CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LAS ALGAS UNICELULARES DE LAS LAGUNAS DE BIOESTABILIZACION EN SAN JUAN, LIMA

Alejandro Vinces,[1] Gloria Chacón de Popovici [2] y Zacarías Popovici [3]

La construcción de lagunas estabilizadoras y rellenos sanitarios en San Juan creó nuevos biotipos con aguas de elevada capacidad de producción, pobladas por abundantes algas, aguas que servirán al Ministerio de Salud del Perú para rehabilitar zonas que se dedicarán a la agricultura, forestación y recreación de los habitantes de la Gran Lima y sus alrededores.

Introducción

Lima, capital del Perú, está situada a 12 grados de latitud sur, frente al Océano Pacífico tropical. Por su ubicación geográfica debería tener un clima con abundantes lluvias y temperaturas elevadas, pero debido a las aguas templadas de la corriente costera del Perú y a los procesos de afloramiento de aguas desde profundidades moderadas su clima es benigno, en cambio las precipitaciones pluviales son sumamente escasas a lo largo de toda la región costera.

Debido a ello la costa peruana es un desierto semiárido salvo en las zonas donde fluyen los ríos de la vertiente del Pacífico. Dada la escasez de recursos de agua superficial y subterránea en la cuenca natural que provee Lima (3,000,000 de habitantes) el aprovechamiento de los desagües tratados es una necesidad indiscutible.

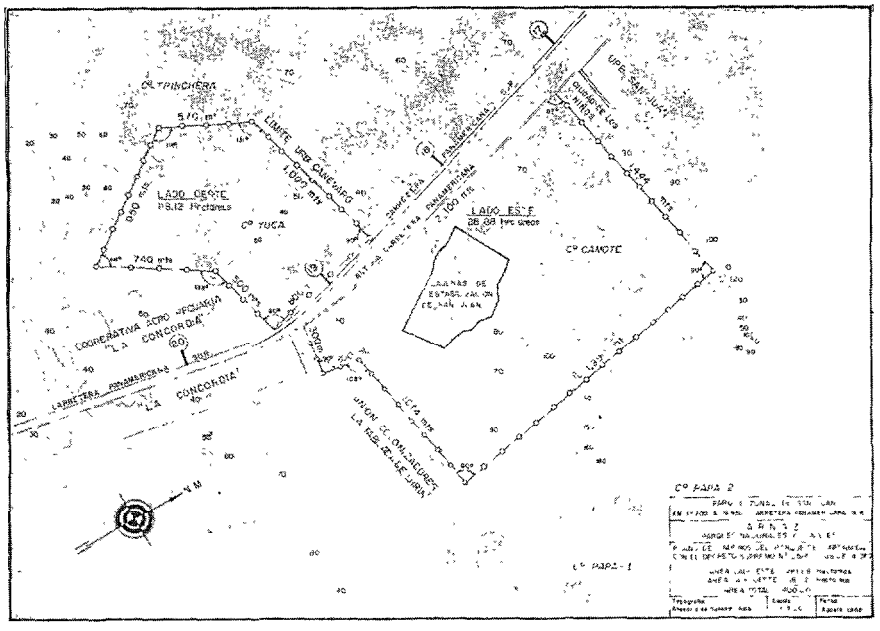
A fin de determinar la factibilidad de usar los desagües en las zonas áridas circunvecinas el Ministerio de Salud por medio de sus oficinas técnicas de saneamiento ha venido preocupándose, desde hace varios años, por establecer programas que permitan rehabilitar el desierto y destinarlo para fines agrícolas, mediante el trabajo integrado de los Ministerios de Salud, Agricultura, Vivienda, del Interior y los gobiernos locales (municipalidades).

Es así como en San Juan—uno de los 42 distritos municipales de la Gran Lima—el Ministerio de la Vivienda, orientado por las investigaciones realizadas por el Ministerio de Salud, construyó un complejo de lagunas bioestabilizadoras, cuyos efluentes se usan para rehabilitar el desierto en una extensión que en su máximo desarrollo cubrirá 400 hectáreas.

Dentro de la misma zona, la legislación sanitaria especialmente preparada, y la asesoría técnica, han permitido que 13 distritos municipales que cubren 6,500 hectáreas urbanizadas con más de 1,000,000 de personas, eliminen sanitariamente las basuras mediante el relleno sanitario. Es así como en la zona anexa a las lagunas se entierran diariamente 3,000 m^3 de desperdicios sólidos y se aporta a los arenales la materia orgánica indispensable para la formación de lo que constituirá el Parque Forestal de San Juan. Con carácter zonal, este parque atenderá las necesidades de recreación de unas 500,000 personas. Dicho proyecto en plena marcha es la primera fase de la rehabilitación del desierto que se conoce con el nombre de Tablazo de Lurín. Se extiende hacia el sudoeste de Lima donde se piensan poner en el futuro bajo riego unas 600 hectáreas utilizando los desagües que drenan la ciudad

[1] Jefe de la División de Saneamiento Urbano de la Dirección de Saneamiento Ambiental, Ministerio de Salud, Lima, Perú.
[2] *Hidrobióloga, Instituto de Bioquímica, Facultad de* Medicina y Museo de Historia Natural "Javier Prado", Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
[3] Oceanógrafo.

FIGURA 1—Vista panorámica de lo que constituirá el Parque Forestal de San Juan, y que atenderá las necesidades de recreación de unas 500,000 personas.



hacia el sur pero que hoy se pierden en el Océano Pacífico sin provecho alguno, y más bien se constituyen en fuentes de contaminación.

Con estos trabajos, la ingeniería sanitaria del Perú está contribuyendo a transformar los desechos sólidos y líquidos en recursos, mediante técnicas y costos que están al alcance de la modesta economía de la mayoría de los países latinoamericanos.

El conjunto de lagunas de San Juan presenta numerosos problemas de índole científica y práctica vinculados: 1) a la carga muy variada de materia orgánica e inorgánica de las aguas y 2) a la recuperación de su condición sanitaria. En estas aguas existe una flora particular en que predominan ciertas algas unicelulares que intervienen en el proceso de autopurificación de las aguas. En vista de ello se realizó este estudio con el fin de: 1) determinar los géneros y especies de algas unicelulares flotantes más abundantes por tipo de lagunas; 2) establecer eventuales diferencias sobresalientes en la población de algas de las lagunas, y 3) estimar el papel ecológico de los mayores grupos de algas planctónicas en el proceso de autopurificación de las aguas servidas.

Antecedentes

Las lagunas de San Juan, Lima son relativamente nuevas y, debido a ello el número de los estudios científicos efectuados es todavía muy reducido.

El Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima efectuó en octubre-noviembre de 1967 un análisis bioquímico del desagüe y del efluente P_1 y cuyos resultados aparecen en el cuadro 1. En 1969 el Dr. Julio Morales, del Laboratorio de Salud Pública efectuó un análisis de las aguas de los desagües y de los tres tipos de laguna, determinando las bacterias y los parásitos. El resumen de los resultados fue indicado en el cuadro. 2.

El plancton de estas lagunas, especial-

CUADRO 1—Análisis bioquímicos del agua de las lagunas de San Juan-Lima de agosto a noviembre de 1967.

