



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

**Efecto del disturbio hidrometeorológico en
el fitoplancton de una laguna pampásica
de la provincia de Buenos Aires**



LIC. JUAN LUCIANO CORBELLA

TESIS DE MAESTRÍA EN ECOHIDROLOGÍA

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

**EFFECTO DEL DISTURBIO HIDROMETEOROLÓGICO EN EL
FITOPLANCTON DE UNA LAGUNA PAMPÁSICA DE LA
PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

Tesis de Maestría presentada por Juan Luciano Corbella
ante la Facultad de Ciencias Naturales y Museo y la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Nacional de La Plata para optar por el Grado Académico de

MAGÍSTER EN ECOHIDROLOGÍA

Director de Tesis: **Dra. SOLARI, Lía Cristina**

Co-Director de Tesis: **Mg. Ing. ANGHEBEN, Enrique**

La Plata, marzo de 2023

**A MIS PADRES,
POR SUS ENSEÑANZAS QUE DETERMINARON QUIEN SOY**

“Si supiera que el mundo se acaba mañana,
yo, hoy todavía, plantaría un árbol”.

Martin Luther King

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de este trabajo.

A mis directores: Dra. Lía Solari y Mg. Ing. Enrique Angheben por guiarme, enseñarme, aconsejarme y ayudarme a crecer en lo profesional y personal.

Gracias Lía por alentarme siempre y creer en mí en todo momento. Gracias por su enorme paciencia y por todo el apoyo recibido desde el primer día. Gracias por su admirable experiencia que permitió guiarme durante todo el proceso y hermosa calidad humana.

Gracias Enrique por la buena predisposición durante todo mi trabajo de investigación. Gracias por tu grandeza en lo académico y personal.

A la Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata por mi formación de posgrado de reconocido nivel académico.

Al Instituto de Limnología de La Plata *Dr. Raúl A. Ringuelet* (ILPLA/CONICET) por aceptarme como pasante haciendo uso de sus instalaciones y, especialmente, al Dr. Hernán Benítez por su ayuda con los análisis químicos.

Al Jurado, Dra. Silvia Sala (UNLP), Dra. Inés O'Farrell (UBA) y Ing. Guillermo Bianchi (UNLP), por el tiempo que destinaron en mejorar este trabajo y lo enriquecedor que resultaron sus observaciones y comentarios.

A mis docentes de Maestría en los que he encontrado una enorme formación académica, experiencia y un destacable valor humano, y a mis compañeros que han hecho que las horas allí sean muy enriquecedoras y divertidas.

A la Dra. Gabriela Cano por transmitirme y contagiarme la fascinación por el fitoplancton.

A la Dra. Daniela Fuchs por ayudarme a crecer con sus consejos, ayuda en la estadística y por, sobre todo, la cálida amistad que encontré en ella.

A la Dra. Alejandra Floridia Addato por su incondicional colaboración y predisposición de muchos años.

A la Lic. Rocío Olivieri por su amabilidad en compartir sus conocimientos y acompañarme a crecer profesionalmente.

Al Instituto Agropecuario de Monte (IAM) por permitirme acceder a las instalaciones de su Estación Meteorológica y la información brindada a cargo del personal técnico.

A la Sociedad Rural de Monte por brindarme sus registros de precipitación en la localidad.

Finalmente quiero agradecer a mis afectos fuera del ámbito académico.

A mi mamá y papá, por darme esta vida, por la inmensa y admirable paciencia de mi papá, por el infinito amor de mi mamá y ambos por brindarme todas las herramientas que estuvieron a su alcance para ser la mejor versión de mí.

A mi compañero de camino, por estar a mi lado en las largas horas de recuento en el microscopio, en la redacción de la tesis y por hacer que la vida tenga múltiples significados.

A mi familia por su enorme cariño, darme fuerzas, protegerme y acompañarme en cada paso que doy.

A mis amigos por su cálida compañía, especial cuidado y buena energía.

RESUMEN

Las lagunas de la llanura pampeana sufren perturbaciones debido a eventos hidrometeorológicos como las precipitaciones asociadas a tormentas. En consecuencia, las comunidades que habitan en esas lagunas, también sufren cambios en su estructura y dinámica.

El objetivo general del presente trabajo consistió en analizar la respuesta en la composición y abundancia del fitoplancton a partir del disturbio provocado por algunas variables hidrometeorológicas estacionales durante un ciclo anual en la laguna de Monte. Asimismo, se establecieron los siguientes objetivos específicos: 1) Identificar algunos factores naturales que inciden en la laguna. 2) Estimar el volumen de agua proveniente de las lluvias en cada evento meteorológico durante un año y medir el nivel hidrométrico en la laguna de Monte. 3) Analizar las características físicas y químicas del agua y el estado trófico de la laguna, cuando ocurre una perturbación hidrológica. 4) Evaluar los cambios estacionales en la estructura y dinámica del fitoplancton (fracción del microfitoplancton) en relación a las lluvias durante un año.

Se planteó la siguiente hipótesis: Los disturbios hidrometeorológicos producidos por los eventos de precipitación alteran la composición y abundancia de la comunidad del fitoplancton en una laguna pampásica.

Como área de estudio se seleccionó la laguna de Monte, ubicada en la localidad de San Miguel del Monte, partido de Monte, provincia de Buenos Aires (35° 27' 30" S, 58° 48' 15" O).

El muestreo anual se inició en la primavera de 2015 y finalizó en el invierno de 2016. Se establecieron dos estaciones de muestreo: una en el arroyo El Totoral (E1) y la otra en el centro de la laguna (E2).

Se midieron parámetros físicos y químicos como temperatura, pH, conductividad y transparencia (disco de Secchi). Se estimó la concentración de fósforo total (PT), mediante método de oxidación con persulfato y determinación con ácido ascórbico, y la clorofila "a" se determinó por el método espectrofotométrico con extracción con acetona al 90 %. Se obtuvieron muestras de fitoplancton filtrando 20 litros de agua por una red de 20 µm de apertura de poro y las muestras se fijaron con solución de formol al 4 %. El análisis cuantitativo se efectuó con una cámara de recuento tipo Sedgwick-Rafter bajo microscopio óptico. Se aplicaron índices biológicos de riqueza específica (Margalef "R" y Menhinick), diversidad (Shannon-Wiener "H" y Simpson "1-D"), dominancia (Simpson "D") y equitabilidad (Pielou "J' "). Asimismo, para conocer el estado trófico de la laguna se aplicó el

índice de estado trófico (TSI) que tiene en consideración las concentraciones de fósforo total (TSI (PT)), de clorofila "a" (TSI (cla)) y la transparencia del agua (TSI (DS)). También se registraron variables atmosféricas (temperatura, velocidad del viento, humedad, nubosidad y precipitación pluvial) y la profundidad de la columna de agua, mediante una regla limnimétrica, previo y posterior a cada evento de precipitación.

Se analizaron los datos de microfitoplancton, así como de las variables fisicoquímicas, meteorológicas e hidrogeológicas aplicando un análisis de componentes principales sobre una matriz de correlación y un análisis de cluster con los dos primeros componentes.

Se observaron diferencias entre las dos estaciones de muestreo, Boca del Totoral y Cuerpo Principal, con respecto a las variables físicas y químicas (pH, conductividad y temperatura) así como en las concentraciones de clorofila "a", y fósforo total.

La densidad algal fue alta en invierno, disminuyendo posteriormente en verano, primavera y otoño. Las especies dominantes en la mayor parte del año fueron las diatomeas. En primavera dominaron *Nitzschia linearis* y la clorofita *Binuclearia lauterbornii*, en verano *Cyclotella meneghiniana* y en otoño *C. meneghiniana* y *Surirella striatula*. Debe destacarse que en invierno se produjo una floración de la cianobacteria *Raphidiopsis mediterranea* cuya densidad varió entre 87.450 y 221.038 ind.ml⁻¹, con 51,2 % y 95,8 % de dominancia, respectivamente.

En E1 durante primavera, verano e invierno, la densidad total aumentó posterior al evento de precipitaciones mientras que en E2, en primavera, verano y otoño disminuyó. En primavera la densidad de diatomeas aumentó luego del evento de lluvias en ambas estaciones mientras que la de las clorofitas disminuyó. En verano la densidad algal de cianobacterias y diatomeas aumentó en la E1 mientras que disminuyó en la E2 luego del evento de lluvia.

Los valores del TSI para fósforo total, antes y después de cada evento de precipitación, mostraron que la laguna fue hipereutrófica. Para el TSI de clorofila "a" fue eutrófica y para el TSI de DS fue eutrófica/hipereutrófica.

Se efectuaron análisis estadísticos mediante los test *Shapiro-Wilks*, *Kolmogorov-Smirnov*, *Wilcoxon Mann Whitney* y *Levene*, para evaluar diferencias significativas en la densidad algal a partir de los eventos de precipitación.

Se realizaron dos análisis de cluster, uno con la densidad algal y otro con los parámetros físico-químicos en los que se obtuvieron coeficientes cofenéticos de 0,776 y de 0,838, respectivamente. Asimismo, el análisis de componentes principales explicó el 63,3% de la variación total considerando los dos primeros ejes (correlación cofenética de 0,904).

El estudio de los ensambles taxonómicos algales permite la contextualización del comportamiento fitoplanctónico respecto a los eventos de precipitaciones y a la densidad algal total. Los análisis estadísticos indican un aumento en la riqueza específica de algas bentónicas, especialmente de las diatomeas y de las euglenofitas debido, probablemente, a condiciones de turbulencia que permitieron que estas algas se encuentren en suspensión en el plancton.

En conclusión, los eventos hidrometeorológicos (volumen de agua precipitada, temperatura del aire, velocidad del viento, presión atmosférica, humedad y nubosidad) en una laguna pampásica, como la laguna de Monte, tienen influencia en las variables físicas y químicas del agua (conductividad, pH, temperatura, transparencia, fósforo total y clorofila "a"), así como en la composición y la abundancia del microfitoplancton.

ABSTRACT

The shallow lakes of the Pampean plain are affected by disturbances due to hydrometeorological events such as rainfall associated with storms. Therefore, the communities that inhabit these environments also experiment changes in their structure and dynamics.

The general objective of the present research was to analyze the response in the composition and abundance of phytoplankton from the disturbance caused by some seasonal hydrometeorological variables during an annual cycle in the Monte Lake. Also, the following specific objectives were established: 1) Identify some natural factors that affect the shallow lake. 2) Estimate the volume of water from rains in each meteorological event and measure the hydrometric level. 3) Analyze the physical and chemical characteristics of the water and the trophic state of the shallow lake when a hydrological disturbance occurs. 4) Evaluate the seasonal changes in the structure and dynamics of phytoplankton (micro-phytoplankton fraction) in relation to rainfall during an annual cycle.

The following hypothesis was propoused: Seasonal hydrometeorological disturbances produced by rainfall events disturb the composition and abundance of the phytoplankton community in pampasic shallow lakes.

The Monte Lake was located in the town of San Miguel del Monte, Monte district, Buenos Aires province (35° 27 '30" S, 58° 48 '15" W) and was selected to this study.

The annual sampling started in spring 2015 and finished in winter 2016. Two sampling stations were established: one in Arroyo El Totoral (E1) and the other at the center of the lake (E2).

Physical and chemical parameters such as temperature, pH, conductivity and transparency (Secchi disk) were measured. The total phosphorus concentration (TP) was estimated by the ascorbic acid method, and chlorophyll "a" was determined by the spectrophotometric method after extraction with 90 % acetone. Phytoplankton samples were obtained with a 20 µm mesh net and 20 liters was filtered and were fixed with 4 % formaldehyde solution. The quantitative analysis was performed using a Sedgwick-Rafter chamber under light microscope. Biological indices of specific richness (Margalef "R" and Menhinick), diversity (Shannon-Wiener "H'" and Simpson "1-D"), dominance (Simpson "D") and evenness (Pielou "J'") were applied. The trophic state index (TSI) was used to determine the trophic state of the shallow lake taking into account the concentration of total phosphorus (TSI (TP)), chlorophyll "a" (TSI (cla)) and water transparency (TSI (SD)). Atmospheric variables as temperature, wind speed, humidity, cloudiness and pluvial precipitation were

also recorded. The depth of the water column was measured using a limnometric rule, before and after each rainfall event.

Microphytoplankton data, physicochemical, meteorological and hydrogeological variables were analyzed using a principal components analysis on correlation matrix and cluster analysis with the first two components.

Differences were observed among the two sampling stations, Boca del Totoral and the center of lake, with respect to the physical and chemical variables (pH, conductivity and temperature) as well as in the concentrations of chlorophyll a, and total phosphorus.

The algal density was elevated in winter and then decreased in summer, spring and autumn. The dominant species almost of the year were diatoms. *Nitzschia linearis* and *Binuclearia lauterbornii* (chlorophyte) dominated in spring while *Cyclotella meneghiniana* in summer and *C. meneghiniana* and *Surirella striatula* in autumn. It should be noted that in winter there was a bloom of *Raphidiopsis mediterranea* with densities among 87.450 and 221.038 ind.ml⁻¹, with 51,2 % and 95,8 % of dominance, respectively.

In E1 during spring, summer and winter, the total density increased after the rainfall event, whereas in E2 it decreased in spring, summer and autumn. In spring, the density of diatoms increased after the rain event in both seasons, while that of chlorophytes decreased. In summer the algal density of cyanobacteria and diatoms increased in E1 whereas they decreased in E2 after the rain event.

The TSI TP values registered before and after each rainfall event, showed that the shallow lake was hypereutrophic. According to TSI chlorophyll "a" it was eutrophic and to TSI SD, it was eutrophic / hypereutrophic.

Statistical analyzes were performed through the *Shapiro-Wilks*, *Kolmogorov-Smirnov*, *Wilcoxon Mann Whitney* and *Levene* tests, to evaluate significant differences in the algal density from precipitation events.

Two cluster analysis were performed, one with the algal density and another with the physicochemical parameters in which cofenetic coefficients of 0,776 and 0,838, respectively, were obtained. Also, the main component analysis explained 63,3% of the total variation considering the first two axes (cofenetic correlation of 0,904).

The study of algal taxonomic assemblages allows the contextualization of phytoplanktonic behavior about rainfall events and total algal biomass. Statistical analysis indicates an increase in the specific richness of benthic algae, especially diatoms and euglenophytes this was probably due to turbulent conditions that allowed these algae to be re-suspended in the plankton.

In conclusion, hydrometeorological events (volume of precipitated water, air temperature, wind speed, atmospheric pressure, humidity and cloudiness) in pampasic shallow lakes, such as the Monte Lake, have an influence on the physical and chemical variables of the water (conductivity, pH, temperature, transparency, total phosphorus and chlorophyll "a"), as well as in the composition and abundance of microphytoplankton.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	4
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Planteo del Problema	14
1.2. Objetivos	15
1.3. Hipótesis.....	15
1.4. Marco Conceptual	15
1.5. Enfoque Ecohidrológico.....	17
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1. Área de Estudio.....	19
2.1.1. Descripción General	19
2.1.2. Descripción Ambiental de San Miguel del Monte	29
2.2. Selección de los sitios de muestreo.....	40
2.3. Diseño del Muestreo	42
2.3.1. Variables Meteorológicas.....	43
2.3.2. Variables Físicas y Químicas del Agua	45
2.3.3. Variable Hidrológica.....	46
2.3.4. Variable Biológicas	47
2.4. Tratamiento de los datos	53
3. RESULTADOS	55
3.1. Condiciones meteorológicas	55
3.2. Características físicas y químicas	58
3.2.1. Mediciones <i>in situ</i>	58
3.2.2. Fósforo total.....	60
3.3. Características hidrológicas y morfológicas.....	61
3.3.1. Nivel Hidrométrico	61
3.4. Características biológicas.....	64
3.4.1. Clorofila "a"	64
3.4.2. Riqueza específica y densidad fitoplanctónica	65
3.4.3. Índices biológicos	74
3.4.4. Índice del Estado Trófico (TSI).....	78
3.5. Análisis comparativo entre estaciones.....	80
3.6. Análisis Estadístico.....	81

3.6.1 Análisis Multivariado	82
4 DISCUSIÓN	86
5 CONCLUSIONES	91
6 BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXO I.....	103
Taxa encontrados en laguna de Monte. Esquema clasificatorio según Guiry & Guiry (2021).....	103
ANEXO II.....	109
Abundancia total de los taxa algales expresada en N° ind.ml ⁻¹ , en E1 y E2 antes y después de las lluvias en cada estación climática.	109
ANEXO III.....	115
Test de <i>Wilcoxon Mann Whitney</i> para E1	115
Test de <i>Wilcoxon Mann Whitney</i> para E2	115
Análisis de Conglomerados: Abundancia Fitoplanctónica (ind.ml ⁻¹)	116
Análisis de Conglomerados: Datos Fisicoquímicos.....	117
Análisis de Componentes Principales (ACP)	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación regional del área de estudio. Dangavs, 2007.....	19
Figura 2.2. Precipitación media mensual en Estación Ezeiza Aero, SMN. 1981-2010.....	21
Figura 2.3. Velocidad media estacional de los vientos (Km/h) en Estación Ezeiza Aero, SMN. 2001-2010.....	23
Figura 2.4. Temperatura máxima, mínima y media (°C) en Estación Ezeiza Aero, SMN. 1981-2010.....	24
Figura 2.5. Regiones Hidrogeológicas de la provincia de Buenos Aires. González, 2005....	26
Figura 2.6. Detalle Región Salado-Vallimanca.....	26
Figura 2.7. Regiones Naturales de la Provincia de Buenos Aires, INTA.....	28
Figura 2.8. Ubicación del área de estudio. Adaptado de Dangavs & Pierrard, 2013.....	30
Figura 2.9. Precipitación media mensual (mm) en Estación Meteorológica Sociedad Rural de Monte, 1985-2014.....	33
Figura 2.10. Comportamiento del sistema de recarga y descarga de agua.....	34
Figura 2.11. Morfología lagunar (mapa de Guarrera, 1962).....	34
Figura 2.12. Planimetría y batimetría. Dangavs & Pierrard, 2013.....	35
Figura 2.13. Sistema de Obras de Defensa de la planta urbana de la ciudad de Monte.....	38
Figura 2.14. Estación de muestreo en Boca del Totoral (E1) y Cuerpo Principal (E2).....	40
Figura 2.15. Sitio de muestreo E1, Boca del Totoral.....	41
Figura 2.16. Sitio de muestreo E2, Cuerpo Principal lagunar.....	42
Figura 2.17. Pluviómetro próximo a laguna de Monte.....	43
Figura 2.18. Ubicación de estación meteorológica del Instituto Agropecuario de Monte.....	44
Figura 2.19. Estación meteorológica del Instituto Agropecuario de Monte.....	45
Figura 2.20. Sistema de compuertas de laguna de Monte.....	46
Figura 2.21. Regla limnimétrica municipal.....	47
Figura 2.22. Dispositivo de filtrado de agua para determinación de cla.....	48
Figura 2.23. Posible interpretación de desviaciones del TSI (Carlson & Havens, 2005).....	53
Figura 3.1. Precipitación total mensual registrada entre el 21/09/15 y el 20/09/16.....	55
Figura 3.2. Comparación de precipitaciones: Estación Sociedad Rural de Monte, Estación Ezeiza Aero SMN y datos propios	57
Figura 3.3. Variación del pH por fecha de muestreo en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.....	59
Figura 3.4. Variación de la conductividad por fecha de muestreo en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.....	59

Figura 3.5. Variación de la transparencia por fecha de muestreo en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.....	60
Figura 3.6. Variación de la temperatura en cada estación (1 y 2) antes (A) y después (B) de la precipitación.....	60
Figura 3.7. Variación en la concentración del fósforo total por sitio de muestreo antes (A) y después (B) del evento de precipitación.....	61
Figura 3.8. Cota IGN de nivel hidrométrico y profundidad de la laguna de Monte.....	63
Figura 3.9. Altura media mensual (m) y precipitaciones mensuales (en mm) en la laguna de Monte ocurridas en el período 21/sept/2015 hasta el 20/sept/2016.....	64
Figura 3.10. Variación en la concentración del Clorofila “a” por sitio de muestreo antes (A) y después (B) del evento de precipitación.....	65
Figura 3.11. Densidad de algas en un período anual en las estaciones E1 y E2, previo (A) y posterior (B) al evento de precipitación.....	67
Figura 3.12. Comportamiento de la densidad algal (ind.ml ⁻¹) en primavera en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.....	68
Figura 3.13. Comportamiento de la densidad algal (ind.ml ⁻¹) en verano en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.....	69
Figura 3.14. Comportamiento de la densidad algal (ind.ml ⁻¹) en otoño en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.....	69y70
Figura 3.15. Comportamiento de la densidad algal (ind.ml ⁻¹) en invierno en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.....	70
Figura 3.16. Riqueza de especies (nº spp) por estación del año, sitio de muestreo (E1 y E2) antes y después (A y B) al evento de precipitación.....	71
Figura 3.17. Abundancia relativa (%) por estación del año, sitio de muestreo (E1 y E2) antes y después (A y B) al evento de precipitación.....	73
Figura 3.18. Aspecto de la laguna en el momento de la toma de muestras del 12 de septiembre de 2016.....	73
Figura 3.19. Comparación de índices de riqueza de especies por estación del año, en E1 y E2 antes y después (A y B) al evento de precipitación.....	75
Figura 3.20. Índices ecológicos (H', R y J') aplicados a Estación 1 antes (A) y después (B) del evento de precipitación.....	76
Figura 3.21. Índices ecológicos (H', R y J') aplicados a Estación 2 antes (A) y después (B) del evento de precipitación.....	76
Figura 3.22. Índices ecológicos (D-1, D, J') aplicados a Estación 1 antes (A) y después (B) del evento de precipitación.....	77
Figura 3.23. Índices ecológicos (D-1, D, J') aplicados a Estación 2 antes (A) y después (B) del evento de precipitación.....	78

Figura 3.24. Valores de TSI de fósforo total (PT), clorofila “a” (cla) y disco de Secchi (DS) en función de Carlson (1977) modificada por Aizaki <i>et al.</i> (1981).....	79y80
Figura 3.25. Gráficos box plots densidad algal (ind.ml ⁻¹) obtenidos en un período anual para la Estación 1y2 antes (A) y después (B) del evento de precipitación.....	82
Figura 3.26. Análisis de conglomerado con ligamiento completo en base a datos de densidad fitoplanctónica (ind.ml ⁻¹) de laguna de Monte durante octubre 2015 hasta septiembre 2016.....	83
Figura 3.27. Análisis de conglomerado con ligamiento completo en base a datos fisicoquímicos de laguna de Monte durante octubre 2015 hasta septiembre 2016.....	84
Figura 3.28. Análisis de Componentes Principales (ACP).....	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Variables climáticas mensuales en Estación Meteorológica Ezeiza Aero, SMN, 1981-2010.....	20
Tabla 2.2. Frecuencias medias mensuales y anuales y velocidades medias mensuales y anuales en Estación Ezeiza Aero, SMN. 2001-2010.....	21
Tabla 2.3. Configuración física del Sistema Geohidrológico local.....	25
Tabla 2.4. Descripción del perfil del suelo, serie Monte (29/1009-C), INTA.....	31
Tabla 2.5. Registro de precipitaciones mensuales y anuales (mm) en Estación Meteorológica Sociedad Rural de Monte. 1985-2014.....	32
Tabla 2.6. Precipitación media mensual (mm) en Estación Meteorológica Sociedad Rural de Monte. 1985-2014.....	33
Tabla 2.7. Datos de los sensores externos de estación meteorológica.....	44
Tabla 2.8. Clasificación trófica en función de Carlson (1977) modificada por Aizaki <i>et al.</i> (1981).....	52
Tabla 3.1. Registro de precipitaciones diaria desde 21/09/2015 hasta 20/09/21016.....	55
Tabla 3.2. Variables meteorológicas estacionales tomadas antes y después del evento de precipitación.....	58
Tabla 3.3. Nivel hidrométrico del período en estudio.....	61
Tabla 3.4. Profundidad y cota de laguna de Monte.....	64
Tabla 3.5. Taxa presentes en el fitoplancton de laguna de Monte.....	65
Tabla 3.6. Abundancia relativa del fitoplancton de laguna de Monte.....	72
Tabla 3.7. Índices biológicos de las algas microfitoplanctónica de laguna de Monte.....	74
Tabla 3.8. Valores de TSI de fósforo total (PT), clorofila “a” (cla) y disco de Secchi (DS) en función de Carlson (1977) modificada por Aizaki <i>et al.</i> (1981).....	78y79

INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los recursos naturales, el agua es un elemento esencial para los seres vivos, que le confiere un valor intrínseco que supera a cualquier otro (Dangavs y Pierrard, 2013). Entre los recursos hídricos, los ambientes lénticos se manifiestan como elementos de singular importancia por las variadas funciones que cumplen, tanto en la naturaleza como en su relación con el hombre. Son reservorios naturales y reguladores en los problemas hídricos generales, además son bienes sociales turísticos-recreativos-económicos y, algunos, lamentablemente también son los cuerpos receptores de nuestros desechos.

Los sistemas acuáticos representan ambientes de elevada complejidad, debido a su propia dinámica y fuerte interrelación con el medio circundante. En este sentido, las lagunas pampeanas se caracterizan por presentar muy poca profundidad, con tiempos de permanencia de agua variable, eutróficas y sometidas a estrés ambiental que incrementa aún más sus contenidos en nutrientes (Quirós *et al.*, 2002).

Hay un amplio escenario de perturbaciones que se desarrollan comúnmente en muchos y diferentes cuerpos de agua. En los lagos someros los eventos hidrometeorológicos, por ejemplo, las inundaciones y los periódicos eventos meteorológicos como las precipitaciones pluviales y las tormentas, causan variaciones estacionales y espaciales en la estructura y dinámica del fitoplancton en respuesta a cambios en las concentraciones de nutrientes y en la transparencia inducidos por estas perturbaciones (Reynolds, 1988; Salmaso, 2003; Bonilla *et al.*, 2005). Picket & White (1985) puntualizan que, según las circunstancias particulares de cada situación, una misma perturbación puede tener impactos diferentes. Los efectos de una perturbación pueden transmitirse indirectamente a otros procesos del entorno, creando una cadena interminable de relaciones y perturbaciones entre los diferentes componentes de un ecosistema, incluso disturbios de escalas intermedias pueden mantener una alta diversidad (Connell, 1978).

Las lagunas son el reflejo de la cuenca que las rodea. Ello responde a que la cantidad de nutrientes que tiene una laguna y, consecuentemente, el potencial productivo de la misma, dependen en gran medida de los aportes externos que esta recibe (Rosso, 2007).

Actualmente, la región pampeana se ha convertido en un agroecosistema casi en su totalidad, sufriendo el impacto de la actividad agrícola desde el siglo XIX y de la ganadería desde los tiempos coloniales (siglo XVI) (Gómez & Toresani, 1998). Las lagunas pampeanas, como parte fundamental de este paisaje, han seguido estos cambios a la par de los ecosistemas terrestres circundantes (Quirós & Drago, 1999). Debido a la gran interrelación y dependencia que mantienen con ese medio, los ambientes acuáticos

pampeanos son altamente vulnerables al uso antrópico de los recursos tanto propios como los de la tierra (Quirós, 2000).

En estos sistemas, el fitoplancton juega un rol fundamental. Los productores primarios del fitoplancton son los primeros en reflejar cambios en el ecosistema, los que luego se evidencian en los consumidores y finalmente en los descomponedores (Reynolds, 1984, 1997; Darley, 1987). Por otro lado, el estado trófico de un cuerpo de agua es una propiedad íntimamente relacionada tanto con la estructura del ecosistema (relación entre sus componentes bióticos y abióticos) como con la influencia antrópica. Al aumentar la concentración de nutrientes se favorece la frecuencia de las floraciones algales, lo que a su vez incrementa la producción primaria. Los estados autotrófico y heterotrófico están definidos por las tasas de fotosíntesis y respiración que involucran los flujos de carbono, y ambos son usados para caracterizar los ecosistemas (Bermejo & González de Zayas, 2011).

En función de lo antes dicho, los resultados de este trabajo permitirán tener un mayor conocimiento y aproximación de las relaciones que se establecen entre los diversos componentes físicos, químicos, biológicos, meteorológicos y geohidrológicos que tienen lugar en la laguna de Monte, laguna pampásica seleccionada para este estudio. Con ello se pretende aportar información desde una perspectiva ecohidrológica, que relaciona la dinámica de la comunidad fitoplanctónica, el estado trófico y los factores meteorológicos (precipitación pluvial).

1.1. Planteo del Problema

El recurso hídrico es un elemento vital que interviene en una gran diversidad de procesos biogeoquímicos básicos de todo ecosistema. Por ello, los ambientes acuáticos son sistemas dinámicos que responden a continuas presiones del entorno. En este sentido, en un contexto de cambio climático donde las variables ambientales se encuentran sujetas a dichos cambios, provocan efectos particulares propios a cada acción.

Los cambios en las condiciones químicas, físicas, biológicas y ecológicas de un sitio o un componente ambiental pueden ser periódicos u ocasionales o, incluso, ocurrir de forma progresiva (gradiente de variación) o en saltos abruptos (umbrales).

Las lagunas pampásicas poseen una dinámica y una fuerte interrelación con las áreas terrestres circundantes producto de su baja pendiente. Las precipitaciones pluviales son disturbios hidrometeorológicos que modifican la composición y la abundancia de la comunidad del fitoplancton y el estado trófico en la laguna de Monte y es importante profundizar el conocimiento de esos cambios.

1.2. Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es caracterizar la composición y abundancia del microfitoplancton a partir del disturbio provocado por las precipitaciones pluviales estacionales en la laguna de Monte, provincia de Buenos Aires, Argentina.

En función de esto se establecen una serie de objetivos específicos, que se enuncian a continuación:

I. Identificar algunos factores naturales que inciden en la laguna de Monte, perteneciente al sistema de lagunas de Las Encadenadas en la cuenca inferior del río Salado.

II. Estimar el volumen de agua proveniente de las lluvias en cada evento meteorológico durante un año y medir el nivel hidrométrico en la laguna de Monte.

III. Analizar las características físicas y químicas del agua y el estado trófico de la laguna de Monte, cuando ocurre una perturbación hidrológica, aplicando el Índice del Estado Trófico.

IV. Evaluar los cambios estacionales en la estructura y dinámica del fitoplancton (fracción del microfitoplancton) en relación a las lluvias durante un año.

1.3. Hipótesis

Los disturbios hidrometeorológicos producidos por los eventos de precipitación pluvial, alteran la composición y abundancia de la comunidad del fitoplancton en la laguna de Monte (Buenos Aires, Argentina).

1.4. Marco Conceptual

En las lagunas pampásicas eutróficas como la laguna de Monte es necesario reconocer los cambios estructurales y dinámicos en la comunidad fitoplanctónica, así como identificar de qué forma los disturbios hidrometeorológicos ocasionan estos cambios.

En el año 1831, Darwin, inició su viaje alrededor del mundo a bordo de la segunda expedición del HMS *Beagle*. El 22 de marzo de 1833 pernocta en la estancia “Los Cerrillos”, San Miguel del Monte, propiedad de Juan Manuel de Rosas (Fabiano, M., 2000). Dicho autor no realizó observaciones sobre los ambientes acuáticos, señalando en su diario que la localidad de Monte es “un pueblo pequeño, bonito y disperso”.

Ameghino (1884) visitó las lagunas de Monte, Las Perdices, del Rosario y del Seco, no pudiendo recolectar fósiles ni realizar observaciones geológicas en la zona, por hallarse toda la región con mucha agua, debido a las grandes lluvias de octubre de 1883. Aunque se había propuesto volver a la región cuando bajaran las aguas, de la lectura de sus obras no se desprende que haya vuelto jamás.

Ringuelet *et al.* (1955), en ocasión de una mortandad de peces en la laguna de Monte a consecuencia de una floración de cianobacterias (*Anabaena inaequalis*, *A. circinalis* y *Polycystis Jlos-aquae*), realizaron un estudio "ad hoc".

Respecto del marco de investigaciones del campo de la geohidrología, Guarrera *et al.* (1968) publicó estudios limnológicos realizados en la laguna de Monte en el período 1949/51 titulado "Fitoplancton de las Aguas Superficiales de la Provincia de Buenos Aires". El trabajo está dedicado al fitoplancton, conteniendo además una descripción morfológica y batimétrica del área, y brindando una idea general del clima y del régimen de lluvias. Asimismo, caracterizó dos grupos de protofitos describiendo con seguridad 163 especies y 13 taxones dudosos, todos ellos descritos e ilustrados. Cabrera Rivera (1972) realizó un trabajo en aguas subterráneas en las lagunas de Monte y las Perdices, con énfasis en la climatología, balance hidrológico y en los aspectos hidroquímicos de los distintos acuíferos concluyendo que las aguas del "Epipelche" son en general aptas para el uso humano, pero con una alcalinidad bastante elevada. El desmejoramiento químico es normal, parecería producirse en sentido del flujo subterráneo, hacia las zonas de descarga. Asimismo, las aguas del "Pelche" resultarían inaptas por su elevada salinidad y dureza. En lo que respecta al clima de la región es uniforme, existen condiciones meteorológicas que permiten el exceso de agua en determinados meses del año.

Dangavs (1973) caracterizó geológicamente la región y geolimnológicamente la laguna de Monte, analizando parámetros físicos y química del agua, sedimentos, estratigrafía y los aspectos genéticos de dicho cuerpo de agua, concluyendo que la misma se originó en un periodo de clima seco, asignables al Pleistoceno y Holoceno, por deflación y acciones hídricas combinadas, y que los depósitos que colmatan la cubeta lagunar están integrados por sedimentos provenientes de la destrucción de médanos loessicos, así como sedimentos arenosos transportados por viento de la región del río Salado y del arroyo Saladillo. Freyre *et al.* (1987) realizaron el diagnóstico ambiental previo del sistema arroyo Totoral en 1986 y posteriormente (Freyre *et al.*, 1989) el estudio ecológico integral del mismo, basándose principalmente en parámetros físicos y químicos de las aguas del sistema y en estudios de zooplancton e ictiológicos. En base a estos autores establecieron que la laguna de Monte no incrementa su eutrofia debido al efecto "buffer" ejercido por la boca del arroyo Totoral, la que actúa de trampa para los nutrientes y sales, así como el pH y carbonatos aportados al sistema, permitiendo la supervivencia de la laguna con una calidad ambiental no esperada de acuerdo a sus condiciones naturales y a los aportes de la actividad humana. González (2005) publicó un trabajo sobre los ambientes hidrológicos de la provincia de Buenos Aires, estableciendo una completa caracterización de las unidades y regiones hidrológicas. Los caracteres geológicos, fundamentales en lo que se refiere al medio físico, son asumidos desde el punto de vista hidrológico, con unidades acuíferas

predominantemente en medio poroso, excepto reducidos ámbitos serranos con acuíferos fisurados. Determinó que en la hidrodinámica subterránea prevalece la lentitud del flujo y la transferencia vertical de agua en la mayoría de las regiones, mientras que la hidroquímica muestra la existencia de distinto tipo de zonalidades y variable calidad, llegando a reconocer y definir once regiones hidrogeológicas.

En las últimas décadas se han realizado algunos estudios sobre el fitoplancton de la laguna de Monte (Izaguirre *et al.*, 1991; Izaguirre & Vinocur, 1994 a y b; Mac Donagh *et al.*, 2000; Solari *et al.*, 2002, 2003; Ruiz *et al.*, 2014) y otros sobre el estado trófico de la misma (Gabellone & Gómez, 1998; Gabellone *et al.*, 2002). Gabellone y Gómez (1998) analizaron el contenido de fósforo y determinaron 51 especies de diatomeas en sedimentos actuales de la laguna de Monte. Asimismo, identificaron un período seco de 15 años (1969-1984), caracterizado por valores bajos de fósforo total, escasas diatomeas y una tasa de sedimentación de 0,77 cm/año y, un período de mayor humedad, que empezó en 1985 y continuó hasta 1998, con valores altos de fósforo total y abundancia de diatomeas (Herrera Silveira *et al.*, 1999).

Gabellone *et al.* (2000) determinaron el estado trófico de la laguna de Monte para el período 1997/98, mediante diversos parámetros ambientales (transparencia, temperatura, oxígeno disuelto, fósforo total y clorofila activa) e índices, la estructura planctónica y la presencia de indicadores biológicos. Los resultados alcanzados señalan que la condición trófica de la laguna era meso-eutrófica. Asimismo, hay antecedentes limnológicos de esta laguna en dos capítulos de libros (Casco *et al.*, 2010; Solari & Mac Donagh, 2014).

1.5. Enfoque Ecohidrológico

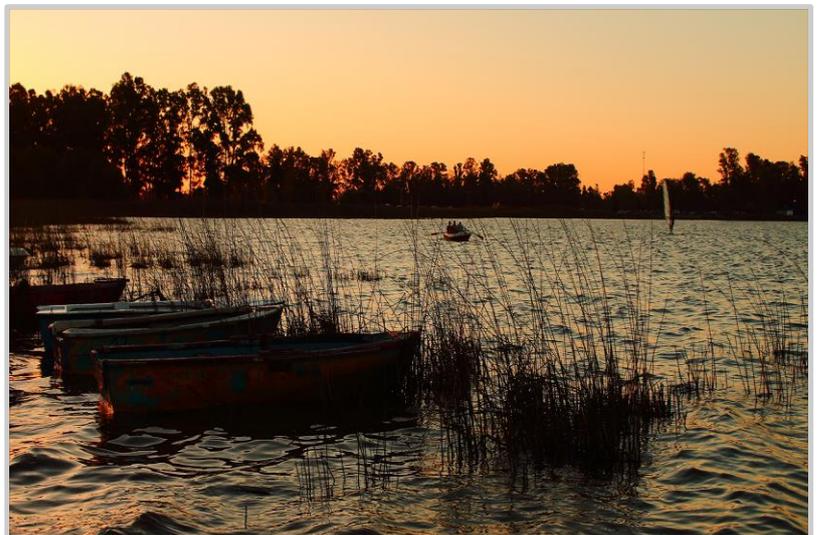
El origen, la existencia y la dinámica de los ambientes acuáticos se encuentran ligadas a los acontecimientos geológicos, hidrológicos, climáticos, ecológicos, históricos y culturales de la región. Como se ha mencionado anteriormente, la creciente inestabilidad climática, así como también el crecimiento demográfico podrían conducir a la degradación de los recursos hídricos y a la pérdida de la biodiversidad. El reconocimiento y la optimización de los servicios ecosistémicos en beneficio de la sociedad conjuntamente con el mejoramiento de la resiliencia de las cuencas hidrográficas frente a las presiones ejercidas por el clima y la sociedad podrían contribuir a alcanzar esta meta. La Ecohidrología, una ciencia transdisciplinaria, proporciona un enfoque sistemático para la regulación de la relación ciclo hidrológico-biota (regulación dual) de manera de mejorar la capacidad de carga de una cuenca por medio de una gestión integrada de los recursos hídricos, la biodiversidad, la capacidad de resiliencia y los bienes y servicios ecosistémicos.

La calidad de los recursos hídricos y bióticos de los reservorios de agua, cuyo régimen hídrico responde a las características del ambiente, se encuentran condicionados a

variaciones de aportes hídricos como consecuencia de aleatorios vaivenes climáticos de la Pampa húmeda y/o al manejo de la cuenca superficial. De acuerdo a lo señalado, se pueden considerar tres aspectos que hacen a la dinámica acuática actual: la provisión de agua a los ambientes acuáticos, las características físicas de las cubetas y las condiciones ecológicas de los mismos.

Este trabajo de Tesis pretende desarrollar técnicas, metodologías y análisis desde una perspectiva ecohidrológica que permita comprender el sistema desde una cosmovisión integral.

MATERIALES Y MÉTODOS



2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

2.1.1. Descripción General

El presente estudio se desarrolla en la laguna de Monte, ubicada en la localidad de San Miguel del Monte, perteneciente al partido de Monte, provincia de Buenos Aires (Figura 2.1). Esta laguna pampásica ha sido citada, en diferentes formas, por diversos autores como laguna San Miguel del Monte (Izaguirre y Vinocur, 1994a, 1994b; Benítez & Claps, 2000; Claps *et al.*, 2002, 2004; Solari *et al.*, 2002, 2003; Quaini *et al.*, 2008; Carrillo *et al.*, 2009; Ruíz *et al.*, 2014), laguna de San Miguel del Monte (Dangavs, 1973; Gabellone y Gómez, 1998; Gabellone *et al.*, 2000, 2002; Mac Donagh *et al.*, 2000; Ardohain *et al.*, 2005), laguna de Monte (Guarrera, 1962; Quirós, 1988; Ardohain *et al.*, 2000; Mac Donagh *et al.*, 2000; Grosman *et al.*, 2002; Freyre *et al.*, 1987, 1989, 2005) o laguna del Monte (Dangavs, 2007; Dangavs y Pierrard, 2013).

