



Colonización del Lago de la Casa de Campo (Madrid) por el fitoplancton

Miguel Álvarez Cobelas¹

Resumen. El Lago de la Casa de Campo fue desecado en 2018 y desde su reinundación a comienzos del año siguiente se estudiaron la colonización del fitoplancton y los factores que condicionaban su dinámica durante un ciclo anual. En los primeros meses tras el relleno del lago, el morfotipo más frecuente fue el de los flagelados *sensu lato* y la riqueza de taxones resultó aproximadamente constante, pero la biomasa total se mantuvo baja. A partir de junio, las dos últimas variables aumentaron notablemente, dominando las Clorofitas Chlorococcales y las Cianofitas. Los principales factores de control físico-químico de la biomasa total pudieron ser el carbono orgánico disuelto y el nitrógeno orgánico. Los escasos datos disponibles, registrados en otros años, parecen excluir al zooplancton como factor de control. El origen principal de la colonización fitoplanctónica fue el humedal del Valchico, situado a unos 5 kilómetros aguas arriba, y verosímilmente se debió a la zoocoria por Anátidas.

Palabras-clave: flora, densidad, biomasa, mixotrofia, factores de control, cuenca hidrográfica, metacomunidad, largo plazo

[en] Phytoplankton colonization of Casa de Campo Lake (Madrid)

Abstract. The Casa de Campo Lago was desiccated in 2018 and its phytoplankton colonization was studied over an annual cycle after its reflooding at the beginning of the next year, along with factors controlling its dynamics. The more frequent phytoplankton morphotype in early colonization was that of flagellates, with taxa richness being roughly constant, but overall biomass remained low. From June onwards, both biomass and richness steeply increased, being dominated by chlorococcalean green algae and Cyanophytes. Dissolved organic carbon and organic nitrogen were the main physico-chemical factors controlling biomass. The scanty data available from other years suggested that zooplankton was negligible as control factor for phytoplankton. The main source for phytoplankton colonization was the Valchico wetland, and that process seemingly took place by duck zoochory.

Keywords: urban lakes, flora, density, biomass, mixotrophy, controlling factors, catchment, metacommunity, long-term

Introducción

El estudio de la colonización de los paisajes por los organismos vegetales goza de una larga tradición en la Botánica (Strasburger *et al.*, 1974). La de las algas macroscópicas es menos conocida (Norton, 1992). Y la de los organismos microscópicos, como el fitoplancton, mucho menos, aunque en los últimos años haya habido un interesante debate sobre los límites a una colonización que antaño parecía no tenerlos (Fontaneto, 2011). Desde hace tiempo se consideró que estos organismos eran cosmopolitas y que su proliferación en un lugar concreto solo estaba condicionada por las restricciones del ambiente local (Baas-Becking, 1934). Un análisis más detallado del asunto ha permitido apuntar que, como siempre, las cosas no son tan simples y que cabe hablar de pautas complejas en la dispersión y la biogeografía de los seres microscópicos (Fontaneto, 2011). Más en concreto y recientemente, se han dedicado esfuerzos interesantes al problema de la distribución geográfica del fitoplancton, tanto marino como dulceacuícola, prestando atención especial a la dispersión y a la colonización de distintos ambientes (Naselli-Flores & Padišák, 2016).

Los ambientes lacustres urbanos, especialmente los artificiales, suponen un tipo de ecosistema cada vez más abundante, dado el imparable crecimiento de las ciudades en todo el mundo. Como consecuencia, son cada vez más frecuentes las llamadas de atención sobre su ecología (Birch & McCaskie, 1999; Naselli-Flores, 2008; Hassall, 2014; Hill *et al.*, 2017). A partir de los años '60 del siglo pasado, el número de estudios sobre el fitoplancton de ambientes urbanos ha ido aumentando, especialmente en las décadas recientes, tanto en Europa (Whitton & Peat, 1969; Zębek & Napiórkowska-Krzebietke, 2016), como Norteamérica (Moore *et al.*, 2003; Olding *et al.*, 2000) y China (Chen *et al.*, 2020), pero –que sepamos– no hay ningún trabajo donde se refiera la colonización de esos ambientes por la comunidad biológica que nos ocupa. En Madrid, el fitoplancton de los ecosistemas urbanos ha sido estudiado desde hace más de un siglo, con los trabajos pioneros de Forti (1906) –referido también en Madrid-Moreno (1911)– y Arévalo (1923), todos ellos en el estanque del Retiro.

El presente trabajo es un intento de averiguar el origen de la colonización fitoplanctónica de

¹ Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Serrano 115 dpdo., 28006 Madrid

E-mail: malvarez@mncn.csic.es

ORCID: [0000-0001-5479-0624](https://orcid.org/0000-0001-5479-0624)

Bot. complut. 47, 2022: e86209



un ambiente urbano cuyo entorno se encuentra relativamente bien conocido: el Lago de la Casa de Campo de Madrid. Su cubeta fue desecada en 2018 para realizar una serie de obras de infraestructura perimetral, aprovechando para limpiar unos fondos que habían ido acumulando toda clase de residuos de tamaño medio y grande. A finales de ese año se reinundó la cubeta con agua procedente del arroyo Meaques y del Canal de Isabel II. Desde febrero de 2019 hasta febrero de 2020 realicé una toma de muestras en dicho arroyo y en varios ecosistemas estancados de la Casa de Campo para determinar el curso temporal de los taxones fitoplanctónicos que lo recolonizaron e intentar averiguar su procedencia.

Lugar de estudio

El estanque Grande de la Casa de Campo, o Lago de la Casa de Campo, es un ambiente artificial, originado por la fusión de varios estanques en el siglo XIX, los cuales habían sido creados en el XVI por mandato de Felipe II. Está enclavado en el parque del mismo nombre, cuya propiedad dejó de pertenecer a la realeza en 1931, y que ha sufrido numerosos cambios socio-económicos y ambientales desde su creación hasta la actualidad (Jorroto, 1901; Aparisi Laporta, 2003, 2009; Roldán Calzado, 2017). La historia del Lago puede encontrarse resumida en Álvarez Cobelas (2021a, b), donde también se refieren sus dimensiones y datos ambientales adicionales. Sobre su fitoplancton, existen datos publicados en los trabajos de Romo & Bécas (1998a, b), registrados en 1992-1993.

En la actualidad, el estanque se ve alimentado fundamentalmente por las aguas del arroyo Meaques (Fig. 1), el cual transporta su propio caudal natural y, especialmente, las aguas subterráneas del Metro de Madrid en el entorno de su línea 10 (Benito Igualador, 2005). Dicho aporte entra al arroyo en la presa del Zarzón, situada aguas arriba del Zoológico, a unos 3 km del Lago. Fuera de la Casa de Campo, se encuentra otro ecosistema de interés para lo que nos ocupa, como es el humedal de la Junta de los arroyos Valchico y Meaques (denominado humedal del Valchico de aquí en adelante, Fig. 1), situado unos 5 km aguas arriba, el cual se halla represado desde los años '90 del siglo pasado. La cuenca del Meaques está deforestada en sus tramos altos y forestada, aunque muy alterada, en la Casa de Campo, extendiéndose por unos 20 km². La conexión hídrica entre el humedal Valchico y el Lago no es frecuente por dos motivos: 1º) el represamiento del mismo y 2º) la naturaleza arcósica del sustrato fluvial, que favorece mucho la infiltración del agua, haciendo que el caudal se seque durante varios meses al año, a pesar del caudal casi constante que emerge del Metro (Álvarez Cobelas, 2021b). De todos modos, el arroyo se caracteriza por aportes contaminantes insuficientemente localizados y crecidas irregulares que pueden llegar al Lago en diferentes épocas del año (Álvarez Cobelas, 2021b),

condicionando seriamente la dinámica planctónica (véase más abajo). Otros aportes hídricos menores al Lago son la precipitación y la escorrentía difusa en sus inmediaciones, que puede ser rica en nutrientes derivados del abonado del césped circundante.

