

CEER-T-096

ohh oy,

CEER?T-096

PRODUCTIVIDAD Y CONTENIDO NUTRICIONAL DEL
JACINTO DE AGUA EICHHORNIA CRASSIPES
MART (SOLMS), EN RELACION A ALGUNOS
?ASPECTOS LIMNOLOGICOS DEL LAGO CARRAIZO,
PUERTO RICO.

Rafael Nevarez y Johnny Vitamit

geno

CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH

Sorssau

---Page Break---

---Page Break---

---Page Break---

PRODUCTIVIDAD Y CONTENIDO NUTRIGIONAL DEL

JACINTO DE AGUA *Eichhoania exassines*

MART (SOLMS), EN RELACION a ALGUNOS

ASPECTOS LINNOLOGICOS DEL

LAGO CARRAIZO, PUERTO RICO

Rafael Wevares Jr. y Johnny Villewil

Divisién de Ecologfa Terrestre

Junio, 1981

CENTRO PARA ESTUDIOS ENERGETICOS Y AMBIENTALES

OPERADO POR LA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO

PARA EL.

DEPARTAMENTO DE ENERGIA FEDERAL

---Page Break---

HOTA DE_AGRADECIMTENTO

Deseanos por este medio expresar nuestro profundo agradeci-
siento a todas aquellas personas que colaboraron en alguna u otra
forma a la realizacién de esta investigacién, especialmente al

Dr. José Miguel Garefa Castro, del Hospital Univer:

tario de

Nios, al Ing. Fernando Gémoz y al Sr. Rafael D'Acosta, del
U.S, Geological Survey, al Dr. Manuel Torrène, de 1a Universidad
de Puerto Rico, al Sr. Robert Calvesbert, de la U.S. National

Oceanographic and Atmospheric Adwinistration y a Luis Ivén Ro:

Ivén Garcfa, Héctor Miranda y a Marfa de Lourdes Fuentes, del
OBEA. Por Gltino, al Sr. Rafael Feliciano por la confeceién
artfetica de 1a portada, al Sr. Pedro Sotelo, por los dibujos

téénicos y a Marta Rosado por eu valio:

ayuda,

aad

---Page Break---

TABLA DE CONTENIDO

Nota de Agradecimiento....

Tabla de Contenido

Lista de Tablas.....

Lista de Figuras....

Introducción

Revisión de Literatura.....

Área de Estudio..

objetivo!

Materiales y MStodos.

Resultados y Dieu

seeeeee 30

I) Productividad del Jacinto de Agua..ssee

Productividad Netas.eeeeeeeeeee

Producción, Predación y Mortalidad de

Seudoldminas

Densidad Espectficassseeeeeeeeeeeeeee

11) Pgrémctkos Quimicos, Sioqufmicos y Ffatcos

nds importantes de ios tributarios prinet~

pales y del Lago Carrafzo....

Nitrégeno y Fésforo Total.

Depandas Bioqufnicas y Qu{micae de

oxfgeno.,

Metales Livianos y Pesados

Oxígeno Disuelto y Temperatura,

aw

---Page Break---

SONTENIDO (CONTINUACION)

SONTENTDO (CONTINUACION)

pe.

Gonductividad Espe:

fica y Total de

Sélidos Disuelton.

Tluainación y Transparencia...

Eldrologfa y Provisión de Nutrientes.

HIT) Contenido Nutricional del Jacinto de Aguas... 122

Relación Peso Seco-Peso Hinedo

seeeee 122

Composición Bruta... . sevens 124

Carbono (0c). sae teeeeeeeee 128

Nitrógeno (TKN).

Proteína Cruda...

Fósforo Total...

Autre

Contenido Calórico.....

Conizasecesseieeeee

Bioacumulación de Metales.

Conclusions y Reeunenss..eee

Literatura Citada.

seeee 154

---Page Break---

LISTA DE TABLAS

PAGINA

Plantas de Tratamiento de aguas servidas
que descargan q loc tributarios principales

del Lago Carrafzo..... 8

Pardaetros qufmicos determinados por varios

autores en el Lago Carrafao, Puerto Ricos 215

Distribuedén de aumento en bio!

por unided de tiempo del Jacinto de agua en

el litoral oeste del Lago Carrafzo,

Puerto Ricovessen ve seeeeseonees 31

Porcentaje de incremento en biomasa y factor
de incremento diario de la población de jacinto
de agua en el litoral oeste del Lago
Carrasco.

Producción de hojas por área y porcentaje,
de aumento de hojas con respecto al número
de hojas iniciales del jacinto de agua
del Lago Carrasco, Puerto Rico.

Relación entre la producción de hojas y
% de esas hojas que fueron predadas al
Jacinto de agua, Lago Carrasco, Puerto Rico....

4b

Concentraciones de oxígeno en las diferentes
regiones en que predominan el jacinto

y el gupér jacinto respectivamente, Lag

Garrafzo, Puerto Rico

++ 52

Concentraciones promedio, máximas, mínimas
y desviación estándar (DB) de los valores
de TiN y TP en la columna de

tributarios principales y le

Lago Carrafzo.

Concentraciones promedio, máximas, mínimas y desviaciones estándar en la columna de

agua de los valores de BOD y COD para los tres tributarios principales y el Lago

Carratzo (mg/l). steeseees

---Page Break---

10

n

12

3

14

15

16

17

TABLA ~ (coNTINUACTON:

PAGINA

Razones de la: de BOD

COD en 1s coluana de agua para los tros

tributarios principales y el Lago

Carratzo. ees ste eeeeeeeeeeeee 15

Concentraciones promedio, máximas,
mínimas y desviación estándar en la
columna de agua de netales selectos para
los tres tributarios principales y
Lago Carratzo :

Concentraciones promedio de alcalinidad
total en la columna para los tributarios
principales y el Lago Carratzo
Respectivamente..sessesesseeee

Concentraciones promedio de la dureza

(como CaCO_3) en 1a columna de agua

para los tributarios principales y el

Lago Carrafzo respectivamente

Mediano, máximo y mínimo de los valores

pH en la columna de agua para los

tres tributarios principales y el Lago

Carrafzo,

see eeee ee 103

Valores promedio, máximos y mínimos de

conductividad eléctrica y? sedita

aritmética del total de sólidos
disueltos en los tres tributarios
principales y el Lago Carrafzo; .ssese

Valores promedio, desviación estándar y
desviación estándar de la transección
por plato Secchi y valores
del coeficiente de extinción para
los tributarios principales y el

Lago Carrafzo...e

Composición (en % por peso seco) de
las diferentes secciones morfológicas
de dos diferentes localidades:
Lago Carrafzo, Puerto Rico,

vis

---Page Break---

18

20

a

22

23

TABLA ~ (conTIMvAcTON)

Contenido de cenizas (en \$ por peso
gece) y contenido caldrico (kilocal-
lorfas por grazo por peso seco, de
las diferentes secciones morfológi-
cas de dos diferentes localidades.
Lago Carrafzo, Puerto Ricosseresss

Concentraciones de nitrógeno total
(TKN) promedio en la superficie de
agua relacionadas al # de composición
de nitrógeno de los facintos de agua
de Rfo Grande de totsa y 1 Lago
Carrafoz

Concentraciones de nitrógeno total
(TKN) promedio en la superficie del
agua relacionadas al % de composi-
ción de proteína cruda, en los

facintos de agua del Rfo Grande de
Lofza y del Lago Carrafozo.

Concentraciones de fósforo total

(TP) promedio en la superficie del.

agua relacionadas al porcentaje de
composición de fósforo total por sección
morfológica de los jacintos de agua

del Rio Grande de Lofza y el Lago

Carrasco..++

Concentración de cuatro metales
de los jacintos de agua de dos
diferentes ambientes:

Carrasco.

Factores de concentración aparente

(CA) relacionados a lee concentr

ciones de

agua y las plantas de las dos

regiones de muestreo,

vidi

oF

136

142

147

---Page Break---

LISTA DE FIOURAS

SLCURA PAGINA

1 Jacinto de agua Eichhoanda crassipesscecececees 2

2 Secetén Longitudinal del jancinto de agua..... 6

3 Mgs de la cuoncg hidrggréfica del

Rfo Grande de Lofza y area de estudio. +10

4 Lago Carrafzo y sus tributarios principales....12

5 Dingrama de los cine cuadrantes en el

Lago Carrafzo....eeseeesesee ?

6 Localizactén de estudio de productividad

y estaciones de suestreo jacintos de

agui : cere

7 Diseño y detalle del cuadrante utilizado

en el estudio de productividad.

8 Detalle del cuadrante utilizado en el.

estudio de densidad específica...see

9 Localización estaciones de muestreo en

el estudio de calidad de agua... se e2h

10 ?-Representación esquemática de

muestras confeccionadas. para el análisis de

Ge sercurio en agua

" Histograma de la distribución de la

productividad de los jacintos d

agua por planta en el? Lago Carrizo...

one e32

2 Alustrativa del f ae

in biomasa por dfa en el

de productividad del jacinto

3 Relación exponencial entre el nfinero

de hojas producidas por planta por

unidad de tiempo.

4 Relación entre el promedio de hojas

producidas por dfay el f de esas

hojas que son prodadas del jacinto

de? agua, seve

h3

---Page Break---

15

6

7

8

1?

20

a

22

23

24

FIGURAS = (CONTINUACION,

Variación del porcentaje de 2

nuetas por dfa con respecto al # 4

?predadas por dfa del jacinto de

Wistograsa de: (A) Nila, de plantas

por setro cuadrado y (3) rendimiento

bn biorasa por motro al cuadrado.s+.++

Histograma de 1s altura pronedio de

jos jacintos de agua en las cuatro

estaciones de muestred..+++eeee

Relación del largo total con el
peso del jacinto de agua,

istribución y (n) de 1g concen
tración de nitrógeno (A) RLo
Sibueles y (3) Rlo Grande de Lofza...

Distribución vertical de nitrógeno
féforo total (A) Lago Carralzo
) (B) Rfo Gurabo.

Distribución vertical
tración del BOD y COD en
Gagustas (A) y of ot Rie
Lolae (B).+

1a concen-

Distribución vertical de la concen-
tración de BOD y COD en el Lago.
para el día 20,5°Y Baño curate (B) sees

Distribución vertical del calcio en
las estaciones (A) Río Grande de
Lota (2) (Río Caguitas (c) Río
Gurabo y (D) Lago Carrafzo,

Distribución vertical de

y, cobre en (A) Rfo Caguit

Rfo Grande de Lofsa,

nganoso y

Lago Carrafzo (A) y el Rfo G

43

50

33

58

63

69

n

81

85

86

---Page Break---

26

27

28

29

30

a

32

33

34

35

ELQURAS - (CONTENDACTON;

EAGIUA

Distribución vertical del mercurio

total y cadaio en (A) fo Caguitas

y (B) Rfo Grande de Lofza.. = 90

Distribuctn vertical del mercuric

total y cadaio en el (&) Lago

Carratzo y (3) Rfo Gurabo. ?

Distribución del oxígeno disuelto

y temperature dol Lago Carrafzo

(A) woleado y (B) nublado.sesecseeeeeees 96

Distribución de 1a conductividad
específica en (A) Rfo Caguitas
y (B) Rfo Grande de Lofs:

+ 105

Distribución de 2a conductividad
específica para el (A) Lago
Serrafso y (B) Lago Gurabos

106

Conductividad

Kilogramos por
de Jacintos de agua

metro cuadrado

109

Fendimiento en

Kilogramos por metro cuadrado del

Jacinto por hectárea.

xi

---Page Break---

36

37

38

39

40

a

42

3

4h

?EXGURAS - (CONTINUACION)

Poreiento de penetraci3n de luz

contra profundidad (A) Rio

Gaguites y (3) Rfo Grande de

Lo!

Porcentaje de penetración contra
la profundidad en el Río Gurabo.....

Porcentaje de penetración de luz
contra profundidad en el Lago
Carrasco.....

Gráficas de transparencia y
coeficiente de extinción para
las cuatro estaciones del estudio...

Hietogramas de la precipitación

total en estaciones selectas

en la cuenca del Rfo Grande de
sual

Lofua y descarga promedio
en log tributarios del Lago
Carrafsó.

Relación lineal de peso hémado de
os je agua con el peso

Composicién brute de los jacintos
de agua

Histogram del % de composición
de fósforo y contenido calórico
del jacinto de agua del Río
Grande de Lofza y del Lago
Carraszo, :

Bioacumulación de metales pesados
en los jacintos de agua del
Grande de Lofza y el Lago
Carraszo...s+se+

PAGINA

15

116

119

123

427

128

143

---Page Break---

urgoDuceroN

Actualmente en Puerto Rico existen dos problemas de amplia
repercusión ambiental: la contaminación y reducción de la calidad

de las aguas de nuestros cuerpos de agua interiores y la crisis

energética. En el presente estudio, se analizaron los parámetros ecológicos más importantes de la macrofito vascular monocotiledónea, *Eichhornia crassipes*, (Mart., (Solms)), mejor conocida con jacinto de agua (fig. 1) en uno de nuestros abastecimientos principales de agua potable del Área Metropolitana, el Lago Carrizosa, en vías de solucionar simultáneamente

los problemas.

Durante los últimos cincuenta años, esta planta flotante acuática, el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) oriunda del

Brasil y hoy día es ampliamente distribuida en 1

regiones tropicales

y subtropicales del globo terrestre, ha creado la condición de

competencia con el hombre por 2a utilización de los cuerpos de agua

del mundo, debido a su explosivo crecimiento en los nuevos ambientes:

catalogándola así como una calamidad duradera (Bock, 1966, Vietmeyer, 1975; Pirie, 1960). Mas, en la 1a década se ha cambiado el enfoque hacia ella y se ha estudiado y considerado su utilización en diversos usos, Wolverton & Mc Donald (1975a, 1979a), al igual que Leouyer et al (1976), Bagnall (1979), Goodsan & Pimentel (1979),

41 & Erdman (1979, 1980) y Villamil et al (1979) han analizado y propuesto la utilización del Jacinto de agua como una fuente innovadora de biomasa para su conversión por digestión anaeróbica, al gas metano (CH₄). En diversos estudios llevados a

cabida por Wolverton (1975a, 1975b), Wolverton & Mc Donald (1975),

---Page Break---

FIGURA 1 JACINTO DE AGUA *Eichhornia crassipes*

---Page Break---

1975e, 19788), Wolverson et al (1975), Dingoes (1976, 1978a, 1978), Tridech et al (1979), Steward (1970), Boyd (1970), Wooten & Dodd (1976), Cornwell et al (1977), Cooley et al (1978a) y McDonald & Wolverson (1980), han estudiado el empleo de los jacintos de agua para la remoción de fenoles, cadmio (Ca), níquel (Ni), plomo (Pb), mercurio (Hg), plata (Ag), cobalto (Co), estroncio (Sr), hierro (Fe), cromo (Cr), zinc (Zn), cobre (Cu), magnesio (Mg), manganeso (Mn), oro (Au), potasio (K), arsénico (As), bifenilos policlorinados (PCB), plaguicidas y el tratamiento de efluentes de aguas servidas, respectivamente. Por otro lado, Widyanto & Soponnata (1979) y Joedodibroto et al (1979) han sugerido el uso de

el jacinto de agua para la producción de papel y material de pulpa en Indonesia respectivamente. En la actualidad estas plantas acuáticas

se están utilizando para el tratamiento de aguas dom

tions

en el estado de Texas, y en 1a remoción de compuestos orgánicos,

metal

pesados y tratamiento de aguas servidas en el Laboratorio Nacional de Tecnología Espacial de la NASA, con bases en Bay St. Louis, Mississippi, E.U.A. (Dinges, 1978; Wolverton & Me Donald, 1978a, 1979; Me Donald & Wolverton, 1980),

Una de las razones principales para la utilización del Jacinto de agua en 1a remoción, ya sea de nutrientes como de contaminantes, es el alto potencial de productividad que la planta

posee. Según

estudios llevados a cabo por Penfound & Earle (1948),

Estos determinaron una razón de crecimiento de 75.25ta/ha (tons métricas/héctarea-peso húmedo) en Loufeiane. Earle (según Penfound, 1956), calculó una razón máxima de 0.146tm/he/d en Nueva Oriéai

Nes veotentente, Yount & Crossman (1970), Rushing (1974) y

---Page Break---

Lecuyer et al (1976) llegaron a registrar razones de crecimiento de 0.54 ta/ha/a, 1.478 ta/ne/d y 0.4062 ta/na/d en ambientes naturales

Respectivamente, mientras que en el caso del manejo del jacinto de agua en el tratamiento de aguas domésticas:

Knipling et al (1970)

registró una razón de 440 t/ha; Wahlquist (1972) obtuvo una producción máxima de 590.9 t/ha; Boyd (1976) determinó una razón de

9.194 t/ha/ds Villamiel et al (1979) calcularon una producción de 2,16 t/ha/d, y por último, Wolverton & McDonald (1979) registraron una razón de crecimiento de 101 t/ha en una semana. Esta cualidad hace que esta planta posea una alta productividad con un tiempo de duplicación de su biomasa entre 7 y 12.5 años (Villamil et al, 197

Wolverton & McDonald, 1979 y Penfound & Earle, 1948). Este crecimiento tan acelerado del jacinto de agua lo dota de una serie de atributos que serán de gran utilidad para el tratamiento secundario y terciario de aguas negras, ya que se ha logrado una remoción de hi

40-90% del nitrógeno total (TKN),

entre el 80% del fósforo total (TP), e incluso el 40% de la concentración de

ortofosfatos (PO₄-3), @1 95% del total de los sólidos suspendidos (TSS), e1 98% de los sólidos volátiles suspendidos (vss) y una baja significativa en la de

nda bioquímica y química de oxígeno;

(BOD y COD) de hasta un 95 y 90% respectivamente, e1 total de carbono orgánico (TOC) en un 80%, @ 1a vez que han reducido en un 92.8% en la cantidad de coliformes fecales, a 1a vez que han reducido otros agentes

químicos indeseables, como los fenoles

y los bifenilos policloro-

ate:

nados (PCB) con un 96 y 100% de reducción del total respectiva:

---Page Break---

FIG. @ -SECCION LONGITUDINAL DEL JACINTO DE AGUA.

---Page Break---

atudsfera cuando éste se presenta on brotes

ivos (Rushing, 1974+

Quiffones-Marquez, 1976; Villamil & Erdman, 1979, 1980), La defi-

etencia en el oxígeno disuelto (D0) viene @ con!

cueda de 1a

@terminación en 1a penetración de 1a luz en le columna de agua, 1a

cual elimina por completo 1a producción primaria y, por 1o tanto,

ereando condiciones anéxicas, 1g cuales en diver

ti

ocasiones

yn como consecuencia grand

uortandades y sucesiones on la

población piscifeola (Penfound & Earle, 1948; Boyd, 1970; Vio

1975; Quifiones-Mérquez, 1976; Villamil, 1979): la pérdida de grandes volúmenes de agua por medio de la evapotranspiración del jacinto puede ser de hasta 3.7 veces mayor que la evaporada en aguas abier-

tas, lo que puede reducir drástic:

nte la capacidad de a!

enaje

de los abastos de agua potable (Timmer & Weldon, 1967; Gopal &

Shar:

1979). Sin embargo, la remoción de los nutrientes y agent

químicos contaminantes, tanto de fuentes puntuales como no puntuall

es uno de los diversos beneficios que se pueden derivar del jacinto

de agua, pero degradada:

nte, en donde no se han tomado medidi

para la utilización y

ojo de esta fuente disponible de biom

Jos nutrientes y contaminantes son reciclados nueva

(Pruh eç af, 1967; Timmer & Weldon, 196°

nte al eistena

Boyd, 1970; Yount &

Cros

an, 19703 Jewell, 19715 Rho & Gunner, 1986; Villemil & Erdman,
1979, 1980). Un @.

plu típico de este caso lo presenta el Lago

Carrasco, en el cual di

se instalan seis (6) plantas de tratamiento de

aguas servidas (Tabla I), descargando un promedio de 29,564 m³/a

de efluente parcialmente tratado o crudo en su cuenca hidrográfica

y por lo tanto, contribuyendo como la mayor fuente de contaminación

y eutrofización de este cuerpo de agua potable (Bing, 1965).

---Page Break---

8.

+ (6461-8L61) opofaed qe sod orpenoad

To uvquesord soqup eo *og6L ?eopErTTrequeoTy sozonpORoY Op pEPTlogny ro4uenl)

syoqay onbuvy (ø

ooyen sod ongtta (2

sopearyoy sopor (1

Uae +

oe oe re" eee ze" 9øse vez01 epueay oyy z ozuezo7 ues

ve OL o9t sett otuze ? eueyouete, oyu ? seapotg se]

ot on 06" L764 oavany Fy z soouny

98 us er cout rer baze oqeang opy L oqeany

49 29 04" 64802 oBtizoeL ?svaFn Beg oFy z sendeg

uy og z9rsebb 79048 voxred oFy z svuong sendy

Sst Saa b/em P/ea vouvosaa and vanv1a_¥1

NOTOOWEY SZ SENBATAy = avaTOWavo © AW OTUVENGTEL ©

e0dTL._-«?_NOTOVZTTVOOT

oziywuvo oov1 qaa saT¥aroNTUd

SOTWYUNATYS SOT ¥ NVDNVOSEC Zab SYGTAYSS SVNOVY 30 OLNSINVEVUL BO svUNVla

*T -VIEVE

---Page Break---

AREA DE ESTUDIO

El Lago Carrazo es el componente principal de la cuenca hidrogrfica del Rfo Grande de Lofza (fig. 3). Este se encuentra en un valle con una elevaci3n de 40m sobre el nivel del mar, localizado polfticamente entre los municipios de Trujillo Alto y Caguas.

Posee una

plitud ndxina de 250m y 5 km de longitud. Este cuerpo

de agua interior estd alimentado por dos tributarios principal

8 Ps

FL Rfo Grande de Lofza y el Rfo Gurabo, y cuatro pequefios rfos: EL

Rfo Turabo, B1 Rfo Caguitas, el Rfo Bairoa y el Rfo Cafias (fig. 4).

El área de su cuenca hidrográfica es de aproximadamente 534 km²,

corriendo en dirección de sur a norte. Este lago fue construido en

en 1954 por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (A.A.A.)

con el propósito de abastecimiento de agua potable para el área de

San Juan Metropolitano y para la producción de energía, con un

volumen original de almacenamiento de agua de 20,000 m³

equiva-

lentes a 24.7 Mm³ (6,52 x 10⁹ galones). El lago provee cerca del

70% del suministro total de agua para el Área Metropolitana, aportando

un promedio de 300,000 m³/año para propósitos domésticos e indus-

triales. La operación y

ntenimiento de las facilidades de filtrado

y Aistribuedén de les aguas estd a cargo de la ALAA.

La formación geológica del área ha sido descrita por Pea:

(1968), consistente de cinco foraciones geológicas principales.

Eotas oon deptsitos aluvialeo, Lava Santa Olaya, depéeitos Terraza,
cuarao-diorite y 1a Breceia Carrafao,

Los depósitos aluvial

son de origen Tereiaro y Cuaternario,

consistent: Bota base

do gravilla, arena, areii2a y clenos

---Page Break---

Ss

ay

@ciudad 0 pueblo PTO. RICO

FIGURA 3 MAPA DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO
GRANDE DE LOIZA Y AREA DE ESTUDIO

-10-

---Page Break---

a

geológica es típica de la región del Río Grande de Lotesa hasta aproximadamente la desembocadura del Río Gurabo. La formación correspondiente a la Lava Santa Olaya y los depósitos de Terraza consisten principalmente de albita, cuarzo y diorita, conteniendo fragmentos de piedra púmez y arena, gravilla, arcilla y arenas en

terrazas con estratos con fragmentos de depósitos aluvial:

y colu-

viales, respectivamente, correspondiendo a la geología de la región del Río Gurabo y el comienzo de la región del Lago Carraízo, cuya formación es de Lava Santa Olaya. La formación de cuarzo-diorita es de origen Paleocénico, cuyos terraces son arenosos, consistiendo mayormente de cuarzo, albita, feldespato potásico, pirita y sulfuros

metálicos. Esta base está

relacionada a la región descrita entre

el Lago Carraízo y la desembocadura del Río Gurabo. Por tanto, la

Breccia Carraño consiste principalmente de roca volcánica en

forma de fragmentos y bloques de andosita afanítica, que a su vez

contienen picra pérez, plagioclasa y piroxeno, en una matriz de
torita y un material lítico, Esta es la formación que predomina
en la región del Lago Carraño.

La hidrología del Lago Carraño ha sido descrita en general
por trabajos con objetivos específicos, como por ejemplo, la
preocupación por la calidad de las aguas llevada a cabo en estudio
conjunto del Departamento de Salud y la Autoridad de Acueductos y
Alcantarillados (1963); los tipos y potenciales de los recursos de
pesca por Erdman (1972), Brdwan et al (1973), Shulte (1973, 1975)
y Rivera (1975, 1976a, 1976b); el problema de schistosomiasis y
su control por Jobin et al (1976, 1977) y una descripción preliminar
de la flora llevada a cabo por Estrada (1981). Por otro lado,

---Page Break---

a12

FIG. @ ?LAGO CARRAIZO ¥ SUS TRIBUTARIOS PRINCIPALES

---Page Break---

13+

van efectuando algunos trabsjoe que describen la ecologia, estruc-
tura y funetén de este embalse, llevados @ cabo por Rushing (1974),
Carbajal-Zamora (1974), Brown et af (1979), Mart{nea (1979) y
Quifiones-Mdrques (1980), Tanto Rushing (1974) coo Carbajal-

Zamora (1974) llevaron « cabo una serie de estudios concernientes

al problema del jacinto de agua y las poblaciones de zooplancton respectivamente, mientras que Brown et al (1979) y Martínez (1979) se dedicaron a efectuar estudios de naturaleza limnológica. Por

parte

del estudio

más reciente, Quifiones-Márquez (1980), llevó a cabo pruebas hidrográficas y geológicas en adición a las determinaciones limnológicas, siendo el estudio más completo efectuado

hasta el momento,

La precipitación anual promedio en el área de estudio fluctúa entre 127 y 204 mm. (Departamento de Recursos Naturales, D.R.N., 1978). Con relación a esto, Quifiones-Márquez (1980) estimó

durante ou período de investigación (1973-1975) que se descarga-

ron aproximad:

jente un total de 280 Mm³ de agua al Lago Carrafzo,
de los cuales, el 49.7% fue aportado por el Rfo Grande de Lofea
(139 Ma³). A grandes rasgos, 12 razén de flujo pro

Carratzo esté cerca de las 19 veces/año (Quifion

La capacidad actual del Lago Carrafzo ha sido estimada por

Quifiones-Nérques (1980) en 14.9 Ma³ de agu

Jo que significa una

pérdida de aproximadamente un 60% de la capacidad original de
aleaonaje descrita por Arnow & Crooks (1960) de 24.6 Ma³. Este

pérdida significativa en cuanto a la capacidad de almacenamiento del

Lago se debe al alto grado de sedimentación, que r

ponde a la

disminución en la calidad de la

por eutrofización de este

cuerpo, dándole un margen de utilización de no más de 40 años

---Page Break---

14

(Junta de Calidad Ambiental, 1978; Quiñones-Mérquez, 1980). En

la Tabla 2, se resumen una serie de parámetros físicos determi-

nados por las investigaciones ads importantes en el Lago Carrafzo.