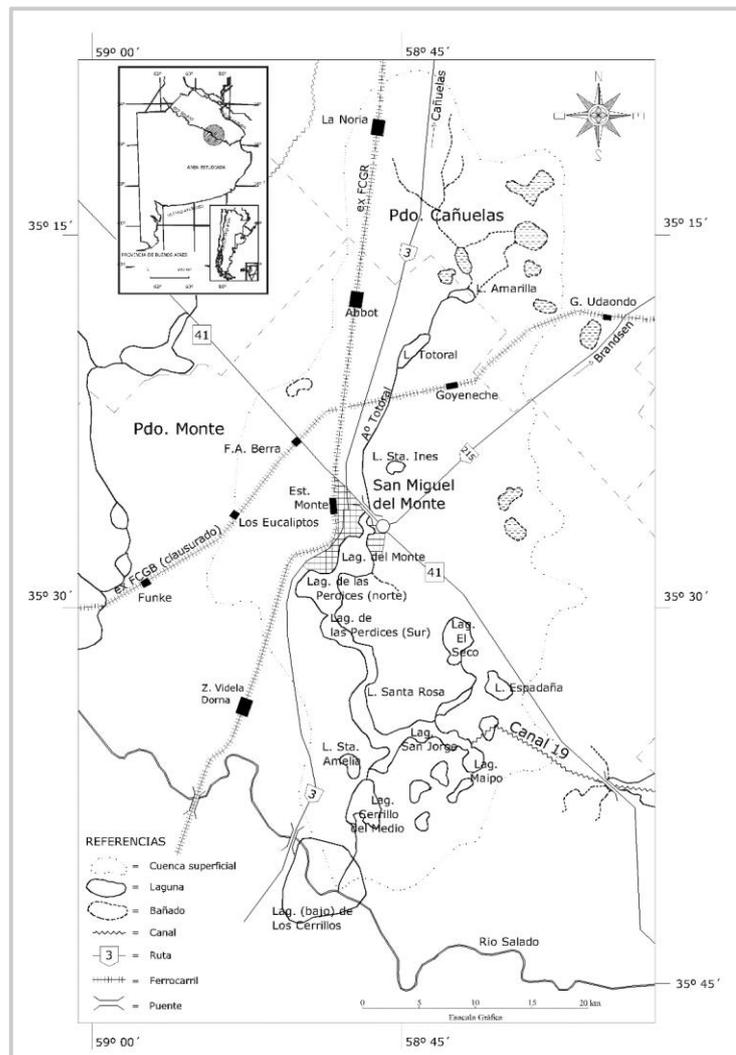


Figura 2.1. Ubicación regional del área de estudio. Dangavs, 2007.

La ciudad de San Miguel del Monte se encuentra comprendida en la zona de América del Sur con un clima lluvioso y moderadamente cálido (Köppen & Geiger, 1954). Las características del clima dominante es templado húmedo, con una zona climática de transición al cálido, con inviernos suaves y veranos algo calurosos.

En la Tabla 2.1 se detallan “Estadísticas Climáticas Normales” publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), para el período comprendido entre 1981-2010 de la estación meteorológica Ezeiza Aero, indicando un promedio de 1.019,8 mm/año y un valor mensual de 85,0 mm.

Tabla 2.1. Variables climáticas mensuales de Estación Meteorológica Ezeiza Aero, SMN, 1981-2010. Fuente: Base de datos del SMN (<https://www.smn.gob.ar/descarga-de-datos>)

Valor Medio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura Media (°C)	23,9	22,7	20,8	16,7	13,2	10,3	9,6	11,5	13,4	16,7	19,6	22,3
Temperatura máxima (°C)	30,2	28,5	26,7	22,5	18,8	15,6	14,9	17,3	19	22,2	25,4	28,5
Temperatura mínima (°C)	17,7	16,9	15,3	11,4	8,2	5,8	4,9	6,1	7,8	10,9	13,5	15,9
Humedad relativa (%)	66,3	71,6	75,3	78,6	79,4	79,7	78,9	75,7	72,9	72,0	69,3	66,2
Velocidad del Viento (km/h)	13,3	12,5	11,2	10,5	10,3	10,9	11,5	12,5	14,1	13,7	13,9	13,4
Nubosidad total (octavos)	3,6	3,6	3,6	3,8	4,3	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0	3,7
Precipitación (mm)	101,7	113,1	114,4	93,2	76,6	47,3	47,2	55,1	59,7	110,5	103,0	98,0
Frecuencia de días con Precipitación superior 0,1 mm	7,6	7,6	8,3	8,3	6,5	6,7	6,7	6,6	7,0	9,6	9,3	8,4

El mes más lluvioso, en promedio, es marzo con 114,4 mm y, el mes menos lluvioso, es julio con 47,2 mm (Tabla 2.1, Figura 2.2). Asimismo, la época más lluviosa, del registro anual de precipitaciones, es el verano con 30,7 % y los meses más secos son los del invierno, con solamente 14,6 %. Las lluvias de primavera y otoño son abundantes con 26,8 % y 27,9 % del total anual, respectivamente.

Por otra parte, la humedad relativa ambiente en la zona es elevada y varía desde un valor medio de 66 % en diciembre-enero hasta 79 % en mayo-junio, siendo la media anual del 74 % (SMN, 1981-2010) (Tabla 2.1, Figura 2.2).

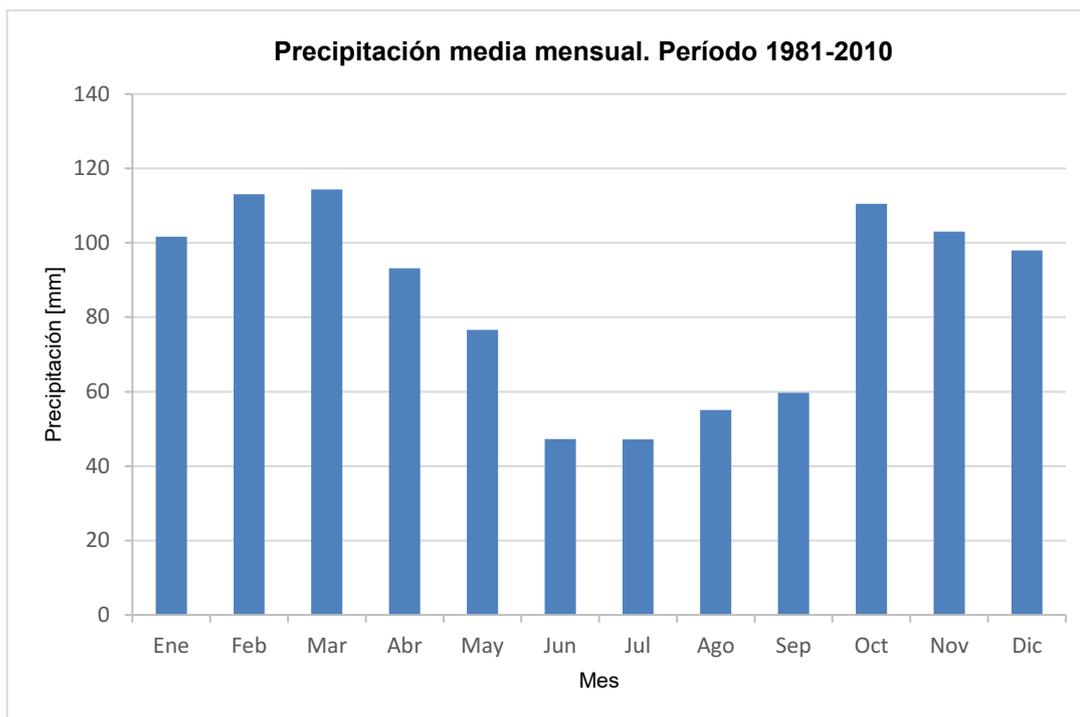


Figura 2.2. Precipitación media mensual en Estación Ezeiza Aero, SMN. Período 1981-2010.

En la Tabla 2.2 se observan datos estadísticos de frecuencias medias mensuales y anuales y velocidades medias mensuales y anuales de los vientos, en función de su dirección, en la Estación Ezeiza Aero del Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina, para el período 2001-2010.

Tabla 2.2. Frecuencias medias mensuales y anuales y velocidades medias mensuales y anuales de los vientos en Estación Ezeiza Aero, SMN. Período 2001-2010.

Vientos		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	Frecuencia (días/1000)	88	72	59	76	119	98	88	89	54	73	87	96	83,3
	Velocidad media (km/h)	13,2	12,5	10,8	11,6	11,7	12,5	12,6	14	15,2	13,9	14,5	14	13,0
NE	Frecuencia (días/1000)	259	255	232	156	166	169	184	211	242	238	264	280	221,3
	Velocidad media (km/h)	15,2	13,5	12,8	11,9	11,4	12,5	13	13,1	15,1	15,5	14,9	14,8	13,6
E	Frecuencia (días/1000)	165	141	162	113	71	79	97	99	161	148	149	141	127,2
	Velocidad media (km/h)	14,4	12,9	12,5	10,3	11,7	12,1	11,6	12,5	14,2	14,2	13,3	14,2	12,8
SE	Frecuencia (días/1000)	131	151	161	117	125	102	72	132	166	155	132	139	131,9
	Velocidad media (km/h)	13,5	14,6	12,1	11,6	13,4	11,1	11,5	13,4	14,1	12,8	14,1	13,9	13,0
S	Frecuencia (días/1000)	108	115	103	117	119	88	96	125	127	117	106	87	109,0
	Velocidad media (km/h)	15,5	13,5	12,4	12,6	11,5	11,3	12,2	13,9	16,4	15	15,8	14,5	13,7
SO	Frecuencia (días/1000)	48	71	74	91	115	112	116	113	99	74	79	72	88,7
	Velocidad media (km/h)	13,6	13,2	12,5	12,8	11,3	13,7	13,4	14,7	16,2	15	17	13,8	13,9

Vientos		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
O	Frecuencia (días/1000)	61	71	48	99	91	118	157	83	63	84	54	59	82,3
	Velocidad media (km/h)	11,9	12,7	13,1	11,1	10,9	12,3	13,5	13,4	12,4	15,4	14,7	13	12,9
NO	Frecuencia (días/1000)	91	69	71	142	84	138	110	77	47	60	85	76	87,5
	Velocidad media (km/h)	12,1	11,3	11,8	10,4	10,6	11,3	11,4	12,9	12,2	12,5	12,9	12,7	11,8
CALMA	Frecuencia (días/1000)	50	54	90	88	112	96	80	71	41	50	44	49	68,8

En la Figura 2.3 se comparan las velocidades medias de los vientos (SMN, 2001-2010) respecto a las posibles direcciones en las cuatro estaciones del año: verano (enero, febrero y marzo), otoño (abril, mayo y junio), invierno (julio, agosto y septiembre) y primavera (octubre, noviembre y diciembre). La predominancia de los vientos del Noreste se hace más evidente durante el verano y la primavera y disminuye en el otoño y el invierno. Esto se debe a que durante estas estaciones todo el sistema de altas y bajas presiones se desplaza hacia el Sur, por lo cual los vientos del Noreste generados por el centro de Alta Presión del Atlántico Sur alcanzan con mayor frecuencia el área de estudio.

Durante el verano, los vientos del Noreste presentan una frecuencia media de 249 días/1.000. Los vientos del Este le siguen en frecuencia, con un valor media de 156 días/1.000. Respecto a las velocidades, se observa una homogeneidad entre todas las direcciones de la rosa de viento, tomando valores entre 12 y 14 km/h.

En otoño los vientos más frecuentes siguen siendo los procedentes del Noreste (164 días/1.000), sin embargo, su frecuencia es menor que la observada en verano. Le siguen en frecuencia los vientos provenientes del Noroeste con 121 días/1.000. En cuanto a la velocidad media de los vientos, se observa una homogeneidad para todas las direcciones de la rosa de viento, adquiriendo valores entre 11 y 13 km/h.

En invierno, los vientos más frecuentes provienen del Noreste donde se observa un aumento leve del mismo con 212 días/1.000. Le siguen en frecuencia los vientos provenientes del Sudeste con 123 días/1.000. La velocidad media de los vientos se mantiene homogénea para todas las direcciones, adquiriendo valores entre 12 y 15 km/h.

En primavera, la predominancia de los vientos del Noreste incrementa notoriamente, registrándose una frecuencia media de 261 días/1.000. Otros vientos importantes en este período son los procedentes del Sudeste y Este, con frecuencias medias de 142 y 146 días/1.000, respectivamente. La velocidad de los vientos se mantiene homogénea para todas las direcciones, tomando valores entre los 13 y 15 km/h.

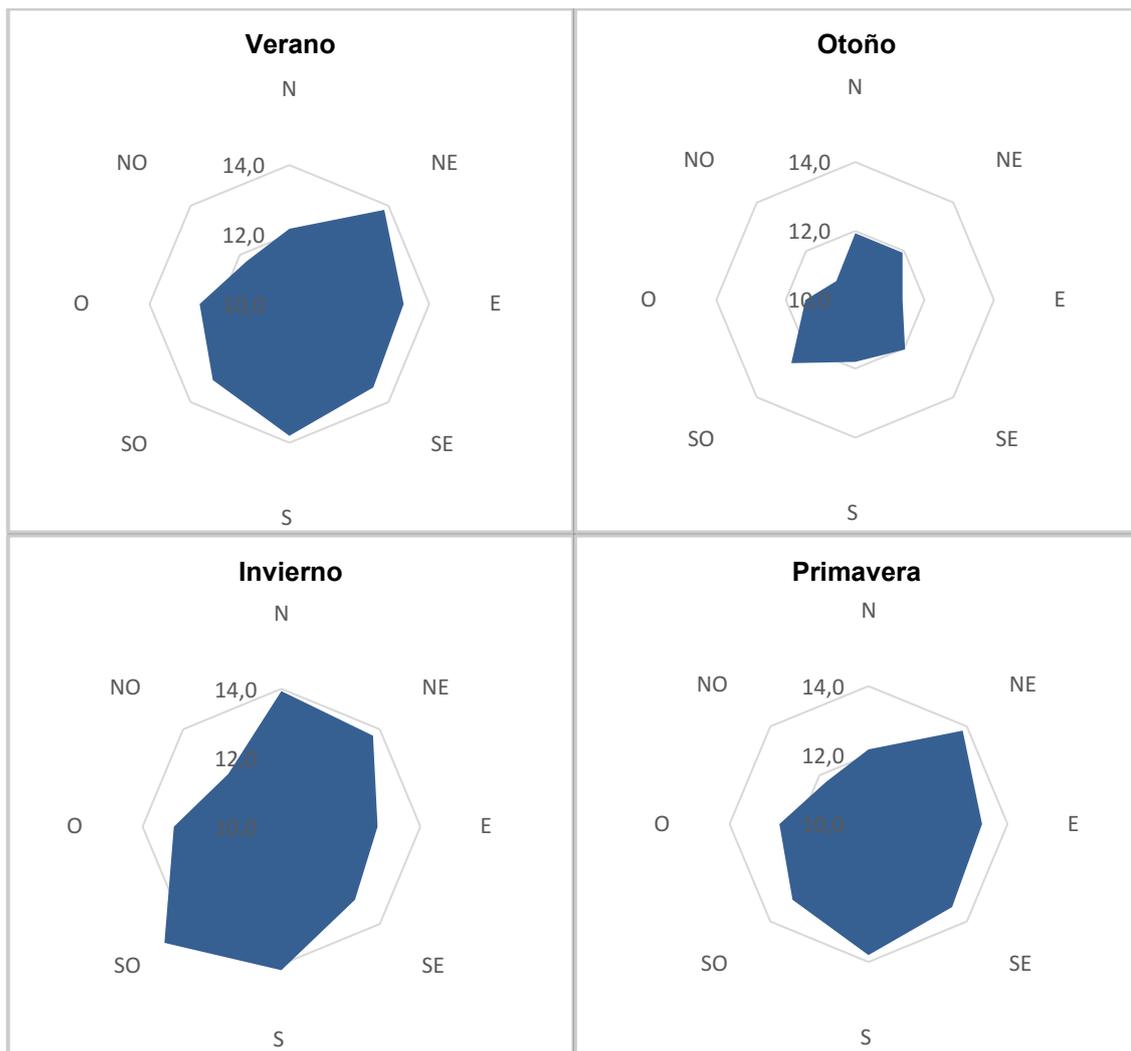


Figura 2.3. Velocidad media estacional de los vientos en Estación Ezeiza Aero, SMN. Período 1981-2010.

La temperatura promedio anual es de 16,73 °C (SMN, 1981-2010) por la Estación Ezeiza Aero mientras que la menor temperatura se registra en el mes de julio con 9,6 °C, y la más alta en enero con 23,9 °C de promedio (Figura 2.4).

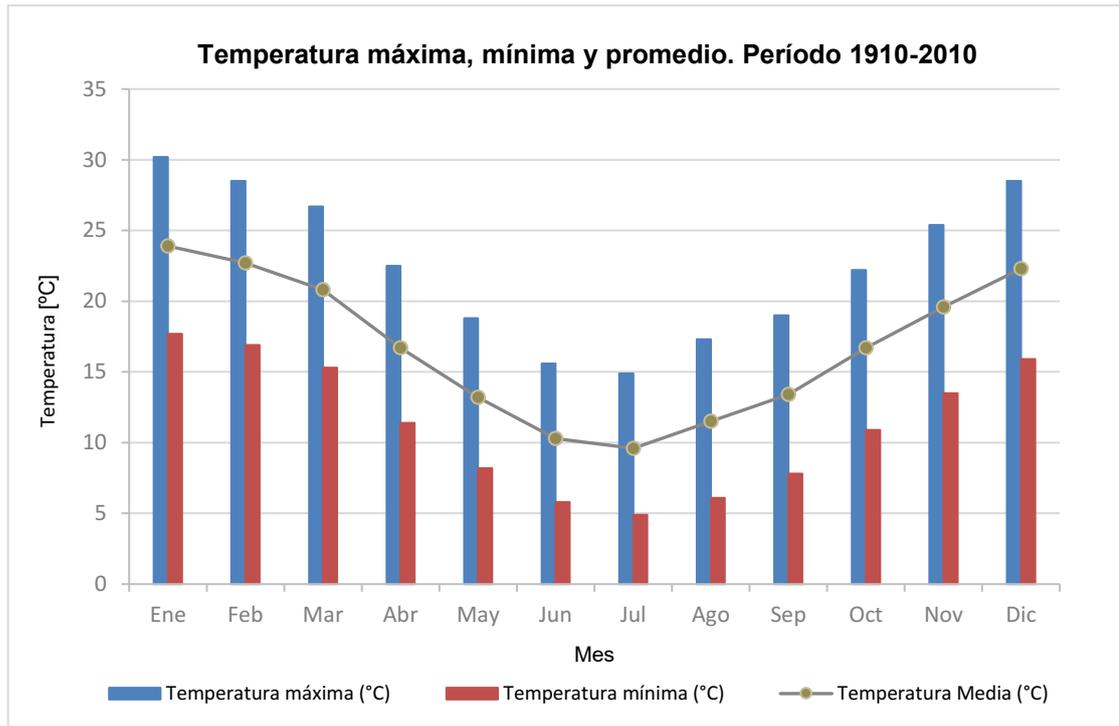


Figura 2.4. Temperatura máxima, mínima y media en Estación Ezeiza Aero, SMN. Período 1981-2010.

La cuenca de las “Lagunas Encadenadas de Monte” se encuentra en la llanura pampeana, en la región nordeste de la provincia de Buenos Aires, posee una extensión de 938 km² y está situada en los partidos de Monte (80 %) y Cañuelas (20 %). La laguna de Monte es un cuerpo de agua permanente que se ubica en la subárea de las Encadenadas del Este dentro del área del Salado Inferior en la Pampa Deprimida (Gabellone *et al.*, 2003). Pertenece a la cuenca inferior del río Salado y forma parte de una extensa llanura de acumulación de sedimentos predominantemente limosos. Según Dangavs (2010) está formada por 18 cuerpos de agua principales (lagunas), y un gran número de pequeños ambientes lénticos (lagunas y charcas). En época de crecientes, siete de los principales cuerpos de agua se integran en el sistema de las Encadenadas de Monte, conformado de Norte a Sur por las lagunas de Monte, Las Perdices, Santa Rosa, San Jorge, Maipo, Cerrillo del Medio y Los Cerrillos. El relieve es suave y la pendiente regional muy escasa en dirección general SSE (valor medio 0,128 %). La mayor altitud de esta cuenca menor se halla en su extremo Norte, en el partido de Cañuelas, en cota 34,3 m IGN y la menor en la desembocadura del arroyo Los Cerrillos en el río Salado, en cota 16 m IGN, siendo la altitud media de este complejo fluvio-lacustre de 25,15 m IGN. Por otra parte, la pendiente local puede alcanzar valores entre 2,5 % y 3,2 % como en las lomadas situadas al sur del sistema, en las estancias Santa Rosa del Monte, Cerrillo del Medio y Los Cerrillos. Aparte de los rasgos altimétricos mencionados, que se elevan más de 9 m sobre el llano circundante,

en el resto de la cuenca las lomadas son muy escasas y de poco desarrollo, todas ellas coronadas por depósitos de loess holoceno.

La cuenca posee una importante red vial que facilita el acceso a cualquier punto de la misma, destacándose la Ruta Nacional N° 3, que la atraviesa de Norte a Sur y las Rutas Provinciales N° 215 y N° 41, que comunican a San Miguel del Monte con los sectores NE y NO-SE de la cuenca, respectivamente. Además, la región cuenta con una vasta red de caminos secundarios y calles vecinales, integrados con las mencionadas rutas. Asimismo, la cuenca es atravesada por dos líneas férreas. Una en funcionamiento, la del ex Ferrocarril General Roca (FCGR), con una traza casi paralela a la Ruta Nacional N° 3, que une Buenos Aires con Bahía Blanca y la otra del ex Ferrocarril General Belgrano (FCGB), clausurada y con vías, en muchos tramos, levantadas.

El esquema hidrogeológico de la región fue tomado de González (2005) (Tabla 2.3, Figuras 2.5, 2.6). A partir de éste, el área bajo estudio queda comprendida dentro de la región hidrogeológica Salado-Vallimanca de la provincia de Buenos Aires y posee una extensión de 52.700 km². Incluye a las cuencas homónimas en su tránsito bonaerense (la primera nace en la provincia de Santa Fe), no involucrándose en esta contribución la de las lagunas Encadenadas del Oeste por estar naturalmente desconectada y ser de comportamiento endorreico. Tampoco comprende la denominada Región Llanura Costera por las razones señaladas en su caracterización.

Tabla 2.3. Sistema geohidroológico local.

Unidad Geológica	Litología	Comportamiento hidrolitológico
Pospampeano	Arenas finas, limos, limos arcillosos, arenas, conchillas	Zona No-Saturada / acuífero (freático)
Pampeano	Limos loessoides, limos arenosos, arenas muy finas. Coquinas.	Acuífero (freático) Acuífero (semilibre)
Pampeano (inferior)	Limos arcillosos. Arcillas limosas	Acuitardo
Fm. Arenas Puelches Fm. Araucano	Arenas fluviales, medianas y finas Arenas limosas yesíferas, limos	Acuífero (semiconfinado)
Fm. Paraná (superior) Fm. Paraná (inferior)	Arcillas verdes, verde-azuladas Arenas medianas a finas, verdes, marinas	Acuicludo Acuífero (confinado)
Fm. Olivos (superior) Fm. Olivos (inferior)	Arcillas rojizas Arenas medianas a gruesas, gravas basales	Acuicludo Acuífero (confinado)
Fm. Las Chilcas, Gral. Belgrano, Río Salado	Arcillas, arcillas arenosas Areniscas	Acuicludo Acuífero (confinado)
Fm. Serra Geral	Basaltos	Acuífugo. Acuífero (fisurado?)
Basamento Hidrogeológico	Granitos, gneises	Acuífugo

*Fm.: Formación

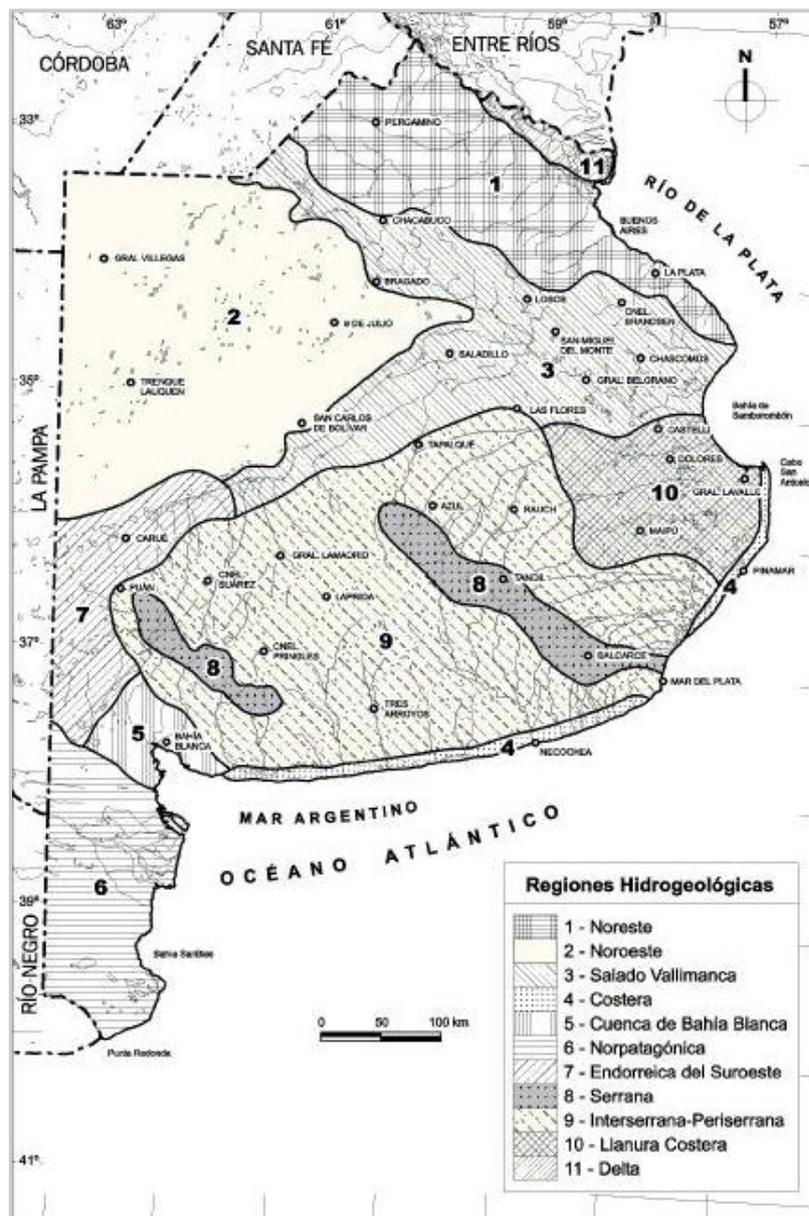


Figura 2.5. Regiones Hidrogeológicas de la provincia de Buenos Aires. Fuente: González, 2005.



Figura 2.6. Detalle Región Salado-Vallimanca.

La hidrogeología puede caracterizarse bajo un modelo conceptual compuesto por una secuencia de acuíferos superpuestos, en donde la interrelación entre las distintas unidades depende de la mayor o menor permeabilidad de los sedimentos que las separan.

Según González (2005) la conformación física del sistema geohidrológico que se describe está integrada por una Zona No-saturada (ZNS), un acuífero freático (Pampeano) y uno inferior semiconfinado, denominado Puelche.

La recarga, autóctona directa, es de tipo areal con manifestaciones localizadas en sectores donde adquieren expresión las geoformas medianosas. También aquí ocurre una recarga rechazada en las zonas bajas (planicies aluviales, bajos endorreicos, planicies marginales de cuerpos lagunares) cuando ocurren períodos de abundantes precipitaciones pluviales.

Como ocurre en las regiones tratadas precedentemente, las unidades acuíferas más profundas se recargan de manera alóctona.

La descarga prevalente es consuntiva y, por una parte, la local se desarrolla en los cursos fluviales y lagunas, de neto carácter ganador o efluente, proceso al cual debe su nombre el río Salado (receptor de caudal básico con moderadamente alta salinidad). Por otra parte, la regional ocurre hacia la Bahía de Samborombón. La circulación subterránea sucede a muy baja velocidad, con gradientes del orden de centímetros por kilómetro.

Hidroquímicamente, existe una amplitud muy marcada en los acuíferos superiores. La salinidad en el freático oscila desde menos de 500 a 1.500 mg/l en los cordones arenosos y conchiles litorales y médanos mediterráneos, mientras que en el Pampeano se registran tenores salinos entre 500 y 20.000 mg/l, con una tendencia general al incremento de sales disueltas hacia el eje del Salado. El acuífero Puelche ofrece concentraciones entre 2.000 y 10.000 mg/l.

Los acuíferos profundos son de carácter salobre a salino, prevaleciendo esta última calificación con extremos que superan los 60.000 mg/l.

La extensión territorial donde se encuentra la laguna de Monte se ubica en la Región Natural denominada Pampa ondulada baja que lleva el número 6 en el mapa de Regiones Naturales de la Provincia de Buenos Aires (Figura 2.7).

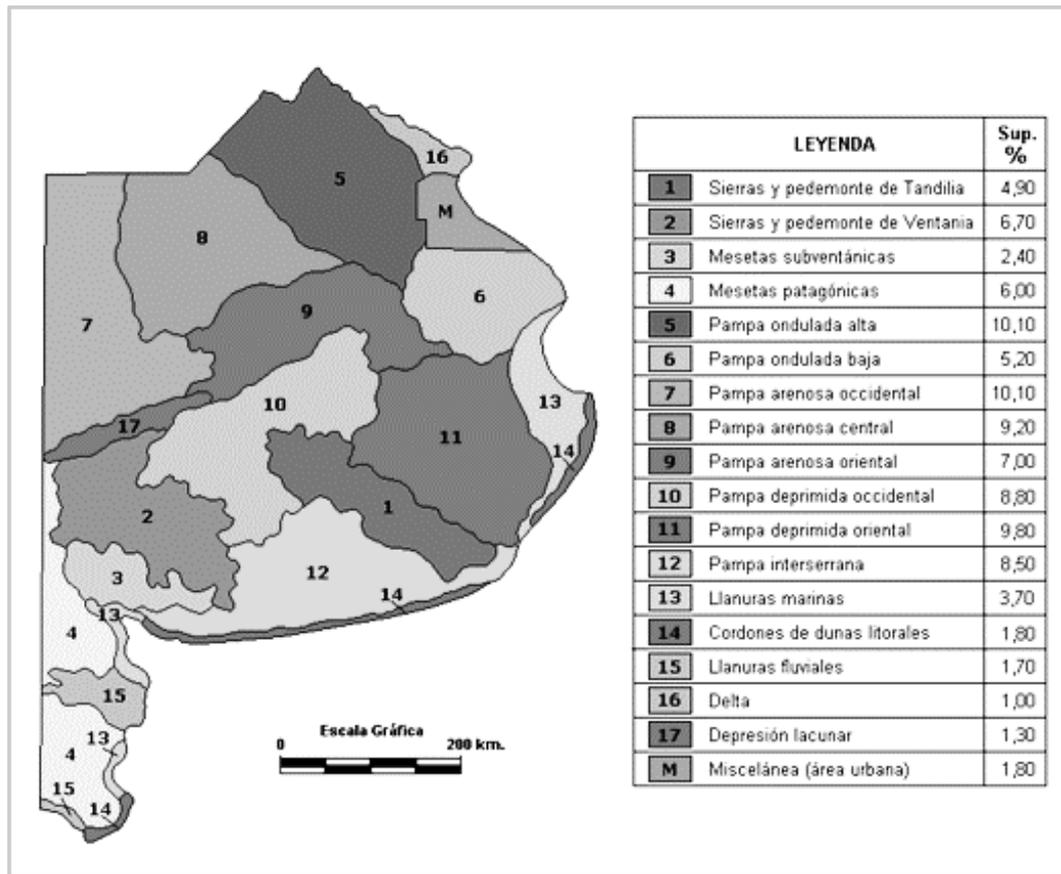


Figura 2.7. Regiones Naturales de la Provincia de Buenos Aires.

Fuente: <http://inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm>

El Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires fue elaborado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario (INTA) en escala de 1:500.000, determinando que el área en estudio corresponde a la Unidad Geomorfológica de Llanuras Continentales, Subunidad de carácter ondulado con loess espeso. Los Suelos Dominantes corresponden al Dominio edáfico 11, dominio que abarca la mayoría de la superficie del Partido.

En este Dominio 11, los suelos se desarrollaron en dos materiales originarios distintos. Por una parte, el sedimento que constituye la base de toda la superficie del dominio tiene textura franco-arcillosa, abundante carbonato de calcio y corresponde al loess “Bonaerense” de Frenguelli o “Post Lujanense” de Tricart.

Sobre este material, por otra parte, se depositó un sedimento de origen eólico, de textura franco-arenosa, cuyo espesor varía entre 30 y 60 cm; se trata del “Platense eólico” de Frenguelli o “Post Platense” de Tricart.

El paisaje, en general, se compone de áreas suavemente onduladas con planicies altas, ubicadas en el interfluvio de los ríos Samborombón y Salado con la presencia de numerosas lagunas y cubetas de origen eólico.

En las posiciones más altas y planas se desarrollan Argiudoles Ácuicos, en las lomas y en los cordones adosados a las cubetas vinculadas con el río Samborombón, se

encuentran Hapludoles taptórgicos y Paleudoles típicos y en las márgenes de cubetas y áreas encharcables se desarrollan Argialboles típicos, Natracuoles típicos, Natracualfes típicos y Natrudalfes típicos.

La comunidad vegetal dominante es la estepa de gramíneas que caracteriza a la zona biogeográfica de la Provincia Pampeana del Dominio Chaqueño (Cabrera & Willink, 1973). En esta zona son dominantes los géneros *Stipa*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Briza*, *Bromus*, *Eragrostis* y *Poa*, aunque específicamente en la zona pericostera puede desarrollarse la estepa de halófitas con géneros como *Distichlis*, *Spartina* o *Salicornia* (Gabellone *et al.*, 2003). Dado el extenso aprovechamiento agrícola-ganadero de la región, la vegetación prístina ha sido destruida en gran parte y sustituida por especies de cultivo (Gómez & Toresani, 1998).

Desde el punto de vista zoogeográfico, la laguna queda incluida en el Dominio Pampásico, caracterizado por una fauna de orígenes subtropical y andino-patagónico y elementos pampásicos (Ringuelet *et al.*, 1955). El zooplancton, con predominio de rotíferos y crustáceos, constituye una de las comunidades dulceacuícolas más importantes ya que sus integrantes tienen un papel destacado en el flujo energético de las lagunas por alimentarse tanto de productores como de descomponedores (Arndt, 1993). Asimismo, hay varias especies que tienen importancia económica, como *Hydrochaeris hydrochaeris* L. (carpincho), *Myocastor coypus* Molina (coipo), *Leptodactylus ocellatus* L. (rana toro sudamericana), *Odontheistes bonariensis* C.V. (pejerrey), *Hoplias malabaricus* Bloch (tararira), entre otras.

2.1.2. Descripción Ambiental de San Miguel del Monte

El partido de Monte posee una población de 24.481 habitantes según el Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (CNPHV) del año 2022 realizado por el INDEC. El partido muestra un crecimiento demográfico exponencial en el período intercensal 2001-2010, pero disminuyó para el período intercensal 2010-2022. En relación a la dinámica poblacional del partido, según el CNPHV entre los años 2001, 2010 y 2022 se registra un crecimiento demográfico de 17.488 habitantes (2001) a 21.034 habitantes (2010) a 24.481 habitantes (2022). Alcanzó una variación relativa del 20,3 % (2001-2010) y 16,4 % (2010-2022). Las actividades predominantes son las agrícolas y ganaderas y, en menor escala, las socio-culturales. La laguna en estudio está situada lindera a la ciudad cabecera, siendo las coordenadas de su centro geográfico 35° 26' 25" latitud Sur y 58° 48' 10" longitud Oeste (Figura 2.8).

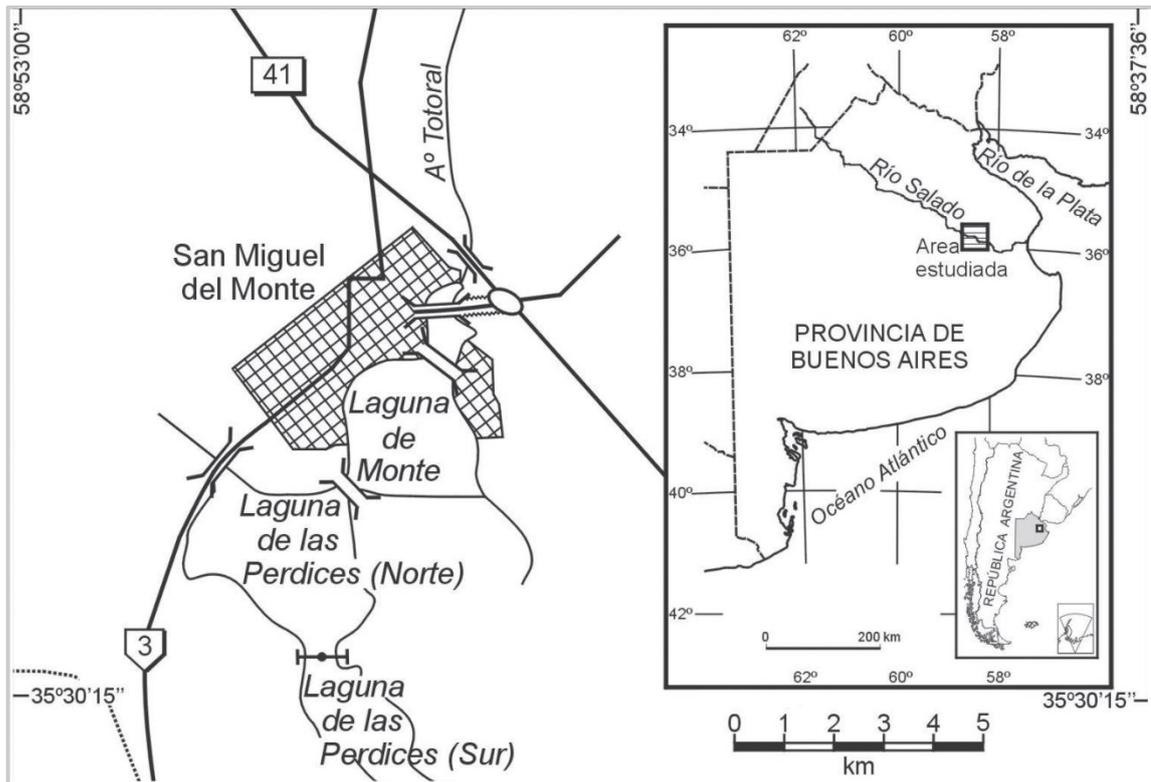


Figura 2.8. Ubicación del área de estudio. Fuente: Adaptado de Dangavs & Pierrard, 2013

Particularmente en el distrito de Monte más del 90 % del territorio está destinado a la cría y engorde de ganado vacuno y, además un número importante de ejemplares bovinos destinados a la actividad lechera. Por lo tanto, las comunidades originales están muy transformadas, y en la mayoría de estos potreros se ha perdido por completo la flora original, la que ha sido reemplazada por pasturas implantadas en algunos casos o por especies exóticas introducidas que, con frecuencia, rivalizan en abundancia con los elementos nativos, como los tréboles de carretilla, (*Medicago polymorpha*, *Medicago minima*), el cardo (*Cardus acanthoides*), el cardo de castilla (*Cynara cardunculus*), la avena silvestre (*Avena barbata*), *Hypochoeris radicata*, *Poa annua*, *Briza minor*, etc.

La actividad agrícola-ganadera desarrollada en la zona, se relaciona con la aparición de varias especies de malezas asociadas a los cultivos como sorgo de alepo (*Sorghum halepense*), yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) y gramón (*Cynodon dactylon*).

Las Cartas de Suelos desarrolladas por el INTA, en escala 1:50.000, para el partido de Monte, es descripto por la carta "MONTE - Hoja 3557-30- 1, San Miguel del Monte". Es un suelo oscuro, profundo, con fuerte desarrollo, su aptitud es agrícola, se encuentra en un paisaje de lomas extendidas, en posición de loma, dentro de la Subregión Pampa Ondulada baja, moderadamente bien drenado, desarrollado sobre sedimentos loésicos franco limosos, no salino, fuertemente alcalino desde los 39 cm, con pendientes de 0,5-1 %. Su clasificación taxonómica, según USDA-Soil Taxonomy V. 2006, es Natrudol Típico, Fina,

illítica, térmica. Según ADA-INTA-Soil Taxonomy V. 1975, es Hapludol Tapto Nátrico, Fina, illítica, térmica. Se detalla la descripción de cada horizonte, correspondiente a la serie Monte (29/1009-C), muestreado en 1974 (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Descripción del perfil del suelo.
Fuente: Carta de los suelos de la República Argentina, INTA

Horizonte	Descripción
Ap	0-18 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios moderados; duro; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; raíces abundantes; límite inferior claro y suave.
E	18-39 cm; pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo; pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en seco; franco; bloques subangulares medios moderados a finos débiles y granular simple; duro; friable; no plástico; ligeramente adhesivo; raíces comunes; límite inferior abrupto y suave.
Btn	39-62 cm; pardo (7,5YR 5/2) en húmedo; pardo grisáceo oscuro (7,5YR 4/2) en seco; arcilloso; prismas regulares compuestos, medios gruesos a finos; muy duro; firme; plástico; adhesivo; barnices húmicos- arcillosos abundantes; concreciones de hierro-manganeso escasas; raíces escasas; límite inferior claro y suave.
Btkn	62-82 cm; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; pardo (7,5YR 5/4) en seco; franco arcilloso; prismas compuestos regulares, medios gruesos a finos que rompen a bloques angulares irregulares; firme; plástico; adhesivo; concreciones de hierro-manganeso abundantes; concreciones de calcio abundantes; barnices húmicos-arcillosos abundantes; moteados comunes medios y precisos; raíces escasas; carbonatos libres violenta reacción en la masa; límite inferior claro y suave.
BCckn	82-119 cm; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; pardo (7,5YR 5/4) en seco; franco; bloques subangulares medios moderados; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; abundantes concreciones de carbonato de calcio y de hierro-manganeso; moteados abundantes gruesos y precisos; raíces escasas; débil reacción en la masa al carbonato de calcio; límite inferior gradual y difuso.
C	119 a + cm; pardo (7,5YR 5/2) en húmedo; franco; sin estructura definida; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; escasas concreciones de carbonato de calcio; moteados abundantes gruesos y precisos; raíces escasas.

Las precipitaciones pluviales en la zona son abundantes y en su distribución se observan períodos de mayor o menor pluviosidad. Los datos históricos indicados en la Tabla 2.5 fueron registrados desde 1985 por la Estación Meteorológica de la Sociedad Rural de Monte y continúan haciéndolo hasta el presente.

