

Oh joy, CEER-T-096 PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL CONTENT OF WATER HYACINTH EICHHORNIA CRASSIPES MART (SOLMS), IN RELATION TO SOME LIMNOLOGICAL ASPECTS OF LAKE CARRAIZO, PUERTO RICO. Rafael Nevarez and Johnny Vitamit, Center for Energy and Environment Research.

PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL CONTENT OF WATER HYACINTH Eichhornia crassipes MART (SOLMS), IN RELATION TO SOME LIMNOLOGICAL ASPECTS OF LAKE CARRAIZO, PUERTO RICO. Rafael Nevarez Jr. and Johnny Villewil, Division of Terrestrial Ecology. June, 1981. CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENTAL STUDIES OPERATED BY THE UNIVERSITY OF PUERTO RICO FOR THE FEDERAL DEPARTMENT OF ENERGY.

NOTE OF THANKS: We would like to express our deep gratitude to all those who contributed in some way to the completion of this research, especially to Dr. José Miguel Garefa Castro, of the University Hospital for Children, to Eng. Fernando Gémoz and Mr. Rafael D'Acosta, from the U.S. Geological Survey, to Dr. Manuel Torrène, from the University of Puerto Rico, to Mr. Robert Calvesbert, from the U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration and to Luis Ivén Ro, Ivén García, Héctor Miranda and María de Lourdes Fuentes, from the OBEA. Lastly, to Mr. Rafael Feliciano for the artistic design of the cover, to Mr. Pedro Sotelo, for the technical drawings and to Marta Rosado for her valuable help.

TABLE OF CONTENTS: Note of Thanks, Table of Contents, List of Tables, List of Figures, Introduction, Literature Review, Study Area, Objectives, Materials and Methods, Results and Discussion, I) Productivity of Water Hyacinth, Net Productivity, Production, Predation and Mortality of Seudolimnas, Specific Density, II) Most important Chemical, Physiochemical and Physical parameters of the main tributaries and Lake Carraizo, Nitrogen and...

Fósforo Total. Dependencias Bioquímicas y Química de oxígeno. Metales Livianos y Pesados Oxígeno Disuelto y Temperatura.

CONTENIDO (CONTINUACIÓN) CONTENIDO (CONTINUACIÓN) p.e. Conductividad Específica y Total de Sólidos Disueltos. Iluminación y Transparencia... Hidrología y Provisión de Nutrientes. pH... Contenido Nutricional del Jacinto de Aguas... 122 Relación Peso Seco-Peso Húmedo... 122 Composición Bruta... . 124 Carbono (OC)... 128 Nitrógeno (TKN). Proteína Cruda... Fósforo Total... Otro Contenido Calórico..... Bioacumulación de Metales. Conclusiones y Recomendaciones.. Literatura Citada.... 154

LISTA DE TABLAS PAGINA Plantas de Tratamiento de aguas servidas que descargan a los tributarios principales del Lago Carraízo..... 8 Parámetros químicos determinados por varios autores en el Lago Carraízo, Puerto Rico... 215 Distribución de aumento en biomasa por unidad de tiempo del Jacinto de agua en el litoral oeste del Lago Carraízo, Puerto Rico... 31 Porcentaje de incremento en biomasa y factor de incremento diario de la población de jacintos de agua en el litoral oeste del Lago Carraízo. Producción de hojas por año y porcentaje de aumento de hojas con respecto al número de hojas iniciales en el lago Carraízo, Puerto Rico. Relación entre la

producción de hojas y % de esas hojas que fueron predadas al Jacinto de agua, Lago Carraízo, Puerto Rico.... 46 Concentraciones de oxígeno en las diferentes regiones en que predominan el jacinto y el super jacinto respectivamente, Lago Carraízo, Puerto Rico... 52 Concentraciones promedio, máximas, mínimas y desviación estándar (DE) de los valores de TKN y TP en los tributarios principales y el Lago Carraízo. 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 Carraízo (mg/l)...