Desde el punto de vista meteorológico, 2019 fue un año en el cual las precipitaciones más importantes, con aportes más elevados de nutrientes y de materia en suspensión al Lago, ocurrieron al final del mismo (Álvarez Cobelas, 2021b).

Material y métodos

El estudio, de periodicidad mensual en el propio Lago, se prolongó desde febrero de 2019 a febrero de 2020. Lamentablemente, no pudo continuarse a partir de esa fecha debido al confinamiento decidido contra la pandemia del coronavirus-19. Hubiera sido interesante proseguir el trabajo algunos meses más para constatar si las pautas detectadas en el fitoplancton durante el verano y el otoño de 2019, una vez bien colonizado el Lago (véase más abajo), se repetían al año siguiente. En abril de 2021 tomé nuevas muestras de fitoplancton.

El lugar de muestreo fue el embarcadero, adonde acudí mensualmente durante el periodo citado. Un punto central del ecosistema quizá hubiese sido un lugar más adecuado, pero tiene un surtidor que funciona durante el día, lo cual lo inhabilita como lugar de muestreo. De todos modos, el Lago es un ecosistema pequeño, muy somero (unos 2 m de profundidad media) y muy sometido a los vientos, con lo cual sus aguas (y su fitoplancton) están siempre bien mezclados (Álvarez Cobelas, 2021b). Por lo tanto, el muestreo en el pantalán de las barcas, una estructura que sobresale un poco hacia la cubeta lacustre, puede considerarse representativo. Las muestras de fitoplancton se fijaron *in situ* con lugol y fueron estudiadas con un microscopio invertido Zeiss-35, realizándose sus recuentos de densidad con los métodos de Rott (1981). De cada una de las especies principales se midieron las dimensiones de 20 individuos en cada fecha de muestreo, a fin de estimar su biovolumen promedio siguiendo las instrucciones de Rott (1981). Densidades y biovolúmenes me permitieron estimar la biomasa del fitoplancton y de sus grupos taxonómicos principales en cada fecha de muestreo. La existencia de unos datos inéditos de plancton y de química del agua, recogidos ininterrumpidamente por el Ayuntamiento de Madrid entre enero de 2012 y julio de 2013, me permitió comparar las dinámicas temporales del fitoplancton en un periodo convencional (2012-2013) con otro de recolonización (2019).

En varias ocasiones, tomé también muestras de fitoplancton en el humedal del Valchico (punto nº 4, Fig. 1), en la presa del Zarzón (punto nº 3) y en el arroyo Meaques antes de su entrada al Lago (punto nº 2), con objeto de conocer su composición, de modo que me sirviera para intentar identificar el posible origen del fitoplancton del Lago.

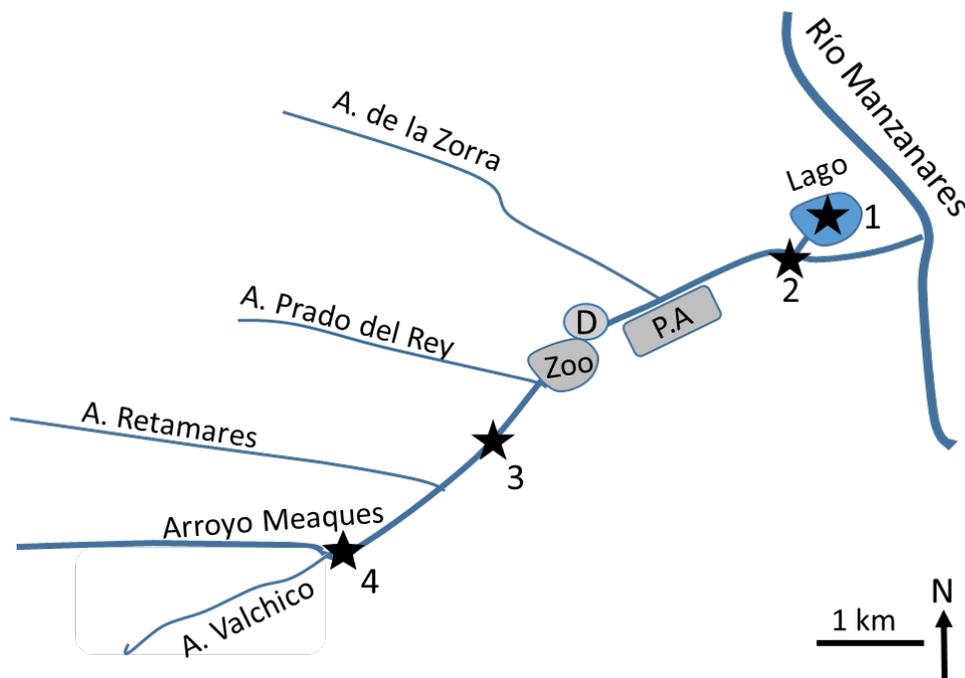


Figura 1. Área de estudio y lugares de toma de muestras (estrellas negras). 1: Lago de la Casa de Campo; 2: arroyo Meaques aguas arriba de su entrada al Lago; 3: embalse del Zarzón (lugar por donde llega el agua subterránea del Metro de Madrid al arroyo Meaques); 4: embalse de Valchico (humedal de la Junta de los arroyos Meaques y Valchico); D: depuradora del Zoológico (abandonada); P.A: Parque de Atracciones; Zoo: Zoológico.

Durante todo el periodo de muestreo, recogí muestras de agua en el arroyo Meaques y en el Lago para analizar los nutrientes (carbono orgánico, nitrógeno y fósforo) que pudieran ser importantes para la vida planctónica. Dicha información y los métodos seguidos para obtenerla se refieren en Álvarez Cobelas (2021b).

Finalmente, se llevó a cabo un análisis estadístico preliminar mediante correlaciones no paramétricas de Spearman y paramétricas de Pearson (Siegel & Castellan, 1988), a fin de conocer qué nutrientes podrían haber condicionado la biomasa del fitoplancton y de sus grupos principales durante los dos periodos analizados y qué grupos taxonómicos dominan su dinámica (2012-2013 y 2019-2020). Y como corolario, se ejecutó un análisis de correspondencias (Benzécri, 1973), de modo que se pudiera relacionar en el mismo espacio multifactorial la presencia de determinados grupos de fitoplancton con algunos factores abióticos seleccionados. Así, cuando la correlación de Pearson entre cada par de factores abióticos era superior a 0,8, se seleccionó siempre el más global (por ejemplo, entre el nitrato y el nitrógeno total, que covariaban, se preservó el nitrógeno total para el análisis de correspondencias). Los análisis se efectuaron con el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados y discusión

La mayor parte de la riqueza taxonómica detectada en el periodo 2019-2020 en el Lago se debió a

organismos flagelados pertenecientes a diferentes grupos taxonómicos (Clorofitas Volvocales, Criptofitas, Dinoflagelados, Crisofitas, Haptofitas y Euglenofitas; Tabla 1). El siguiente grupo en número de taxones fue el de las Clorofitas Chlororoccales, que incluyó a representantes de los géneros *Ankyra*, *Chlorella*, *Coelastrum*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, etc. (Tabla 1). Además de los organismos con flagelo(s) pertenecientes a los citados grupos, constaté la presencia de numerosos individuos de otras especies flageladas que no pude adscribir a ninguno de los mencionados (Tabla 1). La escasa densidad de la mayoría de ellos durante todo el periodo de muestreo y el trabajar con material fijado impidieron una determinación taxonómica más precisa. En cualquier caso, el número de taxones total o parcialmente identificados ascendió a 109, aunque en la Tabla 1 solo se hayan referido 66 porque muchas identificaciones a nivel de género agrupan varios taxones. Romo & Bécares (1998b) identificaron 70 especies en su trabajo realizado en 1992-1993, durante el cual el Lago fue sometido a un tratamiento con sulfato de cobre para eliminar las proliferaciones de algas, imponiendo así una dinámica temporal que pudo aumentar la riqueza taxonómica al eliminar los florecimientos y favorecer a los taxones menos frecuentes. La colonización del Lago por el fitoplancton tras su relleno (febrero 2019) mantuvo un número aproximadamente constante de taxones hasta la primavera (Fig. 2), la riqueza fue aumentando en el verano para volver a descender hacia el invierno siguiente (Fig. 2).