Análisis	Promedios		
	Desagüe crudo	Efluente P_1	Eficiencia
Temperatura	22°C	21.25°C	
pH	7.27	8.55	
Sólidos totales	1,187	1,089	
Sólidos suspendidos	196	69	64%
Sólidos volátiles	799	588	
Sólidos sedimentados	3.5	0.35	90%
Oxígeno disuelto	2.2	12.6	82% (incremento)
DBO 5 días	175	45.5	75%
Temperatura ambiente	14°C (promedio)	14°C (promedio)	
Heliofanía		4.7 horas	
Horas de muestreo	10 a.m.	(promedio)	

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

mente los organismos con dimensiones inferiores a 3 mm no había sido estudiado antes, ni se había establecido el papel que desempeñan en la bioestabilización, por cuanto los biólogos no dirigieron su atención hacia estos biotipos acuáticos tan particulares. Recién el presente estudio abre la puerta hacia el mundo de los organismos acuáticos que se desarrollan en estos biotipos, caracterizados por su excesiva abundancia de nutrientes vegetales. Ello demostrará que las lagunas de bioestabilización de San Juan-Lima ofrecen grandes posibilidades para estudios taxonómicos y ecológicos de las poblaciones de organismos que se establecerán allí sucesivamente.

Descripción del sistema

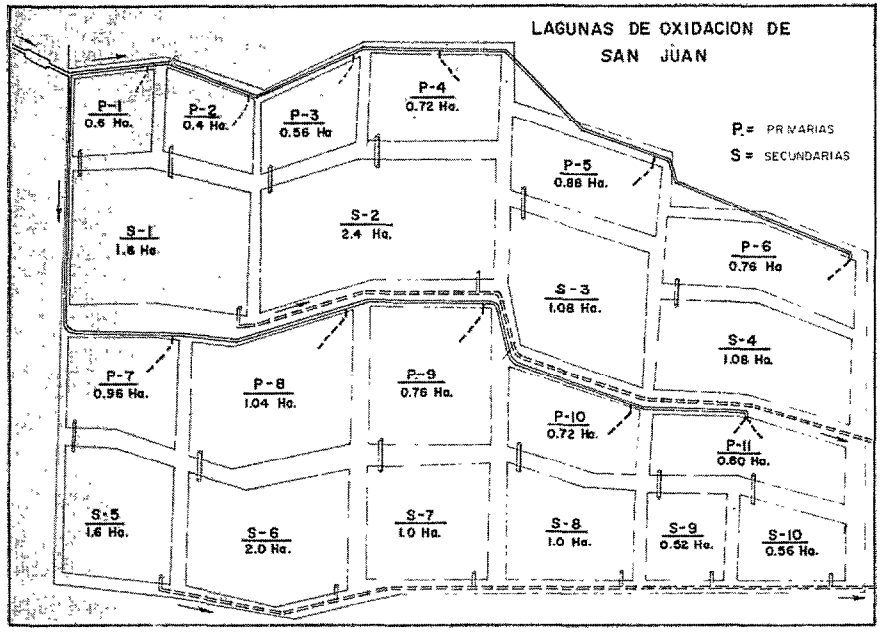
Las lagunas de bioestabilización de San Juan están ubicadas al sudoeste de Lima, y dan servicio a más de 100,000 personas que habitan en el distrito de San Juan y distritos adyacentes. Están construidas en una zona de arenales y diseñadas para contribuir, con los desagües tratados, al desarrollo y rehabilitación de una zona agrícola y forestal que se estima podrá alcanzar, en su máximo desarrollo, a 400 hectáreas.

CUADRO 2—Eficiencias bacteriológicas y parasitológicas.

Muestra	No. de muestras	Fecha	Bacterias/ml	Género	Indice coliforme N.M.P.	Parásitos y otros organismos
Desagüe crudo	7	12/3/69 a 13/5/69	Máx. = 13,000,000 Mín. = 1,020,000 Prom. = 5,799,142	Pseudomonas Sarcinas B. subtilis Proteus	Máx. = 9,200,000 Mín. = 2,400,000 Prom. = 3,371,000	Huevos de tenia Huevos de Ascaris Larvas de Strongiloides Quistes de E. coli
Laguna primaria	9	12/3/69 a 13/5/69	Máx. = 7,300,000 Mín. = 200,000 Prom. = 2,029,555	Pseudomonas S. aureus Sarcina Estreptococo Proteus	Máx. = 2,400,000 Mín. = 130,000 Prom. = 673,333	Ameba y flagelados Chilomas Coleps Lacrymaria completa
Laguna secundaria	9	12/3/69 a 13/5/69	Máx. = 1,020,000 Mín. = 2,100 Prom. = 411,344	B. subtilis Pseudomonas	Máx. = 400,000 Mín. = 6,000	Coleps Vorticella Paramecium Ciliados
Laguna terciaria	9		Máx. = 510,000 Mín. = 1,000 Prom. = 162,000	Sarcinas Pseudomonas Estafilococos Proteus	Máx. = 9,200 Mín. = 33 Prom. = 6,550	Coleps Flagelados Oxytrica Lacrymaria completa

Fuente: Laboratorio del Instituto de Salud, Lima, Perú.

FIGURA 2—Las lagunas de bioestabilización están compuestas por 21 unidades de las cuales 11 funcionan como primarias y 10 como secundarias o terciarias.



Las lagunas, compuestas por 21 unidades que abarcan 20 hectáreas, están divididas en dos baterías: once trabajan como primarias y diez como secundarias o terciarias. La construcción es sencilla. Los líquidos cloacales entran a una cámara de rejas, pasan a un repartidor y luego se reparten por canales.

La entrada a cada laguna se realiza a través de cámaras donde se ubican vertederos de regulación de gasto y compuertas; de aquí pasan por medio de tuberías de plástico a las lagunas primarias donde entran en forma sumergida. Su descarga queda a 1.50 m por debajo del nivel máximo de los líquidos en la laguna. La descarga de las tuberías de entrada está proyectada de forma tal que evita los cortos circuitos y las zonas muertas. La práctica ha demostrado que no es necesario entrar con dichas tuberías hasta el centro de las lagunas, pues basta sólo introducirlas unos ocho metros. El efluente de las lagunas se controla por medio de pantallas de madera.

El fondo y los taludes de las lagunas no están revestidos con material impermeable, por cuanto los elementos coloidales contenidos en los líquidos y los productos gelatinosos eliminados por las algas, junto con fragmentos de células muertas llena los intersticios y los hace impermeables por vía natural en poco tiempo.

Descripción del área de estudio

Geografía. La estación de saneamiento elegida para este estudio está situada en las afueras de San Juan (km 18 de la Carretera Panamericana Sur), a unos 4 km de la costa.

Topografía. El terreno ocupado por la estación es arenoso y de nivel desigual lo que permitió escalonar las lagunas. Ello facilitó su alimentación con aguas municipales servidas y el paso de las aguas tratadas de un tipo de laguna al otro.

Clima. El clima del área se caracteriza por brisas leves y un cielo nublado durante parte del año. Aquellas favorecen la renovación del aire y dispersión rápida de olores que se forman en la región de las lagunas por escape de gases a través de la superficie de

las aguas. Las lluvias tienen las características de garúas y su cantidad es de 15.0 a 23.0 mm/año (1951 y 1960, respectivamente), que resultan prácticamente insignificantes para la modificación del nivel en las lagunas y aporte de tierra de la región circundante.

Hidrología. Las lagunas de bioestabilización de San Juan se alimentan exclusivamente de aguas municipales servidas de la Gran Lima y/o aguas que han permanecido durante varios días en lagunas primarias o secundarias de la estación.

Si bien se trata de lagunas artificiales, su extensión parece haber sido adaptada al terreno circundante. Las lagunas varían en extensión; la más pequeña es de 0.5 ha y la más grande es de 2.3 ha. Según su extensión y profundidad, están sujetas a procesos intensos de evaporación y renovación de sus aguas. Ambos procesos tienen efecto sobre la hidrología de las lagunas.

