

CEER-E-009

CEER

Report #9

PATILLAS

?CARRAIZO

DOS BOCAS

GUAJATACA

ESTUDIO DE PRODUCCION Y DISTRIBUCION

VERTICAL DE OXIGENO EN CUATRO LAGOS

DE PUERTO RICO, 1978

Por

Juan B. Rivera Martinez

enero 1979

be

fue

Bye

%

CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH

nasa

fea got 2

---Page Break---

CEER

Report #9

PATILLAS

CARRATZO

DOS BOCAS

GUAJATACA

ESTUDIO DE PRODUCCION Y DISTRIBUCION

VERTICAL DE OXIGENO EN CUATRO LAGOS

DE PUERTO RICO, 1978

Por

Juan B. Rivera Martinez

enero 1979

---Page Break---

Foreword

This report is the result of a summer program for Student Research Participants in cooperation with the Oak Ridge Associated Universities. The student, Mr. Juan B. Rivera Martinez was enrolled during the academic year at the University of Puerto Rico in Mayaguez, and worked on this research project under supervision of Dr, William R. Jobin of the Human Ecology Division at the Center for Energy and Environment Research. This summer project was integrated with a 3 year study on "The Health Impact of Hydroelectric Reservoirs in the Tropics" and was partially funded under Contract #Y-76-C-05-1833 with the U.S. Department of Energy.

---Page Break---

ABSTRACT

This research was based on the production and vertical distribution of oxygen in four lakes in Puerto Rico. We selected these four lakes because they are examples of the most common lakes on the island. A study of oxygen is important to understand the water quality and to determine suitability of the lake for fish life. This report included

a study of oxygen production in Lake Patillas, a very stable system with an oxygen concentration at approximately saturation Level (oxygen in first meter = 7.2 ppm at 28.2°C while the saturation concentration level is 7.9 at this temperature),

and a net productivity of 0.0 mg/L. Also the research included

a study of the vertical d

tribution of oxygen in Lake Carraizo

(one with severe eutrophication problems), Lago Guajataca (a very clean lake with a secchi disk measurement of 2.16 m) and Lake Dos Bocas, a normal lake with oxygen concentration of 7.0 Ppm (mg/L at 30°C saturation level = 7.6 ppm). According to the results of this investigation Lake Guajataca is in the

best condition while Lake Carraizo is severely eutrophied.

---Page Break---

---Page Break---

4

INTRODUCCION

Los lagos usualmente son mas profundos que otros cuerpos interiores de aguas.. Poseen ciertas características de temperatura y oxígeno. Reciben, almacenan, transforman, utilizan y disuelven al ambiente energía en el flujo continuo. De esto depende la vida total dentro del sistema mismo.

Los lagos que tienen conexión con otros cuerpos de agua

se aman ecosistemas abiertos, 10 mismo que los ríos. a boca de salida es un río o como en el caso del Lago Patillos un canal.

El agua de un lago de agua dulce se deriva de la lluvia, agua subterránea o agua fluvial. La composición de un lago dependerá mucho de la composición de las rocas sobre o a través de las

cual

el agua ha pasado y la caracter{sticad del terreno circundantes, pues con este intercambiara materia y energia.

Bl lago Patillas es un Ingo artificia} construido en 1914 cerca del pueblo de Patillas, 48.9 Km al sur de San Juan. zs usado básicanente para irrigacion y un tanto tiene un drea superficial de aproximadamente 134.41 hectdreas y un volumen de 162.2

x 106 w3,2

Sus mayores tributarios son el rfo Patilles al noroeste y ei Marfa al noreste de dicho lago. sta alimentado por un

Prouedio de precipitacion 127.3 om sobre un area de 65.27 Kn?.

Thro Hite Sport Fisheries Research and Survey
Relationship Between the Population Dynamics and
Environmental Water Guality of four Pleneries in
Puerto Rico July 1, 1973-June 30, 1976 pag. 66

---Page Break---

LAGO DE PATILLAS

---Page Break---

6

Este lago está rodeado por una amplia vegetación en constante intercambio de biomasa con sus aguas que a su vez están en constante cambio de nivel. En muchas áreas se ven árboles sumergidos y pedazos de madera flotando. Este tipo de intercambio de biomasa requerirá una mayor cantidad de oxígeno para el proceso de descomposición bacteriana y para la respiración de algunos animales que se alimentan de esta materia en des-

composición.

Este estudio es hecho con especial interés en la producción

de O₂ por tiempo (mayormente por fotosíntesis y consumido por respiración), involucrando un estudio de la distribución vertical de oxígeno en agua dulce, Estos 2 tipos de estudios químicos son importantes; primero, porque la cantidad de oxígeno producida por fotosíntesis va a tener influencias en las especies de animales que habitarán estas aguas, segundo, como antes mencionamos la descomposición orgánica afectará la cantidad de oxígeno, pues a mayor descomposición mayor utilizarán

de oxígeno por descomponedores, Este estudio, de distribución vertical de oxígeno fue acompañado por un estudio de temperatura según aumenta la profundidad, por la razón que la descomposición está afectada por un cambio en temperatura (a menor temperatura menor descomposición). Vemos así la temperatura como un efecto energético-ambiental influyente en un ecosistema como lo es en un lago.

??? Esto se debe a que el suministro de energía térmica es menor

Y este proceso biológico requiere energía para continuar con el proceso.

