

Anales

DE LA

ASOCIACION DE QUIMICA y
FARMACIA DEL URUGUAY

(REVISTA)



DIRECCION Y ADMINISTRACION
CALLE EJIDO, 1589
MONTEVIDEO (Uruguay)

ANALES DE LA ASOCIACION
DE
QUIMICA Y FARMACIA DEL URUGUAY

TRABAJOS CIENTIFICOS

**Algunos problemas anexos a la depuración
del agua de consumo (1)**

Por

FRANCISCO A. ALCIATURI

Químico Farmacéutico

Las invasiones de organismos vivos en épocas determinadas para cada especie constituyen un problema general en casi todas las instalaciones de depuración.

Aparte del interés meramente práctico de la cuestión, en cuanto se refiere al estudio de los sistemas o artificios destinados a eliminar o destruir tales organismos, constituyen esas invasiones una riquísima fuente de observación para quienes se interesan en los problemas que presenta la biología.

En este trabajo expondré algunos casos que considero pueden tener interés general.

ALGAS

El río Santa Lucía posee una serie de especies abundantes que llegan a reproducirse luego en algunas instalaciones primarias abiertas del plantel de depuración.

De una manera general, de acuerdo por otra parte a principios anteriormente establecidos, las algas comienzan su aparición o mejor dicho su invasión al finalizar la primavera, coincidiendo con el momento en que el agua del río sobrepasa los 22°C de temperatura.

Este concepto sobre la influencia preponderante de la temperatura en el desarrollo de las algas ha sido un tanto modificado atri-

(1) Presentado a la Primera Reunión de las Sesiones Químicas Rioplatenses (Montevideo 1940)

buyéndose ahora a los rayos ultravioletas una verdadera y principal acción sobre el desarrollo de estas plantas acuáticas.

R. F. Goudey efectuó determinaciones con un aparato de radiaciones ultravioletas y presentó la siguiente comunicación al California Section Meeting, reunido en San Francisco:

"El concepto común de que los crecimientos de algas en los depósitos de agua aumentan con la temperatura es refutado por el nuevo medidor de radiaciones ultravioletas en la forma usada por el Bureau of Water Works and Supply, de Los Angeles. Los datos promediales de trece depósitos muestran que las radiaciones ultravioletas tienen más influencia sobre el desarrollo de las algas que la temperatura.

En realidad el tiempo caluroso tiende a disminuir los desarrollos de algas en los alrededores de Los Angeles".

Por otra parte, la Dra. Marie Rosenberg presentó un trabajo ante el Congreso de los Servicios de Salud Pública celebrado en Inglaterra en el año 1938 titulado "Las Algas como Indicadores de las Condiciones del Agua", del cual traduzco:

"Si consideramos la luz primeramente, podemos decir que numerosas observaciones han probado que el desarrollo activo de las algas ocurre solamente cuando hay luz.

La penetración de la luz ha sido medida en muchos casos y se ha demostrado que solamente las capas superficiales permiten el desarrollo activo de las algas.

La profundidad de esta capa puede naturalmente variar en forma considerable según las condiciones de las distintas aguas, su color, las proporciones de la arcilla, sílice, etc. en suspensión y debido también al número que detiene la luz y la impide llegar a los organismos de las capas inferiores.

Sin embargo, encontramos que existe una estrecha relación entre la proporción de luz aprovechable por una célula del alga y la cantidad de divisiones.

A mayor luz, mayor cantidad de divisiones de la célula, siendo las demás condiciones similares.

Considerando la temperatura, el principio general establece que todos los procesos orgánicos son acelerados con el aumento de la temperatura, dentro de un cierto límite.

Solamente en unos pocos casos ha sido hallado que una especie crece mejor a comparativamente bajas temperaturas.

Con altas intensidades lumínicas y altas temperaturas el desarrollo de las algas será más rápido y los recursos químicos, que forman el tercero y muy importante grupo de factores, se agotarán rápidamente en un cuerpo de agua estancada".