10 n 12 3 14 15 16 17 TABLA ~

Continuación: Página Razones de la concentración de BOD COD en la columna de agua para los tres tributarios principales y el Lago Carratzo. 15 Concentraciones promedio, máximas, mínimas y desviación estándar en la columna de agua de metales selectos para los tres tributarios principales y el Lago Carratzo. Concentraciones promedio de alcalinidad total en la columna para los tributarios principales y el Lago Carratzo respectivamente. Concentraciones promedio de la dureza (como CaCO<sub>3</sub>) en la columna de agua para los tributarios principales y el Lago Carratzo respectivamente. Mediana, máximo y mínimo de los valores de pH en la columna de agua para los tres tributarios principales y el Lago Carratzo. 103 Valores promedio, máximos y mínimos de conductividad y media aritmética del total de sólidos disueltos en los tres tributarios principales y el Lago Carratzo. Valores promedio, máximo, mínimo y desviación estándar de la transparencia por plato Secchi y valores del coeficiente de extinción para los tributarios principales y el Lago Carratzo. Composición (en % por peso seco) de las diferentes secciones morfológicas de dos diferentes localidades: Lago Carratzo, Puerto Rico.

18 20 a 22 23 TABLA (Continuación) Contenido de cenizas (en % por peso seco) y contenido calórico (kilocalorías por gramo por peso seco) de las diferentes secciones morfológicas de dos diferentes localidades. Lago Carratzo, Puerto Rico. Concentraciones de nitrógeno total (TKN) promedio en la superficie del agua relacionadas al % de composición de nitrógeno de los factores de agua del Río Grande de Loíza y el Lago Carratzo. Concentraciones de nitrógeno total (TKN) promedio en la superficie del agua relacionadas al % de composición de proteína cruda en los factores de agua del Río Grande de Loíza y el Lago Carratzo. Concentraciones de fósforo total (TP) promedio en la superficie del agua relacionadas al porcentaje de composición de fósforo total por.

Sección norfológica de los jacintos de agua del Río Grande de Lofza y el Lago Carrafso. Concentración de cuatro metales en los jacintos de agua de dos diferentes ambientes: Carrafzo. Factores de concentración aparente (CA) relacionados a las concentraciones de agua y las plantas de las dos regiones de muestreo, video de 136 142 147.

## LISTA DE FIGURAS

### SECCURA PAGINA

1 Jacinto de agua *Eichhornia crassipes*... 2

- 2 Sección Longitudinal del jacinto de agua... 6
- 3 Mapa de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Lofza y área de estudio... 10
- 4 Lago Carrafzo y sus tributarios principales... 12
- 5 Diagrama de los cinco cuadrantes en el Lago Carrafzo...
- 6 Localización de estudio de productividad y estaciones de muestreo jacintos de agua...
- 7 Diseño y detalle del cuadrante utilizado en el estudio de productividad.
- 8 Detalle del cuadrante utilizado en el estudio de densidad específica...
- 9 Localización estaciones de muestreo en el estudio de calidad de agua...
- 10 Representación esquemática de análisis confeccionado para el análisis de mercurio en agua...
- 11 Histograma de la distribución de la productividad de los jacintos de agua por planta en el Lago Carrafzo...
- 12 Ilustrativa del crecimiento en biomasa por día en el estudio de productividad del jacinto...
- 13 Relación exponencial entre el número de hojas producidas por planta por unidad de tiempo.
- 14 Relación entre el promedio de hojas producidas por día y el número de esas hojas que son brotadas del jacinto de agua.
- 15 Variación del porcentaje de muerte por día con respecto al número de hojas brotadas por día del jacinto de agua...
- 16 Histograma de la altura promedio de los jacintos de agua en las cuatro estaciones de muestreo...
- 17 Relación del largo total con el peso del jacinto de agua...
- 18 Distribución (y proporción) de la concentración de nitrógeno (A) Río Sibueyes y (B) Lago Carrafzo...