Tabla 1. Taxones de fitoplancton identificados en 2019-2020 en el Lago de la Casa de Campo. La nomenclatura sigue la compilación de Guiry & Guiry (2021).

Taxon	GRUPO TAXONÓMICO
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen	BACILLARIOPHYTA
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	BACILLARIOPHYTA
<i>Cyclotella</i> sp.	BACILLARIOPHYTA
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm.	BACILLARIOPHYTA
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.	BACILLARIOPHYTA
<i>Nitzschia</i> spp.	BACILLARIOPHYTA
<i>Placoneis</i> cf. <i>elginensis</i> (W. Gregory) E.J. Cox	BACILLARIOPHYTA
<i>Ulnaria acus</i> (Kütz.) Aboal	BACILLARIOPHYTA
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	CHLOROPHYTA
<i>Ankyra ancora</i> (G.M. Smith) Fott	CHLOROPHYTA
<i>Carteria</i> spp.	CHLOROPHYTA
<i>Chlamydomonas</i> (subgen. <i>Agloe</i>)	CHLOROPHYTA
<i>Chlamydomonas</i> (subgen. <i>Euchlamydomonas</i>) spp.	CHLOROPHYTA
<i>Chlorella</i> sp.	CHLOROPHYTA
Chlorococcal (colonia) spp.	CHLOROPHYTA
<i>Chloromonas</i> sp.	CHLOROPHYTA
<i>Closterium</i> sp.	CHLOROPHYTA
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	CHLOROPHYTA
<i>Cosmarium botrytis</i> Meneghini ex Ralfs	CHLOROPHYTA
<i>Cosmarium laeve</i> Rabenhorst	CHLOROPHYTA
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille	CHLOROPHYTA
<i>Hydrodictyon reticulatum</i> (L.) Bory	CHLOROPHYTA
<i>Korshikoviella</i> spp. (<i>gracillipes</i> + <i>limnetica</i>)	CHLOROPHYTA
<i>Lagerheimia</i> sp.	CHLOROPHYTA
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda	CHLOROPHYTA
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	CHLOROPHYTA
<i>Monoraphidium</i> spp.	CHLOROPHYTA
<i>Oocystis</i> sp.	CHLOROPHYTA
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	CHLOROPHYTA
<i>Scenedesmus</i> (gr. <i>ecornis</i>)	CHLOROPHYTA
<i>Scenedesmus</i> (gr. <i>spinosus</i>)	CHLOROPHYTA
<i>Scenedesmus</i> spp.	CHLOROPHYTA
<i>Spirogyra</i> sp.	CHLOROPHYTA
<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J. Wynne	CHLOROPHYTA
<i>Tetraëdron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	CHLOROPHYTA
<i>Tetraselmis</i> sp.	CHLOROPHYTA
Crisoficea (colonia), <i>Synura</i> ?	CHRYSOPHYTA
<i>Kephyrion</i> sp.	CHRYSOPHYTA
<i>Mallomonas</i> cf. <i>acaroides</i> Perty	CHRYSOPHYTA
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehr.	CRYPTOPHYTA
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>ovata</i> Ehr.	CRYPTOPHYTA
<i>Cryptomonas</i> spp.	CRYPTOPHYTA
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i> (Skuja) G. Novarino, I.A.N. Lucas & Morrall	CRYPTOPHYTA
<i>Rhodomonas</i> spp.	CRYPTOPHYTA
<i>Anabananopsis elenkinii</i> V.V. Miller	CYANOPHYTA
Chroococcal (colonia) spp.	CYANOPHYTA

<i>Chroococcus</i> sp.	CYANOPHYTA
<i>Dolichospermum</i> sp.	CYANOPHYTA
<i>Limnothrix redekei</i> (Goor) Meffert	CYANOPHYTA
<i>Merismopedia</i> sp.	CYANOPHYTA
<i>Planktothrix</i> sp.	CYANOPHYTA
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemm.) Komárek	CYANOPHYTA
<i>Gymnodinium</i> spp.	DINOPHYTA
<i>Katodinium</i> spp.	DINOPHYTA
<i>Parvodinium elpatiewskyi</i> (Ostenfeld) Kretschmann, Zerdoner & Gottschling in Kretschmann & al.	DINOPHYTA
<i>Peridinium</i> sp.	DINOPHYTA
<i>Euglena</i> spp.	EUGLENOPHYTA
<i>Lepocinclis</i> cf. <i>teres</i> (F. Schmitz) Francé	EUGLENOPHYTA
<i>Monomorphina pyrum</i> (Ehr.) Mereschkowsky	EUGLENOPHYTA
<i>Phacus</i> sp.	EUGLENOPHYTA
<i>Pseudoperanema trichophorum</i> (Ehr.) J.Larsen	EUGLENOPHYTA
<i>Strombomonas</i> sp.	EUGLENOPHYTA
<i>Trachelomonas</i> sp.	EUGLENOPHYTA
Flagelados spp.	FLAGELLATA INCERTAE SEDIS
<i>Chrysochromulina</i> sp.	HAPTOPHYTA

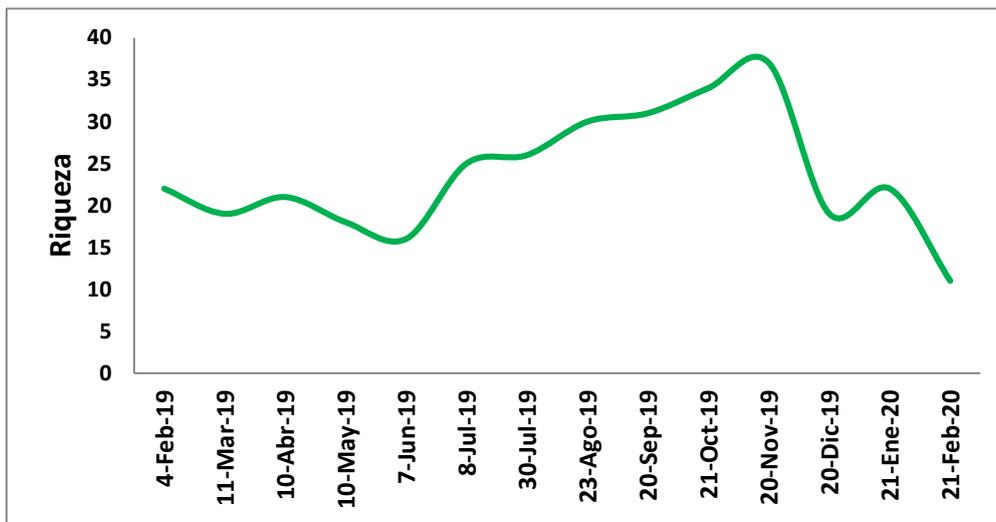


Figura 2. Riqueza de taxones fitoplanctónicos durante el periodo de estudio (Feb-2019 a Feb-2020) en el Lago de la Casa de Campo.

