, variabilidad temporal, variables físico-químicas.

### ● Abstract

The purpose of the present report is to evaluate the physicochemical and planktonic characteristics of the reservoirs Faccha Salve, Mica, Sucus Mogotes which the Empresa Pública Metropolitana de Agua potable y Saneamiento de Quito, operates to supply drinking water to the District Metropolitan of Quito. To understand the dynamics of spatial, temporal and vertical water quality, plankton community present, the values of chlorophyll *a* and nutrients that lets us know their trophic status.

**Key words:** nutrients, spatial variability, temporal variability, physico-chemical variables.

### ● Introducción

La primera etapa del trabajo consistió en elaborar el diseño de muestreo, implementación y elección de los parámetros a analizar, para lo cual se tuvo en cuenta los requerimientos mínimos necesarios para la clasificación trófica. Desde enero del 2006 hasta septiembre del 2010, se realizaron 27 campañas de monitoreo en Salve Faccha y La Mica; 14 en Mogotes y 8 en Sucus.

### ● Objetivos

#### *General*

Evaluar las características fisicoquímicas y planctónicas de los embalses: Salve Faccha, La Mica, Mogotes y Sucus: con el fin de conocer la dinámica espacial, y temporal de la calidad del agua, los valores de clorofila *a* y el estado trófico de los embalses.

#### *Específicos*

- Establecer la concentración de las variables físicas y químicas de los embalses.
- Establecer la dinámica espacial, temporal y vertical del plancton en los embalses.
- Identificar las posibles relaciones de los parámetros fisicoquímicos con la concentración de clorofila *a*, productividad primaria y la comunidad planctónica.
- Determinar el estado Trófico.

### ● Métodos

#### *Métodos de análisis*

Los lineamientos para la metodología de toma de muestra, almacenamiento y preservación se tomaron de APHA, AWWA and WEF (2003): "Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater", al igual que las técnicas analíticas empleadas en laboratorio.

TABLA 1. DISEÑO DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA EN LOS EMBALSES LA MICA, SALVE FACCHA, MOGOTES Y SUCUS

Embalse	# de Campañas de Muestreo	Frecuencia	Sitios de Muestreo	Parámetros analizados
Salve Faccha	27	Bimensual	Centro: 0.5 , 5,10,15,20 M; Dique: 3m Tributarios: 6	Sitio: pH, conductividad, tds, oxígeno disuelto, t transparencia Secchi temperatura
Sucus	8	Semestral	Centro: 0.5, 5,10,15,25,35 M; Dique: 3m Tributarios: 2	Laboratorio Central de Control de Calidad : Nt, N-No3, N-Nh4, Pt, Srp, Chla, St, Ss, Cot, Fe T (D), Dbo5, color, turbiedad, Mn t, As, coliformes totales y fecales.
Mogotes	14	Trimestral	Centro: 0.5 , 5,10,15,25,35 M Dique: 3m Tributarios: 4	Otros laboratorios: Fito y Zooplancton
La Mica	27	Bimensual	Centro: 0.5 , 5,10,15,20 M Dique: 3m Tributarios: 3	

En el campo se hicieron perfiles para: pH, temperatura del agua, oxígeno disuelto, y conductividad utilizándose una sonda marca WTW y la transparencia con disco de Secchi.

Las muestras de agua para análisis físico-químicos, microbiológicos y de fitoplancton se tomaron con una botella vertical tipo Kenmerer por arrastre vertical cada 5 m. Para la recolecta de zooplancton se utilizó una red malla de 64mm de

poro, por arrastre vertical de 10 a 0 m y 20 a 10 m de profundidad.

## Resultados

### Nutriente limitante: relación NT/PT

Las variaciones en el medio de la relación N/P informan, en cada momento, cuál de los dos elementos es el limitante. Si esta relación es mayor de 9 (en átomos), el P es el limitante; si es menor de 9, entonces el limitante sería el N.