---Page Break---

15>

sre ore. ven oad xd

T/3m9L"0 1/3870"0 - -- (fam) cowzuomy

TAagLn a (ux) Tex04 ouedpy TH

1/38 iL 1/88 Lut T/8agç"0 1/2mç6"0 (2zom *?-on)

soaTayTN & SoqUaaTK

T/88EE "0 T/8m67L TL T/Bagz"0. T/3a81"0 (a1) Tex04 ox0389E

1/88 0° 1/88 64°9 waerTy (0a) o3teneta oues;x0

zandatnrsakourad ? 2iitivn 70 \$S4iadus 0 24EEoe ousanvava

OOTY o1wand ?ozrvMEYO oD¥T

?1a NZ SaYOLAY SOTUVA YOd SOCVNINNZLEC SOOTHIND souLaKVUa sZ-WIEVE

---Page Break---

16+

oByETIVOS

Los objetivos del estudio se dividieron en los siguientes:

Prize

A) Medir la productividad del Jacinto de agua en el Lago

Carratzo.

B) Determinar los efectos de los afluentes del Lago Carratzo

en la calidad de las aguas del Lago.

©) Realizar un análisis químico del material del jacinto en las zonas designadas para su cosecho.

Secundario

A) Recomendar procedimientos y, aditivos para el saneamiento del

Jacinto de agua en nuestras r

vas de agua potable.

B) Recomendar métodos para disminuir la razón de eutrofización y optimizar la razón de remoción de nutrientes y contaminantes de los cuerpos de agua interiores por medio de la remoción del jacinto de agua a un tiempo

dado.

MATERIALES Y METODOS

En el estudio de productividad (objetivo primario A), se

establecieron cinco (5) cuadrantes de diez setos cuadrados (1022)

en el área del litoral oeste (fig. 5, 6) del Lago Carrafzo, cono-

cida por el crecimiento profuso del jacinto de agua. Cada uno de

los cinco (5) cuadrantes (Fig. 7) midió diez setos (22) de ancho
por cinco metros (5m) de largo, construidos de madera fijados al

fondo del Lago por medio de una cuerda de nilón

conectada a un

bloque de concreto en dos esquinas opuestas, Estos cuadrantes

---Page Break---

"A Dey

de los Leb Pa

Fig. DIAGRAMA DE LOS CINCO CUADRANTES EN EL
AGO CARRATZO

---Page Break---

?1 ESTACION DE MUESTREO JACINTO
#P ESTUDIO PRODUCTIVIDAD

FIG.G LOCALIZACION ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD ¥ ESTACIONES
DE MUESTREO JACINTOS DE AGUA

-18-

---Page Break---

?19-

a su vez, fueron subdivididos en áreas de un metro cuadrado (1m²)
con diversos cordones de nilón. Cada pequeño cuadrante de 12

fue sembrado con un jacinto de agua sencillo, de aproximadamente

100g de peso, saludable y sin retoños, el cual se obtuvo de los
brotes existentes en la vecindad del Lago. Antes de cada pesaje,

las plantas se mantuvieron fuera del agua solo 01 ti

po requerido

para drenar el agua, luego se pesaba y se le efectuaba un conteo

del número de hojas producidas, perdidas y abiertas y finalmente el

número de retoños producidos. Este proceso se ejecutó tres (3)

veces a la semana por las primeras dos semanas y una (1) vez por

las restantes tres. El pesaje se llevó a cabo con una balanza tipo Hols, modelo 1000, con una escala graduada en gramos y compensada por la temperatura. Este proceso se ejecutó durante los meses de marzo y abril de 1980.

Como suplemento al estudio de productividad, se efectuó un estudio

de densidad específica, que consistió en el conteo del número de

plantas

y la cantidad de biomasa disponible por unidad de área.

Además de esto, a cada planta se le tomó la altura o longitud desde la base del rizoma hasta el punto más alto de sus hojas. A tales

efectos,

se escogieron cuatro (4) regiones a lo largo de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza:

a) la región río arriba del Río Grande de Loíza

b) la de:

embocadura del Río Caguait:

4

c) la desembocadura del Río Gurabo, y

4) la región del Lago Carrizozo, aproximadamente a un Km,

(1 Km.) de la represa,

Con tal motivo, se utilizó un cuadrante de un

tro cuadrado (1m²)

---Page Break---

?SOGA DE NILON

BLOQUE DE CEMENTO-

FIGURA 7 DISEÑO Y DETALLE DEL CUADRANTE UTILIZADO
EN EL ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD

=26=

---Page Break---

aie

hecho de tubería plástica de PVC (Fig. 8). Este se lanzó en los
lugares designados al azar, se le anotó el peso húmedo en granos
a los jacintos, después de drenarlos y se los tomó la altura en

centfuetros. £1 contaje del niizero de plant:

llevé a cabo asu-

miendo que cada jacinto extraido del cuadrante y pesado era una

Planta, tuviese retoifoc o no. Eata fase #0 llevé a cabo el 22 de

enero de 1981,

Para el desarrollo del objetivo prizario B, ee establecieron

cuatro (4) estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca hidrogré=

fica del Rfo Grande de Lofza (Fig. 9): 1a estacién nimer 1 se

Jocalizó en 1a región rfo arriba del Rfo Grande de Lofza, aproxi-

adi

jente a 1 Km, del puente que pertenece a la Carretera Nde. 30,

que conduce de Caguas a Humacao;-1a estacién ni

ro 2 se localizó

en la zona de mezela del Rfo Caguitas y el Rfo Grande de, Lofza; 1a

estación ni

ro 3 se ubicó en la zona de mezcla del Rfo Gurabo y el
Rfo Grande de Lofze y 1a estación número 4 se estableció en el.

centro de 1a inmediación del Lago Carraízo, localizada aproximada-

mente a 1 Km. de la represa, Cada estación se marcó con el uso de

un envase de plástico que actuó de flotador, el cual

£436 al

fondo con un bloque de concreto, unidos entre ellos con un pedazo de

soga de nilón en sus extremos, Seguidi

nte, se desarrollaron una

serie de pruebas químicas y físicas para describir el perfil de la

columna de agua por estación. En el caso de las estaciones 3 y 4, las auestras de agua se tonaron do tres (3) niveles dietintos, como sigue:

a) superficie

b) parte central

e) fondo

---Page Break---

1M

dl

118M.

ec!

Fig. @ DETALLE DEL CUADRANTE UTILIZADO RN EL ESTUDIO
DE DENSIDAD ESPECTFICA

22+

---Page Break---

-23-

Por otro lado, la escasa profundidad de las

taciones 1 y 2

sdlo permitieron tomar muestras de dos (2) niveles, a saber

a) superficie

») fondo

Para obtener las muestras de agua para las pruebas químicas en cada estación y en los diferentes niveles, se utilizó una botella

Van Dorn de dos (2) litros de capacidad, las cuales se tomaron a

través de un tubo de goma localizado a la salida de la botella, la cual se introdujo hasta el fondo de cada botella de polietileno de 250 ml de capacidad que iba a contener las muestras de agua, dejando salir gota hasta que desbordara. Los parámetros químicos & determinarse en el laboratorio fueron: nitrógeno total (TKN); fósforo total (TP), dor

química y bioquímica de oxígeno (CoD y

BOs, respectivamente) y se detectó la presencia de los metales:

manganeso (Mn), cobre (Cu), cadmio (Cd), plomo (Pb), calcio (Ca) y

Rerourio (Hg). En el campo, se realizaron (in situ) las deternina-

chon:

de pl, ox{geno diguelto (D0), temperatura, conductividad,
ponetraci3n de luz y 2a transparencia.

Ec

Todos estos ensayos

aron en la toma y andlisis de auestras de agua binensualzente

durante un perfodo de cineo (5) x

+ los cuales ineluyeron

de sequ3a y lluvias (junto-octubre, 1980).

Los siguientes métodos y/o instrumentos fueron utilizados a tra.

vés de esta fi

° para

dix los pardaetros arriba encionados.

Nitrégeno total (TKN) fue determinado por el método Micro Kjeldahal;

fésforo totel (TP) fue detectado por 61 nétodo vanadato-molitdato,

sabos de acuerdo a Standaad Methods fon the Examination of Vater and

---Page Break---

@1 ESTACION DE MUESTREO/NUMERO

Fi@.@ LOCALIZACION ESTACIONES DE MUESTREO EN EL ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA

=2h-

---Page Break---

an 25 =

Wastes, de APHA, 1hta, edicicn, modidas de denanda quinica y bioqui-
mica de oxfgeno (COD, BODs) vç efectuaron segtn 10 eatablecide por
Standard Methods, 1hta. ed. y 1a preservaci3n y procedintentos de
almacenaje ce llevaron a cabo segtn lo especificado por Methods

fon Chemical Analysis of Water und Wastes, de U.S.E.P.A., 1979.

Las concentraciones de los meteles Mn, Cu, Cd y Pb se determinaron
de acuerdo a Analytical Methods Lon Atomic Aksonption Spectaophoto-
etsy, de Perkin-Elmer, 1976 y Methods fon the Chemical Anatyis of

Water und Wastes, 1979, con la utilinaci3n de un espectrofotduetro

Perkin-Elmer, modelo 360, equipado con un horno de grafito Perkin-Elmer HGA-2100, Corrector de Trasfondo de Deuterio, un registrador Perkin-Elmer, modelo 056 y utilizando el gas argón (Ar) como gas de arrastre. Calcio fue analizado por el método de titulación con EDTA (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid), según establecido por Standard Methods, 19th ed., de cuyos valores se obtuvo 1a dureza

multiplicando por un factor de 100,000. En el caso del mercurio

(Hg), se empleó el método de vapor frío (cold vapor) de Magos & Clarkson (1972) modificado por García-Castro (1980). Este método

consiste en añadirle @ una muestra de agua de 10!

ml de agua

de agua destilada, 50 ml de solución al 5% de permanganato de potasio ($KMnO_4$), se agita, luego se añaden Sal. de $CaCl_2$, concentrado 1 ml de Hg^{2+} , se vuelve a agitar, y se le añaden 10 ml de solución de NaCl al 1.0% para proporcionar volumen. Luego de esto, se le

añaden 200 μ l de una

ución al 10f de Aidroxiianine (NH,OH.HCL) y

s0 agiten hasta que 1e soluci3n se torne incolora. Por ditino, se

introduce un "pellet de pl3stico inerte, so le aflade un aillitro

de una soluei3n de cloruro estaiioso-clorure de eadzio (SnClp-0d C1)

---Page Break---

26

y se tape r3pidamente.

Inmediatamente se aplica calor y se agita

vigororesente por espacio de un (1) minuto. Finalmente, se en=

efende la bombs de vacfo y se hacen pasar los vapores por el eistena

do absorei3n at3sica Pharmacia, consistente de una unidad sonitora

y una unidad de control, provieto de una 1dapara de mercuric ope-

rada a 10 aV, operado a una sensibilidad de 0,018 conectado a un

registrador Pharsacia, operado a un voltaje de 10 V y una veloci-

dad de graficado de 1.27=n/seg. #1 aontaje de todo el equipo se

nuestra on la Fig. 10, Por otro lado, en las deterinactones

Llevadas a cabo én sétu en el campo, ol pH se tond utilizando el

metro de pit digital portdétel Orion Specific Ion Meter. 1 agua
para este ensayo se obtuvo de 1a botella Van Dorn a los diferentes
niveles. El oxfgeno disuelto (D0), teaperatura, conductividad y

penetracién de luz se midieron a intérvalos de un aetro (1m.) on

le coluana de agua, utilizando con tal propésito los metros YST
Dissolved Oxygen Meter y YSI Conductivity Meter para los prizeros
tres (3) pardaetros y et foténetro aunergible Protomatic, graduado

en pies-candelas, para ol Gitimo, En el caso de 1a conductividad,

Aa Lectura tot

1a por cada intérvalo de im. so tradujo a 1a con
centracién del total de sélidos disueltos (TDS), multiplicando le

lectura por el factor 0.65, según Standard Methods, 18th ed. Las lecturas de penetración de luz, se calculó el porcentaje (%) de luz disponible por cada metro de profundidad en la columna de agua. Suponiendo que la luz disponible en la superficie del agua es de 100%. Así:

+ Se determinó la razón de disminución en intensidad de luz con el incremento en la profundidad a través de la columna de agua, conocido como el coeficiente de extinción (K), el cual se

---Page Break---

3 E

4:

d 3

ce

|

YULTRO DE CARBON]

Kettvapo

---Page Break---

28+

expresa comot

$K + 2.30 (\log I_0 - \log I_a)$

$I_a - I_0$

donde:

I_0 = intensidad de luz a la profundidad 0,

I_a = intensidad de luz a la profundidad a

a_1 = profundidad inicial

a_2 = profundidad final

Mientras más alto el valor de K , menos será la transparencia y viceversa. Finalmente la zona fótica o transparencia del agua se determina utilizando el plato Secchi.

En la quinta fase del estudio (objetivo principal c), muestras de los jacintos de agua de las regiones del Lago Carrasco y del

Río Grande de Lofsa fueron tomadas, drenadas, pesadas

+ rotuleadas y

empaquetadas en bolsitas de plástico, preservadas en hielo y transportadas rápidamente al laboratorio para determinarles el porcentaje (%) por peso seco, 1 % de carbono orgánico total (TOC), el f de nitrógeno y fósforo total (TKN, TP), el contenido calórico, el # de

azufre (S), la detección de neta:

pesados Cd, Pb, Mn y Cu absorbidos

en los tejidos y el contenido de cenizas. Todos estos análisis se efectuaron en cuatro (4) secciones distintas dentro de la morfología

del jacinto de agua, a saber:

a) raíces

») peciolo

©) pseudólmina

4) homogenizado (rafes, peciclo

y seudoldmina)

---Page Break---

=29-

£1 \$ de component

por peso seco se determing sonetiendo las

austras do Jacinto de agua al calor, @ una texperatura do 60°C por

tres dfao y vueltas @ pesar, A paso soguido, cada socción de los

Jacintos fue pulverizada en un molino Wiley usando un tubo de puly.

risación de 40u, El £ de carbono orgénico total se calculé de

acuerdo a Instauetion And Paocedures Manual, de la Oceanographic

International, 1977, utilizando un analizador de carbono, modelo

524)

el % de nitrógeno total (TKN) se determina por el método

Macro Kjeldahl, según Jackson (1958), del cual se obtiene el contenido de proteína cruda multiplicando el TKN por el factor 6.25; el

% de fósforo total (TP) se determina por el método vanadato-molibdato, según Chapman & Pratt (1961); el contenido calórico se mide por el método de combustión adiabática calorimétrica descrito por Daniels et al. (1970) y en Oxygen Bomb Calorimetry And Combustion Methods,

de la Parr Instruments Co., (1970); el % de azufre se determina indirectamente mediante el lavado cuantitativo de los residuos de la combustión calorimétrica de cada muestra y pasado por el método gravimétrico para la detección de sulfato (80,-2), según Standard Methods, 14

ed, La detección de los metales pesados Cd, Pb, Mn

y Cu absorvidos en los tejidos del Jacinto de agua se lleva a cabo

de acuerdo al método de Ganje & Page (1974) y los métodos © instru-

sntaci3n descritos pare 1a espectrofotometría de absorci3n at3nica
@escrita con anterioridad. Por Gltino, 61 contenido de cenizas se
obtuvo incinerando las muestras a 550°C por seis (6) hor
Boyd (1968).

+ segin

---Page Break---

1)

RESULTADOS ¥ DISCUSION

PRODUCTIVIDAD DEL JACINTO DE AGUA:

Produetividad neta

La raz3n de producei3n de nueva materia orgd3nica en un

organismo fotosint3tico

1& dade por la productividad nota y

1a reproducei3n vegetative a la cual el organismo ee desarrolia en su aablente natural, Estos, a ou vez, responden a las ine fluencias ambientales @ lac cuales la planta se enfrenta en su habitat.

Puerto Rico, a diferencia de los pafses subtropicales

@isfrute de un clima tropical durante todo el allo, lo que

Permite que las condiciones clisatolSgicas perduren a trav3s

Gel aio, por lo tanto, crognndose los factores propietos para

que el jacinto de agua, Eichhoan3a crassines, se eatablezce

per

entamente en nuestras reservas de agua potable (legos),

Provocando serios problemas al sistema ecol3gico.

Los resultados de le prinera parte de esta fase se ilus.

tran on le Table 3. Estos resultados se basan en la observa-

eign de cuarenta y etete (47) jacintos de agua por un perfodo

de veinte y siete (27) dfas, dentro del cual se efectuaron

nuove (9) visitas el campo. Estas visitas produjeron nueve

(9) pesajes por cada planta, a trai

de todo el experimento.

La tabla expresa la distribución de los jacintos de agua expresada en granos por planta por día (g/p/d) relacionada al número de jacintos de agua (frecuencia) en cada intervalo de

=30-

---Page Break---

312

clase. Esta distribución arroja una productividad promedio de 9.76 g/p/d (peso húmedo), variando desde 4.1 a 15.42 g/p/d. Por otro lado, la frecuencia mayor de la distribución ocurrió en el intervalo de clase de 5.810 a 7.502 g/p/a (peso húmedo) con un total de 13 observaciones, que representó un 27.7% del total de los jacintos examinados (fig. 11).

Siendo gata la clase nodal, el valor de 6.52 g/p/d representa

la moda de toda la distribución. Tomando la media aritmética

TABLA 3:

DISTRIBUCION DE AUMENTO EN BIOMASA POR PLANTA

POR UNIDAD DE TIEMPO DEL JACINTO DE AGUA EN

EL LITORAL OESTE DEL LAGO CARRAIZO, PUERTO RICO

se

AUMINTO EN BIOMASA FRECUENCIA

a/p/a

0.73 ~ 2.422

22423-41116

4.:117- 51809,

5:810-

72503-92196

92497-10889

101890-12.582

121582-14.276

141277-15..989

15.970-17 1662

17.663-19.356

19357-21050,

TOTAL ape

HL

""Se utilizaron 47 de Jos 50 jacintos originalmente eatablect-
Gos por estar 3 de éstos en estado detrimental a1 finalizar
el estudio.

---Page Break---

0.25}

0.20)

Frecuencia

0.05]

32.

$X=9.769/\text{pyd } 172 \text{ kg/ha/a}$

Ne47 0.172 tm/ hava

$Sx*5.66$

$Sk=0.83$

$X_{\min} = 0.73$

$X_{\max} @ 21.05$

$Mo=6.52 \text{ g/p/d}$

0.73

FIG.11

2.423

7.503

9.197]

HISTOGRAMA DE LA
DE LOS JACINTOS DI

12.583]

4.277

13.970]

17663

19.357]

21.050

DISTRIBUGION DE LA PRODUCTIVIDAD
E AGUA POR PLANTA EN EL LAGO

---Page Break---

=33-

como el valor representativo de le distribuetén (9.76 g/p/a), que 1 sultiplicarlo por el promedic de plantas por aetro cuadrado para el Lago Carrafsó (17.62 pints/m²)*, resulta en la productividad del jacinto por unidad de area por unidad de tiempo ($\phi/e2/4$). Para el Lago Carratzo, 1a productividad del Jacinto de agua demostré ser en promedio de 172.0 g/m²/d, lo que dista del valor reportado por Villamil eç af (1979) de 216.39 g/m²/d de jacintos cosechados en efluentes de una planta do tratamiento secundaria en Puerto Rico y del valor mximo hallado por Earle (segin Penfound, 1956) de 315.7 g/m²/d en

Nueva Orléans, Louisiana. Esta sarcada diferencia en produc-

tividad con los valores reportades por Earle (segin Penfound, 1956) podrfa deberse on su mayer parte a la dieponibilidad de nutrientes en la coluana de agua y a a alta predacién a que

estos jacintes fueron «:

tidos durante 01 período de estudio,

ya que observaciones visuales en el campo demostraron que tanto
en Mozambique de Puerto Rico, *Quiseatus niger*, como la gallerca,

Gastrophysa chthonopus, ejercían una

realizada predación sobre la

seudostolmitina de los jacintos de agua. Además, @ medida que pro-
gresaba el estudio, se fueron notando en gran parte de la

población de jacintos de agua mordeduras en forma de "media

luna" en la parte inferior de los flotadores, similares a 1

descritas por Yount & Crossan (1970), atribuidas, en ese caso,

a la tortuga del género *Pseudemys* sp. En el caso del Lago

* Promedio aproximado

---Page Break---

=34-

Garratzo, 02 causante de esta predación en los flotadores podría atribuírse a 1 pes herbívoro *Titapia mosaatica*, cuya población está bien establecida en el Lago (Ortiz, 1981). Por tanto, a

una tasa de productividad de 172 g/s²/d, resultaría en un ren-

gimiento de 172 kg/ha/d de jacintos en peso húmedo de bio-

(9,632 kg/ha/d, peso seco)*, equivalentes a 0.172 t/ha/a

(0.009632 t/ha/a pe.

seco) para el jacinto promedio del Lago

Carratzo,

Existe una marcada relación entre el porcentaje (%) de

aumento en bio

del jacinto de agua y el tiempo transcurrido

(1) desde 01 primer pesaje o ps

Je original (W_0). Al inicio

tiempo, 1 factor de incremento diario (X) es función de ambos,

y este

obtiene para demostrar « qué razón 1a planta debe

crecer entre dos fechas para aumentar al peso final (W_1) hallado

en la segunda fecha (Bock, 1966). Esta razón de incremento en

biomasa diaria se expresa mediante la fórmula de crecimiento

geométrico, a saber:

We Wox?

donde:

We = peso de 1a planta al final del experimento

Wo = peso de 1a planta al inicio del experimento

T = número de días entre pesadas

X = factor de incremento diario

La base es un 5.63% de composición por peso seco, el que se discute en la última parte del estudio.

---Page Break---

235+

De aquí, se obtiene X, para cualquier número de días T.

La Tabla 4 expresa la relación entre el £ de aumento desde

esta última fecha, 1 £ de aumento con ri

pecto al peso original

y el factor de incremento diario para todos los 47 jacintos de agua envueltos en el estudio. Cada uno de los valores expresados representa el pro!

aio diario con respecto @ los 47 jacin-

tos de agua utilizados en el experimento. En 1a colusna deno-

minada como "f de aumento ditino pe:

Jen

entre fechas fue dividido entre el peso de 1a planta con res-

el inere:

nto en peso

pecto a la fecha anterior, multiplicado a eu vez por 100 para

reflejar el porcentaje de aumento. Este

un indieador de le

variación con respecto @ 1a ganancia del peso del Jacinto de

agua y 2

condiciones

bionteles a la que éate se enfrenta

cada nimerio T de dfas. La colusna denosinada "% ausente peso

original", el peso inicial de las plantas en el estudio fue

restado @ loo pesos registrados en cada una de las fechas sub-

Secuentes, que al ser divididas por el peso original y aultipli-

cado por 100, resulta en el \$ de aumento durante el experi

nto.

Bote es una medida de incremento total en biomasa de las plantas

durante todo el periodo de estudio.

---Page Break---

=36-

?oquenyasdxo Top ozueymoo op eyoeg 4x

ELLEo*L 9° 6EL suet og/at/iz

seoeo"l L004 sere 08/AI/9L

YSeeorh ee" 6L ears 08/AT/tL

ouzeo" 04°99 eur oL oB/al/6

9010" L oes sore 08/AI/L

ge0zo"L 26°61 err o8/al/z

6610" zens meet 08/III/LE

4700" seorh Segre 08/I111/Lz

on + om 08/111/sz

oruvia |

OLNGHEYONT YOUVE | TVNTOINO oSd OLNGWOY ¥ | ReVSad ONTLIA OINEHAY ¢ vaoar

O2IVauVD OOOVI Tad ZLSHO TVUOLIT TE NF YOOY Ba SOLNIOVE Bq NOLOVIaOd

VI 0 OLUVIG OGNEHHEONT GO YOLOVA X VSVNOTE NA OLNAWTYQN Gq SECVENOWOE

:F-VIEWE

---Page Break---

37+

Los resultados obtenidos dem

tran que el aumento on peso

himedo de 1a plantas comensS casi inuediatenentc. Durante los

prineros 2 dfas, se observé un perfodo de adaptacién de las

Plantas, al registrarse un aumento de peso un 1.635%. Al cabo

de los siguientes 6 días, este porcentaje aumentó a un 19.92%

Respecto al peso inicial, hasta registrarse un valor máximo de un 139.6% de aumento en biomasa comparado con el peso inicial

en 27 días, lo cual responde significativ

mente a una expresión

lineal (fig. 12). Por otro lado, la variación sarcada entre

días 4 de aumento con respecto al último pesaje podría obedecer

a la influencia de condiciones ambientales

ve ads

efectivamente, a la predación a 1

cuales fueron sonetia:

tas plantas durante el periodo de estudio. Aunque estos datos

sugieran que existe un

mechanismo de control natural transitorio

de la población del jacinto de agua, también queda demostrada

la capacidad del jacinto de recuperarse y superar la condición

de pérdida de peso en sus tejidos:

al registrarse un incremento

en el % de aumento con respecto al peso fresco después de una

baja transitoria de éste, sumado a la relación lineal que existe entre el número de días y el % de aumento en peso comparado con el peso inicial. Estos factores fisiológicos, junto con la disponibilidad de nutrientes, son determinantes en el establecimiento y dominio de esta planta flotante en la superficie de nuestras reservas de agua potable.

El factor de incremento diario muestra un patrón similar al establecido por el % de incremento en peso.