---Page Break---

7

LAGO DE PATILLAS

POSICION DE ESTACIONES

(49 ¥ 20 DE JULIO, 1978)

+ Qutwnaes

\

nna,

TTT '

??____,

ken ,

---Page Break---

Método @ Instrumentos

Para el estudio de distribucich vertical de oxígeno y tem

peratura se uso un medidor de oxígeno disuelto Yellow Springs

Instruments modelo \$1 3, Hote instrumento se usa para medir oxígeno disuelto en agua limpia y también en aguas de abfafa a ser tratadas (se puede usar en otros 1fquides), Bet calibrado para leerse 1a cantidad de oxígeno disuelto en partes por millón (Ppm) en una escala de 0-15Ppm. La temperatura se lee en grados centígrados (°C).

El aparato consiste de un detector cubierto por una membrana semipermeable al oxígeno y otros gases, que lo aísla del elemento que está en el ambiente a ser medido, Cuando se aplica un voltaje polarizante a través del detector, el oxígeno que ha pasado reacciona en el cátodo causando un flujo de corriente. Este es detectado en un potenciómetro en Ppm, pues a mayor presión parcial de oxígeno sobre la membrana mayor será el flujo de oxígeno a través de la membrana, (Ley de difusión de gases a través de una membrana).

Con el método de las botellas blancas y negras (donde se sumergen dos pares de cada una y otra de la muestra inicial de agua) se determina la concentración original de oxígeno en dicha profundidad. Luego

se fija con reactivo de modo que pueda averiguarse la

las botellas se sumergirán a la misma profundidad de donde fueron extraídas inicialmente. Al final de un período de 24 horas se sacan las parejas de botellas y se determina la concentración de oxígeno.

---Page Break---

LABORATORIO RODANTE PARA LOS ESTUDIOS DE LOS LAGOS.

---Page Break---

10

B1 método de i

el procedimiento que usamos para la medición de oxígeno en el agua. Comprende la fijación con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ y Yoduro alcalino que libera yodo elemental en proporción $\text{Ge}_{\text{oxígeno}} \cdot \#1$ yodo es titulado con tiosulfato de sodio a una concentración @librade para apreciar miligramos de oxígeno por litro lo cual es equivalente a partes por millón (Ppm)

Resultados

Usando el medidor de oxígeno disuelto de profundidad se pu-

Se obtuvieron datos que fueron tomados en 4 puntos estratégicos en el lago, Estos están ilustrados en el Mapa 1 con las lecturas de 4-D, Se tomaron las muestras en las entradas de los tributarios, pues el movimiento de las aguas en estos contribuye a la oxigenación artificial, y al cambio de temperatura de las aguas de la superficie con la de la profundidad. Los datos tomados (verificarse en el apéndice 2 página 1-6) son de las cuatro estaciones en 2 años diferentes para así tener más seguridad de los datos adquiridos. Luego estos fueron puestos en gráficas (apéndice 1 página 1-6) para ser comparados con estudios anteriores.

Los datos tomados con el estudio muestran que las entradas de los ríos tributarios son poco profundas y que el sol llega hasta una profundidad bastante considerable, si lo comparamos con la profundidad total. Este dato es de importancia, pues en la entrada de los ríos puede ocurrir fotosíntesis hasta el fondo. Un caso de la prueba de luz tomado con el disco de Secchi el día 11 de julio 1978 fue igual a la medida de fondo (esto indica que el sol entra hasta el fondo y que hasta allí puede ocurrir fotosíntesis).

Geología Odum (tercera edición) pág. 14

---Page Break---

un

La relación inversa entre sitios de poca profundidad y pre-

sencia parcial de oxígeno alta se pudo notar con mucha claridad,

Pues el nivel de oxígeno fluctuó entre 6 y 7 Ppm en las esta-

ciones Ay D. En las dos estaciones Cy 3, localizados en los

sitios más profundos del lago, 1a zona del dique y las compu-

ertas (profundidad en el dique 9.6 m en promedio y en las com-

puertas 13.25m) la cantidad de oxígeno disuelto tuvo una ca-

da al pasar la zona de 4 a 6 metros de profundidad y como apro-

ximadamente 0 Ppm en 1a zona de fondo, lo que nos ayuda a entender que en

esta profundidad hay una utilización del oxígeno que es casi com-

pleta (refiérase a las tablas de la estación 3 y C página 4-7

apéndice 1)

El estudio de las botellas negras y blancas dio como resul-

tado una producción de oxígeno baja: también por estudios no

publicados, la cantidad de fosfato y nitratos de estas aguas no

son muy apreciables. Lo obtenido nos indica que por su escasa

contaminación la cantidad de oxígeno necesaria disminuye con la

cantidad de algas y plantas acuáticas que aumentan con un au-

mento en la cantidad de nutrientes disponibles. Estas produ-

cen mayor cantidad de oxígeno por fotosíntesis. Esto es

afirmado por los resultados de una producción neta de oxígeno de cero indicando que el consumo de oxígeno y la producción son aproximadamente iguales dando la apariencia de balance entre

productores y consumidores

Estos resultados están demostrados en el estudio por el Departamento de Recursos Naturales (junio 73-julio 76) subtitulado por Jose B. Rivera Gonzalez

---Page Break---

12

5 Health Impacts of Hydro Electric Reservoirs in Puerto Rico

by Dr. Bill Jobin, Dr. Brown, R, Mercado, Sr. Quixones

. Nota 5. Estos estudios revelaron que la cantidad de

fosfato era menor que 0.02 mg y la de nitratos

amftrilos fluctúa entre 0.0 y .06 mg/L

Reficrase a le tabla 2.