TABLA 2. NUTRIENTE LIMITANTE

Embalse	ZONA (m)	Nitrógeno total promedio µg/L	Fósforo total promedio µg/L	NT:PT
La Mica	Fótica	401	41	9,8
	Afótica	392	34	11,5
Salve Faccha	Fótica	459	32	14,3
	Afótica	452	43	10,5
Mogotes	Fótica	393	11	35,7
	Afótica	360	10	36
Sucus	Fótica	211	24	8,7
	Afótica	203	26	7,8

En los embalses la Mica, Salve Faccha, Mogotes, la relación NT: PT es mayor a 9, siendo el nutriente limitante el fósforo. En el embalse Sucus el limitante es el nitrógeno.

**TABLA 3. MATRIZ DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS PARA LOS EMBALSES LA MICA Y SALVE FACCHA**

Parámetros	Salve Faccha	La Mica
Chl a – NT	0,46	0,61
Chl a – TP	0,57	0,67
Transparencia-Turbidez	0,76	0,58

De acuerdo con el modelo de Vollenweider se obtiene la siguiente clasificación:

1. Salve Faccha tiene una probabilidad del 54 % de características mesotróficas, y un 39 % de características eutróficas.
2. La Mica tiene una probabilidad del 51 % de características mesotróficas, y un 29 % de características eutróficas.
3. Mogotes y Sucus tienen una probabilidad del 50 % de características oligotróficas, y un 43 % de características mesotróficas.

**TABLA 4. CLASIFICACIÓN TRÓFICA DE LOS EMBALSES SALVE FACCHA, LA MICA, MOGOTES Y SUCUS**

Embalse	Transparencia Secchi prom. (m)	Transparencia Secchi mín prom. (m)	Clorofila prom. (µg/L)	Clorofila máx.prom. (µg/L)	Fósforo total prom. µg/L	Clasific. Trófica Carlson	Clasific. Trófica OECD
Salve Faccha	1,8 ± 0,1	1,5	10,6 ± 1,3	26	32 ± 7	53	Mesotrófico a Eutrófico
La Mica	3,4 ± 0,2		8,8 ± 0,8	15	41 ± 6	51	Mesotrófico a Eutrófico
Mogotes	3,8 ± 0,1	3	3,5 ± 0,5	7	11 ± 5	41	Oligo a Mesotrófico
Sucus	6,2 ± 0,5	3,6	3,5 ± 0,6	6	24 ± 5	42	Oligo a Mesotrófico

*Características físico-químico-microbiológicas y biológicas de los Embalses*

**TABLA 5. VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS PROMEDIO DE LOS EMBALSES (2006-2010)**

Sitio	Arsénico µg/L	Hierro mg/L	Oxígeno disuelto mg/L	Sólidos Suspendidos mg/L	Turbiedad NTU	Comparación normativa ambiental
Salve Faccha	14±2	1,6±0,5	6,3±0,1	5,6±0,8	5,2±0,6	CUMPLE
Mica	ND	0,26±0,03	6,5±0,2	5,9±1,6	2,3±0,3	CUMPLE
Sucus	ND	0,21±0,04	6,0±0,5	3,4±0,9	1,2±0,1	CUMPLE
Mogotes	ND	0,25±0,04	5,8±0,4	3,8±1,1	1,7±0,3	CUMPLE

Sitio	pH	°T agua	Cond. µs/cm	COT mg/L	Coli fecal NMP/100ml	Coli total NMP/100 ml	*Comparación normativa ambiental
Salve Faccha	7,4±0,1	10,1±0,2	103±4	3,8	50±4	155±5	CUMPLE
Mica	7,9±0,1	10,9±0,2	247±7	5,1	10±8	100±2	CUMPLE
Sucus	7,8±0,2	9,6±0,4	114±4	1,6	32±13	46±38	CUMPLE
Mogotes	7,4±0,1	8,9±0,3	53±2	2,94	7±1	621±217	CUMPLE

\* Tabla 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI, Anexo 1, Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional. Fuente: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento- Gestión Integral del Agua- Base de Datos del Monitoreo Ambiental (2006-2010).