© comparado con el peso

inicial, Durante los primeros 2 días, el factor de incremento

---Page Break---

% Aumento en Peso

40

109]

20

oO

GRAPICA ILUSTRATIVA
EN BIOMASA POR DIA
DEL JACINTO DE AGUA

$Y = S.27x - 11.43$

¥2 50.9897

sseeE aumento fitino

Pesaje

% aumento peso

original

regresión lineal

DEL PORCTENTO (%) DE AUMENTO

38+

---Page Break---

-39-

registré un valor afnino de 1.00473, debsdo al bajo £ de aumento en bionasa encontrado (fig. 12). Sin embargo, a medida que iba tnerenentando el \$ de auzento en peso comparado con el peso inicial, el factor de increnento diario aumentaba proporeional-

mente, registrando el valor ngs alto los 17 afes (1.03354),

mientras que para todo ol perfodo de estudio le media ariti fue de 1.0256 (1.0157 - 1.0355), 1a que resulté similar con el

tion

valor promedio reportado por Rushing (1974) de 1.026 para 62 Lago Carrafzo y el valor estacional hallado por Bock (1966) de 1,025 en California. Sin eabargo, este valor promedio results inferior a los reportados en Sudén por Pettet (1964) de 1.1253

en Jamaica por Bock (1966) de 1.104 y en 1a Florida por S.

(según Bock, 1966) de 1.104. Por último, haciendo uso del factor de incremento diario para el jacinto de agua en el Lago Carrasco determinado en el presente estudio, (1.0256) en promedio el jacinto de agua duplica su biomasa cada 28 días

Esto justifica además esta planta vascular acuática en condiciones naturales, posea el potencial de ser la especie dominante en la superficie de los cuerpos de agua interiores en poco tiempo, debido a su alta productividad neta y a su alta razón de incremento en biomasa diario,

Producción, Predación y Mortalidad de Seudópodos (hoja:

La pseudópoda u hoja del jacinto de agua representa la

sección morfológica más importante dentro de su anatomía, ya

que protegen el rizoma contra la acción de los herbicidas y la desecación, como también les proporcionan un medio de

que impide al actuar como velas. Sin embargo, en mayor

---Page Break---

=40~

importancia estriba en ser el centro atrapador de energía solar para la fotosíntesis, lo que resulta ser un aspecto significativo en la productividad de la planta. Por tal motivo, la producción, predación y mortalidad natural de las hojas del

Jacinto de agua por unidad de tiempo representan los factores:

que determinarán la razón de crecimiento de la planta en cualquier

cuerpo de agua interior y adyacente

en el Lago

Carrasco. Primeramente, la producción de hojas por día aumentó

@ una rasén exponencial y proporctonal:

ynte al aumento en peso

(tig. 13), Bn pronedio, una planta produciré 7.54 hojae/afa,

lo que deauestra que una planta promedio da:

origen potencial-

mente @ un total de 140,973,290 hojae por afo. Este alte

Produccién de hojas por allo proves a les planti

con un extra-

ordinario sustrato para gencrar una productividad significative:

monte alta para una planta acuética flotante. £1 patrén de

Producotén de hojas por dfa comprueba la capacidad que el

Jacinto de agua poses en cuanto a productividad de hojas se

refiere. Durante los prineros dos dfas, s81o se registré un

aumento de un 14.06% de interés,

aumento en el número de hojas)

registró un 30,08

(Tabla 5). A los 6 años subsiguientes, si

de interés

aumento en el número de hojas

con respecto al número

inicial.

---Page Break---

Hojas Producidos

30

2s}

20]

19] ¥ = 7.20 @ 0046

r2s 0.9630

0 * 10 1s 20 as 30

Dias

"9 RELACION EXPONENCIAL ENTRE EL NUMERO DE HOJAS
PRODUCIDAS POR PLANTA POR UNIDAD DE TIEMPO

---Page Break---

TABLA 3: PRODUGCION DE HOJAS POR DIA Y PORCENTAJES DE AUMENTO DE.

HOJAS CON RESPECTO AL NUMERO DE HOJAS INICIALES DEL.

JACINTO DE AGUA, LAGO CARRAIZO, PUERTO RICO

SSS

"A NUMERO NUMERO DE HOJAS PROMEDIO 4 AUMENTO

o

2

6

8

3

15

?

22

27

Al final del estudio, el número de hojas del Jacinto prome-

dió un aumento de 246.78 en 27 días, lo que resulta en un aumento

drástico en el número de hojas producidas por el jacinto de agua.

La predación ejercida por los herbívoros a las hojas del

Jacinto de agua aumentó de igual manera con el aumento en el

número de hojas producidas. A diferencia del crecimiento exponencial de la pseudotsuga, la predación incrementó con el aumento en el número de hojas por 13 días (Table 6) hasta alcanzar un equilibrio entre los días 16 y 18 y después declinar (fig. 14), lo que refleja que esta predación se comporta con una expresión cuadrática. Esto significa que a una razón de producción promedio de 7.54 hojas/a por planta, el 38.9% de

---Page Break---

Promedio % Hojas Predadas

50)

40]

30)

20)

10)

5 10

$\text{¥} * 20.1210 + 3.1911 X - 0.09331x^2$

72 20.93516

15 20 2

Promedio Hojas Producidas

FI@.14 RELACION ENTRE EL PRO

MEDIO DE HOJAS PRODUCIDAS POR

DIA Y EL PORCIENTO DE ESAS HOJAS QUE SON PREDADAS

DEL JACINTO DE AGUA

---Page Break---

TABLA 6: RELACION ENTRE LA PRODUCCION DE HOJAS Y EL # DE ESAS

HOJAS QUE FUERON PREDADAS AL JACINTO DE AGUA,

LAGO CARRATZO, PUERTO RICO

oa

DIA NUNEKO NUMERO DE HOJAS PROMEDIO # HOJAS PREDADAS

° 7.54 -

2 8.60 34.96

6 9.52 39.86

8 9.80 49.96

3 12.28 49,06

15 141g hath

7 15.86 44.6

22 21,06 46.52

27 26.14 39.96

tO

estas hojas producidas (2.94h) serd predada, lo que expresado a
Jas 14,973,290 hojas producidas al afio, dard coo resultado que

nte 54,810,417 de esas hojas producidas sean preda-

das anualmente. Aunque este alto porcentaje de predaci3n de
las hojas producidas puede sanifestar una baja significative
en el incremento de biomasa por dfa, cabe mencionar que este

{ndice es particular para cada lugar y puede

ar sujeto a

variacion:

estacionales en la poblaci3n avfoola y de insectos

herb{voros. Bajo condicion:

controladas, esta situación no es de esperarse, lo que reducirá a un mínimo la predación natural y aumentará el rendimiento del jacinto en términos de su productividad neta

---Page Break---

la mortalidad de las hojas del Jacinto de agua resultó mínima con respecto a la producción de hojas por día. En total, un promedio de 10.54 hojas murieron por planta durante el período de estudio (6.57 - 14.51), lo que equivale a una mortalidad promedio de 0.39 hojas muertas por planta por día

(0.24 = 0.54). Esto representa una mortalidad de 142.4 hojas por año, que comparado con la producción de hojas el año (140,973,290) resulta en una relación de 1 hoja muerta por cada 989,981 hojas producidas (1:989,981) o un equivalente de

$1,010 \times 10^{-6}$ veces las hojas producidas por año. Aunque esta razón de hojas muertas a hojas producidas parece desproporcionada, cabe mencionar que esta relación resulta en base a

los datos obtenidos durante 27 días de observación. Sin embargo, dicha desproporción podría explicarse en parte por la alta productivi-

dad del Jacinto de agua en ambientes favorables para su desarrollo. Por otro lado, no se halla una correlación significativa entre el \$ de las hojas sueltas respecto al número de hojas producidas por día y el tiempo transcurrido, ya que éste resultó ser extremadamente variable durante todo el período de estudio

(fig. 15). Esta variabilidad en el \$ de hojas sueltas

indica

que el Jacinto de agua no lleva una razón uniforme de mortalidad

de hojas, y que a largo plazo, responde a la predación a la cual están sometidas las hojas continuamente (fig. 15). Dicho de otro modo, la mortalidad de las hojas estará influenciada o

acelerada por la predación a la cual las plantas

sean sonetia

en adición a 1a tolerancia que tengan las hojas a la variación

en las condiciones ambientales, tales como la respuesta de las

---Page Break---

% Hojos Muertos

30

?0

30

20]

Iso

Iz0

Hojas Muertos 5

Hojas Pr

rados

Dios

FIG.1© VARIACION DEL PORCTENTO DE LAS HOJAS

MUERTAS POR DIA CON RESPECTO AL PORCTENTO

% Hojas Preparadas

DE HOJAS PREDADAS POR DIA DEL JACINTO DE AGUA

---Page Break---

estomss a los cambios en temperatura y humedad y « la radiación solar absorbida para la fotosntesis (Ray, 1963). Hasta la fecha, este aspecto dentro de 1a fistologfa del jacinto de agua ain se desconcce, 1o que proporcionarla un pardmetro ads a considerarse en futuras investigaciones.

Densidad Bepeefficca:

La deneidad © el mfmero de jacintos de agua por unidad de frea en varias estaciones del Lago Carrafzo mostré diferentes patrones, tanto en el número de plantas, la cantidad de bio-

+ Gono en la altura de cada uno de ellos a través del froa de estudio, En cuanto al mfmero de plantas se refiere, ol Rfo Gurabo sostré el mayor nifmero de plantas por uetro cuadrado

(pits/a?) con 22 (15.07 - 28.93),

guido por 1a región del

Rfo Grande de Lofza, con 21.33 plts/m² (18.44 ~ 26.2), ?02 Lago

Garrafzo, con 14.66 plts/e² (9.53 - 19.79) y, por ditino, ta

región del Rfo Caguita:

con 12,5 plte/a²(8.97 - 16.03), Beta

@istribuetém coleca a 1a región del Rfo Gurabo y el Rfo Grande

de Lofsa como les más productivas en tépinos del nfmero de

Plantas por metro cuadrado (fig. t6a). Estos valor

resultan

por debajo del valor reportado por Villaatl ef af (1979) de

26.5 plte/m² determinado bajo condiciones controla:

Puerto Rico. Por otro lado, 1a cantidad de bionasa disponible

Por metro cuadrado muestra un patrón diferente al número de

plantas por

metro cuadrado. En este caso, 1a región del Lago

Carraszo resultó con la mayor biomasa por metro cuadrado, con

un valor de 16.685 kgs/m², seguida por 1a región del Rfo Gurabo

con 8.999 kgs/m², 1a región del Rfo Grande de Lofz:

con

---Page Break---

plants/m²

kgs/m²

20|

Sat See Ses

Bia. 4

Ste. Stee S10. 3

Sta.4

---Page Break---

495

8.355 kg/a² y, por @itizo, 1a región del Rfo Caguitas, con 4.913 kg/a², a1 igual que on el nfsero de plantas por metro cuadrado, 1a región del Rfo Caguitas exhibió e1 valor senor

de loo regiones estudiadas (fig. 1b), Sin esbargo, 1a biozasa obtenida en la región del Lago Carrafzo (16.685 kg/n²) representa un 46.07% superior al segundo valor maximo encontrado

en 1 región del Rfo Gurabo, con 8.999 kg/a², Este valor resulté superior al encontrado por Villamil ed af (1979) de 10.67 kg/n², 10 que deavestra que 1a región del Lago Carrafzo es 1a ade productiva con respecto al rendimiento en bionasa

por setro cuadrado, Esta miei

a proporeién se establece al

comparar la altura de plantas encontradas para las diferentes regiones (fig. 17), prevaleciendo el valor mayor para la región del Lago Carraízo, alcanzando una altura promedio de 101.36 cm. (81.69 - 121.03 cm.), seguido por la región del Afo Gurabo, con una altura promedio de 41.60 cm. (19.13 - 64.07 cm.), la región del Rfo Grande de Lofsa, con una altura promedio de 32.79 cm (11.82 - 53.76 cm.) y, por último

la región del Rfo

Caguitas, con una altura de 29.66 (18.48 - 40.84 cm.). EL

patrón observado en cuanto a la altura promedio de 1

plantas

establece diferencias de tamaño entre las regiones!

lo que

obedece a la clasificación del jacinto de agua por categorías

de tamaño 0 biotipos, según lo sugerido por Cooley & Martin
(1978) en jacintos de agua presentes en 1a Florida (hasta
30.48 cms., poquefio: de 60.96 a 76.2 om
91644 a 121.92

uediano y de

+ super jacinto). En base a esta clasi-

flencién en biotipos, 2a región del Lago Carratzo esth

---Page Break---

A, em

Ho}

19

0]

49)

FIG.17 HISTOGRAMA DE LA ALTURA PROMEDIO DE LOS JACINTOS DE AGUA

Stet ?Sta2 ?sta.3

EN LAS CUATRO ESTACIONES DE MUESTREO

Sta.4

---Page Break---

-51-

dominada completamente por los super-jacintos; las regiones del Rfo Gurabo y el Rfo Grande de Lofza predomina el jacinto mediano y, por último, en la 1ª región del Rfo Caguitas prevalece el jacinto de agua pequeño. Esta diferencia morfológica está

asociada con la concentración de hierro y oxígeno disueltos

respectivamente en la columna de agua, ya que se han encontrado poblaciones de jacintos de agua pequeños, medianos y super-jacintos en concentraciones de 8.0, 4.0 y 0.5 mg/l, respectivamente (Cooley & Martin, 1978). Esto corresponde a los valores encontrados en el campo para el caso de los super-

Jacintos (Table 7), pero cabe mencionar que en casos de

brotos extensos, la concentración de oxígeno disuelto en la superficie del agua resultó baja, comparada con los valores

Para el jacinto mediano, lo que viene a consecuencia de la baja en la actividad fotosintética en la columna de agua y el incremento en la concentración de CO₂. Por tal motivo, se deben de desarrollar otros criterios para poder explicar por qué motivo ciertas poblaciones de los diferentes biotipos de jacintos tienden a dominar en una región en particular, Uno de los factores que pudiese explicar esta diferenciación en la fisiología del jacinto sería la edad de las plantas, la cual estaría

Ligada a los parámetros o factores que inhiban o favorezcan

el desarrollo de los jacintos. Algunos de

los factores

pudiesen ser la concentración de ciertos zetales o la disponi-

Dilidad de nutrient:

» respectivamente. Relacionado con este

aspecto, una región que merece especial atención es la región

---Page Break---

3520

TABLA 7: CONCENTRACIONES DE OXIGENO EN LAS DIFERENTES REGIONES
EN QUE PREDOMINAN EL JACINTO MEDIANO Y EL SUPER
JACINTO, RESPECTIVAMENTE LAGO CARRAIZO, PUERTO RICO

a

Boor:

PARAMETRO a0

MEDIANOT SUPER?

Oxígeno disuelto, mg/l 0.85 0.74

Temperatura, °C 22.37 22.83

1 Rfo Grande de Lofsa

2 Lago Carratzo

del Rfo Caguitas, ya que ésta mostré los valores menores con res-

pecto al número de plantas, biomasa y altura de los jacintos de
agua respectivamente, Este acontecimiento sugiere que el jacinto
de agua en esa región se encuentra bajo una constante tensión que
limita el máximo desarrollo en su productividad, que al paso

tiempo, puede atribuirse a las condiciones

biofísicas predominan-

específicamente, a la calidad del agua en la cuenca.

y

Este aspecto y su relación al jacinto de agua será discutido en detalle en la segunda parte de la investigación.

Como primer aspecto dentro de la productividad y la razón del crecimiento del jacinto de agua, se encontró una relación signifi-

cativa entre el largo total de cada planta y su pe

o hmedo para

todos los jacintos de las distintas regiones del Lago Carrizo (fig. 18). Esta relación lineal demuestra la estrecha asociación

que guarda el tamaño de la planta y su biomasa, independientemente

---Page Break---

¥13.98 x- 70.20

re 0.862

ne 106

---Page Break---

She

a qué blotipo pertenezca, Adonés, esta relación sugiere ser una característica importante para la hidrodinámica de 1ª planta. Su capacidad para flotar, en promedio, el jacinto de agua en el Lago Carrafzo guarda una relación de 1:12.54 (onza)

de tamaño a peso. Esta relación se mantiene constante e importante en tamaño, lo que añade otra característica particular de la especie. Por otro lado, la relación lineal entre el peso y el tamaño establece que el peso de la planta es proporcional a su tamaño y viceversa. En base a esto, el peso promedio aproximado de los Jacintos de las diferentes regiones de las distintas regiones del Lago Carrafzo puede ser determinado en base al promedio que posea. Para la

Fregión del Lago Carrafzo, el jacinto promedio pesará alrededor de 1343.4g (1073.3 - 1613.4): aquellos que pertenescan a la región del Rfo Gurabo pesargn aproxinadanonte 522.9g

(214.5 = 831.5)s los Jacintos de la regign det Rfo Grande de Lofza pesardn 401.9¢ (114.2 - 689.8) y, por Gitino, los pertenecientes a le región dul Rfo Caguitas poseerdn una biosasa Promedio de 359.04g (205.5 - 512.5). En conclusi3n, la presencia de los tres diferentes ecotipos de Jacinto de agua sugicren una estrecha relaci3n entre las condiciones aubien-

tales y su desarrollo. fn otras palabras, el Jacinto de agua

responderd en térsinos del tamaio que pueda aleanzar, a le calidad del agua del medio en que domina. Este hecho coloca

al Jacinto de agua como un indieador biol3gico del estado

tr3tico on que se pudiese encontrar un cuerpo de agua en

---Page Break---

55=

relactén & 1a cantidad de jacintos por unidad de dre, y ads
especfficanente, al tanafio que éstos puedan alcanser en el

Bedio, El anlisis posterior a esta fese del

tudio de los

pardaetros qufaico-ffeicos sds iaportantes sobre 1a calidad
de lee aguas @ lo largo de 1a cuenca nidrográfica del Rfo

Grande de Lofza se asociard con el crecimiento? diferencial

¥ Profuse de los tres biotipos de jacinto de agu

Banera, se comprobard finalente la cavsalidad y distribu-

ein de 1a poblacién de jacintos on este ecosie

---Page Break---

ISICOS MAS IMPORTANTES DE LOS
E_LAGO-CARRATZ

tado tráfico o de productividad de las re:

rvas de agua

@ependerd de 1a calidad del agua de los tributarios que lo alinentan,

lo que esté {nti

rente relacionado a las actividades y manejo cul-

tural de la cuenca hidrográfica, Por lo tanto, 1e determinación de

la calidad de las aguas de los tributarios es primordial en la con-

previsión y entendimiento de las características:

En el embalse. En

el caso del Lago Carrafzo, la calidad del agua en el Lago estará

determinada por los insumos que recibe de sus tributarios principales. En

base a este aspecto, la discusión de los resultados se llevará a

cabida por los parámetros químicos, biológicos y físicos determinados

en el estudio por cada tributario (estación) en adición al Lago

Carrafzo, respectivamente:

Nitrógeno y Fósforo Total (TKN, TP):

U

concentraciones de nitrógeno y fósforo total (TKN, TP) en
estas estaciones:

Las estaciones 2, 3 y 4 muestran en la Tabla 8. Ninguna de
las estaciones:

muestra un patrón similar de distribución en la
columna de agua de ambos nutrientes. En el caso del Río Grande de
Lofa, el nitrógeno y fósforo total muestran un patrón inverso de

distribución en la columna de agua. En el caso del nitrógeno total,

la concentración tanto en la superficie como en el fondo es similar,
con valores promedio de 0.4969 (40.2558) y 0.4965 (40.2720) mg/l
respectivamente, lo que sugiere una distribución uniforme en la
columna de agua (Fig. 19).

ose orcoro ers6 = ose | egies aro bae ora, orot

amt seco vezr? t] 690"1 oe" L900" © oraz" ors

eLrL seeoro uez*z earn | Soure 9910 bate ores sto osyesayg o@ey

yetrt utero 466°% = ergur0 | gua h oor ory

9680 9ztito svrrz ?guesto | sort L06"¢ ore

bosto secoro utes §?geaero | zeere, 166"9 so eavany o7y

4

sruo"o y990"s ??owers | zesrs ot

roo zuere §? reget | sre so eer Tnde oFy

3 urivo_oveero [oeueo 6560 S967°0 oF

?£L0°0 069"t ?6aes*o | asszr0 uois'o 69670 sto vego7

op opuesy OFy

. KOIOVESS

avaraxnaoua

OVI Tad KoTOWssa vi x satvar

A WML Ga SEYOIA SOT Hd (Ga) BYORVESE

ozrnavo. .

?OWTYd SOTWVLAGTHL SOT sq Yaor ga YHATOO VI Ka dy

NOIOVIASGC X SWMININ "SVAIXWR ?OIGaKOU E SHNOLOVLNGONOO +E-FTEVE

---Page Break---

TKN, mg/}

Z,mts

2.0

TP, mga

TKN, mg/l

Z, mts

om

TP, mg/l

Fi@.1m DISTRIBUCION VERTICAL DE LA CONCENTRACION DE NITROGENO
Y FOSFORO TOTAL (A) RIO CAGUITAS Y (B) RIO GRANDE DE.

LOIZA

-58-

---Page Break---

~59-

Sin embargo, la concentración del fósforo total muestra una estratificación avanzada del nutriente entre la superficie y el fondo. La concentración del fósforo total promedio en la superficie resultó ser de 0.5389 (40.6636) mg/l y en el fondo de 0.2240 (40.1323) mg/l, lo que representa una diferencia de 0.3149 mg/l, equivalentes a una variación del 41.56% en solo una profundidad de 1m. Esta marcada desigualdad entre los valores del fósforo total entre superficie y fondo se puede deber a una gran variedad de factores ambientales, entre ellos, la cantidad de fósforo total asociada con la materia

suspendida, y la concentración de oxígeno disuelto y los iones de

calcio, hierro y manganeso

0 (Catión, Fe²⁺, vnt2) en la columna de agua

y los sedimentos, respectivamente. Esto establecería que la mayor

parte del fósforo total está asociado al

material particulado o en

suspensión que exista en la superficie, mientras que en el fondo
constituye el depósito de los fosfatos en el Río Grande de Lofza.

La existencia de una buena aereación del área por la presencia de

corrient.

de viento en el valle, junto a la escasa profundidad del sector perattirén una buena oxigenación de 1a columa de agua. Estas condiciones permitieron al fósforo asociarse y precipitarse princi-

palmente en forma de complejos de fosfato ferro-hidroxidos ($\text{Fe}(\text{OH})$

PO_4), fosfato férrico (FePO_4), hidroxilapatita ($\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$) y

fosfato orgánico (HnHPO_4) (Titchinson, 1957; Wetzel, 1975; Thete &

McCabe, 1978). En otros

palabras, la oxigenación de los sedimentos

no solamente retiene al fósforo, sino que previene la difusión de
iones ferrosos y fosfatos de las capas del sedimento. Aunque la condi-

ción aeróbica de la

ción mantenga la mayor parte de los fosfatos

---Page Break---

~60~

en el fondo, la concentración del fósforo total (TP) en la super-

ficie del agua, en términos de productividad, el Río Grande de
Lofza es un tributario completamente hipertrófico, ya que sobrepasa
el límite de mayor de 100 µg/l de fósforo total (Wetzel, 1975). En
cuanto al nitrógeno total (TKN), éste se encuentra en la fase
Mesotrófica. Esta condición sugiere que el Río Grande de Lofza se
encuentra en una etapa de transición trófica

ba estacif. del Rfo Caguitas mostré un patrén similar de dis-
tribució\$, de estos nutrient:

en le columna de agua, ya que ambos
parámetros aumentaron en concentración con el gradiente de profun-
didad (Fig. 198), De los tres tributarios del Lago Carrafzo inclui-

dos en 1a inve

gación, el Rfo Caguitas mostré los valores próximos

de nitrógeno y fósforo total respectivamente, con valores promedio
de 6.285 (43.53) mg/l y 8.617% (45.52) mg/l de nitrógeno total para

la superficie y el fondo respectivamente:

nto, y valores promedio de
140654 (21.35) mg/L y 1.380 (42.119) ng/l de fósforo total para la

superficie e hipnifmeo respectivamente. Sin lugar a dudas, 1a
excesiva carga orgdnica a la que eoté sonetidc ol Rfo Caguitas por
concepto de las descargas de efluentes parcialmente tratados o sin
tratar de la plente de tratamiento de aguas donSsticas de Caguas,
eon una descarga promedic de 20,819.7 23/4, posee una directa

relación con los altos valor

registrados.

En el caso del nitrógeno total, existe un pequefio gradiente

pecto @ las concentraciones de 1a superficie y el fondo, que

aunque

te diferencia sea de 1m., resulta en una pequefia estrati-

feación en cuanto al nitrógeno total se refiere. Esta estratificación podría ser producto de una gran cantidad de materia orgánica

---Page Break---

-01-

en forma de fango que se encuentra depositada en el fondo de estas estancias ya que el nitrógeno orgánico comúnmente constituye más de la mitad del nitrógeno total disuelto (Wetzel, 1975).

Por otro lado, el fósforo total se distribuye de una forma

bastante uniforme, sin registrarse una variación significativa entre

estaciones ya que ambos valores son extraordinariamente altos para un cuerpo de

agua con un caudal reducido, Esta condición sugiere que una gran parte del fósforo total se encuentra en forma particulada o suspendida.

Conclusión:

quez (1980) en su estudio durante los años 1973-1975 determinó concentraciones promedio de 5.0 mg/l y 1.7 mg/l de nitrógeno y fósforo total, respectivamente

en el Rfo Caguitas.

Aunque estos datos resultan comparables con los promedios reportados en la presente investigación, es digno de señalar que en el estudio localicé una estación de muestreo cerca de la carretera número 30, que a diferencia con la localización de la estación en el presente (zona de mezcla de

Caguitas y el Rfo Grande de Lofza) proyecta una magnitud que ha ocasionado el exceso de nutrientes al sistema, ya que los niveles observados durante su período de estudio (1973-1975) son

superiores a los reportados en el presente estudio.

La contaminación del Rfo Grande de Lofza

En cuanto @ su nivel de productividad, 01 Rfo Caguitas se
onbuentra en ol nivel hipereutréfico para anbos pardaetroe, ya que

1a magnitud de los valores determinados recaen en

categoria

(Wetaol, 1975), Aunque 1 disponibilidad de los nutrientes es

sreada, 01 crecinionto del jacinto en el Rfo Caguitas no representa

---Page Break---

-62-

las condiciones tréficas del siete

Esto sugiere 1a presencia de

aign factor Linitante que inhiba tanto el crecimiento como su
desarrollo.

La estactén del Rfo Gurabo nostrd un patrón peculiar y auy di-

ferente al establecido en las estaciones anterior:

nte discutidas,

ya que 1a concentraci3n del nitr3geno total en 1a columna de agua

result3 ser antag3nica a 1a concentraci3n del f3sforo total (Fig. 200).