---Page Break---

13

BAGO CARRATZO (LOTZA)

Otra importante reserva de agua incluida en este estudio fue

la del Lago Carraizo construido en 1954 en el pueblo de Trujillo
Ato 17.7-Kna al our de San Juan, Zeta reserva os usada para
propdeitos dondaticos mayornente, suple ai drea metropolitana de
agua, Bote Lago ha sufrido por un tiespo problemas de eutrofi-+
cacion cultural y un estudio de 1a distribucidn vertical de oxf-
geno eo 46 vital importancia para conocer en que condicién se

encuentra en la actualidad

Datos

Bete lego tiene un area superficial de 392.0 hectdreas.

os mayores tributarios de este son el Rio Loisa, Rio Caifas,

Rfo Caguites y el Rfo Gurabo y este rodeado por un drea de
dzenaje de 533,54 Kn® y un promedio de precipitación de 153.0

ems por aflo. Este lago es de gran vegetacion costera aue esta-
ref en intercambio constante de materia y energfa con sus aguas.

Abundan plantas acudticas flotantes, entre ellas los Jacintos

de agua (Eichornia crassiper) indice de gran cantidad de nutrien-
tes en estas aguas.

Los resultados tomados con el medidor de oxigeno aicuelto
mestran que 1a superficie de este lago 1a cantidad de ox{geno
es my baja para le supervivencia de ciertas especies de peces
que requieren una cantidad mayor de 3.0 Ppm de O₂ disuelto (5.0
mg/l).-mientras que en estas aguas hay un promedio de 4.03 mg/l
ae oxfgeno disuelto en el primer metro donde mas se supone halla;

bajo estas condiciones solo podran sobrevivir algunas especies
que por seleceidn natural han conguistado 1a supremacfa en aguas

contaminades entre ellas estan Tilapia (Sarotherodon 2)

---Page Break---

LAGO CARRAIZO (LAGO LOTZA)

---Page Break---

1s

mossambica que en este lago es una de las especies mas abundan-

tes (85% de la poblacion total para el año 1975).

9 21 metro superior tuvo un promedio de oxígeno, disuelto de 377Ppm (en el primer metro la producción de oxígeno debe ser de las menores en un lago de este tipo

10 Relationship Between the Population Dynamics and Environmental Water Quality of Four Fisheries in Puerto Rico.

21 Idem,

---Page Break---

16

POSICION DE ESTACIONES

LAGO_CARRAIZO .

3 DE AGOSTO DE 1978 ?

---Page Break---

iv

La relación a que se debe una relación entre el oxígeno disuelto y eutroficación es que se necesita, en el caso del Lago Carraizo, un alto contenido de O_2 disuelto para la oxidación de materia orgánica u fosfatos y nitratos que están en gran cantidad. En la estación A localizada cerca de la desembocadura del Río Grande de Loiza el nivel de Oxígeno bajo más o menos uniforme con una recarga marcada de 6.5 metros hasta el fondo (7.5m) donde el nivel de O_2 se aproxima a cero pero tan bajo que es dudable la existencia de vida animal a esta profundidad. Mientras en la estación B localizada cerca de la represa (al extremo norte del lago) la recarga de O_2 es mucho más

profunda de 10.5 m hasta el fondo (15m) donde estaba en OPpm
Ng/1) indicando así que en la profundidad no existe oxígeno
disuelto para el consumo heterotrófico.

Este ten bajo contenido en O₂ se debe a la gran cantidad
de materia orgánica que hay para la descomposición en los lagos
que sufren la eutrofización cultural en este caso esta es ma-
yormente causada por la alta descarga de aguas negras (ap. 5.0
1.106 gal.). La cantidad de fosfatos que contienen estas aguas
también es muy alta, esto crea una gran inestabilidad en el sis-
tema acuático, pues al subir la cantidad de fosfatos aumentará
la cantidad de nutrientes disponibles para las algas que en
condiciones oscuras consumirán una gran cantidad de O₂ como parte de
su respiración autótrófica. El día en que se tomaron los resul-
tados (Tabla 3) tomados el día 3 de agosto deben haber estado
influenciados por la oscuridad pues era un día nublado-oscuro
y esto influye en el consumo del O₂ disuelto en las aguas.

---Page Break---

18

BAGO DOS 30cAS

El Lago Dos Bocas es uno de los lagos artificiales más

grandes de la isla, está localizado entre Arecibo y Utuado con los barrios Subana Hoyos (noreste), Rfo Arriba (noroeste) Don Alonso (sureste) y Sdbana Grande (Suroeste) (altura sobre el nivel del mar 89.9m), Sus mayores tributarios son el Rfo Limon (este) el Rio Caonilla (sureste). La boca de salida de este lago es el Rfo Arecibo que desemboca al norte en el Océano Atlántico, es por esto un ecosistema abierto. #1 lago antes de vertir sus aguas en el Rfo Arecibo estas pasan por Turbinas hidroeléctricas que con el movimiento oxigenan las aguas del río.

Descripción del Lago

El Lago Dos Bocas es de amplia vegetación (árboles y hierba) que por el cambio de nivel de este intercambian una gran cantidad de biomasa y energía (esta cantidad de vegetación es:

menor que en el Lago Fatillas). En este lago navegan un alto número de Lanchas públicas que crucean de un embarcadero al noroeste hasta los barrios adyacentes (Limon, Rio Arriba, Don Alonso).