## Fitoplancton

TABLA 6. COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA DE LOS EMBALSES SALVE FACCHA, LA MICA, MOGOTES Y SUCUS PRESENTES 2006-2010

Grupo	Especies	Cel/L promedio			
		Salve Faccha	La Mica	Mogotes	Sucus
Bacillariophyta	<i>Thalassiosira rotula</i>	1 781 ± 272	–	**6	–
	<i>Diatoma vulgare</i>	36 ± 1	–	8 ± 1	67 ± 34
	<i>Navicula phyllepta</i>	67 ± 11	5 ± 2	–	–
	<i>Synedra ulna</i>	1 453 ± 17	1 526 ± 120	23 ± 11	159 ± 139
	<i>Amphipleura pellucida</i>	–	8 ± 2	–	–
	<i>Nitzschia longissima</i>	–	–	8 ± 1	–
	<i>Pleurosigma rectum</i>	–	–	–	35 ± 21
Chlorophyta	<i>Cocystis</i>	3115	26 ± 1	290 ± 1	*516
	<i>Volvox</i>	–	24 ± 4	–	–
Crysophita	<i>Dinobryum divergens</i>	388 ± 197	1 024 ± 957	**117	–
Cyanophyta	<i>Amenellum quadrid</i>	33 ± 8	3 ± 1	4 ± 1	9 ± 3
	<i>Merismopedia elegar</i>	73 ± 5	–	–	39 ± 21
	<i>Oscillatoria formosa</i>	113 ± 21	21 ± 6	–	–
Pyrophyta	<i>Peridinium sp</i>	159 ± 15	196 ± 180	370 ± 112	*36
Euglenophyta	* <i>Trach, verrucosa</i>	82	22	*27	–
	* <i>Trach, volvocina</i>	36	41	*378	*35
	<i>Cryptomonas spp</i>	54 ± 3	*60	*42	*20
Cryptophyta	<i>Rhodomonas minuta</i>	–	–	*159	–
# total de taxones		13	12	12	9

Nota:\*Aparece solo en el 2006. \*\*Aparece solo en el 2008.

## Zooplancton

En el embalse de Salve-Faccha durante el estudio se logró identificar un total de 10 especies.

Rotíferos: *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Asplanchnopus* sp, *Testudinella* y *Sinchaeta pectinata*.

Cladóceros: *Daphnia* sp., *Alona* sp. y *Macrothrix* sp, de las familias Daphnidae, Chydoridae y Macrothricidae correspondientemente.

Copépodos: *Mesocyclops* sp, *Cyclops venustus* y *Cyclops varicans*.

En el embalse la Mica durante el estudio se logró identificar un total de 9 especies.

Rotíferos: *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis*, *Triclocerca* y *Sinchaeta pectinata*.

Cladóceros: *Daphnia* sp. y *Ceriodaphnia*.

Copépodos: *Mesocyclops* sp, *Diaptumus* y *Cyclops varicans*.

En el embalse Mogotes durante el estudio se logró identificar un total de siete especies.

Rotíferos: *Keratella quadrata* y *Keratella cochlearis*.

Cladóceros: *Daphnia* sp. y *Alona*.

Copépodos: *Cyclops venustus*, *Cyclops bicolor* y *Cyclops varicans*.

En el embalse Sucus durante el estudio se logró identificar un total de cinco especies.

Rotíferos: *Keratella cochlearis* y *Asplanchnopus* sp.

Cladóceros: *Daphnia* sp. y *Alona*.

Copépodos: *Cyclops venustus*.