The text is written in a mix of Spanish and English, with several typos, missing spaces, and some unclear abbreviations. Here is the corrected text:

Trabajos por Wolverton (1975a, 1975b), Wolverton & McDonald (1975a,

## FIGURA 1 JACINTO DE AGUA *Eichhornia crassipes*

1975b, 1978), Wolverton et al. (1975), Dingoos (1976, 1978a, 1978b), Tridech et al. (1979), Steward (1970), Boyd (1970), Wooten & Dodd (1976), Cornwell et al. (1977), Cooley et al. (1978a) y McDonald & Wolverton (1980), han estudiado el empleo de los jacintos de agua para la remoción de fenoles, cadmio (Cd), níquel (Ni), plomo (Pb), mercurio (Hg), plata (Ag), cobalto (Co), estroncio (Sr), hierro (Fe), cromo (Cr), zinc (Zn), cobre (Cu), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cloro (Cl), potasio (K), arsénico (As), bifenilos policlorados (PCB), plaguicidas y el tratamiento de efluentes de aguas servidas, respectivamente. Por otro lado, Widyanto & Soponnata (1979) y Joedodibroto et al. (1979) han sugerido la utilización del 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 domésticas en el estado de Texas, y en la remoción de compuestos orgánicos, metales pesados y tratamiento de aguas servidas en el Laboratorio Nacional de Tecnología Espacial de la NASA, con base en Bay St. Louis, Mississippi, E.U.A. (Dinges, 1978; Wolverton & McDonald, 1978a, 1979; McDonald & Wolverton, 1980). Una de las razones principales para la utilización del jacinto de agua en la 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 75.25t/ha (toneladas métricas/hectárea-peso húmedo) en Louisiana. Earle (según Penfound, 1956), calculó una razón máxima de 0.146t/ha/d en Nueva Orleans. Más recientemente, Yount & Crossman (1970), Rushing (1974) y

Lecuyer et al. (1976) llegaron a registrar razones de crecimiento de 0.54 t/ha/a, 1.478 t/ha/d y 0.4062 t/ha/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 ta/ha; Wahlquist (1972) obtuvo una producción máxima de 590.9 ta/ha. Boyd (1976) determinó la razón en 9.194 te/ha/d; Villamil et al. (1979) calcularon una producción en 2,16 ta/ha/d, y por último, Wolverton & McDonald (1979) registraron una razón de crecimiento de 101 ta/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 días (Villamil et al., 1979, 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 del 90% del nitrógeno total (TKN), el 80% del fósforo total (TP), el 40% de la concentración de ortofosfatos (PO<sub>4</sub>-3), el 95% del total de los sólidos suspendidos (TSS), el 98% de los sólidos volátiles suspendidos (vss) y una baja significativa en la demanda bioquímica y química de oxígeno (BOD y COD) de hasta un 95 y 90% respectivamente, el total de carbono orgánico (TOC) en un 80%, a la vez que han reducido en un 92.8% en la cantidad de coliformes fecales, a la vez que han resuelto otros agentes químicos indeseables, como los fenoles y los bifenilos policlorados (PCB) con un 96 y 100% de reducción del total respectivamente.

## FIGURA: SECCIÓN LONGITUDINAL DEL JACINTO DE AGUA.

---Página en blanco---

La deficiencia en el oxígeno disuelto (DO) viene como consecuencia de la disminución en la penetración de la luz en la columna de agua, la cual elimina por completo la producción primaria y, por lo tanto, creando condiciones anóxicas, las cuales en diversas ocasiones resultan como consecuencia grandes mortandades y sucesiones en la población piscícola (Penfound & Earle, 1948).

Earle, 1948; Boyd, 1970; Vio, 1975; Quiñones-Márquez, 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 abiertas, lo que puede reducir drásticamente la capacidad de almacenaje de los abastos de agua potable (Timmer & Weldon, 1967; Gopal & Shar, 1979). Sin embargo, la remoción de los nutrientes y agentes químicos contaminantes, tanto de fuentes puntuales como no puntuales, es uno de los diversos beneficios que se pueden derivar del jacinto de agua. Lamentablemente, en donde no se han tomado medidas para la utilización y cuidado de esta fuente disponible de biomasa, los nutrientes y contaminantes son reciclados nuevamente (Pruhe et al., 1967; Timmer & Weldon, 1967; Boyd, 1970; Yount & Crosman, 1970; Jewell, 1971; Rho & Gunner, 1986; Villamil & Erdman, 1979, 1980). Un ejemplo típico de este caso lo presenta el Lago Carraízo, en el cual se encuentran seis (6) plantas de tratamiento de aguas servidas (Tabla I), descargando un promedio de 29,564 m<sup>3</sup>/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).