Tabla 2.5. Precipitaciones mensuales y anuales (mm) en Estación Meteorológica Sociedad Rural de Monte. Período 1985 - 2014.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1985	112	40	42	146	124	38	98	36	98	175	306	60	1.275
1986	249	23	70	271	36	42	30	69	161	129	201	91	1.372
1987	109	190	179	194	26	4	116	62	6	124	181	104	1.295
1988	177	86	520	22	9	6	64	37	60	60	100	112	1.253
1989	20	40	121	57	9	61	55	95	20	63	105	211	857
1990	149	196	93	144	126	1	36	43	47	218	263	126	1.442
1991	202	66	39	71	60	97	67	47	109	116	64	100	1.038
1992	131	75	105	93	50	230	78	68	74	103	86	148	1.241
1993	178	188	45	387	116	160	15	43	97	193	288	126	1.836
1994	129	71	61	148	203	177	43	7	89	115	23	144	1.210
1995	44	73	124	342	7	29	43	3	9	75	79	12	840
1996	73	141	66	208	38	8	61	111	88	100	74	193	1.161
1997	137	189	77	64	84	63	32	73	10	100	91	330	1.250
1998	120	47	83	203	80	7	56	4	69	119	64	125	977
1999	83	121	196	41	93	15	103	90	87	33	49	24	935
2000	31	134	65	287	262	85	34	73	51	180	139	114	1.455
2001	184	200	160	29	91	26	57	157	58	181	150	76	1.369
2002	44	93	401	79	85	13	55	77	83	176	158	79	1.343
2003	93	239	73	64	67	67	49	41	15	68	163	29	968
2004	48	10	33	154	16	27	35	110	40	44	87	51	655
2005	85	134	120	43	8	53	113	114	33	32	55	48	838
2006	164	102	91	50	13	70	67	0	26	186	12	147	928
2007	81	115	248	118	41	13	10	31	86	157	63	0	963
2008	76	116	206	32	8	94	22	22	5	58	6	0	645
2009	18	70	207	47	47	25	87	16	212	77	217	184	1.207
2010	42	285	96	73	86	54	108	17	122	59	40	13	995
2011	128	60	38	68	30	42	48	16	29	43	44	60	606
2012	55	215	152	48	124	6	1	184	55	254	42	157	1.293
2013	4	48	104	199	109	20	65	0	115	37	150	22	873
2014	327	143	118	120	134	31	126	10	188	167	145	94	1.603

Los registros de estos 30 años indican un promedio de 1.124,1 mm/año y un valor medio mensual de 93,7 mm. Marzo es el mes más lluvioso con un valor promedio de 131,1 mm; mientras que junio, con 52,1 mm de promedio, es el menos lluvioso. La época más lluviosa es el verano con 31,8 % del registro anual y la más seca el invierno, con solamente 16,5 % de las precipitaciones anuales. Las lluvias de primavera y otoño son abundantes con 29,3 % y 22,4 % del total anual, respectivamente. Los valores promedio registrados por la Estación Meteorológica de la Sociedad Rural del partido de Monte durante 30 años se resumen en la Tabla 2.6 y en la Figura 2.9.

Tabla 2.6. Precipitación media mensual (mm) en Estación Meteorológica Sociedad Rural de Monte. Período 1985 - 2014.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
109,8	117,0	131,1	126,7	72,7	52,1	59	55,1	71,4	114,7	114,8	99,3

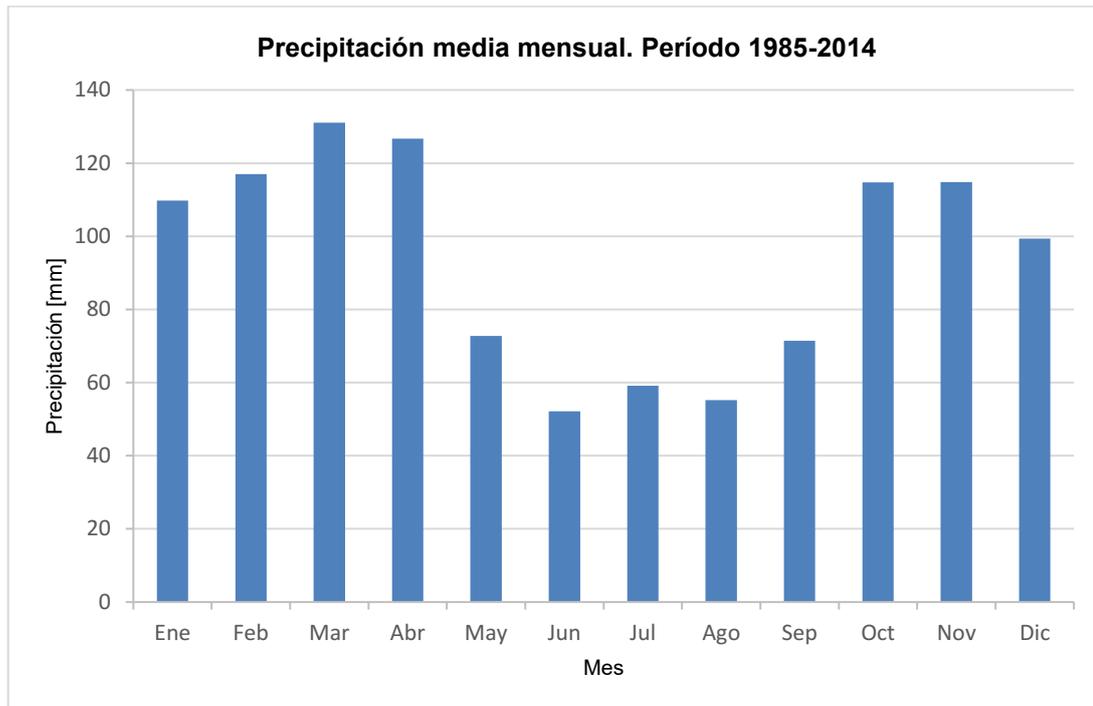


Figura 2.9. Precipitación media mensual en Estación Meteorológica Sociedad Rural de Monte. Período 1985 – 2014.

Respecto a la dinámica de escurrimiento superficial y subsuperficial, se observa que la masa de agua superficial ingresa a la laguna de Monte en su extremo norte, mediante el arroyo Totoral y abandona la laguna en su extremo sudoeste, hacia la laguna Las Perdices, a través de una compuerta de apertura/cierre manual de 4,00 metros de ancho y un vertedero de 35,00 metros de longitud (cota 19,26 m IGN).

La cota de nivel hídrico de la laguna de Monte presenta relación entre las precipitaciones y el nivel freático subterráneo. La recarga freática es meteórica y la descarga se produce en cauces y bajos, lo que confiere al agua superficial un neto carácter efluente (reciben agua de la capa freática). Asimismo, la presencia del arroyo Totoral es debida al aporte freático, salvo cuando se registra una inversión en el sentido de escurrimiento superficial por la crecida del río Salado. Cuando se produce este fenómeno, el incremento de los niveles lagunares es abrupto y la laguna puede ceder agua al acuífero freático (laguna influente).

Las determinaciones freatimétricas indican que la laguna de Monte recibe agua de la zona de saturación (laguna efluente) en casi todo su perímetro y cede agua al acuífero

freático (laguna influente) en sus extremos (Dangavs, 2007). En la Figura 2.10 se representa este comportamiento hidrológico que determina el carácter influente-efluente (a-b) del sistema.

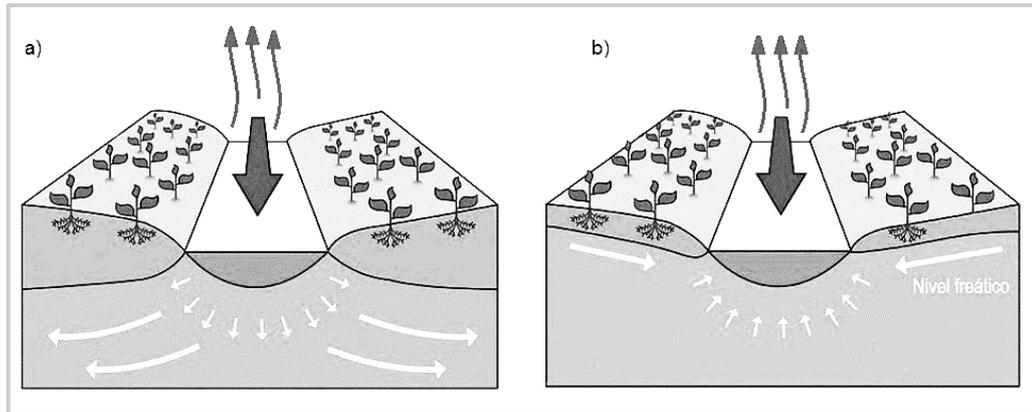


Figura 2.10. Comportamiento del sistema de recarga y descarga de agua

La morfología lagunar se compone de dos sectores definidos: una zona de transición entre el arroyo Totoral y el espejo de agua, denominada Boca del Totoral, ubicada en el sector noreste con una superficie de 89 ha y el cuerpo lagunar denominado Cuerpo Principal, de 589 ha (Dangavs, 2007) (Figura 2.11).

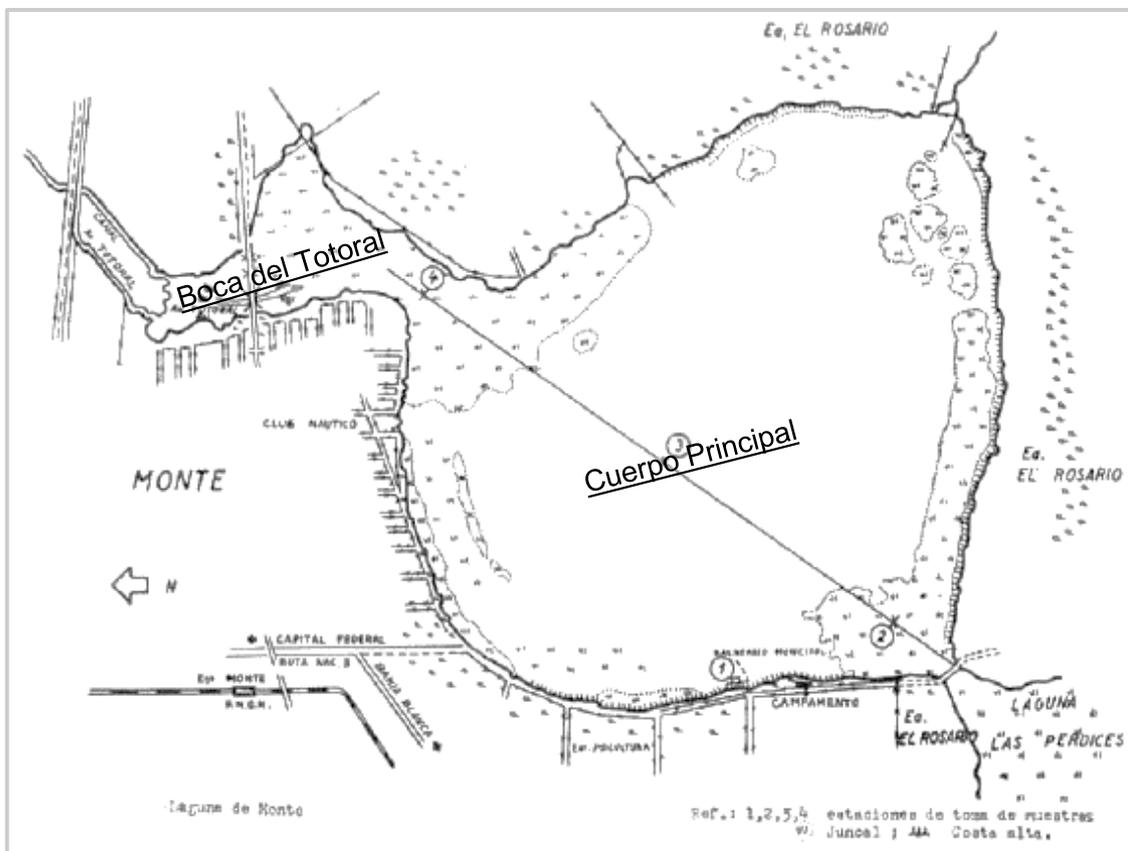


Figura 2.11. Morfología lagunar (mapa de Garrera, 1962).

Dangavs & Pierrard (2013) caracterizaron la paleolimnología de la laguna de Monte permitiendo comprender su batimetría y planimetría (Figura 2.12).

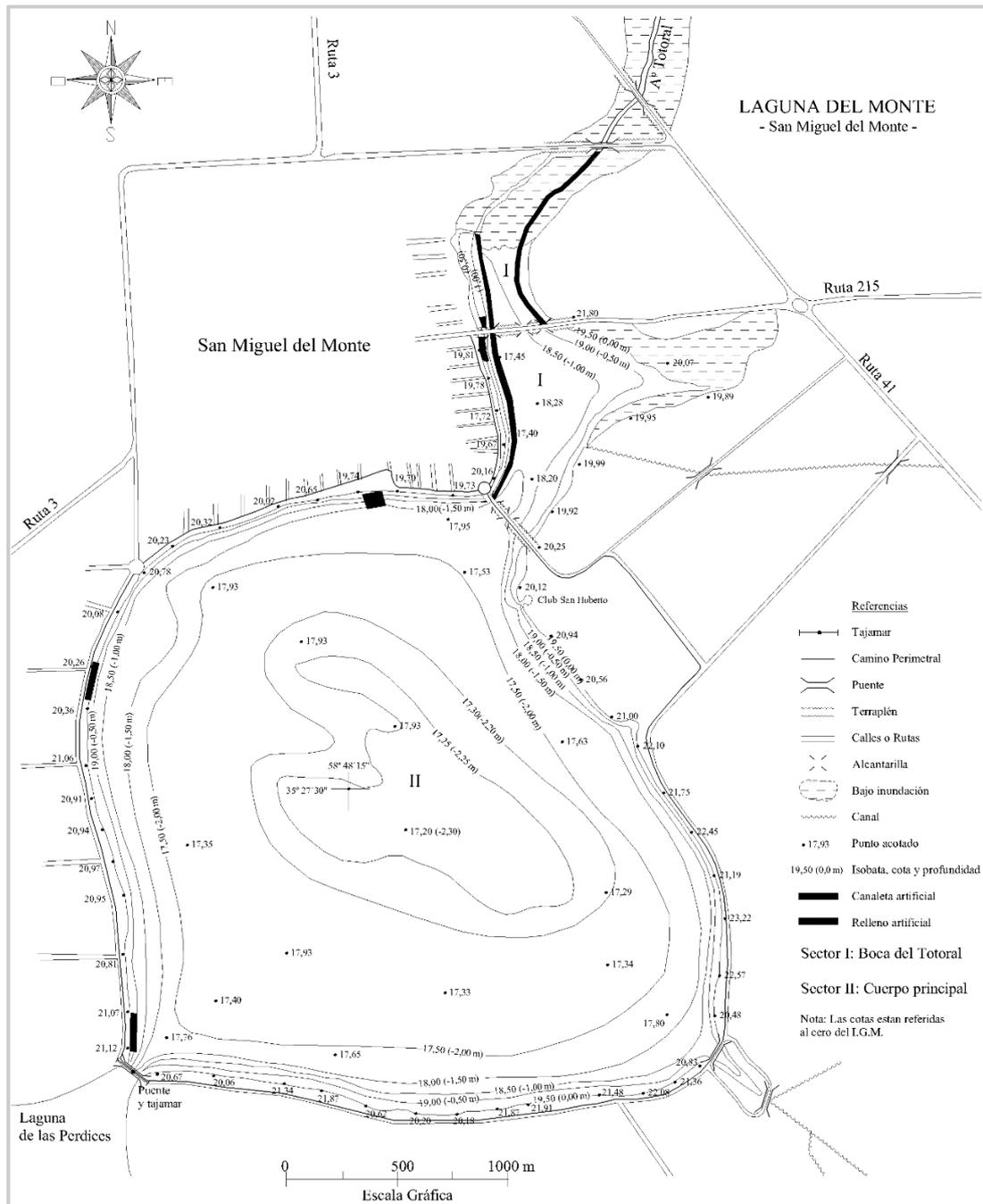


Figura 2.12. Planimetría y batimetría. Fuente: Dangavs & Pierrard, 2013

Los recursos empleados por Dangavs y Pierrard consistieron en mapas topográficos en escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM, actualmente IGN) y el mapa de planimetría acotada y batimetría 1:10.000 realizado por ellos mismos. Las nivelaciones de vinculación se basaron en el punto fijo IGN de cota 22,453 m, sito en la plaza central de San Miguel del Monte, con transporte de cota hasta el borde de la laguna (Av. Costanera y

Leandro N. Alem), donde se situó un mojón en cota de 20,55 m, a partir del cual realizaron todas las nivelaciones. Los datos altimétricos y batimétricos de la Figura 2.12 están referidos a cotas IGN. Cada línea de perfil se fijó con puntos de apoyo terrestre y los sondeos mediante GPS o trisección inversa, apoyada en el mapa en 1:10.000 de la laguna.

La superficie lagunar en cota de 19,50 m IGN es de 6,86 km², el volumen de 12,12 hm³, y presenta una profundidad máxima de 2,30 m y la profundidad media es de 1,77 m. El cuerpo principal de la laguna posee una superficie de 5,97 km², es subredondeado, con costas escarpadas en todo su perímetro y altitudes entre 0,80 y 3,70 m, respecto a la cota de laguna 19,50 m IGN. El sector denominado Boca del Totoral cuenta con una extensión de 0,89 km², es de forma irregular, alargado en dirección N-S, con costas de escarpas bajas en el sector occidental, algo mayores al SE y anegables y sin límites definidos en el sector NE, de modo que durante las crecientes el agua es retenida por los terraplenes de la R.P. N° 215 y R.P. N° 41.

El paisaje, en general, se compone de áreas suavemente onduladas y planicies altas en los interfluvios, recortadas por numerosos bajos de origen eólico y fluvio-eólico.

La Boca del Totoral no es un arroyo, sino que está contenida en una cubeta muy colmatada, cuyo perfil primitivo en “bañera”, actualmente es en “palangana”, lo que determina un relieve de fondo chato y muy escasa profundidad (cota mínima en 18,28 m IGN). Su forma es irregular, alargada en dirección N-S y el contorno está definido por la cota de 19,50 m IGN, con costas barrancosas de variada altitud en parte de su perímetro. En la costa occidental la barranca se aparta de la costa actual, dando la impresión de ser una costa baja e inundable, sin conexión con la laguna. Sin embargo, este sector ha sido segado por la acumulación de sedimentos aportados por el arroyo Totoral, potenciado por terraplenes que cruzan este sector lagunar. En el sector nordeste la costa es baja, anegable y sin límites definidos, de modo que durante las crecientes es retenida por los terraplenes de las rutas que lo cruzan, llegando las aguas hasta la rotonda de la R.P. N° 215 y R.P. N° 41.

El Cuerpo Principal está contenido en una depresión en forma de cubeta parcialmente colmatada, cuyo perfil primitivo en “U” es asimilable al *Wanne* (Penck, 1894). El perfil actual es en “palangana”, lo que determina escasa profundidad y fondo chato, cuya cota mínima es 17,20 m IGN, situada aproximadamente en el centro lagunar. Su contorno está bien definido por la cota de 20,00 m IGN y se halla parcialmente colmatada por sedimentos, lo que determina su escaso relieve de fondo.

La cubeta lagunar es muy profunda (en el orden de los 10 m) y de forma subromboidal, alargada en dirección NO-SE y contorno redondeado. En todo su perímetro las costas son barrancosas y de variada altitud, que alcanza su máximo en la costa sudeste con 3,70 m y la mínima en toda la costa occidental con una altura que no sobrepasa los 0,5

a 0,8 m, respecto a la cota de 19,50 m IGN. Un aspecto importante a destacar es que hay sectores ribereños en donde la barranca se aparta de la costa actual y sin conexión con la laguna, dando la impresión de ser una costa baja inundable. Por ejemplo, algunos tramos de la costa noroeste, norte y noreste. Sin embargo, el ejemplo más evidente de este rasgo se halla en la zona de la Boca del Totoral, ya descripto.

Cabe señalar que el 40,4 % del perímetro lagunar, sin incluir la costa sobre la Boca del Totoral, se encuentra actualmente en la zona urbana. Si esta porción de costa se añade al perímetro lagunar sería del 51,0 %. De ese 40,4 %, dos tercios corresponden a la zona de alto riesgo de inundación (costa occidental y zona del puente en la Boca del Totoral), sector que está representado por costas de barrancas bajas. El tercio restante corresponde al sector de la costa norte con barrancas altas, aunque a veces desdibujadas y/o desmontadas para la construcción del camino costanero.

La Dirección Provincial de Planificación, Control y Preservación de los Recursos Hídricos (bajo número de Expediente N° 2436-3943 del año 2004) estableció que el sistema de obras de Defensa de la planta urbana de la ciudad de San Miguel del Monte, está compuesta por una obra de regulación en el arroyo Los Cerrillos, descarga natural de las Lagunas Encadenadas, y otra obra de regulación en la descarga de laguna Maipo, en correspondencia con el desborde natural, ahora canalizado y denominado La Cañada, que produce la derivación del escurrimiento de las Lagunas Encadenadas hacia el arroyo El Siasgo, afluente del río Salado.

El funcionamiento natural del sistema de lagunas encadenadas permitía el ingreso irrestricto, a través del arroyo Cerrillos, de los niveles de crecida del río Salado, poniendo en riesgo, una vez superada la cota de 19,50 m IGN, la planta urbana de la ciudad cabecera del Partido de Monte. Este aumento de los niveles de las lagunas continuaba en forma solidaria con los del río Salado, por efecto de remanso, hasta superar la cota de desborde de laguna Maipo de 20,40 m IGN y encontrar el equilibrio en el régimen de funcionamiento entre los caudales afluentes por el arroyo Los Cerrillos y los efluentes hacia el arroyo El Siasgo.

Mediante estas obras de defensa de la planta urbana y suburbana, desaguan los excedentes pluviales hacia la laguna de Monte en forma natural por gravedad, para un nivel del espejo de 19,50 m IGN. Este valor es el que se propone como nivel de accionamiento de la compuerta W1, limitando de tal forma el ingreso del río Salado. El accionamiento será de cierre cuando el río Salado supere en crecida este nivel y de apertura cuando lo alcance en bajante.

En estas condiciones el manejo de la obra de descarga W2 permitirá mantener el cierre entre la cota de 19,50 m IGN (nivel máximo de ingreso del río Salado) y la cota 18,00 m IGN (nivel del remanso del arroyo El Siasgo) cuando el río Salado se encuentra en crecida. Por tal motivo, los niveles inferiores próximos a la cota de 19,50 m IGN sería una

medida conservadora del estado natural de la cuenca. Una vez accionada en apertura la obra de regulación W1, deberá producirse el cierre de W2 (Figura 2.13).

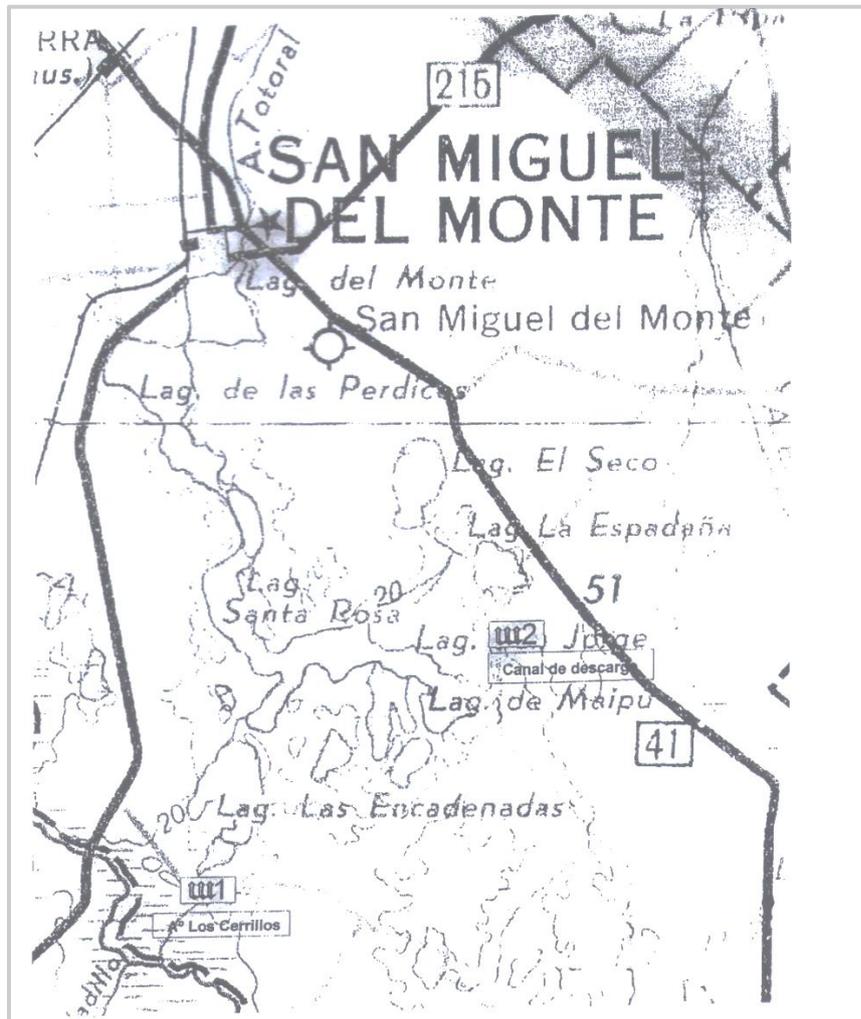


Figura 2.13. Sistema de Obras de Defensa de la planta urbana de la ciudad de Monte
Fuente: Dirección de Planificación, Control y Preservación de los Recursos Hídricos de la Pcia. de Bs As. Expte.:2436-3943/04

En cuanto a la vegetación acuática, el arroyo Totoral se encuentra profusamente invadido por comunidades de hidrófitas emergente y flotante, siendo más conspicua la emergente, acompañada siempre por carpetas de vegetación flotante. En el ingreso del arroyo Totoral a la laguna de Monte se observa además la presencia de vegetación sumergida. En la laguna la masa principal de vegetación está constituida por espadaña (*Zizaniopsis bonariensis*) y en menor proporción por junco (*Schoenoplectus californicus*). Esta comunidad cubre casi todo el espejo lagunar, salvo en la franja costera, donde aparecen espacios abiertos con duraznillo blanco (*Solanum malacoxylon*).

La vegetación flotante se encuentra en las aguas más tranquilas, entre la vegetación emergente y en la zona de la costa, formando características carpetas flotantes de helechitos de agua, repollitos de agua y varias especies de lentejas de agua. El cuerpo

principal de la laguna de Monte está caracterizado por vegetación acuática emergente, sumergida y flotante (Guarrera, 1962; Dangavs, 1973) aunque actualmente su cubierta es exigua y rala, con un anillo perimetral de junco (*Schenoplectus californicus*) y ausencia total de vegetación sumergida y flotante. La evidencia de la existencia reciente de vegetación acuática en muchos sitios que ahora no la poseen se halla en los sedimentos superficiales de la laguna, donde se observan abundantes restos de raíces, sobre todo de rizomas de junco. La desaparición de la vegetación acuática en este ambiente se relaciona con los hábitos alimenticios del pez invasor *Cyprinus carpio*, especie que irrumpió en forma explosiva en la cuenca del Salado durante la inundación de abril de 1980, con relevantes consecuencias ecológicas.

La comunidad zooplanctónica de la laguna ha sido descrita por Benítez y Claps (2000). El zooplancton se caracteriza por la presencia de los siguientes grupos: rotíferos con especies como *Brachionus caudatus*, *B. havanensis*, *B. calyciflorus*, *Filinia longiseta*, *Keratella tropica*, *Polyarthra vulgaris*, *Proales sp*, *Proalides sp*, *Synchaeta sp* y *Trichocerca pusilla* y microcrustáceos con cladóceros como *Diaphanosoma birgei*, *Daphnia sp* y *Ceriaiphnia cf. dubia*, *Bosmina huaronensis*, *Alona cambouei* y *A. rectangula* y copépodos calanoideos (*Notodiaptomus incompositus*) y ciclopoideos (*Acanthocyclops robustus*, *A. michaelsoni*, *Metacyclops mendocinus*, *Microcyclops anceps*).

Entre los protozoos, las tecamebas, están representadas por los géneros *Arcella*, *Diffugia*, *Centropyxis* y *Euglypha*. Los ciliados más importantes son *Tintinidium fluviatile*, *Prorodon sp.*, *Stentor roeselli*, *Vorticella campanula*, *Coleps hirtus* y los telotrococ de peritricos.

Con respecto a otros integrantes invertebrados de la fauna relacionada con ambientes lagunares pampeanos, similares a la laguna de Monte, Drago (2004) ha mencionado las siguientes especies: crustáceos bentónicos y perifíticos como *Paleomonetes argentinus* Nobili, *Heterocypris incongruens* (Ramdohr) Martens & Behen, *Heterocypris similis* (Wierzejski) Martens & Behen, *Potamocypris smaragdina* Vrára, *Limnocythere sp.*, *Cleptocamptus deitersi* Richard y *Leydigia leydigi* Schoeler e insectos como *Chironomus sp.* y *Procladius sp.*

Por su parte, la fauna de vertebrados de mayor riqueza se encuentra representada por:

Peces: *Odontesthes bonariensis* Valenciennes, *Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, *Hoplias malabaricus* Bloch, *Oligosarcus jenynsii* Günther, *Australoheros facetum* (Jenyns) Rican & Kullander, *Cnesterodon decemmaculatus* Jenyns, *Jenynsia lineata* Jenyns, *Synbranchus marmoratus* Bloch, *Pimelodella laticeps* Eigenmann, *Bryconamericus iheringi* Boulenger, *Gymnogeophagus australis* Eigenmann, *Corydoras paleatus* Jenyns y *Astyanax sp.*

Aves: *Phalacrocorax brasilianus* Gmelin, *Chauna torquata* Oken, *Coscoroba* Molina, *Cygnus melancoryphus* Molina, *Anas flavirostris* Vieillot, *Anas versicolor* Vieillot, *Anas georgica* Gmelin, *Heteronetta atricapilla* Merrem, *Oxyura vittata* Philippi, *Plegadis chihi* Vieillot, *Platalea ajaja* Linnaeus, *Fulica leucoptera* Vieillot, *Fulica armillata* Vieillot, *Fulica rufifrons* Philippi & Landbeck, *Egretta thula* Molina, *Casmerodius albus* Linnaeus, *Nycticorax* Linnaeus, *Ardea cocoi* Linnaeus, *Larus maculipennis* Lichtenstein, *Larus cirrocephalus* Vieillot, *Podiceps major* Boddaert, *Rollandia rolland* Quoy & Gaimard, *Vanellus chilensis* Molina.

2.2. Selección de los sitios de muestreo

El presente trabajo se llevó a cabo durante un ciclo anual, iniciando en la primavera del año 2015 y finalizando en el invierno del año 2016. Los sitios de muestreo fueron elegidos tomando como referencia las características particulares de la morfología lagunar (Dangavs y Pierrad, 2013) y las particularidades ecológicas que se desarrollan en ella (Guarrera *et al.*, 1968; Gabellone *et al.*, 2000, 2002; Mac Donagh *et al.*, 2000; Solari *et al.*, 2002, 2003; Quaíni *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2014) (Figura 2.14).

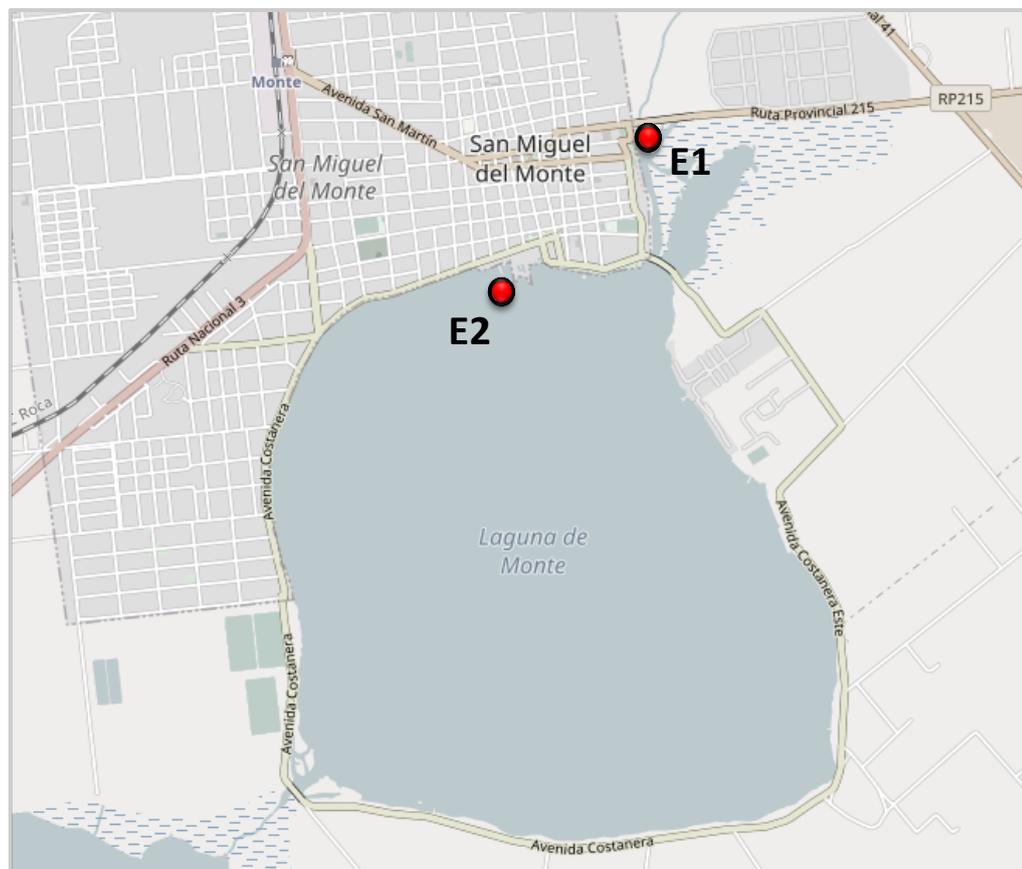


Figura 2.14. Estaciones de muestreo en Boca del Totoral (E1) y Cuerpo Principal (E2).

El Sitio 1 (E1) de muestreo se encuentra en la Boca del Totoral, situado sobre el puente de acceso a la ciudad (R.P. N° 215 km 110), ubicado en las coordenadas 35°26'22,5" S y 58°47'50,5" O (Figura 2.15).



Figura 2.15. Sitio de muestreo E1, Boca del Totoral

El Sitio 2 (E2) está ubicado en el Cuerpo Principal lagunar, 35° 26' 47" S y 58° 48' 18" O y la toma de muestras se realizó sobre el muelle del Camping Club de Pesca cuya extensión, desde la orilla de la cubeta hasta su extremo, es de 50 metros aproximadamente (Figura 2.16).



Figura 2.16. Sitio de muestreo E2, Cuerpo Principal lagunar.

2.3. Diseño del Muestreo

Para investigar los objetivos planteados, se establecieron previamente una serie de condiciones que debían cumplir los eventos de precipitación:

- a) su desarrollo debía suceder durante el día;
- b) el agua precipitada debía ser mayor o igual a 20 mm, de manera que el evento pueda ser considerado relevante;
- c) la toma de muestras debía ser realizada en el inicio de la precipitación (A) y luego de la finalización (B) del evento.

Se realizó un muestreo para cada estación climática del año. En cada sitio de muestreo (E1 y E2), se obtuvo una muestra previo (A) y posterior (B) al evento de precipitación, mientras que las precipitaciones se estimaron para todo el ciclo anual de estudio.

Se registraron las siguientes variables:

- I. Variables Meteorológicas: velocidad del viento, temperatura del aire, humedad, precipitación pluvial, presión atmosférica y nubosidad.
- II. Variables Físicas y Químicas del agua: transparencia, conductividad, pH, temperatura y nutrientes (fósforo total).

- III. Variable Hidrológica: altura hidrométrica de la laguna.
- IV. Variables Biológicas: determinación de pigmentos fotosintéticos (clorofila "a"), análisis cualitativo y cuantitativo del microfitoplancton, aplicación de índices biológicos e índice del estado trófico.

2.3.1. Variables Meteorológicas

Los registros oficiales más cercano corresponden a la estación Ezeiza Aero del SMN que se encuentra a 80 km del área de estudio. Por este motivo, se colocó un pluviómetro de uso comercial en el predio de la Estación Hidrobiológica de Monte (EHM) perteneciente a la Municipalidad de Monte, ubicado a pocos metros de la laguna de Monte e instalada según especificaciones de la OMM (2008). Esto permitió registrar volúmenes reales de agua precipitada en cada evento. La disposición del pluviómetro se registra en la siguiente Figura 2.17.



Figura 2.17. Pluviómetro próximo a la laguna de Monte

La temperatura del aire fue medida con un termómetro ambiental de mercurio. Para obtener los datos de otras variables atmosféricas, como nubosidad, presión, humedad y velocidad del viento, se consultó por internet al servicio especializado en previsiones del tiempo (Windguru - <https://www.windguru.cz>). Éste es un sitio de internet, de acceso público, que brinda completa información en tablas de previsión atmosférica.

Dicho sitio web consiste en un Sistema Global de Predicción que toman registros de estaciones meteorológicas locales de cada punto geográfico del planeta. Aunque el servicio no cuenta con el reconocimiento oficial nacional, el mismo utiliza un modelo numérico de predicción meteorológica que fue creado y utilizado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos.

Las mediciones atmosféricas que Windguru toma, procesa y publica del partido de

Monte, provienen de la estación meteorológica que se encuentra emplazada en un establecimiento de educación técnica agropecuaria llamado “Instituto Agropecuario de Monte”, que cuenta en su haber con una reconocida trayectoria de más de 50 años.

En la Figura 2.18 se muestra la ubicación espacial de la estación meteorológica, cuyas coordenadas son 35° 25' 20,82" latitud Sur y 58° 49' 02,66" longitud Oeste. Sus datos pueden ser consultados en tiempo real en <https://www.windguru.cz/229243>.

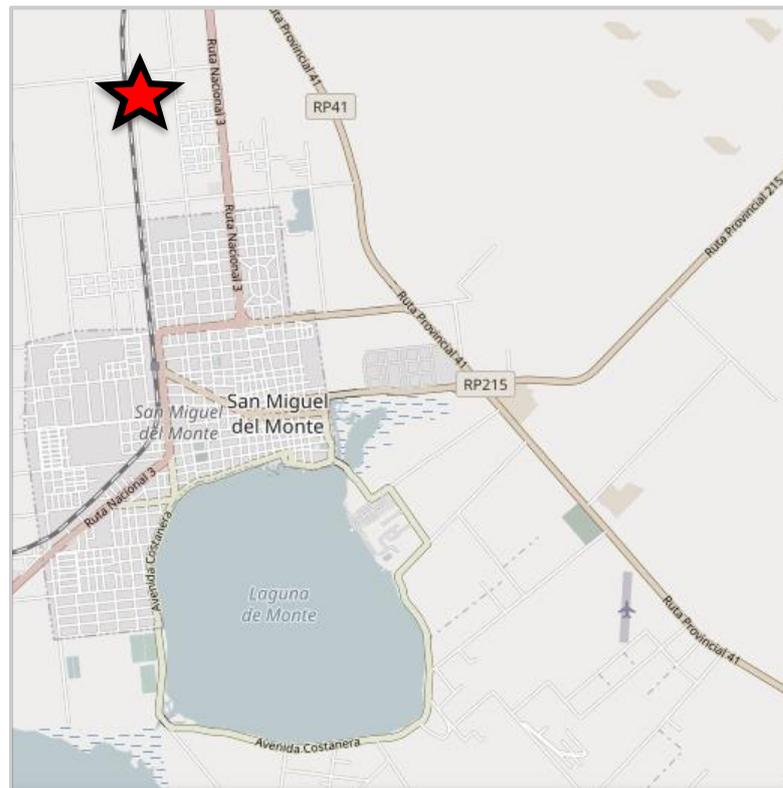


Figura 2.18. Ubicación de la estación meteorológica en el Instituto Agropecuario de Monte.

Para comprender en profundidad las características de la estación meteorológica que provee sus datos en línea a Windguru, se ha visitado sus instalaciones y entrevistado al personal a cargo. El modelo de dicha estación es WH-1080/81 - MeteoStar, es de bajo costo y de fácil manejo. Asimismo, realiza múltiples mediciones meteorológicas exactas a través de sus sensores y de una pantalla LCD táctil de rápida lectura como se especifican en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Datos de los sensores de estación meteorológica

Distancia de Transmisión en Campo Abierto	100 metros
Frecuencia	433 MHz
Rango de Temperatura	-40.0 °C a +65 °C
Resolución	0.1 °C (0.2 °F)
Rango Medición de la Humedad Relativa	10 % -- 99 %
Rango de Volumen de Lluvias	0 – 9999 mm

Resolución	0.3 mm (Si Volumen < 1000 mm) 1 mm (Si Volumen > 1000 mm)
Rango de Velocidad de Viento	0 – 180 Km/h (0 ~ 100 mph)
Intervalo de Medida de los sensores externos de Temperatura y Humedad	48 segundos
Protección Contra el Agua	IPX3

La Figura 2.19 permite observar el soporte con los diversos sensores remotos. La transmisión de información se realiza mediante radiofrecuencias, cada 48 segundos, a una consola o pantalla táctil ubicada a 20 metros. La pantalla táctil permite seleccionar alarmas y rangos de valores máximos o mínimos registrados.



Figura 2.19. Estación meteorológica del Instituto Agropecuario de Monte.

2.3.2. Variables Físicas y Químicas del Agua

Mediciones *in situ*

Los parámetros de temperatura, conductividad, pH y transparencia se midieron *in situ* utilizando un termómetro de mercurio, un Pocket Tester Adwa - AD203, un Peachímetro Tester Arcano y un disco de Secchi, respectivamente.

