

COMPORTAMIENTO DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION EN CUBA

Ing. Enrique Caparó González¹

El tratamiento de los líquidos residuales de pequeñas comunidades e industrias en países en desarrollo es un problema que debe ser resuelto en forma económica, de fácil operación y resultados efectivos. Las lagunas de oxidación son una gran solución en muchas áreas en desarrollo, pero deberá seguirse investigando sobre las mismas a fin de conocer más sobre ellas, y alcanzar su óptima eficiencia.

Introducción

Las lagunas de estabilización son simplemente tanques de dimensiones específicas, diseñadas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas o industriales por un proceso bioquímico de purificación natural. Deben ser de forma regular, más bien rectangular, con esquinas redondeadas y, si se utiliza el proceso aeróbico, de profundidad no mayor de 1.20 m, para que puedan penetrar los rayos solares hasta el fondo, y nunca de menos de 1 m de profundidad para impedir que se produzca el crecimiento de malezas.

Uno de los factores que más favorecen las lagunas es la intensidad de luz solar que usan las algas con su clorofila para que tenga lugar la fotosíntesis y se produzca el oxígeno necesario para la depuración de las bacterias contenidas en las aguas residuales. Es una compleja simbiosis entre las bacterias y las algas: las primeras descomponen la materia orgánica, mientras que las últimas proveen el oxígeno suficiente para las bacterias. La eficiencia de la utilización del oxígeno por la bacteria es máxima, porque el oxígeno se usa en el momento en que se forma.

Las algas más comunes en las lagunas de estabilización son las *Chlorella* durante la máxima intensidad de oxidación, siguiéndole las *Scenedesmus* y *Chlamydomonas*.

El proceso de la vida del alga tiene una gran influencia sobre la biología y procesos químicos de la laguna; la alcalinidad y el contenido de mineral se reducen en la medida en que el proceso de fotosíntesis utilice el CO₂ libre o combinado; el contenido total de carbonatos decrece también como resultado de la fotosíntesis, siendo el pH muy elevado durante el día.

Los nutrientes contenidos en el medio influyen en el crecimiento de las algas, siendo los principales el carbón, el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el magnesio. Las especies de algas que tienen un proceso efectivo de fotosíntesis utilizan el nitrógeno; como los residuos domésticos son ricos en nitrógeno amoniacal, son adecuados para el crecimiento de las algas y, en condiciones de gran intensidad de luz y temperatura, todo el amoníaco del albañal aparece como proteína nitrogenada. Esto es de gran importancia, ya que la última demanda de oxígeno del agua residual es muy reducida si es pequeña la cantidad de amoníaco que van a oxidar los nitratos. El fósforo es adecuado para la concentración de grandes cantidades de algas; el magnesio es necesario para la formación de la clorofila, y el potasio es esencial en la constitución de las células de la savia. Uno de los constituyentes que puede afectar el proceso como factor limitado es el carbón, pero las algas pueden obtenerlo absorbiendo el CO₂ de la atmós-

¹ Funcionario del Ministerio de Salud Pública de Cuba.

fera, al no poderlo obtener de los carbonatos y bicarbonatos.

La producción de oxígeno por fotosíntesis depende de la energía lumínica y también del tipo de algas y del mejoramiento de la población de algas que puede hacerse con suplementos de carbón, nitrógeno, y CO_2 a través del agua residual. Las condiciones para el crecimiento de las algas dependen no solamente de la profundidad sino también de la superficie expuesta a los rayos solares. En la decisión sobre el área requerida, la principal consideración es la carga permisible, la cual puede expresarse en términos de la población tributaria o en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por área. Se puede concluir que no habrá limitación de crecimiento de las algas debido a la falta de nutrientes en las lagunas con aguas residuales domésticas.

Las lagunas de estabilización pueden construirse a la misma separación de las ciudades o núcleos de población, requerida en el caso de plantas de tratamiento convencionales y, a veces, pueden localizarse muy cerca de las residencias sin producir olores ni otros efectos desagradables.

Se debe esperar obtener en las lagunas una reducción del 80 al 90% de DBO y del 99% del conteo de *Escherichia coli*.

La descarga del agua de la laguna en una corriente no deberá causar ninguna molestia, al menos que las condiciones de la corriente receptora causen la muerte de las algas y reintroduzcan la demanda de oxígeno.

Las lagunas de estabilización requieren muy poco trabajo de operación, como supervisar que se mantenga la carga entre los límites estipulados así como la profundidad de diseño, evitando el crecimiento de plantas acuáticas y malezas en las márgenes y tomando las medidas necesarias para evitar el desarrollo de larvas de mosquitos y otros insectos.

Las lagunas de estabilización en Cuba

En Cuba, las lagunas de estabilización se han venido usando desde hace unos 15 años, habiendo sido estas diseñadas generalmente según fórmulas norteamericanas sin que hubiera habido hasta hace poco preocupación sobre el comportamiento de ellas ni sobre si las fórmulas usadas en sus diseños eran las más correctas de acuerdo con el clima y la situación geográfica del país.

En 1966 se inició el estudio del comportamiento de las lagunas en la provincia de La Habana, escogiéndose para ello la laguna de estabilización que recibe los residuos líquidos humanos de la textilera Alquitex en el término municipal de Alquizar; se hicieron también algunos análisis de las lagunas de oxidación que reciben los residuos industriales de la refinera de petróleo Hnos. Díaz, de Santiago de Cuba.