8. Hay un total de 6461-861 plantas de tratamiento de agua que contribuyen a la contaminación y eutrofización del agua potable. Las plantas de tratamiento operan en diversas áreas y liberan varios tipos de efluentes, algunos de los cuales son parcialmente tratados o crudos. Esta es una de las principales fuentes de contaminación y eutrofización de nuestros cuerpos de agua potable.

ÁREA DE ESTUDIO: El Lago Carraízo es el componente principal de este estudio. Se explorarán varios aspectos relacionados con la contaminación y eutrofización del lago, y se discutirán posibles soluciones y estrategias de manejo para mejorar la calidad del agua y proteger este importante recurso hídrico.

Principal de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza (fig. 3). Este se encuentra en un valle con una elevación de 40m sobre el nivel del mar, localizado políticamente entre los municipios de Trujillo Alto y Caguas. Posee una altitud máxima de 250m y 5 km de longitud. Este cuerpo de agua interior está alimentado por dos tributarios principales: El Río Grande de Loíza y el Río Gurabo, y cuatro pequeños ríos: El Río Turabo, El Río Caguitas, el Río Bairoa y el Río Cañas (fig. 4). El área de su cuenca hidrográfica es de aproximadamente 534 km<sup>2</sup>, corriendo en dirección de sur a norte. Este lago fue construido en el 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 almacenaje de agua de 20,000 pies cúbicos equivalentes a 24.7 Mm<sup>3</sup> (6,52 x 10<sup>7</sup> galones). El lago provee cerca del 70% del suministro total de agua para el Área Metropolitana, aportando un promedio de 300,000 m<sup>3</sup>/día para propósitos

domésticos e industriales. La operación y mantenimiento de las facilidades de filtrado y distribución de las aguas está a cargo de la A.A.A. La formación geológica del área ha sido descrita por Pea (1968), consistente en cinco formaciones geológicas principales. Estas son depósitos aluviales, Lava Santa Olaya, depósitos Terraza, cuarzo-diorita y la Brecha Carraízo. Los depósitos aluviales son de origen Terciario y Cuaternario, consistiendo en una base de gravilla, arena, arenisca y lodos.

Ciudad o Pueblo PTO. RICO

### FIGURA 3 MAPA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GRANDE DE LOÍZA Y ÁREA DE ESTUDIO

-10-

La geología es típica de la región del Río Grande de Loíza 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 clorita, conteniendo fragmentos de piedra pómez y arena, gravilla, arcilla y lodos en terrazas y estratos.

Quiñones-Márquez (1980) llevó a cabo pruebas hidrológicas y geológicas, además de determinaciones limnológicas, siendo este el estudio más completo efectuado hasta el momento. La precipitación anual promedio en el área de estudio fluctúa entre 127 y 204 cm. (Departamento de Recursos Naturales, D.R.N., 1978). En relación a esto, Quiñones-Márquez (1980) estimó durante su período de investigación (1973-1975) que se descargaron aproximadamente un total de 280 Mm<sup>3</sup> de agua en el Lago Carraízo, de los cuales, el 49.7% fue aportado por el Río Grande de Loíza (139 Mm<sup>3</sup>). En términos generales, la razón de flujo hacia Carraízo está cerca de las 19 veces/año (Quiñones-Márquez). La capacidad actual del Lago Carraízo ha sido estimada por Quiñones-Márquez (1980) en 14.9 Mm<sup>3</sup> de agua, lo que significa una pérdida de aproximadamente un 60% de la capacidad original de almacenaje descrita por Arnow & Crooks (1960) de 24.6 Mm<sup>3</sup>. Esta pérdida significativa en cuanto a la capacidad de almacenaje del Lago se debe al alto grado de sedimentación, que responde a la disminución en la calidad del agua por eutroficación de este cuerpo, dándole un margen de utilización de no más de 40 años (Junta de Calidad Ambiental, 1978; Quiñones-Márquez, 1980). En la Tabla 2, se resumen una serie de parámetros físicos determinados por las investigaciones más importantes en el Lago Carraízo.