Fósforo total (PT)

Para determinar la concentración de fósforo total se tomaron muestras de agua en superficie, pero no se midió el fósforo que ingresa por escorrentía a la laguna, de 0,5

litro sin filtrar y fueron mantenidas en oscuridad y a 4 °C, durante el trayecto del campo al laboratorio. Se realizó una digestión previa con persulfato de potasio y ácido sulfúrico, acorde con APHA (1995) y posterior determinación colorimétrica por el método del ácido ascórbico. La densidad óptica fue medida en cubetas de 5 cm de recorrido óptico a 885 nm. La concentración se expresó en microgramos de fósforo total por litro ($\mu\text{g P/l}$).

2.3.3. Variable Hidrológica

Nivel Hidrométrico

La laguna de Monte se encuentra separada al S-SO de la laguna Las Perdices por un dique nivelador de diente fijo y un vertedero de 35,00 m (C_1) Figura 2.20). La descarga superficial entre ambas lagunas se realiza por rebalse en cota 19,26 m, a partir de la cual la laguna de Monte se transforma en un sistema superficialmente cerrado. Si dicha estructura hidráulica fuese retirada la laguna perdería profundidad para transformarse en un pantano de no más de 0,5 m de profundidad, de ahí que la existencia de la laguna como tal depende actualmente de la altura del umbral o nivel de descarga artificial establecido.

Por otra parte, a 55,00 m de la escotadura mencionada (C_1), se encuentra una compuerta de 4,00 m de largo con un sistema de apertura-cierre manual y rejas con mallas metálicas que evitan el pasaje de peces de un cuerpo a otro (C_2).

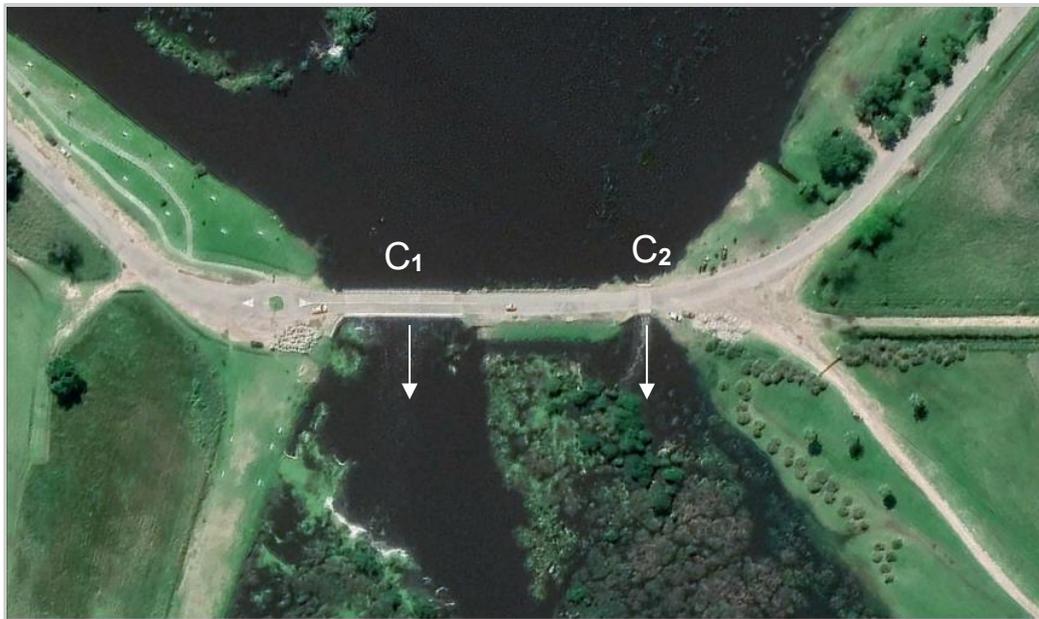


Figura 2.20. Sistema de vinculación entre la laguna de Monte y la laguna Las Perdices

La profundidad del cuerpo de agua fue registrada por una regla limnimétrica metálica de 1 metro de longitud perteneciente al Municipio de la ciudad de San Miguel del Monte, que está ubicada en las inmediaciones de la compuerta que comunica la laguna de Monte con la laguna Las Perdices ($35^{\circ} 28' 11.32'' \text{ S}$, $58^{\circ} 48' 59.15'' \text{ O}$) (Figura 2.21). El valor cero

de la regla se ha ajustado a la cota 18,86 m.s.n.m., siendo el valor máximo posible de registro la cota 19,86 m.s.n.m. Esto permitió determinar el nivel hidrométrico de forma periódica y, en especial, en cada evento de precipitación.



Figura 2.21. Regla limnimétrica municipal

2.3.4. Variable Biológicas

Clorofila "a"

La estimación de la concentración de clorofila "a" se realizó mediante el método del espectrofotómetro con acetona al 90 %. Las muestras se tomaron en superficie y se filtraron 200 ml de agua a través de un dispositivo generado con un embudo Büchner de porcelana, un matraz Kitasato, una manguera de látex, una jeringa de 50 ml y filtros Whatman GF/C (Figura 2.22). Los filtros fueron colocados en freezer hasta su procesamiento (APHA, 1995). El análisis se realizó a través de la extracción del pigmento con acetona al 90 % y por medio de las lecturas espectrofotométricas a 750 nm y 665 nm antes y después de la acidificación con HCl 0,1 N (APHA, 1995). La diferencia entre la absorbancia de la muestra sin acidificar y la acidificada permitirá conocer el aporte de la clorofila "a" sin productos de degradación.

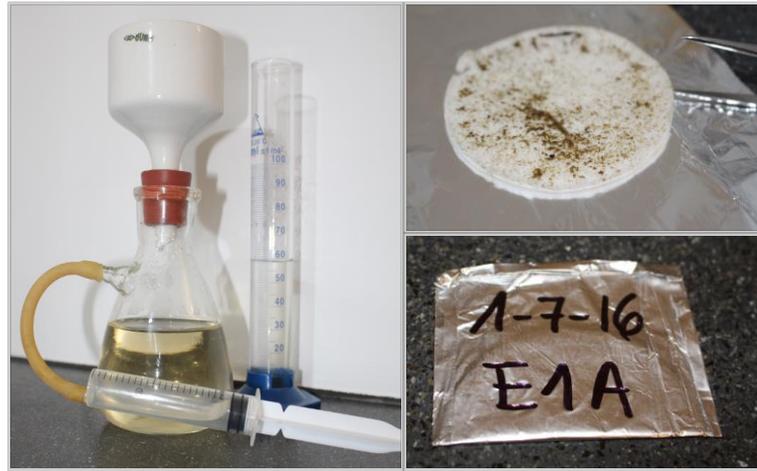


Figura 2.22. Dispositivo de filtrado de agua para determinación de Cl "a"

Cálculo de la concentración de clorofila "a" (cla) en $\mu\text{g.l}^{-1}$ según la fórmula de Lorenzen (1967):

$$\text{Cla (mg/m}^3\text{)} = \frac{A \cdot K \cdot (6650 - 665a) \cdot v}{V_f \cdot l}$$

Donde:

- A: Coeficiente de absorción de clorofila "a" = 11,0
- K: Factor para equiparar la reducción de la absorbancia a la concentración inicial de clorofila 1,7:0,7 o 2,43
- 665o: Absorbancia antes de la acidificación
- 665a: Absorbancia después de la acidificación
- v: Volumen de acetona usada para la extracción (ml)
- Vf: Litros de agua filtrada
- l: Longitud de trayectoria de la cubeta (cm).

Análisis Cualitativo del microfitoplancton

Se tomaron muestras mediante arrastres horizontales, con una red de plancton de 20 μm de abertura de malla, que luego fueron fijadas *in situ* con formol al 4 %. Las observaciones se realizaron con microscopio óptico Arcano XSZ-107BT. Para la identificación de las especies se consultó bibliografía especializada en función de los grupos algales dominantes: Anagnostidis & Komarek, 1985, 1988; Bourrelly, 1966, 1968, 1972; Cox, 1996; Croasdale *et al.*, 1983; Desikachary, 1959; Dussart, 1966; Ettl, 1977; Frémy, 1930; Geitler, 1932; Germain, 1981; Hindák, 1977, 1980, 1984, 1988, 1990; Huber-Pestalozzi, 1955, 1961, Huber-Pestalozzi & Fott, 1968; Kómarek & Anagnostidis, 1986, 1989, 1998, 2005; Kómarek & Fott, 1983; Kramer & Lange-Bertalot, 1986a, 1986b, 1988, 1991; Lopretto & Tell, 1995; Prescott *et al.*, 1975, 1977, 1981, 1982; Printz, 1964; Randhawa, 1959; Tell, 1985; Tell & Conforti, 1986.

Análisis Cuantitativo del microfitoplancton

Para el análisis cuantitativo, se obtuvieron muestras subsuperficiales con un recipiente de 20 litros y el agua se filtró por una red de 20 μm para retener el microplancton (Sieburth *et al.*, 1978). Las muestras se fijaron *in situ* con solución de formol al 4 %. El análisis cuantitativo se efectuó con una cámara de recuento tipo Sedgwick-Rafter (McAlice, 1971; Wetzel & Likens, 1991) bajo microscopio óptico. Los resultados se expresaron en individuos por mililitro (ind. ml^{-1}) considerando al individuo de acuerdo a la morfología que se encuentra en la naturaleza (solitaria, colonial o filamentosa). Se aplicó el coeficiente de variación entre alícuotas de una muestra para expresar la dispersión de los datos respecto al valor medio.

$$\% \text{ CV} = \frac{\text{desvío estándar}}{\text{media aritmética}}$$

Análisis de índices biológicos

Una de las principales metas de la biología de comunidades es detectar las agrupaciones de especies, cómo se distribuyen en la Naturaleza e identificar los procesos que determinan la diversidad de las comunidades naturales así como la distribución y dinámica de las especies que la constituyen (Gee & Giller 1987). En tal sentido, la biodiversidad no depende sólo de la riqueza de especies, sino también de la dominancia relativa y la abundancia de cada una de ellas.

El análisis del valor de importancia de las especies permite, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que permitan monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente. Estimar la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas que, por su escasa representatividad en la comunidad, son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies o en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, alerta acerca de procesos de degradación (Magurran, 1988).

Para estimar la biodiversidad se tuvieron en cuenta tres componentes: la riqueza, la abundancia y la equitabilidad. Asimismo, a partir de los datos obtenidos de los análisis cuantitativos se analizaron la abundancia, la diversidad y la riqueza específica para cada muestra.

Los índices seleccionados corresponden a sencillos modelos matemáticos que se aplican a diferentes tipos de ambientes y permiten describir los componentes del sistema en estudio y hacer comparaciones.

Índice de Riqueza Específica

Esta medida se basa en la relación entre el 'número total de especies' (S) y el 'número total de individuos observados' (n). Entre los diferentes índices existentes se aplicaron:

- *Índice de Margalef (R) (1958)*

$$R_1 = \frac{S-1}{\ln(n)}$$

- *Índice de Menhinick (1964),*

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Índice de Diversidad

La diversidad específica se relaciona con la variedad dentro de una o varias comunidades. Para el presente estudio se utilizaron dos índices:

- *Índice de Simpson (D) (1949)*

Combina tanto la riqueza de especies como la equitabilidad en un sólo valor.

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

P_i = abundancia proporcional de una especie (n_i/N). A medida que la dominancia se incrementa, la diversidad decrece.

n_i = número de individuos de la especie i .

N = número total de individuos para todas las S especies en la comunidad.

El índice de Simpson deriva de la teoría de probabilidades y cuantifica la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos 'extracciones' sucesivas al azar sin 'reposición'.

$$S_iD = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 = 1 - D_{Si}$$

- *Índice de Shannon-Wiener (H')* (1949)

Es el más utilizado para medir la diversidad de organismos. Se basa en la abundancia proporcional de las especies y en el número de especies. Se define en la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) \times \log_2 \left(\frac{n_i}{n} \right) \right]$$

Donde:

La ecuación de H' se aplica para comunidades extensas donde se conocen todas las especies S y las abundancias proporcionales p_i de todas ellas.

P_i = proporción del número de individuos de la familia " i " con respecto al total de ejemplares (n_i/N).

Índices de Equitabilidad

Si todas las especies en una muestra presentan la misma abundancia el índice usado para medir la equitabilidad debería ser máximo y, por lo tanto, debería decrecer tendiendo a cero a medida que las abundancias relativas se hagan menos equitativas.

- *Índice de Pielou (J')* (1969)

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

$\log_2 S$ = es la diversidad máxima (H'_{max}) que se obtendría si la distribución de las abundancias de las especies en la comunidad fuesen perfectamente equitativas.

Índice del Estado Trófico (TSI)

Para determinar el estado trófico del cuerpo de agua se aplicó el índice de Carlson o TSI: "Trophic State Index" (Carlson, 1977). Se estimó el índice a partir de los datos de la transparencia (m), la concentración de clorofila " a " ($\mu\text{g/l}$) y la concentración de fósforo total ($\mu\text{g/l}$). El índice varía entre 0 (oligotrófico) y 100 (hipereutrófico).

Las fórmulas que figuran a continuación resultan de una modificación realizada por Aizaki *et al.* (1981) a la propuesta por Carlson (1977):

$$TSI(\text{Disco de Secchi})=10 \times \left(2,46 + \left(\frac{3,76 - 1,57 \cdot \ln DS}{\ln 2,5} \right) \right)$$

$$TSI(\text{cla})=10 \times \left(2,46 + \left(\frac{\ln \text{cla}}{\ln 2,5} \right) \right)$$

$$TSI(\text{DS})=10 \times \left(6 - \left(\frac{\ln \frac{48}{PT}}{\ln 2} \right) \right)$$

De acuerdo a los valores que alcanzan el TSI se pueden diferenciar cuatro categorías: oligotrófico (TSI ≤ 30), mesotrófico (TSI >30 ≤ 60), eutrófico (TSI > 60 ≤ 90) e hipereutrófico (TSI > 90).

En la Tabla 2.8 se expresa la escala nominal de estado trófico y sus correspondientes valores numéricos de profundidad del disco de Secchi (m) y concentración de clorofila “a” (µg/l) y de fósforo total (µg/l).

Tabla 2.8. Clasificación trófica en función de Carlson (1977) modificada por Aizaki *et al.*, (1981)

Estado Trófico	TSI	Profundidad Secchi (m)	Concentración P (µg/l)	Clorofila (µg/l)
Oligotrófico	0	64	0,75	0,04
	10	32	1,5	0,12
	20	16	3	0,34
	30	8	6	0,94
Mesotrófico	40	4	12	2,6
	50	2	24	6,4
	60	1	48	20
Eutrófico	70	0,5	96	56
	80	0,25	192	154
	90	0,12	384	427
Hipereutrófico	> 90	0,062	768	1.183

Sin embargo, las condiciones de eutrofia son de poco valor cuando los datos son empleados para comparar diferentes cuerpos de agua o, incluso, sitios de muestreo. Carlson (1991) propuso un segundo método que considera las desviaciones del TSI debido a la resuspensión de seston inorgánica propia de ríos. Ambas desviaciones, TSI (CHL) -TSI (TP) y TSI (CHL) -TSI (SD), se representan en la figura 2.23 que se indica a continuación:

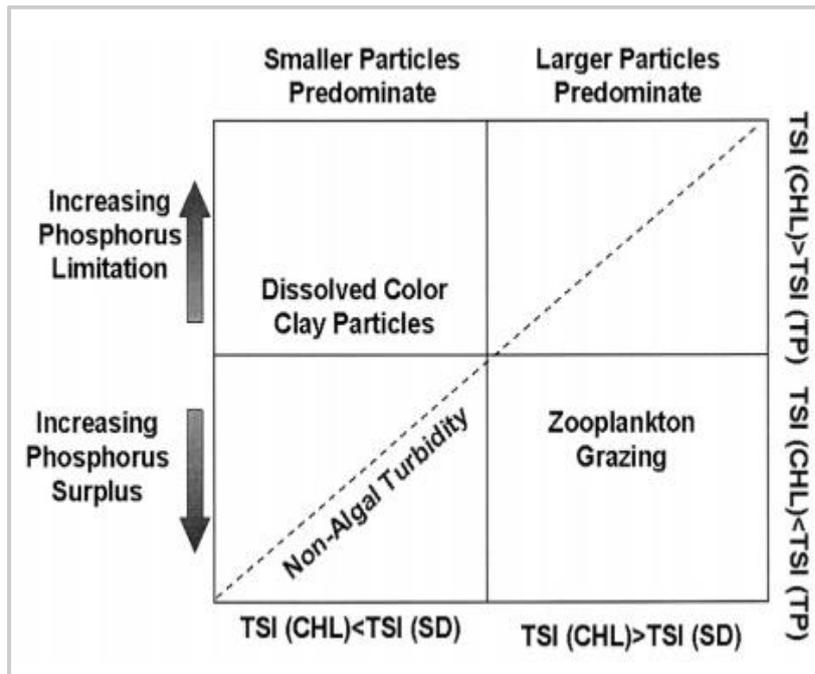


Figura 2.23. Posible interpretación de desviaciones del TSI (Carlson & Havens, 2005)

Las desviaciones del TSI (Carlson & Havens, 2005) presentan la ventaja que las tres variables se pueden visualizar, analizar y comprender simultáneamente, permitiendo establecer relaciones entre muestras tomadas en el tiempo o el espacio.

2.4. Tratamiento de los datos

Con los datos obtenidos a partir de la composición y abundancia del fitoplancton se aplicaron diversos índices biológicos, mediante la utilización de PAST 3.5 (Hammer *et al.*, 2001), que permitió determinar el comportamiento de la comunidad, previo y posterior a cada evento de precipitación:

- Índice de riqueza específica (Margalef y Menhinick).
- Índice de diversidad (1-D) y dominancia de Simpson (D).
- Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H').
- Índice de equitabilidad de Pielou (J').

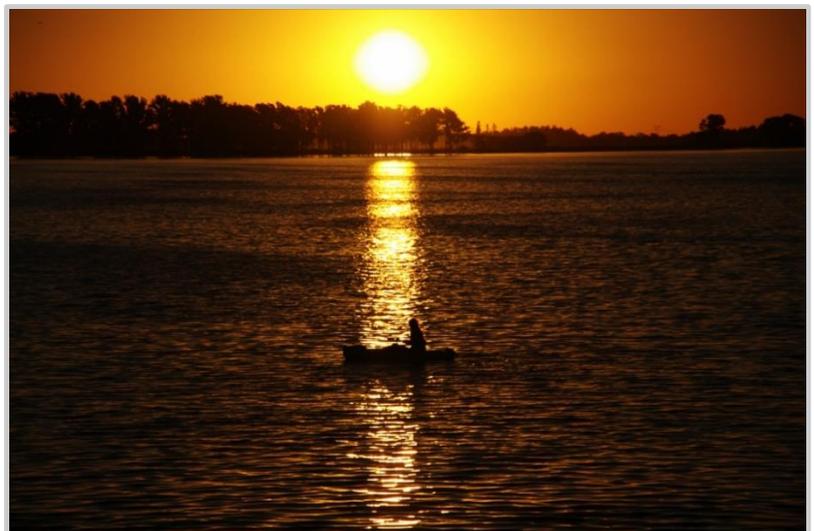
Para determinar el estado trófico de la laguna se aplicó el Índice de Estado Trófico (TSI: "Trophic State Index", Carlson 1977) basado en la clorofila "a", la transparencia y el fósforo total.

Para el procesamiento de los datos se utilizaron los siguientes paquetes estadísticos: InfoStat (Grupo InfoStat, UNC, versión 2020e) y SPSS Statistics 25.0 (SPSS Inc., 2020). Se aplicaron tests para verificar las distribuciones de las variables mediante los test de *Shapiro-Wilks* y de *Kolmogorov-Smirnov* (en conjunto con la tabla de valores críticos de *Lilliefors*) para las estaciones E1 y E2. De acuerdo a los resultados obtenidos se aplicó el test no

paramétrico de *Wilcoxon Mann Whitney* para ambas estaciones. Asimismo, se realizaron un gráfico de box plot y un análisis de la varianza a través del test de *Levene*.

Con el propósito de observar posibles relaciones entre las diferentes variables estudiadas (físicoquímicas y biológicas), se realizó un análisis multivariado de componentes principales sobre una matriz de correlación y posteriormente un análisis de cluster con los dos primeros componentes. Asimismo, se hizo una representación bidimensional del Análisis de Componentes Principales (ACP) con las variables físicas y químicas del agua como pH, conductividad, temperatura del agua, fósforo total y clorofila "a", la variable biológica la cual consideró la densidad algal, la variable meteorológica que incluyó temperatura del aire, velocidad del viento, humedad, nubosidad, presión y precipitación pluvial y, la variable hidrológica, que consideró el nivel hidrométrico.

RESULTADOS



3. RESULTADOS

3.1. Condiciones meteorológicas

Los registros mensuales de precipitaciones obtenidos a partir del pluviómetro situado en la Estación Hidrobiológica de Monte durante el ciclo anual (21 de septiembre 2015 hasta 20 de septiembre 2016) se muestran en la Figura 3.1 y en la Tabla 3.1.

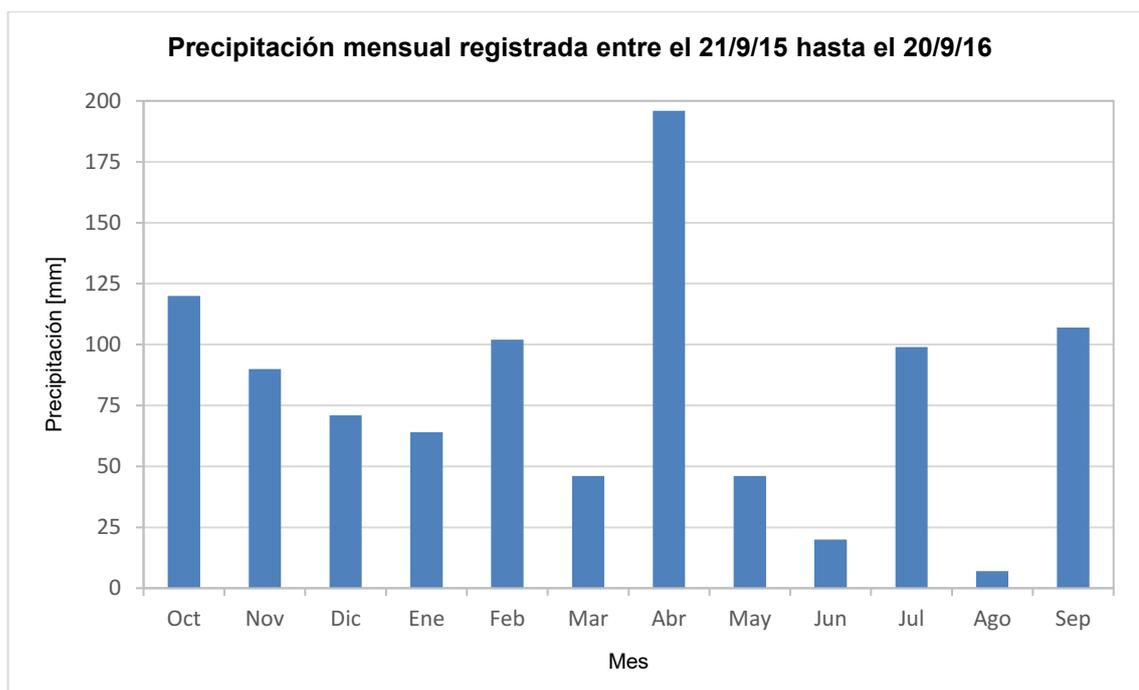


Figura 3.1. Precipitación mensual registrada entre el 21/09/15 y el 20/09/16.

Tabla 3.1. Registro de precipitaciones diarias y mensuales (en mm) desde 21/09/2015 hasta 20/09/2016.

	21-SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	20-SEP
1		27						60			45		
2								14		1			
3				17				12					
4					42			3					
5		3				4		3					19
6		25											3
7						42		4					
8				1		16	2	16				5	
9							2						
10			25										
11		4											

	21-SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	20-SEP
12			23										58
13													
14		17						3			1		
15								14	2				
16				3		25							
17			42				42						
18						3		35					
19		16						9					
20													
21				44									
22				6	22								
23	20												
24								23					
25						4					47		
26						6				4	6		
27										12		2	
28	7	28							31				
29						2			6				
30									7	3			
31													
TOTAL MENSUAL	27	120	90	71	64	102	46	196	46	20	99	7	80
TOTAL	968 mm												

Se puede observar que los meses de septiembre 2015 y enero, marzo, junio y agosto 2016 presentaron precipitaciones muy bajas respecto de sus medias históricas, mientras que los meses de abril, julio y septiembre 2016 prácticamente duplican este valor.

Las precipitaciones mensuales registradas durante el ciclo anual de estudio (2015-2016), a partir del pluviómetro situado en la Estación hidrobiológica, son comparados con los valores medios históricos de precipitaciones locales de la Sociedad Rural (1985-2014) y los de la Estación Ezeiza Aero del SMN (1981-2010) (Figura 3.2).

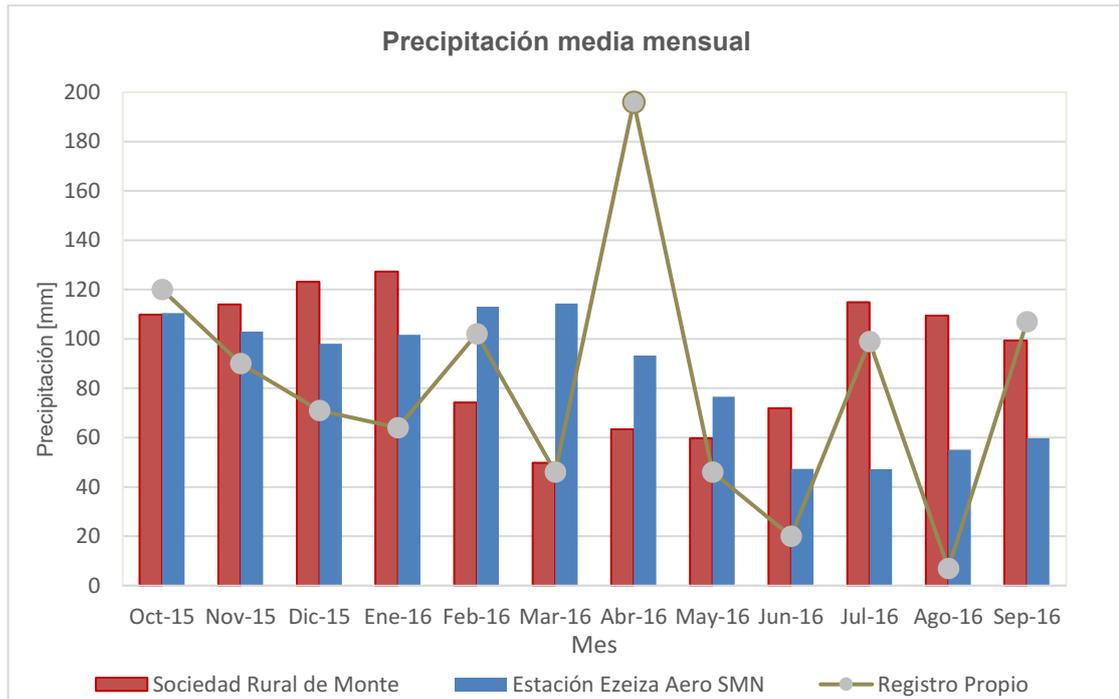


Figura 3.2. Comparación de precipitaciones: Estación Sociedad Rural de Monte, Estación Ezeiza Aero SMN y datos propios.

El muestreo de primavera (28/10/2015) presentó un evento de 28 mm de precipitación y velocidad del viento muy variable que alcanzó 22 km/h (Figura 3.2 y Tabla 3.2)

El muestreo de verano (04/01/2016) se realizó durante un período con menos precipitaciones, luego de un período de más de dos semanas sin lluvias. Asimismo, la lluvia acumulada durante los meses anteriores a este muestreo, fue menor respecto a sus medias históricas. El valor de registro llegó a los 42 mm y las variables con mayores cambios fueron la temperatura ambiental (5 °C), la velocidad del viento (6 km/h) y la humedad (15 %) (Figura 3.2 y Tabla 3.2).

El muestreo de otoño fue realizado recién el 1 de julio, debido a las bajas precipitaciones que sucedieron en los meses de mayo y junio. Sin embargo, en julio, se destacan los eventos de lluvia que superaron entre los 84,4 % (datos locales) y 109,9 % (datos del SMN) de los últimos 30 años. El volumen de agua precipitada que se registró fue 45 mm. La velocidad del viento (5 km/h) y la presión (7 hPa) presentaron menor variabilidad respecto al resto de los muestreos (Figura 3.2, Tabla 3.2).

En el momento en el que se realizó el muestreo de invierno (12/09/2016) el registro de precipitaciones había superado los valores promedio correspondientes al mes de septiembre. Es de destacar que durante el mes de agosto las precipitaciones fueron escasas a nulas con un registro de 7 mm. En septiembre se alcanzó el valor máximo de precipitación, 58 mm, y la velocidad del viento presentó una marcada diferencia (Figura 3.2 y Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Variables meteorológicas estacionales tomadas antes y después del evento de precipitación (PP (precipitación), TA (temperatura ambiental), VV (velocidad del viento)).

Muestreo		PP [mm]	TA [°C]	VV [km/h]	Humedad [%]	Nubosidad [%]	Presión [hPa]
PRIMAVERA 28-10-2015	Antes	28	25	35	89	98	1.014
	Después		22	13	93	100	1.015
VERANO 04-01-2016	Antes	42	29	37	60	95	1.014
	Después		24	43	75	100	1.014
OTOÑO 01-07-2016	Antes	45	11	24	95	100	1.022
	Después		13	19	93	100	1.015
INVIERNO 12-9-2016	Antes	58	12	20	90	94	1.007
	Después		10	54	87	96	1.005

En todos los casos los muestreos se realizaron dentro de las dos horas previas al evento y tres horas posteriores al mismo, para analizar y determinar el efecto inmediato de los eventos de precipitación.

3.2. Características físicas y químicas

3.2.1. Mediciones *in situ*

Los cambios provocados por las precipitaciones se traducen en variaciones del pH, de la conductividad, de la transparencia y de la temperatura del agua, en los cuales el volumen de agua precipitada no siempre pudo haber tenido un efecto de disminución de las variables mencionadas (Figuras 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6).

La laguna de Monte presentó un pH ligeramente alcalino a alcalino durante el presente estudio. Los valores variaron en un rango de 7,30 (Estación 1 después del evento de precipitación, en invierno) y 8,83 (Estación 2 antes del evento de precipitación, en otoño). En todos los casos el pH disminuyó luego de cada evento de precipitación.

El mayor cambio observado fue el 1 de julio en la E2 registrando una variación de pH igual a 0,85 cuando la precipitación fue de 45 mm, y el menor fue en verano en la E2 con una diferencia igual a 0,25 con 42 mm de lluvia (Figura 3.3.).

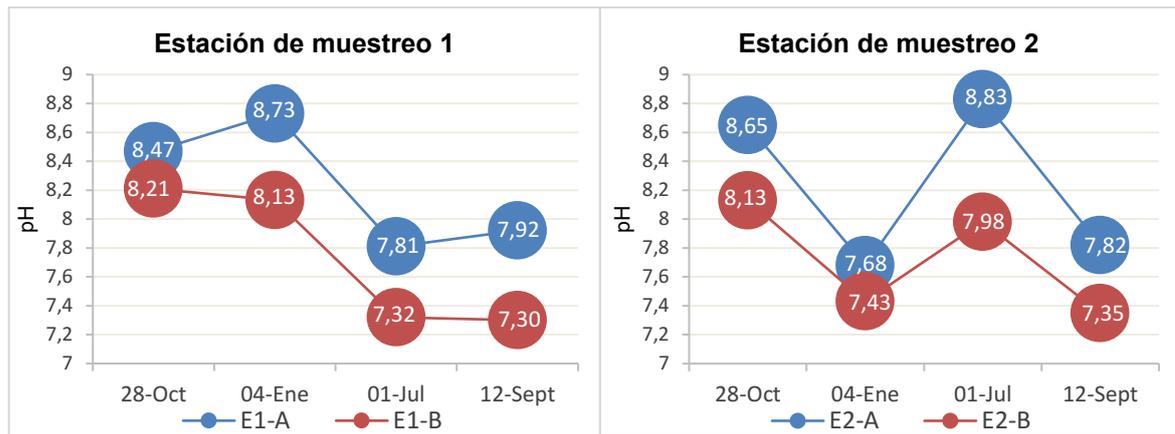


Figura 3.3. Variación del pH, representada en una escala acotada entre 7 y 9, por fecha de muestreo en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

La conductividad presentó un comportamiento estacional, antes y después de cada evento de precipitación, siendo menos variable y pronunciado en la E2 que en la E1 (Figura 3.4). Los cambios en el nivel hidrométrico en la laguna afectaron la concentración de los iones, lo cual estuvo evidenciado por las variaciones en la conductividad. Esto posiblemente se asocia a que la Boca del Totoral (E1) es un área más pequeña que la de la E2 y con menor volumen de agua, en donde el disturbio de precipitación, se traduce en cambios más pronunciados que en el Cuerpo Principal (E2).

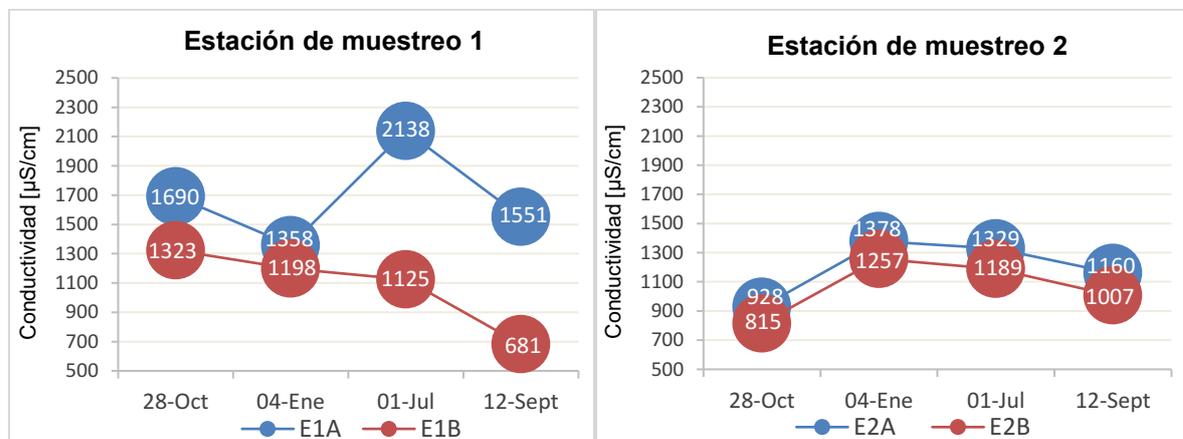


Figura 3.4. Variación de la conductividad, representada en una escala acotada entre 500 y 2.500 μS/cm, por fecha de muestreo en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

La transparencia en primavera presentó valores pocos variables (entre 17 y 21 cm) en ambas estaciones. En otoño, en E1, se observó el mayor descenso de transparencia posterior a un evento de precipitación (de 38 a 13 cm), como también el único caso donde la transparencia aumentó posterior al disturbio (en E2), posiblemente debido a la falta de carpeta vegetal (Figura 3.5).

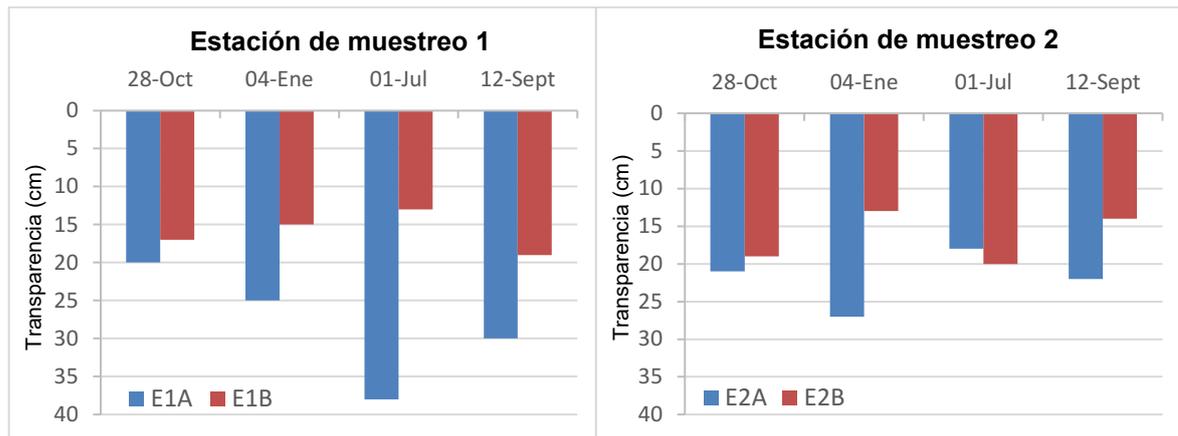


Figura 3.5. Variación de la transparencia por fecha de muestreo en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

La temperatura ambiental presentó mayor amplitud térmica luego de los eventos de precipitación en períodos de mayor temperatura para ambas estaciones de muestreo. La temperatura en primavera y verano presentó una variación para la E1 entre 4° y 5° C y en la E2 entre 2° y 4° C (Figura 3.6).

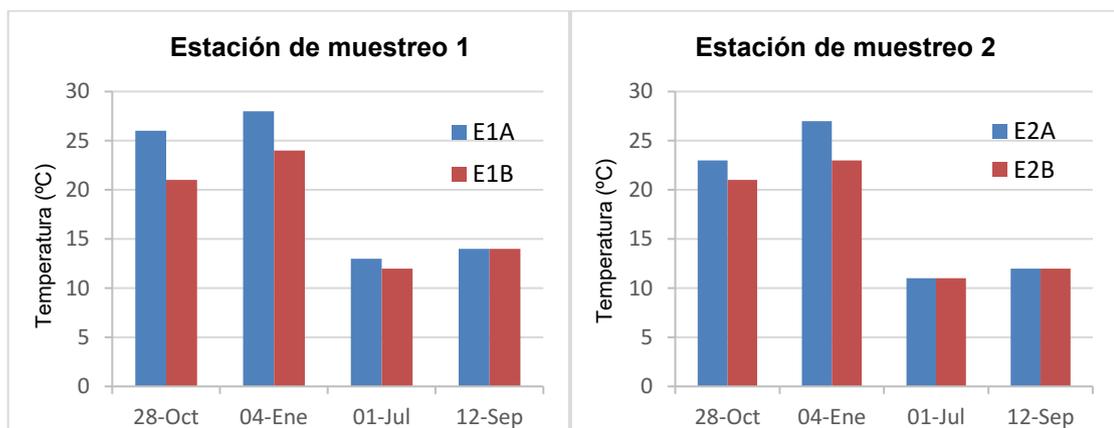


Figura 3.6. Variación de la temperatura por fecha de muestreo en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

3.2.2. Fósforo total

El fósforo total (PT) estuvo relacionado con los eventos de precipitación observándose la menor concentración en ambas estaciones en julio (554 y 578 $\mu\text{g P/l}$) luego de las lluvias. En septiembre se observaron las máximas concentraciones de PT (895 - 986 $\mu\text{g P/l}$) como también la máxima precipitación (58 mm) que provocó la reducción de su concentración entre 10,8 % y 22,9 %. En octubre, con escasas precipitaciones (28 mm), se registró un aumento en la concentración en E2 (617 $\mu\text{g P/l}$), probablemente porque las lluvias no fueron tan intensas como para diluir, como en los otros meses (Figura 3.7).

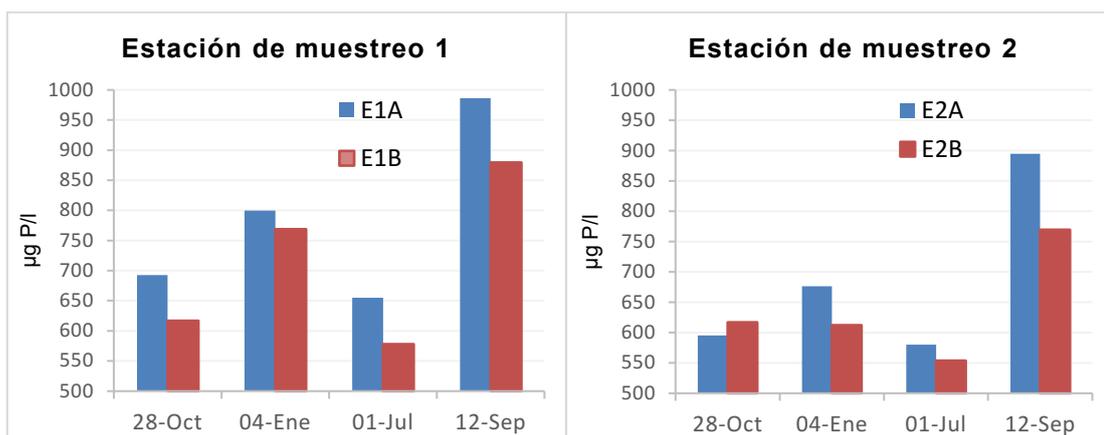


Figura 3.7. Variación en la concentración del fósforo total, representada en una escala acotada entre 500 y 1.000 µg/l, por fecha de muestreo en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

3.3. Características hidrológicas y morfológicas

3.3.1. Nivel Hidrométrico

Durante el período de estudio el nivel hidrométrico mínimo alcanzado fue observado el 10 de marzo del 2016 con una cota de 18,35 m IGN (equivalente a una profundidad de 1,15 m) mientras que la máxima se desarrolló al inicio del trabajo el 21 de septiembre de 2015 con una cota de 19,18 m IGN (1,98 m de profundidad) (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Nivel hidrométrico y profundidad del cuerpo lagunar desde 21/Sep/15 hasta 20/Sep/16.