Durante 1967 se hicieron algunos análisis y observaciones de lagunas que se encuentran en la provincia de Oriente, en los términos municipales de San Luis y Guantánamo, lagunas que reciben residuos humanos solamente

En la provincia de Las Villas, el Ing. J. Varela ha venido realizando minuciosos estudios de varias lagunas de estabilización, habiendo obtenido muy buenos resultados. También en Las Villas, el Ing. Alberto Suárez ha presentado una tesis sobre el tratamiento de las aguas residuales usando lagunas de estabilización.

Laguna de estabilización facultativa de la Alquitex

La laguna de estabilización para residuos humanos que se encuentra en la fábrica de telas Alquitex, situada en Alquizar, provincia de La Habana, fue diseñada por el Vice-ministerio de Industrias para depurar los residuos humanos de 350 empleados que trabajan en la fábrica, en tres turnos diarios.

La instalación depuradora se compone de un tanque séptico, una estación de bombeo, la laguna y un pozo absorbente donde

se vierte el efluente de la laguna, pues no hay cañada ni río cercanos al lugar (figura 1). Está situada a 22°8' de latitud norte y a 82°8' de longitud oeste, al sur de la provincia de La Habana, en el municipio de Alquizar. La altura del lugar es de unos 50 m sobre el nivel del mar. El clima es tropical con temperaturas promedio de 26° C y 11:50 horas de luz solar como promedio diario en el año.

El tanque séptico fue diseñado con un tiempo de retención de 11:30 horas, basándose en un residual de 160 litros/obrero/8 horas que da un total de 46.6 m³. Tiene un volumen disponible de 66 m³.

La estación de bombeo consiste en dos bombas centrífugas de 618 litros por minuto.

La laguna ha sido proyectada de acuerdo con un tiempo de retención de 21 días, si se cuenta con 350 obreros en tres turnos, o sea, 1,050 obreros por día (1,050 × 160 × 21 = 3,528 m³); su profundidad se diseñó a 1.20 m.

Se tomaron muestras a 0.20 m de profundidad en los puntos siguientes: muestra 1, entrada de las aguas residuales al tanque séptico; muestra 2, entrada del agua residual a la laguna, después de haber estado 11:30 horas en el tanque séptico; muestra 3, salida de la laguna hacia el pozo absorbente; muestra 4, pozo absorbente donde se recibe el efluente de la laguna; y muestra 5, centro de la laguna.

Con las dos primeras muestras se comprobó el funcionamiento del tanque séptico.

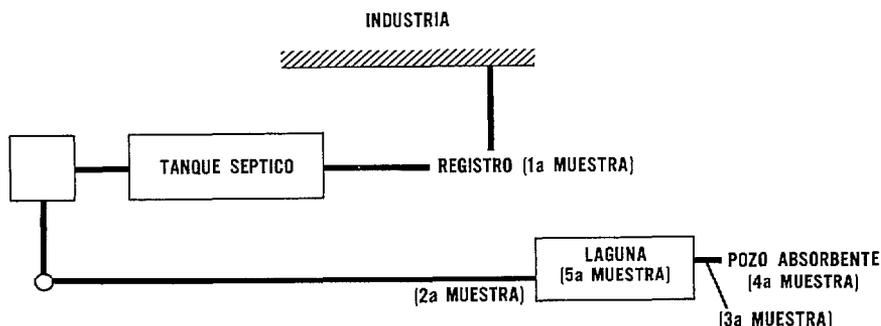
Con las tres siguientes, se verificó el tipo de algas, pudiéndose ver que la mayor cantidad de algas encontradas fueron *Scenedesmus*, *Oocytis* y *Chlorella*.

En lo que respecta a los parásitos, en la muestra 1 se encontraron amebas, algunos ciliados y larvas de nematodos; en las muestras 2 y 3 no se observaron parásitos. Se juzga de gran importancia el estudio de parásitos intestinales en las lagunas de estabilización, pues los efluentes de las lagunas pueden utilizarse en riesgos para la agricultura y, por lo tanto, hay que tener la seguridad de que no hay contaminación. Parece que hay disminución de los parásitos al pasar los residuos por el tanque séptico y la laguna.

Se encontró *E. coli* en la muestra 2, a la salida del tanque séptico y a la entrada en la laguna (11,000,000 de colonias), y en la muestra 3, a la salida de la laguna (230 colonias). Se nota una gran eficiencia en la reducción de *E. coli* al pasar el residuo por la laguna, lo que no se observa al pasar por el tanque séptico. Es de gran importancia seguir estudiando este tópico, pues las aguas efluentes tienen posible uso como riegos agrícolas y vertimientos en ríos que pueden servir, agua abajo, de fuentes de abastecimiento de acueductos. El Ing. Manuel Martínez Prieto¹ opina que la disminución de *E. coli* en las lagunas se debe a la acción

¹ Trabajo realizado en la Argentina y publicado en la *Revista del Colegio de Ingenieros Civiles de Cuba*, octubre de 1965.

FIGURA 1—Toma de muestras en una instalación depuradora de aguas residuales, Alquizar, La Habana, Cuba.