Característica resultante. La posición geográfica en plena zona tropical, el clima y la topografía permiten establecer que la característica sobresaliente del área de las lagunas de saneamiento de San Juan es la de estar en la franja costera semiárida, que está en pleno proceso de transformación. Una extensión cubierta de arena durante varios siglos se está transformando en un área verde con un comienzo de bosque de eucaliptos y todo ello como resultado de las aguas servidas, a las cuales se les da tiempo para purificarse en el paso de laguna a laguna hasta llegar al suelo seco de las proximidades.

Condiciones de las lagunas estudiadas

En el sistema de lagunas de bioestabilización de San Juan, cada tipo de la laguna tiene una determinada función. Las lagunas primarias (P_1) funcionan como anaerobias y facultativas; las secundarias, como aerobias y facultativas y las terciarias como aerobias. Dada la carga diferente de sustancias orgánicas e inorgánicas sólidas y disueltas, y la elevada aunque variable cantidad de sustancias amoniacales que reciben, las condiciones que reinan en cada tipo de laguna y aun en cada laguna del mismo tipo son diferentes, como se verá más adelante. Consecuentemente, se distinguen condiciones bióticas generales, y condiciones particulares.

Condiciones bióticas generales. Las aguas de los tres tipos de lagunas presentan diferencias físicas y químicas y ellas tienen efectos sobre las condiciones bióticas.

Las diferencias físicas detectadas inmediatamente por el observador están en el color y la transparencia óptica. En efecto, las aguas presentan tonalidades diferentes, causadas en parte por la película monomolecular, y en parte por las sustancias sólidas en suspensión y la flora superficial.

La película monomolecular se observa especialmente en la superficie de las lagunas primarias y se debe a varias sustancias orgánicas, tales como ácidos grasos y sus alcoholes. Ella modifica el potencial superficial, la tensión y la viscosidad de las aguas que crean nuevas condiciones para la vida bacteriana y planctónica.

Las sustancias sólidas en suspensión son inorgánicas y orgánicas, con predominio de estas últimas, debido a la contribución de los líquidos cloacales. Por otra parte, existen también sustancias orgánicas disueltas, cuya calidad y cantidad crean diferencias biológicas entre las aguas de los tres tipos de lagunas. En relación con ello, se señala que la materia orgánica sólida y la disuelta constituye la base trófica (=alimentaria) para la vida que existe en las lagunas.

En los tres tipos de lagunas viven bacterias que consumen y degradan la materia orgánica sólida en suspensión y sobre el fondo. Ellas atacan y degradan también el cuerpo de las plantas y de los animales muertos y sus fragmentos.

Tanto las plantas como los animales se desarrollan en cada una de las lagunas, pero el número de las especies y la abundancia de sus poblaciones difieren entre amplios límites, por cuanto existe una relación ecológica

fundamental entre los organismos y la materia orgánica existente en su medio.

La cantidad de dicha materia que llega a las lagunas en estado sólido y disuelto es mayor en la laguna primaria que en la secundaria y en esta permanece más alta que en la terciaria. No obstante, los tres tipos de lagunas son "ambientes saprobios" que presentan condiciones polisaprobias en las lagunas primarias, y mesosaprobias en las terciarias.

Las condiciones típicamente "polisaprobias" (= sépticas) en la laguna primaria crean allí un ambiente extremo, que difiere mucho del "ambiente mesosaprobio" (subcontaminado) representado por las lagunas terciarias. En ninguno de los tres tipos de lagunas se han encontrado condiciones bióticas "oligosaprobias", que caracterizan a los lagos con aguas claras, saturadas con oxígeno disuelto y con bajo contenido de nitrógeno.

Finalmente cabe señalar una condición biótica creada por la presencia de espumas. El agua natural tiene la propiedad de formar espuma bajo la acción del viento, del golpe de olas en las riberas y de los organismos. Pero la espuma presente en torno a la boca de salida de la laguna primaria supera esta capacidad y se debe en un 90% a los detergentes. Su presencia en cantidades excesivas resulta perjudicial al desarrollo del plancton.

Laguna primaria. La laguna primaria estudiada tiene las siguientes características técnicas:

1) Extensión = 7,000 m^2
2) Profundidad útil = 1.7 m
3) Volumen = 11,900 m^3
4) Gasto promedio = 24 l/s
5) Tiempo de funcionamiento al día = 17 horas
6) Volumen de desagüe tratado/día = 1,500,000 litros
7) Período de retención del agua = 7-8 días
8) Carga orgánica/hectárea = 270 kg/DBO 5 días
9) Población equivalente = 8,000 hab./hectárea. Considerando que el desagüe *per capita* es de 260 litros/día y la DBO 5 días del crudo = 180 ppm.

La laguna de este tipo estudiada presentó todas las características de los cuerpos de agua polisaprobios, especialmente: (1) elevada cantidad de materia orgánica, procedente de los desagües municipales e industriales; (2) elevado grado de turbiedad, debido a la gran cantidad de partículas en suspensión; (3) burbujeo aislado, especialmente en los alrededores de la boca de entrada del agua servida, que puso de relieve la existencia de procesos de desintegración de la materia orgánica; (4) acumulación de material liviano en la superficie del agua, que forma una capa de aspecto desagradable, y (5) tonalidad verde-alfalfa del agua cerca de la boca de salida del agua hacia la laguna secundaria lo cual indica la presencia de una enorme cantidad de células flotantes con pigmento verde (véase el cuadro 3).

No se encontró vegetación semisumergida en las orillas y tampoco pudo observarse en el fondo. Cerca de la boca de salida hubo una gran acumulación de espuma con células de la flora planctónica. Se sintió un olor muy tenue de gases suavizado por el viento reinante en esa zona.

Laguna secundaria. Esta estuvo alimentada por el agua que había permanecido durante varios días en la laguna primaria, y que está ya en pleno proceso de purificación.

Esta agua había adquirido mayor claridad, pero las burbujas de gases continuaban apareciendo en la superficie y aumentaban con el aumento de la temperatura.

Las condiciones de vida resultaban favorables a mayor número de algas y animales en el agua.

Laguna terciaria. Esta tuvo aguas más claras y saturadas, aparentemente, de oxígeno disuelto; los procesos de mineralización estuvieron avanzados con lo cual se

CUADRO 3—Sumario de las algas encontradas en las lagunas de estabilización en agosto y septiembre de 1969, (según Popovici y Popovici).

Algas identificadas	Lagunas					
	Primaria		Secundaria		Terciaria	
	Agosto	Septiembre	Agosto	Septiembre	Agosto	Septiembre
CHLOROPHYTA (19)						
Ankistrodesmus						X
Actinastrum				X		X
Coelastrum		X				
Crucigenia						X
Chlorella	XXX					
Chlamydomonas	X					
Chlorococcum			X		XX	XX
Chlorogonium						X
Elakatothrix						X
Gleocystis	XX					
Micractiniun			X			
Palmella	X					XX
Pascheriella			XX			
Sphaerocystis		XX	XX			XX
Scenedesmus			XX	X		XX
Stephanoptera						X
Tetraspora						X
Myrmecia		X				
Tetrastrum		XX				
CIANOPHYTA (12)						
Anacystis	XX	XX				
Anabaena						XX
Aphanocapsa				XX		
Calothrix						XX
Chroococcus		X				
Gleocapsa	XXX	XXX		XXX		
Nostoc	X					
Merismopedia						X
Oscillatoria					XXX	
Scytonema						X
Spirulina				X		
Thalpophila		X		XX		
EUGLENOPHYTA (2)						
Euglena	XXX	XX				
Phacus			X			
CRYSOPHYTA (4)						
Chloromeson	X					
Diceras			X			
Ceratoneis			X			
Surirella						X
PYRROPHYTA (1)						
Peridinium			X			
Especies no identificadas: 12						

favorecía el proceso general de purificación de las aguas. No se avistaron acumulaciones de fango en la superficie, ni burbujeo. Todo ello permitió establecer la presencia de condiciones mesaprobias, favorables al desarrollo de muchos organismos vegetales y animales tanto en agosto cuando la temperatura del agua fue de 21 °C, como en septiembre, cuando alcanzó a 23 °C. Lo que más llamó la atención fueron las capas superiores de plantas (*Lemna*) que formaban una mata densa en un 50% de la extensión de la laguna.