En el caso del nitr3geno total, 1a concentraci3n promedio en 1a super-

ficie result3

de 2.903 (42.382) mg/l, en 1a profundidad media |

result3

y menor con un valor promedio de 1.4419 (41.467) mg/l y

finalmente en el fondo registr3 una concentraci3n superior a la

profundidad o die, pero inferior a 1 de 1a superficie, 1a que acstré

un valor promedio de 2.1782 (41.676) mg/1. Sin embargo, las concen-
traciones de fésforo total mostraron un valor afnimo en le super-
fteie (0.3026 mg/1 40.501), e1 valor adximo en la profundidad media
(0,8278 mg/1 40.856) y un valor superior a 1a superficie, pero
inferior @ la profundidad media en ol fondo (0.7643 ug/l \$1,124).

El declive en la concentraci3n del nitr3geno total en 1s profundi-

ded podrfa encontrar en otras for

ye

inte, en forma de nitrates (N03-), como determinado

por Quifiones-Marquez (1980). Aden3s, 1a alta concentraci3n del

@ la concentraci3n

El nitrógeno total en la superficie podría deber

del nitrógeno presente en las algas

Por el contrario, el aumento significativo en la concentración

del fósforo total con la profundidad podría atribuirse a que el

fósforo total esté asociado a las formas suspendidas o particuladas:

de la zona. Una observación similar la registró Martínez (1979)

---Page Break---

Z,mts

Z,mts

Diagrama de la DISTRIBUCION VERTICAL DE Nitrógeno y

FOSFORO TOTAL (4) Lado CARRALOO (2)

RIO GURABO

TKN, mg/l

10 12 La 16 18

WOM 1213 1418 1.6 1? 18

TP, mg/l

TKN, mg/i

0 12 2.0 30 40 5060 70 80 9010.0

01 0203 04 08 06 07 08 09 1.0

TP, mg/t

-63-

---Page Break---

(1979) en el Lago Tost Vaca a una profundidad de cuatro metros sin

aparente explicación. La falta de datos concernientes a la dis-

tribución vertical del fósforo total asociada con parámetros de

sólidos suspendidos

evidente, lo que limita el entendimiento

de la comprensión de este acontecimiento con certeza, Se necesita

efectuar más investigaciones en los cuerpos de agua interiores

de Puerto Rico para poder ofrecer una conclusión definitiva sobre

el particular.

Por otro lado, los valores de nitrógeno y fósforo total por la

superficie del Río Guasco reportados con anterioridad (2.903 y

3.026 mg/l) resultan comparables con los valores determinados por

Quiriones-Mérquez de 2.5 y 0.35 mg/l respectivamente, lo que indica

que no han habido e

bios significativos en la superficie del Afo

Gurabo desde entonces. Sin embargo, es evidente que 1:

descargas

de efluentes parcialmente tratados o ein tratar de las plantas de

tral

fento de aeuas servides de Juncos y Gurabo, las que constitue
yen con un volusen promedio en conjunto de 4,201.79 23/4, aporten
cantidades signi*icativas de los nutrientes a este tributario,

Esto se compruebs von la diferencia de 5.85 veces del valor de
nitrégeno total para 1s superficie conparada con 1a del Rfo Grande

de Lofza, unido 1 iner

nto en la concentración de fSsforo con la profundidad, 10 que finalmente haga categorizer al Rfo Gurabo como un tributario hipertréfico.

Finalmente, la

tactén del Lago Carrafzo aostré todas las cualidades de un cuerpo de agua hipertréfico, ya que las concen- traciones del nitrégeno total y ol tSsforo total ausentaron con

---Page Break---

65.

la profundidad (Fig. 20a). Para el caso del nitrégeno total, la concentración promedio en 1a superficie resulté ser de 1.2440 (21-19) 9/2, de 1.204 (41.069) ug/1 a cinco eetros y do 1.74 (41.163) mg/1 a una profundidad de diez metros, mientras que las Goncentraciones del f6sforo total fueron de 1.0833 (41.184) ug/1, 149119 (49.947) mg/d y 1.850 (43.80) mg/2 par

1a superficie, 1a

Profundidad sedin (5n) y e1 fondo respectivamente (10m). La ding-
nica prevaleciente en la estación del Lago Carrafsó para ambos

pardzetros ociada fntii

tratificación de la

mente con la

soncentración del oxígeno disuelto prevaleciente durante todo el

afio'en la columna de agua y 18 presencia de grand

cantidades de

materia orgdnice en los sedixentos del Lago. La presencia de una

buená carga orgénica en los sedimentos, provententes de las des-

cargas de los tributarios al Lago y 1a agloneración de nasas de

Jacinto de agua en el fondo ejercerá una de

nda por parte de la

?flora bacteriana en 1a concentración del oxígeno disuelto y

?rayendo como resultado 1a regeneración de los nutrientes nitró-

geno y f8aforo a1 sistema (Jewell, 1971; Rho & Gunner, 1978).

Bn el caso del nitrógeno total, 1a acumulación de amoníaco

en forma de

?nitrato (NO_3^-) 80 acelera grandemente cuando en e)

3

fondo se torna anóxico, 1o que ces

91 proceso de nitrificación

(NO₃⁻+ NO₂⁻) por la flora bacteriana, resultando en una liberación de

amoniaco (NH₄⁺) de los sedimentos (Wetzel, 1975),

El decrecimiento de la concentración del nitrógeno total con la

Profundidad sería se puede atribuir a la concentración de los

gases presentes en la superficie. Analog

yente, la concentración

---Page Break---

-66-

sata bajo condiciones anóxicas en

28 Anterfase de los sedimentos y 0 fondo. A medida que el oxígeno
en el fondo y la interfase entre los sedimentos y el agua vecina se
reduzcan, la liberación de fosfatos, hierro y manganeso incre-
mentada a la reducción de los hidróxidos de hierro, de manganeso y
sulfuros copiosos (Wetzel, 1975; Theis & McCabe, 1978). Además, 10

Presencia de materia orgánica en los sedimentos en el fondo induce a

48 Producción de hidrógeno sulfuroso (H₂S) bajo condiciones anaeróbicas,
lo que trae una precipitación del hierro en forma de
sulfuro ferroso (FeS), lo que permite, a su vez, que los fosfatos
disueltos en el fondo se mantengan en solución (Ittekkinnon, 1957)

(Wetzel 1975), Estas condiciones son permanentes, ya que la

variación de temperatura no es significativa en regiones tropicales

ecuatoriales, lo que sigue favoreciendo las condiciones anteriores en

el fondo y por lo tanto, se recicla el nitrógeno y el fósforo

de manera que finalmente se acelerará la tasa de sedimentación:

ntación del.

?a80- Senojante situación explica el ereciniento profusc del

8: P

Jacinto de agua er 1a región del Lago Carrafzo y, probabl

nto,

©! dominio del super Jacinto en esa regign.

Por Stine, et estudio previo de Quifones-uérques (1980)

nostré valores de nitrSgeno y fSsforo total de 1.5 ¥ 0,28 mg/1

respectiv

ate para la superficie de 1a estación del Lago

#0- S810 ©] valor reportade del nitrégon total resulta

Sonparabley ya que exiate una diferencia de 3.87 veces del valor

reportado para fósforo total. ste hecho

puede atribuir a que

terante el perfodo de estudio (1973-1975) 1a condicién de 1a

---Page Break---

67-

liberacién de los fosfatos en 1a columna de agua on ol Lago Carrafzo
no fuese tan marcada comparativamente con las condiciones actuales
(1980). Esto antepone a2 Lago Carrafzo como un ejezplo tfpico de un

lego hipereutréfico.

Demande Bio:

op):

Los resultados obtenides para las estaciones 1, 2, 3 y 4 de
los valores promedios del BOD y COD se resumen en la Tabla 9. Las
concentracionss del BOD por estacién mostraron un decreciniento de,
los valores pronedio a medida que el agua se aueve en direccién
rfo abajo hacia 1a regién del Lago Carrafzo, aientras que los valo-

res para el COD fueron ads representativos de 1a carga orgánica que los tributarios aportan al Lago Carrafzo.

En cuanto a la distribución vertical, los valores de ROD y COD incrementaban con aumento en la profundidad, a excepción de?

Rfo Gurabo en el o

0 del BOD. Para la estación del Rfo Grande de Lofza, se registró los valores más altos del BOD, con valores promedio de 116.6 (4135.4) mg/l y 133.9 (4135.7) mg/l respectiva-

mente para la superficie y el fondo respectiv:

ate. Andlogazente,

las concentraciones de COD promedio en 1a columna de aguas mostraron un patrón similar de aumento con la profundidad (Fig. 21), pero

contrario @ los valores

de los BOD, esta estación mostró los

valores efninos de COD para superficie y el fondo, con valores de 5.102 (46.272) mg/l y 8.225 (47.7) ug/1 respectivamente. La @iferencia marcada entre los valores de BOD y COD aparentenente se deben a una alta poblaci3n de organienos aerSbicos (fitoplancron) que respiran en la oscuridad provocando una alsa en el

---Page Break---

Soret czare ree oro

0846 096" vue ons.

ese tasty ovat so onpesay 0807

ys9re@ ? oz*0L oF

veroL E95"e ig ore.

6k oxtan on orsee so eawsny ofy

bite agree S775 usa? orgy stuce kt ot

Girez sour7k btke ts ogee StzLe ?a*u0L so svatnieg osu

owe «out eutoz sete | uses zeuzro © orsue «EEL on e807

ziz'y wzioro?-7e6re@ eons | 7Se4 cere -2795? gL. sto op epursy O5y

aww now FTC] ?xn ?aoa = WOTDVESa

TOS, TE avaraxngo

aps)

OgLv4o ODVI Ja x sEuvatONTa cOTUYEGHTAD SaL S01, YUVA d09,% doe aq SeOTVA
soT za

ynoy 4d YuWO109 YI NE UVONVISE GHNOTDVIASHC 1 SUMIWIN ?SYRIXYN ?OTGRAOME
SGNOTOVUEREONOO +6 VIGVL

---Page Break---

~69-

800, mov

922040 0 80 100 120 40 160 190 200

T

\

\

\

\

1

:\

Eos \

N \

\

A

coo ? \

B00 ?

to i

° 14s eo 0

Cop, mg/i

80D, mon

9022 49 60 80 100"20 40160190 200

i

\

é

cop, mg/l

FIG.2! pistribución vertical de la concen-

tración de BOD y COD en el Rio

Caguitas (A) y ex el Rfo Grande de

---Page Break---

-70-

consumo de oxígeno y, por lo tanto, un aumento en los valores del BOD. El valor mínimo del COD sugiere que el Rfo Grande de Lofza

es el tributario que menos carga orgánica recibe.

Por otro lado, la 1ª estación del Rfo Caguitas siguió en orden de magnitud a la 1ª estación del Rfo Grande de Lofza en términos de la concentración de BOD, no resultó diferente en cuanto a la concentración de COD se refiere. Sin embargo, ambas concentraciones

aumentaron con el tiempo en la 1ª profundidad, con valores promedio de 107.2 (4116.5) mg/L y 121.7 (4122.32) µg/2 respectivamente para BOD y 45.51 (428.19) mg/l y 47.8 (27.11) µg/1 para los valores

de COD respectivamente (Fig. 21a). Sin lugar a dudas, el Rfo

Caguitas es la estación que mayor cantidad de carga orgánica exporta

la Rfo Grande de Lofsa, lo que refleja la condición tréfica del

sistema producto de las descargas sin tratar o a medio tratar de

plantas de tratamiento de aguas negras:

operando con un volumen por

encima de su capacidad original. La concentración de ciertos con-

ponentes orgánicos resistentes a la degradación biológica podría

influir en la baja en el BOD, lo que también podría proyectarse al

crecimiento:

crecimiento y desarrollo inferiores de los jacintos de agua que

habitan en la Rfo Caguitas, Dadas estas circunstancias, el creci-

amiento y desarrollo pobre del jacinto de agua en ese tributario justifican la calidad del agua del río, lo que coloca al jacinto de agua como un posible bioindicador de las condiciones detritales del Río Caguitas.

BE] Río Gurab. muestra un patrón similar al de la distribu-

ción del nitrógeno y fósforo total en la columna de agua (Fig. 22b)

---Page Break---

BOD, movimiento

190 120 Mo _10_10_200

80D, masa

020 40 60 _@0 100 120 140 _160_100_200

11

os es a a

CoD, mg/t

FIG.22 Distribución vertical de la concen-

tración de BOD y COD en el Lage

Garrafzo (A) y #1 Rfo Gurabo (8)

---Page Break---

-12-

on lo que a concentración de COD y BOD se refiere. Por un lado,

Ja distribución del COD en 1a colusna de agua (17.60 47.9 mg/l, 17.37 \$10.34 we/1 y 20.52 48.654 mg/1 pare 1a superficie, profun- aided aodia y fondo reopectivamente), muestra una distribución angloga a la distribuetén vertical del nitrégeno total en el tri- butario. Por otro lado, las concentraciones de,BOD (100.15

4112.4 ng/L, 101.5 £107.06 mg/l y 98.89 \$110.8 mg/l, para 1a super- fieie, profundidad media y fondo respectivamente) siguen el patrén sinilar al del f6sforo total en 1a columna de agua del rfo. Este

hecho sugiere que el plancton esté asociado directamente a

"estrato" de material suspendido en el cual se encuentra asociado el fósforo total. En cuanto al COD, el fondo podría representar

el depósito de materia orgánica proveniente de las capas superiores, en su mayor parte detrito, lino y jacintos de agua, lo que finalmente acelera el proceso de sedimentación del Río Gurabo.

Por último, los valores de BOD reportados por Quifiones-Marques (1980) de 0.8 a 7.4 mg/l para 1 m superficie, resultan inferiores a los determinados en el presente estudio. Dicha diferencia se puede deber a una excesiva carga de nutrientes relacionadas al aumento poblacional, que ha podido recibir el Río Gurabo desde que finalizó su estudio en 1975. Esto coloca al Río Gurabo en un nivel de con-

dicción mucho más avanzado que lo reportado por Quifiones-Marques (1980) en su estudio.

En el Lago Carrasco, tanto la concentración del BOD como la

de1 COD aumentó con incremento en profundidad (Fig. 22a). Los

valores del BOD para 1a columna de agua en el Lago Carrafzo

---Page Break---

?13

posteriormente ser los menores, con valores promedio de 69.7 (480.62) ng/l y

83.11 (468.32) mg/l y 98-45 (412-05) mg/l para la superficie, pro-

fundidad media y el fondo, Este aspecto sugiere una menor utiliza-

ción del oxígeno disuelto en la columna de agua, aunque hay que

hacer la salvedad de que la concentración del BOD se incrementa en

el fondo. Sin embargo, la gran disponibilidad de nutrientes que

existe en el fondo del Lago Carrafzo, promueve una gran concentra-

ción de flora bacteriana en la interfase de los sed

imentos y el

agua, lo que proporcionaría un sustrato para algunas especies de

copépodos (Macrocyclops, sp.» Paracyclops, ep., Halicyclops, sp.)
que forsan 1a comunidad béntica del Lago Carraízo (Quifiones-
Mérquez, 1980). Aunque los datos de Quifiones-Marquez (1980) sobre
la población dosinante de estos eopfodos sélo se proyectaron hasta
una profundidad de 5

+ cabe el,

neionar en adición, que algunas
especies de protozoarios pueden tolerar condiciones anaerébicas
on esa interfase por perfodos de tiempo apreciables (Wetzel, 1975).

Surado a esto, 1a presencia de bacterias facultativas en el fondo
podrfen ejercer en conjunto un aumento en e1 consuaio de oxígeno

Aisuelto en condiciones aerébicas, condiciones @ 1:

cuales se lleva

¿a cabo 1a prueba del BOD, marcando 1a dinámica de aumento del BOD con incremento en profundidad.

Nas sin embargo, 1a distribución vertical del COD muestra un aumento en el contenido orgánico con la profundidad (13.55 47.89 mg/1, 13.25 49.78 mg/1 y 19.68 12.05 mg/1 para 1a superficie, en la profundidad media y el fondo r

pectivamente), lo que resulta

de acuerdo a los resultados esperados. Dada 1a existencia de una

---Page Break---

The

apreciable cantidad de nutrientes en los sedimentos, se debe esperar que se ejerza una demanda biogénica significativa, independientemente de la existencia de condiciones anaeróbicas en el sistema.

Un posible indicador de la diferencia entre la de

que

ejerce la población que constituye el plancton, las bacterias y la carga orgánica del medio en que se envuelven, lo expresa la razón del BOD al COD (BOD/COD) para cada estación en particular. Este valor representará qué condición guardará más relevancia con respecto a la flora y fauna microscópica o la carga orgánica a la que esté sometida. Podría utilizarse como un indicador de la condición trófica en que se encuentra cada componente del sistema del Lago Carrizoso.

La Tabla 10 resume 11

razones de BOD a COD para cada tribu-

tario, reflejo de las condiciones que imperan en cada estación.

Para el caso del Río Grande de Lofza, las razones para la super-

ficie como para el fondo resulta con algunas con un valor de 22.85

y 16.28, seguidas por el Rfo Gurabo (5.69, 5.84 y 4.819 para superficie, metalfaneo y fondo respectivamente) el Lago Carrafzo

(5.140, 6.272 y 5.902 reepectivamente) y, por fitizc, el Rio caguite:

con 1a menor de las razones (2.355 y 2.546). Como ea evidente, 01 Rfo Coguitas esté afectado grandemente por el insuno de nutrientes y material orgénico el que esté expuesto. Por el otro lado, 01 Rfo Grande de Lofza refleja una influencia menos sarcade en la carga orgénica y ef en 1a productividad piraria. Los restantes dos (Rfo Gurabo y Lago Carrafzo) est&n encaminados

hacia la sobrecarga de nutrientes y material orgénico, dado

---Page Break---

15

TABLA 10: RAZONES DE LAS CONCENTRACIONES DE BOD A COD EN LA COLUMNA

DE-AGUA PARA LOS TRES TRIBUTARIOS PRINCIPALES Y EL LAGO

CARRATZO

ee

ESTACION PROFUNDIDAD BOD/COD

Rfo Grande de Lofza 0.5 22.85

1.0 16.28

nfo Caguitas 0.5 2.355

1.0 2.546

tt

nfo Gurabo 0.5 5.690

: 5.840

4.0 4.819

Lago Carrafzo 0.5 5.140

5.0 6.272

10.0 5.002

por el número de plantas por metro cuadrado, altura promedio de los jacintos y rendimiento en biomasa superior de los jacintos de agua que allí se establecen, Aunque los valores de las plantas que habitan en la región del Río Grande de Lofza y #1 Río Gurabo son parecidos entre sí, cabe mencionar que durante el período de estudio el Río Gurabo siempre estuvo repleto de jacintos de agua, mientras que el crecimiento del jacinto de agua en la región del Río Grande de Lofza se limitaba a masas flotantes de jacintos o brotes de las plantas

en las adrienas del río.

---Page Break---

La discusión de la razón antes mencionada (BOD/COD) no pretende achacar por completo, pero sí considerar, qué factores ambientales no los que tienen mayor importancia en el crecimiento y desarrollo del conjunto de agua en los tributarios principales y del Lago Atlixtepec. Me

carrazo respectiva + in embargo, esta razón resultó

significativa para las plantas que crecieron en el Rfo Caguates,

lo que se correlacionará más adelante con otros parámetros llevados

4 cabo en la presente investigación.

Metales Livianos y Pesado:

La concentración total promedio de los metales calcio (Ca),

manganeso (Mn), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cobre (Cu) y plomo (Pb) para los tributarios principales y el Lago Carrafzo se presentan en la Tabla 11, Sin lugar a dudas, el calcio (Ca) es

el más común a lo largo de la cuenca entre los metales analizados, seguido por el manganeso (Mn²⁺), En el caso de los metales

pesados, el

mercurio (Hg²⁺, Hg⁰) constituye el mayor indicio de contaminación industrial a los tributarios y al Lago Carrafzo respectivamente, ya que este se mantiene a unos niveles muy su-

periores a los pro-

pios en condiciones naturales. El cobre (Cu²⁺),

cadmio (Cd²⁺) y plomo (Pb²⁺) se encuentran en niveles apreciables

(Ca²⁺, Mn²⁺, Pb²⁺)

+ sin

argo, los valor

extronos y dieper-

sign observados sugieren flujos intermitentes de estos setales

1a cuenca.

EL ton Ca?? gostré una distribución vertical sivilar para

todas 1ae estaciones, registrdndose un decreciniento en 1a concen-

tracién con aumento en is profundidad. Zn el caso del Rfo Grande

---Page Break---

-71-

e-oe | cerat | sere | zorris | oers [ore | verez | sero orot
e9z | oro |surr9 | zoroee jerry | eer | arse | eevee os
mre oro |eetee s'Sh seo ore re m9 sO ozpeasey ofey
rey 6TEL | O*OzL ger u7 ire ase 1x4 eb 6L oy
eres | over [oust | zsr9s Joses | ore | oztte | zoroz orz
?es | 89°9 ereet greg sure ooze 9% Leree sO oqvany OF
ores | orsi | sree | occte | oere | zr6r | soror | 6sree ont
erse | sere farcer | srr6o [use | sere fosree | tor9e sto | svaenseg oy
geo Josre Jerr: |ocroe foes | cree | sever | core o eajor op
orta |osrs jureer |ocrze [ewe | arr |eorre | s?-02 0 spuvng 058
aq femme T-xwn | -woue) aa | win | -xvn ?now ?= woTOWlsa
(z4H) O82 NVORVH (2489) orova Javarawnaoua
(1/3" ya s¥RaG SOT *1/#@ Nz OI DTVO)
ozrvaavo oovl 1g X seivEIONTUd SOTVUNGIEL G4 COT VHVE, SOLOSTES SIVAN aa YOY
Sa vannToo WI AE UVGNVESG NOLOVTASGO A SYWININ ?SYAIXVK ?OTCRHOGE
SENOTOVULAY. Nv 2TT-WTEVE

---Page Break---

se oro) vers | ?9sre| our0 | zoooro | oourt} tr64*0 orot

66°0 oro] zr-z | corral z9°0 oro | cist] e9uaro ors

gort oro] artz ?| s9gro] 090 oro | core] serero sto ozpeasvg 0807

eu"o oro} routs | 66z°0| sro | soutro | exert} zL69°o ory

Lert oro| caste | tues] caro | ezetro | sorrz| truerto oz

ort | oro] ezore Jervis} s9°0 | zoooro | as9"t] eogaro sto oquany oFu

rere oro] oresz | eoero] arto | sgevo | asgtu | ozo on

e6'0 | oro] riers | czort| ovo | segro | evens} so6ro so seqTndeO OY

sz | oro| servo | seorz| oor | ovtro | ouscz] sours ot ecjoq op

ary | oro| eerste | eserz] sugo | raoro | osseL} urearo sto epusig 07a

gat -qral cave twona] aa cxtw | awn [woud v2 WOTOWSS

(pa) OrKavo (43H 4H) OTWNOOUTH avaranaaoea

THOTOVINTENOD) «#41 vieve

---Page Break---

19

- - - | or] ese | oro | corse | ozrez oror

- - = | or] oor | ovo | onree | 05a ors

ere | oro | usree] sure | tree | oro | ascoe | ogur9 sto Jorpeaseg of

>

sors | oro | acer} eve | orez score | errs | tucte or

sero | oro |ererz |soser0 | oar | oro | res | cere ore

zie | oro | zsurz | roore | ate | oro | sroz | veers \$0 oqvang ofe

|

- - - | ons] eros | over | steer] zerte ot

> - - oD eoeh | zutee L6rr Sekt sto segEnsug oy

ust | oro |ezsrz |osesro | srror | oro | orez | murs on e231 op

- - - | ors | owe: | oro | zorez | asror so opus oFy

aa [wn | xn | -woue | ac | uw | ?xv | -woue ? NOTOVESa

avarandoua

(2494) oWotd

(z480) 200

(NOTOVANTENOS) #41 views

---Page Break---

-80-

de tofsa, las concentraciones de Ca promedio fueron de 20.36 (43.87) g/l y 18.02 (45.85) g/l respectivamente para 1a superficie y el fondo, mientras que el Rfo Caguitas mostró valores promedio de 36.61 (41.67) mg/l y 29.59 (48-96) mg/l para 1a superficie y el fondo, respectivamente, Las concentraciones de Ca para el Rio Gurabo y el Lago Carraízo fueron de 23.21 (42.75) mg/L, 20.92 (45.50) mg/L y 19013 (b

61) mg/l para la superficie, profundidad media y fondo respectivamente para el primero y 26-64 (46.25) mg/L, 21.29 (44.13) mg/l y 16-85 (45.36) mg/l respectivamente para el segundo caso. Este patrón de distribución que prevalece en todas las estaciones puede estar asociado a la cantidad de bicarbonatos (HCO_3^-) y materia orgánica en el fondo (Fig.23).

En el caso del Rfo Grande de Lofza y el Rfo Caguitas, el fondo

constituye el centro de almacenaje de Ca, ya que adeake de prevalecer

un ambiente oxidative en 2a columna de agua, pr

enta un incremento

de los carbonatos (#003-) con aumento en profundidad (Tabla 12), 10

que provoca decalcificaci3n on la superficie y precipitaci3n del Ca

en el fondo (Wetzel, 1975), Aunque los valores de la alcalinidad

total 620 reflejan lns condiciones por s3lo una fecha, es de

esperar:

que sean representativas de la distribuci3n det Ca en esas

dos estactones.

Por el contrario, 1a concentraci3n de los bicarbonatos se

reduce con incremento en 1a profundided en el Rfo Gurabo y en el

Lago Carrafzo. Aunque es de esperarse que la concentración de

picarbonatos aumente en condiciones cercanas a las anéxicas, éste

venderá a

tar combinado en forma de carbonato de amonio (NH_4^+ ,

CO_3^{2-}) en presencia de concentraciones de amonio (NH_4^+), producto

---Page Break---

Z, mts.

Oy

8

E asl

wm 32 mB 40

a, ma[^]

?TS 1D

2s E aol

J] 8

cea eats

oo, cama!

Distribución vertical del calcio on las estaciones (A)

Rfo Grande de Lofes, (B) Rfo Caguitas, (C) Rfo Gurabo

y (D) Lago Carrafzo

---Page Break---

-82-

ABLA 12: CONCENTRACIONES PROMEDIO DE ALCALINIDAD TOTAL EN LA COLUMNA
PARA LOS TRIBUTARIOS PRINCIPALES

¥ EL LAGO CARRATZO RESPECTIVAMENTE (mg/l)

ESTACION PROFUNDIDAD ALCALINIDAD TOTAL?