## Conclusiones

*Las características físico-químicas y planctónicas que presentaron las lagunas y embalse durante el periodo 2006-2010, se las adaptó a los siguientes modelos de eutrofización para lagos tropicales: índice de Carlson, valores límites de la OCDE y a la curva probabilística del modelo matemático de Vollenweider y Kerekes, lo que nos permiten clasificarlas de la siguiente manera:*

**SALVE FACCHA: Mesotrófico con tendencia en un 39% de probabilidad a Eutrófico.**

**LA MICA: Mesotrófico con tendencia en un 29 % de probabilidad a Eutrófico.**

**MOGOTES: Oligo – con tendencia en un 43 % de probabilidad a Mesotrófico**

**SUCUS: Oligo - con tendencia en un 43 % de probabilidad a Mesotrófico**

*La dispersión que presentan los valores de nitrógeno total, fósforo total, clorofila, fitoplancton y zooplancton es alta, esto puede deberse a la presión ejercida por el cultivo de las truchas, ya que Aventura Sport Club no cuenta con un sustento técnico necesario para controlar dicha actividad, la cual esta incidiendo en el ciclo normal de estas variables.*

*La utilización de motores fuera de borda no ecológicos aumentan el riesgo de contaminación en la calidad del agua y en la alteración del ciclo*

*planctónico, lo cual se refleja en la gran variabilidad de los resultados obtenidos en Fito y zooplancton y luego en los nutrientes que controlan el estado trófico del embalse.*

*La degradación de los suelos de las cuencas aportantes de Sarpache, Moyas y Alabrado que alimentan al embalse, por parte del ganado de la Hacienda, repercute en la calidad del agua por el aumento de sólidos y carga orgánica, los mismos que se reflejan en el estado trófico del embalse La Mica.*

*Los datos obtenidos de la calidad del agua, sirven de base para la gestión de los embalses, permitiéndonos cumplir con un sistema de control ambiental permanente y un manejo sustentable (Constitución de la República, Art.396, párrafo 4. "Cada uno de los actores de los procesos de producción (...) mantener un sistema de control ambiental permanente".*

## Bibliografía

- APHA-AWWA-WPCF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Part. Washington, 1999.
- BEAVER, J.; T. CRISMAN. Temporal Variability in Algal Biomass and Primary Productivity in Florida Lakes: Relative Latitudinal Gradients and Trophic State. *Hydrobiology*, 224: 89-97, 1991.
- BRANCO, C.; P. SENNA. Phytoplankton Composition, Community Structure and Seasonal Changes in Atropical Reservoir (Paranoa Reservoir, Brazil). *Algological Studies*, 81: 69-84, 1996.
- CARLSON, R. E. A trophic State Index for Lakes. *Limnol. Ocean*. 22(2): 361-369, 1977.
- CARLSON, R. E.; J. SIMPSON. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society. 96 pp., 1996.
- GARCÍA DE EMILIANI, M. "Ciclo anual del fitoplancton en el embalse San Roque (Córdoba, Argentina)". *Rev. Asoc. Cienc. Natu. Litoral*. 8: 1-12, 1977.
- GARCÍA, J. R.; L. TILLY. "Dinámica y distribución del oxígeno disuelto en el lago La Plata. Toa Alta. Puerto Rico". *Memorias del noveno simposio de Recursos Naturales*. 158-168, 1983.
- HUSZAR, V. L. M." Considerações sobre o fitoplâncton da lagoa de Juturnaíba, Araruama, Estado do Rio de Janeiro, Brasil". *Rev. Brasil. Biol.* 49(1): 107-123, 1989.
- LEWIS, W. M. "Tropical Limnology". *Ann Rev. Eco. Syst.* 18: 159-184, 1987.
- MARGALEF, R. *Limnología*. Ediciones Omega S.A. Barcelona. Pp. 627-830, 1983.

- ROLDÁN, G. *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia, Colección Ciencia y Tecnología No. 1, Medellín. Colombia. 529 pp., 1992.
- TALLING, J. F. The Phytoplankton of lake Victoria (East Africa). *Arch. Hydrobiol*, 25: 229-256, 1987.
- VALLENTYNE, J. R. *Introducción a la limnología*. E. Omega, S. A. Barcelona 169 pp., 1978.
- WELCH, E. B. *Ecological Effects of Wastewater Applied Limnology and Pollutant Effects*, T.p.147, 1992.
- Wetzel, R. 1981. *Limnología*. Ediciones Omega S. A. Barcelona.