El texto a partir de aquí es incomprensible y parece ser una mezcla de caracteres y palabras sin sentido. Por favor, proporciona más información o contexto.

### OBJETIVOS

Los objetivos del estudio se dividieron en los siguientes:

A) Medir la productividad del jacinto de agua en el Lago Carraízo.

B) Determinar los efectos de los afluentes del Lago Carraízo en la... (El texto termina aquí, por

favor proporciona el resto del texto para poder completarlo).

Calidad de las aguas del Lago. ©) Efectuar un análisis químico del material del jacinto en las zonas designadas para su cosecha. A) Recomendar procedimientos y métodos para el manejo del Jacinto de agua en nuestras reservas de agua potable. B) Recomendar métodos para disminuir la razón de eutroficación 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 MÉTODOS** En el estudio de productividad (objetivo primario A), se establecieron cinco (5) cuadrantes de diez metros cuadrados (10m<sup>2</sup>) en el área del litoral oeste (fig. 5, 6) del Lago Carraízo, conocida por el crecimiento profuso del jacinto de agua. Cada uno de los cinco (5) cuadrantes (Fig. 7) añadió dos metros (2m) de ancho por cinco metros (5m) de largo, construidos de madera fijados al fondo del Lago por medio de una cuerda de nailon atada a un bloque de concreto en dos esquinas contrarias.

## DIAGRAMA DE LOS CINCO CUADRANTES EN EL LAGO CARRAÍZO

### ESTACIÓN DE MUESTREO JACINTO #P ESTUDIO PRODUCTIVIDAD FIG. G LOCALIZACIÓN ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD Y ESTACIONES DE MUESTREO JACINTOS DE AGUA -18-

A su vez, fueron subdivididos en áreas de un metro cuadrado (1m<sup>2</sup>) con diversos cordones de nailon. Cada pequeño cuadrante de 1m<sup>2</sup> 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 sólo el tiempo requerido para drenarle el agua, luego se pesaba y se le efectuaba un conteo del número de hojas producidas, podadas y muertas 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 semana en las restantes tres. El pesaje se llevó a cabo con una balanza tipo Hols, modelo 1000, con una escala.

Graduada en grados 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 Loízas; b) la desembocadura del Río Caguitas; c) la desembocadura del Río Gurabo, y d) la región del Lago Carraízo, aproximadamente a un Km, (1Km.) de la represa. Con tal motivo, se utilizó un cuadrante de un metro cuadrado (1m<sup>2</sup>).

### 'SOGA DE NILON BLOQUE DE CEMENTO' - FIGURA 7: DISEÑO Y DETALLE DEL CUADRANTE UTILIZADO EN EL ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD.

Hecho de tubería plástica de PVC (Fig. 8). Este se lanzó en los lugares designados al azar, se le

anotó el peso húmedo en gramos a los jacintos, después de drenarlos y se les tomó la altura en centímetros. El conteo del número de plantas se llevó a cabo asumiendo que cada jacinto extraído del cuadrante y pesado era una planta, tuviese retoños o no. Esta fase se llevó a cabo el 22 de enero de 1981. Para el desarrollo del objetivo primario B, se establecieron cuatro (4) estaciones de muestreo a lo largo de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza (Fig. 9):

- 1) La estación número 1 se localizó en la región río arriba del Río Grande de Loíza, aproximadamente a 1 Km. del puente que pertenece a la Carretera N°. 30, que conduce de Caguas a Humacao.
- 2) La estación número 2 se localizó en la zona de mezcla del Río Caguitas y el Río Grande de Loíza.
- 3) La estación número 3 se ubicó en la zona de mezcla del Río Gurabo y el Río Grande de Loíza.
- 4) La estación número 4 se estableció en el centro de la inmediación del Lago Carraízo, localizada aproximadamente a.

Total (TP) fue detectado por el método vanadato-molibdato, según acuerdo a Standard Methods for the Examination of Water.