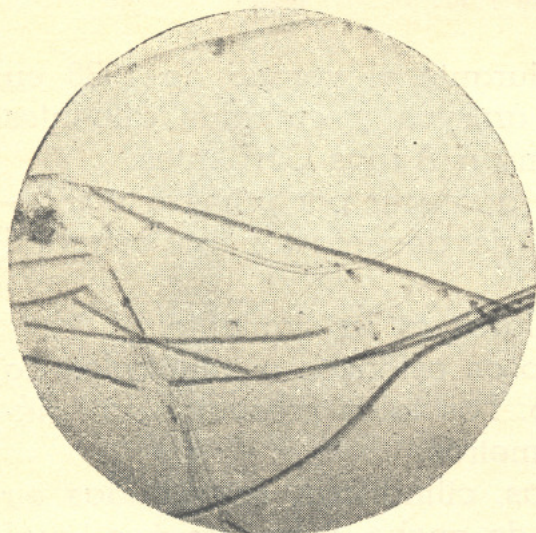
He aquí algunos comentarios sobre las especies más interesantes halladas en Aguas Corrientes:

Lyngbya aestuarii (Martens) Liebmann

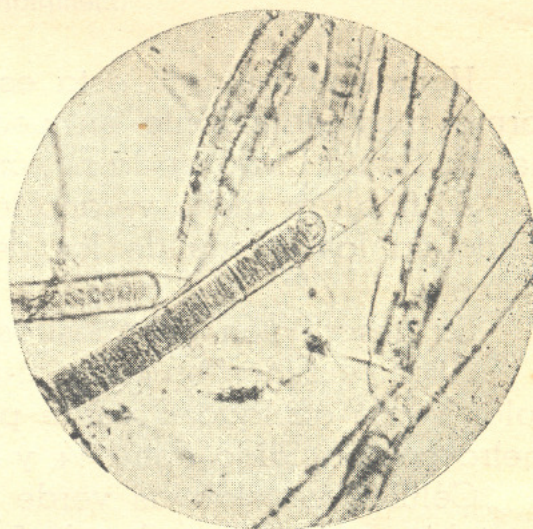
(Ejemplar N° 6 --- Microfotografías 1 al 3)

La descripción de esta especie dada por Seckt es la siguiente:

Hilos derechos o doblados, no muy raras veces con ramificaciones falsas (Microfotografía N° 1), con vaina fuertemente desarrollada (Microfotografías Nos. 2 y 3). Células 10-20 micras de ancho, más o menos $\frac{1}{4}$ tan largas como anchas.



Microfotografía N° 1



Microfotografía N° 2

Célula terminal un poco adelgazada con membrana engrosada formando una cofia. Células a veces con gránulos o pseudo vacuolos coloreados de intenso verde azulado.

Esta especie la he encontrado desarrollando profusamente en verano y otoño sobre paredes de los depósitos de decantación en el plantel depurador de Aguas Corrientes.



Microfotografía N° 3

La hemos combatido enérgicamente en razón de que cuando entra en descomposición despidе un olor sumamente desagradable y persistente, propiedad inherente, por otra parte, a la mayor parte de las Cianofíceas.

E. W. Olive recomienda que estas especies sean mantenidas ausentes de las instalaciones de aguas de consumo público mediante la aplicación de sulfato de cobre en concentraciones mínimas.

Los olores y sabores que generan estas algas son atribuidos por Jockson y Ellms a la descomposición de materias orgánicas sulfuradas y fosforadas.

***Cylindrospermum stagnale* (Kützing) Bornet et Flahault**

(Ejemplares Nos. 26 y 27)

Hemos encontrado esta especie durante el verano de 1938 en forma muy abundante en pequeños arroyos y cañadas afluentes del río Santa Lucía en la región próxima a Aguas Corrientes.

Al finalizar dicho verano la vimos aparecer por primera vez flotando en las aguas de los depósitos de decantación en cantidad discreta.