CUADRO 1—Materia sedimentable, materia en suspensión y residuos fijos y volátiles; laguna de estabilización de Alquitex, Alquízar, provincia de La Habana.

| Muestra | Fecha | Hora | Materia sedimentable (ml) | Materia en suspensión (mg/l) | Residuos B.F. (mg/l) | R.V. (mg/l) |
|---------|---------|-------|---------------------------|------------------------------|----------------------|-------------|
| 1 | 21/9/66 | 14:00 | 4.3 | 4.0 | — | — |
| 2 | " | 14:15 | 0.1 | 14 | 212 | 135 |
| 3 | " | 14:30 | 0.1 | 33 algas | 75 | 129 |
| 1 | 3/10/66 | 11:15 | 4.0 | 5.00 | — | — |
| 2 | " | 11:30 | 0.0 | 9.00 | — | — |
| 3 | " | 11:45 | 0.0 | 21.00 algas | — | — |

de los rayos ultravioletas del sol al penetrar el agua.

Como puede observarse en el cuadro 1, el agua residual que recibe la instalación depuradora es muy débil desde el punto de vista de la materia sedimentable y de los residuos, hecho observado siempre en las aguas residuales humanas, de industrias y de espectáculos públicos.

Se puede observar en el cuadro 2 que hay una sobresaturación de oxígeno en horas de la tarde y un alza del pH también en horas de la tarde, todo lo cual se debe al trabajo de las algas presentes en la masa líquida, lo que también se ha observado en otros países según informes como el aparecido en el trabajo antes mencionado en el cual el autor observa valores hasta de 28 ppm y más. El profesor G. Rich, de la Universidad Clemson, Carolina del Sur, en su libro *Unit Process of Sanitary Engineer-*

ing, presenta valores muy altos para el oxígeno disuelto encontrado en las aguas de las lagunas de estabilización. El Dr. I. A. Pasveer, en Holanda, también informa haber obtenido resultados muy altos en oxígeno disuelto debido a las algas.

Los valores muy altos que se observan para el pH en horas de la tarde puede deberse al proceso biológico de las algas al descomponer los carbonatos y bicarbonatos del agua residual en la laguna para obtener el CO₂ necesario, por lo que baja el pH durante la noche, cuando las algas no toman el CO₂. El pH tan alto puede ser una de las causas de la disminución de las colonias de *E. coli* en las lagunas y también la de parásitos, al estar el medio tan alcalino. Si el efluente de la laguna se piensa usar en regadíos, hay que tener en cuenta el alto pH, el cual puede perjudicar las cosechas, sobre todo de plantas cítricas.

CUADRO 2—Oxígeno disuelto, temperatura y pH; laguna de estabilización de Alquitex, Alquízar, provincia de La Habana.*

| Muestra | Fecha | Hora | Oxígeno disuelto (mg/l) | Temperatura (grados C) | pH |
|---------|---------|-------|-------------------------|------------------------|------|
| 1 | 9/9/66 | 10:30 | 0.00 | 27° | 7.2 |
| 2 | " | 10:45 | 0.00 | 27° | 7.4 |
| 3 | " | 11:00 | 8.00 | 29° | 10.5 |
| 1 | 14/9/66 | 8:00 | 0.00 | 28° | 7.3 |
| 2 | " | 8:15 | 0.90 | 28° | 7.3 |
| 3 | " | 8:30 | 9.00 | 30° | 10.2 |
| 1 | 21/9/66 | 14:00 | 0.00 | 27° | 7.2 |
| 2 | " | 14:15 | 0.00 | 27° | 7.6 |
| 3 | " | 14:30 | 26.00 | 31° | 10.9 |
| 4 | " | 14:45 | 26.00 | 31° | 10.9 |
| 1 | 3/10/66 | 11:15 | 0.00 | 29° | 7.2 |
| 2 | " | 11:30 | 0.00 | 28° | 7.4 |
| 3 | " | 11:45 | 26.10 | 29° | 10.5 |
| 4 | " | 12:00 | 8.4 | 30° | 9.8 |

* Todos los días fueron claros y con sol brillante.

Como se puede observar en el cuadro 3, la DBO del residual es muy débil (muestra 1). Después de tratado por el tanque séptico ha habido reducciones de un 50 por ciento. La determinación de la DBO en el efluente de la laguna (muestra 3) sufrió interferencias de las algas. Se hicieron algunas pruebas centrifugando o filtrando y se obtuvieron resultados de 8.4, 15.7 y 14.74 ppm de DBO, que es un efluente de gran calidad, pero la eficiencia de la laguna fue de sólo un 60% en la reducción de DBO; si se considera la instalación completa (tanque séptico y laguna) se alcanza una eficiencia de 80 por ciento. Todo ello se ha podido deber a la gran cantidad de algas que, al morir, aumenta la DBO.

La cantidad de Cl, como se ve en el cuadro 4, es la común de un residual medio; se puede observar que ha aumentado al mediodía, horas de más uso de los servicios en las industrias. El efluente de la laguna no contiene cantidades perjudiciales.

Se puede observar en el cuadro 5 que hay disminución en la alcalinidad, lo que se cree es debido a la actividad de las algas al tomar el CO₂ de los carbonatos y bicarbonatos, formándose Ca(OH)₂ que se precipita en la laguna, con lo que se disminuye la alcalinidad del efluente.

El efluente de la laguna, según se observa en el cuadro 6, es ligeramente duro.