Eficiencia comparada de los tipos de laguna. Las aguas de las lagunas de San Juan experimentan una estratificación térmica y como resultado aparece un estancamiento en su traslado vertical, merced al cual

se registran efectos tanto en el agua como en el fondo y sobre los organismos. Resultan muy afectadas principalmente las capas más profundas que contienen mayores acumulaciones de materia orgánica.

El estancamiento de las aguas se presenta con más agudez en el verano, afectando los procesos de autopurificación de las aguas. Pero los efectos resultan mayores sobre el fondo y en su proximidad inmediata. Allí se desarrollan procesos de descomposición de esta materia de distinta intensidad, siendo su eficiencia mayor en la laguna primaria que en la secundaria y la terciaria. Los procesos afectan la calidad del agua que puede adquirir olores. Las sustancias resultantes se acumulan sobre el fondo, en cantidades variables, donde sirven de alimento a los microorganismos que se desarrollan rápidamente hasta alcanzar gran abundancia. Parte de la materia depositada regresa al agua, donde se utiliza como fuente de nutrición para bacterias, hongos, algas unicelulares y demás organismos "detritívoros."

Autopurificación y uso final de las aguas. Factores físicos estimulan el desarrollo de determinados procesos químicos y biológicos que purifican naturalmente las aguas servidas que llegan a las lagunas de biocstabilización. En San Juan, los principales factores físicos son la radiación solar, el viento y los movimientos reducidos de las aguas, cuyo conjunto acelera la sedimentación de las partículas en suspensión, mientras que los organismos actúan como agentes biológicos de purificación extrayendo parte de las sustancias que les sirven de alimento.

A través de la superficie de contacto con la atmósfera, las aguas renuevan su contenido de oxígeno que luego se utiliza en la oxidación de ciertos elementos y compuestos simples y en la respiración de los organismos. Numerosos organismos, especialmente las algas unicelulares flotantes, desempeñan un papel importante en el proceso de purificación de las lagunas de San Juan. Con el correr del tiempo las aguas municipales servidas pueden usarse con otros fines.

CUADRO 4—Géneros de algas encontrados en las muestras tomadas en las lagunas de San Juan, Lima, el 27 de agosto de 1969.

Grupo I	*CLOROPHYTA* Chlorella, Chlorococcum, Tetrastrum, Scenedesmus, Chroococcus, Pascheriella, Spherocystis; Chlamidomonas, Gleocystis, Palmella, Microactinium
Grupo II	*CYANOPHYTA* Abacystis, Gleocapsa, Nostoc, Oscillatoria
Grupo III	*EUGLENOPHYTA* Euglena y Phacus
Grupo IV	*CRYSOPHYTA* Chloromeson, Diceras, Ceratoneis
Grupo V	*PYRROPHYTA* Peridinium

Fuente: Popovici y Popovici (1969).

Investigaciones sobre algas planctónicas en las lagunas de San Juan

La colección de muestras y su estudio. Con el fin de alcanzar los objetivos fijados en la Introducción, se tomaron muestras de plancton en horas de la tarde de los días 27 de agosto y 29 de septiembre de 1969, en la transición de las condiciones invernales a las primaverales. La colección se hizo del lado de la boca de salida de cada uno de los tres tipos de laguna.

CUADRO 5—Géneros de algas encontradas en las muestras tomadas en las lagunas de San Juan, Lima, el 29 de septiembre de 1969.

Grupo I	*CHLOROPHYTA* Ankistrodesmus, Actinastrum, Coelastrum, Crucigenia, Chloroccoccum, Chlorogonium, Elakatothrix, Palmella, Sphaerocystis, Scenedesmus, Stephanoptera, Tetraspora, Myrmecia.
Grupo II	*CYANOPHYTA* Anacystis, Anabaena, Aphanocapsa, Calothrix, Chroococcus, Gleocapsa, Merismopedia, Scytonema, Spirulina, Thalopophila.
Grupo III	*EUGLENOPHYTA* Euglena
Grupo IV	*CRYSOPHYTA* Surirella

Fuente: Popovici y Popovici (1969).

En el caso de la laguna terciaria, las muestras se tomaron tanto del tercio cubierto por el manto de plantas acuáticas del género *Lemna* como del área libre de ellas.

En total se obtuvieron 19 muestras de plancton, todas de la capa superior del agua, de las cuales más del 50% (10) procedieron de la laguna primaria.

Resultados de los estudios efectuados. A continuación se presentan los resultados de los estudios realizados sobre las muestras de plancton tomadas en los tres tipos de lagunas de San Juan (Véase Popovici y Popovici, 1969), y se mencionan los cambios observados a intervalo de un mes en las poblaciones naturales de algas unicelulares de cada tipo de laguna.

La descripción de las algas encontradas se presenta hasta el "género" y sólo en algunos casos hasta la "especie". La identificación de todas las especies presentes en los tres tipos de lagunas resultó imposible dadas las limitaciones de tiempo y referencias que no fueron superadas durante la ejecución de este estudio a pesar de los envíos de publicaciones especiales por el Sr. Gilbert Gigliotti, Director del Servicio de Documentación e Informaciones del "Federal Water Pollution Control Administration" en los E.U.A.

Para la identificación resultaron muy útiles las publicaciones de Acleto (1966), Davis (1955), Desikachary (1959), Giunti (1967), Hustedt (1949), Instituto Geográfico de Agostini (1968), Klotes (1966), Laporte (1931), Leedale (1967), Palmer (1959), Smith (1950 y 1955), Tiffany (1951), Scagel (1966), U.S. Department of Health, Education, and Welfare (1960) y Wipple (1933).

Sumario de los integrantes de la flora de algas unicelulares flotantes. El cuadro 3 presenta el sumario de los género de las algas unicelulares encontradas en agosto y septiembre de 1969, en cada tipo de laguna del establecimiento de San Juan-Lima, que se identificaron en este estudio. Las más abundantes están indicadas con 2 y 3 x, respectivamente. En total se identificaron 38 géneros y unas 12 especies de algas quedaron sin identificar.

Los integrantes de la flora de algas unicelulares flotantes en la laguna primaria. Las muestras tomadas en la laguna primaria tuvieron gran cantidad de células pequeñas del género *Chlorella* y numerosas células de la especie *Euglena rubra* (véase fotos 1 y 2); el tercer puesto en abundancia correspondió a la cianofícea *Nostoc.*

En menor cantidad estuvieron representados los géneros de algas unicelulares: *Palmella, Anacystis, Chlamydomonas, Pascheriella* (en pleno estado de multiplicación), *Palmellococcus, Gleocapsa, Phacus* y una diatomea todavía no identificada.

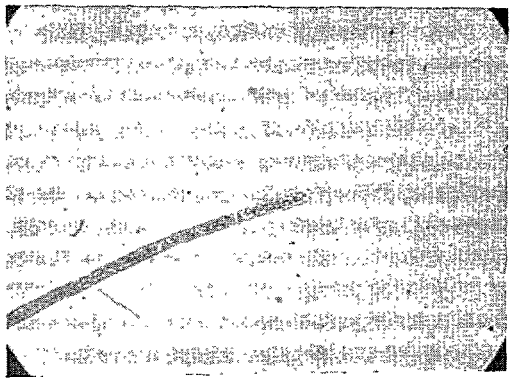
En general, la flora de diatomeas estuvo muy escasamente desarrollada en esta laguna y cabe admitir que esta situación, encontrada a fines de agosto de 1969, se debió a una inhibición causada por la concentración de ciertos antibióticos y compuestos de nitrógeno. Véase al respecto las publicaciones de la American Society for Testing and Materials (1964), Ghassemi y Christman (1968), Palmer (1959), Popovici y Gloria de Popovici (1966b), Raymont (1963) y Tiffany (1951).