La descripción de nuestros ejemplares es la siguiente:

Hilos reunidos en talos mucilaginosos esféricos o achatados de color verde azulado o verde parduzco. Los talos presentan un diámetro comprendido entre $\frac{1}{4}$ y 2 centímetros.

Células vegetativas verde azuladas, cilíndricas, estrechadas en los tabiques transversales de 5 micras de ancho, más o menos igual largo; heterocistos terminales esféricos u oblongos, de igual ancho que las células vegetativas.

Esporos solitarios, próximos a los heterocistos, cilindros con extremos redondeados, con membrana lisa, diámetro 6-8 micras, longitud 15-20 micras.

Género *Spirogyra* Link

Las algas pertenecientes a este género son particularmente abundantes durante el verano y otoño en las aguas de río Santa Lucía, apareciendo sobre las paredes de los depósitos de decantación y sobre la superficie de la arena de los filtros lentos.

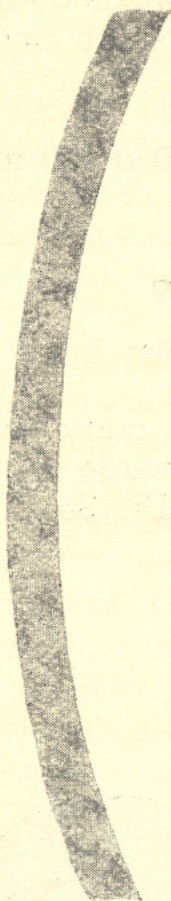
En ciertas ocasiones se han producido tales invasiones en el río Santa Lucía que el punto de captación de Aguas Corrientes ha necesitado ser protegido con finas redes metálicas para evitar su oclusión por las masas filamentosas que allí se acumulaban.

La característica principal de este género de algas radica en la presencia de cromatóforos formados por una o varias cintas parietales, generalmente colocadas en espiral, llevando cada uno varios pirenoides situados a distancias más o menos regulares (microfotografías Nos. 4 y 5).

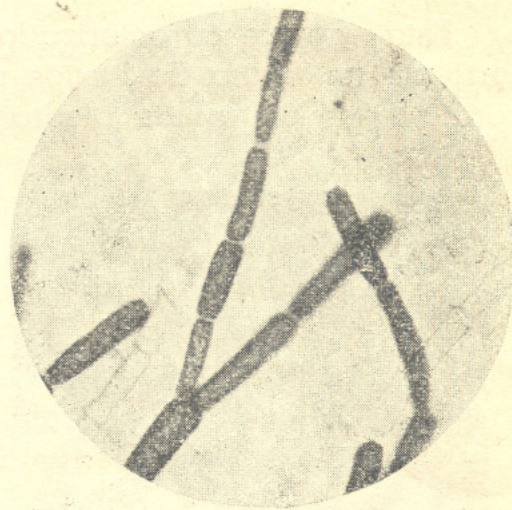
Seckt observa que los filamentos de *Spirogyra* casi siempre están rodeados de una delgada vaina mucilaginosa, lo que permite diferenciarlos macroscópicamente de otros géneros que, como *Cladophora*, son ásperos al tacto.

En oportunidad remitimos al Dr. Seckt varios ejemplares, quien respondió sobre la clasificación de alguna especie, pero destacando la dificultad de encontrar los filamentos al estado estéril, es decir con ausencia de zigósporos, los que constituyen un dato indispensable para determinar con exactitud cada especie.

La microfotografía N° 4 es *Spirogyra* a la que nunca he podido hallar con zigósporos, lo mismo que el filamento A de la figura N° 5.



Microfotografía N° 4



Microfotografía N° 5

Spirogyra es un género ampliamente difundido en todo el mundo, desarrollando de preferencia en aguas de corriente lenta y pobres en calcio.

Se la encuentra en forma planktónica generalmente a consecuencia de los efectos producidos por las funciones de asimilación que, liberando oxígeno que es retenido por la capa mucilaginosa en forma de burbujas, obliga o toda la masa filamentosa a flotar.