Según se observa en el cuadro 7, hay dis-

CUADRO 3—Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) a 20 C°, en la laguna de estabilización de Alquítex, Alquizar, provincia de La Habana.

| Muestras | Fecha | Hora | PPM |
|----------|---------|-------|-------|
| 1 | 9/9/66 | 10:30 | 80 |
| 2 | " | 10:45 | 40 |
| 3 | " | 11:00 | 110 |
| 1 | 14/9/66 | 8:00 | 80 |
| 2 | " | 8:15 | 10 |
| 3 | " | 8:30 | 84 |
| 1 | 21/9/66 | 14:00 | 80 |
| 2 | " | 14:15 | 39.3 |
| 3 | " | 14:30 | 15.7 |
| 1 | 3/10/66 | 11:15 | 100 |
| 2 | " | 11:30 | 39.5 |
| 3 | " | 11:45 | 14.74 |

CUADRO 4—Cantidad de cloruros; laguna de estabilización de Alquítex, Alquizar, provincia de La Habana.

| Muestras | Fecha | Hora | mg/l |
|----------|---------|-------|-------|
| 1 | 9/9/66 | 10:30 | 61.82 |
| 2 | " | 10:45 | 59.14 |
| 3 | " | 11:00 | 53.76 |
| 1 | 14/9/66 | 8:00 | 56.45 |
| 2 | " | 8:15 | 48.38 |
| 3 | " | 8:30 | 53.76 |
| 2 | 21/9/66 | 14:15 | 46.23 |
| 3 | " | 14:30 | 46.23 |
| 4 | " | 14:45 | 45.16 |
| 1 | 3/10/66 | 11:15 | 61.80 |
| 2 | " | 11:30 | 60.00 |
| 3 | " | 11:45 | 56.14 |

CUADRO 5—Alcalinidad observada en la laguna de estabilización de Alquítex, Alquizar, provincia de La Habana.

| Muestras | Fecha | Hora | mg/l |
|----------|---------|-------|------|
| 1 | 3/10/66 | 11:15 | 334 |
| 2 | " | 11:30 | 278 |
| 3 | " | 11:45 | 164 |
| 4 | " | 12:00 | 132 |

CUADRO 6—Dureza total del agua; laguna de estabilización de Alquítex, Alquizar, provincia de La Habana.

| Muestras | Fecha | Hora | CaCO ₃ (mg/l) |
|----------|---------|-------|-----------------------------|
| 1 | 9/9/66 | 10:30 | 263.15 |
| 2 | " | 10:45 | 263.15 |
| 3 | " | 11:00 | 115.79 |
| 1 | 14/9/66 | 8:00 | 256.62 |
| 2 | " | 8:15 | 257.89 |
| 3 | " | 8:30 | 94.73 |
| 1 | 3/10/66 | 11:15 | 258.93 |
| 2 | " | 11:30 | 246.31 |
| 3 | " | 11:45 | 109.49 |

CUADRO 7—Proporción de calcio y de magnesio observada en la laguna de estabilización de Alquítex, Alquizar, provincia de La Habana.

| Muestras | Fecha | Hora | Calcio (mg/l) | Magnesio (mg/l) |
|----------|---------|-------|------------------|--------------------|
| 1 | 9/9/66 | 10:30 | 88.42 | 10.23 |
| 2 | " | 10:45 | 88.42 | 10.23 |
| 3 | " | 11:00 | 16.84 | 17.91 |
| 1 | 14/9/66 | 8:00 | 84.21 | 10.23 |
| 2 | " | 8:15 | 66.31 | 10.23 |
| 3 | " | 8:30 | 22.26 | 7.67 |
| 1 | 3/10/66 | 11:15 | 85.90 | 10.74 |
| 2 | " | 11:30 | 80.20 | 11.15 |
| 3 | " | 11:45 | 28.63 | 18.00 |

minución del Ca en el efluente de la laguna como consecuencia del proceso de las algas en la obtención de CO₂ de los carbonatos y bicarbonatos, que forman Ca(OH)₂ que se precipita en la laguna.

De acuerdo con el cuadro 8, los residuos son de un contenido mediano de NH₃; el efluente de la laguna tiene un bajo contenido del mismo.

Como se pudo observar en el cuadro 9 el efluente de la laguna alcanza la fase de nitritos pero no se llega a los nitratos, encontrándose solamente trazas; quizás el alto pH destruye las bacterias nitrificantes y ocurre como una regresión del proceso; al haber muchas algas, estas mueren y se produce materia orgánica en descomposición. También puede suceder que, al existir el tanque séptico, disminuye la cantidad de nutrientes que pasa a las bacterias, estas disminuyen y no se alcanza la fase de nitritos.