Fecha	Prof. (m)	Cota (m)
21-sep-15	1,98	19,18
23-sep-15	1,93	19,13
25-sep-15	1,90	19,10
29-sep-15	1,83	19,03
02-oct-15	1,79	18,99
05-oct-15	1,76	18,96
09-oct-15	1,76	18,96
14-oct-15	1,72	18,92
17-oct-15	1,72	18,92
23-oct-15	1,68	18,88
26-oct-15	1,63	18,83
28-oct-15	1,63	18,83
29-oct-15	1,64	18,84
02-nov-15	1,62	18,82
06-nov-15	1,56	18,76
09-nov-15	1,54	18,74
14-nov-15	1,53	18,73
17-nov-15	1,55	18,75
25-nov-15	1,52	18,72
03-dic-15	1,50	18,70
07-dic-15	1,48	18,68
18-dic-15	1,49	18,69
30-dic-15	1,48	18,68
04-ene-16	1,48	18,68
05-ene-16	1,49	18,69
10-ene-16	1,47	18,67
17-ene-16	1,43	18,63
22-ene-16	1,38	18,58
27-ene-16	1,35	18,55
04-feb-16	1,36	18,56
11-feb-16	1,42	18,62
16-feb-16	1,46	18,66
21-feb-16	1,47	18,67
28-feb-16	1,33	18,53
05-mar-16	1,24	18,44
10-mar-16	1,15	18,35
14-mar-16	1,17	18,37
19-mar-16	1,31	18,51
23-mar-16	1,38	18,58
28-mar-16	1,45	18,65
06-abr-16	1,51	18,71

08-abr-16	1,52	18,72
18-abr-16	1,51	18,71
24-abr-16	1,49	18,69
29-abr-16	1,46	18,66
08-may-16	1,47	18,67
17-may-16	1,50	18,70
25-may-16	1,51	18,71
06-jun-16	1,54	18,74
12-jun-16	1,56	18,76
17-jun-16	1,56	18,76
23-jun-16	1,57	18,77
28-jun-16	1,61	18,81
01-jul-16	1,60	18,80
03-jul-16	1,64	18,84
07-jul-16	1,76	18,96
14-jul-16	1,87	19,07

22-jul-16	1,84	19,04
26-jul-16	1,87	19,07
30-jul-16	1,92	19,12
08-ago-16	1,86	19,06
15-ago-16	1,82	19,02
19-ago-16	1,81	19,01
23-ago-16	1,81	19,01
29-ago-16	1,80	19,00
02-sep-16	1,79	18,99
07-sep-16	1,79	18,99
12-sep-16	1,80	19,00
13-sep-16	1,88	19,08
18-sep-16	1,94	19,14
21-sep-16	1,92	19,12
Las filas resaltadas señalan los eventos muestreados		

Debe destacarse que en el momento de inicio de este estudio se encontraba abierta una compuerta secundaria de mando manual debido a un evento extremo ocurrido el 9 de agosto de 2015. Durante el mismo se registraron, en menos de 7 horas, 209 mm de lluvia provocando el desborde del cuerpo de agua. Dicho evento ocasionó que el pelo de agua alcanzara la cota 20,20 m IGN, representando una profundidad máxima de 3 metros al punto más profundo del cuerpo de agua (cota 17,20 m IGN). La compuerta secundaria fue cerrada el 10 de diciembre por la Secretaría de Obras Públicas de la Municipalidad de Monte.

Por otra parte, otro evento que provocó la salida de agua de la laguna por efecto de la acción antrópica, sucedió el 22 de febrero de 2016 cuando la Municipalidad de Monte llevó a cabo reparaciones en la compuerta manual que comunica las lagunas de Monte y Las Perdices. El recambio de tabloneros y estructura de hierro, permitió el pasaje de agua y un brusco descenso del nivel hidrométrico. Estas reparaciones que culminaron el 10 de marzo, provocaron la rápida recuperación del nivel de agua en concordancia con las precipitaciones.

En la Figura 3.8 se observa el comportamiento que presentó la cota IGN de la laguna de Monte durante el ciclo de estudio, representando en el eje la cota base del fondo lagunar (17,20 m IGN) y la medida conservadora del estado natural de la cuenca (19,50 m IGN). Asimismo, las flechas rojas en la figura 3.8 indican la toma de muestras con sus respectivas fechas.

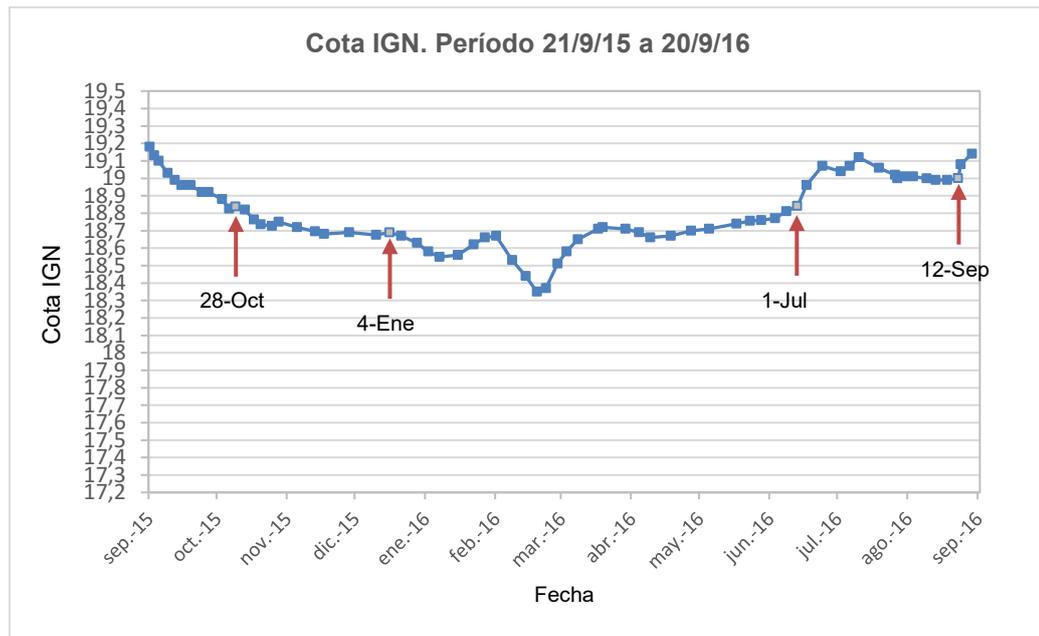


Figura 3.8. Cota del nivel hidrométrico de la laguna de Monte. Las flechas rojas señalan las fechas de muestreo.

Las precipitaciones juegan un rol importante en la variación del nivel hidrométrico de la laguna de Monte, incluso teniendo en cuenta que se trata de un cuerpo lagunar de llanura (perteneciente a una cuenca de baja pendiente) y con descarga regulada, lo cual interfiere en la relación intrínseca entre ambas variables (precipitación - nivel), no necesariamente esperándose encontrar una marcada simultaneidad entre la variación puntual entre ambos.

La Figura 3.9 muestra que la disminución de las precipitaciones en los meses de noviembre, diciembre y enero se correlacionaron con la disminución en el nivel hídrico (1,59 m, 1,49 m y 1,42 m respectivamente). Asimismo, las lluvias de febrero (102 mm) provocaron el cambio de tendencia en la disminución de la profundidad, como así también las lluvias de julio. El mayor pico de precipitaciones (196 mm) ocurrió en abril de 2016 y provocó un aumento de la profundidad lagunar de 1,50 m.

Por otra parte, el comportamiento de los meses de junio y agosto no presentaron la misma tendencia. La profundidad del cuerpo del agua aumentó a 1,60 m (junio) y 1,80 m (agosto), mientras que las precipitaciones fueron 20 mm y 7 mm, respectivamente. Esto podría estar asociado a un proceso de recarga y/o la reducción de la evapotranspiración.

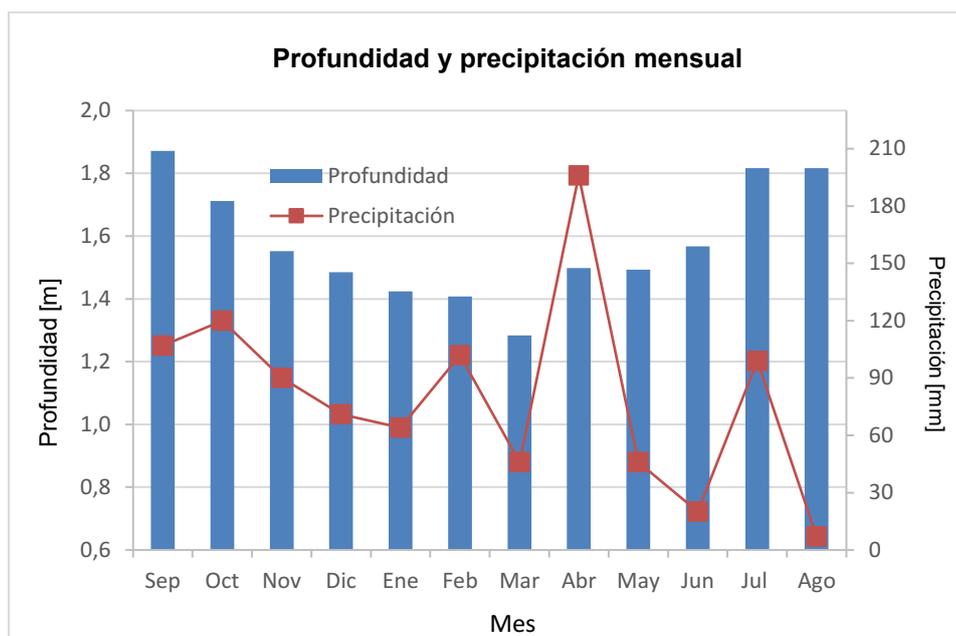


Figura 3.9. Profundidad media mensual (barra azul) y precipitación mensual (línea roja) ocurridas en el período 21/sept/2015 hasta el 20/sept/2016.

Lo mencionado anteriormente pudo constatarse en las mediciones realizadas en la regla limnimétrica del nivel de la laguna de Monte (previa (A) y posterior (B) a los eventos de precipitación, donde pudo observarse que el nivel del pelo de agua no presentó una respuesta inmediata o variación significativa durante los eventos de precipitación.

La profundidad de la laguna, con su Cota IGN asociada en cada muestreo, se presenta en la siguiente Tabla 3.4 y la Figura 3.8 anteriormente mencionada.

Tabla 3.4. Profundidad y cota de laguna de Monte

Fecha	Prof. (m)	Cota (m IGN)
28-oct-15	1,63	18,83
04-ene-16	1,48	18,68
01-jul-16	1,60	18,80
12-sep-16	1,80	19,00

3.4. Características biológicas

3.4.1. Clorofila "a"

La concentración de clorofila "a" (cla) fue siempre mayor luego del evento de precipitación, excepto para el muestreo de otoño tardío en la E2 que fue menor (Figura 3.10). Las máximas concentraciones de cla, fueron obtenidas en el muestreo realizado el 12-Sep correspondiente a un invierno tardío: en E1B presentó 174,9 μg y en E2B se obtuvo 110,94 μg . Mientras que las mínimas concentraciones de cla, fueron obtenidas el 1-Jul correspondientes a un otoño tardío: en E1B se registró 54,5 μg y en E2B 36,2 μg

respectivamente.

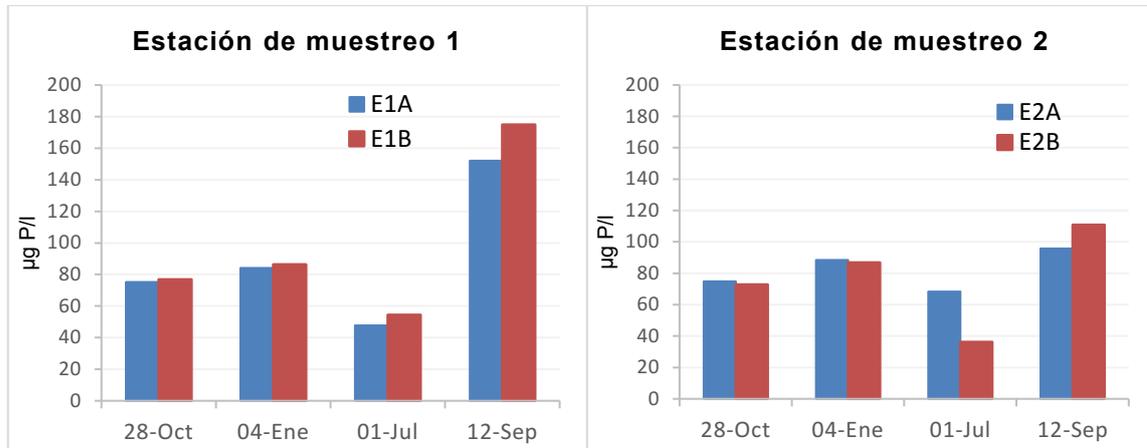


Figura 3.10. Variación en la concentración de clorofila "a" por fecha de muestreo en E1 y E2 (antes (A) y después (B) de la precipitación).

En E1, la concentración de cla aumentó en primavera, verano, otoño e invierno posterior al evento de precipitación. En cambio, en E2, los valores disminuyeron posterior al evento en primavera, verano y otoño, mientras que en invierno aumentaron (Figura 3.10).

3.4.2. Riqueza específica y densidad fitoplanctónica

Durante el período estudiado se registraron 115 especies: 16 Cyanobacteria, 39 Ochrophyta, 45 Chlorophyta, 9 Euglenozoa y 6 Charophyta (Tabla 3.5) (ver ANEXO I, Taxa encontrados en laguna de Monte. Esquema clasificatorio según Guiry & Guiry (2021).

Tabla 3.5. Taxa presentes en el fitoplancton de la laguna de Monte

<u>Cyanobacteria</u>
<i>Anabaena sphaerica</i> Bornet & Flahault
<i>Anabaenopsis circularis</i> (G. S. West) Woloszynska & V. V. Miller
<i>Aphanizomenon</i> sp.
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S.West
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann
<i>C. turgidus</i> (Kützing) Nägeli
<i>Cyanodictyon planctonicum</i> Meyer
<i>Dolichospermum circinale</i> (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Klebhan) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek
<i>Gloecocapsa</i> sp.
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing
<i>Nostoc commune</i> Vaucher ex Bornet & Flahault

Oscillatoria princeps Vaucher ex Gomont

Phormidium sp.

Raphidiopsis mediterranea Skuja

Synechococcus elongatus (Nägeli) Nägeli

<u>Charophyta</u>
<i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs
<i>C.venus</i> Kützing ex Ralfs
<i>Cosmarium margaritifera</i> Meneghini ex Ralfs
<i>Spirogyra</i> sp.
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs
<i>S. limneticum</i> Schmidle

<u>Chlorophyta</u>
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim
<i>A. raphidoides</i> (Reinsch) Brunthaler
<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov

A. falcatus (Corda) Ralfs
Binuclearia eriensis Tiffany
B. lauterbornii (Schmidle) Proschkina-Lavrenko
Botryococcus braunii Kützing
Chaetophora sp.
Chlorella vulgaris Beyerinck [Beijerinck]
Cladophora sp.
Closteriopsis acicularis (Chodat) J. H. Belcher & Swale
Coelastrum microporum Nägeli
Comasiella arcuata (Lemmermann) E. Hegewald, M. Wolf, Al. Keller, Friedl & Krienitz
Crucigenia fenestrata (Schmidle) Schmidle
C. quadrata Morren
Desmodesmus bicellularis (Chodat) S. S. An, T. Friedl & E. Hegewald
D. intermedius (Chodat) E. Hegewald
D. opoliensis (P. G. Richter) E. Hegewald
Dictyosphaerium pulchellum var. *minutum* Deflandre
Eudorina elegans Ehrenberg
Gonium sp. O. F. Müller
Lacunastrum gracillimum (West & G. S. West) H. Mc Manus
Lagerheimia subsalsa Lemmermann
Messastrum gracile (Reinsch) T.S.Garcia
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová
M. minutum (Nägeli) Komárková-Legnerová
Oedogonium sp.
Oocystis borgei J. W. Snow
O. lacustris Chodat
O. parva West & G. S. West
Pandorina morum (O.F.Müller) Bory
Pseudopediastrum boryanum (Turpin) E.Hegewald
Pediastrum duplex Meyen
Scenedesmus ecornis (Ehrenberg) Chodat
S. obtusus Meyen
S. quadricauda (Turp.) de Brebisson
Schroederia setigera (Schröder) Lemmermann
Sphaerocystis schroeteri Chodat
Stauridium tetras (Ehrenberg) E. Hegewald
Tetradesmus lagerheimii M. J. Wynne & Guiry
T. obliquus (Turpin) M. J. Wynne
Tetraedron trigonum (Nägeli) Hansgirg
Tetrastrum staurogeniiforme (Schröder) Lemmermann

Ulothrix tenerrima (Kützing) Kützing
Willea apiculata (Lemmermann) D. M. John, M. J. Wynne & P. M. Tsarenko

Euglenozoa

Euglena ehrenbergii G. A. Klebs
E. elastica Prescott
Euglena spp.
Lepocinclis acus (O. F. Müller) B. Marin & Melkonian
Monomorphina nordstedtii (Lemmermann) T.G.Popova
Phacus caudatus Hübner
P. longicauda (Ehrenberg) Dujardin
P. orbicularis K. Hübner
P. alatus G. A. Klebs

Ochrophyta

Achnanthes brevipes var. *intermedia* (Kützing) Cleve
Amphora ovalis (Kützing) Kützing
Anomoeoneis sphaerophora Pfitzer
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen
A. g. var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen
Bacillaria paxillifera (O. F. Müller) T. Marsson
Chaetoceros muelleri Lemmermann
Cyclotella meneghiniana Kützing
Entomoneis alata (Ehrenberg) Ehrenberg
E. paludosa var. *duplex* (Donkin) Makarova & Achmetova
Eunotia sp.
Fragilaria crotonensis Kitton
Gomphonella olivacea (Hornemann) Rabenhorst
Gyrosigma sp.
Melosira varians C. Agardh
Navicula cryptocephala Kützing
N. rynchocephala Kützing
N. peregrina (Ehrenberg) Kützing
N. tripunctata (O. F. Müller) Bory de Saint-Vincent
Nitzschia acicularis (Kützing) W. Smith
N. amphibia Grunow
N. bryophila (Hustedt) Hustedt
N. dubia W. Smith
N. filiformis (W.Smith) Van Heurck
N. fonticola (Grunow) Grunow
N. linearis W.Smith
N. palea (Kützing) W. Smith

N. sigma (Kützing) W. Smith
Plagiotropis lepidoptera (W.Gregory) Kuntze
Pleurosira laevis (Ehrenberg) Compère
Pseudostaurostrum limneticum (Borge) Couté & Rousselin
Pseudostaurosira brevistriata var. *inflata* (Pantocsek) M. B. Edlund
Rhopalodia gibba var. *ventricosa* (Kützing) H. Peragallo & M. Peragallo

Surirella brebissonii Krammer & Lange-Bertalot
S. striatula Turpin
Tryblionella apiculata W.Gregory
T. hantzschiana Grunow
T. hungarica (Grunow) Frenguelli
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère

La densidad algal anual varió entre 1.517 y 221.038 ind.ml⁻¹. El otoño tardío fue la estación del año con menor densidad algal (1.517 ind.ml⁻¹ en E2 posterior al evento de lluvia) mientras que las mayores se observaron en invierno en Estación 1 antes (165.793 ind.ml⁻¹) y después (221.038 ind.ml⁻¹) al evento de precipitación (Figura 3.11) (ver ANEXO II, Abundancia total de los taxa algales observados al microscopio óptico expresada en N° ind.ml⁻¹).

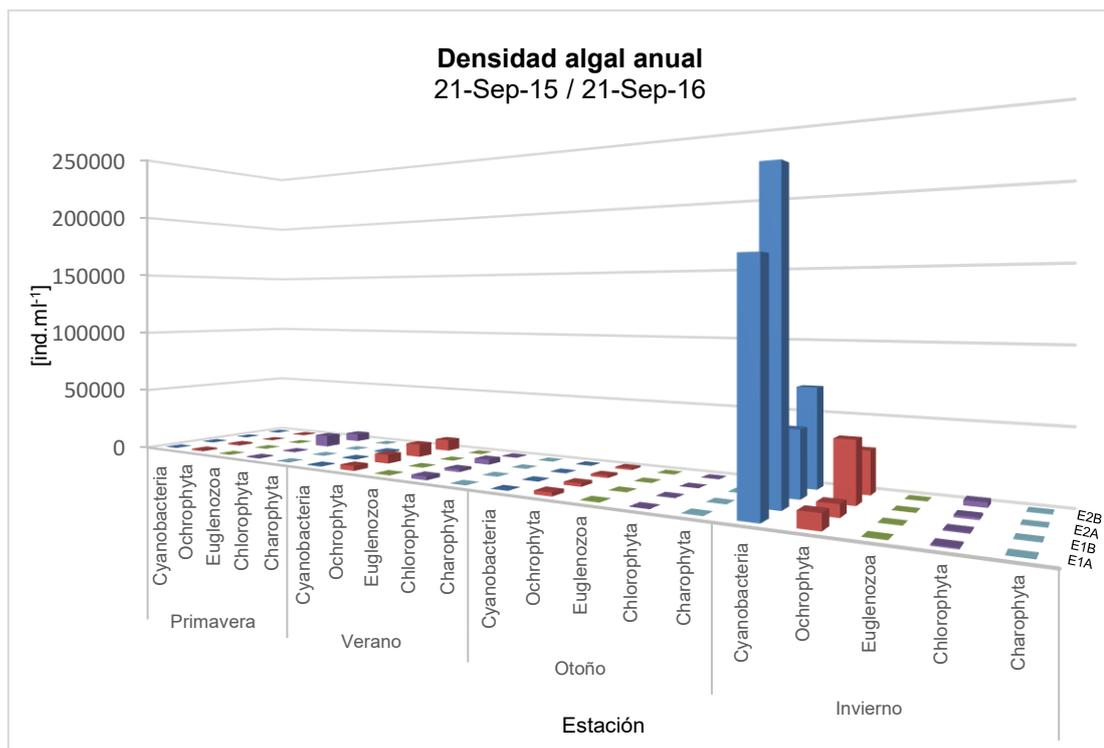


Figura 3.11. Densidad de algas (ind.ml⁻¹) en un período anual en las estaciones E1 y E2, antes (A) y después (B) al evento de precipitación.

Las precipitaciones provocaron un efecto variado en la densidad algal en cada estación climática y en cada muestreo. En E1 durante primavera, verano e invierno, la densidad total aumentó posterior al evento de precipitaciones. En cambio, en E2, en primavera, verano y otoño disminuyó posterior al evento de precipitación. Las estaciones que se comportaron contrariamente a la tendencia mencionada fueron la E1 en otoño en

donde la densidad total disminuyó y la E2 en invierno donde el valor aumentó posterior a las precipitaciones (Figura 3.11). Es probable que este efecto no sólo se deba a las precipitaciones si no también al comportamiento de las poblaciones algales.

En primavera la densidad de diatomeas aumentó luego del evento de lluvias en la E1 (1.098 a 1.193 ind.ml⁻¹) y en la E2 (59 a 427 ind.ml⁻¹). En cambio, la densidad de las clorofitas disminuyó en la E1 (691 a 495 ind.ml⁻¹) y en la E2 (9.100 a 6.228 ind.ml⁻¹) luego de las precipitaciones (Figuras 3.11, 3.12). Cabe mencionar que la densidad algal obtenida en la E1 AyB, presentó una diferencia mínima que pudo deberse al error inherente al método de recuento.

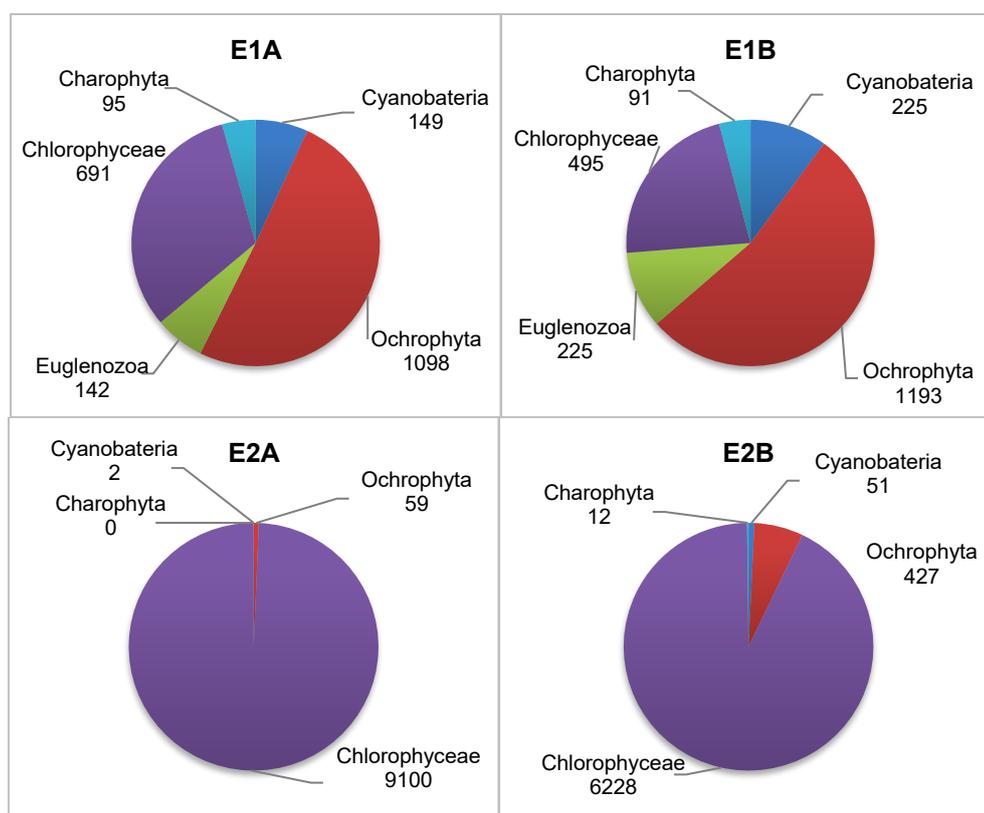


Figura 3.12. Densidad algal (ind.ml⁻¹) en primavera en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

En verano la densidad algal de cianobacterias y diatomeas aumentaron en la E1 y disminuyeron en la E2, para ambas estaciones posterior al evento de lluvia (ver Tabla 5 en ANEXO). Las euglenofitas, clorofitas y carofitas mostraron un comportamiento contrario al mencionado (Figuras 3.11, 3.13).

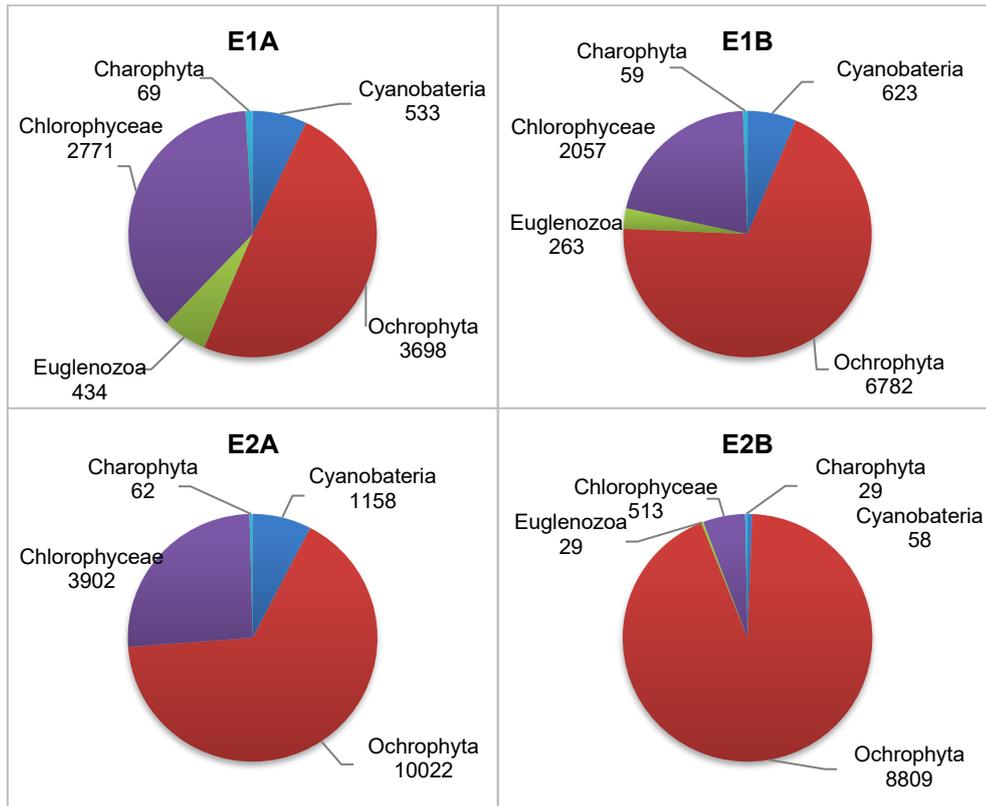
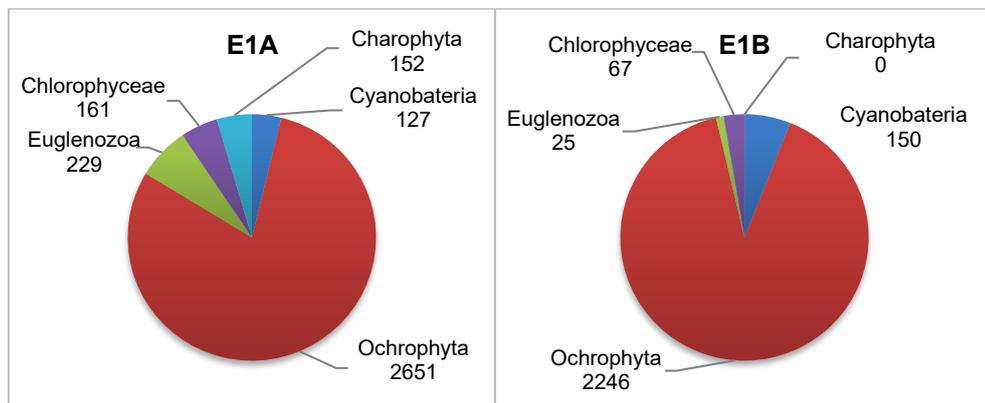


Figura 3.13. Densidad algal (ind.ml⁻¹) en verano en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

El efecto de las precipitaciones en otoño provocó en la E1 que las diatomeas, euglenofitas, clorofitas y carofitas disminuyeran su densidad mientras que las cianobacterias aumentaron. Por otra parte, en la E2 las diatomeas y euglenofitas disminuyeron luego de las lluvias, mientras que las cianobacterias, clorofitas y carofitas aumentaron (Figuras 3.11, 3.14).



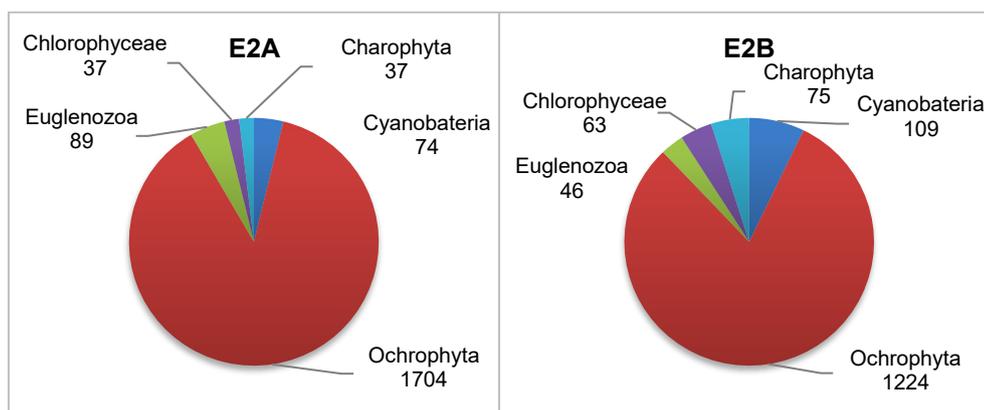


Figura 3.14. Densidad algal (ind. ml^{-1}) en otoño en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

En invierno se observaron fuertes variaciones en ambas estaciones como consecuencia de las precipitaciones. Las cianobacterias aumentaron en la E1 (154.850 a 212.168 ind. ml^{-1}) y en la E2 (44.900 a 68.692 ind. ml^{-1}). En cambio, las diatomeas disminuyeron en E1 (10.130 a 8.130 ind. ml^{-1}) y en E2 (40.950 a 29.245 ind. ml^{-1}) (Figuras 3.11, 3.15).

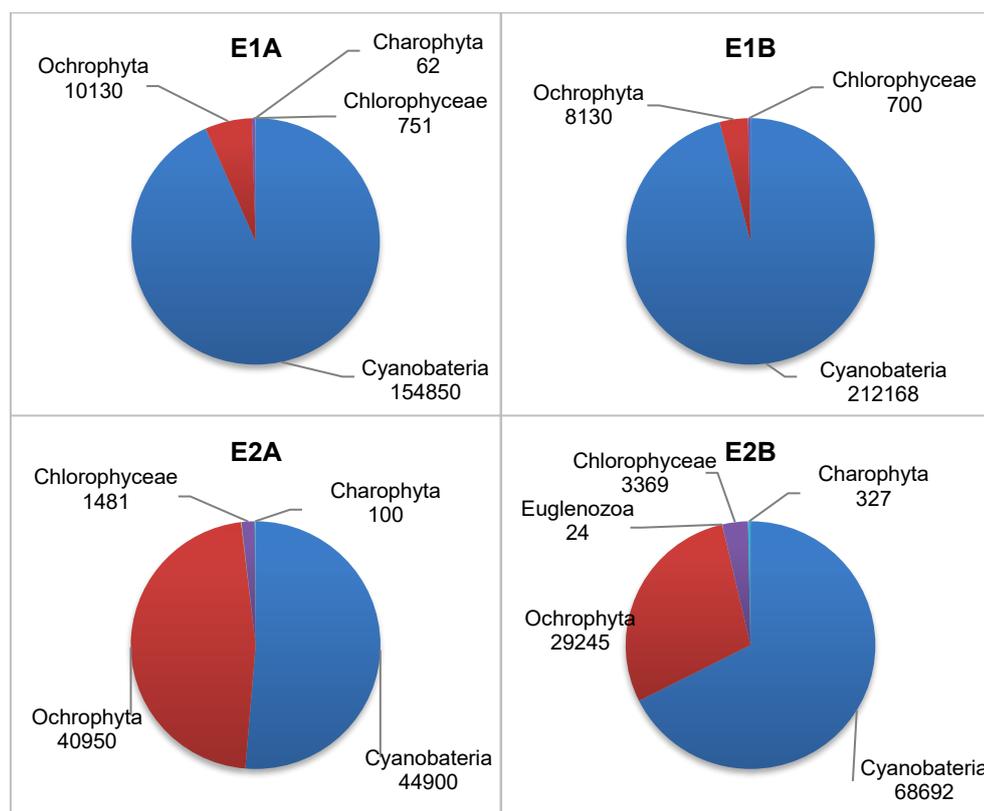


Figura 3.15. Densidad algal (ind. ml^{-1}) en invierno en E1 y E2 antes (A) y después (B) de la precipitación.

Las cianobacterias presentaron un incremento en densidad en la mayoría de los eventos de precipitación durante el período de estudio, excepto en verano para la E2 que

presentó un marcado descenso (de 1.158 ind.ml⁻¹ a 58 ind.ml⁻¹) (Figura 3.11).

Las carofitas presentaron un comportamiento semejante al de las clorofitas, en la E2 aumentaron en primavera (12 ind.ml⁻¹), otoño (75 ind.ml⁻¹) e invierno (327 ind.ml⁻¹) (Figura 3.12). Es de destacar que la densidad algal obtenida en primavera y otoño, tuvo valores pequeños que pueden atribuirse al propio método de recuento.

La mayor riqueza específica se observó en verano en E1B con 73 especies, mientras que la menor en invierno en la misma estación (E1B) con 25 especies (Figura 3.16).

En primavera los grupos con mayor número de especies fueron las diatomeas (entre 8 y 28) y las clorofitas (15 y 27). En verano las diatomeas estuvieron presentes con 14 a 26 especies y las clorofitas con 15 y 33.

En otoño las diatomeas presentaron entre 17 y 25 especies. El resto de los grupos se mantuvieron con valores bajos. En invierno, la riqueza específica de las clorofitas osciló entre 12 y 17 especies y la de las diatomeas entre 6 y 11 (Figura 3.16).

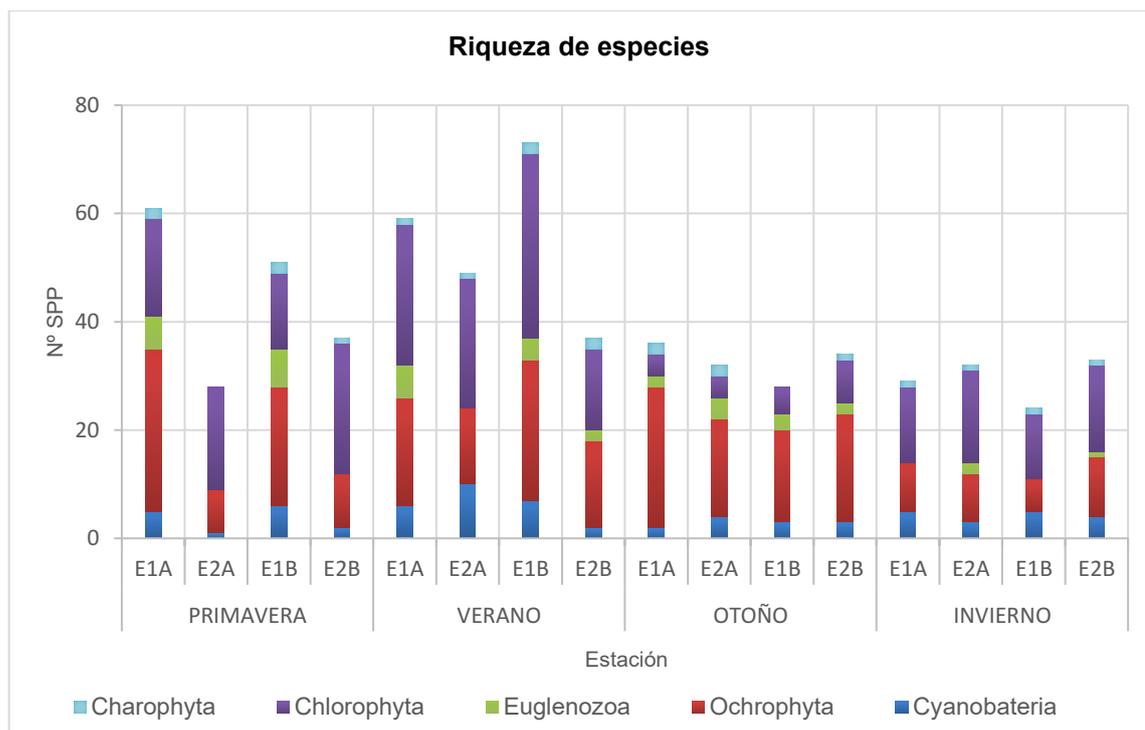


Figura 3.16. Riqueza de especies (nº spp) por estación del año, sitio de muestreo (E1 y E2) antes (A) y después (B) al evento de precipitación.

En cuanto a la abundancia relativa (Figura 3.17), el grupo algal predominante en primavera fueron las diatomeas para la E1 (*Nitzschia linearis* (E1A: 10 % y E1B: 13,8 %) y *Nitzschia palea* (E1A:7,2 % y E1B: 4 %)) y las clorofitas para la E2 (*Binuclearia lauterbornii* (E2A: 95,9 % y E2B: 78,5 %)). En verano dominó en ambas estaciones la diatomea *Cyclotella meneghiniana* (E1A: 18,8 %, E1B: 39,5 %, E2A: 52,1 % y E2B: 76,8 %) y para la

E2 la clorofita *Crucigenia quadrata* (E2A: 6,8 % y E2B: 2,2 %). En otoño predominaron las diatomeas, en E1A (*C. meneghiniana* (21,2 %) y *Surirella striatula* (10,5 %)), en E1B (*S. striatula* (45,6 %) y *Entomoneis alata* (13,3 %)), en E2A (*S. striatula* (16,8 %) y *C. meneghiniana* (13,3 %)) y en E2B (*S. striatula* (38,7 %), *C. meneghiniana* (8,2 %) y *E. alata* (6,8 %)). En invierno la cianobacteria *Raphidiopsis mediterranea* dominó en E1 (E1A: 93,3 % y E1B: 95,8 %) y en E2 (E2A: 51,2 % y E2B: 66,9 %). Asimismo, en E2 también estuvo presente la diatomea *C. meneghiniana* (E2A: 45,2 % y E2B: 26,1 %) (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Abundancia relativa de las especies del fitoplancton por sitio de muestreo (E1 y E2) previo (A) y posterior (B) al evento de precipitación y en cada estación climática.

	E1A	%	E1B	%	E2A	%	E2B	%
Primavera	<i>Nitzschia linearis</i>	10	<i>Nitzschia linearis</i>	13,8	<i>Binuclearia lauterbornii</i>	95,9	<i>Binuclearia lauterbornii</i>	78,5
	<i>Nitzschia palea</i>	7,2	<i>Ulnaria ulna</i>	8,1				
	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	6,5	<i>Ulothrix variabilis</i>	5,1				
	<i>Didymocystis bicellularis</i>	6,2	<i>Oscillatoria princeps</i>	4,7				
Verano	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	18,8	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	39,5	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	52,1	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	76,8
					<i>Crucigenia quadrata</i>	6,8	<i>Crucigenia quadrata</i>	2,2
Otoño	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	21,2	<i>Surirella striatula</i> (P)	45,6	<i>Surirella striatula</i>	16,8	<i>Surirella striatula</i>	38,7
	<i>Surirella striatula</i>	10,5	<i>Entomoneis alata</i>	13,3	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	13,3	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	8,2
	<i>Nitzschia linearis</i>	7,14	<i>Nitzschia linearis</i>	5,99	<i>Nitzschia linearis</i>	9,583	<i>Entomoneis alata</i>	6,8
Invierno	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	93,3	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	95,8	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	51,2	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	66,9
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	4,02	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1,86	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	45,2	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	26,1
	<i>Aulacoseira granulata</i>	1,78	<i>Aulacoseira granulata</i>	1,8	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	1,2	<i>Aulacoseira granulata</i>	1,9

Las diatomeas aumentaron posterior al evento de lluvia en primavera y en la E1 en verano, pero en la E2 para primavera, otoño e invierno disminuyeron entre el 12,1 % y 28,6 % (Figura 3.17).