Los integrantes de la flora de algas unicelulares en la laguna secundaria. En este tipo de laguna predominaron las células de *Gleocapsa,* seguidas por *Sphaerocystis.* En menor concentración estuvieron *Pascheriella* (en colonias), *Scenedesmus, Tetrastrum, Fragilaria, Coelastrum, Ceratoneis, Peridinium* y *Diceras.*

Los integrantes de la flora de algas unicelulares en la laguna terciaria. Pertenecieron principalmente a las clorofíceas y cianofíceas. En agosto fue más abundante una *Oscillatoria* (cianofícea), como puede apreciarse en la figura 3, mientras que en septiembre predominaron las clorofíceas, como se ve en los cuadros 4 y 5.

Los integrantes de las poblaciones de algas abundantes que presentan diferencias. La

FIGURA 3—Las cianofíceas ***Oscillatoria sp.*** fueron las más abundantes de la flora de algas unicelulares en la laguna terciaria.



distribución de las distintas poblaciones de algas planctónicas abundantes presenta importantes diferencias dentro de una misma laguna, como también de una laguna a otra. La laguna primaria estudiada fue un buen ejemplo de este caso, en la cual parte de las aguas tuvieron una tonalidad gris-parda y un aspecto de elevada turbiedad. El análisis de las muestras de agua tomadas en el área respectiva reveló abundantes células de *Palmellacoccus* y *Gleocystis* y de células menos abundantes de *Gleocapsa.*

Otra área, cerca de la salida, presentó una tonalidad verde-alfalfa, siendo poblada principalmente por *Chlorella* y *Euglena* (véase la figura 4) que habían alcanzado un predominio cuantitativo casi absoluto.

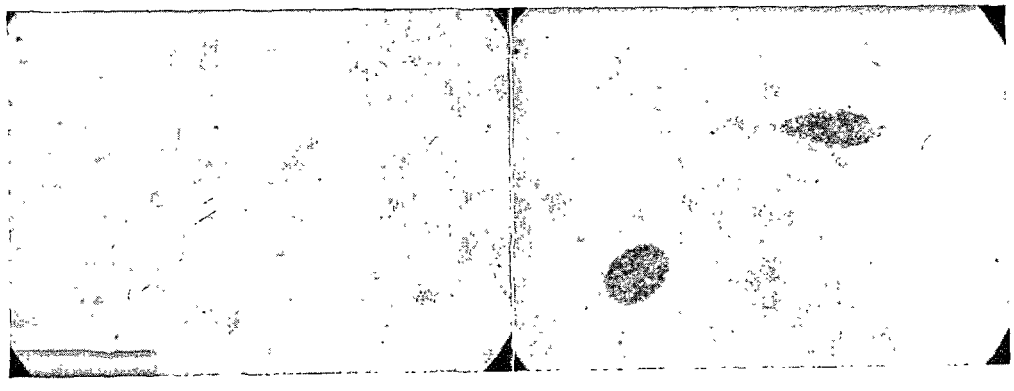
En estos casos las diferencias se reconocieron a simple vista, merced a los diferentes pigmentos que caracterizan las clases de algas. Para tener un mejor punto de comparación al respecto se ha considerado útil incluir el cuadro 6 de pigmentos, basado en el trabajo de Strain (1951).

Muchas diferencias son causadas por la presencia de cantidades desiguales de ciertos elementos minerales esenciales para la nutrición de las distintas especies de algas.

El problema de las algas nocivas. De las 17,400 especies de algas, pertenecientes a 1,500 géneros, algunas son nocivas principalmente durante "las floraciones". Estas se producen con mayor frecuencia en aguas estancadas (estanques, lagunas y lagos), caracterizadas por abastecimiento excesivo con sales nutritivas y otros elementos minerales esenciales para el crecimiento de las células vegetales. Las lagunas de saneamiento son cuerpos de agua con condiciones bióticas excepcionales para el desarrollo de tales floraciones. Su presencia se reconoce con cierta facilidad a través de la turbiedad que crean en el agua pero siempre será necesario controlarlas.

En la región de estas lagunas no fueron señaladas, hasta el presente, algas tóxicas, pero sí algas nocivas que producen olores desagradables al compartirse al aire. (Véase al respecto también Hustedt, 1949.) Los olores a heno estuvieron mezclados con los

FIGURA 4—***Chlorella pyrenoidosa*** y ***Euglena rubra*** cuya abundancia presentó una tonalidad verde-alfalfa en una laguna primaria estudiada.



CUADRO 6—Principales pigmentos de las diferentes clases de algas (según Strain, 1951).

Pigmentos	Cyano-phyceae	Chloro-phyceae	Eugleno-phyceae	Chryso-phyceae	Dino-phyceae
Clorofila					
-Clorofila a	+++	+++	+++	+++	+++
-Clorofila b	o	++	+	o	o
-Clorofila c	o	o	o	+	+
-Clorofila d	o	o	o	o	o
Carotenoides					
-Caroteno	. . .	o		o	o
-Caroteno	+++	+++	+++	+++	+++
-Caroteno	. .	o		+	
-Flavicin	+	o		o	.
Xantofilas					
Luteina	?	+++	?	o	o
Zeaxantina	?	+		o	o
Fucoxantina		o	o	++	o
Peridinina	. .	o	o	o	++
Myxoxantina	++	o	o	o	o
Ficocianina	+++	o	o	o	o

+++ pigmento principal en cada uno de los cuatro grupos de pigmentos.
++ pigmento comprendiendo menos de la mitad del total de pigmentos del grupo.
+ pigmento que comprende una pequeña fracción del total de pigmentos del grupo.
? pequeñas cantidades de un pigmento con identificación incierta.
o ausencia del pigmento.
. falta de conocimientos sobre presencia de pigmento.

de los gases que resultan de la descomposición del exceso de materia orgánica, pero aquellos fueron trasladados rápidamente por los vientos locales.

Discusión de los resultados preliminares

Las aguas municipales servidas, mezcladas con desagües industriales, llegan a la estación de saneamiento de San Juan, cargadas de sustancias orgánicas e inorgánicas, y a veces, también de sustancias tóxicas. Dado su elevado contenido de nitrógeno y fósforo, además de otros elementos minerales esenciales para el desarrollo de la vegetación, poseen un elevado potencial de producción. Es así como favorecen el crecimiento de hongos y de algas que se desarrollan en cantidades considerables y, a veces, en exceso. Este desarrollo es más lento en los canales donde el agua corre a gran velocidad, que en las lagunas donde hay cierto estancamiento de las aguas.

En general, las condiciones reinantes en las lagunas de sedimentación son favorables para el desarrollo de la vida, pero debe tenerse en cuenta que existe cierta selección de especies que se opera en cada tipo de laguna. La laguna primaria recibe la mayor cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas y es allí donde encontramos ciertas clorofíceas y *Euglenas* en abundancia, que son capaces de asimilar nutrimentos orgánicos siendo por lo tanto autótrofas y, al mismo tiempo, heterótrofas. Figuran entre ellas *Chlorella y Euglena.* Esta doble facultad les permite desarrollarse y multiplicarse rápidamente. En agosto de 1969 fueron tantas que dieron al agua su tonalidad verde-alfalfa. En relación con este problema, consúltese a Laporte, 1931; Leedale, 1967, Popovici, Z. y Popvici, G., 1966b, Scagel, 1966 y Wimpenny, 1966.