Descripción de Estación

La prueba tomada en nuestro viaje a este lago fue la de

@istribueion vertical de oxigeno. Los datos obtenidos son de 4 estaciones que amamos A, B, D, #, localizadas en puntos estratégicos de este Ingo. La A 1a lozamos en la represa por cont siderer que 1a profundidad era de las mayores del lego que ol

Shequeo con el dique y 1a calda de agua contribuyen a la oxige-

nación de est

1a B en le entrada de aguas corrientes del Rio

Limén, pues es de gran importancia les agues oxigenadas frias

---Page Break---

LAGO DOS BOCAS

---Page Break---

ow vnvevs

th e

* &

sya se

YINOVD Ore ak &

ee

:

ate s

ess

St ox

ge i ane oe Vn

i o@ a

2 wom

ovisauy 20 aonvuo g/ 01

(8261 30 O1soov 30.9) ~

?soa=00¥ 7"

Ogisauvns.v.908

S3NOIDV1S3 30 NOIDISOd

---Page Break---

2

que trae este río tributario para la vida de organismos de este lago (Los Tributarios son parte de la cuenca y en un estudio de un ecosistema hay que considerarlo en su margen mayor pues el tributario contribuye con materia y energía en flujos. La estación D 1a localizamos en otra desembocadura, 1a del Río Caonilla. Por la misma razón que la anterior, la última estación E se puso en la parte donde mayor número de quebradas pequeñas contribuyen con las corrientes de este lago y a la vez con el oxígeno que estas traen pues sus aguas llanas traen gran cantidad de nutrientes y oxígeno.

Resultados y conclusiones

Los resultados demuestran que en la entrada de ese sistema de quebradas (Q. Jobos, 0°05, Q. 06, Q-SOP, 0. By 19, Laja sur y otras) la temperatura del agua en la estación B en su fondo tuvo una diferencia de 2.40 (30.9° arriba-28.5 fondo) con la de la capa superior. La cantidad de O₂ en el fondo de

e-puso esta estacion (4.8m) era de 4.6Ppm una cantidad considerable para la existencia de peces y otros organismos aerobios . Esto puede deberse a el intercambio de aguas de la superficie con el fondo causado por la diferencia en temperatura de las aguas del rio Arecibo llegan frias y oxigenadas por el choque con la piedra de sus orillas (oxigenacion artificial) ya que a menor temperatura las aguas sombreadas del Rio Arecibo entran al lago y por diferencia en temperatura ocasionan una corriente de circulacion quedando las frias abajo y las calientes arriba y a esto contribuye el calor del sol sobre el agua de menor movimiento como lo son las del lago en comparacion.

---Page Break---

22

a otra estacion que muestra un irregularidad en sus resultados es la B localizada en la confluencia de los rios Caonilla

y Linda, estas aguas no descienden en su nivel de O₂ en una

forma constante; esto se debe a la contribucion con aguas oxi-

genadas de parte de estos dos rfos, que al entrar los dos (jun-
?tos, unas aguas se mantienen arriba otras bajan desplazando las
de abajo menos oxigenadas y da como resultado aguas con un patron
irregular? en su oxigenacidn, Bjemplo de esto es un contenido de
0.0 Fpm de O₂ disuelto a una profundidad de 12 m y luego un au-
mento de 2.0 a una mayor profundidad de 15m. La estaci3n Ay

D muestran un nivel mas constante de decrecimiento en el nivel

e oxfgeno causado por los factores explicados en la introducci3n.

---Page Break---

23

BAGO GUATATACA

BL Lago Guajataca fue construido en 1924 en la parte noreste

@e Puerto Rico, en el pueblo de San Sebastidn a 29.4 Kms de San

Juan, #8 usado para irrigacion y uso dom3stico. Leno tiene

un nivel de 197 m sobre el nivel del mar, tiene un drea superfi-

cial de 404.9 ha. y un volumen de 39.8 X 10⁶ M³.. Su unico tri-

butario grande es e1 R{o Guajataca al sur del lago y algunas

quebradas ?pequefias que desembocan a11{ (indicadas en el mapa que

ineluimos) pero algunas de ellas estan secas en la epoca de

sequia, Tgmbich obtiene rarte de ou agua de una presipitacion

anual de 110 ens.12

eripeidn de Estaciones

#1 trabajo incluye tres pruebas hechas en tres estaciones que llamamos A, C, 2, localizadas en partes de importancia para considerar el lago como un conjunto. La A la localizamos en la Yepresa que da el canal de Guajataca por considerar que esta es la forma en que el ecosistema se abre al exterior. La 0 le localizamos en la entrada de su tributario y la B en medio del lago para comparar como el oxígeno baja según viaja el agua del río al lago en su primer metro.

Bete Jago por su aspecto exterior y su transparencia podemos decir que es uno de aguas muy limpias y de baja cantidad de materia orgánica y bajo contenido en nutrientes como fosfatos y nitratos.

"?WePruebas hechas con el disco de Secchi en Agosto/77 muestran esto: L. Guajataca 2.16, L. Patillas 1.64 (19 y 20

gujio/78), 1. Dos Bocas 2.2 m y por Witino i. Carraizo 0.65 m.