Si comparamos los datos obtenidos en los periodos 1992-1993 con los del presente estudio y con los inéditos del Ayuntamiento de Madrid, registrados solo a nivel de género en 2012-2013, veremos que hay muchos taxones comunes: la flora planctónica del Lago apenas ha cambiado en 30 años (Romo & Bécares, 1998b; este estudio), estando compuesta fundamentalmente por Diatomeas (*Aulacoseira* spp., *Cyclotella* spp., *Ulnaria* spp.), Clorofitas Chlorococcales (*Coelastrum* spp., *Monoraphidium* spp., *Pediastrum* spp., *Scenedesmus* spp., *Tetraëdron minimum*) y Cianofitas (*Anabaenopsis elenkinii*, *Oscillatoria* spp., *Pseudoanabaena limnetica*). Dicho de otro modo, los grupos funcionales del

fitoplancton (Kruk *et al.*, 2010) han permanecido bastante constantes a largo plazo, dominando los grupos III (organismos filamentosos con aerotopos), IV (organismos de tamaño medio sin funcionalidades especiales) y V (flagelados unicelulares). En cualquier caso, el tipo de flora planctónica es similar a la encontrada en ambientes lacustres urbanos de China (Chen *et al.*, 2020) y en el grupo-3 de ambientes estancados urbanos de la zona de Quebec, que incluye lagos y embalses de aguas permanentes en zonas residenciales (Lévesque *et al.*, 2020).

El origen más verosímil de las especies del fitoplancton del Lago es el humedal del Valchico (Tabla 2), pues ni la presa del Zarzón ni el propio

arroyo a la entrada del Lago –situados aguas abajo– muestran apenas taxones que luego estén presentes en el Estanque. Por lo tanto, parece que la hidrocoria habrá tenido mucha menor importancia para la recolonización fitoplanctónica lacustre en comparación con la zoocoria, debida probablemente a la abundancia de ánades reales criando durante la primavera en dicho humedal y que luego pudieron

verse también en el propio Lago. La importancia de los reservorios próximos de especies fitoplanctónicas al ambiente por colonizar, que es obvia, se ha comprobado fehacientemente en lagos de Sicilia (Naselli-Flores *et al.*, 2016). El fitoplancton del Lago formaría parte, por tanto, de una metacomunidad (Soininen *et al.*, 2007) más amplia que incluiría a los taxones del humedal citado (Tabla 2).

Tabla 2. Especies de fitoplancton identificadas en distintos ambientes de aguas estancadas y corrientes de la Casa de Campo durante 2019-2021.

	GRUPO TAXO-NÓMICO	Humedal del Valchico (Abril 2019)	Presa del Zarzón (Abril 2019)	Arroyo Meaques (Abril 2019)	Lago C. Campo (Abril 2021)
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	BACILLARIOPHYTA			•	•
Diatomeas bentónicas	BACILLARIOPHYTA	•	•	•	•
<i>Nitzschia acicularis</i>	BACILLARIOPHYTA	•			•
<i>Chlamydomonas</i> sp. 1	CHLOROPHYTA				
<i>Chlamydomonas</i> sp. 2	CHLOROPHYTA				
<i>Chlamydomonas</i> sp. 3	CHLOROPHYTA			•	
<i>Coelastrum</i> sp.	CHLOROPHYTA	•			•
<i>Eudorina elegans</i>	CHLOROPHYTA				
<i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemm.	CHLOROPHYTA	•			
<i>Monactinus simplex</i>	CHLOROPHYTA				•
<i>Monoraphidium</i> cf. <i>griffithii</i> (Berk.) Komárková-Legnerová	CHLOROPHYTA	•			
<i>Monoraphidium contortum</i>	CHLOROPHYTA	•			
<i>Pediastrum boryanum</i>	CHLOROPHYTA				•
<i>Scenedesmus</i> spp.	CHLOROPHYTA	•			•
<i>Tetraëdron minimum</i>	CHLOROPHYTA				•
<i>Synura</i> sp.	CHRISOPHYTA				
<i>Cryptomonas</i> sp. 1 (grande)	CRYPTOPHYTA	•	•		•
<i>Cryptomonas</i> sp. 2 (mediana)	CRYPTOPHYTA	•	•		•
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	CRYPTOPHYTA		•		•
<i>Dolichospermum</i> sp.	CYANOPHYTA	•			•
<i>Pseudoanabaena limnetica</i>	CYANOPHYTA				•
<i>Romeria</i> sp.	CYANOPHYTA	•			
<i>Gymnodinium</i> sp.	DINOPHYTA				•
<i>Katodinium</i> sp.	DINOPHYTA				•
<i>Euglena</i> sp. 1	EUGLENOPHYTA			•	
<i>Euglena</i> sp. 2	EUGLENOPHYTA				
<i>Phacus</i> sp.	EUGLENOPHYTA				•
<i>Trachelomonas</i> sp.	EUGLENOPHYTA				
Flagelados indeterminados		•	•	•	•

Debe señalarse también que algunos taxones pueden haber estado permanentemente en el sedimento del Lago como formas de resistencia, como es el caso de las Diatomeas del género *Aulacoseira* (Lund, 1954) y de las Cianofitas filamentosas (Kaplan-Levy *et al.*, 2010; Rolland & Vincent, 2014), las cuales habrían vuelto a recolonizar

el Lago desde allí. En cualquier caso, la dispersión en el aire por el mero viento es también uno de los procesos importantes en la colonización fitoplanctónica y explica el gran potencial colonizador de las Clorofitas (Chrisostomou *et al.*, 2009), el cual es uno de los grupos principales que componen el fitoplancton del Lago.