(a) {económico Caco}

Rfo Grande de Lofza 0.5 167.4

1.0 m4

Rfo Caguitas 0.5

Rfo Gurabo 0.5 152.3

138.9

4:0 105.6

Lago Carrafao 0.5 172.3

5.0 158.1

10.0 142.2

?Prueba efectuada durante el @ltimo muostreo,

de la descomposici3n de materia org3nica (Wetzel, 1975). Sin embargo,
una parte eignificativa del ealeio podrfa estar atadx en los sodi-
aentos, especialmente en sedimentos con fcidos hiimicos, lo que

provocarfa un cambio evidente en el equilibrio dei Cat? en el

fondo (Wetzel, 1975). La presencia de grandes nasas de naterii

ica en los sedimentos del Rfo Gurabo y el Lago Carr

{20 podrfan

ejercer una marcada influencia por la disponibilidad del Ca en el

fondo del Rfo Gurabo y el Lago Carr

---Page Break---

-83-

Por otro lado, los valores reportados por Quifiones-Mérquez,
(1980) para Ga on el Rfo Caguitas (48 mg/l) resultaron inferiores

a los determinados en e1

tudio. sin embargo, los valores deter-

sinados para el Rfo Gurabo (20 ag/i) y el Lago Carraízo (21 mg/2)

resultaron comparables @ los datos obtenidos en este estudio.

Aunque 1s diferencia es significative entre los valores reportados

para e1 Pfo Caguitas en les dos investigactones, anbas concuerdan

en que #2 Rfo Caguitas exhibié los valores sayores, producto de 1a

goologfa del lugar.

Un parduetro {ntimamente ligado con 1a concentraci3n de Ca en

las aguas os

duress de las misnas, 1a que resulta proporcional

a 1a concentraci3n del ion. Le Tabla 13 resume las concentractones

pronedio de dureza y 1a categorfa de las aguas con respecto al grado

de dureza. En este caso, el Rfo Caguitas resulté poseer las aguas

ade duras de ios tributarios estudiados en este estudio, probable-

mente debido a la goologta de la regi3n. los den3s tributarios,

como el Lago Carraízo, resultaron posoer aguas suaves en aus

respectivas estaciones.

La distribución vertical para manganeso (Mn^{2+}) resultó similar para las estaciones del Rfo Grande de Lofza y 01 Rfo Caguitas y diferente para el Rfo Gurabo y el Lago Carrazo, ya que en las primeras dos aumentó con la profundidad, la tercera disminuyó con

el aumento en profundidad y la cuarta aumentó marcadamente con

el aumento en la profundidad. Para las estaciones del Rfo Grande y el Rfo Caguitas, la diferencia entre la superficie y el fondo fue

en promedio de 9.93 $\mu g/l$, con valores para la superficie de

---Page Break---

84-

TABLA 13: CONCENTRACIONES PROMEDIO DE LA DUREZA (COMO $CaCO_3$) EN LA COLUMNA DE AGUA PARA LOS TRIBUTARIOS PRINCIPALES Y EL LAGO GARRAZO RESPECTIVAMENTE

ESTACION PROFUNDIDAD (a) DURB2A (mg/l) CATEGORIA

Rfo Grande 005 50.75 (49.56) suave

Ge Lotss 1.0 44.96 (414.6)

Rfo Caguitas 05 97.36 (44.15) moderada-

mente suave

1.0 73.84 (22.3)

Rfo Gurabo 0.5 57.9 (46.83) suave

2.0 52.2 (413.74)

4.0 47.76 (49.02)

Lago Cerrafzo 0.5 65.97 (415.9) suave

5.0 53.13 (410.3)

10.0 42.05(413.36)

72.3 (471.0) ug/l y para el fondo de 80.3 (463.6) ug/l para el Rfo

Grande de Lofza y 69.45 (475.9) ug/l y 81.3 (458.0) ue/l para la

superficie y el fondo respectivamente en el Rfo Caguitas

(Fig. 24b, a). Este pequeña variación en la concentración de Mn

se podría deber a una distribución uniforme del oxígeno en la columna

de agua, lo que provocaría un ligero aumento en la concentración de

Nn en el fondo por ser éste más soluble que el hierro (Wetzel, 1975).

La disminución con incremento en la profundidad en la concen-

tración de Mn en el Río Gurabo (Fig. 25b) con 63.46 (458.7) $\mu\text{g/l}$

---Page Break---

Fig. 24b. DISTRIBUCIÓN VERTICAL, DE MANGANESO Tc

EN LOS RÍOS GUABO Y GUAYAMA. 6 LOTZAS

Ma, p. 10

20 de mayo

0.9)

Z,mts.

&

Z,mts.

20.0 300 1008 woo 120.0

---Page Break---

00 00 200. oo soo

#0

Per 2

ce, post

FIG.25 Miestribución vertical de 1a, con

tracién

de manganeso y cobre en el Lago Carrafzo

(A) -y el Rfo Gurabo (3)

-26-

---Page Break---

-87-

56.52 (452.9) ug/l y 47.26 (4 43-4) ug/l para le superficie, profun~
didad media y fondo respectivanente, 1a cual indica un adxiso en la
sección de la superficie. Hutchinson (1957) menciona un patrén de

Atribución similar en legos troptcales de Java, atribuldo poot-

blemente aun

nantial de aguas sangafferar. Posiblesente 1a

fornación geológica de las mérgenes del Rfo Gurabo juegue un papel

importante en esta distribución.

Sin ombargo, ta estación del Lago Carrafzo (Fig. 2a) suestra un marcado aumento del ion con ls profundidad (15.54 \$14.4 ug/l, 30.92 426.9 ug/L y 54.92 436.8 ug/? para le superficie, profundidad media y fondo respectivanente). Bete incresento significative en 1a concentración en Mn en el fondo es tfpico de los lagos eutréticos en que ia dindeica del fésforo total es similar a la de Mn, ya que la raaén de liberación de fosfatos estard Ligada al decreciniento en el potencial de reduccién, producto a su vez de la ausencia de oxfgeno disuelto en el fondo (Wetzel, 1975). Tal situación proveca la reduceién de Mnt2, seguide de la 1iberación de fosfatos en el fondo. Junto al hierro, el manganeso constituye uno de los factores ads importantes en 1a liberación de fosfatos on los sedimentos en el Lago Carrafzo, confiraando 1a conduct6n

outréfica del Lago.

El patrón de distribución del cobre (Cut?) presentó dos formas distintas

para las cuatro estaciones disminución de la concentración del ion con aumento en 1a profundidad en las primeras dos y aumento de la concentración con incremento en 1a profundidad en las dos

estaciones río abajo. Para el primer

---Page Break---

BB

cago, las estaciones del Río Grande de Lofza y el Río Caguitas responden a ese patrón, con valores promedio de 10.58 (12.8) $\mu\text{g}/\text{l}$ y 5e4h (410.46) g/d para 1a superficie y fondo respectivamente para el Río Grande de Lofza y 118.5 (1186.3) $\mu\text{g}/\text{l}$ y 81.22 (186.3)

ug/l para la superficie y fondo del Rfo Caguitas respectivamente

(Fig. 24 bra). Este significativa reducción del Cu en el fondo sugiere que el Cu en el fondo se encuentra inmovilizado en los sedimentos en forma orgánica, asociado con el material coloidal (Uteninon, 1957).

Por el contrario, la distribución vertical en el Rfo Gurabo y el Lago Carrazo corresponde al segundo caso, con concentraciones promedio de 7.757 (+748) ug/l, 19.77 (418.9) ug/L y 21.71 (423.9) ug/l para la superficie, profundidad media y fondo respectivamente y 6.78 (412.1) ug/l, 7.506 (410.9) ug/l y 29.29

(495.8) ug/l para la superficie, profundidad media y el fondo

respectivamente del Lago Carrazo (Fig. 25 ba). Este incremento en Cu se podría deber a la sedimentación del mismo y subsecuente descomposición en el fondo de cobre sistémico o por difusión de compuestos orgánicos de Cu, posiblemente complejos de amino-

sfido de cobre de los

dimentos (Hutchinson, 1957).

Por fitino, aparentemente 1a finice estación que sobrepasé
los 1fmites afoxinos peraisibles de cobre por el reglanento de
calidad de agua de 1a Junta de Calidad Ambiental fue 1a estación
det Rfo Onguit

con concentraciones prosedio de 118.5 y 81.22
ug/l para 1a superficie y fondo, reapectiva

nte cosparados con
el estdndar de 40 ug/1 impuesto para aguas superficiales (JCA,
1976).

---Page Break---

89+

La detección de concentraciones apreciables de mercurio (Hg,
ug/l) en los tributarios y en el Lago Carraízo comprueba el grado
de contaminación cultural al que ha Megado 1a cuenca del Rfo Grande
de Lofza. Tr

de las cuatro estaciones mostraron el mismo patrón

de distribución vertical del Hg en la columna de agua, exhibiendo
un incremento en la concentración de Hg con aumento en la profun-
Gidad (Rfo Grande de Lofza, Rfo Caguitas, Lago Carraízo), mientras

que 01 Rfo Gurabe mostró un incremento en la concentración de Hg
en la profundidad media (Figs. 26 y 27). Las estaciones del Rfo

Grande de Lofea y e1 Rfo Gaguitas mostraron los valores aéxinos de Hg en 1a columna de agua, aostrande concentraciones pronedio de 0.8347 (40.675) ug/l y 1.09 (£0.99) ue/2 para le superficie y fondo respectivamente del Rfo Grande de Lofea y valores promedio de 0.905 (40.40) ug/1 y 1.07 (40-48) ug/1 para la superficic y e2 fondo del Afo Caguitas respectivanente. 1 Lago Carratze oxnibis valores promedio de 0.7435 (40.6) ug/l, 0.7768 (40.62) ug/l y 0.7941 (40.70) ug/l de Hg para le superficie, profundi- aad media y fondo, respectivassente. Sin lugar a dudas, en estas tres estaciones 61 fondo constituye el alnacenaje principal del Hg total, ya que en los sedimentos habitan bacteries capaces de sintetizar vitamina B-12 y transformer conpuestos arilos inorgénicos y alcoxialquil orgfaicos en dos formas orgdnicas: mono-

mot it

reurio (OHgHig) y dimeti1 mercurio((Cis) Hg) e1 cual es ade volétil (Saith, 1977). Entre formas inorgdnicas dosinantes estarfán el nitrate de mercurio (#0,He), cloruro de sereurio (ctlig), sulfate de mercuric (Hg80,) y sulfido de eercurio (HgS) entre otros (Burkstaller & Me Carty, 1975).

---Page Break---

Z, mts.

Z, mts.

DISTRIBUCION VERTICAL DEL MERCURIO TOTAL Y CADNTO

BN (A) RIO CAGUITAS ¥ (B) RIO GRANDE DE LOIZA

oo os os

oof

o.s|

1.0L?yv,

10

00 oe

» Nee

C4, post

Ho, pot

os

90-

---Page Break---

FIG.27 pistribución vertical del mercuric total y cadmio
ene] Lago Carrafzo (A) y el Rfo Gurabo (8)

eo or Ho. port

os

Za mis,

- C4, post ?e

Ho. ug!

-91-

---Page Break---

92.

Por otro lado, el mercuric total parece

tar ligado al mismo

estrato pr

nto on la profundided media, probablemente on fora
particulada 0 suspendida. Las concentraciones promedio en 1a coluana
de agua fueron de 0.8608 (40.65) ug/1, 0.8711 (40.83) ug/2 y

0.6972 (40.45) ug/1 para la superficie, profundidad nedia y fondo,
respectivamente. Aunque 1a sayor parte del Hg total se encuentre

en la profundidad media en este tributario, es de pensar que el
fondo constituye e1 sustrato principal del Hg, ya que a este tri-
butario descarga la fbrica de termdnetros de Juncos, en el cual

se determing una concentraci3n de 1,390 ppb. de Hg en los sedi-
mentos del rfo vecino a la descarga de 1a planta (Garefa-Castro,

1980a). Esto sugiere que el sercurio total pri

ente en la pro-

fundidad media ve encuentro on la forma inorg3nica.

En el caso de 1a estaci3n del Rfo Grande de Lofza, la forma
de Hg que pudiese prevaiecer serfa 1a forna org3nica, ya que las

condiciones aer3bicas de la ostaci3n favorecerfan 1a metilaci3n

del Hg (Smith, 1977), Sin embargo, la presencia de grandes

cantidades de

material orgánico en los sedimentos en 01 Rfo

Caguitas prouerfan a la forma inorgánica, como es el caso del Rfo Gurabo. En la estación del Lago Carrafzo, lugar en que prevalecen las condiciones anoxicas en el fondo, favorecerá la

formación del:

elemento insoluble sulfuro de mercurio (HgS).

Por otro lado, aunque las concentraciones de Hg determinadas en la columna de agua de los tributarios principales y el Lago Carrafzo resulten a la par o inferiores al estándar propuesto por

la Junta de Calidad Ambiental en su reglamento (JCA, 1976), estas

---Page Break---

-93-

cantidades resultan excesivamente altas comparadas con la concentración del mercurio promedio en condiciones ambientales típicas

de 0,03 ug/l (U.S. EPA, 1975). Sin duda alguna, los niveles de

mercurio reportados en este estudio son un indicador de la contaminación

cultural a la cual están

afectada la cuenca hidrográfica.

Este aspecto debería ser de suma importancia, dada la serie de consecuencias a la salud pública que manifiesta el mercurio.

Los niveles de cadmio (Cd^{2+}) y plomo (Pb^{2+}) determinados en

los tributarios principales y el Lago Carraízo mostraron ser de menor envergadura dominado por valores extremos en el caso del cadmio (Cd^{2+}) y de cadmio intermitente para el plomo (Pb^{2+}).

En el caso del Cd, los valores máximos detectados

obtuvieron

en la estación del Río Grande de Lofza, seguido por el Río Gurabo, el Río Caguitas y el Lago Carraízo. Para el primer caso, las concentraciones de Cd en la columna de agua del Río Grande de Lofza mostraron un patrón de distribución vertical de decrecimiento con la profundidad, con valores de 2.858 (44.817) $\mu g/l$

y 2.036 (42.53) $\mu g/l$ para la superficie y el fondo, respectivamente

(Fig. 26b). La estación del Río Caguitas mostró un patrón

similar a la estación del Río Grande de Lofza, con valores

Prot

dio de 1.0756 (40.9895) ug/l y 0.9092 (41-245)ug/1 respectivamente (Fig. 26e). #1 patrón de distribución en 1a columna

de agua para ambas estaciones

puede deberse a que la mayor parte del Cd se encuentra depositado en los sedi-

mentos bajo las condiciones aeróbicas y de poca profundidad. Sin embargo, 1s

estación del Rfo Gurabo demuestra que la mayor parte del Cd se

---Page Break---

-9h-

encuentra suspendido o en forma particulada en 1a profundidad sedimentaria

(Fig. 270), ya que la concentración mayor se detectó en ese estrato.

Los valores promedio para esta estación fueron de 1.143 (41.464) $\mu\text{g/L}$, 1.271 (47.969) $\mu\text{g/l}$ y 0.299 (40.7323) $\mu\text{g/l}$ para la superficie, profundidad media y fondo respectivamente.

Contrario a las demás, la estación del Lago Carrizozo mostró un marcado aumento en la concentración del Cd en el fondo. Esta marcada diferencia en los valores (0.6646 + 1.0603, 0.4033 + 0.9879 y 3.563 $\mu\text{g/l}$ para la superficie, profundidad media y fondo respectivamente) demuestra que el centro de acumulación del Cd se encuentra en el fondo debido a la regeneración de metal a la fase acuosa

producto de la descomposición de

los jacintos de agua en el

fondo. Esta regeneración viene como producto de la habilidad que

posee la macrofito acuática de acumular metales en sus tejidos,

que al ocurrir un cambio en el estado oxidativo de los sedimentos ejerza una mayor influencia en la dinámica de los metales traza (Mentore et al., 1978).

Por otro lado, los valores determinados para Cd en la superficie para el Río Grande de Loíza y 01 Río Caguaitas resultaron

superiores a los reportados por Quiliones-Mérquez (1980) de 1 µg/l

para ambas estaciones

respectivamente y inferiores para las esta-

ciones del Río Gurabo y el Lago Carrizozo, con valores de 2 y 1

µg/l respectivamente. Ninguna de las concentraciones determinadas

del 04 de la presente investigación violaron el estándar de 5.0

µg/l establecido por el Reglamento de Estándares de Calidad de

Agua de la Junta de Calidad Ambiental (JCA, 1976).

---Page Break---

En el caso del Pb, los valores promedio registrados no son

representativos de la concentración del Pb a través del período

de estudio, ya que la intermitencia con que se produjo no permitió esquematizar la distribución de éste verticalmente en las estaciones en que se registró. Sin lugar a dudas, la presencia de este metal en las aguas de la cuenca es producto muy probablemente de

las descargas industriales a los tributarios del Lago Carrafzo.

Oxígeno Disuelto y Temperatura:

El perfil de las concentraciones de oxígeno disuelto (D_O) mostrado en la estación del Lago Carrafzo y el Río Gurabo fue el catalogado por Hutchinson (1957) como de curva de clinogrado,

mientras que las

estaciones del Río Grande de Lofza y el Río

Caguitas, debido a su poca profundidad, presentaron una distribu-

ción más uniforme en la columna de agua. En cuanto a la t

per

tura, la distribución del calor en la columna de agua es de tipo

oligotrófico para todas las estaciones (Hutchinson, 1957). Un

aspecto de suma importancia es el contenido del oxígeno disuelto

en las estaciones del Lago. Carrasco y #1 Río Gurabo fue la dife-

rencia significativa en la

concentraciones del oxígeno disuelto

en años

soleados y lluviosos, lo que

puede atribuir a una

disminución en la actividad fotosintética y un aumento en la concentración del O₂). Además, la distribución de la temperatura

en la columna de agua

se uniforma en los primeros cuatro

metros para la estación del Lago Carrafzo y los primeros dos metros

para la estación del Río Gurabo. En el Lago Carrafzo (Fig. 28a)

durante los días soleados se registran los efectos en la

---Page Break---

DO, mg/l

123 4 5 6 7 6

ae 278

Te

FIG.28 Distribución del oxígeno disuelto

y temperatura del Lago Carrasco:

(A) soleado y (B) nublado

---Page Break---

97

concentración de oxígeno disuelto en la superficie, exhibiendo una
@isainueión marcada hasta llegar a condiciones casi anóxicas a la
profundidad de diez metros.

Contrario a esto, en días lluviosos la producción del oxígeno
disuelto se reduce en un 50% en la superficie, hasta alcanzar

condiciones de total anoxia @ los nueve metros:

5 (Figs 280). Sin

embargo, el cambio en temperatura es más gradual en días Lluviosos,

lo que desplaza el termocline a la profundidad de siete metros.

Para el Rfo Gurabo (Fig. 29a) la concentración del oxígeno disuelto

en días soleados fue nfxiaa y similar al Lago Carrasco, con la

diferencia que después de los dos metros de profundidad la concen

trackén del 0p resulta ser más uniforme, debido a la menor
profundidad del Rfo Gurabo. Sin embargo, el gradiente en temperatura
es más marcado en el Rfo Gurabo que en el Lago Carraízo, Por
el contrario, el perfil de DO en días lluviosos cambia totalmente
en esta estación (Fig. 28). Aunque la concentración del oxígeno
disuelto disminuye en un 50% en la superficie, ésta va aumentando
ligeraente hasta llegar a un máximo @ los dos metros de profundi-
dad, similar a un máximo metalimnético o una curva heterogrado
positiva, El máximo metalimnético observado durante días lluvio-
sos podría ser producto del decrecimiento en la solubilidad de
oxígeno disuelto en la superficie con aumento en temperatura,
además que el consumo de DO en el fondo resulta en un perfil de
elinogrado con aumento en profundidad, lo que resulta en un adxizo
de DO absoluto en la profundidad media (Wetzel, 1975).

---Page Break---

-98-

DO, mg/l

0 1 2 3 4 5 6 7 8

22 ar 28

Tec

DO, mo/l

ott 2 3 4 5 6 7 6

2a 88 3 a 28

Tec

Fr@. me CURVA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA PARA
EL RIO QURABO (4) SOLFADO ¥ (B) NUBLADO

---Page Break---

99+

En promedio, ambas estaciones exhiben un perfil de clinogrado,

sin embargo, los cambios en la concentración del O₂, son acentuados

en el Lago Carrafzo, mientras que los cambios en temperatura son más evidentes en el Río Gurabo (Fig. 30). Esta reducción en el gradiente termal podría atribuirse a la presencia de diversas capas de diferente densidad o a la posible presencia de un quimoclino, provocado por la turbulencia de los tributarios del río.

causada por la turbulencia.

La presencia de condiciones anóxicas permanentes en el Lago Carrafzo juega un papel muy importante en la liberación y circulación de nutrientes al sistema, lo que favorecerá el crecimiento

profundo del "super jacinto" en esa región, lo que al final ha contribuido significativamente a la hipereutrofización del Lago Carrafzo. Por otro lado, no se observaron cambios significativos en los perfiles de oxígeno disuelto en la columna de agua del Río Caguitas y el Río Grande de Loíza (Fig. 31) en días soleados ni

nublados, pero ef une tendencia a mantener una teaperatura nds

uniforge a través de 1a columna de agua, atribuide a ia escasa

profundidad de ambas estacion:

(1a). Un aspecto de notable re

vancia es 1a distribuctén del perfil de oxígeno del Rfo Grande de

Lofza, ya que siempre resulté udxino en dfas soleados cono en

nublados, resultado de 1a aereactén mecknica por parte del viento

ya la actividad fotosintética de 1a estación.

En promedio, 1a estación del Rfo Grande de Lofza nostré los

valores mos de oxigeno disuelto en las cuatro

aciones

tudiadas (Fig. 30), con un valor de 5.68 (40.80) ug/1 contra
valores promedio de 1.18 (£1.05) mg/l, 2.56 (2.10) mg/i y

---Page Break---

=100-

rd 23 Eg Ey 26 a 2

° 20 o +

D0,mg/t

wig.ao CURA DE DISTIRUGION DE OXIGENO ¥

TEMPERATURA-EN (A) LAGO CARRAIZO Y

(8) R10 GURABO

---Page Break---

-101-

Z,mts

Z,mts

a EF 27 25 29

Tec

ig@.31 CURVA DE OXIGENO DISUELTO Y TEMPERATURA EN EL
RIO CAGUITAS (a1) SOLBADO (B1) NUBLADO Y RIO
G. DE LOIZA (A2) SOLEADO (B2) NUBLADO

---Page Break---

102+

2,8 (11.68) ng/2 para las ostaciones del Rfo Caguites, Ro Gurabo

y Lago Carrafo, respectivamente, Por el contrario, la estación
dei Rfo Caguitas nostré los nenores valores observados, nostrand
lun Ligeru aumento on 1a concentraci6n con aumento en la profundi-
dad, probablenente debido @ 1a producci6n de metano (CH₄), hiard-
geno sulfuroso (1iz8) ¢ hidr6geno (ly) que intgrfirieron con las
lecturas del 0, en el metro electr6nico pare medir el oxfgeno
disuelto, al burbujear 6stos continuamente hacia la superficie.

Generalizando, 1a eetaci6n de) Rfo Grande de Lofza es 1a

estación que no saludable se encuentra en cuanto a concentración de oxígeno se refiere, lo que influye grandemente en que gran

parte de los fosfatos se encuentren atados:

en el fondo. 80 por

centaje que esta estación contenga la mayor concentración de fitoplancton y por lo tanto, una mayor población de zooplancton,

entre las

8 condiciones presentadas

+ Este aspecto podría influir

positivamente en la transición trófica, ya que poseería características

tróficas mixtas (oligotróficas-eutróficas).

Be

Los valores observados en las cuatro estaciones durante el

período de estudio se resu

nen en la Tabla 14. De estos datos se

puede generalizar que el π va decreciendo @ medida que se avansa

rfo abajo hacia el Lago Carrafzo, cono de igual manera disminuye

con el aumento en la profundidad, s excepeién dol Rfo Grande de

Lofza, en que se mantiene igual y del Rfo Caguitas, el cual

registra un ligero aumento. #1 valor n&ximo observado de las

cuatro estaciones correspondié al Rfo Grande de Lofea, el cual

---Page Break---

TABLA 14: MEDIANO, MAXIMO Y MINIMO DE LOS VALORES DE pH EN LA COLUMNA DE AGUA PARA LOS TRES TRIBUTARIOS PRINCIPALES Y EL LAGO CARRATZO

oF

ESTACION PROFUNDIDAD we. fax. MIN.

ao)

Rfg Grande de 045 7.50 1.65 7.36

Lotsa 1.0 7.50 7.81 137

Rfo Caguitas 0.5 7106 7.20 car

1.0 7.18 71.29 7.46

Rfo Gurabo 0.5 215 7.32 6.68

2.0 7.02 742 6.62

4.0 6.91 7.06 6.68

Lago Carrafzo 0.5 6.95 7.30 6.93

5.0 6.9% 714 6.7

10.0 6.90 7.40 6.62

se podría deber a la formación geológica y a la actividad fotosintética ejercida. #1 Afo Caguitas, aunque posea un insumo significativo de materia orgánica, posee un sistema de amortiguadores naturales debido a los depósitos aluviales que forman las geológicas del frente. Sin embargo, la disminución del pH con aumento en la profundidad reflejados en el Río Gurabo y el Lago Carrafzo se deben a la descomposición y regeneración de materia orgánica en el fondo (Wetzel, 1975). Estos datos parecen concordar con la disminución en pH con aumento en la profundidad en el Lago Carrafzo que fuera

---Page Break---

reportados por Martínez (1979). Sin lugar a dudas, el volumen de carga orgánica al cual se someten el Río Gurabo y el Lago Carrafzo por el reciclaje de nutrientes al sistema es la causa principal de la estratificación con el aumento en la profundidad.

Conductividad Específica y To: Sólidos Disueltos:

La medida de la resistencia al flujo de electrones en el agua está asociada directamente con la cantidad de iones sólidos que estén disueltos en el agua. Los valores promedio, máximos y mínimos de la conductividad específica y los valores promedio de la concentración de sólidos disueltos se resumen en la Tabla 15. Según los resultados obtenidos, la estación del Río Caguaitas

obtuvo, además

del total de sólidos disueltos, los valores máximos:

seguido de Río Gurabo, el Lago Carrafzo y el Río Grande de Lofza.