---Page Break---

as

LAGO_GUATATACA

21 Lago Guajataca fue construido en 1924 en la parte noreste de Puerto Rico, en el pueblo de San Sebastián a 29.4 Kms de San Juan. Es usado para irrigación y uso doméstico. Lleno tiene

un nivel de 197 m sobre el nivel del mar, tiene un área superficial de 404.9 ha. y un volumen de 39.8×10^6 m³. Su único tributario grande es el Río Guajataca al sur del lago y algunas

quebradas pequeñas que desembocan allí (indicadas en el mapa que incluimos) pero algunas de ellas están secas en la época de

sequía, Tgmbieh obtiene parte de su agua de una precipitación anual de 110 cms, 22 erpeidn de Estaciyo

#1 trabajo incluye tres pruebas hechas en tres estaciones que llamamos A, C, 2, localizadas en partes de importancia para considerar el lago como un conjunto. La A la localizamos en la vepresa que da al canal de Guajataca por considerar que esta es la forma en que el ecosistema se abre al exterior. La 0 la localizamos en la entrada de su tributario y la B en medio del lago para comparar como el oxígeno baja según viaja el agua del río al lago en su primer metro.

ete ego por su. aspecto exterior y su transparencia pode-

mos decir que es uno de aguas my limpias y de baja cantidad de

materia orgénica y bajo contenido en nutrientes como fosfatos y nitratos.

??iz Pruebas hechas con el disco de Secchi en Agosto/77 mies~

tran esto: L. Guajataca 2.16m, L. Patillas 1.84 (19 4,20

20

fulio/78), L. Dos Bocas 122 my por ultiao &. Carre:

0.65 m.

---Page Break---

24

43

w

LOS LAGOS GRANDES TIENEN GRAN POTENCIAL PARA FINES RECREATIVOS

---Page Break---

2s

Del estudio de distribución vertical de oxígeno obtuvimos

resultados que van de acuerdo con el contenido de oxígeno de un lago limpio y de gran transparencia. Por ejemplo un promedio de oxígeno disuelto de 10.5 mg/l (Ppm) en los primeros dos metros. Indicando un alto contenido de oxígeno, muy conveniente para la vida animal y para la reproducción de algunas especies que tienen que descender a niveles más bajos que el primer metro para que sus huevos no se afecten por el sol. Este lago tiene un contenido de oxígeno apto para la vida animal a una profundidad promedio de 5 metros.

De los 4 lagos incluimos en este estudio de oxígeno disuelto el Lago Guajataca es el de más oxígeno disuelto en su capa superior esto se debe en gran parte a que no existe focos de descarga de aguas contaminadas (negras) que viertan en este

lago, 10 contrario pasa con el Lago Carraizo que sufre descarga de aguas negras como habíamos mencionado de parte del Rio Caguitas.

Respecto @ la temperatura podriamos decir que hay una caféa de 5°C entre la parte superior del lago y el fondo. Esto se debe @ que o sea gran transparencia deja que la luz llegue y ca-

liente los niveles superiores manteniéndolos a mayor temperatura

mientras los niveles inferiores se mantienen frios. A esto también se une la ausencia de muchas corrientes que a su vez causen un flujo cíclico del agua para que así haya un intercambio de agua de la superficie con el fondo, La ausencia de corriente se debe en gran parte a que el nivel del Lago está bastante bajo dado que el rio Guajataca, unico tributario, no está bajando gran cantidad de agua y sus corrientes son muy débiles..

---Page Break---

26

Si unimos este débil flujo de aguas tributadas al lago con su contenido de oxígeno disuelto llegamos a la conclusión de que este nivel de oxígeno en sus dos metros superiores será

mayor en época de creciente ocasionado por la oxigenación artificial que sufrirá las aguas del Río Guajataca en su trayectoria hacia la cuenca del lago.

ST TSHEIGS FFecodentes hechoe por el Departamento de Recursos Naturales muestran que si hay un bajo contenido en fosfatos y nitratos $N = 0.003 \text{ mg/l}$ $P = 0.0008 \text{ mg/l}$ esto muestra que su apariencia se debe a la Limpieza de sus aguas.

---Page Break---

a1

POSICION DE ESTACIONES

LAGO GUAUATACA

10 DE AGOSTO DE 1978

camPauenro.

uasataca,

---Page Break---

APENDICE 1

---Page Break---

(Ma)

PROFUNDIDAD

LAGO PATILLAS (ESTACION-A)

GRAFICA. DE, OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL (19 DE JULIO DE 1978)

TEMPERATURA (°C)

5 10 1s 20 2 30 38 40 45 50

3.0

LEYENDA

??? TEPERATURA

as - OXIGENO

5.0

60

woh ig

123 4 5 6 7 8 » ©

OXIGENO DISUELTO (PPM)

---Page Break---

my

PROFUNDIDAD

&

30]

as

30

LAGO PATILLAS (ESTACION-A)

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL (20 DE JULIO DE 1978)

TEMPERATURA (°C)

5 10 15 20 25 30 5 40 as

2

?

LEYENDA

TEMPERATURA

?? OXIGENO

OXIGENO DISUELTO (PPM)

---Page Break---

3

LAGO PATILLAS (ESTACION-B)

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL (19 DE JULIO DE 1978)

TEMPERATURA (1)

Perr

cot -LEVENDA.