***Spirogyra majuscula* Kützing.** - Sinónimo: ***Spirogyra orthospira* Naeg**
(Ejemplar N° 40)

Células de 65 a 80 micras de ancho y de un largo de 2 a 5 veces mayor; paredes transversales lisas; 5 a 6 cintas clorofílicas poco espiraladas, amenudo casi rectas o solamente con $\frac{1}{4}$ o $\frac{1}{2}$ de vuelta.

Células fructificantes mucho más cortas que las vegetativas, poco hinchados. Zigósporos esféricos o elipsóidicos, pardos, de 50 a 60 micras en un eje y 60 a 90 micras en el otro.

***Spirogyra crassa* Kützing**

(Ejemplar N° 29 — Filamento B de la microfotografía N° 5)

Células de 120 a 150 micras de ancho y aproximadamente el doble de longitud; paredes transversales lisas; de 4 a 6 cintas clorofílicas con $\frac{1}{2}$ a 1 vuelta, amenudo casi rectas.

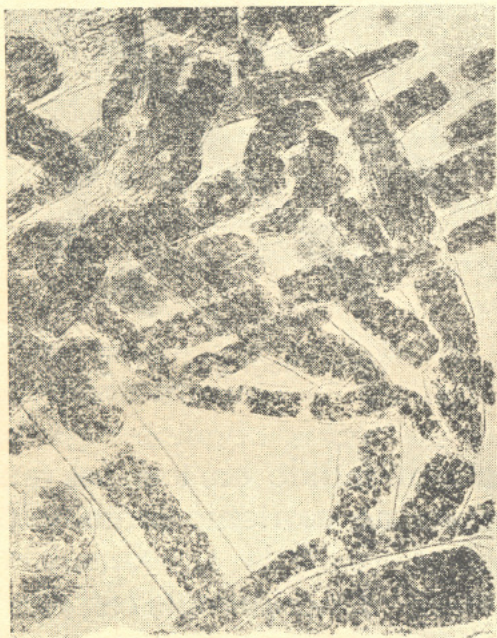
Células fructificantes no hinchadas.

Zigósporos esféricos u ovoides, pardos, de 140 a 150 micras de ancho por hasta 200 micras de largo.

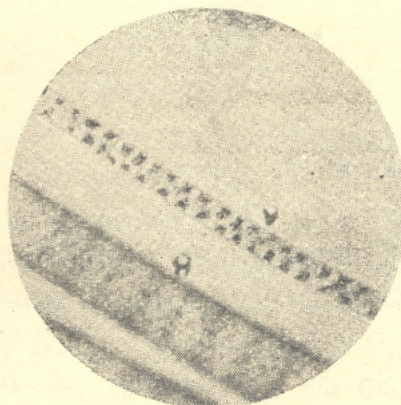
***Cladophora glomerata* (L.) Kützing**

(Ejemplares Nos. 1, 5, 8 y 28 — Microfotografía Nos. 6 y 7)

Esta especie caracterizada por desarrollar en agua de agitada corriente en forma de largos mechones de color verde oscuro, fijas por la base sobre las piedras y que, según el Dr. Seckt, pueden



Microfotografía N° 6



Microfotografía N° 7

llegar a más de un metro de longitud. En nuestros ejemplares del Santa Lucía encontramos longitudes alrededor de 50 centímetros.

La pesencia de *Cladophora glomerata* (L.) Kützing es casi constante sobre las piedras y las compuertas metálicas de la represa de Aguas Corrientes en los meses de primavera, verano y otoño.

En las canaletas de distribución del agua coagulada, lo mismo que en las puertas de entrada de los depósitos de decantación, lu-

gares donde el agua corre con cierta velocidad, también aparece frecuentemente.

Su talo y rama son muy ramificados. Las ramificaciones primarias alcanzan hasta 79 micras de ancho (según Seckt hasta 60 micras) y las terminales alrededor de 35 micras (según Seckt 30 micras).