Las Euglenozoa, aumentaron 58,5 % en la E1 en primavera, posterior al evento, en E1 en invierno y en E2 en primavera mientras que en verano no se observaron cambios. Para la E1 y E2 de otoño, E1 de verano y E2 de invierno disminuyeron en un intervalo de 48,3 % y 89,1 % (Figura 3.17).

Las Chlorophyta disminuyeron marcadamente su densidad luego de las precipitaciones: en primavera (E1B: 28,4 % y E2B: 31,6 %), en verano (E1B: 25,8 % y E2B: 86,8 %), en otoño (E1B: 58,4 %) y en invierno se observó la menor disminución (E1B: 6,8

%). Sin embargo, en la E2B la densidad aumento para otoño (70,3 %) e invierno (127,5 %) (Figura 3.17).

Las Charophyta, presentaron un comportamiento semejante al de las Chlorophyta, disminuyendo su valor por efecto de las precipitaciones en primavera (E1B: 4,2 %), verano (E1B: 14,5 % y E2: 53,2 %), otoño (E1: 100 %) e invierno (E1B: 35,5 %) (Figura 3.17).

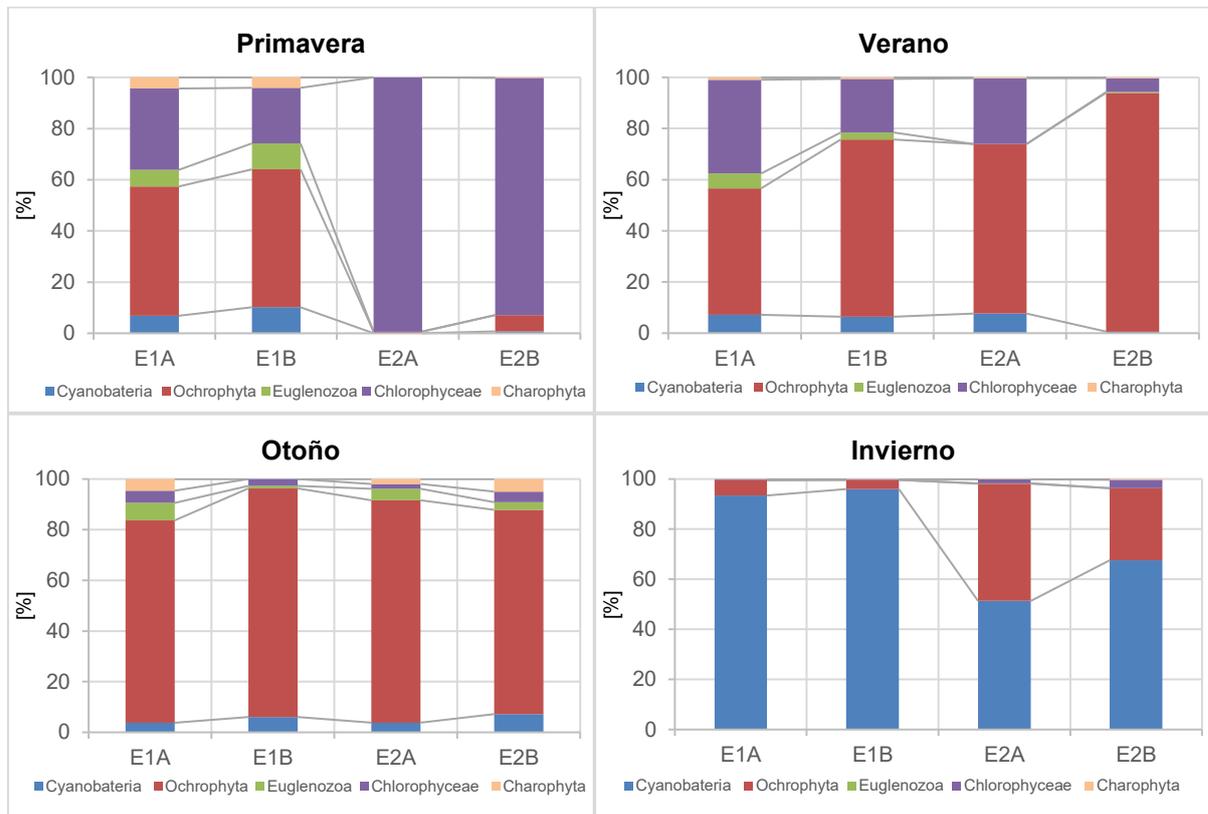


Figura 3.17. Abundancia relativa (%) por estación del año, sitio de muestreo (E1 y E2) antes y después posterior (A y B) al evento de precipitación.

En invierno se observó una floración algal causada por la cianobacteria *Raphidiopsis mediterranea* que le confirió al agua un color azul-verdoso (Figura 3.18 a y b).

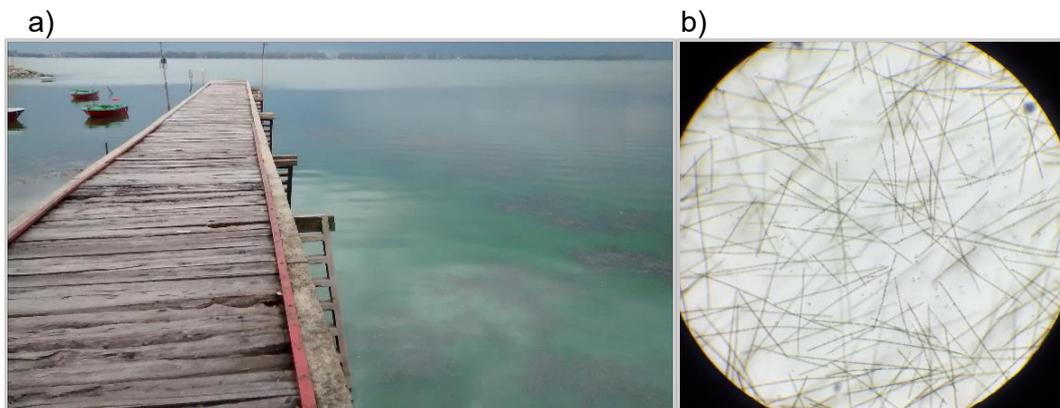


Figura 3.18. Aspecto de la laguna en el momento de la toma de muestras del 12 de septiembre de 2016. a) Color del agua debido a la floración de *Raphidiopsis mediterranea* y b) Filamentos de *R. mediterranea* al microscopio óptico.

En el mes de agosto las precipitaciones fueron escasas (7 mm) mientras que la concentración de clorofila “a” (entre 95,75 y 174,90 µg/l) y la de fósforo total (entre 770 y 995 µg/l) presentaron valores elevados lo que permite inferir que la laguna presentaba características eutróficas.

3.4.3. Índices biológicos

Los índices bióticos obtenidos pueden reunirse en cuatro grupos: Riqueza Específica (R y Menhinick), Diversidad (1-D, H'), Dominancia (D) y Equitabilidad (J') (Tabla 3.7).

Tabla 3.7. Índices biológicos de las algas microfitoplanctónicas de la laguna de Monte.

Fecha de muestreo	Estación de muestreo	Índice de Margalef (R)	Índice de Menhinick	Índice de Simpson (1-D)	Índice de Shannon-Wiener (H')	Índice de Simpson (D)	Índice de Pielou (J')
Primavera 28.10.15	E1A	7,94	1,33	0,96	3,66	0,04	0,89
	E1B	6,49	1,08	0,95	3,48	0,05	0,88
	E2A	2,08	0,21	0,07	0,23	0,93	0,75
	E2B	4,20	0,46	0,38	1,16	0,62	0,32
Verano 04.01.16	E1A	6,62	0,69	0,94	3,41	0,06	0,83
	E1B	7,95	0,75	0,82	2,79	0,18	0,65
	E2A	5,09	0,41	0,71	2,19	0,29	0,56
	E2B	3,93	0,38	0,40	1,16	0,60	0,32
Otoño 01.07.16	E1A	4,32	0,62	0,92	3,01	0,08	0,84
	E1B	3,45	0,56	0,76	2,17	0,24	0,65
	E2A	4,10	0,73	0,92	2,89	0,08	0,83
	E2B	4,51	0,87	0,82	2,48	0,18	0,70
Invierno 12.09.16	E1A	2,33	0,07	0,13	0,33	0,87	0,10
	E1B	1,87	0,05	0,08	0,23	0,92	0,07
	E2A	2,72	0,11	0,53	0,92	0,47	0,26
	E2B	2,78	0,10	0,48	0,99	0,52	0,28

De acuerdo a los valores del índice de Margalef la mayor riqueza de especies se registró en la E1B en verano y la menor en la E1B en invierno. Los valores más altos del índice de Menhinick fueron en E1 A y B en primavera (Tabla 3.7).

El índice de Margalef (representado por la sigla “R”) y Menhinick disminuyeron conjuntamente para la E1 en primavera, E2 en verano, E1 en otoño y E1 en invierno. Mientras que aumentaron en E2 en primavera, en E1 en verano y en E2 en otoño. Estos índices no coincidieron para la E2 en invierno (aumentó R y disminuyó Menhinick) (Tabla 3.7).

Esto permitió determinar que ambos índices de riqueza de especies aumentaron en

la E1 en verano, mientras que en la E2 aumentaron en primavera y otoño (Figura 3.19).

	ESTACIÓN	MARGALEF	MENHINICK
PRIMAVERA	E1A	↓	↓
	E1B	↓	↓
	E2A	↑	↑
	E2B	↑	↑
VERANO	E1A	↑	↑
	E1B	↑	↑
	E2A	↓	↓
	E2B	↓	↓
OTOÑO	E1A	↓	↓
	E1B	↓	↓
	E2A	↑	↑
	E2B	↑	↑
INVIERNO	E1A	↓	↓
	E1B	↓	↓
	E2A	↑	↓
	E2B	↑	↓

Figura 3.19. Comparación de índices de riqueza de especies por estación del año, estación de muestreo (E1 y E2) antes y después (A y B) al evento de precipitación.

Para determinar cambios estructurales en la comunidad fitoplanctónica se compararon índices de riqueza (R), diversidad (H') y equitabilidad de especies (J'), por estación de muestreo (E1 y E2), previo y posterior al evento de precipitación (A y B) (Figuras 3.20 y 3.21).

En la Estación 1 (E1A) se observó que el período de mayor riqueza, diversidad y equitabilidad se desarrolló en primavera, mientras que los valores fueron menores en invierno. Asimismo, los valores de los índices de R, H' y J' disminuyeron de forma gradual, en su gran mayoría, desde el inicio del muestreo (primavera de 2015) hasta completar el ciclo anual (invierno de 2016).

El efecto de las precipitaciones para la estación 1 (E1B) permitió observar la reducción de los valores de los índices en cada estación climática (entre 0,01 y 1,45 puntos), excepto en verano donde R presentó un pronunciado incremento de 1,33 puntos (Figura 3.20).

El incremento del valor del índice de Margalef en verano, posterior al evento de lluvia, estuvo asociado con la estación que presentó mayor número de especies (73) durante el período en estudio.

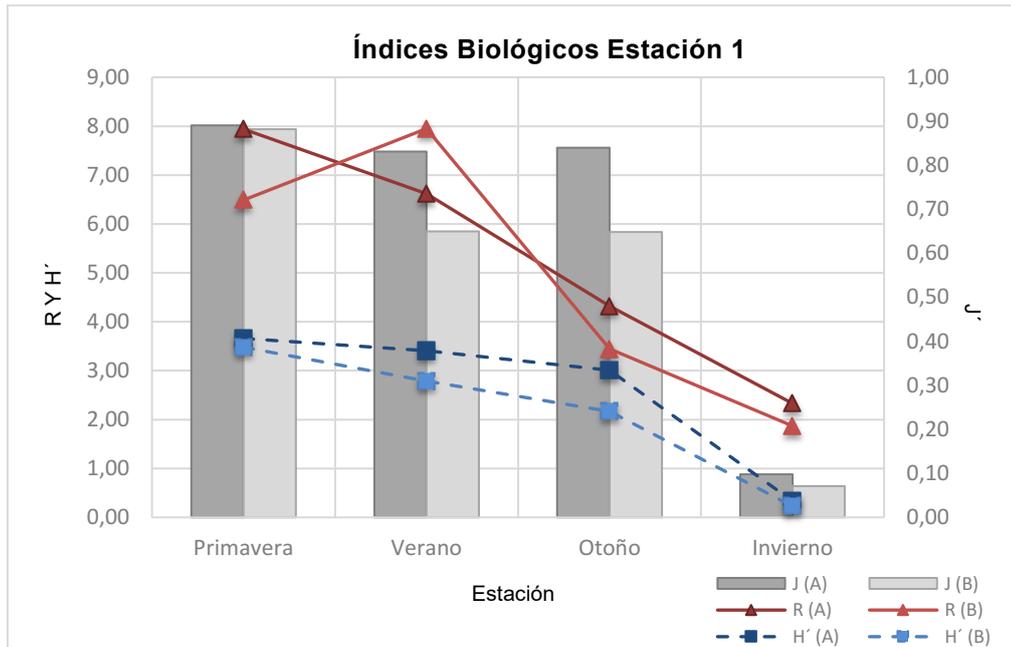


Figura 3.20. Índices de Diversidad de Shannon & Wiener (H'), Riqueza de especies de Margalef (R) y Equitabilidad de Pielou (J') calculados para la Estación 1 antes (A) y después (B) del evento de precipitación.

En la Estación 2 (A) se observó que los valores de todos los índices biológicos para primavera, verano y otoño disminuyeron respecto de la Estación 1 (E1A). Sin embargo, en invierno R , H' y J' aumentaron en el orden de los 0,41 puntos, respecto de los valores mínimo y máximo registrados. Los índices biológicos (R y H') en E2A, comparados con la E1A, iniciaron bajos y fueron aumentando en verano y otoño (Figura 3.21).

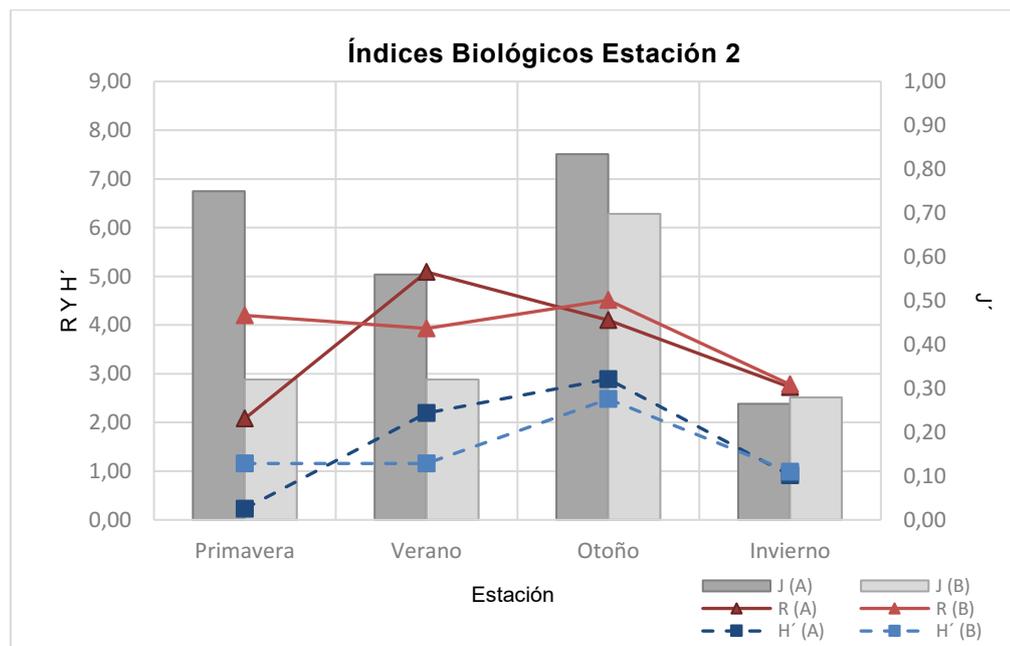


Figura 3.21. Índices aplicados a Estación 2 antes (A) y después (B) del evento de precipitación: Diversidad de Shannon & Wiener (H'), Riqueza de especies de Margalef (R) y Equitabilidad de Pielou (J').

En la Estación 2 (B) se observó que la mayoría de los índices presentaron un comportamiento semejante entre ellos. Respecto a los valores previos al evento de precipitación (A) se observó que R aumentó en primavera, otoño e invierno, H' aumentó en primavera e invierno y J' aumentó sólo en invierno. De esta manera, se observa que los eventos de precipitación en la Estación 2 afectan de forma positiva y negativa los índices biológicos (Figura 3.21).

Por otra parte, se compararon índices de diversidad de Simpson (D-1), dominancia de Simpson (D) y equitabilidad de Pielou (J') por estación de muestreo (E1 y E2), previo y posterior al evento de precipitación (A y B) (Figuras 3.22 y 3.23).

La Estación 1 (E1A) en primavera presentó la mayor diversidad y equitabilidad mientras que los valores menores sucedieron en la E1B en invierno (Figura 3.22).

La Estación 1 (E1A) presentó altos índices de 1-D y J en primavera, verano y otoño, descendiendo bruscamente en invierno. El alto índice de dominancia en invierno (0,87) fue concordante con el "bloom" algal de una cianobacteria dominante representando el 93% del recuento total.

La diversidad y equitabilidad de especies, posterior a las precipitaciones en la Estación 1, presentaron un leve descenso en primavera, verano y otoño (Figura 3.22). Asimismo, el cálculo de los índices biológicos permitió observar que en la Estación 1 el índice de dominancia aumentó luego de cada evento de precipitación durante el ciclo de estudio.

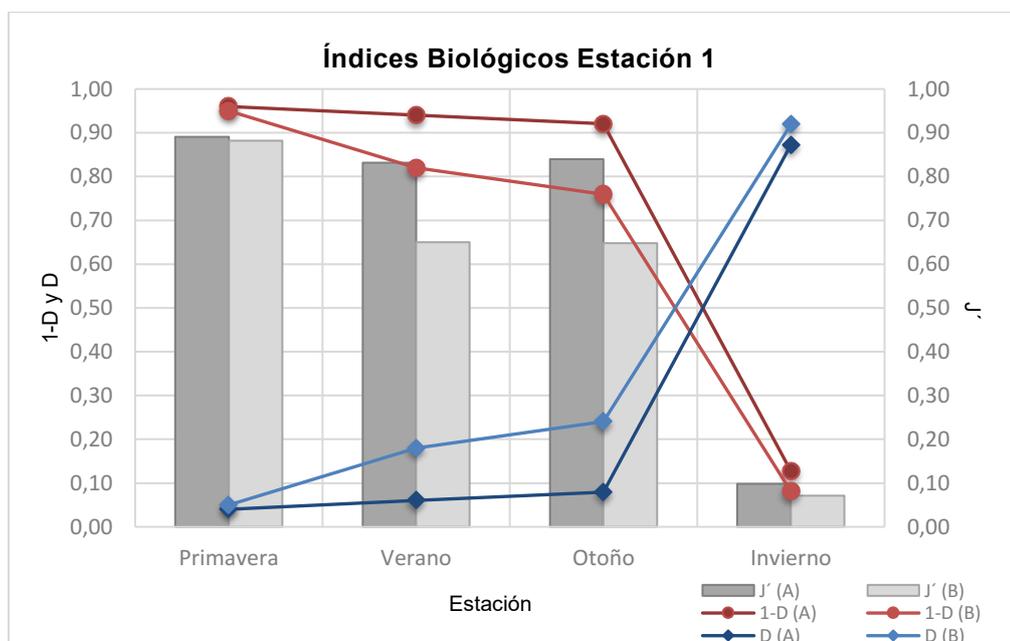


Figura 3.22. Índices aplicados a Estación 1 antes (A) y después (B) del evento de precipitación: Diversidad de Simpson (D-1), Dominancia de Simpson (D) y Equitabilidad de Pielou (J').

El comportamiento de los índices biológicos aplicados en la Estación 1 (Figura 3.22),

presentó un desarrollo contrario en la Estación 2 (Figura 3.23). El índice de Pielou (J'), en el Cuerpo Principal (E2), presentó valores más elevados durante la floración algal que la estación correspondiente a la “Boca del Totoral” (Figuras 3.22 y 3.23).

En la Estación 2 (E2A) se observó que en primavera la dominancia y la diversidad presentaron un comportamiento inverso al desarrollado en la E1A. El otoño tardío fue la estación de mayor diversidad y equitabilidad (Figura 3.23).

Luego de las precipitaciones en la Estación 2 (E2B) hubo un marcado descenso de la diversidad y dominancia en primavera y verano mientras que fue leve en otoño e invierno. Asimismo, el otoño fue la estación de mayor diversidad y equitabilidad con valores similares a los observados previos al evento de lluvia.

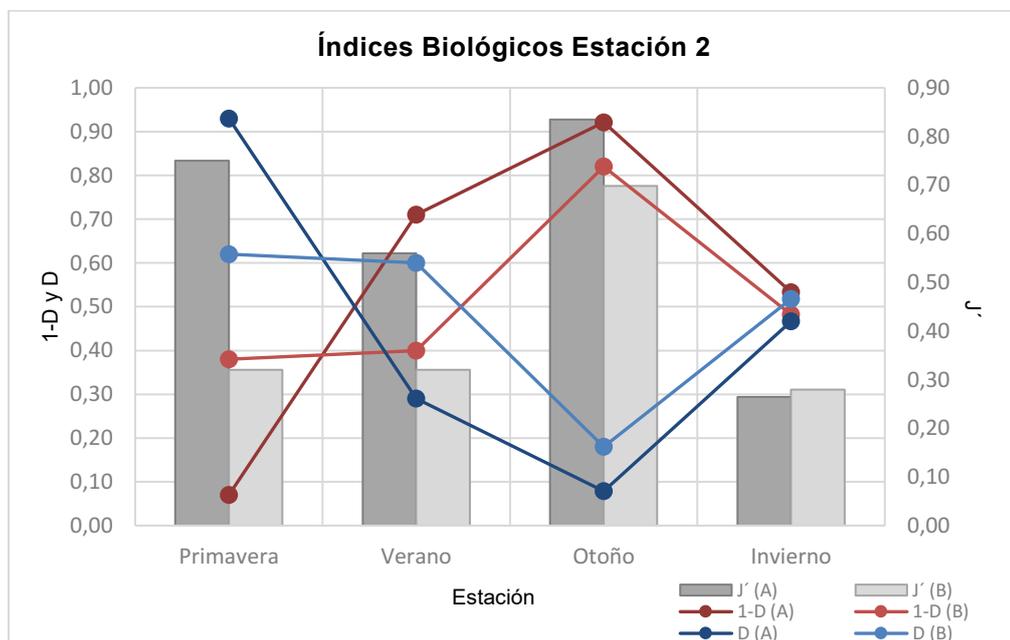


Figura 3.23. Índices aplicados a Estación 2 antes (A) y después (B) del evento de precipitación: Diversidad de Simpson (D-1), Dominancia de Simpson (D) y Equitabilidad de Pielou (J').

3.4.4. Índice del Estado Trófico (TSI)

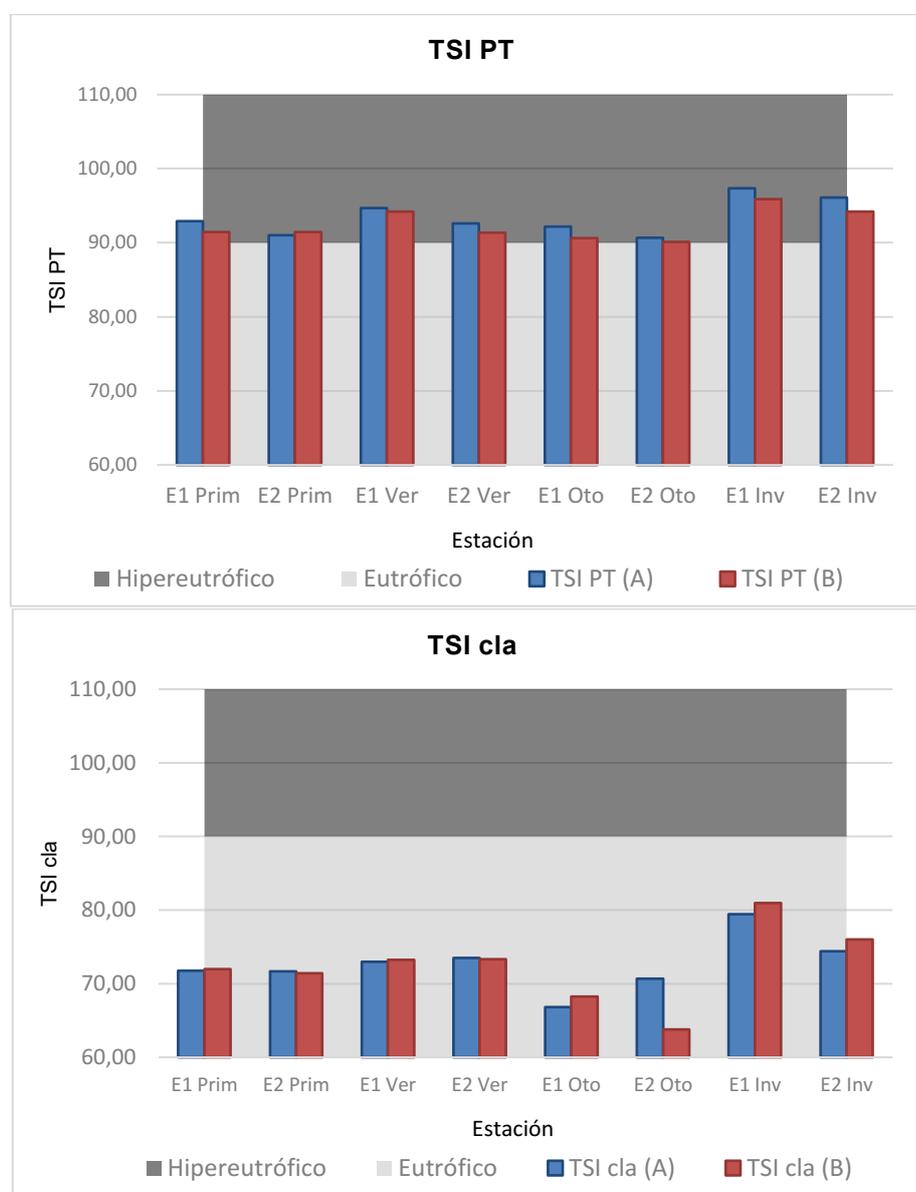
El Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI) basado en la concentración de fósforo total mostró valores entre 90,09 y 97,33 mientras que para clorofila “a” fue entre 63,77 y 80,96. A partir de la lectura del disco de Secchi, varió entre 82,21 y 100,59 (Tabla 3.8).

Tabla 3.8. Valores de TSI de fósforo total (PT), clorofila “a” (cla) y disco de Secchi (DS) en función de Carlson (1977) modificada por Aizaki *et al* (1981).

	TSI PT		TSI cla		TSI DS	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
E1 OCT	92,90	91,44	71,75	71,98	93,21	96,00
E2 OCT	91,00	91,44	71,68	71,39	92,38	94,09
E1 ENE	94,70	94,20	72,97	73,25	89,39	98,14

E2 ENE	92,59	91,34	73,51	73,33	88,07	95,02
E1JUL	92,19	90,61	66,80	68,23	82,21	100,59
E2JUL	90,66	90,09	70,70	63,77	95,02	93,21
E1SEP	97,33	95,89	79,44	80,96	86,26	94,09
E2SEP	96,11	94,21	74,38	75,99	93,21	99,32

Estos valores indicaron la condición eutrófica para TSI cla, hipertrófica para TSI PT, mientras que el TSI DS se mostró eutrófico (antes del evento) e hipertrófico (después del evento) (Figura 3.24). Según el diagrama de interpretación de Carlson & Havens (2005) (Figura 2.23) permitió observar una relación negativa-negativa en ambos ejes de las coordenadas.



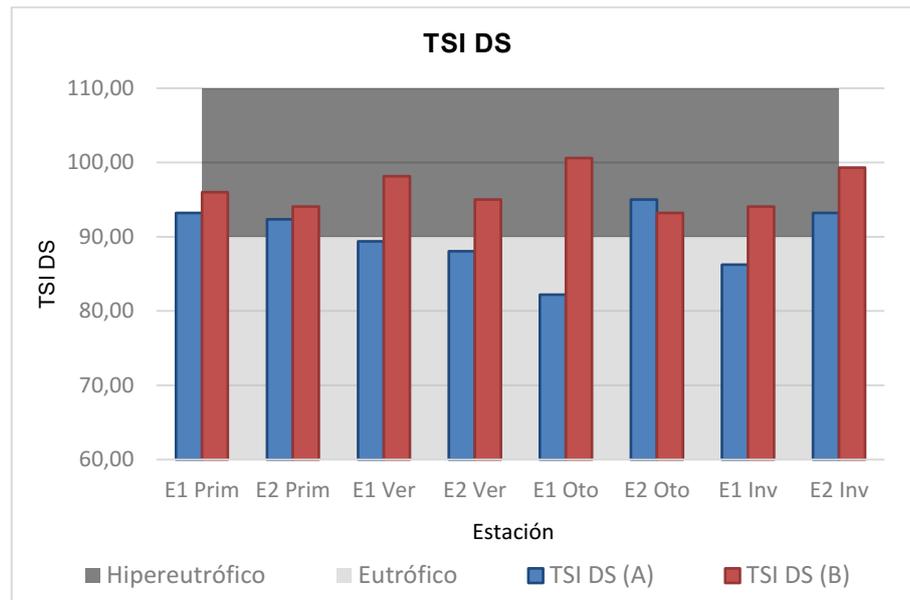


Figura 3.24. Valores de TSI de fósforo total (PT), clorofila “a” (cla) y disco de Secchi (DS) en función de Carlson (1977) modificada por Aizaki *et al.* (1981). Referencias: azul= TSI (A) -antes del evento de precipitación-, rojo= TSI (B) -después del evento de precipitación-, gris oscuro= Hipereutrófico, gris claro= Eutrófico, Prim= Primavera, Ver= Verano, Oto= Otoño, Inv= Invierno.

3.5. Análisis comparativo entre estaciones

A partir del análisis comparativo entre las estaciones 1 y 2, como consecuencia del evento hidrometeorológico, se observó que la E1 presentó un pH menor para otoño (A: 7,81 y B: 7,43) e invierno (A: 7,92 y B: 7,3), comparado con valores de primavera y verano registrados para ambas estaciones de muestreo. La conductividad fue, casi en la totalidad del presente estudio, superior en E1 que en E2, posiblemente por un mayor aporte de iones provenientes del arroyo El Totoral. Asimismo, los eventos de precipitación provocaron un descenso más pronunciado de la conductividad en E1 que en E2, especialmente en invierno donde disminuyó más de la mitad del valor posterior a un evento de precipitación de 58 mm (A: 1551 y B: 681 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). La temperatura del agua registró valores levemente superiores durante todo el ciclo de estudio en E1 que en E2, previo y posterior al evento de precipitación. La clorofila a presentó valores superiores, posterior a la precipitación, en primavera para la E1 y en verano, otoño e invierno, en la E2. El PT alcanzó valores elevados para todas las estaciones del año en E1 respecto a E2, ocurriendo en invierno la máxima concentración (A: 986,2945 y B: 879,5032 $\mu\text{g P}\cdot\text{l}^{-1}$) y la mayor densidad algal dada por cianobacterias. La densidad algal fue mayor en la E1 que en la E2 en otoño (A: 3.320 y B: 2.488 $\text{ind}\cdot\text{ml}^{-1}$) e invierno (A: 165.761 y B: 221.038 $\text{ind}\cdot\text{ml}^{-1}$), mientras que en E2 fue mayor que E1 en primavera (A: 9.161 y B: 6705 $\text{ind}\cdot\text{ml}^{-1}$) y verano (A: 15.122 y B: 9.438 $\text{ind}\cdot\text{ml}^{-1}$).

Se debe destacar que el invierno fue la única estación del año cuando la densidad algal aumentó posterior al disturbio hidrometeorológico de 58 mm, cuya comunidad se encontraba dominada por cianobacterias en E1 y por cianobacterias y diatomeas, en E2.

Por otra parte, en referencia a los índices biológicos se destaca que: en primavera, el índice de diversidad (1-D) de Simpson fue alto en la E1 (A: 0,96 y B: 0,95) y bajo en E2 (A: 0,07 y B: 0,38), representada por Ochrophyta en E1 (A: 50,5% y B: 53,9%) y Chlorophyta en E2 (A: 99,3% y B: 92,7%). En verano, se observó que antes del evento de precipitación la diversidad (1-D) era elevada (E1A: 0,94 y E2A: 0,71) pero disminuyó posterior al mismo (E1B: 0,82 y E2B: 0,40), representada por Ochrophyta en E1 (A: 49,5% y B: 69,4%) y en E2 (A: 66,3% y B: 69,4%). El otoño presentó valores elevados de diversidad en ambas estaciones previo y posterior al evento de precipitación ($1-D \geq 0,76 \leq 0,92$) como también el índice de equitabilidad de Pielou ($J \geq 0,65 \leq 0,84$) también representada por Ochrophyta en E1 (A: 79,8% y B: 90,3%) y en E2 (A: 87,8% y B: 80,7%). En invierno, la E1 registró una alta dominancia de cianobacterias especialmente posterior al disturbio provocado por la precipitación (A: 0,87 y B: 0,92) mientras que en la E2 presentó valores más bajos condicionada por el mismo efecto de las lluvias (A: 0,47 y B: 0,52). Dicha dominancia estaba representada por Cyanobacteria en E1 (A: 93,4% y B: 96%) y en E2 (A: 51,3% y B: 67,6%) y Ochrophyta (A: 46,8% y B: 28,8%). Según el índice de Shannon-Wiener, la diversidad siempre fue mayor en E1 que en E2. Asimismo, en E2 la diversidad fue baja ($H' < 2$) en primavera, verano e invierno.

3.6. Análisis Estadístico

El tratamiento estadístico de los datos, mediante los test de *Shapiro-Wilks* y test de *Kolmogorov-Smirnov*, constató que E1 no corresponde a una distribución normal ($p=0,032 < \alpha=0,05$), mientras que la E2 sí ($p=0,214 > \alpha=0,05$).

Por otra parte, el test no paramétrico de *Wilcoxon Mann Whitney* determinó que para E1 ($p=0,273$) y E2 ($p=0,715$), las muestras no presentan diferencias estadísticas significativas a partir del evento de precipitación (ANEXO III, Test de *Wilcoxon Mann Whitney* para E1 y E2).

El U-test deja al descubierto que no resulta suficiente para interpretar qué sucede con los datos obtenidos. Por ello, se realizó un gráfico de box plot para E1 y E2 (Fig. 3.25), donde se observa que las proyecciones de las cajas se superponen y, por lo tanto, hay poca diferencia en la densidad algal para E1 y E2 por un evento de precipitación.

Se aplicó el test de *Levene* para analizar la varianza en ambas estaciones de muestreo, y se comprobó que la varianza de los grupos es homogénea ($p>0.05$).

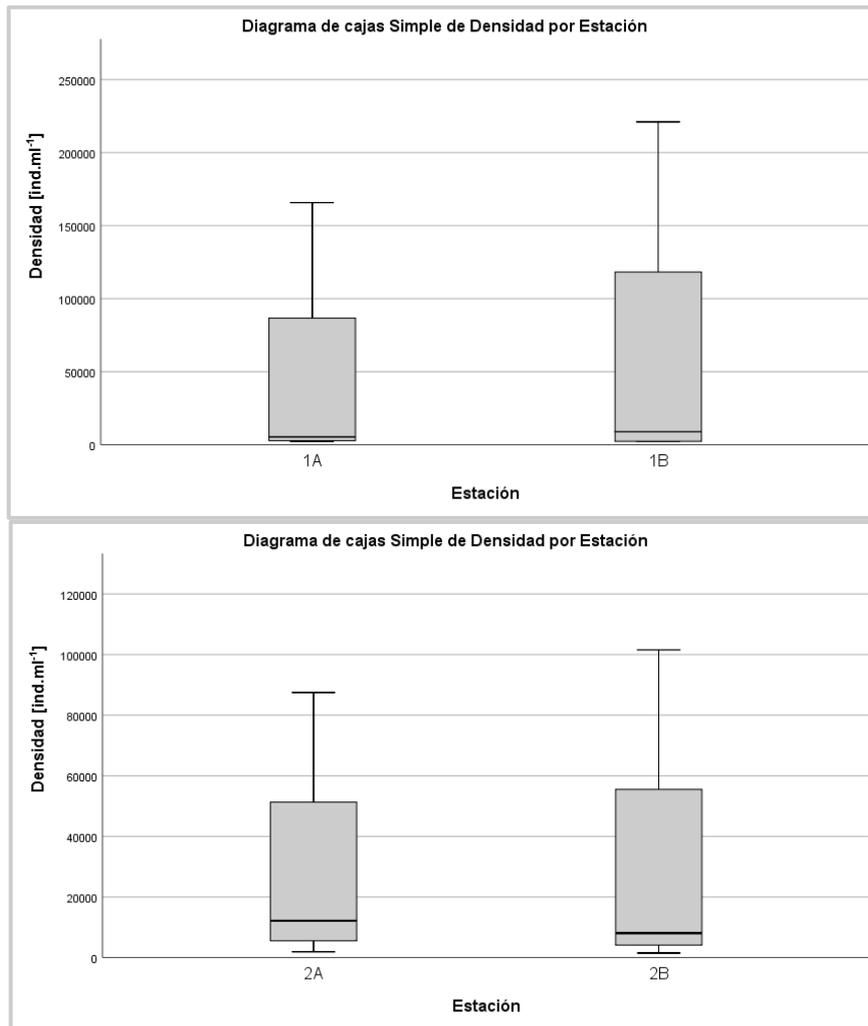


Figura 3.25. Gráficos box plots densidad algal (ind.ml⁻¹) obtenidos en un período anual para la Estación 1y2 antes (A) y después (B) del evento de precipitación.

3.6.1 Análisis Multivariado

Se aplicó un análisis de conglomerado (Cluster) donde tomaron los datos de densidad algal (ind.ml⁻¹) y se agruparon mediante el método del promedio (Average linkage). Se obtuvo una correlación cofenética igual a 0,776 (ANEXO III, Análisis de Conglomerados: Abundancia Fitoplanctónica (ind.ml⁻¹)) y se diferenciaron dos grupos (Figura 3.26).

En el Grupo 1 se asociaron todos los muestreos invernales de E1 y E2 (previo y posterior al evento de precipitación); la E1 estuvo representada por una elevada densidad de cianobacterias (*Raphidiopsis mediterránea*) y la E2 por *Raphidiopsis mediterránea* seguido por las diatomeas *Cyclotella meneghiniana* y *Aulacoseira granulata*.

El Grupo 2, está compuesto por dos subgrupos: 2a) representado en su mayoría por la E2AyB de primavera y verano. Este subgrupo presentó algunas semejanzas en referencia a los valores de densidad algal de diferentes especies y grupos. En primavera (E2A y E2B) dominaron las clorofitas (*Planctonema lauterbornii*, *Schroederia setigera*, *Crucigenia quadrata* y *Didymocystis bicellularis*), mientras que en verano (E2A y E2B) y

otoño (E1B) dominaron las diatomeas (*Cyclotella meneghiniana*, *Aulacoseira granulata*, *Surirella striatula* y *Entomoneis alata*). 2b) estuvo compuesto por los muestreos de verano (E1AyB) que se agruparon con la E1A y E2AyB de otoño y la E1AyB de primavera. En verano estuvo representado por diatomeas (*Cyclotella meneghiniana*, *Bacillaria paxillifera* y *Entomoneis alata*), seguido de clorofitas (*Scenedesmus opaliensis*, *Actinastrum hantzschii* y *Pandorina* sp.), cianobacterias filamentosas (*Anabaena sphaerica*, *Oscillatoria limosa* y *Phormidium* sp.) y Euglenofitas (*Euglena acus* y *Phacus caudatus*). Mientras que la E1 (A) y E2 (AyB) de otoño representadas por *Cyclotella meneghiniana*, *Plagiotropis lepidoptera*, *Surirella striatula*, *Cyclotella meneghiniana* y *Planctonema lauterbornii*; mientras que la E1 (AyB) de primavera presentó *Nitzschia linearis* y *N. Palea*, *Synedra ulna*, *Monoraphidium arcuatum* y *Oscillatoria limosa*.