: TEMPERATURA

oh oxígeno

OXIGENO DISUELTO (PPM)

---Page Break---

32

LAGO PRTILLAS (ESTACION-8)

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL (20 DE JULIO DE 1978)

TEMPERATURA

LEYENDA

oxígeno

a color

OXIGENO DISUELTO (PPM)

---Page Break---

LAGO PATILLAS (ESTACION-c)

GRAFICA DE, OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA 33

DISTRIBUCION VERTICAL (19 DE JULIO DE 1978)

TEMPERATURA (ee)

LEYENDA,

TEMPERATURA

oxiGENo

PROFUNDIDAD

wot

OXIGENO plsuELTO (PPM)

---Page Break---

PRoFUNDIOAD

LAGO PATILLAS CESTACION-c)

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA 34

DISTRIBUCION VERTICAL (20 DE JULIO DE 1978)

TEMPERATURA Ue)

LEYENDA

TEMPERATURA

oxiceno

" i

wool

OXIGENO DISUELTO (PPM)

---Page Break---

3s

LAGO PATILLAS LESTACION-D)

GRAFICA DE, OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL (19 DE JULIO DE 1978)

TEMPERATURA (°c)

: S 1 15 20 2 30 35 40 45

for rr PY

=z 20

22s!

6

230

5

3

OSS

a LEYENDA

4.0

TEMPERATURA

45 OxIGENO

5.0)

55

- 60!

. 123 4s «4 8 810

OXIGENO DISUELTO (PPM)

---Page Break---

GRAFICA DE

36

LAGO PATILLAS (ESTACION-D)

OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL (20 DE JULIO DE 1978)

10

= 20

(M,

2s

3.0

35

PROFUNDIDAD

4.0

4s

50

TEMPERATURA (°C)

520 25) 30

ro1o4

LEYENDA

TEMPERATURA

?OXIGENO

OXIGENO DISUELTO (PPM)

---Page Break---

37 4

LAGO CARRAIZO LESTACION-A)

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL (3 DE AGOSTO 1978)

TEMP °C

S 1 15 2 2 30 35

ror Tp

.j

i

as

30

mo)

35

as

PROFUNDIDAD

5.0

ss] LEYENDA

Teme

OXIGENO ?-

OS

12

1s

2. 3 4 8 6 76

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

LAGO CARRAIZO (ESTACION-8) 38

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL (3 DE AGOSTO 1978)

TEMP °C

20 2 3 35 40

PROFUNDIDAD (M.)

LEYENDA

TEMP

OXIGENO ~~

pe

«5 6,7 6

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

LAGO DOS? BOCAS 39

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL ESTACION-A (8 DE AGOSTO DE 1978)

TEMPERATURA (*C)

. 5 1 18 20 230

Cr)

2.0

sor

(4)

60

20

LEYENDA

8.0

TEMPERATURA

OxIGENO

2.0

PROFUNDIDAD

100

13.0

40

Osea e SESE

150

2s «4 8 6 7 8

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

M)

PROFUNDIDAD

40

LAGO DOS BOCAS

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL ESTACION-8 (3 DE AGOSTO DE 1878)

2.0

6.0

10

a0

20

10.0

120

30

40

150

TEMPERATURA (°C)

5 1 15 20 2 30. 35

o

LEYENDA

TEMPERATURA

OXIGENO

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

41

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL ESTACION-D (8 DE AGOSTO DE 1978)

TEMPERATURA (#C)

0 1s 20

nn)

ash

Om)

ssh

40 LEYENDA

TEMPERATURA

? OXIGENO

4s

50 ?

PROFUNDIDAD

re 3 4 5 6 7 6

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

(M.)

PROFUNDIDAD

30

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL ESTACION-E (8 DE AGOSTO DE 1978)

LAGO

42

pos

TEMPERATURA (*C)

BOCAS

LEYENDA

TEMPERATURA

== OXIGENO

OXIGENO

(PPM)

---Page Break---

LAGO GUAJATACA

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL ESTACION-A (10 DE AGOSTO DE 1978)

.. TEMPERATURA (°C)

Ss © 18 2 2 30 35 40

a

PROFUNDIDAD

LEYENDA

TEMPERATURA

- OXIGENO

re 3s 4 8 6 + 8 8 © W

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

4

LAGO GUAJATACA

GRAFICA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL ESTACION-C (10 DE AGOSTO DE 1978)

TEMPERATURA (°C)

5 10 15 20 25 30 35

° sn

(M.)

PROFUNDIDAD

-LEYENDA,

TEMPERATURA

- oxigeno

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

GRAFICA

LAGO GUAJATACA

DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

DISTRIBUCION VERTICAL ESTACION-E (10 DE AGOSTO DE 1978)

mu

PROFUNDIDAD

2.0

3.0

TEMPERATURA (°C)

15 20 250s

Hobo . g

LEYENDA

- ?? TEMPERATURA

== OXxIGENO

2 3 4 5 6 7 6 8 0 W

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

46

GRAFICA COMPARATIVA DE 4 LAGOS DE PUERTO RICO
EN LOS 5 METROS SUPERIORES

\

eZ

PROFUNDIDAD (M.)

© LAGo caRRAIZO

© LAGo GUAsATACA

O Laso vos eocas

A LAGO PATILLAS

toe 3 4 8 6 7 6 9 wo We

OXIGENO (PPM)

---Page Break---

47

APENDICE 2

---Page Break---

48

TABLA DE OXIGENO DISUELTO

DISTRIBUCION VERTICAL

19 DE JULIO

Profurididad 02 Disuelto Temp.oC Estaci3n Fecha

oo Pp

2 6.8 33.00 A 8:45 AM,

1 46 31.00 8:45 A.M

1.25 6.25 26.00 8:45 AM.