La longitud de las células de las ramificaciones primarias llega a 6 u 8 veces el ancho y la de las células terminales aproximadamente a 4-5 veces el ancho (microfotografía N° 7).

El contenido protoplasmático de las células de la microfotografía N° 6 se encuentra algo retraído por deshidratación.

El ejemplar N° 5 de mi herbario es una *Cladophora glomerata* (L.) Kützing que fué captada en su época de actividad reproductora.

Obsérvese la diferencia notabilísima con el ejemplar N° 28 que carecía de esporangios. Cabe destacar que los ejemplares con esporangios han sido únicamente encontrados en las canaletas de distribución y en las puertas de entrada de los depósitos de decantación y nunca sobre las piedras de la represa.

Los esporangios se forman en la célula terminal o en las vecinas, dando origen a numerosos zoósporos piriformes, cada uno coronado por cuatro flagelos, que en nuestro ejemplar N° 5 eran directamente visibles al microscopio sin necesidad de fijación por el yodo, insertos en la base de una protuberancia de forma cónica. (Seckt refiere que Strasburger encontró zoósporos biciliados).

Los zoósporos se mueven agilmente en el agua con movimientos de traslación y rotación alrededor de su eje longitudinal. Seckt observó en ellos fenómenos de fototaxia positiva que los lleva a reunirse sobre el lado de la preparación por donde entra la luz. Allí se redondean, pierden sus flagelos y se recubren de una membrana, bastante gruesa en nuestro caso. Finalmente germinan dando nacimiento a nuevos filamentos.

Adherida a los filamentos de esta *Cladophora* hemos encontrado cantidad de *Cocconeis pediculus* Ehrenberg, diatomea epifítica.

***Rhizoclonium profundum* Brand**

(Ejemplar N° 7)

En algunas excursiones que realicé por el río Santa Lucía en el trayecto comprendido entre Aguas Corrientes y la ciudad de Santa Lucía, durante el verano de 1938, encontré enormes cantidades de esta especie desarrollando sobre bancos de arena algo cubiertos por el agua. Los filamentos entrelazados formaban verdaderas mantas hasta de unos quince metros de largo y desde algunos centímetros hasta un metro de ancho.

En las primeras pequeñas crecientes del otoño, las mantas se desprendieron siendo arrastradas río abajo, debiendo protegerse el punto de captación con redes metálicas especiales.

Esta alga, una vez muerta y seca, forma masas de aspecto rugoso y consistencia coriácea, de color grisáceo, que suelen verse retenidas por los raigones, troncos y ramas a nivel de la superficie de las aguas.

Los filamentos muy largos, algo curvados, con células de un ancho comprendido entre 40 y 80 micras y longitud variable entre 7 y 9 veces el ancho, muy escasamente ramificados, algunas ramificaciones muy cortas, cromatóforo reticulado con varios pirenoides y varios núcleos.

Según la Prof. J. Snow la reproducción se hace por zoósporos biciliados y por akinetes.

Un efecto poco difundido de la presencia de las algas en grandes cantidades sobre la reacción de las aguas en que viven ha sido puesto de manifiesto por Emigh.

Como lógica consecuencia de la función clorofiliana, el anhídrido carbónico libre de las aguas conteniendo abundante plankton disminuye o desaparece.

Emigh observó en los embalses de Coatesville que la presencia de abundantísimas cantidades de algas lleva la reacción del agua hasta un pH 9.0. Desapareciendo o disminuyendo las algas, conservándose idénticas las demás condiciones, el pH desciende hasta 7.1.

Ni en el río Santa Lucía, ni en las instalaciones primarias de depuración hemos observado desarrollos de algas en cantidad suficiente para influenciar la reacción del agua, la que por otra parte está sometida a la variación de factores diversos.

Tratamientos algicidas

En Aguas Corrientes, cada depósito o filtro en limpieza es sometido a una pulverización intensa con soluciones concentradas de sulfato de cobre o hipoclorito de calcio, o de ambos según las necesidades, con el fin de destruir los esporos que pudieran quedar adheridos a las paredes.