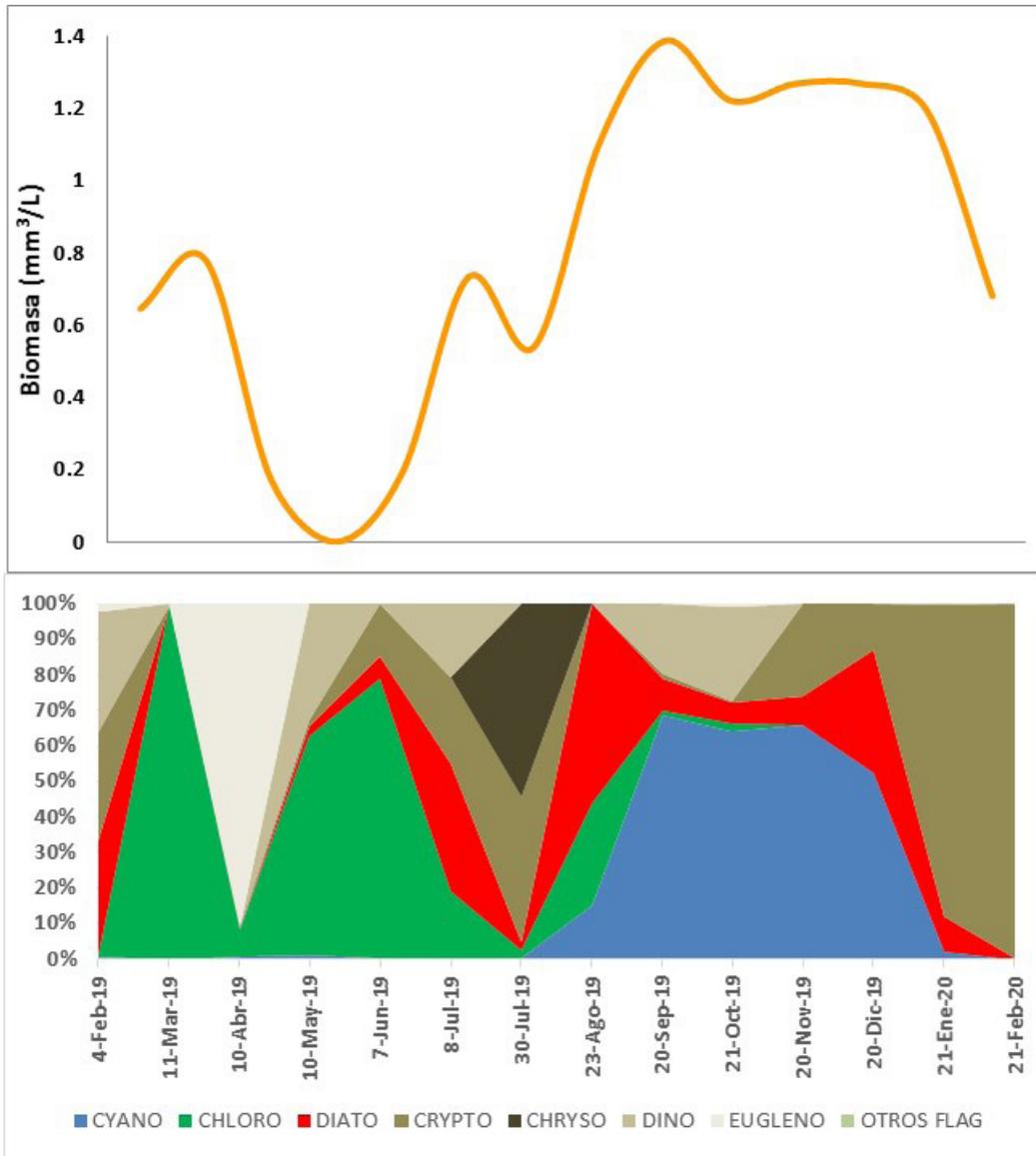


Figura 3. Biomasa fitoplanctónica (panel superior) y su reparto porcentual según los grandes grupos taxonómicos (panel inferior) en el Lago de la Casa de Campo durante 2019-2020. Los distintos flagelados, a excepción de los taxones (de biomasa es muy pequeña) incluidos dentro de las algas verdes, se han representado en variaciones del gris, si bien se han descartado las Haptofitas, pues su contribución resultaba despreciable. Cyano: cianofitas; Chloro: clorofitas; Diato: diatomeas; Crypto: criptofitas; Chryso: crisofitas; Dino: dinoflagelados; Eugleno: euglenofitas; Otros flag: otros flagelados de adscripción imposible a grupos taxonómicos conocidos.

El hecho más conspicuo durante la colonización fue la escasa biomasa durante los primeros meses, que se tradujo en valores muy bajos hasta el mes de julio (Fig. 3, panel superior). El Lago ha sido un ambiente eutrófico desde que se tienen datos limnológicos de él (Romo & Bécars, 1998a), aunque no lo fuera en tiempos de Felipe II, como sugieren observaciones que indican gran transparencia en la época (Aparisi Laporta, 2003). Dada dicha eutrofia, era previsible que

en la primavera hubiese habido también una biomasa notable (alrededor de 1 mm³/L), como ocurrió en 2012 (Fig. 4, panel superior), pero eso no sucedió en 2019. De todos modos, las pautas temporales de la biomasa no parecen estacionales ni en 2012 ni en la secuencia de colonización aquí estudiada (Figs. 3, 4), estacionalidad que suele darse en otros ambientes lacustres (Reynolds, 2006). Los máximos observados en diciembre (Fig. 3, panel superior) se pueden

asociar a las entradas de agua rica en nutrientes por el arroyo Meaques, que ocurrieron por esas fechas (Fig. 3, panel superior). Otra observación en la primavera de 2021 indica que también puede haber un máximo de biomasa en ese periodo, provocado por un aporte fluvial masivo que, a su vez, produjo una mortandad piscícola en el Lago (comunicación personal del encargado del embarcadero). En cualquier caso, las biomásas medidas en 2012-2013 y 2019-2020 no alcanzaron las registradas en otros lagos urbanos canadienses (Olding *et al.*, 2000) y chinos (Lv *et al.*, 2011), de características similares al Lago de la Casa de Campo. La dinámica de la biomasa total fitoplanctónica depende de la dinámica de las Cianofitas (Tabla 4), que a su vez covaría con los dinoflagelados; las Criptofitas fueron las principales responsables de la dinámica del total de los flagelados y Euglenofitas y Haptofitas prácticamente coinciden en e tiempo (Tabla 4).

En cuanto a la sucesión de grupos dominantes, medida como el porcentaje de su biomasa, en 2012 (Ayuntamiento de Madrid, datos inéditos)

comenzando en el invierno, fue de Diatomeas-Clorofitas Chlorococcales-Flagelados-Cianofitas (Fig. 4, panel inferior); secuencia esta de sustitución bastante común en lagos (Reynolds, 2006). Sin embargo, durante la colonización de 2019 la dominancia de los grandes grupos del fitoplancton, acusa la notable contribución de taxones flagelados de casi todos los grandes grupos de algas (Clorofitas, Criptofitas, Dinoflagelados, Crisofitas, Haptofitas) durante casi todo el ciclo anual. Aunque se producen máximos relativos de las Clorofitas Chlorococcales en marzo y junio y de las Cianofitas en septiembre-diciembre, tras estos picos los flagelados vuelven a prevalecer (Fig. 3, panel inferior). Entre los flagelados de 2019-2020 las Criptofitas dominaron en más ocasiones, seguidas por los flagelados indeterminados en la primavera y buena parte del verano y por las Dinofitas en mayo y septiembre-octubre (Fig. 3, panel inferior). Sin embargo, en 2012-2013 los flagelados, que dominaron sólo puntualmente en septiembre de 2012 y abril-mayo 2013, pertenecieron a las Dinofitas y Euglenofitas.

Tabla 3. Taxones de fitoplancton dominantes en densidad durante los distintos periodos anuales para los que se dispone de datos sobre el Lago de la Casa de Campo. En la misma línea se ha puesto aquellos taxones que considero los mismos, independientemente de la nomenclatura, que ha variado con los años.

Romo & Bécares (1998a)	Ayuntamiento de Madrid (inédito)	Este estudio
Periodo 1992-1993	Periodo 2012-2103	Periodo 2019-2020
	<i>Melosira</i> spp.	<i>Aulacoseira granulata</i>
<i>Oscillatoria lanceaeformis</i>	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Pseudoanabaena limnetica</i>
<i>Actinastrum hantzschii</i>		
<i>Chloromonas</i> sp.		
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		
		<i>Korshikoviella</i> spp.
		<i>Tetraëdron minimum</i>
		<i>Cryptomonas erosa</i>
		<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>
	<i>Synedra</i> spp.	
	<i>Aphanocapsa</i> sp.	

Respecto a las especies dominantes en densidad, divergieron bastante entre los distintos periodos estudiados (Tabla 3). La abundancia de taxones que aparecen en muy baja densidad en los distintos periodos anuales nos está hablando de la “memoria ecológica” del plancton del Lago de la Casa de Campo, presente en cualquier ecosistema lacustre, aunque mucho mayor en los de origen natural (Padisák, 1992).

Un análisis de correlación permite observar que químicamente, las concentraciones de carbono orgánico disuelto y total fueron los condicionantes más importantes de la biomasa total fitoplanctónica, lo cual sugiere el importante papel que la mixotrofia (Jones, 2000) tuvo durante la colonización del Lago y la gran riqueza específica de los flagelados ya

apuntada más arriba. Esa relación con el carbono orgánico también la detectan Lv *et al.* (2011) en lagos urbanos chinos de la zona de Wuhan, si bien ellos observan más varianza de la biomasa explicada por el fósforo, cosa que no se ha detectado en el Lago de la Casa de Campo, donde la concentración de ese elemento fue notable durante todo el periodo estudiado (Álvarez Cobelas, 2021b). Por grandes grupos taxonómicos, las principales relaciones fueron las de las Cianofitas con el carbono orgánico disuelto y el nitrógeno orgánico, las de Euglenofitas y Haptofitas con el amonio y las de los Otros Flagelados con el nitrógeno disuelto y la proporción N:P e inversamente con los compuestos de nitrógeno orgánico (Tabla 4). De modo que la concentración de carbono y de los compuestos del nitrógeno (orgánico

e inorgánico) parecen los condicionantes de los grupos taxonómicos y no el fósforo. Debe reseñarse, sin embargo, que la varianza explicada por estas

relaciones fue baja (< 50%). Carezco de datos para enjuiciar el posible control del fitoplancton por el zooplancton en este periodo.