Las condiciones que existen en la laguna primaria se modifican continuamente por el efecto variable del tiempo, el acarreo de nuevas sustancias, el desarrollo de diferentes poblaciones de algas unicelulares y la aparición de numerosas aves que visitan el área, que transportan organismos desde otras regiones. Estas modificaciones del ambiente influyen en el desarrollo y composición de las poblaciones vegetales y animales, dado que todas son sensitivas a los cambios en la

calidad del agua, temperatura e iluminación y poseen diferente tolerancia hacia ellos (véase Klotes, 1966).

Las lagunas secundaria y terciaria son alimentadas por aguas que han permanecido durante días o semanas en la laguna primaria o secundaria, respectivamente. Estas tienen menor carga de partículas en suspensión y aportan numerosas algas unicelulares flotantes. Son más transparentes y favorables a la aparición de "floraciones" de algas planctónicas que prestan al agua la tonalidad de sus pigmentos. Ellas modifican, a su vez, la calidad del agua y naturaleza de los sedimentos. Las modificaciones del ambiente provocan, luego, cambios en la composición específica de las poblaciones existentes.

En todas las lagunas expuestas al sol, las algas planctónicas desarrollan una fotosíntesis muy activa, merced a la cual contribuyen a la purificación de las aguas (véase Trelles y Carrique, 1962).

Las condiciones prevalentes en estas lagunas pueden experimentar alteraciones a través de sustancias desfavorables al desarrollo de las algas unicelulares. Algunas de estas sustancias son producidas por ciertas algas que al mezclarse con el agua afectan su crecimiento e inhiben los eventuales organismos herbívoros de su ambiente. La ciudad contribuye con otras sustancias nocivas como la espuma de detergentes.

El aumento de la cantidad de detergentes en los desagües municipales e industriales de Lima durante la última década es un hecho que requiere atención particular. En efecto, los detergentes contienen exceso de fosfato que constituye una fuente de peligros para ríos, lagos y lagunas. Cabe recordar al respecto que investigaciones experimentales con detergentes han mostrado que estos son dañinos para el plancton, peces y organismos que les sirven de alimento. Además, afectan la descomposición de la celulosa en el agua y, a través de ella, todo el metabolismo del agua (Kohout, 1959 y Cahn, 1967).

En lo que respecta a la acción particular que ejerce cada población de algas unicelulares sobre las aguas de las distintas lagunas, nada puede decirse todavía con seguridad. Sólo puede admitirse, en el marco de esta discusión, que al multiplicarse excesivamente, ciertas algas transmiten al agua olores particulares (a pescado, por ejemplo) que pueden propagarse también al aire. (Véase Tiffany, 1951; Popovici, Z. y Popvici, G., 1966b.)

Queda por mencionar el caso de las plantas acuáticas del género *Lemna* que habían invadido progresivamente una de las lagunas terciarias de San Juan. Esta planta superficial resultó dañina al desarrollo de las algas, por cuanto obstruyó la penetración de los rayos solares y por lo tanto, se redujo la fotosíntesis. Por otro lado, se constituyó en un "substrato viviente", sobre el cual se acumularon larvas de insectos, caracoles (*Limnea* sp) con respiración aérea y algas espífitas.

Finalmente, cabe subrayar la capacidad elevada de producción de las aguas tratadas en las lagunas primaria y secundaria. Ello podría formar la base para cierta forma de acuicultura. Es conocido el caso de los peces *Tilapia* de crecimiento rápido, que se alimentan de algas planctónicas y fango con contenido de detrito vegetal. Sin embargo, su sobrevivencia en las lagunas terciarias dependerá de la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua durante todo el año. Por lo tanto, su introducción requiere estudios sobre el ambiente acuático y la biomasa de algas planctónicas durante un año, como mínimo.

Esta discusión de los resultados preliminares y problemas afines lejos de ser completa, abarcó sólo ciertos aspectos, pero se opina que estos podrían constituirse en temas que merecerán ser estudiados más detenidamente en un futuro próximo.

Consideraciones finales y conclusiones

Las lagunas de saneamiento de las aguas municipales servidas, situadas en la región de San Juan, al sur de Lima, son alimentadas

por aguas muy cargadas de materia orgánica y otras sustancias. La cantidad y la calidad de estas materias se modifica con frecuencia, constituyéndose en factores que ocasionan cambios en las condiciones ecológicas generales de las lagunas.

En tales aguas con carga excesiva de materia orgánica en distintos grados de desintegración, la vida se desarrolla en forma distinta de la que existe en cursos de agua y lagos naturales con agua limpia. Resulta evidente que existen relaciones estrechas entre la química del agua y el desarrollo de las distintas poblaciones de organismos y muy especialmente del fitoplancton.

El reconocimiento de la flora de algas unicelulares planctónicas en la época de transición de las condiciones de invierno a las de primavera permitió establecer que la vida planctónica es variada y que las poblaciones de plantas y animales presentan composición específica diferente en cada tipo de laguna y, también, en las distintas áreas de una misma laguna. El análisis de 19 muestras permitió determinar unos 38 géneros de algas unicelulares, quedando unas 12 especies por determinar. Ello demuestra que el ambiente de las aguas estancadas se constituye en un factor muy importante en el desarrollo de esta flora.

Otro hecho interesante, establecido en el curso del estudio, es que la laguna primaria tiene características polisaprobias, mientras que la laguna terciaria tiene características mesosaprobias. En uno y otro caso hay carga excesiva de nutrimentos vegetales disponibles que impulsa el desarrollo en masa de determinadas especies de algas unicelulares.

El color de los pigmentos de cada especie presente da al agua una tonalidad diferente de la del resto de la laguna y que se acentúa durante la "floración" excesiva de ciertas especies de algas unicelulares planctónicas.

En todas las lagunas se desarrollan intensos procesos de descomposición de la materia orgánica, pero estos alcanzan mayor importancia en las "lagunas primarias". Allí los procesos químicos son más intensos y más rápidos a medida que aumenta la temperatura del agua.

Es importante tener presente la forma en que sobrevienen los cambios en el ambiente físico. Pueden producirse cambios graduales y cambios bruscos. Los organismos acuáticos se adaptan más fácilmente cuando los cambios se desarrollan gradualmente. Sin embargo, los cambios bruscos crean nuevas circunstancias en el ambiente físico y en tales situaciones puede sobrevenir la destrucción de parte de la población de algas unicelulares y de los organismos del fondo.

El reemplazo de una población de algas unicelulares por otra se observó claramente en la época de transición del invierno a la primavera. La celeridad del crecimiento y multiplicación de las células vegetales en cierta área de una laguna dependen de las condiciones reinantes en el ambiente y de la acción de un conjunto de factores, entre los cuales pueden mencionarse: el alimento específico disponible, las sustancias estimulantes, el grado de estancamiento de las aguas, la estratificación térmica y su duración. La acción de estos y otros factores ambientales producen cambios en las poblaciones de algas flotantes, algunos de los cuales se observan a simple vista a través de modificaciones en la coloración del agua, mientras que otros pasan desapercibidos, lo que ocurre usualmente donde no se llevan a cabo estudios continuos.

En el caso particular de las lagunas de San Juan, con sus condiciones complejas y cambiantes, se ha dado comienzo al estudio con la determinación y dibujo de los géneros y especies de algas unicelulares más abundantes que formaban poblaciones densas en cada uno de los tres tipos de lagunas en agosto y septiembre de 1969 para disponer, en el futuro, de un punto de comparación y establecer los cambios que se operan durante la permanencia del agua en cada laguna.