En todas las estaciones la conductividad disminuye con incremento en la profundidad (Figs. 32 y 33). Para la estación del Lago Carrafzo y el Río Gurabo mostré una marcada diferencia entre la superficie y el fondo, lo que sugiere que no existe circulación

en la columna de agua, y of estratos o capas de distinta densidad.

Los ndxizos observados en le superficie probablesonte se doban a

1a concentractén de bicarbonatos y carbonatos extetentes en la

superficie, comprobados ya con los valores de alcalinidad. Sin

embargo, esto sugicre que la wateria orgénica que se recircula

en ambos sistemas esté en forma particulada o suspendida, cono es

ele

0 del incremento en les dindmicas de manganeso, cobre, cadmio,
fosfates y otros.

Por otro lado, el perfil de conductividad especffica en el Rfo

Grande sugiere buena circulación de los sólidos disueltos en

=104-

---Page Break---

DISTRIBUCION DE LA CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA (A) RIO cacuitas ?1087

Y-(B) RIO GRANDE DE LOIZA

0.9,

of

Z, mts

?380 400440480520 560600

COND., mhas/em

Zymie

---Page Break---

Z,mts

Z,mts

FrG.33 DISTRIBUCION DE LA CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA

(A) LAGO CARRATZO ¥ (B) RIO GURABO

240250. 260. 270 280.290 300

COND., mhos/em

o

if

ab

|

8

? "qs0 260270 280290 300310

COND., mhos/em

~106-

---Page Break---

107-

?soqep sor satnqey op ogrsgdoad

qo woo soTtsied ø woswM0y 8 O1ge oLFRLLED oB¥T A OGVIND OFY Top seuOTOEySe SUT
EIVdy

19h ote o8z B27 orot

wrzeL ote ze e082 ors

unset ove owe L'se2 so onpeszug 0807

gat eve srise or

864 ure br 6uz oz

ore ose ele sto oqeany oyu

urure ove 00s le ob

brase ser oo8 165 sto svsrnseg oyu

e19b ove ose eter ont 2307

90° 798 o1z ove reese sto ep opuesy ofy

(1/88) ?NIN 0H ?HOUD

(wo/soyary

souansra vorstoasa avaraungoua No1ovisa

soar Tos T¥LoL avaTATsonaNoo

sonrvauyo

OV la K"SETVATONI Ud SOTUVLNATEL

SEuL_SO1 NZ SOLTENS la SoaTlos aa

VIGGH A YOLATORdSE GVG TATLOAGNOD Sa SORTNIN &

?WOE "Taq VOTLAWLINY

SOAIXVA ?OIGRNOUd SEUOTVA *ST WIEWE

---Page Break---

-108-

comparactén con 0] Rfo Caguitas, el que exhibid una estratificacidi

on su escasa profundidad (Fig. 32a). En vista de los valores supe-

riores en la conductividad especffica observados en ol Rfo Caguitas,
se intenté correlacionar los valores promedio en 1a conductividad

y el crecimiento del Jacinto de agua en las cuatro estaciones

(Fig. 34), de donde se obtuvo una relación inversa entre el creci-

niento del jacinto y la conductividad especffica. A tales efectos,

se determinó que el cobre (Cu^{2+}) es un factor limitante en el

crecimiento pobre del jacinto de agua en el Rfo Caguitas (Fig. 35).

Estudios realizados por Churchill (según Hutchinson, 1957)

demonstraron que

estas plantas acuáticas multicelulares, pertene-

cientes a los géneros *Riccia* sp. y *Lemna* sp. eran susceptibles »

tras exposiciones de concentraciones bajas de Cu de $30 \mu\text{g/l}$. Este

hallazgo, aunque no definitivamente, podría ejercer un efecto

adversivo en el crecimiento de la planta, ya que la concentra-

ción de Cu promedio en la superficie del Rfo Caguitas fue de

118.45 mg/m^2 ($118.45 \mu\text{g/l}$). Este es un aspecto que merece especial

atención en los posibles efectos inhibidores que pueda tener el Cu

en el crecimiento y desarrollo del Jacinto de agua.

Finalmente, los valores de conductividad específica para la superficie de las estaciones del Rfo Grande de Lofza, Rfo

Caguit

Rfo Gurabo y el Lago Carrafzo fueron comparables con los

reportados por Quifiones-Marquez (1980) en su estudio. Be notable

comentar la similitud en el valor máximo registrado por Quifions

Marquez en el Rfo Caguits

y el presente estudio, registrando

conductividades máximas de 800 $\mu\text{hos}/\text{cm}$, 10 que indica unos antecedentes tempranos de descargas donéaticas a 1a cuenca del Rfo

Caguiti

---Page Break---

109

stan 404

HOrsvdsa wo volatuaass ovaraLzonaion PE" Ete

---Page Break---

110.

oz

24/504

on

om

ervas ews avs wwe

oexysonu "

9p ugToRsg vee or

e193 | ===

seiwi20¢ | ?

sa ouyaiMiGna¥ 13ND vavE

NOTOWISS wod oon

ata

WD MOTOWAS? wud 44H Su ROTIVHLNIOROD

---Page Break---

Ltusinación y Traysparencta:

La iluninación de las capns superficiales on lon lagos © embal-
ses varfa sogdn 1a intensidad de luz y 1a transparencin dol agua
que, a su vnz, ee funeién de la lus atenuada y la materia particu-
lad 9 suspendida oresente en 1s colusna de agua, En térsinos de?

porsiento de penerración de luz en la superficte de los tributarios

principales y en el Lago Carrafzo, se encontró una variación entre el

porcentaje de

variación de luz entre las distintas estaciones para

los días soleados y días nublados. Para las estaciones del Río

Grande de Lofea y en el Río Caguitas, la penetración de luz a la pro-

fundidad de un

metro fue de sólo 2.57% para la primera y mayor en

la segunda, con un 8.08%. En días soleados, la penetración de la

luz disminuye en ambas estaciones, decreciendo un 1.56% en el

Río Grande de Lofea y a un 3.16% en el Río Caguitas (Fig. 36).

Considerando que ambas estaciones sólo poseen una profundidad de

un metro, la absorción de la luz en la superficie inmediata es alta,

debido probablemente a la densa cantidad de fitoplancton, bacterias

© aaterial cusponttdo en las capas superficiales del agua (Wetzel, 1975).

Por otro lado, las estaciones del Rfo Gurabo y el Lago Carrafzo muestran un ejemplo típico de un decrecimiento significativo en la penetración de la luz en la columna de agua. En días soleados la penetración de la luz en el Rfo Gurabo una profundidad de 4 o de 0.0048 (Fig. 37)+ en días soleados ésta registra un leve aumento de 0.02% a la misma profundidad. Para

el Lago Carrafzo, el porcentaje de tu

asign a la misma pro-

fundidad resulta mayor, mostrando un valor del 0.334% el cual

---Page Break---

-1126

valor a un O18 (a) x

SVLTNOVD O14 (¥) UYOIUANIO¥d YaLNOY ZO su NOTOVMIaNEd Fd OLNLONOd OE os

1%

---Page Break---

1135

ogvino ory

?Ta NG GYGTONNdO¥d 1 VHLNOD 207 30 NOTOVULENGd Za OLNNGTOUOA cO*OID

1%

---Page Break---

114

resulta un 66.56% menor que el reportado por Martfnex (1979) para la misma profundidad de un 1%. Al igual que el Rfo Gurabo, en aguas nubladas exhibe un pequeño incremento del 0,521 a los 4 a. (Fig. 38), 01 cual en ninguno de los dos casos resulta significativo.

Intigamente relacionado con el porcentaje de penetración de luz se encuentra la transparencia y el coeficiente de extinción (Fig. 19). La transparencia disminuyó « medida que se avanzaba río arriba en Airecetén a Caguas, mientras que el coeficiente de extinción aumentó:

estaba en la misma dirección (Tabla 16). El valor máximo de trans-

parencia se registró en el Lago Carraízo con un valor promedio de

1.0 = (0.22), seguido por 01 Rfo Gurabo (0.5737 40.2136) en el

Rfo Caguitas (0.4324 0.0823m.) y 01 Rfo Grande de Lofza (0.3014 40.105m.), Los valores expresados de transparencia por el plato Secchi concuerdan con los análisis de oxígeno disuelto del Rfo Gurabo y 1 Lago Carraízo, estaciones que muestran verdadera

estratificación. Por el contrario, el coeficiente de extinción resultó más alto en el Río Grande de Lofze (3.760), seguido del Río Caguitas (2.770), el Río Gurabo (2.750) y el Lago Carrafzo (1.435).

La amplia diferencia observada entre las cuatro estaciones es

notable, más comparativamente hablando sólo se pueden comparar

el Río Grande de Lofza con el Río Caguitas y el Río Gurabo con el Lago Carrafzo, debido a la diferencia en profundidades. A grandes rasgos, las estaciones del Río Grande de Lofza y el Río Caguitas poseen probablemente concentración de fitoplancton en el primer

© y materia suspendida o particulada en el

segundo caso, lo

que absorbe una gran cantidad de la luz disponible, impidiendo

---Page Break---

115+

ogivuuvo oD¥1 Ta Nx avaTaNd

ot os oe on

OWd VUINOO ZOT 0 NOTOVULENEE Ed OLNATOUOd SEOs

1%

os

+

08 ov oe on

. +

on °

---Page Break---

a116-

SENOIOVEST CULV

Parry

ZS es

TOS

ros.

evs

zs

0

---Page Break---

TABLA 16: VALORES PROMEDIO, MAXIMO, MINIMO Y DESVIACION ESTANDAR DE LA TRANSPARENCTA POR PLATO SECCHI Y VALORES DEL COBFIGIENTE DE EXTINGION PARA LOS TRIBUTARIOS PRINGIPALES Y EL LAGO CARRAIZO

?TRANSPARENCIA (2) COEFICIENTE DE

ESTACTON PROM. MAX. MIN, DE EXTINCTION (n)

Rfo Grande 0.3014 0,40 041524 01052 3.760 (12)

de Lofaa

Rfo Caguitas 0.4324 0,500,305 00823-2770 (18)

Rfo Gurabo 0.5737 «0,900,305 042136 2.750 (3)

Lago Carrafzo 1.0266 = 1.25 0,66 = 0,.2174 1,435 (An)

que ésta se distribuya uniformemente en la columna de agua. Para el

Río Gurabo y el Lago Carraízo predomina un patrón similar, pero éste se acentúa de una forma más evidente en el Río Gurabo, donde predominando una estratificación o capa de material suspendido a una profundidad de 2m,

Por último, el valor observado en el Lago Carraízo (1.435) resulta ser un 20,88% más alto que el observado por Martínez (1979) de 1.188 @ 1a ordenada profundidad (4m). Este hecho ocasiona la pérdida de la calidad del agua del embalse, producto del ingreso de nutrientes en cantidades apreciables por parte de los tributarios al sistema. En base al coeficiente de extinción, todos los tributarios y el Lago Carraízo se encuentran eutrofizados (Wetzel, 1975), dados los niveles de productividad allí presentes, reflejo de las

descargas:

continuas e intermitentes de efluentes domésticos ©

industriales y el mal manejo de la cuenca,

---Page Break---

a118-

HIDROLOGIA Y PROVISION DE NUTRIENTES:

Brocipitaci3n:

Ln precipitaci3n en 1a cuetien hidrogrdfica del Rfo Grande de Lofza mostr3 una variaci3n en la distribuci3n de las lluvias a trav3s de 3sta (Fig. 40a). Este patr3n de distribuci3n se caracteris3 por un aumento marcado en la precipitaci3n durante el mes de septiembre, observ3dose 1a mayor precipitaci3n en 1a represa (Trujillo Alto).

Durante el perfodo de estudio (junio - octubre), un total de 7103.07

fueron registrados en 1a represa, mientras que 727.2, 543.05 y 689,09mm. de lluvia fueron observados en 1a eataci3n de Gurabo, Caguas y San Lorenzo, resp3ctivamente. Esto indica una relative variaci3n on la distribuei3n pluvial a trav3s de 1a cuenca hidrogr3fica. Para la regi3n del Lago Carrafzo, se estin3 que

cayó un promedio de 715.13mm, en bi

a la media aritmética entre

la lluvia registrada en la represa y en la estación de Gurabo,

lo que contribuyó con un volumen de $1.728 \times 10^6 \text{ m}^3$ por concepto de

precipitación directa sobre el Lago Carrafzo.

Elujo y Provil

Flujo de Nutri:

tes:

El flujo en los tributarios principales del Lago Carrafzo

durante el período de estudio mostró un patrón relativamente

uniforme de descarga, el cual está relacionado con la distribu

ción de las lluvias en la cuenca (Fig. 4b). El Rfo Grande de

Lofza resultó ser el tributario principal, descargando un total

de $199.7 \times 10^6 \text{ m}^3$, seguido del Rfo Gurabo y el Rfo Caguitas,

los que descargaron un volumen aproximado de 410.4×10^7 a? y

---Page Break---

PRECIPITACION, mm.

DESCARGA MENSUAL PROMEDIO, m3,

As As, 1980)

z

. Tr TT w t

2 RTO GURABO

FIG.3? HISTOGRAMA DE PRECIPITACION TOTAL EN ESTACIONES SELECTAS EN LA CUENCA DEL RIO GRANDE

DE LoT2a (a)

DESCARGA PROMEDIO MENSUAL EN LOS TRIBUTARIOS

DEL LAGO CARRAIZO (B)

---Page Break---

=120-

171.9 x 10⁷ 93, respectivamente al Lago Carrafzo.

La contribución del volumen de agua que aporta cada tributario al Lago Carrafzo trae consigo una cantidad determinada de nutrientes, los que contribuirán finalmente a la carga orgánica del sistema. Esta carga o provisión de nutrientes, puede ser determinada para los macronutrientes más importantes, nitrógeno y fósforo, para cada uno de los tributarios. Esta contribución se estimó en

base al promedio mensual en la concentración:

cin de cada uno de los nutrientes y las descargas proesedio de cada tributario. En base a esto, el Rfo Grande de Lofaa contribuyS con 66.76 toneladas aftricas de nitrógeno total y 105.76 toneladas nétricas de f6sforo total, mientras que el Rfo Caguitas aporté 71.69 tm. y 15.79 ta. de nitrógeno y Ssforo total, respéctivamente. Finalaente, el ?fo Gurabo contribuyS con 57.32 ta. y 24.38 tm, de nitrógeno y fésforo total respectivamente al Lago Carratzo.

Estos datos reflejan que ol Rfo Grande de Lofza es el tributario que contribuye con una carga sayor de fSsforo total, mientras que el Rfo Cuguites exhibe 1a rayor carga de nitrógeno total. En

vérminos general

195477 tm. de nitrógeno total y 143.94 tm. de f8eforo total fueron exportados hacia e) Lago Carrafzo durante el perfodo de estudio. Le magnitud de estas provisiones hacia el

Lago Carrafzo suestra el estado detrizental de estos tributarios producto de 1a hipereutroficación. Aunque el perfodo de estudio

sflo abareé cinca a

05, esto nos ofrece una idea general del nivel

tráfico aue ha aleansudo ei Lavo Carrafzo,

---Page Break---

?121+

En rosumidas cuentas, todo el conjunto de pardaetros qufaicos, dioquimicos y f{sicas que caracterizan tanto a los tributarios del Lago, cono al Lago Carrafzo, influirgn eignificativanente en el crecimiento y desarrollo del jacinto de agua a lo largo de 1a cuenca hidrogréf'ica dol Rfo Grande de Lofza, Este desarrollo y crectatente @el Jacinto de agua en lugares particulares reflejardn en su fisto- logfa y contenido nutricional, 1a calidad del agua en que se establezcan. La caracterización del contenido nutricional del Jacinto de agua en el embalse de Carrafzo confirmard 1a condicién tráfico en que se encuentra dicho embalse y cuestionaré la existen- cia de los tres biotipos de jacinto de agua.

---Page Break---

THI:

GONTENTDO NUTRICIONAL DEL JACINTO DE AGUA

Relación peso seco-peso hifned

B1 contenido de humedad de los jacintos de agua en el Lago Carrafzo parece estar de acuerdo & los valores reportados en 1a literatura por diferentes investigadores, En el Lago Carrafzo, e1 poreiento de husedad prosedio en base & ocho (8) plantas, tres de elias tomadas de 1a región del Lago Carrafzo y cinco de ellas de 1a región del Rfo Grande de Lofea fue de 94.4 (93.0-95.8) porciento. Este valor re-

sulta comparable con los valor:

reportados por Penfound &

Earle (1948) de 95% en Nueva Orléans; por Bock (1966) de

93.48 en California, por Boyd (1969), Yount & Crossman (1970)

y Knipping et al. (1970) de 94.1, 95.3 y 94.2% respectivamente en la Florida y por Villamil et al. (1979) de 94.8% en Puerto Rico, Como complemento a esto, se encontró una estrecha

relación entre el peso seco y el peso hiedado, ol cual respon-
16 @ un patrón Lineal (fig. 41). Este comportamento es
eimilar al detersinado por Villesil et al. (1979) en jacintos
cosechados en una planta de tratamiento de aguas negras, 10
que sugiere que el jacinto de agua mantiene constante la
razón de peso seco a peso hiedado a través de su desarrollo.
Por Gitimo, se encontró que por cada parte de sólido sinte-
tizada, el jacinto incorpora 18.9 partes de agua en sus
tejidos. Esto explicaría en gran parte ol porqué el jacinto

do agua, al presentarse en brotes sasivos ovapotranspire una

2122+

---Page Break---

Peso Seco,g

00)

70h.

sof

49]

20k

FIG.41

$$y = 0,06148X - 1.691$$

122 0.9280

?200 400 00 ?200 1000

Peso Humedo,g

RELACION LINEAL DE PESO HUMEDO DE LOS JACINTOS DE
AGUA CON EL PESO SECO

-123-

---Page Break---

124-

gran cantidad de agua, Vietmeyer (1975) menciona que esta
particularidad ha

que el jacinto posea una alta rasén de
evapotranspiración, Beta caracterfstica del jacinto de agua

tione graves consecuencias en los embalses de agua potable

en donde podrf a evaporar hasta 3.7 veces nds agua que en una

superficie abierta (Timmer & Weldon, 1967). Esto es una razón para que se tomen medidas de manejo en la reserva del

Lago Carrafzo, para evitar una pérdida de agua a 1

capas

de la atmósfera, en un momento en que existe una marcada demanda por el recurso agua y la capacidad del Lago Carrafzo se reduce debido a la hipereutrofización. Es hora de que

las autoridades concernientes tomen acción sobre el particular.

Composición Bru

Los resultados de la composición de los jacintos de agua

de dos estaciones

de muestreo en diferentes localidades del

Lago Carrafzo se expresan en la Tabla 17 y 18. El contenido

de

de nutrientes en los jacintos del Río Grande de Lofza y el Lago Carrafzo resultaron variables entre sí (Figs. 42 y 43). El contenido de carbono varió de un 16.5 (16.12-16.88) por ciento en los jacintos del Río Grande de Lofza a un 21.69 (16.29-27.09) por ciento en el Lago Carrafzo. Ambos valores resultaron inferiores al valor promedio reportado de 35% de carbono por Parra & Hortenstine (1974). Una característica

particular de los Jacintos del Río Grande de Lof:

que es

la concentración del contenido de carbono en las raíces (23.5%), contrario a los jacintos del Lago Carrafzo, cuyo valor máximo

se registró en el peciolo (43.27%). Esta diferencia fue

---Page Break---

Lz (OrtS7)69"1z epeztuotoso?

Loh iee0_cu9" suror

(eget yr OF 990" sa0ses

lusts zeaerorond

(rgrotpotes Tre ato: ros

(r9riF)98°51

(e0F)

2)a6" tb

16-07 8u°s2 seyo1

op pussy Of

so vanuo ald 0h noxovet1v001

nyo vorD, ov

awanzu ouoasog wilsioes ="? owascuite ?OREN Ras

foot# ozugnd ?c21veuvo oovi ?saavai'o0T sauxauaaze sod

S¥OTOOI04UOH SENOTIOBS SBINGWBATE YT a (00TS OSTA vod OLNATOHOS

wotorsoskoo :TI-VIEVE

---Page Break---

2126-

(9t0°0F) 6ELE OF) 8°61 opezzuoBomoy

oF) stze sooyes

OF) arse ororoed

oF) a9 stow onpessey 0807

(200° 0F)8189°0

(70°OF) ostre

(210%) 765°?

(90°07) a8s*z (ue"0F) se

opreyuesonoy

(11°03) 2°99 Sooper

-0F) Y52° (oz"0F)95° 74 ororsed

(90°0F) 7e7°? (68°0F)2e" tz stow e857 op spuvsy ofy

ootuomvo voTDOTOguOK

oa TWSLNOD svorNgo Norg0as Norov2r1v901

OTM oLWnd ?OZIVHNVO ODVI ?sgavaLTVOQT SeuNaUaIG

SOd Hd SYDTOOTOLYON SENIOOGS SALNa¥sALA SVT Fd (4/twOY ?ODS OSes Hod ONVUD

Nod

SYIWOTVOOILH) OOTHOTVD OGINELNOD A (ODES OSAd HO OLNETOUM NI) SVZINEO 3d

OGINSLNOO

---Page Break---

3 <auo

2 perrrrtt seit tes

~ *

---Page Break---

FIG. 43

HISTOGRAMA DBL £ DE COMPOSICION DE POSFORO_Y CONTENTDO -128-

ORTCO DEL JACINTO DE AGUA DEL RIO GRANDE YL. CARRAIZO

ide de Lolze Lege Corraize

on

A 0g8

?w PECIOLO

© Rates

o.3| © HoMoGENTzano

Bog]

LK,

atele afefec]o

2.01

Rie Gray

@e Loize

keal/g

2.0}

---Page Break---

+129-

probablemente causada por estar las raíces en contacto con los sedimentos del fondo por ser el litoral de 1a estación de auestres (<30.5 om.) de eacasa profundidad (Parra & Hortenstine, 1974). El contenido de nitrógeno total (TKN) no nostré cambios significativos entre localidades. Los Jacintos de la región del Rfo Grande de Lofza mostraron el valor mayor con un promedio de 2.54 (2.24-2.84) porciento mientras que los jacintos del Lago Carrafzo zostraron un promedio de 2.134 (2,034-2.234) poreiento, Estos valores resultaron inferiores a los reportados por Yount & Crossman (1970) de 1.9928, Knipling eç af (1970) de 1.75%, Parra & Hortenstein (1974) de 1.61% y el valor menor encontrado en una laguna de tratamiento de aguas nogras por Wolverton & Me Donald (1978b) de 1.56%, E1 valor calculado para le región dei Rfo Grande de Lofze resulté comparable con el re-

portado por Boyd (1969) y Wolverton & McDonald (1978b) de 2.64 y 2.738 respectivamente e inferior al del Lago Carrafzo.

Por selección norfológica, se pudo apreciar una concentración del nitrógeno total para ambos casos en 1ª hoja, con valores de 4.13 (3.98 - 4.28) por ciento para jacintos del Rfo Grande de tofaa y de 3.61 (3.51 - 3.71) por ciento para jacintos de Lago Carrafzo. Este patrón de concentración del nitrógeno total en 1ª hoja ha sido confirmado por los estudios previos de Knippling et al (1970) y Wolverton & McDonald (1978b).

Por otro lado, la distribución del nitrógeno total en el peciolo y las raíces no resultó de igual manera entre los dos

tipos de Jacinto de agua. Los jacintos del Rfo Grande de

---Page Break---

-130-

Los jacintos de Carrafzo concentraron más nitrógeno en el peciolo (1.89840.34) que en las raíces (0.99840.06). Sin embargo, los jacintos del Lago Carrafzo mostraron el patrón contrario, concentrando más nitrógeno en las raíces (1.67820.10) que en el peciolo (1.5510.09).

Un patrón similar fue observado por Knippling et al (1970) y Wolverton & McDonald (1978b) sin aparente explicación, Aunque Boyd (1970), Knippling et al (1970) y Wolverton & McDonald (1978b)

mencionan que existe una relación directa entre la carga de nutrientes disueltos en el agua y el contenido de éstos en el Jacinto de agua, la distribución de éstos en los jacintos de

agua ha resultado diferente

entre los dos tipos de jacintos de

agua. De especial interés cabe mencionar que la concentración

del nitrógeno en las raíces podría estar determinada por la concentración del nitrógeno total en las aguas. Como se puede observar en la Table 19, el porcentaje de nitrógeno total en

las raíces fue mayor en la estación de muestreo con menor concentración de TKN en la superficie del agua que la estación que exhibía mayor concentración de TN, Aunque la distribución del nitrógeno dentro de la morfología del jacinto de agua pudiese responder a la concentración del TKN en la superficie del agua, cabe aclarar que esta variación puede deberse a razones estrictamente fisiológicas. Boyd (1969) menciona que la composición de

plantas acuáticas cambia apreciablemente a medida

que la planta envejece:

Esta podría ser la verdadera razón de

esta diferenciación, ya que si tomamos el tamaño de las plantas

(como demostrado en la primera parte de esta investigación)

la biomasa de las plantas tomadas de la región del Río Grande de

la zona de estudio).

---Page Break---

-131-

CONCENTRACIONES DE NITROGENO TOTAL (TKN) PROMEDIO EN LA SUPERFICIE DEL AGUA RELACIONADAS AL % DE COMPOSICION DE NITROGENO DE LOS JACINTOS DE AGUA DEL RIO GRANDE DE LOIZA Y DEL LAGO CARRAZO

LOCALIZACION TKN, mg/l % NITROGENO # NITROGENO
RACES PECTOLO

Rfo Grande de Lofse 9.4969 1.89 0.99

Lago Carratzo 1,244 1.67 1455

Lofea en promedio fue de 159 μ (+26.5), mientras que las plantas tomadas de 2a regi3n del Lago Carratzo pesaron aproximadamente 709 μ (4224.9).

En t3rminos de tama1o de las plantas, los jacintos de agua utilizados en estos an1lisis fueron peque1os (10.0cm.) para la regi3n de 2 Rfo Grande de Lofsa y super gigante (92.0cm.) para la regi3n del Lago Carratzo. Todas las muestras utilizadas en el estudio se tomaron del mismo brote de aproximadamente la misma edad (peque1o. Rfo Grande de Lofea: super gigante, Lago Carratzo), as1 que las variaciones se le

deben de atribuir a las diferencias ambientales o fisiológicas, Este

detalle representa una laguna dentro de la fitología del jacinto de

agua, lo que debería de ser considerado en futuras investigaciones.