Como se ha podido observar, el efluente que sale de la laguna de estabilización es de una naturaleza tal que se puede verter bien en una pequeña cañada sin problema alguno; ahora bien, la laguna trabaja con baja eficiencia, por lo que quizás no es necesario en este caso el tanque séptico, ya que la laguna, para un residual tan débil, trabajaría mejor sin él; además, el tanque disminuye los nutrientes de las bacterias nitrificantes y las algas. Por otra parte, el tanque séptico mejora el aspecto de la laguna y, aunque hay autores que opinan sobre la posi-

CUADRO 9—Proporción de nitritos y nitratos; laguna de estabilización de Alquítex, Alquizar, provincia de La Habana.

| Muestras | Fecha | Nitritos (mg/l) | Nitratos (mg/l) | Hora |
|----------|---------|-----------------|-----------------|-------|
| 1 | 9/9/66 | 0.015 | | 10:30 |
| 2 | " | 0.028 | | 10:45 |
| 3 | " | 1.20 | | 11:45 |
| 1 | 14/9/66 | 0.002 | | 8:00 |
| 2 | " | 0.025 | | 8:15 |
| 3 | " | 0.50 | | 8:30 |
| 2 | 21/9/66 | 0.017 | 0.00 | 14:15 |
| 3 | " | 0.22 | 0.03 | 14:30 |
| 4 | " | 0.184 | 0.00 | 14:45 |
| 1 | 3/10/66 | 0.010 | | 11:15 |
| 2 | " | 0.276 | | 11:30 |
| 3 | " | 300 | | 11:45 |

bilidad de afluentes sépticos a la laguna procedente del tanque, en esta instalación no se observaron malos olores y, más bien, el tanque redujo la DBO en más de un 30% y a veces hasta 50 por ciento.

Se estima que se debe controlar la producción de algas y mantenerlas a un nivel necesario, pues el exceso de algas, al morir las mismas, puede elevar la DBO. La determinación de la DBO en las lagunas siempre sufre interferencias de las algas, que se trata de disminuir por filtración o por centrifugación. El Dr. Pasveer recomienda la determinación de la DQO junto con la DBO pues explica la necesidad de tener un conocimiento de la materia orgánica total descargada en el efluente.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de la CONACA, en La Habana, bajo la dirección del Dr. Franciso Zenetti y de la Dra. Mercedes Sedon.

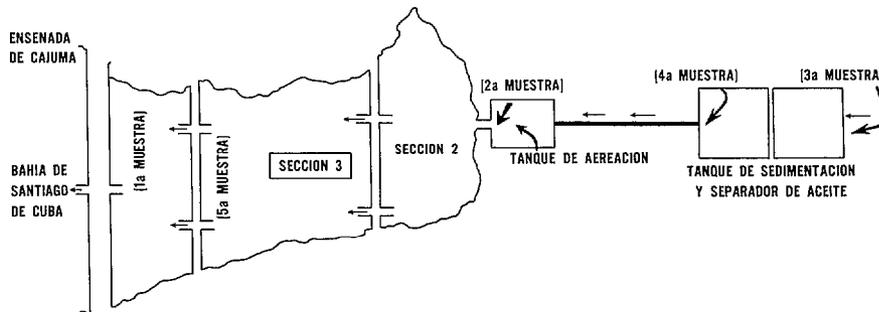
Laguna de oxidación de la refinería Hermanos Díaz

Los residuos líquidos industriales de la refinería Hnos. Díaz, situada en Santiago de Cuba, contienen una gran cantidad de hidrocarburos, grasas y aceites en suspensión en el agua, y son tratados por una instalación que se compone de un tanque de sedimentación con una trampa de grasas. Del tanque las aguas residuales pasan a un sistema de

CUADRO 8—Contenido de nitrógeno de amoníaco; laguna de estabilización de Alquítex, Alquizar, provincia de La Habana.

| Muestras | Fecha | Hora | mg/l |
|----------|---------|-------|-------|
| 1 | 9/9/66 | 10:30 | 34.00 |
| 2 | " | 10:45 | 28.00 |
| 3 | " | 11:00 | 2.00 |
| 1 | 14/9/66 | 8:00 | 20.00 |
| 2 | " | 8:15 | 16.00 |
| 3 | " | 8:30 | 1.40 |
| 2 | 21/9/66 | 14:15 | 20.00 |
| 3 | " | 14:30 | 4.25 |
| 1 | 3/10/66 | 11:15 | 50.00 |
| 2 | " | 11:30 | 25.00 |
| 3 | " | 11:45 | 2.60 |

FIGURA 2—Croquis del sistema de depuración de líquidos residuales de la refinería de petróleo "Hermanos Díaz", Santiago de Cuba.



lagunas de oxidación, que se compone de tres secciones: en la primera, el agua está sometida continuamente a un proceso aeróbico por medio de un compresor de aire; de aquí pasa el agua a dos lagunas naturales, que eran antiguas albúferas, que tienen comunicación con el mar, lugar donde termina el proceso de depuración de los residuos (figura 2).

Esta instalación fue proyectada y construida por la compañía constructora de la refinería Texaco en 1958. Dada la importancia estratégica de esta industria, no fue posible obtener algunos datos sobre el diseño, producción y caudal de los residuos actuales. Los resultados de los análisis realizados en agosto de 1966, de las muestras tomadas en diferentes puntos del sistema de depuración, se presentan en el cuadro 10. Por no contarse en Santiago de Cuba en ese momento con algunos equipos de laboratorio, no se pudieron realizar análisis de sólidos sedimentales y en suspensión y materias fijas y volátiles.

La instalación está situada en la costa

norte de la bahía de Santiago de Cuba, a $20^{\circ}2'8''$ de latitud norte y $75^{\circ}50'13''$ de longitud oeste, a unos 12 km de Santiago de Cuba y a 3 metros de altura sobre el nivel del mar. La temperatura promedio es de 26°C y el tiempo promedio de luz solar 11.5 horas.