Basados en este estudio se puede afirmar:

1) Que las lagunas de saneamiento *son cuerpos de agua fertilizados en exceso* por aguas municipales servidas y desagües industriales;

2) Que la calidad del agua experimenta cambios progresivos en sus aspectos físico, químico y biológico, siendo ellos más intensos y de mayor efecto en la laguna primaria, debido a la transición brusca de la etapa de flujo a través de canales a la de relativo estancamiento al entrar en este cuerpo de agua;

3) Que el mayor cambio se realiza por sedimentación de la sobrecarga de materia orgánica e inorgánica, merced a la cual se reduce el alto grado de turbiedad inicial del agua, elevándose el nivel del fondo y aumentando el monto de las sustancias coloidales en su superficie; a ellas se agregan, luego, sustancias gelatinosas de hongos y algas que cubren los espacios intersticiales en la arena, reduciendo las pérdidas de agua por filtración;

4) Que otros cambios importantes se producen como efecto de la evaporación en la superficie de cada laguna, acompañada del intercambio de gases con la atmósfera, siendo ambos procesos favorecidos en el área de San Juan por las brisas que soplan con regularidad, dada la proximidad del océano;

5) Que el proceso de autopurificación de las aguas en las lagunas es intensa, en el que también participan bacterias, hongos y, muy especialmente, algas unicelulares flotantes, pero no es completo;

6) Que la calidad del agua mejora progresivamente en las lagunas secundaria y terciaria, lo que favorece el desarrollo de la vegetación acuática, muy especialmente de ciertas algas unicelulares flotantes, algunas de las cuales consiguen reproducirse abundantemente, hasta modificar la tonalidad del agua durante las "floraciones";

7) Que las especies de algas unicelulares encontradas en cada tipo de laguna en mayor abundancia, en agosto y septiembre de 1969, no pueden servir todavía como "índices del grado de contaminación" de las aguas, por cuanto la breve duración de este estudio de reconocimiento general no permite conclusiones de esta índole, para lo cual se necesitan investigaciones experimentales;

8) Que las algas flotantes aprovechan fácilmente la elevada cantidad de sustancias nutritivas de las aguas, en cada etapa de su transformación en las distintas lagunas, alcanzando mayor heterogeneidad en la laguna terciaria con la llegada de la primavera. La presencia de unos 16 géneros de algas en septiembre y de representantes (*Lemna*) de la vegetación acuática superior en este tipo de laguna demuestra que la calidad biológica de sus aguas es muy superior a la de las aguas de los otros dos tipos de laguna;

9) Que se requiere establecer la calidad del agua después de cada día de permanencia en cada uno de los tres tipos de lagunas y determinar la duración de esta permanencia requerida, teniendo presente que de la calidad del agua al final del tratamiento dependerá la posibilidad de usarla para diversos propósitos.

Queda la tarea de llegar a la comprensión, cada vez mejor, de la ecología de las aguas servidas durante su paso por cada laguna de estabilización para obtener el uso más adecuado de este recurso acuífero y su enorme capacidad de producción. Ella se cumplirá una vez que la investigación esté organizada sobre una base de continuidad.

Resumen

El tratamiento de las enormes cantidades de aguas municipales servidas en los grandes centros poblados con el fin de hacerlas aptas para otros usos se impone cada vez más. Esta necesidad alcanza relieves excepcionales en regiones áridas y semiáridas, donde un derroche del líquido podrá alcanzar límites peligrosos para lograr la sobrevivencia.

La ciudad de Lima, situada en un área semiárida posee cerca de San Juan un conjunto de lagunas para la bioestabilización de parte de las aguas negras municipales. Estas aguas, expuestas a la decantación, aeración y acción de los rayos solares, del viento y de los agentes biológicos de purificación durante casi dos meses, pierden su carga excesiva de materia orgánica sólida y disuelta, reabasteciéndose de oxígeno al contacto con la atmósfera y por acción de la vegetación acuática. Entre tanto, el sol ejerce su acción germicida contra los agentes patógenos.

Actualmente, la vegetación está formada principalmente por algas unicelulares flotantes que aparecen como poblaciones heterogéneas con predominio de *Chlorella y Euglena rubra* en las lagunas primarias.

Las algas planctónicas de las lagunas secundaria y terciaria presentan sorprendente diversidad y abundancia e intervienen en varias fases del proceso de autopurificación de las aguas servidas durante su permanencia en las lagunas estabilizadoras. Al final del tratamiento, las aguas de las lagunas terciarias alcanzan un grado de purificación natural que, junto con su elevada capacidad de producción, permite su uso en la agricultura y forestación con ciertas limitaciones y, también, en la compactación de los residuos industriales sólidos.

La posibilidad del "reuso" de las aguas municipales servidas alcanza importancia excepcional en áreas áridas y semiáridas. De ahí la necesidad de intensificar urgentemente su estudio. □

Agradecimiento

Los autores agradecen a quienes en una u otra forma han brindado su valiosa ayuda para realizar este estudio y muy especialmente al Dr. Alberto Cuba Caparó, al Dr. Fortunato Blancas, Ing. Luis Malnati y al Sr. Gilbert M. Gigliotti, Director de la Oficina de Informaciones del "Federal Water Pollution Control Administration" de los Estados Unidos.

BIBLIOGRAFIA

Acleto, C. "Algas de agua dulce de las cascadas de Barranco. Serie B, Botánica No. 21. Publicaciones del Museo de Historia Natural "Javier Prado". Diciembre, 1966, Lima, Perú.

American Society for Testing and Materials. "Tentative test method for evaluating inhibitory toxicity of industrial waste waters". *ASTM Stand* 23: 517-525, 1964.

Cahn, R. D. "Detergents in membrane filters". *Science* 155: 195-196, 1967.

Creach, P. V. "Organic compounds in littoral sea water: solar oxidation in sea environment. *Séance Acad Sci* (Paris) 241: 437-439, 1955.

Chacón de Popovici, Gloria y Popovici Z. "Contribución al conocimiento de las algas unicelulares de las lagunas de San Juan". Informe presentado al Ministerio de Salud. 57 págs. 4 fotos, 27 figs. Lima, Perú, 1969.

Davis, Ch.C. The marine and fresh-water plankton. Michigan State University Press, 1955.

Desikachary, T. V. Cyanophyta. Botany Department University Madras. Published by Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 1959.

Ghassemi, M. y R. F. Christman. "Properties of the yellow organic acids of natural waters". *Limnol Oceanogr* 13: 583-597, 1968.

Giunti, C. E. Tavole di Botanica. Testi di J. M. Thomas. Domenech-Traduzione ed elaborazione dell'edizione italiana di S. Nesi e M. C. Pantaleo, 1967.

Hustedt, F. Exploratie va het National Albert Park. Zending H. Damas (1935-1936) Brussel, 1949.

Instituto Geográfico de Agostini, Novara. Enciclopedia Italiana delle Scienze Naturali. I Vegetali I. Italia, 1968.

Klotes, Elsie. *Freshwater life*. 1966.

Kohout, F. "Detergenzien, ein gewässerkundliches problem". *Dtsch Gewässerkundliche Mitteilungen* 3: 25-29, 1959.

Laporte, L. M. "Recherches sur la biologie et la systématique des Desmidiées". Encyclopédie Biologique IX, 1931.

Leedale, Gordon. Euglenoid flagellates. Department of Botany. University of Leeds. England, 1967.

Palmer, M. C. *Algas en abastecimientos de agua*. Manual ilustrado acerca de la identificación, importancia y control de las algas en los abastecimientos de agua. Editorial Interamericana S.A., 1959.