° 7.25 29.00 3 9:25 AM.

3 7.70 28.50

1. 6.75 28.25

1s 6.70 28.50

2.0 6.60 28.50 3 9:35 A.M.

2.5 6.55 28.50

3.0 7.0 28.50

35 6.5 28.50

4.0 7.3 28.50

as 6.4 28.50 B 9:55 AM

5.0 64 28.50

5.5 0.4 27.75 8 10:00 A.¥

6.0 0.3 27.50

6.5 on 27.00

7.0 a 27.00

25 1.2 26.90

8.0 0.6 26.50

8.5 2 26.50 10:20 A.M.

9.0 3 26.50

9.5 4 26.50

---Page Break---

49

Profundidad 02 Disuelto Temp.eC Estaci3n Fecha

on Ppm

: 0 71 31.50 c 12:50 A.M.

5 7.2 31.00

1.0 7.25 30.00

1.5 7.6 30.00

. 2.0 6.6 29.75

25 6.8 29.75

3.0 6.3 28.75

3.5 6.6 28.50

4.0 6.2 28.75 c 2:05 aM,

45 3.8 28.00

5.0 1.6 28.00

5.5 0.6 28.00

6.0 on 27.75

6.5 o.1 27.25

7.0 0.05 27.25

25 0.15 27.00

8.0 0.10 27.00

as 0.05 26.50

9.0 025 26.50 © 1:15 Am.

9.5 0.0 26.00

10.0 0.0 26.00

. 10.5 0.0 26.00

: 1.0 0.0 26.00

1s 0.0 26.00

12.0 0.0 26.00

12.5 0.0 25.75

13.0 0.0 26.00 ce 1:27 AM.

13.5 0.0 25.75 1:27 AM.

---Page Break---

50

Profundidad 02 Disuelto Temp.0C_ Estación Fecha

om Ppa

° 6.4 31.10 D 1:40 A.M.

0.5 7.0 30.80

1.0 6.7 29.00

1s 6.8 29.00

1.75 6.4 29.00 D 1:55 AM.

---Page Break---

81

TABLA DE OXIGENO DISUEI.TO

DISTRIBUCTON VERTICAL

20 DE JULIO

Profundidad 02 Disuelto Temp. oc Estación Fecha

)

: om Ppa

: 6.5 28.75 A 8:30 AM

: -0

. 65 6.1 28.75

1.0 6.9 26.50

1.5 7.5 25.00

2.0 7.4 24.75

2.5 7.3 24.75

3.0 7.2 24.90

3.25 75 24.90 A 8:45 A.M.

0 74 28.00 B 11:30 am.

5 7.2 28.25

1 7.2 28.25

Ls 7.0 128.50

2.0 7.0 28.50

2.5 7.0 28.50

3.0 7.2 28.25

3.5 7.2 28.25

4.0 7.2 28.25

45 7.2 28.25

5.0 6.9 28.25

5.5 7.0 28.00

6.0 6.0 28.50

. 6.5 5 27.50

7.0 4 27.50 B 11:65 ALM.

i 7.5 3 27.00

8.0 7 27.00

: 8.5 8 27.00

9.0 8 26.75

9.5 2 26.75

9.75 7 26.75 B 11:55 AM.

---Page Break---

52

Profundidad 07 Disuelto Temp.oC Estación

oy Ppm

. -0 7.6 28.00 ce 12:00 A.M.

5 7.0 28.25

: 1.0 7.2 28.25

1s 7.0 28.25

. 2.0 7.0 28.25

2.5 6.6 28.50

3.0 6.2 28.50

3.5 6.6 28.50

4.0 6.3 28.25

4.5 6.8 28.50

5.0 6.2 28.50

5.5 6 28.00

6.0 1 27.50

6.5 1.0 27.00

7.0 6 27.25

75 4 27.00

8.0 3 27.00

8.5 2 27.00

9.0 1 27.00

9.5 1 27.00

10.0 05 27.00

. 10.5 0.0 27.00

: 11.0 0.0 26.75 c 12:35 A.M.

1.5 0.0 26.50

12.0 0.0 26.50

12.5 0.0 26.25

13.0 0.0 26.25

---Page Break---

Profundidad 07 Disuelto Teup.0C Estaci3n Fecha

om Py

pe

0 7.0 28.00 > 12:50 A.M.

3 6.8 28.00

Lo 6.6 28.00

1s 6.6 28.00

2.0 6.2 28.00

25 6.5 28.00

3.0 6.1 27.25

3.5 6.3 27.00

40 6.5 26.50

---Page Break---

34

TABLA DE OXIGENO DISUELTO

DISTRIBUCION VERTICAL

Lago Carrafzo

3 de agosto de 1978

Profundidad 07 Disuelto ??Temp.°C_?=Estaci3n Hora

1.0 3.8 2

1s 2

2.0 3.7 29

25 35 29

3.0 3.2 29

35 3.2 2

4.0 3.0 29

45 2a 29

5.0 1.8 29

5.5 aa 2

6.0 0.8 23°

6.5 0.2 2»

7.0 0.2 23

. 5 0.2 28.7

* ° 37 28 2 10:50 a.m,

3.6 28

3.3 28

1s 3.2 2

2.0 3.2 28.7

---Page Break---

8s

?TABLA DE OXIGENO. DISUELTO

DISTRIBUCION VERTICAL

Dos Bocas

8 de agosto de 1978

Profundidad 02 Disuelto ?Temp.°C_?=Estación Hora

0.0 6.4 30.0 2 11:20 AM.