Se tomaron a una profundidad de 50 cm las muestras siguientes: 1ª, a la salida hacia el mar, después de tratado el líquido residual en las lagunas; 2ª, a la entrada del sistema de lagunas (tanque de aereación); 3ª, a la entrada del tanque de sedimentación y separador de grasas; 4ª, a la salida del tanque de sedimentación; y 5ª, a la salida de la tercera sección de las lagunas.

Solamente se aprecia alrededor de un 77% de disminución de la DBO entre la entrada y la salida. Como se lee en la muestra 1, que está a la salida del sistema, y en la muestra 5, que está en el medio del sistema, hay una gran contaminación del agua del mar que penetra con las mareas altas. Si se pusiera a funcionar el soplador de la primera sección, mejoraría el trabajo en la depura-

CUADRO 10—Resultado del análisis realizado el 15 de agosto de 1966 en la laguna de oxidación de la refinería Hnos. Díaz, Santiago de Cuba.

| Muestras | Hora | Temperatura | OD (ppm) | DBO (ppm) | pH | Dureza (ppm) | Cloruros (ppm) | Calcio | Magnesio | Aceite pesado | Plomo | Hierro (ppm) | Cobre | Zinc |
|----------|-------|-------------|----------|-----------|-----|--------------|----------------|--------|----------|---------------|--------|--------------|-------|------|
| 1 | 15:25 | 34° | 6.10 | 54.70 | 8.5 | 6455.00 | 29575 | 444.66 | 1315.44 | Trazas | — | 0.06 | 0 | 0 |
| 2 | 14:40 | 39° | 0.20 | 193.8 | 8.3 | 1631.20 | 4175 | 229.16 | 257.16 | — | — | 0.09 | 0 | 0 |
| 3 | 14:10 | 40° | 0.00 | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| 4 | 14:26 | 38° | 0.10 | 123.26 | 8.0 | 1856.00 | 7200 | 249.16 | 299.14 | — | Trazas | 0.65 | — | 0 |
| 5 | 15:00 | 34.5° | 3.40 | 55.70 | 8.3 | 1443.60 | 3800 | 299.00 | 211.57 | — | — | 0.12 | 0 | 0 |

a No fue posible realizar por la cantidad de aceite o grasas que contiene la muestra.

ción de los residuos bastante contaminados de hidrocarburos, que las bacterias aeróbicas deben descomponer, ya que se encuentran trazas de aceites en la muestra 1.

Se encuentran algas *Scenedesmus* y *Sphaerocystis*. Estas algas ayudan al proceso de depuración liberando oxígeno durante el día que es utilizado por las bacterias aeróbicas que desdoblán la materia orgánica. Sería bueno estudiar la forma de incrementar las algas, aunque quizás al añadir los residuos humanos a la laguna aumente la población de algas, pues los residuos humanos contienen una serie de elementos (fósforo, potasio, nitrógeno, etc.) que sirven para el incremento de la savia de las algas, y para la alimentación de las mismas.

En general, se puede decir que el sistema está trabajando con poca eficiencia, quizás por la falta de O₂, aunque no se están produciendo contaminaciones peligrosas en las aguas de la bahía por el vertimiento de las aguas de la laguna en la misma.

Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio de la CONACA, en Santiago de Cuba, laboratorio que está bajo la dirección de la Dra. Dinorah Vázquez.

Laguna de estabilización del reparto López Peña

El reparto López Peña, situado en el municipio de San Luis, provincia de Oriente, fue construido después del ciclón "Flora" para las familias que perdieron sus casas al paso del ciclón.

El sistema de tratamiento de residuos líquidos fue proyectado por el INPROY en Santiago de Cuba y consiste en una pequeña

laguna de estabilización, de 50×20 m y de una profundidad de 0.90 m, que recibe los residuos domésticos de 60 casas con un total aproximado de 300 habitantes.

Los resultados aparecen en el cuadro 11.

Se puede observar en estos resultados que la laguna trabaja con gran eficiencia, pero que con tan pocos ensayos no se puede asegurar un funcionamiento satisfactorio.

El tener a la entrada una DBO de 115 ppm, y salir con sólo 11.5, indica su buen trabajo depurador; además, los nitritos tomados, 0.040 a la entrada y 0 a la salida, hacen pensar que se completa el ciclo del nitrógeno.

Laguna de estabilización de la granja "La Clemencia"

La granja "La Clemencia" está situada en el municipio de Yateras (Guantánamo). Los residuos domésticos de la granja se tratan en una laguna de estabilización, vertiéndose el efluente de la laguna en el río Guaso, que pasa por la granja. Está habitada por 560 personas. La situación geográfica es de 20°12'51" de latitud norte y 75°9'18" de longitud oeste, y a 150 m de altura sobre el nivel del mar.