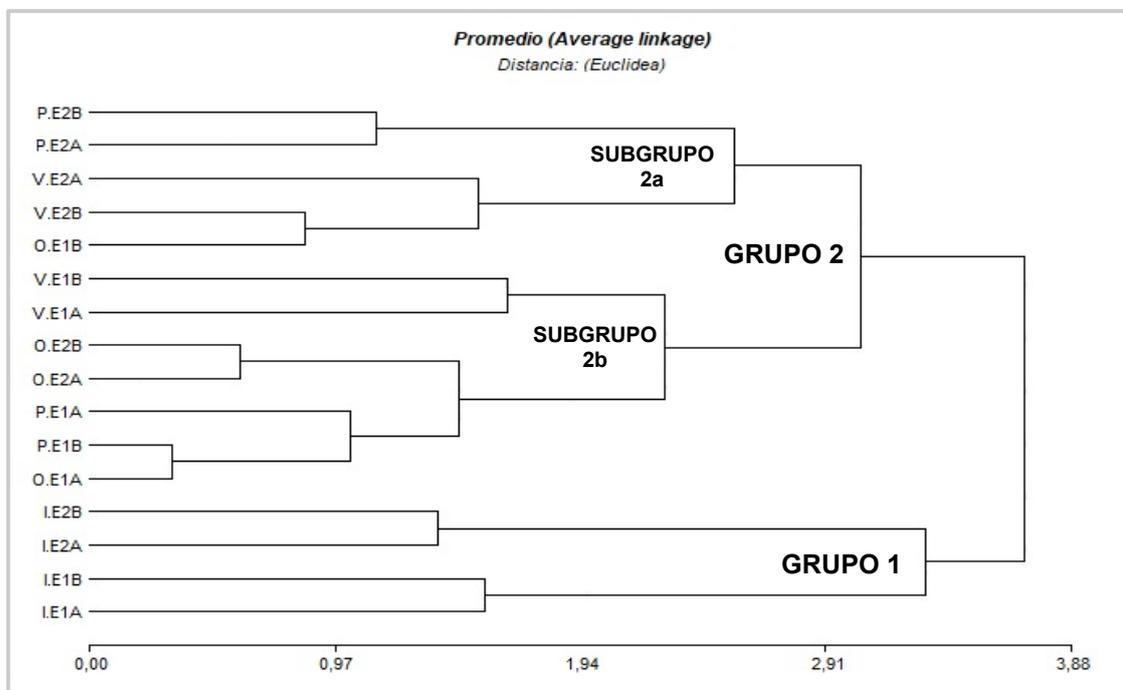


Figura 3.26. Análisis de conglomerado con ligamiento completo en base a los datos de densidad fitoplanctónica (ind.ml⁻¹) obtenidos en laguna de Monte desde octubre 2015 hasta septiembre 2016. Referencias: P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno.

Por otra parte, se aplicó el mismo análisis cluster y método para los datos fisicoquímicos, obteniendo una correlación cofenética igual a 0,838 (ANEXO III, Análisis de Conglomerados: Datos Fisicoquímicos (ind.ml⁻¹)) y se diferenciaron dos grupos (Figura 3.27).

El Grupo 1, estuvo representado exclusivamente por la E1A de otoño que se caracterizó por una elevada conductividad y transparencia del agua.

El Grupo 2, está compuesto por dos subgrupos: 2a) representado por todos los muestreos en verano, previo al evento de precipitación, asociados por una elevada temperatura del agua y bajo nivel hidrométrico del pelo de agua; y que se agruparon a todos

los muestreos de primavera, previo y posterior al evento de precipitación, caracterizados por los valores de temperatura del agua más elevados, menor variabilidad de pH y mayor amplitud interestacional de conductividad. El subgrupo 2a', conformado por los muestreos de otoño (E1B, E2A y E2B), se caracterizó por temperaturas del agua entre 11° y 12° C, baja concentración de fósforo total (PT).

En el Grupo 2b los muestreos invernales se asociaron por una elevada concentración de fósforo total y pH entre 7,3 y 7,92.

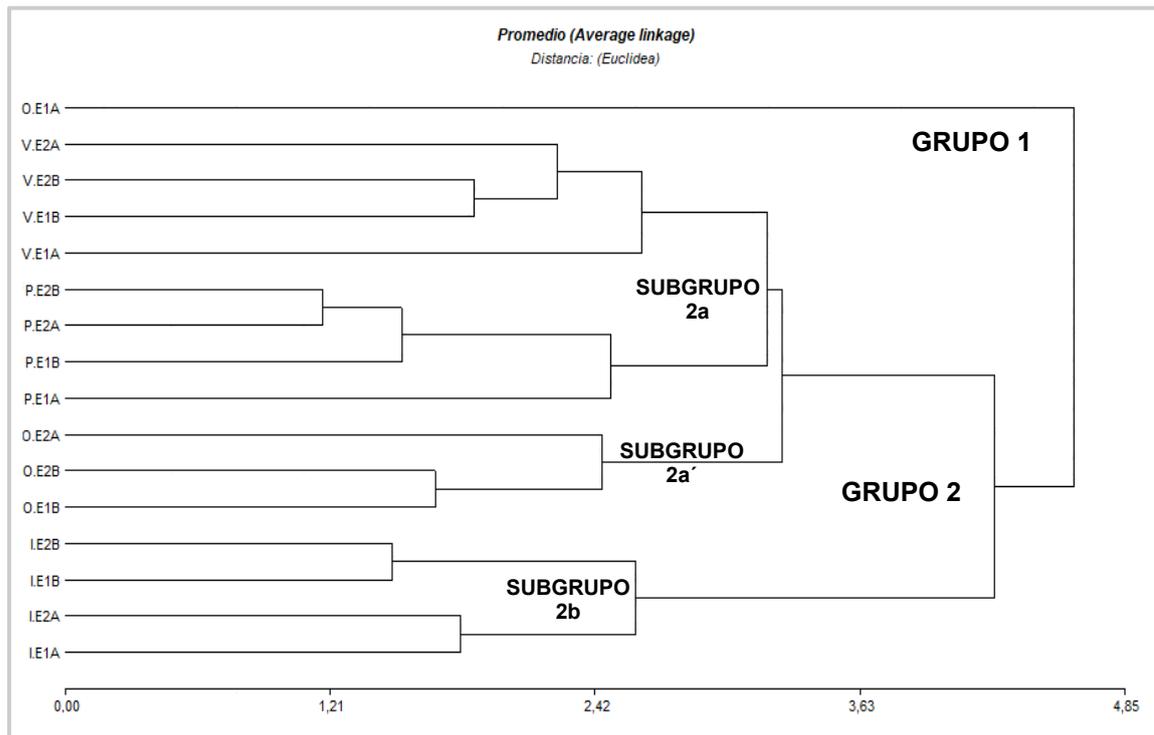


Figura 3.27. Resultados del análisis de agrupamiento con ligamiento completo en base a los datos fisicoquímicos obtenidos en laguna de Monte desde octubre 2015 hasta septiembre 2016. Referencias: P= Primavera, V= Verano, O= Otoño, I= Invierno.

Se realizó una representación bidimensional de un Análisis de Componentes Principales (ACP) con las variables fisicoquímicas del agua, las meteorológicas, hidrogeológicas y con la densidad fitoplanctónica obtenidas en cada estación de muestreo durante el ciclo de estudio (Figura 3.28).

Este análisis de ordenación explica el 63,3 % de la varianza total considerando los dos primeros ejes con una correlación cofenética de 0,904 (ANEXO III, Análisis de Componentes Principales (ACP)). La densidad, la clorofila "a", las precipitaciones, el nivel hidrométrico y el fósforo total por un lado y la presión atmosférica, nubosidad, conductividad y pH por otro lado, fueron los factores que tuvieron una mayor contribución en el primer componente principal (con el 40,8 % de la variación espacial). El componente de la derecha separa al invierno del resto de los muestreos por presentar la mayor variación observada posterior al evento de precipitación.

El segundo componente (con el 22,5 % de la varianza total) está definido principalmente por la humedad en forma positiva, y negativamente por la temperatura del aire y del agua.

En la representación bidimensional del análisis se observa que la mayoría de las muestras de primavera, verano y otoño se ordenan en el segundo y tercer cuadrante (Figura 3.28).

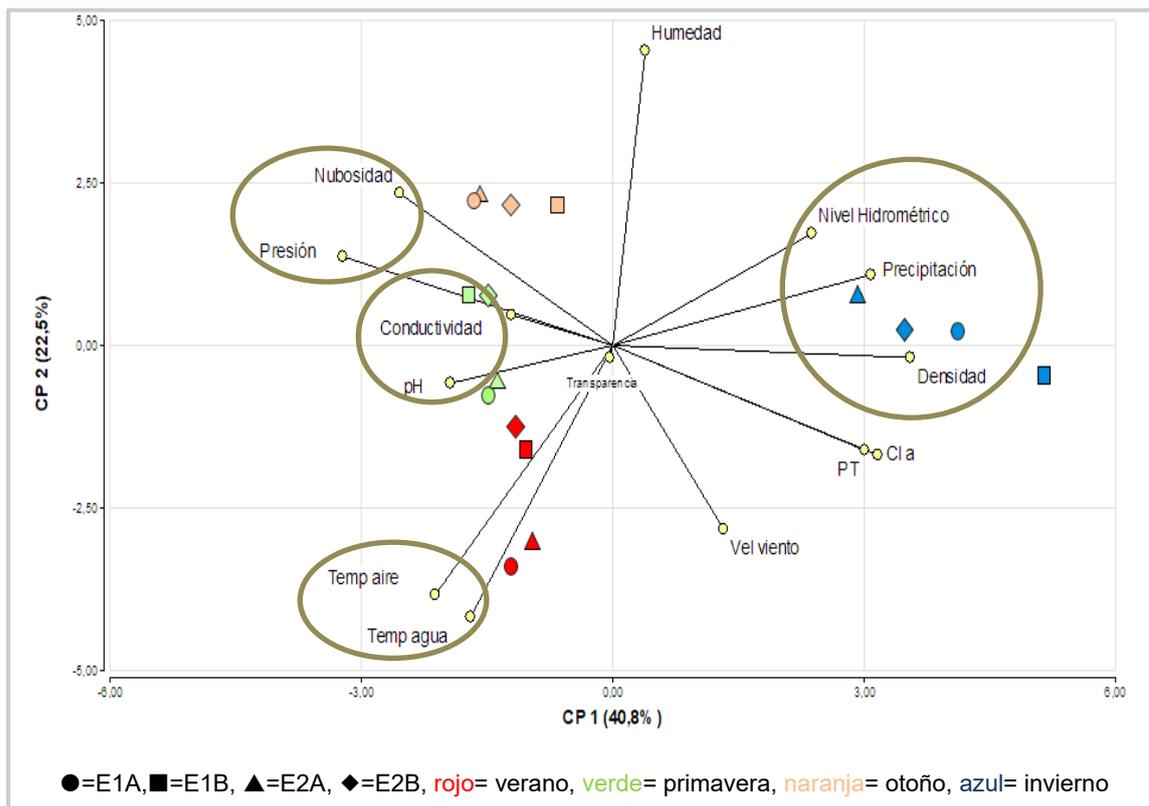


Figura 3.28. Análisis de Componentes Principales (ACP) realizado con las variables físico-químicas de agua, hidrometeorológicas y densidad de fitoplancton, en los sitios y momentos estudiados. Referencias: ●=E1A, ■=E1B, ▲=E2A, ◆=E2B, rojo= verano, verde= primavera, naranja= otoño, azul= invierno.

DISCUSIÓN



4 DISCUSIÓN

Durante el período de estudio las condiciones meteorológicas, los parámetros físicos y químicos del agua, la composición, abundancia y comportamiento del fitoplancton, así como las características hidrogeológicas - geomorfológicas de la laguna de Monte, mostraron una heterogeneidad espacio-temporal.

En esta investigación la precipitación media anual (968 mm) coincidió con la observada por Dangavs (1973) en un estudio realizado para el período 1951-1960 (934 mm) y con Solari *et al.* (2003) quienes mencionan una precipitación promedio anual histórica de 955 mm para el período 1911-2000. Por otra parte, los registros de la Sociedad Rural de Monte en el período 1985/2014 (1.021,9 mm) y por la Estación Ezeiza Aero (SMN) en el período 1981/2010 (1.019,8 mm), para el partido de Monte, presentaron semejanzas entre ambas en los valores obtenidos.

Según Dangavs (1973) las precipitaciones pluviales en la laguna de Monte son abundantes, siendo el verano la estación más lluviosa con 30,2 % del total de las precipitaciones, mientras que la época más seca es el invierno con sólo 18 % de las precipitaciones anuales. En disidencia con lo observado por Dangavs, en el presente estudio se registró que la primavera fue la estación más lluviosa con el 31,8 % de la precipitación anual mientras que el invierno con el 21,2 %.

En este estudio, al igual que lo observado por Guarrera *et al.* (1968), se encontró que, en ciertos momentos y en zonas muy localizadas, existen diferencias de hasta 3°C entre puntos muy próximos de la laguna.

La Boca del Totoral tiene una dinámica bastante particular asociada al transporte de materiales y a la presencia de vegetación acuática. En este sentido, diversos autores (Guarrera *et al.*, 1968; Ardohain *et al.*, 2000; Benítez *et al.*, 2000; Gabellone *et al.* 2002, Solari *et al.*, 2002, 2003; Quaini *et al.*, 2008) registraron marcadas variaciones en la comunidad del fitoplancton y del zooplancton, en los parámetros físicos y químicos del agua, en el estado trófico y en la vegetación acuática dentro de la misma laguna.

La disminución de la conductividad luego de los eventos de precipitación coincide con lo señalado por Solari *et al.* (2003) y Ruiz *et al.* (2014).

Dangavs (2005 a,b) caracteriza a las lagunas pampeanas como cuerpos de agua con transparencia relativamente escasa (< a 50 cm). En este estudio, durante todo el ciclo de muestreos la transparencia registró valores inferiores a los 0,50 m en coincidencia con Izaguirre & Vinocur (1994 a,b) y Solari *et al.* (2003). En la estación Boca del Totoral la transparencia fue mayor en otoño e invierno donde la presencia de macrófitas pudo haber inhibido el desarrollo del fitoplancton y en consecuencia disminuir la turbidez del agua

(Scheffer, 1998; Scheffer & van Nes, 2007; Bakker *et al.*, 2010). En cambio, en la estación Cuerpo Principal se observó que la transparencia fue menor en primavera, debido probablemente, a los materiales resuspendidos del fondo por la mezcla de la columna de agua y, cuyo efecto, fue resaltado por Rosso (2007) en otro ambiente somero.

Los diferentes valores de pH en la laguna permitieron observar un gradiente estacional, aumentando en primavera temprana-verano y disminuyendo en invierno. De acuerdo con lo observado con Wetzel (1981) en otros estudios y sitios, el aumento de pH en primavera-verano se debe probablemente a un aumento en el proceso de fotosíntesis. La oxidación biológica y química de la materia orgánica acumulada en los sedimentos también pudo haber influido en los cambios de pH, proceso también observado por Cole (1988). Por otra parte, se evidencia que el pH se comportó de manera antagónica en ambas estaciones de muestreo. Dangavs y Pierrard (2013) determinaron que en la Boca del Totoral la alcalinidad total varía entre de 194 y 430 mg/l y la dureza total se corresponde con un agua levemente dura (66 mg/l) en creciente y muy dura en estiaje (233 mg/l). Mientras que para el Cuerpo principal (E2) la alcalinidad total varía entre 147 y 534 mg/l y la dureza total es de aguas leve a moderadamente duras.

Los valores de PT fueron elevados en invierno en coincidencia con una floración de *Raphidiopsis mediterranea* y una condición hipereutrófica de la laguna. Guarrera *et al.* (1968) realizó una investigación entre los años 1949-1951 en la laguna y observó floraciones de cianobacterias (*Microcystis aeruginosa* y *Anabaena spiroides*). Las condiciones de la laguna en dicho período indicarían un grado de eutrofización menor que el actual, debido a la menor abundancia de los distintos grupos algales. El aumento en la concentración de fósforo total en la laguna de Monte hacia la actualidad indica un incremento progresivo de eutrofización con importantes cambios en la composición y abundancia del fitoplancton. Esto coincide con lo señalado con otros autores como Izaguirre & Vinocur (1994 a,b), Gabellone & Gómez (1998) y Solari *et al.* (2003).

Gabellone & Gómez (1998) señalan que la Boca del Totoral recibe nutrientes y materia orgánica del arroyo El Totoral que provienen de la cabecera de la cuenca y de los campos agrícolas y ganaderos por el cual se extiende. En concordancia con afirmaciones de Quaini *et al.* (2008) y Freyre *et al.* (1989) se observó en el presente trabajo que estos nutrientes, ya en el cuerpo principal, presentan concentraciones más bajas. Asimismo, el mayor desarrollo de macrófitas (juncos y totoras) y los inóculos algales transportados pueden ser depositados en este sitio generándose un desarrollo importante del fitoplancton.

En primavera se registró el menor volumen de agua precipitada que coincidió con un marcado descenso de las clorofitas (en el Cuerpo Principal) especialmente de *Binuclearia lauterbornii* que es un alga típicamente planctónica. Por otra parte, al igual que lo observado en diferentes arroyos por Esquius *et al.* (2008), se encontró en la Boca del Totoral, las

diatomeas dominaron en densidad, particularmente una diatomea de hábito epifítico y epífita, *Ulnaria ulna*.

En el verano se observó la mayor riqueza de especies ya que la cantidad de horas diarias de luz solar es un estimador de la cantidad de energía bruta que un ecosistema acuático puede recibir y está íntimamente relacionado al potencial del sistema (Wetzel, 2001). Entre las diatomeas, *Cyclotella meneghiniana* fue dominante en ambas estaciones. Por otra parte, en la Boca del Totoral también codominó *Entomoneis alata* mientras que, en el Cuerpo Principal, *Aulacoseira granulata* y *Surirella striatula*. Entre las clorofitas fue abundante *Desmodesmus opoliensis* en ambas estaciones y en el cuerpo principal también *Binuclearia lauterbornii*.

En otoño tardío las diatomeas fueron más abundantes en ambas estaciones de muestreo en coincidencia con lo que menciona DeNicola (1996) acerca de que temperaturas bajas favorecen a la mayoría de las diatomeas, aunque aclara que cada especie tiene su propio óptimo de temperatura. En septiembre también hubo mayor desarrollo de diatomeas en coincidencia con una mayor transparencia del agua (Sommer, 1988). Entre las diatomeas dominantes se encontraron *Surirella striatula* y *Entomoneis alata*, ambas bentónicas (Dos Santos *et al.*, 2012). Sin embargo, debido a su eficiencia fotosintética, en comparación con otros grupos algales, las diatomeas tienen la ventaja de prosperar en ambientes donde la luz suele ser escasa (Reynolds, 1997).

Si bien no se pudo establecer un período seco o húmedo a lo largo del presente estudio, tal como lo realizado por Herrera Silveira *et al.* (1999), se observó que las diatomeas se encontraron en mayor abundancia luego de un evento de precipitación en primavera, verano y otoño. Sin embargo, en invierno no ocurrió lo mismo a partir de una precipitación de 58 mm.

El muestreo de invierno tardío registró altos niveles de PT en coincidencia con lo señalado por Izaguirre *et al.*, (1991) y con presencia de cianobacterias al igual que lo mencionado por Quaini *et al.* (2008). Los cambios en el nivel de agua y las bajas precipitaciones en agosto influyeron en la estructura de la comunidad algal. En coincidencia con lo observado por Izaguirre y Vinocur (1994b), las cianobacterias filamentosas fueron dominantes con *Raphidiopsis mediterranea* que disminuyó luego de las precipitaciones debido al efecto dilutorio. La estación invernal correspondió a la estación de menor riqueza de especies, pero de mayor densidad, coincidiendo con las observaciones descritas para otros sitios por Esteves (1998). *R. mediterranea* fue dominante en el cuerpo principal y en la boca del Totoral con valores de 90 a 96 % (previo al disturbio hidrometeorológico) y 51 a 68 % (posterior al evento) de abundancia relativa, en coincidencia con lo observado por Mac Donagh *et al.* (2000) y Solari *et al.* (2003).

Los grupos algales dominantes en la laguna fueron cianobacterias filamentosas y clorofitas cocales que son característicos de condiciones moderadamente eutróficas o mesotróficas (Margalef, 1983; Reynolds, 1984). Las cianobacterias cumplieron un ciclo bimodal con la dominancia alternada de formas filamentosas y coloniales pudiendo permanecer en los sedimentos durante el invierno como ocurre en regiones templadas (Reynolds & Walsby 1975; Seip & Reynolds, 1995). Este comportamiento también fue observado por Mac Donagh *et al.* (2000) y Solari *et al.* (2003).

Debido a su escasa profundidad y, por ende, su escasa relación volumen/ superficie, la dinámica de las lagunas pampeanas se halla estrechamente relacionada con las condiciones climáticas (Fernández Cirelli & Miretzky, 2004; Quirós *et al.*, 2002). Las precipitaciones, como un disturbio, causan cambios en la estructura y dinámica del fitoplancton (Reynolds, 1988; Herrera-Silveira, 1999; Solari *et al.*, 2003). En este estudio se observó que en la laguna de Monte los eventos de precipitación, con diferente intensidad según el momento del año, provocaron la disminución de especies planctónicas como *Binuclearia lauterbornii* en primavera, *Crucigenia quadrata* en verano y *Cyclotella meneghiniana* en otoño e invierno.

En general, en los cuerpos de agua lénticos pampeanos, los picos máximos de abundancia algal fitoplanctónica ocurren en primavera o en verano, aún en presencia de vegetación (Izaguirre & Vinocur, 1994 a; Yacubson, 1965; Guarrera *et al.*, 1968). Los períodos secos así como la temperatura elevada y el fotoperíodo son favorables para la producción fitoplanctónica (Reynolds, 1984). Sin embargo, en este estudio las mayores densidades fitoplanctónicas y los valores elevados de clorofila "a" y de fósforo total ocurrieron en invierno tardío que se corresponde con una primavera temprana.

En la estructura del fitoplancton de la laguna de Monte se comprobó la influencia de diferentes eventos hidro-meteorológicos, tal como lo señalaron Padisák (1993) y Jacobsen & Simonsen (1993) para otros ambientes. El principal cambio ocurrido como consecuencia de los disturbios hidrometeorológicos fue la destacada presencia de algas betónicas (*Surirella striatula* y *Entomoneis alata*) que se resuspenden desde los sedimentos en la columna de agua.

Las euglenofitas estuvieron presentes en la E1 ya que son características de arroyos y de ambientes eutróficos (Rojo *et al.*, 1999; Solari *et al.*, 2003).

Las perturbaciones hidrometeorológicas coincidieron con los resultados obtenidos por Barbiero *et al.* (1999), las cuales causaron disminución en la riqueza específica fitoplanctónica, en la laguna y en el arroyo, sin aumentos significativos por la presencia de especies raras. Según la hipótesis de la perturbación intermedia (Grime, 1979; Connell, 1978 en Pickett & White, 1985), los disturbios moderados pueden producir una mayor disponibilidad de nichos y, por lo tanto, promover la coexistencia de especies sobre la

dominancia.

Quirós (1988), en un estudio regional de 103 lagos y embalses de la República Argentina, incluyó a la laguna de San Miguel del Monte y determinó su estado trófico como eutrófica-mesotrófica. En el presente estudio los índices analizados revelaron un estado eutrófico-hipereutrófico, representando una condición trófica superior a la determinada en otros períodos para la laguna de Monte (Gabellone *et al.*, 2000). El TSI que se ajusta a la condición trófica corresponde al TSI de clorofila “a” que indica que el cuerpo de agua se encuentra limitado por materia orgánica o arcillas (Quirós, 1988).

CONCLUSIONES



5 CONCLUSIONES

Este trabajo aporta información acerca del disturbio que causan los eventos de precipitación pluvial en la estructura y dinámica de la comunidad fitoplanctónica.

La hipótesis descrita en la introducción de la presente tesis de maestría plantea que los disturbios hidrometeorológicos producidos por los eventos de precipitación alteran la composición y abundancia de la comunidad del fitoplancton.

Las principales conclusiones de esta tesis se detallan a continuación:

- ✓ Los eventos hidrometeorológicos afectan la estructura y dinámica del fitoplancton.
 - En la laguna de Monte se pudo observar durante el período de estudio que el pH, la conductividad y la transparencia disminuyen luego de los eventos de precipitación. Asimismo, el PT también disminuye su concentración.
 - La clorofila “a” disminuye en ambas estaciones de muestreo excepto durante el invierno tardío cuando aumenta el PT y ocurre una floración de una cianobacteria, *Raphidiopsis mediterranea*.
 - La primavera fue la estación que registró mayor precipitación, seguida por el otoño.
 - Las Chlorophyta y las Ochrohyta fueron los grupos con mayor riqueza específica.
 - Las perturbaciones hidrometeorológicas causaron disminución en la riqueza específica del fitoplancton tanto en la laguna como en el arroyo.
 - La densidad fitoplanctónica aumentó luego de las precipitaciones en la E1 (Boca del Totoral) por el aporte de las algas provenientes de otras comunidades que se resuspenden o se desprenden ante el disturbio.
 - Los eventos de precipitación provocaron la disminución de especies planctónicas como *Binuclearia lauterbornii* en primavera, *Crucigenia quadrata* en verano y *Cyclotella meneghiniana* en otoño e invierno.
 - Luego de los disturbios debidos a las precipitaciones se destaca la presencia de algas bentónicas como *Surirella striatula* y *Entomoneis alata*, que se resuspenden desde los sedimentos en la columna de agua.
- ✓ Los eventos hidrometeorológicos registrados no provocaron cambios significativos en el estado trófico (TSI de Carlson) del cuerpo de agua. Ya que en el período en el que se llevó a cabo este estudio el régimen de precipitaciones fue acorde a los

valores promedios esperados para la zona, con lo cual no pudieron evidenciarse fenómenos de inundaciones o sequías.

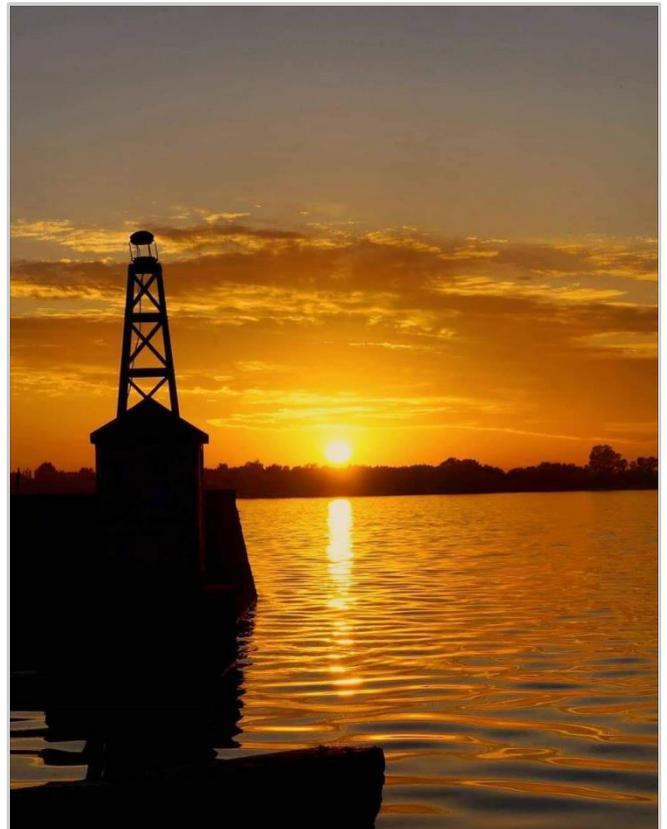
- En el presente estudio el TSI analizado reveló un estado eutrófico-hipereutrófico para la laguna de Monte, condición trófica superior a la determinada en períodos previos.
- ✓ El estudio de los ensamblajes taxonómicos algales, permite la contextualización del comportamiento respecto a los eventos de precipitaciones y a la densidad algal total. Los resultados obtenidos indican un aumento en la riqueza específica de algas bentónicas, especialmente de las diatomeas y de las euglenofitas debido fundamentalmente a condiciones de turbulencia que permitieron mantener a estas algas en suspensión.

Es de esperar que este trabajo de tesis pueda contribuir a la comprensión del efecto de los disturbios hidrometeorológicos en las características físicas, químicas y principalmente biológicas de la laguna de Monte.

PERSPECTIVAS FUTURAS

- ✓ Enfatizar en un mayor número de análisis fisicoquímicos (oxígeno disuelto, fósforo reactivo soluble, amonio, nitrato y nitrito, entre otros), que permitan comprender con mayor precisión el sistema.
- ✓ Obtener mayor número de muestras, por estación del año, para determinar si hay diferencias estadísticas significativas en la densidad algal provocados por un evento de precipitación.
- ✓ Estudiar la ocurrencia de floraciones algales durante un invierno tardío.

BIBLIOGRAFÍA



6 BIBLIOGRAFÍA

- Aizaki, M., Otsuki, A., Fukushima, T., Hosomi, M. & Muraoka, K. (1981).** Application of Carlson's trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters... *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 21: 675-681.
- Ameghino, F. (1884).** Excursiones geológicas y paleontológicas en la Provincia de Buenos Aires. *Boletín Academia Nacional de Ciencias, Córdoba* 6: 161-217.
- Anagnostidis, K. & Kómarek, J. (1985).** Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1. Introduction. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 291-302.
- Anagnostidis, K. & Kómarek, J. (1988).** "Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales". *Archiv für Hydrobiologie / Algological Studies, Suppl.* 80/vol. 50-53, pp. 327-472.
- APHA. American Public Health Association (1995).** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th ed. APHA/AWWA/WPCF, Washington D.C. 1550 pp.
- Arдохain, D. M., Gabellone, N. A., Claps, M. C., Solari, L. C. & Suárez, C. (2000).** Influencia de la dinámica hidrológica sobre algunas características físico-químicas del agua de la laguna de Monte (Pdo. De San Miguel del Monte, Bs. As.). *Diversidad y Ambiente I*.
- Arдохain, D. M., Benítez, H., Claps, M. & Gabellone, N. A. (2005).** Estructura y dinámica de rotíferos planctónicos en dos lagunas pampásicas: similitudes y diferencias. *Biología Acuática* N° 22, 2005:7-18. ISSN 0326-1638
- Arndt, H. (1993).** Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates)—a review. In *Rotifer Symposium VI* (pp. 231-246). Springer, Dordrecht.
- Bakker, E. S., Van Donk, E., Declerck, S. A. J., Helmsing, N. R., Hidding, B., & Nolet, B. A. (2010).** Effect of macrophyte community composition and nutrient enrichment on plant biomass and algal blooms. *Basic and Applied Ecology*, 11(5): 432-439.
- Barbiero, R. P., James, W. F., & Barko, J. W. (1999).** The effects of disturbance events on phytoplankton community structure in a small temperate reservoir. *Freshwater Biology*, 42 (3): 503-512.
- Benítez, H. H. y Claps, M. C. (2000).** "Zooplankton de una laguna pampásica (Monte) y su afluyente (El Totoral). Caracterización estructural en un ciclo anual. *Diversidad y Ambiente I*.

- Bermejo, M.G. & González de Zayas, R. (2011).** Productividad primaria en Laguna Larga, Cayo Coco, Cuba. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 3: 31-41.
- Bonilla, S., Conde, D., Aubriot, L. & Pérez, M. C. (2005).** Influence of hydrology on phytoplankton species composition and life strategies in a subtropical coastal lagoon periodically connected with the Atlantic Ocean. *Estuaries*, 28: 884-895.
- Bourelly, P. (1966).** “*Les algues d’ eau douce. I. Les algues vertés*”. N. Boubeé, París. 511 pp.
- Bourelly, P. (1968).** “*Les algues d’ eau douce. II. Les algues jaunes et braunes, Chrysophycées, Phaeophycées, Xanthophycées et Diatomées*”. Rev. Edn. Boubeé, París. 517 pp.
- Bourelly, P. (1972).** “*Les algues d’ eau douce.III. Les algues Bleues et Rouges les Eugléniens, Peridiniens et Cryptononadines*”. N. Boubeé, París. 606 pp.
- Cabrera, A. L. & Willink, A. (1973).** *Biogeografía de América Latina*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Serie Biología. Monografía N° 13, pp. 120.
- Cabrera Rivera, E. (1972).** Contribución al conocimiento geohidrológico de las lagunas de Monte y Las Perdices y alrededores. Tesis de Licenciatura, Fac. Ciencias Naturales y Museo, UNLP. 50 p., tablas, figuras y mapas. Inédito (en biblioteca del Museo de La Plata).
- Carlson, R. E. (1977).** A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-369.
- Carlson, R. E. (1991).** Expanding the trophic state concept to identify non-nutrient limited lakes and reservoirs. In: *Proceedings of a National Conference on Enhancing the States’ Lake Management Programs. Monitoring and Lake Impact Assessment*. Chicago, p. 59-71.
- Carlson, R. & Havens, K. (2005).** “Simple Graphical Methods for the Interpretation of Relationships Between Trophic State Variables, Lake and Reservoir Management”, 21 (1): 107-118.
- Carrillo, U., Gabellone N. & Solari, L. (2009).** Algas fitoplanctónicas de ambientes lénticos y lóticos de la cuenca del río Salado: tolerancias a factores físicos. *Biología Acuática* N° 26, Año 2009:33-45
- Casco, M. A., Gabellone, N. A, Claps, M. C. & Solari, L. C. (2010).** Las lagunas pampásicas de la cuenca del río Salado: orígenes, características físicas y ecológicas. Las posibilidades y riesgos de su uso. En: *La ecohidrología como desafío: experiencias y estudios de caso*. Documentos técnicos del phi-lac, N° 23, Gaviño Novillo M. y Sarandón R. (eds.) UNESCO.

- Claps, M. C., Gabellone, N. A. & Benítez, H. H. (2002).** Vertical distribution of zooplankton in a pampean shallow lake, Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen, 28:2, 1032-1035.
- Claps, M. C., Gabellone, N. A. & Benítez, H. H. (2004).** Zooplankton biomass in an eutrophic shallow lake (Buenos Aires, Argentina): spatio-temporal variations. Ann. Limnol. - Int. J. Lim. 2004, 40 (3), 201-210
- Cole, G. A. (1988).** *Manual de Limnología*. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 405 pp.
- Connell, J. H. (1978).** Diversity in Tropical Rain Forest and Coral Reefs. Science, 199 (4335):1302–1310.
- Cox, E. J. (1996).** Identification of freshwater diatoms from live material (Vol. 158). London: Chapman & Hall.
- Croasdale, H. T., Bicudo, C. E. & Prescott, G. W. (1983).** *A synopsis of North American Desmids. Part. II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 5th.* The University of Nebraska Press, USA. 117 pp.
- Dangavs, N. (1973)** “Estudios geológicos en la laguna de San Miguel del Monte, provincia de Buenos Aires”. Revista del Museo de La Plata, Sección Geología, 8: 281-313.
- Dangavs, N. (2005a)** “Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires”. En: De Barrio R, Etcheverry R, Caballé M & Llambías E (ed) Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, 13: 219-236
- Dangavs, N. (2005 b)** “La Formación La Postrera I, II, III y IV de la laguna Las Barrancas de Chascomús, Provincia de Buenos Aires”. Actas XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, 4: 115-122
- Dangavs, N. (2007)** “Informe para el Municipio de Monte: El sistema de las lagunas encadenadas de Monte, su problemática ambiental”. Trabajo basado en el Proyecto 11/N320, del Programa de Incentivos a la Investigación de la Universidad Nacional de La Plata.
- Dangavs, N. (2010).** Geología ambiental de la laguna de las Perdices, Monte, Buenos Aires, Argentina. AUGM, Asociación Universitaria Grupo Montevideo, Revista Electrónica del Comité de Medio Ambiente AUGMDOMUS 1: 67-104.
- Dangavs, N. & Pierrard, L. (2013).** Paleolimnología de la laguna del Monte, San Miguel del Monte, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 70, pp. 128-143.
- Darley, M. (1987)** “Biología de las Algas, enfoque fisiológico”. México D.F. Limusa. 518 pp.
- Darwin, C. (1845)** “The voyage of the Beagle”. 496 p. Dent & Sons. London.

- DeNicola, D. (1996).** Periphyton responses to Temperature at Different Ecological Levels. En: Stevenson RJ, Bothwell ML, Lowe RL, editors. Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. San Diego: Academic Press. p.150-181
- Desikachary, T. V. (1959).** “*Cyanophyta*”. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India. 686 pp.
- Drago, Fabiana (2004).** “*Dinámica estacional y ecología de parásitos de pejerrey, *Odonesthes bonariensis* (Cuvier & Valenciennes, 1835) en lagunas de la Provincia de Buenos Aires*”. Tesis doctoral. (disponible en la Biblioteca Florentino Ameghino de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Tesis N° 0852)
- Dussart, B. (1966).** “Limnologie. L'étude des eaux continentales”. Gauthier- Villars. 677 pp.
- Esquiús, K. S., Escalante, A.H. & Solari, L. C. (2008).** “Algas epífitas indicadoras de la calidad del agua en arroyos vinculados a la Laguna de los Padres”. *Biología acuática*. 24: 95-102.
- Esteves F. (1998).** “Fundamentos de limnología”. 2.^a edición. Río de Janeiro (Brasil): Interciencia. p. 578
- Ettl, H. (1977).** “Xanthophyceae”. En *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fisher Verlag, Jena. Vol 3/1, 530 pp.
- Fabiano, M. A. (2000).** Monte cuna de Rosas 220 años con historia. Astorga, San Miguel del Monte.
- Fernández Cirelli, A. & Miretzky, P. (2004).** “Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina)”. *Quaternary International*, 114: 113-121.
- Frémy, P. (1930).** “Les Myxophyceés de l' Afrique équatoriale française”. *Archives de Botanique, Mémoires*, vol. 3, no. 2, 507 pp.
- Freyre, L. R., Fiorito, M. C., Maroñas, M. E., Mollo, S. M., Ponte Gómez, J. & Sendra, E. D. (1987).** “Diagnóstico previo del sistema Laguna de Monte para planificar su estudio ecológico integral”. Informe Interno CIC Provincia de Buenos Aires. 60p (mimeo.).
- Freyre, L., Mariñelarena, A., Tur, N., Rodrigues Capítulo, A., Sendra, D. & Mollo, S. (1989).** “Estudio ecológico integral del ecosistema El Totoral-Laguna de Monte”. Informe de Avance 1989 del Proyecto de la Comisión de Investigaciones Científicas. Instituto de Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet”, UNLP. La Plata.
- Freyre, L., Maroñas, M., Sendra, E. & Cornejo, A. (2005).** Posibles causas de una mortandad de peces, *Odontesthes bonariensis*, en la laguna de Monte. *Biología Acuática* N° 22, 2005: 119-122.
- Gabellone, N. A. & Gómez, N. (1998).** “Diatoms and phosphorus fractions in recent sediments of San Miguel del Monte Pond (Argentina)”. *Verhandlungen des*

Internationalen Verein Limnologie 26: 1551-1555.

- Gabellone, N. A., Sarandón, R., & Claps, M. C. (2003).** Caracterización y zonificación ecológica de la cuenca del río Salado. En: Inundaciones en la región Pampeana. Editorial de la UNLP, La Plata, 87-122.
- Gabellone, N. A., Solari, L. & Ardohain, D. (2002).** “Change of the trophic status of a pampean shallow lake: causes and consequences”. Verh. Internat. Verein. Limnol. 28:1626-1629.
- Gabellone, N. A., Solari, L., Claps, M. C. & Mac Donagh, M. (2000).** “Estado trófico de la Laguna de San Miguel del Monte (Pdo. San Miguel del Monte, Buenos Aires)”. Diversidad y Ambiente 1.
- Gee, J.H.R. y P.S. Giller. (1987).** Organization of communities. Past and Present. Blackweel Scientific Publications, Oxfors.
- Geitler, L. (1932).** “Cyanophyceae”. En *Rabenhorst’s Kryptogamen Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz.*, Editado por Rabenhorst, L. Akademische Verlagsfesellschaft, Leipzig, Germany. Vol. 14, 1196 pp
- Germain, H. (1981).** “*Flore des diatomeés, euax douces et saumâtres*”. Societé Nouvelle des Editions Boubeé, París. 444 pp.
- Gómez, S. E. & Toresani, N. I. (1998).** “Región, 3. Pampas” En: Los humedales de la Argentina - Clasificación, situación actual, conservación y legislación. Editado por P. Canevari, D. Blanco, E. Bucher, G. Castro & I. Davison. Wetlands International, Buenos Aires. Publicación 46. pp 97-114.
- González, N. (2005).** “Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires”. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, capítulo XXII: 219-236.
- Grime, J. P. (1979).** “Plant strategies and Vegetation Processes”. Wiley, New York.
- Grosman, F., Sanzano, P. & Agüeria, D. (2002).** Aspectos biológicos del pejerrey *Odontesthes bonariensis* de la laguna de Monte. Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., s.n. 4(1): 13-23.
- Guarrera, S. A. (1962).** “Estudios limnológicos en la laguna de San Miguel del Monte (Provincia de Buenos Aires, República Argentina) con especial referencia al fitoplancton”. *Revista Museo de La Plata (NS) Botánica*, vol. 9 (40):125- 174.
- Guarrera, S. A., Cabrera, S. M., López F.P. & Tell, H. G. (1968)** “Fitoplancton de las aguas superficiales de la Provincia de Buenos Aires. I Área Pampa Deprimida”. *Revista Museo de La Plata (NS) Botánica*, vol. 10, no. 49, pp. 223-331.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2021).** *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 21 September 2021.

- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P. D. (2001)** PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1) 9. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (accessed 25 Feb 2019).
- Herrera Silveira, J. A., Martín, M., & Díaz Arce, V. (1999).** “Variaciones del fitoplancton en cuatro lagunas costeras del Estado de Yucatán, México”. *Revista de Biología Tropical*, 47-56.
- Hindák, F. (1977).** “Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae) I”. *Biologické Práce. Veda, Bratislava, Praga*. Vol. 23, 190 pp.
- Hindák, F. (1980)** “Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae) II”. *Biologické Práce. Veda, Bratislava, Praga*. Vol. 26 no. 6, 196 pp.
- Hindák, F. (1984)** “Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae) III”. *Biologické Práce. Veda, Bratislava, Praga*. Vol. 30, no. 1, 312 pp.
- Hindák, F. (1988)** “Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae) IV”. *Biologické Práce. Veda. Bratislava, Praga*. Vol. 34, no. 1-2, 264 pp.
- Hindák, F. (1990)** “Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae) V”. *VEDA, Vydovateľstvo Slovenskej Akadémie Vied*, Vol. 36, 228 pp.
- Huber-Pestalozzi, G. (1955).** “Euglenophyceen”. En *Huber-Pestalozzi Das phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer*. Editado por Thieneman, A., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Germany. Vol. 16, no. 4, 606 pp.1
- Huber-Pestalozzi, G. (1961).** “Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung Volvocales. En *Das phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer*”. Editado por Thienemann, A. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Germany. Vol. 16, no. 5, 744 pp.1
- Huber-Pestalozzi, G. & Fott, E. (1968).** “Cryptophyceae, Chloromonadochyceae und Dinophyceae”. En *Huber-Pestalozzi Das phytoplankton des Süßwassers. Die Binnengewässer*. Editado por Thienemann, A., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Germany. Vol. 16, no. 3, 322 pp.
- InfoStat (versión 2020e)** Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina (Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. URL <http://www.infostat.com.ar>)
- Instituto Agropecuario de Monte (IAM).** Datos meteorológicos del partido de Monte, período 21/9/15 hasta el 20/9/16. San Miguel del Monte.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) 2001.** Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001.