Popovici, Z. y Gloria Chacón de Popovici. Ensayo de oceanografía física. Parte I: La circulación oceánica general. Parte II: La circulación en el Océano Pacífico. Instituto del Mar, La Punta, Perú. 201 págs, 1966a.

El "Aguaje" en el Pacífico Peruano. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. En Memo-

ria del Primer Seminario Latinoamericano sobre el Océano Pacífico Oriental: 168-171. Lima, Perú, 1966b.

Raymont, J. *Plankton and productivity in the oceans.* Pergamon Press: Oxford, 1963.

Scagel, R. *Marine algae of British Columbia and Northern Washington. Part I: Chlorophyceae.* National Museum of Canada. Bull. 207. Biological Series No. 74. 257 págs., 1966.

Smith, G. M. *The fresh-water algae of the United States.* Nueva York: McGraw-Hill Book Company Inc., 1950.

Criptogamic botany. Vol. I. Algae and fungi, Kogakusha Company, Ltd. Tokio, 1955.

Tiffany, L. H. Ecology of freshwater algae. En Smith G., Manual of Phycology. Capítulo 15, pág. 294, 1951.

Trelles, R. A. y Carrique, C. S. "Los problemas de contaminación y auto-purificación de las aguas superficiales". *Saneamiento,* Revista de obras sanitarias de la Nación, julio- diciembre No. 191- Año XXVI pág. 153-165. Argentina, 1962.

U. S. Department of Health, Education, and Welfare. "Algae and metropolitan wastes". Transactions of the Seminar. Public Health Service, 1960.

Wipple, G. C. *Microscopy of drinking water.* Nueva York: John Wiley and Sons, 1933.

Wimpenny, R. S. *The plankton of the sea.* Londres: Faber and Faber, Limited, 1966.

Unicellular algae (*Summary*)

In large population centers the treatment of vast quantities of municipal sewage to render them suitable for other uses is becoming more and more important. This is particularly necessary in dry or semi-arid regions, where waste of water can be dangerous to survival.

Lima, which is situated in a semi-arid area, has in the area of San Juan, a series of ponds for the biostabilization of part of its municipal sewage. This sewage, which is exposed to decantation, aeration, and the action of sunlight, wind, and biological purification agents for almost two months, loses its excessive load of solid and particulate organic matter, and takes up oxygen on contact with the air and as a result of the action of aquatic vegetation. In the meantime, sunlight exerts a germicidal action on pathogenic agents.

At present, the vegetation primarily consists of unicellular algae, which appear as heterogeneous populations with a predominance of *Chlorella* and *Euglena rubra* in the primary pools.

The plankton algae in the secondary and tertiary pools are surprisingly diverse and abundant and are involved in several phases of the process of self-purification of sewage during its stay in the pools. When the treatment is completed, the water in the tertiary pools is as pure as natural water, which, together with its high production capacity, can, within limits be used in agriculture and forestry and also for compacting of solid industrial waste.

The possibility of reusing municipal sewage is exceedingly important in dry or semi-arid areas. It should therefore be further studied without delay.

Algas unicelulares (*Resumo*)

O tratamento das enormes quantidades de águas municipais servidas nos grandes centros povoados, com o fim de torná-las utilizáveis em outros fins, impõe-se cada vez mais. Essa necessidade assume proporções excepcionais em regiões áridas e semi-áridas, onde o desperdício de água pode alcançar limites perigosos para a sobrevivência.

A cidade de Lima, situada numa região semi-árida, possui, perto de San Juan, um conjunto de lagoas para a bioestabilização de parte das águas municipais servidas. Essas águas, submetidas a decantação, aeração e exposição ao sol, ao vento e aos agentes biológicos de purificação durante quase dois meses, perdem sua carga excessiva de matéria orgânica sólida e dissolvida, reabastecendo-se de oxigênio em contacto com a atmosfera e por ação da vegetação aquática. Entrementes, o sol exerce sua ação germicida contra os agentes patogênicos.

Atualmente, a vegetação está formada sobretudo por algas unicelulares flutuantes, que aparecem como populações heterogêneas com predomínio de *Chlorella* e *Euglena rubra,* nas duas lagoas primárias.

As algas planctônicas das lagoas secundárias e terciárias apresentam surpreendente diversidade e abundância e intervêm em várias fases do processo de autopurificação das águas servidas durante sua permanência nas lagoas estabilizadoras. No fim do tratamento, as águas das lagoas terciárias alcançam um grau

de purificação natural que, a par de sua elevada capacidade de produção, permite, com certas limitações, seu emprêgo na agricultura, na silvicultura e na compressão de resíduos industriais sólidos.

A possibilidade de utilizar novamente águas municipais servidas adquire importância excepcional em regiões áridas e semi-áridas. É portanto necessário intensificar urgentemente o estudo do assunto.

Algues unicellulaires (*Résumé*)

Le traitement des quantités énormes d'eaux municipales usées dans les grands centres de population dans le but de les rendre utilisables à d'autres fins s'impose de plus en plus. Cette nécessité revêt une importance exceptionnelle dans les régions arides et semi-arides où un gaspillage de liquide peut devenir dangereux pour la survivance.

La ville de Lima, qui est située dans une zone semi-aride, dispose près de San Juan d'un ensemble de bassins pour la biostabilisation d'une partie des eaux résiduaires municipales. Ces eaux, exposées à la décantation, à l'aération et l'action des rayons solaires, du vent et des agents biologiques d'épuration pendant près de deux mois, perdent leur charge excédentaire de matières organiques solides et dissoutes et absorbent de l'oxygène au contact de l'atmosphère et par l'action de la végétation aquatique. Entre-temps, le soleil exerce son action germicide sur les agents pathogènes.

En réalité, la végétation est composée principalment d'algues unicellulaires flottants qui se présentent sous forme de populations hétérogènes avec la prédominance de *Chlorella* et d'*Euglena rubra* dans les bassins primaires.

Les algues planctoniques des bassins secondaires et tertiaires présentent une diversité et abondance surprenantes et interviennent dans les différentes phases du processus d'autoépurement des eaux usées pendant leur séjour dans les bassins de stabilisation. A la fin du traitement, les eaux des lagunes tertiaires atteignent un degré d'épuration naturel qui, joint à leur capacité élevée de production, permet leur utilisation en agriculture et sylviculture avec certaines limitations et, en outre, dans le compression des résidus industriels solides. La possibilité de la "réutilisation" des eaux municipales usées revêt une importance exceptionnelle dans les zones arides et semi-arides. De là, la nécessité d'intensifier d'urgence son étude.

Encefalitis transmitida por artrópodos en los Estados Unidos

Los estudios rutinarios de los sueros enviados al Laboratorio del Estado de Wisconsin, de pacientes hospitalizados con antecedentes de fiebre y síntomas del sistema nervioso central, han revelado evidencia serológica de infección con el virus de encefalitis California (EC) en 27 personas hospitalizadas en Wisconsin hasta el 23 de septiembre de 1970. Veintiuno de estos casos eran residentes de zonas rurales y suburbanas del sudoeste de Wisconsin, cuatro procedieron del nordeste de Iowa y dos del sudeste de Minnesota. Las edades de los pacientes variaron de 16 meses a 14 años, y de estos 17 eran varones y 10 mujeres. Un paciente se hospitalizó a fines de junio, siete en julio, diez en agosto y nueve en septiembre. En el curso de las investigaciones realizadas por la Universidad de Wisconsin en los últimos años, se ha aislado el virus en mosquitos, especialmente el *Aedes triseriatus*, y se han encontrado anticuerpos en los sueros de algunas especies de ardillas capturadas en zonas boscosas. [*Informe Epidemiológico Semanal de la OPS* 42(42): 230, 1970.]