Tabla 4. Correlaciones de Pearson entre la biomasa fitoplanctónica total, la de los distintos grupos taxonómicos y algunas variables químicas del Lago de la Casa de Campo en 2019-2020. Todas ellas han sido normalizadas logarítmicamente salvo el pH. Solo se muestran las que son estadísticamente significativas al nivel de probabilidad del 0,05. Se ha conservado la mención de todos los grupos taxonómicos, aunque no muestren relación alguna estadísticamente significativa.

	B. TOT.	CIA	CLO	DIA	CRI	CRIS	DIN	EUG	HAP	FLA	F. TOT.
BIOMASA TOTAL (B. TOT.)											
CIA NOBACTERIAS (CIA)	0,69										
CLOROFITAS (CLO)											
DIATOMEAS (DIA)											
CRIFITAS (CRI)											
CRISOFITAS (CRIS)											
DINOFLAGELADOS (DIN)		0,60									
EUGLENOFITAS (EUG)											
HAPTOFITAS (HAP)								0,99			
OTROS FLAGELADOS (FLA)											
FLAGELADOS TOTALES (F. TOT.)					0,76						
Nitrito (mg N/L)										0,58	
Nitrato (mg N/L)										0,56	
Amonio (AMO, mg N/L)								0,70	0,71		
Nitrógeno total disuelto (mg N/L)										0,60	
Nitrógeno total (mg N/L)											
Carbono orgánico total (COT, mg C/L)	0,60	0,54									
Carbono orgánico disuelto (COD, mg C/L)	0,56										
Ortofosfato (ORT, mg P/L)											
Fósforo total (mg P/L)											
Nitrógeno orgánico total (mg N/L)		0,54								-0,57	
Nitrógeno orgánico disuelto (mg N/L)										-0,57	
% de nitrógeno orgánico disuelto en el nitrógeno orgánico (%NOD)										-0,61	
Clorofila "a" (Cla, µg/L)	0,85	0,73		0,68							
Cociente atómico nitrógeno/fósforo (N:P)										0,74	0,55
Cociente atómico carbono/fósforo (C:P)											
Temperatura (TEM, °C)					-0,58						-0,58
Oxígeno disuelto (OXI, mg/L)										0,66	
pH				-0,54							
Conductividad (CON, µS/cm)	-0,55										

Información complementaria se obtiene por el análisis multivariante. Los dos primeros ejes del análisis de correspondencias explicaron un 63% de la

varianza total y el tercer eje añadió un 21% de explicación. Mientras que las Clorofitas aparecieron en momentos de mayor conductividad y menor

concentración de carbono orgánico (Fig. 5), esta última variable se relacionó positivamente con la biomasa de Cianofitas y Dinoflagelados. El eje-3 permite ver la relación de Euglenofitas y Criptofitas con el amonio, y la relación de los Otros Flagelados

con el oxígeno disuelto y elevado cociente N:P, lo que sugiere una posible limitación por fósforo. El resto de los grandes grupos taxonómicos no mostró relaciones bien definidas con los factores ambientales analizados, al igual que ocurría con las correlaciones.

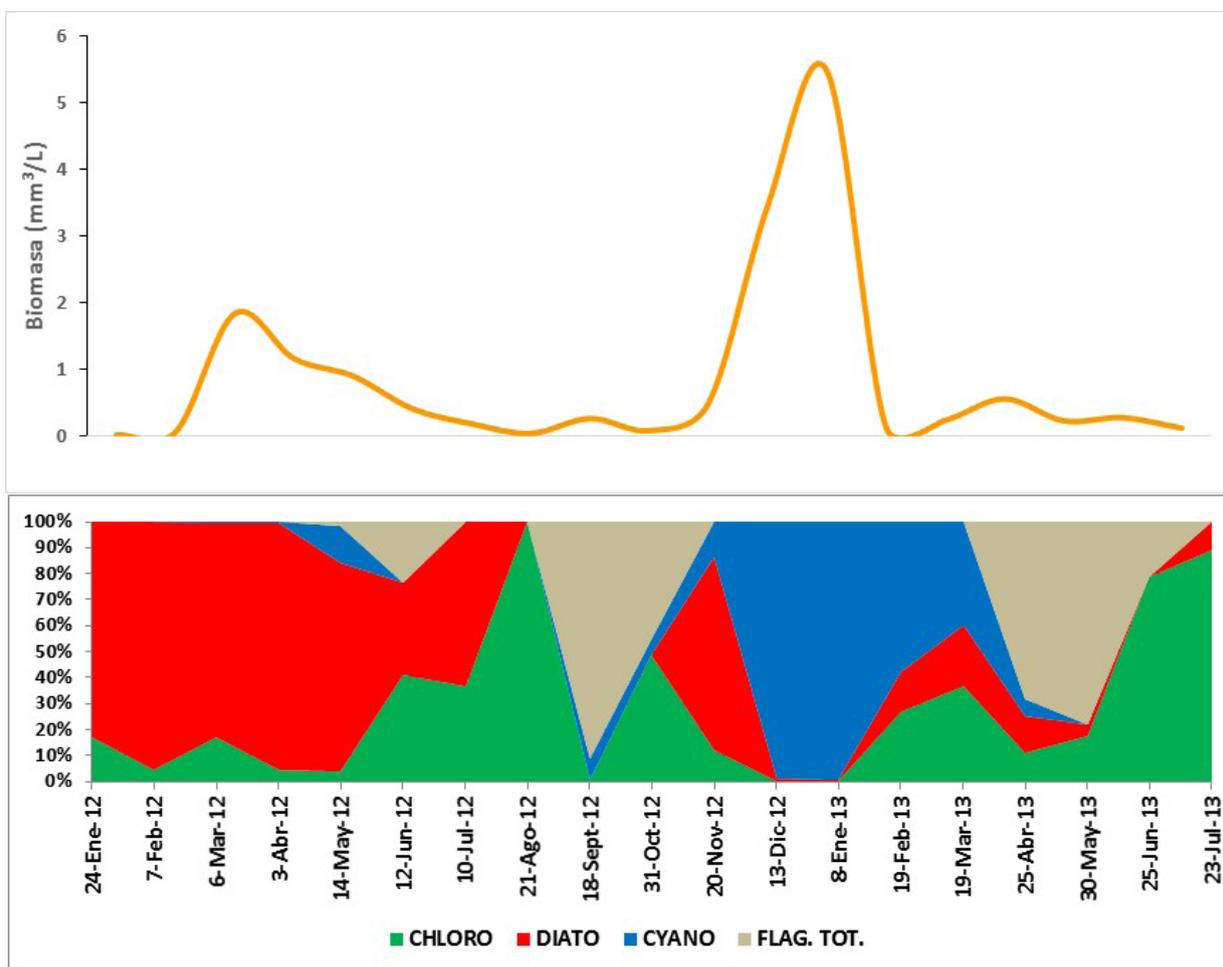


Figura 4. Biomasa fitoplanctónica (panel superior) y su reparto porcentual según los grandes grupos taxonómicos (panel inferior) en el Lago de la Casa de Campo durante 2012-2013 (estimada a partir de los datos inéditos de recuentos del Ayuntamiento de Madrid). Los flagelados estaban integrados principalmente por Dinofitas y Euglenofitas. Las abreviaturas, como en la Figura 3.

Para 2012-2013, tras el análisis no paramétrico de correlación sobre los datos inéditos del Ayuntamiento de Madrid, concluyo que las relaciones importantes fueron otras, pues la biomasa total dependió fundamentalmente de la de Diatomeas y Cianofitas, pero ni el nitrógeno amoniacal ni el fósforo se relacionaron significativamente con la biomasa total o con alguna de las fracciones fitoplanctónicas (Tabla

5). En cuanto al posible control biológico, los datos de zooplancton del Ayuntamiento de Madrid indican que los Rotíferos pudieron alimentarse de Cianofitas y el resto de las relaciones significativas indican covariación positiva (Tabla 5). Es decir, salvo la relación Cianofitas-Rotíferos, también parece haber habido una ausencia de control del fitoplancton por herbívoros durante el periodo 2012-2013.