#### @1 ESTACIÓN DE MUESTREO/NÚMERO Fi@.@ LOCALIZACIÓN ESTACIONES DE MUESTREO EN EL ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA =2h-

El 25 = Wastes, de APHA, 19ta edición, medidas de demanda química y bioquímica de oxígeno (COD, BODs) se efectuaron según lo establecido por Standard Methods, 19ta ed. y la preservación y procedimientos de almacenaje se llevaron a cabo según lo especificado por Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, de U.S.E.P.A., 1979. Las concentraciones de los metales Mn, Cu, Cd y Pb se determinaron de acuerdo a Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry, de Perkin-Elmer, 1976 y Methods for the Chemical Analysis of Water and Wastes, 1979, con la utilización de un espectrofotómetro 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.

El calcio fue analizado por el método de titulación con EDTA (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid), según establecido por Standard Methods, 19ta ed., de cuyos valores se obtuvo la 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 añadir a una muestra de agua de 100 ml de agua doble destilada, 50ul de solución al 5% de permanganato de potasio (KMnO<sub>4</sub>), se agita, luego se añaden 5ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado libre de mercurio, se vuelve a agitar, y se le añaden 10ml de solución de NaCl al 1.0% para proporcionar volumen. Luego de esto, se le añaden 2002 de una solución al 10% de hidroxilamina (NH<sub>2</sub>OH.HCL) y se agita hasta

que la solución se torne incolora. Por último, se introduce un "pellet" de plástico inerte, se le añade un mililitro de una solución de cloruro estannoso-cloruro de cadmio.

(SnClp-0d C1)

26. Rápidamente se tapa y se aplica calor inmediatamente, agitándose vigorosamente durante un (1) minuto. Finalmente, se enciende la bomba de vacío y se hace pasar los vapores por el sistema de absorción atésica Pharmacia, compuesto por una unidad monitora y una unidad de control, equipada con una lámpara de mercurio operada a 10 aV, operada a una sensibilidad de 0,018 conectada a un registrador Pharmacia, operado a un voltaje de 10 V y una velocidad de graficado de 1.27 cm/seg. La configuración de todo el equipo se muestra en la Fig. 10.

Por otro lado, en las determinaciones llevadas a cabo in situ en el campo, el pH se toma utilizando el metro de pH digital portátil Orion Specific Ion Meter. El agua para este ensayo se obtuvo de la botella Van Dorn a diferentes niveles. El oxígeno disuelto (DO), temperatura, conductividad y penetración de luz se midieron a intervalos de un metro (1m.) en la columna de agua, utilizando para tal fin los metros YSI Dissolved Oxygen Meter y YSI Conductivity Meter para los primeros tres parámetros y el fotómetro sumergible Protomatic, graduado en pies-candelas, para el último.

En el caso de la conductividad, la lectura total para cada intervalo de 1m. se tradujo a la concentración total de sólidos disueltos (TDS), multiplicando la lectura por el factor 0.65, según Standard Methods, 13ª ed. Las lecturas de penetración de luz, se calculó el porcentaje (%) de luz disponible por cada metro de profundidad en la columna de agua asumiendo que la luz disponible en la superficie del agua es de 100%.

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

3 E 4: d 3 ce | FILTRO DE CARBON| Kettvapo

28+ expresa como:  $K = 2.30 (\log I_1 - \log I_2) / (z_2 - z_1)$  donde:  $I_1$  = intensidad de luz a la profundidad  $z_1$ ,  $I_2$  = intensidad de luz a la profundidad  $z_2$ ,  $z_1$  = profundidad inicial,  $z_2$  = profundidad final.

"Profundidad nexina. Mientras más alto el valor de K, menor será la transparencia y viceversa. Finalmente, la zona fótica o transparencia del agua se determina utilizando el disco Secchi. En la última fase del estudio (objetivo primario C), muestras de los jacintos de agua de las regiones del Lago Carraízo y del Río Grande de Loíza fueron tomadas, drenadas, pesadas, rotuladas y empacadas en bolsas de plástico, preservadas en hielo y transportadas rápidamente al laboratorio para determinar el porcentaje (%) por peso seco, el % de carbono orgánico total (TOC), el % de nitrógeno y fósforo total (TKN, TP), el contenido calórico, el % de azufre (S), la detección de metales pesados Cd, Pb, Mn y Cu absorbidos en sus 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 b) peciolo c)seudolamina d) homogeneizado (raíces, peciolo y

seudolamina).