En las épocas de desarrollo se trata toda el agua que pasa a través del plantel de depuración con dosis de 2 partes por millón de sulfato de cobre e hipoclorito de calcio a 4 o 5 partes por millón.

Es interesante destacar la persistencia y electividad del sulfato de cobre.

Hale exceptúa a este tratamiento a los géneros Eudorina y Pandorina (no hallados en Santa Lucía) para los cuales aconseja emplear sulfato de cobre a razón de 10 partes por millón.

OTROS ORGANISMOS INTERESANDO A LOS PROCESOS DE DEPURACION

Oligoquetos

En la arena de los lechos de los filtros lentos apareció durante el otoño de 1937 una respetable cantidad de oligoquetos de brillante color rojo.

El especialista Dr. E. Cordero los clasificó como probable nueva especie del género *Naïs* (Müller).

Fueron eliminados por remoción y lavado de la arena.

Copépodos

Todos los años al finalizar la primavera hacen su aparición copépodos de los géneros *Diaptomus* y *Cyclops*, que se concentran en forma extraordinaria en los filtros, habiendo en cierta ocasión determinado su oclusión.

La aparición de *Diaptomus* y *Cyclops* coincide siempre con estos dos factores:

- 1º Temperatura del agua superior a 22°C.
- 2º Reacción del agua entre pH 8.2 y 8.5.

Well, citado por Shelford, ha afirmado que la alcalinidad a la fenoltaleína ejerce favorable influencia para el desarrollo de los copépodos. Consideramos que no es necesario particularizar sobre este tipo de alcalinidad sino como expresión de la reacción del medio.

Los *Diaptomus* y *Cyclops* de Santa Lucía son muy resistentes a la acción de los desinfectantes usuales, debiendo aplicarse dosis hasta de 10 p.p.m. de hipoclorito de calcio e insistir enérgicamente en el tratamiento de cada unidad filtrante para lograr su exterminación.

Sir Alexander Houston afirma haber obtenido excelentes resultados en la India destruyendo los *Cyclops* mediante su tratamiento por "exceso de cal".

CRUSTACEOS

Palaeomon nattereri Heller

Viviendo entre filamentos de *Spirogyra* hemos encontrado a este crustáceo sobre las paredes de los depósitos de decantación en cantidades abundantes durante el verano y otoño.

MOLUSCOS

***Ampullaria canaliculata* Lamarck**

En el otoño de 1938 notamos por primera vez un desarrollo abundante de este molusco en las canaletas de distribución y depósitos de decantación.

Se halla ampliamente difundido en el río Santa Lucía, lo mismo que en la casi totalidad de ríos y arroyos de la República.

No aplicamos tratamiento químico alguno para su destrucción, siendo retirados mecánicamente los ejemplares de las instalaciones.

***Planorbis tenagophyllus* d'Orbigny**

En la primavera suelen producirse notables invasiones de este molusco en algunos de los depósitos de decantación.

Su eliminación se hace en la misma forma que el anterior.

***Anodontites tenebricosus* (Lea)**

***Corbicula limosa* Matton**

***Glabaris* sp.**

Especies de abundante desarrollo en las proximidades del punto de captación han provocado dificultades obstaculizando el normal funcionamiento de las bombas centrífugas por interposición de fragmentos y pequeños ejemplares.

En las canaletas de distribución del agua coagulada he encontrado escasos crecimientos de *Anodontites tenebricosus* (Lea) y *Corbicula limosa* Matton.

PECES

***Pimelodus clarias* (L.)**

***Leporinus obtusidens* Val.**

***Cynodon vulpinus* Spix**

***Astyanax fasciatus* (Jenyns)**

***Hoplias malabaricus* (Bloch)**

***Loricaria vetula* (C. V.)**

***Schizodon fasciatus* (Spix)**

***Salminus maxillosus* Val.**

***Crenicichla saxatilis* L.**

***Cichlasoma facetum* (Jen.)**

Nomenclatura y descripciones en Devincenzi.