Tabla 5. Correlaciones de Spearman entre la biomasa fitoplanctónica total, la de los distintos grupos taxonómicos y algunas variables químicas y biológicas del Lago de la Casa de Campo durante 2012-2013, realizadas con los datos inéditos del Ayuntamiento de Madrid. Solo se han dejado las que son estadísticamente significativas al nivel de probabilidad del 0,05 y se ha conservado la mención a algunos grupos taxonómicos que no han mostrado relación alguna estadísticamente significativa.

	BIOMASA TOTAL	BACILLARIOPH.	CHLOROPH.	CYANOPH.	FLAGELADOS TOTALES
BACILLARIOPHYTA	0,55				
CHLOROPHYTA					
CYANOPHYTA	0,64				
FLAGELADOS TOTALES					
Amonio					
Fósforo total				0,45	
CILIADOS			0,48		
ROTÍFEROS			0,50	-0,50	0,53
CRUSTÁCEOS					

En conclusión, puede aseverarse que la dinámica del fitoplancton del Lago de la Casa de Campo en su secuencia de colonización resulta muy dependiente de los ecosistemas acuáticos de su cuenca, tanto porque en ella se hallan los principales reservorios para dicha colonización (el humedal del Valchico), como porque la entrada masiva de nutrientes y materia en suspensión por el arroyo Meaques condiciona sus pautas anuales.

Además, su fitoplancton parece formar parte de una metacomunidad más extensa que incluye el citado humedal. La gran dependencia del Lago respecto a su cuenca hidrográfica es, por tanto, fundamental. Cualquier estudio futuro sobre el Lago y, especialmente, cualquier medida ambiental de mejora del mismo debería tener en cuenta todos estos aspectos.

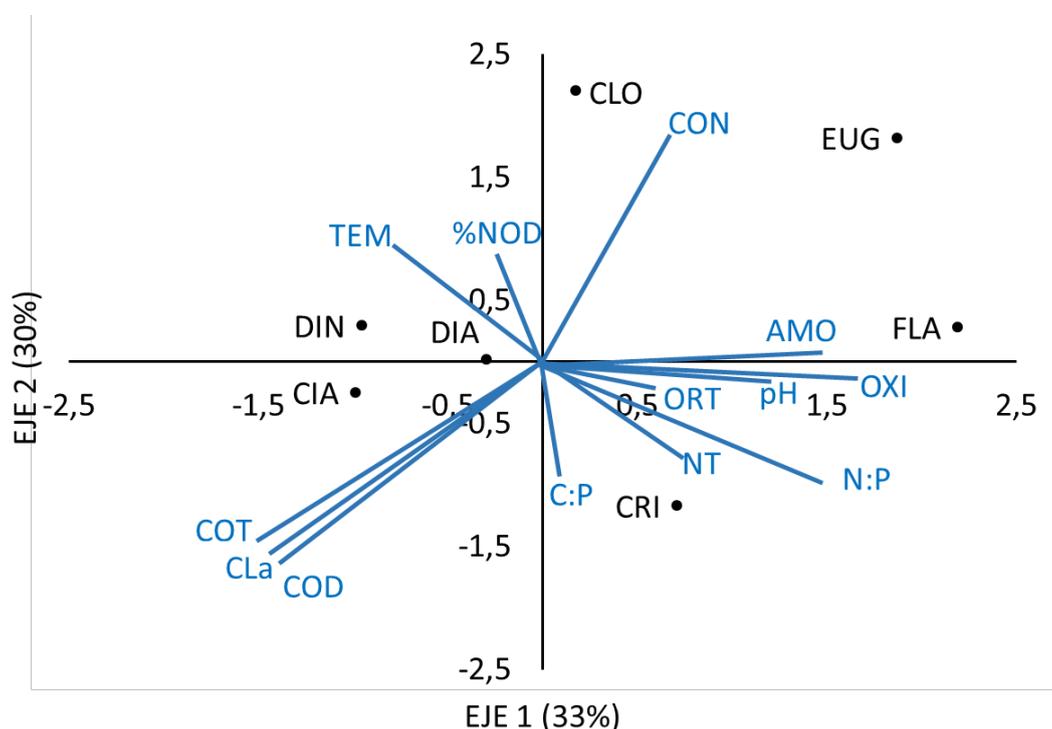


Figura 5. Ordenación de los dos primeros ejes del análisis de correspondencias realizado sobre las variables ambientales no covariantes (véase el texto) y la biomasa de los principales grupos taxonómicos. Nótese que no se han tenido en cuenta las Haptofitas y las Crisofitas por ser grupos poco frecuentes durante la recolonización del Lago de la Casa de Campo por el fitoplancton. La importancia del eje-3 del análisis de correspondencias se comenta en el texto. Las abreviaturas, como las de la Tabla 4.

Agradecimientos

Tomás Gallardo García y yo intentamos hacer un estudio similar a este en el estanque del Retiro, a raíz de su desecación para la limpieza de los fondos y diversas reparaciones en 1981. No pudo ser, no conseguimos interesar al ayuntamiento de Madrid. Me he sacado la espina haciendo por mi cuenta este trabajo casi cuarenta años después. El permiso para tomar muestras en el Lago me lo proporcionó el responsable de la Junta de Moncloa en 2019 y fue gestionado por José Ramón Santiago Romero, encargado de la Oficina Auxiliar de la Subdirección General de Gestión del Agua del Ayuntamiento. Los trabajadores del embarcadero del Lago me facilitaron el acceso al estanque y un muestreo con barca. Ana Cecilia Briones Martínez, jefa del departamento de Recursos Hídricos del Ayuntamiento de Madrid, me proporcionó datos analíticos inéditos sobre el Lago para los años 2012-2014 y me permitió su uso. El director-conservador de la Casa de Campo, Enrique Rodríguez García, me informó sobre el lago y su cuenca hidrográfica. Salvador Sánchez Carrillo elaboró la versión inicial de la Figura 1. Carmen Rojo ha leído críticamente el manuscrito y sugerido numerosas mejoras, además de haber efectuado el análisis de correspondencias y perfeccionado las figuras. Una revisora anónima detectó algunas erratas, corrigió ciertas frases poco afortunadas y sugirió un análisis estadístico multivariante que no aparecía en la primera versión del estudio.