Los residuos domésticos de la granja los recoge una colectora que los vierte en la laguna de estabilización. Esta tiene 134.84 m de largo, 67.42 m de ancho y 1.20 m de profundidad. Está toda construida de hormigón, tanto el fondo como los muros, lo que ha hecho que su costo sea elevado. La razón de esta forma de construcción es que el terreno donde está situada es muy permeable y resultaba demasiado costoso im-

CUADRO 11—Resultados obtenidos en las lagunas de estabilización en el reparto López Peña, San Luis, provincia de Oriente.

| Muestras | Hora | Temperatura | pH | OD | Sedimen- tación (ml/l) | DBO | NO ₂ | Alcalinidad |
|----------|-------|-------------|----|-----|------------------------------|--------|-----------------|-------------|
| 1 | 10:30 | 25° | 8 | 0 | 27 | 115.66 | 0.04 | 490 |
| 2 | 11:30 | 25° | 8 | 7.2 | 6 | 11.5 | 0 | 262 |

CUADRO 12—Resultados de la toma de muestras en la laguna de estabilización de la granja "La Clemencia", Yateras, provincia de Oriente.

| Muestras | Fecha | Hora | Temperatura | Tiempo | pH | OD | DBO | CO ₂ | Alcalinidad |
|----------|----------|-------|-------------|---------------|------|------|--------|-----------------|-------------|
| 1-A | 27/10/67 | 16:00 | 25° | Nublado | 7 | 0 | 337.29 | 118 | 196 |
| 1-A | " | 16:10 | 25° | " | 7 | 0 | — | — | — |
| 2-A | " | 15:30 | 28° | " | 8 | 8 | 28.04 | — | 149 |
| 2-B | " | 13:40 | 29° | " | 10.5 | — | — | — | — |
| 1-A | 8/1/68 | 15:00 | 25° | Sol brillante | 7 | 0 | 100.00 | — | — |
| 1-A | " | 15:00 | 25° | " | 7 | 0 | — | — | — |
| 2-A | " | 14:45 | 26° | " | 9.5 | 14.8 | 26.00 | — | — |
| 2-A | " | 14:45 | 26° | " | 9.5 | 14.8 | — | — | — |

permeabilizarlo, por causa del tiro de materiales y mano de obra.

Se tomaron las muestras siguientes: 1ª, en el registro a la entrada de la laguna; y 2ª, a la salida de la laguna. Se tomaron a 50 y a 60 cm de profundidad. Los resultados obtenidos aparecen en el cuadro 12.

Laguna de estabilización de la escuela "Carlos Manuel de Céspedes"

La Escuela de Estudios Agropecuarios "Carlos Manuel de Céspedes" está situada en el municipio de Guantánamo. En la escuela estudian 600 alumnos, con un total de 1,000 personas entre personal técnico, alumnos y empleados. Los residuos domésticos de la misma son tratados por un sistema compuesto de un tanque séptico y una laguna de estabilización. El tanque séptico está calculado para un tiempo de retención de 12 horas. La laguna tiene 110 m de largo, 62 m de ancho y 0.90 m de profundidad.

La situación geográfica del sistema es de 20°8'33" de latitud norte y 75°15'57" de longitud oeste. La altura sobre el nivel del

mar es de 50 m y la temperatura media de 26°C. La luz solar diaria promedio es de 11.5 horas.

Las muestras que se tomaron son: 1ª, antes del tanque séptico; 2ª, a la entrada de la laguna; y 3ª, a la salida de la laguna. Todas las muestras se tomaron a 50 cm de profundidad. Los resultados se presentan en el cuadro 13.

Resumen

Las lagunas de oxidación no son más que estanques de dimensiones específicas en las que se produce un proceso bioquímico de depuración de las aguas residuales como resultado de una compleja simbiosis entre las bacterias y las algas.

En Cuba se ha venido usando las lagunas de estabilización desde hace unos 15 años para aguas residuales domésticas de pequeñas comunidades, y se iniciaron, en 1966, investigaciones sobre el comportamiento de estas con fines de su operación y para tratar de mejorar los diseños de las nuevas que se construyan.

En este informe se presentan los resulta-

CUADRO 13—Resultado de la toma de muestras en la laguna de estabilización de la escuela "Carlos Manuel de Céspedes", Guantánamo, provincia de Oriente.

| Muestras | Fecha | Hora | Temperatura | Tiempo | pH | OD | DBO | CO ₂ | Alcalinidad |
|----------|----------|-------|-------------|---------------|-----|------|--------|-----------------|-------------|
| 1 | 26/10/66 | 9:30 | 25° | Sol brillante | 7 | 0 | 100.00 | — | 280 |
| 2 | " | 9:45 | 30° | " | 8 | 0 | 68.45 | 32.5 | 256 |
| 3 | " | 10:00 | 28° | " | 9.5 | 5.32 | 16.67 | — | 112 |
| 1 | 8/1/68 | 10:00 | 25° | Nublado | 7 | 0 | 120.00 | — | — |
| 2 | " | 10:20 | 25° | " | 8 | 0 | — | — | — |
| 3 | " | 10:45 | 23° | " | 9 | 13.2 | 20.00 | — | — |

dos de los análisis obtenidos en cinco instalaciones de lagunas de oxidación en dos provincias de Cuba, cuatro de ellas depuran aguas residuales domésticas y una recibe los líquidos residuales de una refinería de petróleo.

En todas las instalaciones se alcanzó una gran disminución de la DBO, obteniéndose en algunas instalaciones, hasta el 95% de disminución, y en las lagunas que depuran aguas residuales domésticas se obtuvo una disminución de un 98% de colonias de *E. coli*.

Se observó que un tratamiento primario de aguas residuales (tanque séptico), antes de verterlos en la laguna, no mejora la eficiencia de la misma, aunque sí hay un mejoramiento estético, sin molestias de malos olores.

Se concluye que el effluente de una laguna que depura aguas residuales domésticas es de tal naturaleza que se puede verter en una pequeña cañada sin problema alguno y se recomiendan las lagunas de oxidación para la depuración de aguas residuales domésticas en pequeñas comunidades. □

Performance of oxidation ponds in Cuba (Summary)

Oxidation ponds are simply tanks of specific dimensions in which a biochemical process of sewage purification takes place as the result of a complex symbiosis of bacteria and algae.