La razón de carbono a nitrógeno (C:N) resultó mayor en los jacin-

tos de la región del Lago Carrasco que los jacintos de 1a región del

Río Grande de Lofza. En pro

pio, la razón C:N para los jacintos

pequeños resultó ser de 6,50:1 comparada con la razón determinada para

el Jacinto de agua super gigante de 10.16:1, Estas razones resultan

inferiores a las razones

reportadas por Parra & Hortenstine (1974) de

23.321. Aunque la razón determinada en esta investigación (10.16:1)

---Page Break---

132

no sea la recomendada por Wolverton & McDonald (1975a) de 30:1

para la producción oxidativa de metano, podría afirmarse que de

los dos tanques seleccionados, el super Jacinto de 1a región del
tango Carrizo sería el más apropiado para la producción de bio
gas. Es en el super Jacinto en donde se obtiene la mayor de las
razones entre O:N obtenidas por sección morfológica, ya que el
resultado demuestra estar cerca de la razón óptima de producción

de biogas (27.9221). En el caso de los jacintos pequeños, los

resultados (23.5:1) es la primera parte de la sección morfológica que

pudiese acercarse a la razón C:N óptima de 30:1, Ya que esta

sección morfológica constituye una categoría propia de los jacin-

tos pequeños, no recultivos desde #2 punto 4

vista práctico eu

utilización para 1a produción de biogas.

BL contenido de proteína cruda resultó edxino en la región
ei Rfo Grande de Lofaa, con un valor promedio de 15.88
(14,04-17.72) porcentaje, mientras que en la región del Lago
carrafo s\$10 se obtuvo un valor del 13.34 (12,713.98) por
cento, 22 contenido de proteína cruda de 1a región del Rfo
Grande de Lofza resulta comparable con el valor hallado por
Boya (1969) de 16.5% en jacintos de la Florida del Sur y el
reportado por Wolverton & McDonald (1978) de 17.1% en jacintos
cosechados en una laguna de tratamiento de aguas domésticas en
Mississippi. Similar al caso del porcentaje del nitrógeno, el
contenido de proteína cruda en las plantas pudiese estar ligado
a 2a carga orgánica de las aguas en donde los jacintos crezcan.
una inspección de 1a Tabla 20 podrá comprobar la relación que
existe entre el % de nitrógeno total y el % de proteína cruda.

---Page Break---

=133-

TABLA 20: GONCENTRACTONES DE NITROGENO TOTAL (TKN) PROMEDIO EN LA

A" SUPERFICTE DEL AGUA RELACIONADAS AL % DE COMPOSICION DE
PROTEINA CRUDA EN LOS JAGINTOS DE AGUA DEL RIO GRANDE
DE LOIZA Y DEL LAGO CARRATZO

LOCALIZACION TKN, ng/1 % PROTEINA CRUDA

Rfo Grande de Lofze 0.4969 15.88

Lago Carrafeo 1.244 13.34

Wolverton & Me Donald (1978), observaron un relectén directa entre
la carga orgénica y los Jacintos cosechados on plantas y lagunas de

tratamiento de aguas donécticass sin embargo, Boyd (1970) hace incapié

en que el contenido de profefna on ios jacintos de agua disminuye con

in edad y que date es extrenadorente variable entre les plantas de diferentes localidades, reflejano «1 contenido de los nutrientes presontes en las aguas donde orecen, los resultados de esta investigación confirean esos descubrinientes. Norfoldgicanente hablando, el porcentaje mayor de protefna crude se concentré on la hoja para anbas regiones, con un valor prosedic de 25.78 (24.8-26.76) porciento para las plantas de 1a región dei Rfo Grande de Lofze y de 22.61 (21.97-23.25) poreiento para los jacintos de 1a región del Lago carrafzo. Esta particularidad fue observada por Wolverton & Me Donald (1978b) en jacintos cosechados en plantas de tratamiento de aguas negras en Mississippi. Al igual que en el contenido de nitré-veno, 1a distribucién del contenido de protefna cruda entre ol peciolo y las rafees es similar. Para los jacintos del Rfo Grande de Lofza, ol peciolo le sigue on porcentaje de protefna eruda con 11.58 (9.43-13.73) poredento y luego las rafces, con un 6.19

---Page Break---

-134-

(5.8-6.58) porciento. Le contrario ocurre en las plantas de la

rerión del Lago Carrafzo, a las hojas le siguen en negnitud #3

peciolo y luego las rafces con 9.71 (9.14-10.28) poreiento y

10.44 (9.77 = 11.11) porcento respectivamente. La posible explicación a esta diferencia en el contenido de proteína cruda es estrechamente relacionada con la distribución del contenido de nitrógeno. Beta condición pudiese estar relacionada = las previamente discutidas en la distribución norfológica del porcentaje de nitrógeno.

contenido de fósforo en los jacintos de agua resultó mayor en la región del Lago Carrázo que en la región del Río Grande de Lofza. El valor promedio para el porcentaje de fósforo total en el Lago Carrázo promedio fue de 0.22 (0.1 = 0.34) por ciento, mientras que para el Río Grande de Lofza resultó en un promedio de 0.016 (0.0154 - 0.0166) por ciento. Esta marcada diferencia en el contenido de fósforo total puede atribuirse a la diferencia en biomasa de los jacintos de agua de 1a región del Río Grande de Lofza comparados con 11

plantas escogid

Lago Carrafzo para anflisis nutricional. Sin

ybargo, al ser

coaparados con valores reportados previa

nte resultan significa~

tivanente inferiores. Boyd (1969) reporté un valor de 0.435 en

plantas de Florida del Sur; tanto Yount & Crossman (1970),

Knipling eç af (1970) couo Parra & Hortenstine (1974) determina-

ron valores porcentaje de £6sforo de 0.6707, 0.63, 0.29 y 0.318

respectivamente para jacintos de agua en la Florida y, por fltino,

Molverton & Me Donald (1978b) estizaron valores entre 0.89 y

0.31%, respective

te para plantas y lagunas de tratamiento de

aguas donésticas en Mis

issippi. Por otro lado, la distribución

---Page Break---

3135+

del contenido de féeforo en los tejidos del jacinto de agua en

las dos regiones se linité on su gran

yorfa a concentrarse en

las hojas y el pectolo. Del total del porcentaje de féeforo

total para las tree secoiones morfolégicas del jacinto (hojas,

peciolo, rafces) aproximadanente el 90.3% (44.7) del £6sforo

total se encuentra entre 1:

hojas y el peciolo. Este porcentaje

superior al reportado por Wolverton & Ne Donald (1978) en los jacintos de agua cosechados en las cuatro plantas de tratamiento en Mississippi, cuya concentración en las hojas y el peciolo del fósforo total fue del 66% en promedio. Aunque los Jacintos del Lago Carrafzo demostraron poseer un mayor porcentaje del fósforo total por planta, las hojas de las plantas de

la región del Río Grande de Lofza mostraron poseer un valor

Ligeramente más alto que el contenido de fósforo en las

hojas

del Lago Carrafzo, En promedio, las hojas de los jacintos de agua de la región del Río Grande de Lofza se les determinó un porcentaje de 0.245 (0.125-0.365) por ciento, mientras que las

hojas correspondientes de 1

plantas del Lago Cerrafzo

exhibieron un valor promedio de 0.23 (0,224-0.236) por ciento.

Esto podría deberse en parte a la alta tasa de remoción de

nutrientes de 1a región (Villamil et al, 1979). Por

plantas

el contrario, las plantas de 1a región del Lago Carrafzo demos-

traron poseer un mayor contenido de fósforo en el peciolo que

las plantas de 1a región del Río Grande de Lofza, con valor:

de 0.24 (0.236-0.244) por ciento y 0,186 (0,146-0.226) por ciento
respectivamente

ante. En adición a esto, los jacintos que crecieron

bajo una concentración adecuada de fósforo (Lago Carrafzo), 18

---Page Break---

-136-

La distribución del contenido del fósforo fue más a la par entre

la hoja y el pecíolo que los jacintos del Río Grande de Lofza.

Una revisión a la Tabla 21 demostrará la relación entre concentración del fósforo total en el agua y la distribución del porcentaje en los jacintos de ambas regiones. Esta particular

idad fue observada por Wolverton & McDonald (1978) en los

Jacintos cultivados en las plantas de tratamiento de Mies:

Appi.

TABLA 21: CONCENTRACIONES DE FOSFORO TOTAL (TP) PROMEDIO EN LA SUPERFICIE DEL AGUA RELACIONADAS AL PORCENTAJE (%) DE COMPOSICION DE FOSFORO TOTAL POR SECCION MORFOLOGICA DE LOS JACINTOS DE AGUA DEL RIO GRANDE DE LOTZA Y EL LAGO CARRAIZO

LOCALIZACION TP, mg/l % -FOSFORO \$ FOSFORO \$ FOSFORO
ROSAS PECTOLO RAICES

Rfg Grande do

Tots 0.5389 0.245 0.186 0.065

Lago Carrefso 1.0833 0.230 0.240 0.032

La aarcada diferencia on 1a distribuei3n del porcentaje de

f6eforo entre los dos t

afios de jacinto, @ 1a par con la dife-
rencia en concentracion

promedio de f6sforo total de donde

estaban ereciendo as plantas, 4

wtran que el Jacinto de agua

es capaz de remover nutrientes en exceso, y ads espectticanente,

Pbeforo. Dicho de otro modo, los jacintos de agua expuestos a

una mayor concentraci6n de nutrientes absorver6n xfs del nu-

triente de lo que puedan utilisar. (Knipling ef af, 19705

Haller e6 af, 1970; Wolverton & Me Donald, 1978). Haller &

Sutton (1973) determinaron que los jacintos de agua pueden

---Page Break---

absorber hasta cuatro veces más fósforo que otros tipos de plantas, lo que demuestra una eficiencia que el jacinto de agua

posee en la recolección de nutrientes

Por lo tanto, la concentración

de fósforo en los jacintos de agua en la región del

Lago Carrizoso en la hoja y el peciolo reflejan, similar al caso

del porcentaje de nitrógeno y proteína cruda, que el jacinto

de agua responde a las condiciones ambientales a las que se

enfrenta. Por último, la habilidad de los jacintos de agua

para recoger e incorporar nutrientes en sus tejidos favorecen

su utilización para la

recolección de nutrientes de las aguas por

medio del cultivo. En el

a 1a productividad promedio del

Jacinto de agua para el Lago Carrazo (175.3 kg/ha/d, peso
hijado) y los porcentajes de nitrógeno y fósforo respectiva-

mente para los jacintos del Lago Carrazo (2.1343 0.22), se

puede estimar que el cosecho de una hectárea de Jacintos de

agua en el Lago Carrazo podrían remover aproximadamente

3.741 y 0.3857 kg. de nitrógeno y fósforo respectivamente
por año

Esta razón de relación compara favorablemente con

los resultados de Boyd (1976) de 3.4 y 0.43 kg/ha/d de nitró-
geno y fósforo respectivamente

de jacintos cosechados en Alabama.

Queda una vez

demostrado la capacidad de esta planta para
renovar nutrientes sin necesidad de sistemas complejos de
anegamiento.

El porcentaje mayor de azufre recayó para las plantas

de la región del Lago Carrizoso, con un promedio del 3.68 (3.63-

3.73) porcentajes, mientras que las plantas de la región del Río

Grande de Lofsa registraron un valor promedio de 2.89 (2.68-

---Page Break---

=138-

3.1) por ende. Ambos valores resultaron muy por encima al valor reportado por Boyd (1969) del 0.33% en Jacintos de la

Florida del Sur. Como demostrado anteriormente, la concentración de los macronutrientes en las plantas reflejará proporcionalmente

la concentración de nutrientes en el agua, lo que sugiere

la presencia de concentraciones considerables de azufre disuelto

en las aguas, en su

forma de sulfatos (SO_4^{2-}) (Wetzel,

1975). Esta situación es típica en cuerpos de agua eutróficos.

Por lo tanto, hablando de las hojas de la región del Río Grande

de Lofze registraron un valor promedio mayor en el porcentaje de azufre (3.6440.24) que las hojas de 1a región del Lago Carrafzo (2.37%41.54). Contrario a este hecho, las raíces del Lago

Carrafzo mostraron un valor muy superior (8.3\$40.57) a las raíces

de 11

plantas del Rfo Grande de Lofza (1,64440.0003). Para

@1 primer caso, la concentración del porcentaje del azufre en

Las hojas podría deberse a1 metabolismo activo de las plantas

véase:

+ Sin embargo, en el segundo caso, la drástica diferencia en el porcentaje de azufre en las raíces de los jacintos del

Lago Carrafzo podría atribuírsele a una considerable concentra.

eign de hidrógeno sulfuroso (128) en 1a sección anéxia del
hipolimneo (Wetzel, 1975). Wolverton # McDonald (1978b)

registraron la misma distribución en los jacintos cot

chados en

?a planta de tratamiento de Lucedale, Mi

?ppl, ain aparente

@iección ai relación con 1a concentración del afluente de las
plantas. Aunque las plantas de 1a región del Lago Carrafzo
nostro por planta un porcentaje mayor, no hay que descartar

también 1a posibilidad de que esta particularidad sea

---Page Break---

=139-

un aspecto fisiológico relacionado con 1a edad de las plantas

(Boyd, 1970). Este aspecto representa un eslabón

que queda

por esclarecer dentro de la fisiología del jacinto de agua.

Los valores del contenido calórico por planta promedio

demostraron ser de 3.139 (3.123 - 3.155) kcal/g en la región

del Río Grande de Lofsa. Los valores

fueron inferiores

al valor reportado por Boyd (1969) de 3.8 kcal/g en jacintos

de Florida del Sur, Existe la posibilidad de que los valores

del contenido calórico estén sujetos a la disponibilidad de nutrientes y muy en especial a la edad de la planta, lo que

pudiese contribuir a la diferencia significativa entre los

Jacintos de agua de las dos localidades. Seccionando, hablando, la distribución del contenido calórico fue similar en

las dos regiones. En ambos casos, la hoja y el peciolo

representaron el 92.92(42.93) del total del contenido caló-

rico de las tres secciones:

(noja, pectolo, rafees) Junta

Adonds, 1a diferencia entre contenido calérico en promedio

no resulté ser significativa entre las hojas y pectolos de las

dos regiones. En promedio, 1a hoja y el peciolo de la región del Rfo Grande de Lofza mostraron valores de 3.484 (3.424 = 3.544) kcal/g y 3.254 (3.248-3.26) kcal/g respectivamente mientras que para 1a hoja y 61 pectolo de las plantas del Lago Carrizzo, en el caso de la primera, ésta reflejó un valor

Ligeramente más alto, correspondiente a 3.594 (3.474-3.714)

kcal/g y Ligeramente bajo para el caso del peciolo, con valor de

---Page Break---

3.18 (3414-3422) kcal/g ri

pectivamente. Para ambos casos, el

contenido calórico de las rafe:

fue sfnizo, con un promedio

de 0.3521 (0,3171-0,3871) kcal/g para 1a región del Rfo Grande de Lofza, mientras que para las plantas de 1a región del Lago carrafzo el valor del contenido calórico resultó ser un 51.7%

mayor, con un valor promedio de 0.6818 (0,6798-0.6838) kcal/g.

Sin embargo, 1m baja en el contenido calórico está inversamente

asociada con el aumento en el contenido de cenizas (Boyd, 1968).

Este aspecto resulta de vital relevancia en el caso del contenido calórico de las raíces, ya que éste bajó apreciablemente con un aumento en el contenido de cenizas. A esto se debe el bajo

contenido calórico de 1

raíces de las plantas de 1ª región

del Rfo Grande de Lofza, ya que éstas registraron un contenido

de 66.2

promedio de 66.2 (65.43-66.97) por ciento. Parra &

Hortenstine (1974) atribuye el alto contenido de los jacintos

en un estudio a 1 m de distancia de las raíces con los sedimentos

del fondo, lo que en términos del contenido de cenizas de la planta

ejercerá una baja significativa en el contenido calórico. En el caso de las plantas de 1ª región del Río Grande de tosa, el contenido de cenizas promedio por planta fue de 35.4 (35.13-35.67) por ciento comparado con el valor de las plantas del Lago Carrázo, que reflejaron un valor promedio de 19.8 (19.49-20.11) por ciento una diferencia del 56%. Este mayor valor (Lago Carrázo) resulta ligeramente superior

al reportado por Boyd (1969) de 18.11% de contenido de cenizas en jacinto de agua en Florida del Sur. Si bien es

verdad que el contacto de las raíces incrementa el contenido

---Page Break---

do conizas a las raíces y, por lo tanto, en la planta, este

está asociado con el contenido de fósforo,

azufre y otros componentes inorgánicos como el calcio (Ca),

magnesio (Mg) y el potasio (K) (Boyd, 1969). Aunque en este

caso en particular, el contenido de fósforo y azufre en las

raíces no resultaran con los valores más altos, la contradicción

podría atribuirse:

que se hayan quedado en 11

Boyd (1969) considera que

plants

explicar las diferencias:

0 imo representa una fracción

Anorg&nica de 1 desde e1 punto de vista práctico,

?entre el contenido

lo que puedii

de conta

Bioncumulactén de los (Ca, Cu, Mn, Pb):

Los resultados de la bioacumulación de los metales Cd,

de ambas plantas:

los

Cu, Mn y Pb se resumen en la Tabla 22. A primera vista!

Jacintos de la región del Río Grande de Lofza concentraron

los cuatro en las raíces

mientras que las plantas

del Lago Carrafzo no mostraron un patrón uniforme de concentración (Fig. 44). Para el caso del Calcio en específico, las

plantas de la región del Lago Carrafzo concentraron niveles

tprectables de C4 on las rafees, patrén observado en las plantas
del Rfo Grande de Lofze, Esta tendencia a concentrar el Cd

on las rafeos ha eido observada pravianente por Wolverton &

Me Donald (1978a) en pruebas de laboratorio. En el caso del

Cu y el Mn, los jacintos de la región del Lago Carrafsó no

responden al patrén normal de concentraci6n de los metales

---Page Break---

n142-

bro> (1 0F)e2°@ bro> tto> opeztuczoucy

t0> bor (5*0F)926°7 (r07)ss°0 ayes

bo> WF)oz"6 (94° 0F)us*or o> oqorood

bo> OF)68"0L (rY07)E6E"s (z*0F) 7610 wfou ?ozyesaug 0887

(z"05)¥698"0 (S"VF)esr0z (ror)zgryy ("LF)9erz oper rusdoay

(SroF)rE0"z (SOF)EEEEZ?(G*0F)99"VE (HOF)EENT ayer

bor (S*UF)eL4L (vorOF)ErS*s (rodent otoyood

Hor (ZE*OF)VVOL?(S*OF)EL*0z_?(B*OF oErz fou vejr

op epuezy Oyu

VOIDOTOROR

ag &H a9 Po NorooaS _NOTOVZTv907

OZIVHYV) OOOVI *SaLNATEHY SauNa¥EATC sod aa

VOOV Ed SOLNIOVE SOT 20 (0988 OSEd YOd 34/3U NA) SHIVLAN OULVOD Fd

NOTOWULNGONOD +22 VIEVE

---Page Break---

143

zy

Tey Lee

vy] aoev

?oavzINapoxoH @

?SrOIN D>

oad @

ay enyors09 0609

a7® » Tep>]e]v|pep le

---Page Break---

nha

en las raíces reportada por Cooley et al (1979) para especies de jacintos de la Florida del Sur. Estos jacintos demostraron concentraciones más altas en el peciolo de la planta, mientras que el Wn se concentró mayormente entre la hoja y el peciolo, En el caso del Pb, no se pudieron detectar concentraciones apreciables de Pb en los tejidos de las plantas de la región del Lago Carrizosa como para poder describir un patrón de distribución del elemento, Contrario a la irregularidad en el patrón de concentración de los elementos en estas plantas, los jacintos de la región del Río Grande de Lofza están de acuerdo al pa-

trén reportado por Wolverton & Mc Donald (1978a) para el caso del Ga y por Cooley et al (1979) para el caso de Cd y Mn

respectivamente en plantas pequeñas

Para el caso del Pb, el

presente hallazgo es nuevo en la literatura, lo que llevaría

a suponer que este elemento siga el mismo patrón de distribución

de los metales sedimentados con anterioridad. Por otro lado, la concentración de Mn por planta resultó completamente inferior a los resultados reportados por distintos autores en la

Literatura, Lawrence (según Cooley et al, 1979) encontró

concentraciones

de 680 ng/kg (ps

o seco), mientras que Boyd

(1970), Boyd & Vickers (según Cooley et al, 1979) y Easley

& Shirley (según Cooley et al, 1979) determinaron concentraciones de Mn de 3940, 270 y 142 ng/kg respectivas

Sin

embargo, Cooley et al (1979) reporta un valor de 2.4 mg/kg

para los super jacintos mientras que para los pequeños

calculan un contenido de 597 mg/kg. Todos los valores antes

descritos resultan inferiores para el Mn por parte de la

---Page Break---

n145-

pls

del Rfo Grande de Lofza (20.55), mas resulta comparable con el valor de los jacintos de 1a región del Lago Carrafso (2,28). Bn 01 enso del Cu para las plantas de 1a regign de2 Rfo Grande de Lofsa, 01 valor deterainado en

a investiga

eign (44.62 mg/kg) resulté inferior a 1a reportada por Lawrence (segín Cooley et af, 1979) de 90 ng/kg, pero af supe-

rior @ las reportadas por Boyd (1970), Boyd & Vickers (

gun

Cooley ez af, 1979), Easley & Shirley (segín Cooley ef at,

1979) de 11, 15 y 12 mg/kg respectivamente. Adem

contenido de Cu por planta determinado por Cooley et al (1979)

valores muy inferior al del presente estudio, con un valor

mínimo de 0.45 µg/kg. Le

plantas de 1ª región del Lago

Carrizos no se tomaron en consideración por

no reflejar

una concentración apreciable por planta.

Las razones de absorción y distribución de los

elementos

en

scotons

worfológicas dependerd

einultdnemante

de los factores

bientales a los cuales le planta se enfrenta

en su lugar de crecimiento. Cooley & Martin (1977) afirman

que dentro de todos los factores ambienteles que gobiernen

1a distribuei3n de los

ales en los jacintos, 1a solubilidad

de

tos resulta en un par

jetro capaz de gobernar tel distri-

bueién. También moncionan que le solubilidad de los meotales

Puede estar lisitada por los carbonatos y fosfatos presentes

en solución. Este hecho podrfa explicar la irregularidad

oxhibida en le distribución y la pobre concentracién por planta

40 los jacintos de agua do la regién del Lago Carratzo, ya que

eata regién demostré un valor promedio de fésforo total (1p)

---Page Break---

a thb-

de 1.0833 w@/1, Gontrario a esta condicién, 1a concentracién de

1P en la regién del Rfo Grande de Lofza resulté de 0.5389 nz/1.

S4 bien esta relacién puede ser significativa, tanpoco se puede

dejar de descartar 1a probabilidad de 1a concentracién de los

iones en la columna de agua. A tales efectos, se utilizó la

ecuación de Concentración Aparente (CA) desarrollada por Cooley et al (1979), que relaciona la concentración del metal en la planta con la concentración en la columna de agua. Esta ecuación está definida por:

Concentración aparente = $\mu\text{g elemento/kg por peso seco}$

$\text{ng elemento/litro en el agua}$

Los datos y resultados de este factor se resumen en la

Table 23. La

oasez de los datos concernientes al contenido

de metales por planta en los jacintos de agua de 1a región del Lago Carrafzo para tres metales (Cd, Cu, Pb) limitan el campo de acción de 1a CA. Sin embargo, la diferencia en 1a OA para Nn en las dos regiones podría sugerir, aunque no de

manera firme, que el contenido de metales en las plantas

pueda responder, además de la solubilidad y el efecto de los carbonatos y fosfatos sobre ella, a la concentración del ion nítrico en la columna de agua. Más investigación con respecto a esta laguna en otro aspecto de la fisiología del jacinto de

agua se nec

ita para llegar a comprender a cabalidad esta

Aiscusión.

---Page Break---

147-

: tonto - - os;vsavg ofey

- 6e8z"0 Lie? ?066°0 EFT ep epuesy oF

aa oH ng Po equoredy uproesquesuog

bro> gate b0> to> on;essvg oFeT

698"0 est0z zor gore vy07 ep epuesy oFy

(aa) (my (m0) (79) owners

ob 75°54 o8ur9 s99°0 orperavg 0307

ob verze as-oL ae8'z VEZOT ep epuesy oFy

(aa) (KY (9) (0) NOTOWZTVOOT

SOUNGHETE vaov

(SuNGHVAILOadSaY 24/30 x 1/30 ua)

ogWusank Za SaWOTOaY Sod SVT 4G SvENVla SVT I VOOV Ad YNROI0D VI NG SHTVIEN

Gq SAHOTOVHINONOO SVT ¥ SOGWNOTOVISY (VO) BLusuVaY MOTOVYLNEONOD Ad

SaYOLOVa TZ VIEVE

---Page Break---

GONCLUSTONES ¥ RESUMEN

Se levS a cabo un estudio exheustivo sobre 1a autoecologfa del Jacinto de agua, Eichhoania eaassipes on relaci3n @ algunos agpectos sobre 1a linnologfa del Lago Carrafzo, ?En t3rminos de ou productividad el Jacinto promedio dei Lago Carrafzo oxhibird una raz3n de ereciniento de 172 g/n*/d (peso hiinedo).

Durante el perfodo de estudio (27 dias)

ablect3 una

relaci3n lineal entre el peso inicial de cada jacinto y el \$ de

incremento en peso con respecto al peso original, registrándose un aumento del 139.6%.