Referencias

- Álvarez Cobelas, M. 2021a. Ecosistemas acuáticos de la Villa de Madrid anteriores a 1959. *Alquibla* 59: 89-167.
- Álvarez Cobelas, M. 2021b. El ambiente abiótico del lago de la Casa de Campo (Madrid). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 115: 69-81. Doi: 10.29077/bol.115.ce05.alvarez.
- Álvarez Cobelas, M. & Sánchez Carrillo, S. (eds.) 2020. *Ecología acuática de Madrid*. CSIC. Madrid. 648 pp. + apéndices electrónicos (1265 pp.) en Descargas Gratuitas de Libros CSIC (http://libros.csic.es/product_info.php?products_id=1).
- Aparisi Laporta, L. 2003. *La Casa de Campo. Historia documental*. Ayuntamiento de Madrid y Lunwerg Editores, Madrid. 440 pp.
- Aparisi Laporta, L. 2009. *La Casa de Campo. De bosque real a parque madrileño*. Ediciones Amberley. Madrid. 128 pp.
- Arévalo, C. 1923. Algunas consideraciones sobre la variación temporal del plankton en aguas de Madrid. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 23: 94-103.
- Baas-Becking, L.G.M. 1934. *Geobiologie of inleiding tot de milieukunde*. W.P. Van Stockum & N.V. Zoon. The Hague. 263 pp.
- Benito Igualador, E. 2005. Plan de aprovechamiento de las aguas freáticas procedentes del Metro de Madrid. In: VI Simposio del Agua en Andalucía (J.A. López Geta, J.C. Rubio & M. Martín Machuca, eds.), 2: 993-1004. Instituto Tecnológico y Minero. Madrid.
- Benzécri, J.P. 1973. *L'Analyse des données*. Volume II. *L'Analyse des Correspondances*. Ed. Dunod. Paris.
- Birch, S. & McCaskie, J. 1999. Shallow urban lakes: a challenge for lake management. *Hydrobiologia* 395/396: 365-377. Doi: 10.1023/A:1017099030774.
- Chen, S., He, H., Zong, R., Liu, K., Miao, Y., Yan, M. & Xu, L. 2020. Geographical patterns of algal communities associated with different urban lakes in China. *Int. J. Environm. Res. Public Health* 17, 1009. Doi: 10.3390/ijerph17031009.
- Chrisostomou, A., Moustaka-Gouni, M., Sgardelis, S. & Lanaras, T. 2009. Air-dispersed phytoplankton in a Mediterranean River-Reservoir System (Aliakmon-Polyphytos, Greece). *J. Pl. Res.* 31: 877-884. Doi: 10.1093/plankt/fbp038.
- Fontaneto, D. (ed.) 2011. *Biogeography of microscopic Organisms: is everything small everywhere?* Cambridge University Press. Cambridge, UK. 365 pp.
- Forti, A. 1906. Alcuni appunti sulla composizione del plancton dell «Estanque grande», nel parco del Buen Retiro in Madrid. *Atti Soc. Natural. Matemat. Modena* 8: 120-126.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2011. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; búsqueda en Abril de 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 pp.
- Hassall, C. 2014. The ecology and biodiversity of urban ponds. *WIREs Water* 1: 187-206.
- Hill, M.J., Biggs, J., Thornhill, I., Briers, R.A., Gledhill, D.G., White, J.C., Wood, P.J. & Hassall, C. 2017. Urban ponds as an aquatic biodiversity resource in modified landscapes. *Global Change Biol.* 23: 986-999. Doi: 10.1111/gcb.13401.
- Jones, R.I. 2000. Mixotrophy in planktonic protists: an overview. *Freshwat. Biol.* 45: 219-226.
- Jorroto, M. 1901. *Real Casa de Campo. Monografías Artísticas*. Ayuntamiento de Madrid. 32 pp.
- Kaplan-Levy, R.N., Hadas, O. & Summers, M.L. 2010. Akinetes: dormant cells of Cyanobacteria. In: *Dormancy and Resistance in harsh Environments* (E. Lubzens, J. Cerdá & M. Clark, eds.), 5-27. Springer Nature. London.
- Kruk, C., Huszar, V.L.M., Peeters, E.T.H.M., Bonilla, S., Costa, L., Lüring, M., Reynolds, C.S. & Scheffer, M. 2010. A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwat. Biol.* 55: 614-627. Doi: 10.1111/j.1365-2427.2009.02298.x.
- Lacasta, P. 2020. Felipe II y la Casa de Campo. *Sociedad Geográfica Española y Universidad Popular Carmen de Michelena. Tres Cantos. Visita Virtual* (www.youtube.com/watch?v=T6ZWuGW0Zl8).
- Lévesque, D., Pinel-Alloul, B., Giani, A., Kufner, D.C.L. & Mimouni, E.A. 2020. Are fluorometric, taxonomic, and functional indicators of phytoplankton community structure linked to environmental typology of urban

- ponds and lakes? *Inland Waters* 10: 71-88. Doi: [10.1080/20442041.2019.1678970](https://doi.org/10.1080/20442041.2019.1678970).
- Lund, J.W.G. 1954. The seasonal cycle of the plankton diatom, *Melosira italica* (Ehr.) Kutz. subsp. *subarctica* O. Mull. *J. Ecol.* 42: 151-179.
- Ly, J., Wu, H. & Chen, M. 2011. Effects of nitrogen and phosphorus on phytoplankton composition and biomass in 15 subtropical, urban shallow lakes in Wuhan, China. *Limnologia* 41: 48-56. Doi: [10.1016/j.limno.2010.03.003](https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.03.003).
- Madrid Moreno, J. 1911. El plankton del Estanque Grande del Retiro. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 11: 277-288.
- Moore, J.W., Schindler, D.E., Scheuerell, M., Smith, D. & Frodge, J. 2003. Lake eutrophication at the urban fringe, Seattle Region, USA. *Ambio* 32: 13-18. Doi: [10.1579/0044-7447-32.1.13](https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.1.13).
- Naselli-Flores, L. 2008. Urban lakes: ecosystems at risk, worthy of the best care. The 12th World Lake Conference: 1233-1237.
- Naselli-Flores, L. & Padišák, L. 2016. Blowing in the wind: how many roads can a phytoplankton walk down? A synthesis on phytoplankton biogeography and spatial processes. *Hydrobiologia* 764: 303-313. Doi: [10.1007/s10750-015-2519-3](https://doi.org/10.1007/s10750-015-2519-3).
- Naselli-Flores, L., Termine, R. & Barone, R. 2016. Phytoplankton colonization patterns. Is species richness depending on distance among freshwaters and on their connectivity? *Hydrobiologia* 764: 103-113. Doi: [10.1007/s10750-015-2283-4](https://doi.org/10.1007/s10750-015-2283-4).
- Norton, T.A. 1992. Dispersal by macroalgae. *Brit. Phycol. J.* 27: 293-301.
- Olding, D.D., Hellebust, J.A. & Douglas, M.S.V. 2000. Phytoplankton community composition in relation to water quality and water morphometry in urban lakes, reservoirs and ponds. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 2163-2174. Doi: [10.1139/f00-176](https://doi.org/10.1139/f00-176).
- Padišák, J. 1992. Seasonal succession of phytoplankton in a large shallow lake (Balaton, Hungary) - A dynamic approach to ecological memory, its possible role and mechanisms. *J. Ecol.* 80: 217-230.
- Reynolds, C.S. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 535 pp.
- Roldán Calzado, J.L. 2017. *Historia de la Casa de Campo*. Editorial Tempora. Madrid. 307 pp.
- Rolland, D.C. & Vincent, W.F. 2014. Characterization of phytoplankton seed banks in the sediments of a drinking water reservoir. *Lake Res. Managm.* 30: 371-380. Doi: [10.1080/10402381.2014.950438](https://doi.org/10.1080/10402381.2014.950438).
- Romo, S. & Bécares, E. 1998a. Datos físico-químicos y biológicos del lago de la Casa de Campo y del estanque Grande del Retiro de Madrid. *Ecología* 12: 167-173.
- Romo, S. & Bécares, E. 1998b. Fitoplancton del Estanque Grande del Retiro y del Lago de la Casa de Campo. *An. J. Bot. Madrid* 56: 151-153.
- Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.* 43: 34-62.
- Siegel, S. & Castellan jr., N. 1988. *Non-parametric Statistics for Behavioral Sciences*. 2nd edition. McGraw-Hill. New York. 399 pp.
- Soininen, J., Kokocinski, M., Estelander, S., Kotanen, H. & Heino, J. 2007. Neutrality, niches, and determinants of plankton metacommunity structure across boreal wetland ponds. *Ecoscience* 14: 146-154.
- Strasburger, E. et al. 1974. *Tratado de Botánica*. 6^a edición española. Editorial Marín. Barcelona. 799 pp.
- Whitton, B.A. & Peat, A. 1969. On *Oscillatoria redekei* van Goor. *Arch. Mikrobiol.* 68: 362-376.
- Zębek, E. & Napiórkowska-Krzebietke, A. 2016. Response of phytoplankton to protective-restoration treatments enhancing water quality in a shallow urban lake. *Environm. Monit. Assess.* 188: 622-637. Doi: [10.1007/s10661-016-5633-4](https://doi.org/10.1007/s10661-016-5633-4).