Stabilization ponds have been in use in Cuba for about 15 years to deal with household sewage in small communities, and in 1966 research was begun on their performance for operational purposes and with a view to improving the design of any new ponds constructed.

This report contains the analysis results obtained in five oxidation ponds installed in two provinces of Cuba. Four of these are for purifying household sewage, while in the fifth the waste from a petroleum refinery is treated.

In all the plants there was a marked reduc-

tion of BOD, amounting in some to as much as 95 per cent, while in the ponds where household sewage is purified the colonies of *E. coli* decreased by 98 per cent.

It was noted that the efficiency of the pond was not improved when the sewage was first subjected to primary (septic tank) treatment, although from the aesthetic standpoint there was an improvement in that disagreeable odors were eliminated.

The conclusion reached was that the effluent of a stabilization pond for household sewage is of such a nature that it can be channelled off into a small stream with impunity, and the use of oxidation ponds is recommended for the purification of household sewage in small communities.

Relatório sobre comportamento de lagoas de oxidação em Cuba (Resumo)

As lagoas de oxidação nada mais são que represas de dimensões específicas em que se produz um processo bioquímico de depuração das águas residuais como resultado de uma complexa simbiose entre as bactérias e as algas.

Em Cuba, têm-se empregado as lagoas de estabilização há já uns 15 anos para os resíduos domésticos de pequenas comunidades e em 1966 foram iniciadas investigações sobre o comportamento das mesmas com o fim operacional e para procurar melhorar os desenhos das que venham a ser construídas.

Neste relatório, apresentam-se os resultados das análises obtidas em cinco instalações de lagoas de oxidação em duas províncias de Cuba, quatro das quais depuram águas resi-

duais domésticas e uma recebe os resíduos de uma refineria de petróleo.

Em tôdas as instalações, obteve-se uma grande diminuição da D.B.O., alcançando-se em algumas até 95% de diminuição da D.B.O. e nas lagoas que depuram águas residuais domésticas logrou-se uma diminuição de 98% de colônias de *E. coli*.

Observou-se que um tratamento primário dos resíduos (tanque séptico), antes de vertê-los na lagoa não melhora a eficiência da mesma, embora se obtenha uma melhoria estética, representada pela eliminação do mau cheiro.

Conclui-se que o effluente de uma lagoa que depura águas residuais domésticas é de na-

tureza tal que pode ser vertido num riacho sem problema algum e recomendam-se as lagoas de

oxidação para a depuração dos resíduos domésticos em pequenas comunidades.

Rapport sur le comportement des bassins d'oxydation à Cuba (Résumé)

Les bassins d'oxydation ne sont que de simples étangs de dimensions spécifiques où se déroule un processus biochimique d'épuration des eaux résiduaires par suite d'une symbiose complexe entre les bactéries et les algues.

A Cuba, on utilise les bassins de stabilisation depuis quelque 15 ans pour les eaux résiduaires domestiques de petites communautés; en 1966, on a entrepris une enquête sur le comportement de ces bassins à des fins d'exploitation et pour essayer de perfectionner les plans des nouveaux bassins dont la construction est envisagée.

Le rapport présente les résultats de l'analyse effectuée à cinq installations de bassins d'oxydation dans deux provinces de Cuba dont quatre épurent les eaux usées domestiques et dont

une reçoit les eaux résiduaires d'une raffinerie de pétrole.

Dans toutes les installations on est parvenu à une diminution de 98% des colonies de *E. coli*.

Il a été constaté qu'un traitement primaire des eaux résiduaires (fosse septique), avant de les déverser dans le bassin, n'améliore pas son efficacité bien qu'il y ait une amélioration esthétique sans l'inconvénient des mauvaises odeurs.

Le rapport conclut que l'effluent d'un bassin qui épure les eaux résiduaires domestiques est de telle nature qu'il peut être déversé dans un petit cours d'eau sans aucune difficulté et recommande les bassins d'oxydation pour l'épuration des eaux résiduaires domestiques dans les petites communautés.

ENCEFALITIS TRANSMITIDA POR ARTRÓPODOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

En Florida se realizó un programa intensificado de vigilancia de arbovirus, entre junio y octubre de 1970. Durante este período los laboratorios estatales de diagnóstico vírico examinaron sueros u otras muestras obtenidas de 20 casos de encefalitis y de 31 de meningitis aséptica notificados por hospitales, y de otros 805 casos posiblemente debidos a infección del sistema nervioso central. Dos casos se confirmaron como debidos al virus de Encefalomiélitis Equina del Este (EEE). Se examinaron 3,368 sueros de gallinas específicamente destinados al examen del virus de varias partes del estado, encontrándose en sólo uno de ellos evidencia dudosa de infección por el virus de Encefalitis San Luis (ESL). Entre los sueros de 3,820 aves capturadas con redes y 297 mamíferos capturados con trampas, los de seis aves y un mamífero resultaron positivos de ESL y los de cuatro mamíferos positivos de EEE. En las pruebas serológicas de 418 sueros de caballos, 60 resultaron positivos de EEE. [*Informe Epidemiológico Semanal de la OPS* 42(46): 254, 1970.]