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) 2014.** Instituto de Suelos. Carta de Suelos de la República Argentina, Provincia de Buenos Aires. Actualización USDA-Soil Taxonomy V.2014.
- Izaguirre, I. A., Vinocur, A. & O'Farell, I. (1991).** "Nuevos aportes a la ficoflora Argentina. I. Cuenca del río Salado (Pcia. Buenos Aires)". *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 27: 183-199
- Izaguirre, I. A., & Vinocur, A. (1994 a).** "Typology of shallow lakes of Salado river basin (Argentina) based on phytoplankton communities". *Hydrobiologia* 277: 49-62.
- Izaguirre, I. & Vinocur, A. (1994 b).** "Algal assemblages from shallow lakes of the Salado River Basin (Argentina)". *Hydrobiologia*, 289: 57-64.
- Jacobsen, A. & Simonsen, P. (1993).** "Disturbance events affecting phytoplankton biomass, composition and species diversity in a shallow, eutrophic, temperate lake". *Hydrobiologia* 249: 9- 14
- Kómarek, J. & Anagnostidis K. (1986).** "Modern approach to the classification system of Cyanophyta. 2. Chroococcales". *Archiv für Hydrobiologie /Algological Studies*, Suppl. 73/vol. 43: 157-226.
- Kómarek, J. & Anagnostidis K. (1989).** "Modern approach to the classification system of Cyanophyta. 4. Nostocales". *Archiv für Hydrobiologie /Algological Studies*, Suppl. 82/vol. 56: 247-345.
- Kómarek, J. & Anagnostidis K. (1998).** "*Cyanoprokariota. 1st Part: Chroococcales*. En. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 19/1. Editado por Ettl, H. Gürtner, G., Heynigh, H. & Mollenhauer, D. Gustav Fisher, Germany. 548 pp.
- Kómarek, J. & Anagnostidis K. (2005).** "*Cyanoprokariota. 2nd Part: Oscillatoriales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 19/2. Editado por B. Büdel, L. Krienitz, G. Gärtner & M. Schagerl. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München. 759 pp.
- Kómarek, J. & Fott, B. (1983).** *Das Phytoplankton des Süßwasser Systematik und Biologie. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Von Huber-Pestalozzi. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u Obermiller) Stuttgart, Germany, 1044 p.*
- Köppen, W. & Geiger. R. (1954).** "Klima der Erde Karte". Justus Perthus, Darmstadt. 220 pp.
- Kramer, K. & Lange-Bertalot H. (1986a).** "Bacillariophyceae: Naviculaceae". En *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Editado por Ettl, H., Gerloff, J., heynig, H. & Mollenhauer. D. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York. Vol 2/1, 876 pp.
- Kramer, K. & Lange-Bertalot H. (1986b).** "Bacillariophyceae: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolate) und Gomphonema". En *Süßwasserfloravon*

- Mittlereuropa*. Editado por Ettl, H., Gärtner, G., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Jena. Vol 2/4, 437 pp.
- Kramer, K. & Lange-Bertalot H. (1988)**. "Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae". En *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Editado por Ettl, H., Gerloff, J., heynig, H. & Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag, Jena. Vol 2/2, 596 pp.
- Kramer, K. & Lange-Bertalot H. (1991)**. "Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae". En *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Editado por Ettl, H., Gerloff, J., heynig, H. & Mollenhauer. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Jena. Vol 2/3, 576 pp.
- Lorenzen, C. J. (1967)**. "Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations". *Limnology and Oceanography* 12: 343-346
- Lopretto E. C. & Tell, G. (eds). (1995)**. "Ecosistemas Acuáticas Continentales. Metodologías para su estudio". Ediciones Sur. Tomos I, II y III.
- Magurran, A. E. (1988)** "Ecological diversity and its measurement". Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Margalef, R. (1958)** "*Information Theory in Ecology*". *General Systematics*, 3: 36-71.
- Margalef, R. (1983)**. "Limnología". Ed. Omega.
- McAlice, B. J. (1971)**. "Observations on the small-scale distributions of estuarine phytoplankton". *Marine Biology* 7:100-111.
- Mac Donagh, M., Ruiz, G., Solari, L. & Gabellone, N. (2000)**. "Fitoplancton de una laguna de moderada eutrofia en la provincia de Buenos Aires". *Diversidad y Ambiente* 1.
- Menhinick, E. F. (1964)**. "*A Comparison of some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects*". *Ecology*, 45 (4): 859-861.
- Organización Meteorológica Mundial (2008)**. "Guía de prácticas hidrológicas Volumen I Hidrología De la medición a la información hidrológica" OMM-Nº 168. Ginebra, Suiza
- Padisák, J. (1993)**. "The influence of different disturbance frequencies on the species richness, diversity and equitability of phytoplankton in shallow lakes". *Hydrobiologia* 249: 135-156.
- Penck, A. (1894)**. *Morphologie der Erdoberfläche* 2. J. Engelhorn Verlag, 697 p. Stuttgart.
- Pickett, S. T. A. & White, P. S. (1985)**. "The ecology of natural disturbance and patch dynamics". Academic Press. San Diego. 472 pp.
- Pielou, E. C. (1969)**. "An Introduction to Mathematical Ecology". Wiley-Interscience John Wiley & Sons, 285 p.
- Prescott, G. W., H. T. Croasdale & Vinyard, W. C. (1975)**. "*A synopsis of North American Desmids. Part. II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 1st*". The University of Nebraska Press, USA. 275 pp.

- Prescott, G. W., H. T. Croasdale & Vinyard, W. C. (1977).** “A synopsis of North American Desmids. Part. II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 2nd”. The University of Nebraska Press, USA. 413 pp.
- Prescott, G. W., H. T. Croasdale, W. C. Vinyard & Bicudo, C. E. (1981).** “A sinopsis of North American Desmids. Part. II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 3rd”. The University of Nebraska Press, USA. 720 pp.
- Prescott, G. W., H. T. Bicudo, C. E. & Vinyard (1982).** “A synopsis of North American Desmids. Part. II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 4th”. The University of Nebraska Press, USA. 700 pp.
- Printz, H. (1964).** “Die chaetophoralen der Binengewässer. Eine systematische übersicht”. Hydrobiologia, vol. 24, pp. 1-377.
- Quaíni, K., Solari, L. & Ruíz, G. (2008).** “Fitoplancton de una laguna pampásica (San Miguel del Monte, Buenos Aires, Argentina): Variación Espacio-Temporal de los grupos funcionales”. Biología Acuática. 24: 157-164.
- Quirós, R. (1988).** “Relationships between air temperature, depth, nutrients and chlorophyll in 103 Argentinian lakes”. Verh. Internat. verein. Limnol. 23:647-658.
- Quirós, R. & Drago, E. (1999).** “The environmental state of Argentinean lakes: an overview”. Lakes and Reservoirs: Research and Management 4:55-64.
- Quirós, R. (2000).** “La eutrofización de las aguas continentales de Argentina”. En *El Agua en Iberoamérica: acuíferos, lagos y embalses*. Editado por A. Fernández. CYTED XVII Subprograma VII. Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos, Buenos Aires. pp. 43-47.
- Quirós, R., Rennella, A. M., Boveri, M. B., Rosso J. J. & Sosnovsky, A. (2002).** “Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas”. Ecología Austral, 12:175-185.
- Randhawa, M. S. (1959).** “Zygnemaceae”. Indian Council of Agricultura Research, New Delhi. 478 pp.
- Reynolds, C. S. (1984).** “The ecology of freshwater phytoplankton”. Cambridge. University Press, Cambridge
- Reynolds, C. S. (1988)** “Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton”. Cambridge University Press, Cambridge pp 388-433
- Reynolds, C. S. (1997)** “Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory”. Ecology Institute, D-21385 Oldendorf/Luhe, Germany, 371 pp
- Reynolds, C. S. & Walsby, A. E. (1975).** “Water-Blooms”. Biological Reviews, 50, 437-481.
- Ringuelet, R., Olivier, S., Guarrera, S. & Aramburu, R. (1955).** “Observaciones sobre antoplancton y mortandad de peces en la laguna del Monte (Buenos Aires, Rep. Argentina)”. Notas del Museo de La Plata, Zoología, 18 (159): 71-80.

- Rojo, C. E., Ortega Mayagoitia & Conforti, V. (1999).** “Fitoplancton del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. I. Las euglenofitas”. *Anales Jard. Bot. de Madrid*.
- Rosso, J. J. (2007).** “Peces pampeanos - Guía y Ecología”. L.O.L.A., Buenos Aires, Argentina 224 pp. ISBN 950-9725-66-8
- Ruiz, G., Mac Donagh, M. E., Quaini, K., & Solari, L. (2014).** Life strategists and morpho-functional groups applied to the phytoplankton of a Pampean shallow lake. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **49(1): 3-19**.
- Salmaso, N. (2003).** Life strategies, dominance patterns and mechanisms promoting species coexistence in phytoplankton communities along complex environmental gradients. *Hydrobiologia*, 502: 13-26.
- Scheffer, M. (1998).** “Ecology of Shallow Lakes”. Chapman & Hall, London.
- Scheffer, M., & van Nes, E. H. (2007).** Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. In: *Shallow lakes in a changing world* (pp. 455-466). Springer, Dordrecht.
- Seip, K. L. & Reynolds, C. S. (1995).** “Phytoplankton functional attributes along trophic gradient and season”. *Limnology and oceanography*, 40(3):589-597
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN).** <http://www.smn.gov.ar>
- Sieburth, J. M., Smetacek, V. & Lenz, J. (1978).** “Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions 1”. *Limnology and oceanography*, 23(6):1256-1263.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949).** “The mathematical theory of communication”. The University of Illinois Press. Urbana, Illinois 125 p.
- Simpson, E. H. (1949).** “*Measurement of Diversity*”. *Nature*, 163: 688.
- SPSS Inc. (2020).** Programa de estadística SPSS. Versión 25.0. Utilización bajo licencia de prueba.
- Sociedad Rural de Monte.** Datos pluviométricos del partido de Monte, período 1985/2001. San Miguel del Monte.
- Solari, L. C., Mac Donagh, M. E. & Ruiz, G. (2002).** “Vertical distribution of phytoplankton in a pampean shallow lake”. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* . 28:1363-1365.
- Solari, L.C., Gabellone, N., Mac Donagh, M. & Ruiz, G. (2003).** “Estructura y dinámica del fitoplancton en la cuenca de una laguna pampásica (San Miguel del Monte, Buenos Aires, Argentina)”. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 38 (1-2): 65-73
- Solari L. C. & Mac Donagh, M. E. (2014).** “Lotic and lentic environments of the Pampean Plain”. In: *FRESHWATER PHYTOPLANKTON FROM ARGENTINA*, Tell G., Izaguirre I., O’Farrell I. (eds.) *Advances in Limnology*, 65: 143–165.

- Sommer, U. (1988).** "Growth and survival strategies of planktonic diatoms". In: C.D. Sandgren (ed.), Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge.
- Tell, G. (1985).** "Catálogo de algas de agua dulce de la República Argentina". Bibliotheca Phycologica. J. Cramer, Vaduz. No. 70, 283 pp.
- Tell, G. & Conforti, V. (1986).** "Euglenophyta pigmentadas de la Argentina". Biblioteca Phycologica J. Cramer, Berlin. 301 pp.
- Wetzel, R. G. (1981).** "Limnología". Ed. Omega. Barcelona. 679 pp.
- Wetzel, R.G. (2001).** "Limnology Lake and Reservoir Ecosystems". Academic Press, San Diego.
- Wetzel, R. G. & Likens, G. E. (1991).** "Limnological Analyses". (2nd Edn), Springer-Verlag, New York, 1991. 391 pp.
- Yacubson, S. (1965).** "El fitoplancton de la laguna Chascomús (Prov. Buenos Aires), con algunas consideraciones ecológicas". Revista Museo Argentino Ciencias Naturales «B. Rivadavia», Sección Hidrobiología 1(7): 197-267.

ANEXOS



ANEXO I

Taxa encontrados en laguna de Monte. Esquema clasificatorio según Guiry & Guiry (2021)

Imperio Prokaryota

Reino Eubacteria

PHYLUM CYANOBACTERIA

Clase CYANOPHYCEAE

Orden Chroococcales

Familia Chroococcaceae

Chroococcus minimus (Keiiler) Lemmermann

Chroococcus turgidus (Kützing) Nägeli

Familia Microcystaceae

Gloeocapsa sp.

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing

Orden Nostocales

Familia Nostocaceae

Anabaena sphaerica Bornet & Flahault

Nostoc commune Vaucher ex Bornet & Flahault

Familia Aphanizomenonaceae

Anabaenopsis circularis (G.S.West) Woloszynska & V.V.Miller

Aphanizomenon sp.

Dolichospermum circinale (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek

Dolichospermum spiroides (Klebhan) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek

Raphidiopsis mediterranea Skuja

Orden Oscillatoriales

Familia Oscillatoriaceae

Oscillatoria princeps Vaucher ex Gomont

Phormidium sp.

Orden Synechococcales

Familia Merismopediaceae

Aphanocapsa delicatissima West & G.S.West

Familia Synechococcaceae

Cyanodictyon planctonicum Meyer

Synechococcus elongatus (Nägeli) Nägeli

Imperio Eukaryota

Reino Plantae

PHYLUM CHAROPHYTA

Clase CONJUGATOPHYCEAE

Orden Desmidiaceae

Familia Closteriaceae

Closterium gracile Brébisson ex Ralfs

Closterium venus Kützing ex Ralfs

Familia Desmidiaceae

Cosmarium margaritifera Meneghini ex Ralfs

Staurastrum gracile Ralfs ex Ralfs

Staurastrum limneticum Schmidle

Orden Zygnematales

Familia Zygnemataceae

Spirogyra sp.

PHYLUM CHLOROPHYTA

Clase CHLOROPHYCEAE

Orden Chlamydomonadales

Familia Goniaceae

Gonium O.F.Müller

Familia Volvocaceae

Eudorina elegans Ehrenberg

Pandorina morum (O.F.Müller) Bory

Familia Sphaerocystidaceae

Sphaerocystis schroeteri Chodat

Orden Oedogoniales

Familia Oedogoniaceae

Oedogonium sp.

Orden Sphaeropleales

Familia Hydrodictyaceae

Lacunastrum gracillimum (West & G.S. West) H.McManus

Pseudopediastrum boryanum (Turpin) E.Hegewald (*Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneguini)

Pediastrum duplex Meyen

Tetraedron trigonum (Nägeli) Hansgirg

Stauridium tetras (Ehrenberg) E.Hegewald (*Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs)

Familia Scenedesmaceae

Coelastrum microporum Nägeli

Comasiella arcuata (Lemmermann) E. Hegewald, M. Wolf, Al. Keller, Friedl & Krienitz

Desmodesmus bicellularis (Chodat) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald (*Didymocystis bicellularis* (Chodat) Komárek)

Desmodesmus intermedius (Chodat) E.Hegewald (*Scenedesmus intermedius* Chodat)

Desmodesmus opoliensis (P.G.Richter) E.Hegewald (*Scenedesmus opoliensis* Richter)

Dictyosphaerium pulchellum var *minutum* Deflandre

Scenedesmus ecornis (Ehrenberg) Chodat

Scenedesmus obtusus Meyen

Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brébisson
Tetradesmus lagerheimii M.J.Wynne & Guiry (*Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat)
Tetradesmus obliquus (Turpin) M.J.Wynne (*Scenedesmus acutus* Meyen)
Tetrastrum staurogeniiforme (Schröder) Lemmermann
Willea apiculata (Lemmermann) D.M.John, M.J.Wynne & P.M.Tsarenko

Familia Schroederiaceae

Schroederia setigera (Schröder) Lemmermann

Familia Selenastraceae

Ankistrodesmus arcuatus Korshikov
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs
Messastrum gracile (Reinsch) T.S.Garcia
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová
Monoraphidium minutum (Nägeli) Komárková-Legnerová

Clase TREBOUXIOPHYCEAE

Orden Chlorellales

Familia Chlorellaceae

Actinastrum hantzschii Lagerheim
A. raphidoides (Reinsch) Brunthaler
Chlorella vulgaris Beyerinck [Beijerinck]
Closteriopsis acicularis (Chodat) J.H.Belcher & Swale
Dictyosphaerium pulchellum var minutum Deflandre

Familia Oocystaceae

Binuclearia lauterbornii (Schmidle) Proschkina-Lavrenko
Lagerheimia subsalsa Lemmermann
Oocystis borgei J.Snow
Oocystis lacustris Chodat
Oocystis parva West & G.S.West

Orden Trebouxiales

Familia Botryococcaceae

Botryococcus braunii Kützing

Orden Trebouxiphyceae ordo incertae sedis

Familia Trebouxiphyceae incertae sedis

Crucigenia fenestrata (Schmidle) Schmidle
Crucigenia quadrata Morren

Clase ULVOPHYCEAE

Orden Chaetophorales

Familia Chaetophoraceae

Chaetophora sp.

Orden Cladophorales

Familia Cladophoraceae

Cladophora sp.

Orden Ulotrichales

Familia Binucleariaceae

Binuclearia eriensis Tiffany

Familia Ulotrichaceae

Ulothrix variabilis Kützing

Reino Protista

PHYLUM EUGLENOZOA

Clase EUGLENOPHYCEAE

Orden Euglenida

Familia Euglenidae

Euglena ehrenbergii G.A.Klebs

Euglena elastica Prescott

Euglena spp.

Monomorphina nordstedtii (Lemmermann) T.G.Popova

Familia Phacidae

Lepocinclis acus (O.F.Müller) B.Marin & Melkonian

Phacus caudatus Hübner

Phacus longicauda (Ehrenberg) Dujardin

Phacus orbicularis K.Hübner

Phacus alatus G. A. Klebs

Reino Chromista

PHYLUM OCHROPHYTA

Clase BACILLARIOPHYCEAE

Orden Bacillariales

Familia Bacillariaceae

Bacillaria paxillifera (O.F.Müller) T.Marsson
Nitzschia acicularis (Kützing) W.Smith
Nitzschia amphibia Grunow
Nitzschia bryophila (Hustedt) Hustedt
Nitzschia dubia W.Smith
Nitzschia filiformis (W.Smith) Van Heurck
N. fonticola (Grunow) Grunow
Nitzschia linearis W.Smith
Nitzschia palea (Kützing) W.Smith
Nitzschia sigma (Kützing) W.Smith
Tryblionella apiculata W.Gregory
Tryblionella hantzschiana Grunow
Tryblionella hungarica (Grunow) Frenguelli

Orden Cymbellales

Familia Anomoeoneidaceae

Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg) Pfitz.

Familia Cymbellales incertae sedis

Gomphonella olivacea (Hornemann) Rabenhorst

Orden Eunotiales

Familia Eunotiaceae

Eunotia sp.

Orden Fragilariales

Familia Fragilariaceae

Fragilaria crotonensis Kitton

Familia Staurosiraceae

Pseudostaurosira brevistriata var. *inflata* (Pantocsek) M. B. Edlund

Orden Licmophorales

Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère

Orden Mastogloiales

Familia Achnanthaceae

Achnanthes brevipes var. *intermedia* (Kützing) Cleve

Orden Naviculales

Familia Naviculaceae

Navicula cryptocephala Kützing
Navicula rhynchocephala Kützing
Navicula peregrina (Ehrenberg) Kützing
Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory de Saint-Vincent

Familia Plagiotropidaceae

Plagiotropis lepidoptera (Gregory) Kuntze

Familia Pleurosigmataceae

Gyrosigma sp.

Orden Rhopalodiales

Familia Rhopalodiaceae

Rhopalodia gibba var. *ventricosa* (Kützing) H. Peragallo & M. Peragallo

Orden Surirellales

Familia Entomoneidaceae

Entomoneis alata (Ehrenberg) Ehrenberg

Entomoneis paludosa var. *duplex* (Donkin) Makarova & Achmetova

Familia Surirellaceae

Surirella brebissonii Krammer y Lange-Bertalot

Surirella striatula Turpin S. aff. *ovalis* Brébisson

Orden Thalassiophysales

Familia Catenulaceae

Amphora ovalis (Kützing) Kützing

Clase COSCINODISCOPHYCEAE

Orden Aulacoseirales

Familia Aulacoseiraceae

Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen

Aulacoseira granulata var. *angustissima* (O.Müller) Simonsen

Orden Melosirales

Familia Melosiraceae

Melosira varians Agardh

Clase EUSTIGMATOPHYCEAE

Orden Goniochloridales

Familia Goniochloridaceae

Pseudostaurastrum limneticum (Borge) Couté & Rousselin

Clase MEDIOPHYCEAE

Orden Chaetocerotales

Familia Chaetocerotaceae

Chaetoceros muelleri Lemmermann

Orden Eupodiscales

Familia Eupodiscaceae

Pleurosira laevis (Ehrenberg) Compère

Orden Stephanodiscales

Familia Stephanodiscaceae

Cyclotella meneghiniana Kützing

	PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO				INVIERNO			
	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B
<i>Lacunastrum gracillimum</i>	0	8	4	6	77	0	117	19	0	0	0	0	0	0	59	133
<i>Lagerheimia subsalsa</i>	0	0	0	0	20	9	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Messastrum gracile</i>	0	0	0	0	15	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
<i>M. minutum</i>	41	38	11	67	39	75	0	0	9	0	0	0	0	0	18	145
<i>Oedogonium sp.</i>	0	0	0	5	0	7	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oocystis borgei</i>	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. lacustris</i>	0	0	5	0	30	32	120	0	0	0	0	0	56	23	0	79
<i>O. parva</i>	7	0	3	0	128	45	87	29	0	0	0	0	83	21	23	93
<i>Pandorina morum</i>	7	11	0	0	286	45	0	0	0	0	0	6	73	28	0	0
<i>Pseudopediastrium boryanum</i>	7	0	7	41	0	0	174	19	0	0	8	0	56	40	82	97
<i>Pediastrum duplex</i>	0	0	9	41	256	95	130	29	0	0	0	0	24	19	41	14
<i>Scenedesmus ecornis</i>	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	27	0	0	0
<i>S. obtusus</i>	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. quadricauda</i>	0	8	2	0	30	352	0	0	0	0	0	6	41	63	100	230
<i>Schroederia setigera</i>	0	0	94	226	20	7	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	0	0	0	24	30	7	54	0	0	0	0	0	0	0	47	61
<i>Stauridium tetras</i>	0	0	0	5	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Tetradesmus lagerheimii</i>	34	0	3	5	108	67	65	10	8	0	0	6	113	162	141	194
<i>T. obliquus</i>	0	0	7	8	30	0	120	0	0	0	0	0	56	74	88	170
<i>Tetraedron trigonum</i>	0	15	34	47	31	7	163	29	0	0	7	0	48	80	94	375
<i>Tetrastrum staurogenieforme</i>	0	0	0	0	10	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ulothrix tenerrima</i>	81	113	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0
<i>Willea apiculata</i>	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Euglenozoa

	PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO				INVIERNO			
	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B
<i>Euglena ehrenbergii</i>	14	15	0	0	39	0	0	10	0	0	45	0	0	0	0	0
<i>E. elástica</i>	7	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euglena spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0
<i>Lepocinclis acus</i>	41	38	0	0	178	22	0	0	119	9	0	17	0	0	33	24
<i>Monomorphina nordstedtii</i>	0	7	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phacus caudatus</i>	33	75	0	0	69	180	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. longicauda</i>	33	45	0	0	0	52	0	0	110	8	30	0	0	0	27	0
<i>P. orbicularis</i>	0	30	0	0	39	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. alatus</i>	14	0	0	0	79	0	0	0	0	0	7	29	0	0	0	0
Ochrophyta																
<i>Achnanthes brevipes var. intermedia</i>	7	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora ovalis</i>	20	8	1	21	10	67	43	19	34	0	0	6	24	0	0	0
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0	15	0	21	69	75	133	39	42	58	30	17	24	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	7	8	10	103	0	37	944	542	76	17	0	0	2953	3933	0	1936
<i>A. g. var. angustissima</i>	20	0	1	0	0	22	350	184	77	0	0	6	0	0	1097	85
<i>Bacillaria paxillifera</i>	59	68	0	0	404	30	66	0	25	8	22	6	0	0	0	0
<i>Chaetoceros muelleri</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	54	7	38	139	1410	3864	7892	7250	703	125	259	132	6663	4112	39536	26499
<i>Entomoneis alata</i>	54	53	0	0	424	923	0	39	76	332	62	103	56	0	135	133
<i>E. paludosa var. dúplex</i>	0	0	0	0	0	53	0	0	0	67	0	34	0	0	35	24
<i>Eunotia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	110	17	62	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria crotonensis</i>	7	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
<i>Gomphonella olivacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	22	0	0	0	0	12
<i>Gyrosigma sp.</i>	41	23	0	0	30	52	0	0	25	0	42	0	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	27	68	0	41	20	0	0	10	17	33	15	6	0	21	0	48

	PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO				INVIERNO			
	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B
<i>Navicula cryptocephala</i>	20	60	0	62	30	75	83	39	0	17	30	11	56	0	0	73
<i>N. rhynchocephala</i>	0	0	0	0	0	0	17	0	25	0	37	0	0	0	0	0
<i>N. peregrina</i>	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. tripunctata</i>	68	60	0	0	59	83	17	19	112	0	0	23	0	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i>	41	15	0	0	108	360	0	0	178	25	74	6	0	15	0	0
<i>N. amphibia</i>	7	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. bryophila</i>	0	0	0	0	0	7	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. dubia</i>	14	0	0	0	29	15	0	0	17	0	0	12	0	0	12	0
<i>N. filiformis</i>	7	0	0	0	59	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. fonticola</i>	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. linearis</i>	217	308	0	0	325	330	0	29	237	149	186	39	0	0	14	24
<i>N. palea</i>	156	90	0	0	89	195	33	106	17	46	82	17	15	0	0	0
<i>N. sigma</i>	7	14	0	5	0	90	0	10	212	93	56	98	17	0	0	36
<i>Plagiotropis lepidoptera</i>	7	23	1	5	158	82	11	19	76	25	164	75	0	21	0	0
<i>Pleurosira laevis</i>	0	0	0	0	30	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudostaurastrum limneticum</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudostaurosira brevistriata var. inflata</i>	27	0	0	9	0	11	33	29	0	0	0	6	0	0	0	0
<i>Rhopalodia gibba var. ventricosa</i>	27	0	0	0	20	0	0	10	42	42	62	0	0	0	0	0
<i>Surirella brebissonii</i>	14	7	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. striatula</i>	68	75	1	21	276	98	389	465	347	1134	327	587	322	28	92	375
<i>Tryblionella apiculata</i>	34	45	0	0	20	0	0	0	59	0	0	23	0	0	0	0
<i>T. hantzschiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0
<i>T. hungarica</i>	0	23	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ulnaria ulna</i>	61	179	3	0	128	75	11	0	93	0	172	17	0	0	17	0

	PRIMAVERA				VERANO				OTOÑO				INVIERNO			
	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B
Total N° ind.ml ⁻¹	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B	E1A	E1B	E2A	E2B
Cyanobacteria	149	225	2	51	533	623	1158	58	127	150	74	109	154850	212168	44900	68692
Ochrophyta	1098	1193	59	427	3698	6782	10022	8809	2651	2246	1704	1224	10130	8130	40950	29245
Euglenozoa	142	225	0	0	434	263	0	29	229	25	89	46	0	0	60	24
Chlorophyceae	691	495	9100	6228	2771	2057	3902	513	161	67	37	63	751	700	1481	3369
Charophyta	95	91	0	12	69	59	62	29	152	0	37	75	62	40	100	327
	2175	2229	9161	6718	7505	9784	15144	9438	3320	2488	1941	1517	165793	221038	87491	101657

ANEXO III

Test de *Wilcoxon Mann Whitney* para E1

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Densidad (B) - Densidad (A)	Rangos negativos	1 ^a	2,00	2,00
	Rangos positivos	3 ^b	2,67	8,00
	Empates	0 ^c		
	Total	4		

a. Densidad (B) < Densidad (A)

b. Densidad (B) > Densidad (A)

c. Densidad (B) = Densidad (A)

Estadísticos de prueba^a

	Densidad (B) - Densidad (A)
Z	-1,095 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,273

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

Test de *Wilcoxon Mann Whitney* para E2

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Densidad (B) - Densidad (A)	Rangos negativos	3 ^a	2,00	6,00
	Rangos positivos	1 ^b	4,00	4,00
	Empates	0 ^c		
	Total	4		

a. Densidad (B) < Densidad (A)

b. Densidad (B) > Densidad (A)

c. Densidad (B) = Densidad (A)

Estadísticos de prueba^a

	Densidad (B) - Densidad (A)
Z	-,365 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,715

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

Análisis de Conglomerados: Abundancia Fitoplanctónica (ind.ml⁻¹)

Promedio (Average linkage)

Distancia: (Euclídea)

Correlación cofenética= 0,776

VARIABLES ESTANDARIZADAS

Casos leídos 16

Casos omitidos 0

Euclídea

	I.E1A	I.E1B	I.E2A	I.E2B	O.E1A	O.E1B	O.E2A	O.E2B	P.E1A	P.E1B	P.E2A	P.E2B	V.E1A	V.E1B	V.E2A	V.E2B
I.E1A	0,00															
I.E1B	1,56	0,00														
I.E2A	3,27	4,15	0,00													
I.E2B	2,43	3,38	1,38	0,00												
O.E1A	3,60	3,85	4,16	3,78	0,00											
O.E1B	2,55	3,61	3,54	2,95	2,44	0,00										
O.E2A	3,18	3,45	4,07	3,54	1,77	1,90	0,00									
O.E2B	3,51	3,59	4,33	3,84	1,51	2,38	0,59	0,00								
P.E1A	3,93	3,87	4,59	4,14	1,16	2,93	1,43	0,88	0,00							
P.E1B	3,76	3,91	4,38	3,96	0,33	2,65	1,76	1,41	0,90	0,00						
P.E2A	4,15	4,89	4,73	3,54	4,31	3,53	4,00	4,26	4,43	4,34	0,00					
P.E2B	3,34	4,17	4,10	2,96	3,39	2,42	2,96	3,28	3,57	3,46	1,13	0,00				
V.E1A	4,63	4,84	4,83	4,45	1,86	3,81	3,51	3,22	2,57	1,87	4,57	4,00	0,00			
V.E1B	3,29	3,87	3,58	3,09	1,25	2,25	2,41	2,38	2,18	1,47	3,59	2,77	1,65	0,00		
V.E2A	2,73	3,67	3,02	2,04	2,81	1,70	2,28	2,66	3,05	2,94	2,23	1,25	3,74	2,25	0,00	
V.E2B	2,52	3,41	3,02	2,49	2,07	0,85	1,47	1,90	2,44	2,26	3,49	2,39	3,51	1,95	1,38	0,00

Matriz de distancias ultramétricas

	I.E1A	I.E1B	I.E2A	I.E2B	O.E1A	O.E1B	O.E2A	O.E2B	P.E1A	P.E1B	P.E2A	P.E2B	V.E1A	V.E1B	V.E2A	V.E2B
I.E1A	0,00															
I.E1B	1,56	0,00														
I.E2A	3,30	3,30	0,00													
I.E2B	3,30	3,30	1,38	0,00												
O.E1A	3,70	3,70	3,70	3,70	0,00											
O.E1B	3,70	3,70	3,70	3,70	3,05	0,00										
O.E2A	3,70	3,70	3,70	3,70	1,46	3,05	0,00									
O.E2B	3,70	3,70	3,70	3,70	1,46	3,05	0,59	0,00								
P.E1A	3,70	3,70	3,70	3,70	1,03	3,05	1,46	1,46	0,00							
P.E1B	3,70	3,70	3,70	3,70	0,33	3,05	1,46	1,46	1,03	0,00						
P.E2A	3,70	3,70	3,70	3,70	3,05	2,55	3,05	3,05	3,05	3,05	0,00					
P.E2B	3,70	3,70	3,70	3,70	3,05	2,55	3,05	3,05	3,05	3,05	1,13	0,00				
V.E1A	3,70	3,70	3,70	3,70	2,27	3,05	2,27	2,27	2,27	2,27	3,05	3,05	0,00			
V.E1B	3,70	3,70	3,70	3,70	2,27	3,05	2,27	2,27	2,27	2,27	3,05	3,05	1,65	0,00		
V.E2A	3,70	3,70	3,70	3,70	3,05	1,54	3,05	3,05	3,05	3,05	2,55	2,55	3,05	3,05	0,00	
V.E2B	3,70	3,70	3,70	3,70	3,05	0,85	3,05	3,05	3,05	3,05	2,55	2,55	3,05	3,05	1,54	0,00

Análisis de Conglomerados: Datos Fisicoquímicos

Promedio (Average linkage)

Distancia: (Euclídea)

Correlación cofenética= 0,838

Variables estandarizadas

Casos leídos 16

Casos omitidos 0

Euclídea

	I.E1A	I.E1B	I.E2A	I.E2B	O.E1A	O.E1B	O.E2A	O.E2B	P.E1A	P.E1B	P.E2A	P.E2B	V.E1A	V.E1B	V.E2A	V.E2B
I.E1A	0,00															
I.E1B	3,32	0,00														
I.E2A	1,81	1,81	0,00													
I.E2B	3,48	1,49	1,83	0,00												
O.E1A	3,85	5,78	4,57	5,36	0,00											
O.E1B	4,81	3,46	3,57	2,53	4,82	0,00										
O.E2A	4,55	4,72	3,81	4,01	4,31	3,14	0,00									
O.E2B	4,30	3,81	3,33	3,08	3,90	1,69	1,77	0,00								
P.E1A	4,24	5,31	4,39	4,98	3,78	4,54	3,58	3,74	0,00							
P.E1B	4,62	4,44	3,95	3,88	4,57	3,07	2,76	2,61	2,02	0,00						
P.E2A	5,07	4,71	4,37	4,50	5,23	3,90	2,96	3,09	2,50	1,59	0,00					
P.E2B	4,92	3,98	3,97	3,79	5,28	3,13	3,20	2,74	2,96	1,50	1,17	0,00				
V.E1A	4,32	5,12	4,36	5,08	4,42	4,62	3,44	3,80	2,71	3,31	3,21	3,63	0,00			
V.E1B	4,44	4,10	3,78	3,83	4,86	3,03	3,05	2,88	3,30	2,68	3,10	2,91	2,06	0,00		
V.E2A	4,34	4,57	4,21	4,43	3,62	3,49	3,82	3,11	2,95	3,12	3,51	3,35	2,31	2,21	0,00	
V.E2B	5,14	4,26	4,30	3,66	4,88	2,01	3,56	2,61	3,93	2,87	3,68	3,13	3,54	1,87	2,29	0,00

Matriz de distancias ultramétricas

	I.E1A	I.E1B	I.E2A	I.E2B	O.E1A	O.E1B	O.E2A	O.E2B	P.E1A	P.E1B	P.E2A	P.E2B	V.E1A	V.E1B	V.E2A	V.E2B
I.E1A	0,00															
I.E1B	2,61	0,00														
I.E2A	1,81	2,61	0,00													
I.E2B	2,61	1,49	2,61	0,00												
O.E1A	4,62	4,62	4,62	4,62	0,00											
O.E1B	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	0,00										
O.E2A	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	2,45	0,00									
O.E2B	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	1,69	2,45	0,00								
P.E1A	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	3,28	3,28	3,28	0,00							
P.E1B	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	3,28	3,28	3,28	2,49	0,00						
P.E2A	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	3,28	3,28	3,28	2,49	1,54	0,00					
P.E2B	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	3,28	3,28	3,28	2,49	1,54	1,17	0,00				
V.E1A	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	3,28	3,28	3,28	3,21	3,21	3,21	3,21	0,00			
V.E1B	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	3,28	3,28	3,28	3,21	3,21	3,21	3,21	2,63	0,00		
V.E2A	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	3,28	3,28	3,28	3,21	3,21	3,21	3,21	2,63	2,25	0,00	
V.E2B	4,25	4,25	4,25	4,25	4,62	3,28	3,28	3,28	3,21	3,21	3,21	3,21	2,63	1,87	2,25	0,00

Análisis de Componentes Principales (ACP)

Variables de clasificación

Muestra

Matriz de correlación/Coeficientes

Nivel Hidrométrico (cm)	Temp aire (°C)	Vel viento (km/h)	Humedad (%)	Nubosidad (%)	Presión (hPa)	Precipitación (mm)	pH	Conductividad (µg/l)	Temp agua (°C)	Transparencia (cm)	Cl a (µg/l)	PT (µg/l)	Densidad (ind/ml)
1,00													
-0,49	1,00												
-0,29	0,24	1,00											
-0,35	-0,24	-0,24	1,00										
-0,35	0,02	0,39	1,00										
-0,43	0,21	0,70	1,00										
-0,31	-0,77	-0,53	-0,57	1,00									
0,41	0,12	0,49	0,49	-0,55	1,00								
-0,12	-0,28	-0,02	0,12	0,50	-0,08	0,20							
0,03	0,03	-4,9E-03	0,07	0,50	-0,70	0,37	1,00						
-0,42	0,24	-0,71	-0,05	0,12	0,06	0,20	0,06	1,00					
0,03	-0,21	-0,03	-0,33	0,21	0,06	0,21	0,06	0,06	1,00				
0,49	-0,21	-0,65	-0,15	-0,78	-0,08	-0,34	-0,05	-0,05	1,00				
-0,22	0,29	-0,19	-0,81	-0,74	-0,02	-0,19	-0,02	-0,02	0,81	1,00			
-0,51	0,33	0,10	-0,64	-0,80	-0,75	-0,44	-0,38	-0,38	0,27	0,81	1,00		
0,62	0,62	0,33	0,10	-0,80	-0,75	-0,44	-0,38	-0,38	0,09	0,92	0,82	1,00	

Matriz de correlación/Probabilidades

Nivel Hidrométrico (cm)	Temp aire (°C)	Vel viento (km/h)	Humedad (%)	Nubosidad (%)	Presión (hPa)	Precipitación (mm)	pH	Conductividad (µg/l)	Temp agua (°C)	Transparencia (cm)	Cl a (µg/l)	PT (µg/l)	Densidad (ind/ml)
0,0539													
0,7346	0,6665												
0,0033	0,0033	0,0535											
0,1836	0,2882	0,1316											
0,0151	0,4283	0,0987	0,0023										
0,2462	0,0006	0,3576	0,6875	0,0352	0,0222								
0,6462	0,1151	0,2888	0,9399	0,6669	0,0568	0,0288							
0,2872	0,2179	0,3494	0,8097	0,8097	0,0501	0,7770	0,4664						
0,1073	<0,0001	0,3676	0,0022	0,8443	0,6472	0,0024	0,1576	0,8251					
0,6992	0,9932	0,4588	0,8049	0,2151	0,4532	0,8556	0,4942	0,0016	0,8268				
0,4320	0,3082	0,2782	0,4708	0,0002	0,0002	0,0093	0,4703	0,4937	0,8708	0,8708			
0,0082	0,0082	0,2787	0,4708	0,0002	0,0002	0,0093	0,4703	0,4937	0,3064	0,3064	0,0001		
0,0424	0,0424	0,2115	0,7030	0,0078	0,0002	0,0009	0,0903	0,2343	0,7504	0,7504	<0,0001	0,0001	
0,0110	0,0110	0,2115	0,7030	0,0078	0,0002	0,0009	0,0903	0,2343	0,1493	0,1493	<0,0001	0,0001	

Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	5,71	0,41	0,41
2	3,15	0,23	0,63
3	2,06	0,15	0,78
4	1,32	0,09	0,87
5	0,55	0,04	0,91
6	0,53	0,04	0,95
7	0,32	0,02	0,97
8	0,23	0,02	0,99
9	0,09	0,01	1,00
10	0,03	2,4E-03	1,00
11	0,01	7,0E-04	1,00
12	2,4E-03	1,7E-04	1,00
13	6,1E-04	4,3E-05	1,00
14	8,3E-06	5,9E-07	1,00

Autovectores

Variables	e1	e2
Nivel Hidrométrico (cm)	0,27	0,19
Temp aire (°C)	-0,24	-0,43
Vel viento (km/h)	0,15	-0,32
Humedad (%)	0,04	0,51
Nubosidad (%)	-0,29	0,27
Presión (hPa)	-0,36	0,15
Precipitación (mm)	0,35	0,12
pH	-0,22	-0,07
Conductividad (µg/l)	-0,14	0,05
Temp agua (°C)	-0,19	-0,47
Transparencia (cm)	-4,2E-03	-0,02
Cl a (µg/l)	0,36	-0,19
PT (µg/l)	0,34	-0,18
Densidad (ind/ml)	0,40	-0,02

Correlaciones con las variables originales

Variables	CP 1	CP 2
Nivel Hidrométrico (cm)	0,64	0,35
Temp aire (°C)	-0,57	-0,77
Vel viento (km/h)	0,36	-0,57
Humedad (%)	0,11	0,91
Nubosidad (%)	-0,69	0,47
Presión (hPa)	-0,87	0,27
Precipitación (mm)	0,83	0,22
pH	-0,53	-0,12
Conductividad (µg/l)	-0,33	0,09
Temp agua (°C)	-0,46	-0,84
Transparencia (cm)	-0,01	-0,04
Cl a (µg/l)	0,86	-0,34
PT (µg/l)	0,81	-0,33
Densidad (ind/ml)	0,96	-0,04

Correlación cofenética= 0,904