Estas son las especies más corrientemente halladas en los alrededores del punto de captación; las cinco primeras se encuentran también en reducida cantidad en los depósitos de decantación, probablemente introducidas a través de las redes metálicas protectoras de aquel, poco tiempo después de su nacimiento.

La presencia de peces en los depósitos de decantación me ha permitido efectuar algunas observaciones sobre los efectos que en

ellos produce la aplicación del coagulante en dosis elevadas superiores a las 150 partes por millón.

En tales casos hay que considerar dos factores:

- 1º El aumento de la acidez.
- 2º El aumento de la proporción del CO² libre (20 a 30 partes por millón).

Wells demostró que la mayoría de los peces requieren una reacción del agua moderadamente ácida, rehuendo abiertamente los medios neutros y que, en ausencia de acidez, prefieren vegetar en medios ligeramente alcalinos.

El CO² libre, en relativamente altas concentraciones, produce efectos letárgicos que pueden terminar con la muerte si tales concentraciones son mantenidas por largo tiempo.

Cuando se aplican fuertes dosis de sulfato de aluminio, hemos observado que los peces se mantienen por muchas horas nadando en las capas superficiales del agua, especialmente agrupados sobre las puertas de entrada de los depósitos de decantación, en medio de la suave corriente que penetra; sus movimientos son lentos y pesados cada vez más pudiéndose tomarlos con las manos con entera facilidad.

Si la dosis de coagulante es bruscamente disminuída y por ende disminuída la concentración del CO² libre, casi todos los peces recuperan su primitiva vitalidad.

Shelford opina que la presencia de abundante oxígeno disuelto atenúa los efectos tóxicos del anhídrido carbónico en razón de la mayor solubilidad de aquel en la sangre de los peces.

ALGUNOS DATOS BIBLIOGRAFICOS

- Seckt Hans.** — "Estudios Hidrobiológicos en la Argentina". "IV Conjugatae". - Ed. Coni. Buenos Aires, 1929.
- Seckt Hans.** — "Estudios Hidrobiológicos en la Argentina". "Schizophyceae". - Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, R. A. Tomo XXV. Entrega 4ª, pág. 383, 1932.
- Olive Edgar V.** — "Blue Green Algae (Cyanophyceae)". - Fresh Water Biology. Ward H. B. and Whipple G. C. - Cap. V, pág. 100, 1918. J. Wiley & Sons Inc. N. York.
- Snow Julia W.** — "The Fresh Water Algae". Id. id. Cap. VI, pág. 115.
- Emigh W. C.** — "Algae Growth Raises pH of Water". - Water Works & Sewerage. - Vol. LXXXI, N° 8, pág. 275, August 1934.
- Hale Frank E.** — "The Use of Copper Sulphate in Control of Microscopic Organisms". Nichols Copper Co., New York, 1935.
- Arnold G. E.** — "Plankton and Insect Larvae Control in California Waters". - Journal of the American Water Works Association. Vol. 28, N° 10, pág. 1469, Oct. 1936.
- Shelford V. E.** — "Conditions of Existence". - Fresh Water Biology. Ward H. E. and Whipple G. C. - Cap. II, pág. 21. J. Wiley & Sons Inc., 1918, N. York.
- Houston Alexander.** — "Nineteenth Annual Report", - Metropolitan Water Board. - London 1925. Ed. Harrison & Sons Ltd.
- Devincenzi G. J.** — "Peces del Uruguay". - Anales del Museo de Historia Natural. Serie II, Tomo I, 1920-1924. Imp. Nacional, Montevideo.
- Goudey R. F.** — "New's of the Field". - Journal of the American Water Works Association. Vol. 31, N° 11, pág. 20, November 1939.
- Rosenberg Marie.** — "Algae as Indicators of Water Conditions". - Water & Water Eng. Vol. XLI, N° 504, January 1939, pág. 17.