El factor de incremento diario promedio para el jacinto de agua del Lago Carrizoso resultó en 1.0256, lo que indica que el

Jacinto de agua duplicará su biomasa cada 28 años

La producción de pseudobulbos en los jacintos respondió a una curva exponencial, produciendo en promedio 7.54 hojas/día o

140,973,290 hojas al año. Por otro lado, la predación ejercida

a la pseudo!

demostró que por cada 7.54 hojas/día producidas

un 38.9% de ellas serán predadas, que al

54,810,417 hojas predadas

io eignificara on

Dontrario a In producei n de hojas, 1a nortalidad results
af{nina, registrándose una mortalidad de 0.39 hojas/dia o 142.4 ho-

jae al allo. No se halló correlación alguna entre el porciento de

hojas auertas y el porciento de hojas predad

Se encontró una

reada diferencia entre las poblaciones de
jacintos de agua con respecto @ nusero de plantas por metro cuadrado,

biomasa por wetro cuadrado y altura prosedio de los jacintos en

---Page Break---

149+

@ distintas localidades a través del Lago Carraízo. Con respecto al número de plantas, el Rfo Gurabo mostró el mayor número de plantas

segundo fue el Rfo Grande de Lofsa

tercer lugar con 22,

por

(21,33 plts/m²), el Lago Carraízo (14.66 plts/n²) y el Rfo Ceguitas (42.5 plts/m[@]). En cuanto al rendimiento en bionasa, la región del Lago Carraízo resultó con el mayor rendimiento, reflejando un valor de 16.685 kgs/m², seguido por el Rfo Gurabo (8.999 kgs/n^{*}), la región del Rfo Grande de Lofsa (8.355 kgs/n[?]) y el Río Caguitas (4.913 kgs/a). Finalmente, la diferencia en la altura entre los Jacintos observados estableció @ los Jacintos del área del Lago

Carraízo con el mayor valor promedio (101,36cm.), seguidos por el

Rfo Gurabo (41.600n.), e1 Rfo Grande de Lofea (32.79ç8.) y ol Rfo Caguitas (29.66cm,). Este patrón responde a la diferenciación norfológica sugerida por Cooley & Martin (1978b), más pruebas efectuadas en el campo tienden a descartar esta teoría,

Por @itiso, se encontraron una relación significativa entre el largo total (c.) y el peso (g) de los jacintos de agua, en donde

se estableció que el jacinto de agua guarda una relación de tamaño

a peso (entg), de 1:12.54. Esta razón puede influir en la flotabilidad de la planta.

B1 Rfo Grande de Lof:

+ el Rfo Caguitas y el Rfo Gurabo

exhiben las características de cuerpos de agua a los cuales reciben el impacto de la escorrentía y las descargas de desperdi-

cios industriales y descargas crudas o semi-crudas de plantas de

tratamiento de aguas do

ticas. Estos insuacs aportan cantidades

stgnificativas de nitrégeno, £Seforo compuesto orgénicos no

---Page Break---

=150-

Diodegradables y metales pesados. En e1 Rfo Grande de Lofaa, estos valores promedian 0.4969 y 0.4965 ag/1 de nitrégeno, 0.5389 y 9.2240 mg/l de fésforo, 116.6 y 133.9 mg/l de BOD, 5.102 y 8.225mg/1 de COD para 1a superficie y fondo respectivanente,

El Rfo Caguitae exhibié valores de 6.285 y 8.6174 mg/l de nitrégeno, 1.0654 y 1.380 mg/l de fésforo, 107.2 y 121.7 mg/l de BOD, 45.51 y 47-80 ag/1 de COD, para ta superficie y fondo respectivanente, En esta estactén se registré 1a mayor concentracién de orgénicos, 10 que responde a las descargas de plantas de tratamiento de aguas negra.

a estacién del Rfo Gurabo aostr\$ valores pronedio de 2.903, 14419 y 2.1782 mg/l de nitrdgeno total, 0.3026, 0.8278 y

0.7643 mg/l de fósforo total, 100.15, 101.5 y 98.89 mg/l de BOD y 17.60, 17.37 y 20.52 mg/l de COD, para la superficie, profundidad

media y el fondo. Por Glitino, 1a estación del Lago

Carrasco es un reflejo de los tributarios que lo alimentan obteniendo valores de 1.2440, 1.204 y 1.240 mg/l de nitrógeno total, 1.0833, 1.119 y 1,850 mg/l de fósforo total, 69.7, 83.11 y 98.45 mg/l de BOD y 13.55, 13.25 y 19.68 mg/l de COD para la superficie, la profundidad media y el fondo respectivamente. En todas

estas estaciones se detectaron cantidades significativas de mercurio

y cobre, como también los flujos intermitentes:

de plomo y cadmio,

EL total de arsénico abundante 10 constituye el promedio en todas las estaciones

Las curvas de oxígeno disuelto del Rfo Gurabo y el Lago

Carrafzo responden al patrón de curva de clinogrado, mientras que

las estaciones del Rfo Grande de Lofsa y 01 Rfo Caguitas debido

a profundidad, mostraron una distribución más uniforme

---Page Break---

-151-

en la columna de agua. Se observó una variación significativa en

la concentración de oxígeno disuelto en días soleados

y días nublados

en las estaciones del Rfo Gurabo y el Lago Carrafzo.

Los valores de pH observados en las cuatro estaciones fueron

decreciendo a medida que se iba río abajo en dirección a la represa,

en donde se registró una disminución en el pit @ medida que se aumenta en profundidad.

La conductividad específica resultó aproxima-

mente similar

en las estaciones del Rfo Grande de Lofza, Rfo Gurabo y el Lago Carrafzo, mientras que en el Rfo Gurabo observé los valores mayores (597-381 $\mu\text{mhos/cm}$).

Se detectó una relación inversa entre la transparencia y

el coeficiente de extinción, en donde el Rfo Grande de Lofza exhibió el mayor valor de coeficiente de extinción (3.76) y la transparencia menor (p.3014m.). En adición, el valor del coeficiente de extinción disminuyó a medida que se viajaba en dirección a la represa.

Aproximadamente 195.77 toneladas métricas de nitrógeno total

y 145.94 toneladas uétricas de fSsforo total fueron descargadas

EL Rfo

Grande de Lofze contribuyé con la mayor aportaci6n de f\$sforo

al Lago Carrafzo por los tres tributarios principale:

total (105.76 te.) y ol Rfo Caguitas fue el tributario que nfs

oxfgeno total aportS al sistema (71.69 ta).

Por otro lado, se practicaron en el jacinto de agua prusbas
concernientes a determinar el contenido de husedad, 1a composi-
cign brute y 1a bioacumulaci6n de metales en los tejidos. En e2

primer caso,

determing que el jacinto promedio del Lago

---Page Break---

Carrafze poi

un 94.4% de contenido de humedad. En adición se
comprobó la relación lineal existente entre el peso húmedo y el
peso seco. Por cada parte de sólido sintetizado, se determinó

que el Jacinto de agua incorporará 18.9 partes de agua.

Las pruebas de composición bruta

Llevaron a cabo con dos

tipos de jacintos diferentes, (pequeño y super Jacinto) con el
propósito de señalar diferencias en su contenido nutricional.

Además,

analizaron estos jacintos en cuatro

cciones dentro

de ou norfologta.

Para los valores de carbono orgánico, el super jacinto mostró un 21.69% (peso seco), mientras que el Jacinto pequeño resultó en un 16.5%. En términos de 1a sección norfológica, el super jacinto concentró el mayor porcentaje en la hoja, mientras que el pequeño lo concentró en las raíces.

El mayor contenido de nitrógeno total recayó en el jacinto Pequeño, con un valor promedio de 2.54%, mientras que el super Jacinto demostró un porcentaje del 2.134. En ambos tipos de Sacintos la sección norfológica que mayor contenido de nitrógeno exhibió fue la sección de raíz.

La razón de carbono a nitrógeno (C/N) mayor recayó en el

Jacinto (10.16), Dentro de la

sección norfológica, el peciolo

demostró el valor mayor (27.92). Este resultó en la proporción más

adecuada para la producción de biogas.

El porcentaje de proteína cruda resulta proporcional al contenido de nitrógeno total. El jacinto pequeño muestra el valor mayor, con 15.88%, mientras que el super jacinto muestra un valor porcentual de 13.34%.

152+

---Page Break---

2153-

El contenido de fósforo total resultó significativamente mayor en el super Jacinto (0.22%) comparado con el jacinto pequeño (0.016%), En ambos casos la mayor concentración del fósforo total se encontró entre la hoja y el peciolo.

Los valores de azufre encontrados para ambos tipos de jacintos resultaron muy por encima de los valores reportados en investigaciones previas. El porcentaje mayor de azufre recayó en el super Jacinto, el cual mostró un valor de 3.68% contra un 2.89% del Jacinto pequeño, La sección morfológica en que mayor porcentaje

se observó fue en las raíces del super Jacinto, con un valor

promedio de 8.3% de azufre. Este dato posible

podría reflejarse en las

condiciones ambientales en que se desenvuelve.

Se encontró una relación inversa

entre el contenido calórico

y el contenido de cenizas

en ambos tipos de jacintos de agua. El

contenido mayor de cenizas lo demostró el jacinto pequeño (35.48)

en el cual observé un menor contenido calórico (2.588 kcal/g),

mientras que el super Jacinto obtuvo el mayor contenido calórico

(3.139 kcal/g) y menor contenido de cenizas (19.8%). Para ambos

casos, el contenido calórico se concentra en la hoja y el peciolo,

respectivamente. La sección morfológica que mostré a continuación

nido calórico fue le rafs para aubos casos, mas las refees del
Jacinto pequefio result significativamente superior al euper
Jacinto (66%). Esto concuerda con el senor valor de contenido

calórico on sus rafces, 1o que puede atribuirse al gran

contenido de winerales.

---Page Break---

LITERATURA CITADA

Aserican Public Health Association, 1974. Standasd Methods fon the
Examination of Water ? Wastes. 14th. ed. APHA, Washington,
D.C., 1193 pps

Arnow, T. & J.W. Crooks, 1960. Public Water Supplies in Puerto Rico.
Water Resources Bulletin no. 2, U.S. Geological Survey, 34 pps

Autoridad de Acueductos y Aleantarillados de Puerto Rico, 1980.
Ingoane Anuat 1978-1979, Area de Operacion

Bagnall, L.O., 1979. Sotaa Daying Water Myacinths. Paper presented at the Aquatic Plant Management Society, Chattanooga, Tenn.

Biaggd, N.» 1965. Puerto Rico's Water Pollution Image. Jour, Wades Poll. Control Fed., 37/8), pp. 381-391

Books J.H.s 1966. An Ecological Study of Edchhoania crassipes With Special Exphasés on its Reproductive Biology. Ph.D. Diserta: tion, University of California, Berkeley,

Boyd, C.E., 1968. Fresh Water Plant Protein. ?or.

A Potential Source of
Jods, ol. 22, pp. 359-368.

+1969. The Nutritive Value of Three Species of Water

Weeds. *Feon. Bot.*, vol. 23, pp. 123-127,

1970. Vascular Aquatic Plants for Mineral Nutrient

Removal from Polluted Waters. *Econ. Bots*, vols 241 pp. 95-103.

» 1976. Accumulation of Dry Matter. Nitrogen and

Phosphorus by Cultivated Water Hyacinth. *econ, Bots*, vol. 30,

pp. 51-56,

Brown, R-A., W.R. Jobin, A. Laracuate, R. Mercado & V. Quifones

1979. | Paetinaay Results Faon a? Survey of Water Quality in

Some Puerto Rican Lakes. Center for Energy and Environment

Research, CEER-15, 270 pp.

Burkhalter, J.E. & P.L. McCarty, 1975. Oxidation of Cinnabar by

Fe (11I) in?acia Mine Water: winon, Science Tech. 9(7),
pp. 676-679.

Carbajal-Zanora, J.R., 1974. Estudio Cuatitativa y Cuantitativa
del Zooplancton en el Lago Lotza I y II. Variaciones Diurnas
y Estacionales. Depto. Recursos Naturales, 27 pp.

Chapman, H.D. & P.F. Pratt, 1961. Methods of Analysis for Soils,
Plants, and Waters. University of California

154-

---Page Break---

?155=

Cooley + & D.P. Martin, 1977. Factors Affecting the Distribution

of Trace Elements in Aquatic Plants - Water Hyacinth. Jour.

Inorganic Chemistry 394 pp 1893-1896,

+ S.H. Gonzalez, & D.F. Martin, 1978a. Radio, Manganese,

Iron and Phosphorus Uptake by Water Hyacinth and Economic

Implications. Environ. Bot., 32(4) pp 371-378

Vooley, Tsai, & D.F. Martin, 1978b, Seeking "Super Hyacinths".

Environ. Bot., 32(7) pp 469-479,

by N.O. Durden & D.D. Perkins, 1979, A Preliminary Study

of Metal Distribution in Three Water Hyacinth Species.

Water Resour. vol. 13, pp. 343-348.

Cornwell, D.A., De Zolteck, C.O., Patrinely, T de S. Furman &

Kin, 1972. Nutrient Removal of Water Hyacinths.

Water Pollut. Control Fed. 49(1), Pp 67-65+

Daniels, Fe, JW, Williams, P, Pender, R.A. Alberty, C.D. Cornwell

2 3.5. arrinan, 1970; Expeaimental Physical Cheméatay.

Me? Graw Hill 300k Conpany 7th, ed.

Dopartamento de Recursos ?iaturales, 1978. Plan Integaal de Uso,

Conseavacién y Desarrotto de fos Recursos de Agua de Pueato

Aico. Oficina de Planificacién y Andlisis de Recursos de

gua,

Departamento de Salud & Autoridad de Acueductos y Alcantarillados

de Puerto Rico, 1963. Loiza River and Tadvkutanies Stacan

Suaveys

Ding?

Vater Myacinth Cultuae for Vasteuater Treatment.

xa nt of Health Resources, Division of Wastewater

Technology and Surveillance

+ 1978a, Upgrading Stabilization Pond Effluent by

Water? tyacinth Culture. Jour. Water Poll, Contaol Feds,

50(5), pp. 833-845.

. 1978b. Aquatic Vegetation and Water Pollution Control:
Public Health Implications. *Ames. Jour. Public Health*, 68(12),
pp. 1202-1205.

Erdman, D.S., 1972. Inland Game Fishes of Puerto Rico. *Departments
of Agriculture, Centralized and Ancillary Operation Service*,
4(2), 96 pp.

Ay Valido & MN, Estrada, 1973. *Lodza Reservoir Fisheries*

Investigation, Department of Natural Resources, 33 pp.

---Page Break---

-156-

Eotrada, A., 1981. Datos sin Publicar. Estudio Preliminar Flore
Lofsa y el Lago Carrafzo.

Fruh, E.G., K.M. Ste

?uents? of Butroph

Contact Fad.

rd, GF. Leo & G.A. Rahlich, 1967. Meaeurs

ion and Trends. Jous. Vater Poll

38(8), pp. 1237-1251

Garcfa-Castro, J.M., 1980, Datos sin Publicar. Modificaci3n

M3todo Mereur:

+, 19802. Contaminaci3n por mercuric. Posibl

Tifstos Te Te Expostci3n cr3 Dosis Bajas on Hiflos de

Juncos, Puerto Rico, Revista de Salud Púbelea, vol. 12,
pp. 11-17.

Giuetts EnV. 4 Mids Lépen, 1967, Climate and Streamflow of Puerto
Rico. Caaiz. J. (3-4). pp. 87-94.

ntel, 1979.

e Energy Source.

-Feb., pp» 28-31.

Goodman, N. D. Pil

Alter:

Ja

Energy Conve

jelence/Land UetCizattons

Gopal, B. & K.P. Sharma, 1979. Aquatic Weed Control Versus Utilization. *Eon. Bot.* '33(3), pps. 340-346.

Haller, W.T. & D.L. Sutton, 1973. Effect of pH and High Phosphorus Concentrations on Growth of Water Hyacinths. *Aquatic Plant Contact J.* vol. 11, pp. 59-63.

Haller, W.T., E.B. Knipling & S.H. West, 1970. Phosphorus Absorption by and Distribution in Water Hyacinth. *Soil Crop Sediment Soc. Flasy* vol. 30, pp. 64-68,

Hutchinson, G.E., 1957. *4 Treatise In Limnology*, Vol. I. John Wiley & Sons. New York, NY 1015 pp.

Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 498 pp.

Towels WeJ-s 1971s Aauatic Weed Decay: Dissolved Oxygen Uttitze~
tion and Nitrogen and Phosphorus Regeneration. Jour. Water
Pott, Contact Feds, 43(7), pps 1457-1467.

Jobin, W.R., F.F. Ferguson, R. Brova, 1976. Ecological Review of
lydavetectaic Reseavoins in Puerto Rico. Center for Energy
and Environsent Research, CEER-001.

+ ReA. Brown, S.P. Velez, F.F. Ferguson, 1977. Biological
Control of Biomphatania glatata in Major Reservoirs of Puerto
Rico. Am. ous. Taon. Med. & Auge, 2615), pp. 1018-1024.

---Page Break---

oat Dp, tidyanto & MN. Soorjant, 1979. Potentiat Uses
Cau lees itaat ic Ueed Species sis 4 Pulp Aadeacat, | bares

Bubrittet at. tie Aquatic slant vanaceseng Society Amin] teetin:,
Shetunoosa, Tanne

salidad Ambiental, 1976, Enmiendas A Ciertas Secciones del
Establecimiento de Estándares de Calidad de Agua. 15 pp,

+ 1978. 208 páginas de Paoyeet, 482 pp.

Ty tisser, 1970. Growth Characteristics,

Effect of Nutrient Content of water hyacinths

in Water Pollution Control Series Flu vol. 30, pp 51-63

Woolverly 26P. & ale Martoar, 1976. An Economic Assessment of Fuel

Production of Avacynth, Synthesis of Clean Fuels from Biome

for Urban 2

Technology, or:

Wetland and Agricultural Wai

land, Fla.

Institute of

seta k TaN Clarkson, 1972. Atomic Absorption Determination
of Selenium and Arsenic in Bloods. *Environmental Health Perspectives*,
55(5), pp. 966-971,

varianes (ry 4279, Estudio Comparativo de la Linnotogta de los
Wates Mayores de Puerto Rico. Tesis de Maestría Univerai«
Gid,de;Puerto Rico, Recinto de Rfo Piedras, Departasents
Bholog:

No Donald, B.O. & BC. Wolverton, 1980. Comparative Study of waste:

SEESF, HRgoon With and Without Water Iiyacinthe, éeon Soete

342), pps 101-1104

Me tntgohs AgWos BX: Shepard, Rk. Mayen, Gul. Atchison & D.W, Neleon,

Cycling or yespects, of Sedisent Distribution and Nacrophyte

Gishine, ef Heavy Metals in a Contaminated Lake. Jour deecaon,

uate. (3), pps 301-305,

Settona} [Ooganic and Ataospheric Administration, 1980. C#inatetogicat

Pata, Puerto Rico and Virgin Islands 26(6-40).

Oceanographic Int,

anual. Te:

national Corp., 1977. Instauetion And Procedures

Ornes, Well. & Pol. Sutton, 1975. Removal of Phosphorus From Static
Soytes Petluent By Water iiyacinthe Ayacéath Control Fon
vol. 13, pp. 56-58,

Ortiz, W., 1981, Comuniemeién personal

Parr Instrumente, Co., 1970

n

Oxygen Bonk Catonimetay And Combustion
Methods.

nical Manual no. 130,

---Page Break---

158+

Parra, J.V- 4 C.C, Hortenstine, 1974. Plant Nutritional Content of
Sone Florida Water Hyacinth and Reanonae by Pearl Millet, to
Incorporation of Water Hyacinths. Ayacinch Control J. vol 12,
pp. 85-90,

Crutts 1968. Geotivical Map of the Aguas Buenas Quadrangle,
Pueato Rico. U.S. Geological Survey W.R«D., Miscellaneous
Geologic Investigations, Map. 1-479.

Penfound, W.T

Plant:

1956, Primary Production of Vi

gular Aquatic

Linn. & Ocean., vol. 1, pp.92-101-

+ & TP. Earley 1948. The Biology of the Water Hyacinth,
col, Nonogaanhs, 18(45, pp. 447-472.

Ferkin-Blner Corp., 1976. Anaticat Methods Fon Atomic A?soapt ion
Snectrophotonetay, ?Norwalk, C.7.

Pottet, A-, 1964. Seedlings of *Eichhoania crassipes*: A Possible
Gomplication to Control Measures in the Sudan. *Watuse*, 207
(4918), pp. 516-517,

Pirie, N.W., 1960. Water Hyacinth: A cur
i85"(4706), p. 116.

or a Crop? *Watuse*,

Quifiones-Mdrquez, F., 1976. Problenas Ambientales de Puerto Rico:
Butroficación. ?CIIA, 28(2), pp. 19-21,

+1980. Limnotogy of Lago Loiza, Pueato Rico. U.S.
Teological Survey, WAI 79-97-

Ray, F.N.; 1963. *The Léving Péant*. Holt, Rinchart & Winston, N.Y.

isch,

Rho, J. & HB. Gunner, 1978. Microfloral Response to Aquatic Weed
Decomposition. *Water. Res.*, vik, 12, pp. 165-170.

Rivera: J:Bis 1975. *Pesauerta en Lagos de Puerto Rico*. En: Segundo
Simposio, Departamento de Recursos Naturales, pp. 1640176.

+ 41976a, Estudio de las Poblaciones Piscícolas en los

~ ~ Tanes Totes y Guajataca. ?En: Tercer Simposio del Derarvaccto
de Recursos Naturales, pp. 1-10,

1976; Relationships Between the Population Dynamics

"Wad Tavinonnenial Water Quality of Four Fisheries in Poot

Rico. Department of Natural Resources, 15¢ pp,

Rushing, W.N., 1974. Water Hyacinth Research In Puerto Rico.

Ayacinth? Contae J., vol. 12 pp. 48-52,

Shulte, T.L., 1973. An Initial Analysis of the Fishery Population

Of Five Puerto Rican Reservoirs, Ent Primer Simposio del

Departamento de Recursos Naturales, pp. 81-107,

---Page Break---

159-

+ 1975. Lotza Reservoir Fisheries Investigation.

Department Of Natural Resources, 16 pp.

Smith, R.L., 1977. Elements of Ecology and Field Biology. Harper & Row Publishers, New York 497 pp.

Stoward, K.K., 1970. Nutrient Removal Potentials of Various Aquatic Plants." *Aquatic Control J.*, vol. 8, pp. 34-35»

Theis, T.L. & P.J. McCabe, 1978, Phosphorus Dynamics In Hypereutrophic Lake Sediments. *Water Res.*, vol. 12, pp. 677-685+

Tisler, C.E. & L.W. Weldon, 1967. Evapotranspiration and Pollution of Water by Water Hyacinths. *Aquatic Control* vol. 6, pp. 34-37.

Tridech, S., A.J. Englande, M.J. Herberg & R.F. Wilkinson, 1979. Tertiary Wastewater Treatment By The Application of Vascular Aquatic Weeds. Paper submitted at the Energy Optimization of Water and Wastewater Management for Municipal and Industrial Applications, DOE, Lay

United States Environmental Protection Agency, 1975. Materials Balance And Technology Assessment of Mercury and 12s Compounds On National And Regional Basis, EPA 560/3-75-007.

+ 1979. Methods For Chemical Analysis Of Water

Wad Wastes: EPA" 600/4-79-020-

Vietmeyers N.D., 1975

84095, pp. 65-73:

The Beautiful Blue Devil. Wetusae Héatoay,

Villamil, J., 1979. El Jacinto do Agua Edchhoania cncssines (Mart
(Solus}}, Pronesa para el Futuro, Bol, Clentiçico del Suns
6(4), pp: 167-168.

+ & M.D. Erdman, 1979. An Evaluation Of The Biogas
THT Tien Vater tiyacincths Harvested From Lake Carratsor
Center for Energy and Environnent Research. Proposal
to PRASA.

buitted

+ 1980. Evaluation of the Potential

TS Water Hyacinths (Eichhornia crassipes (Mart (Solms)) for
their Bioconversion to Methane. Bol, Cientifico det Suns
11), pp. 3-8.

Villamil, J., R.G. Clements, A. Mc B. Block, P. Weil, A. Garefa,
W. bao, "L.I. Rosa # F.A. Santos, 1979.? Wate Hyacinths Fou
The Clarification Of Wastewaters And The Production Of Energys
Center for Energy and Environment Research, CEER-0-36.

Wahlquist, H., 1972, Production of Water Hyacinths and Resulting
Water Quality in Earthen Ponds. Hyacinth Control vol. 10,
pp. 9-11,

---Page Break---

~

Wotsel, Revs, 1975, Lémnofogu. 1.348. Sounders Co. Philadelphia, Pe.

WAdyanto, LS. & A. Sopannata, 1979. Water Hyacinths {Elehhoanéa
grassines (Mart) Sotma) ha A Potential Plant In A Paner Factory.

Paper presented at the Aquatic Plant Management Annual Mecting,
Chattanooga, Tenn.

Wolverton, B.C, 1975a. Wades Myacinths For Removal Of Phenols Taon
Potluted Uadecs. ?NASA Technical Menorandum TM-1-72705,

jatdonal Space Technolozy Laboratories (NSTL), Mississippi,
U.S.A,

+ 1975. iater Hyacinths For Removal Of Cadnéum And
TEReT Faon Pottited Waters. NASA Technical Mesorantan Tite
72721, NSTL, Wesiesipl.

folverton, B.C. & RSC. Me Donald, 1975a. Water Hyacinths, Eichhoania
grassines (Mart) Sotns, A Renewakle Source Of Eneron, Gh
Technical Nenorandun, {forxshop #3., NSTL, Missicelppl.

7 1975d. Water Ayacinths And
igalon Weeds Foa Renoval Of Leed And Menguay Faon Pottuted
Yaters, ASA Tech. Nonorandue TH-¥-72723, NiSTL, Ntecteeinns,

7 ,1975c- Water Ayacinths And
igatox Weeds Fou Ranoval Of Sitven, Cotatt, ind Staont ium

Fron Polluted Uaters, MASA Tech. Menorandun TH-1-72727,

STL, Miesieeippi.

1 1978a. Bionccuulation And
Detection OF Trace Levels Of Cadaiin In Aquatic Systons: By
EleAhoania erassines, Envinon. Heth. Perspectives, vols 37,
pp. 161-164.

+1978. Nutritional Composition

"Of Wafer Wyactnthe Grown On? Domestic Sewage. econ. Bots \$5(4),

pp. 363-370.

+ 19798. The Water Hyseinth: Pron

"_ ?Prolitis Fest To Potential Provider, antéos 8(1), orn 2-5

(Sweden) .

FT 1979. Upgrading Facultative

Wastewater Lagoons With Vascular Aquatic Plants. Jous. Valea

Poel. Contact Fed., 51(2), pp 305-313 +

+ ,1979ç. Water Hyacinth (Eichhoanda

Shassinea) Productivity And Harvesting Studiss. Econ. Seer

33(1)s pp. 1-10.

\$3, Gordon,1975.. Water Kyacinths

"And AEC TgaEon Weeds Four F thal Fittation of Semaoes ?Mes

1s

i gator.

Tech. Meurandum TH-X-72724, NSTL, Miseiesippi

---Page Break---

-161-

Wooten, J. 4 J.D. Dodd, 1976. Growth Of Water ilyacinths In Treated
age Effin Econ. Bots, vol. 30, pp. 29-37.

101 yop, MNEToPRlcation Control By Plant

?vesting, jater Pole. Contact Fed., 42(5), Part II,

pp. 173-183,

---Page Break---