0.5 6.0 29.8

1.0 5.8 29.5

1s 5.2 23.0

2.0 61 29.0

25 5.5 28.5

3.0 5.5 28.5

35 5.2 28.5

4.0 5.0 28.2

4s 43 28.2

5.0 27 28.2

5.5 25 28.0

6.0 2.0 28.0

6.5 16 28.0

7.0 3.0 27.9

15 24 27.2

8.0 0.3 27.2

a5 0.9 27.0

9.0 0.5 2.0

10.0 0.2 27.0

10.5 on 27.0

1.0 on 26.9

---Page Break---

56

TABLA DE OXIGENO DISUELTO

DISTRIBUCION VERTICAL

oo

Profundidad 02 Disuelto ?Temp.°C_-=Estación Hora

oo

ms on 26.9

12.0 0.0 26.9

as 0.0 26.9

13.0 0.0 26.9

13.5 1.8 26.9

14.0 2.6 26.8

1s 2.8 26.8

15.0 2.8 26.9 12:00

° 6.0 31.8 > a0

0.5 5.7 31.0

1.0 5.8 30.0

1s 5.6

2.0 47

2.5 48

3.0 he

3.5 46

4.0 ows

5.0 3.9

5.5 3.3 28.0

6.0 22 27.0

---Page Break---

Profundidad

7.0

7.28ç £ = fondo

0.0

0.5

1.0

1s

2.0

25

3.0

35

40

48

4.86 £ = fondo

0.0

05

1.0

1s

2.0

25

3.0

37 .

TABLA DE OXIGENO DISUELTO

DISTRIBUCION VERTICAL

O₂ Disuelto ?Temp.°C

1.8

14

8.0

7

1b

6.9

5.8

5.0

42

48

4a

7.0

7.0

7.0

6s

6.3

5.9

39

27.0

26.8

30.9

30.8

30.5

29.8

23.0

29.0

28.8

28.5

28.5

28.5

30.0

30.0

29.0

28.8

28.8

28.5

28.5

Estecién

Hore

---Page Break---

58

Profundidad 02 Disuelto Temp.°C Estacion Hora

2

4.0 6.6 28.2

45 5.3 28.2

5.0 2.0 28.0

3.5 0.4 27.8

6.0 0.2 27.9

6.5 0.2 28.0

7.0 oa 2.5

23 on 27.5

8.0 0.1 2.2

10.0 0.0 27.0

12.0 oa 26.8

14.0 0. 26.5

15.0 0.0 26.5

---Page Break---

Profundidad

0.5,

1.0

2.0

25

3.0

35

4.0

4s

5.0

10.0

TABLA DE OXIGENO DISUELTO

DISTRIBUCION VERTICAL

Lago Guajataca

10 de agosto de 1978

02 Disvelto

10.4

10.5

10.9

10.8

10.5

59

Tenp.2ç

30.0

29.5

29.0

23.0

29.0

28.5

28.8

28.5

28.2

28.0

27.8

27.5

27.0

26.8

26.0

26.0

25.8

25.5

25.2

25.2

Hors

12:30

---Page Break---

60

Profundidad 02 Disuelto Temp. °C Estación Hora

. 0.0 10.2 30.0 © 00

os 10.2 20.8

3 1.0 10.2 29.5

Ls 10.1 29.5

: 2.0 roa 29.5

25 10.0 29.3

3.0 39 29.3

3.5 ns 23.0

4.0 5.3 28.5

4s 6.3 28.2

5.0 40 28.0

3.5 20 27.9

6.0 10 21.5

6.5 ot 27.0

7.0 0.0 26.5

8.0 0.0 23.5

9.0 0.0 25.1

10.0 2.0 23.0

no 0.0 25.0

0.0 10.0 30.5 a

0.5 10.4 30.0

1.0 n.0 20.0

. Ls no 29.5

: 2.0 no 29.2

25 ma 29.0

3.0 10.9 29.0

35 10.9 29.0

4.0 10.7 29.0

4s 20 28.2

---Page Break---

Profundidad

5.0

6.0

6.5

7.0

8.0

9.0

10.0

uo

32:0

13.0

1.0

15.0

Disuelto

0.5

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

a

Temp. °C

27.9

27.2

26.5

26.5

Estacion

Hora

---Page Break---

62

TABLA 2

Lago Patillas

Volumen Total Aproxinado 18.2×10^6 m³?

Area Superficial 136,41 Hectares (1.34 x 10⁶ m²)

. Volumen Fético 2.47×10^6 m³

Profundidad: Promedio 7.03 m =

Productividad Bruta Respiración Productividad Neta Secchi Promedio (M)

de 02

2,29 x 10³ Kg/día 2.29 x 10³ 0,0 1.86 a

Lago Carraizo

. Volumen Total - 2.47 x 10⁷ M³

Area Superficial 392 hectare:

Profundidad Promedio 6.4 4

Productividad O₂ Respiración Productividad Neta Secchi Promedio

Mg/L/día Me/L/día Mg/L/día

3.77 : 3.29 0.48 0.42

---Page Break---

---Page Break---