---Página en Blanco---

El % de componente por peso seco se determina sometiendo las muestras de jacinto de agua al calor, a una temperatura de 60°C por tres días y luego se pesan. A continuación, cada sección de los jacintos fue pulverizada en un molino Wiley usando un tubo de pulverización de 40u. El % de carbono orgánico total se calculó de acuerdo a Instruction And Procedures Manual, de Oceanographic International, 1977, utilizando un analizador de carbono, modelo 524; el % de nitrógeno total (TKN) se determinó 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 detecta 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 Parr Instruments Co., (1970); el % de azufre se determinó indirectamente mediante el lavado cuantitativo de los residuos obtenidos de la combustión."

Combustión calorimétrica de cada muestra y pasado por el método turbiónétrico para la detección de sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), según Standard Methods, 14 ed. La detección de los metales pesados Cd, Pb, Mn y Cu absorbidos en los tejidos del jacinto de agua se llevó a cabo de acuerdo al método de Ganje & Page (1974) y los métodos e instrumentación descritos para la espectrofotometría de absorción atómica descrita con anterioridad. Por último, el contenido de cenizas se obtuvo incinerando las muestras a 550°C por seis (6) horas según Boyd (1968).

1) RESULTADOS Y DISCUSIÓN PRODUCTIVIDAD DEL JACINTO DE AGUA: Productividad neta. La razón de producción de nueva materia orgánica en un organismo fotosintético es dada por la productividad neta y la reproducción vegetativa a la cual el organismo se desarrolla en su ambiente natural. Estos, a su vez, responden a las influencias ambientales a las cuales la planta se enfrenta en su hábitat.

Puerto Rico, a diferencia de los países subtropicales, disfruta de un clima tropical durante todo el año, lo que permite que las condiciones climatológicas perduren a través del año. Por lo tanto, proporcionando los factores propicios para que el jacinto de agua, *Eichhornia crassipes*, se establezca permanentemente en nuestras reservas de agua potable (lagos), provocando serios problemas al sistema ecológico.

Los resultados de la primera parte de esta fase se ilustran en la Tabla 3. Estos resultados se basan en la observación de cuarenta y siete (47) jacintos de agua por un período de veinte y siete (27) días, durante el cual se efectuaron nueve (9) visitas al campo. Estas visitas produjeron nueve (9) pesajes por cada planta, a través de todo el experimento. La tabla expresa la distribución de los jacintos de agua expresada en gramos por planta por día (g/p/d) relacionada al número de jacintos de agua (frecuencia) en cada intervalo de 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

"Peso original y el factor de incremento diario para todos los 47 jacintos de agua involucrados en el estudio. Cada uno de los valores expresados representa el promedio diario con respecto a los 47 jacintos de agua utilizados en el experimento. En la columna denominada como "factor de aumento diario", el peso entre fechas fue dividido entre el peso de la planta con respecto a la fecha anterior, multiplicado a su vez por 100 para reflejar el porcentaje de aumento. Este es un indicador de la variación con respecto a la ganancia del peso del jacinto de agua y a las condiciones ambientales a las que este se enfrenta cada número T de días. La columna denominada "% de aumento del peso original", se restó el peso inicial de las plantas en el estudio a los pesos registrados en cada una de las fechas subsiguientes, que al ser divididos por el peso original y multiplicados por 100, resulta en el % de aumento durante el experimento. Este es una medida de incremento total en biomasa de las plantas durante todo el periodo de estudio.

Los resultados obtenidos demuestran que el aumento en peso húmedo de las plantas comenzó casi inmediatamente. Durante los primeros 2 días, se observó un periodo de adaptación de las plantas, al registrarse un aumento de solo 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..."

Nota: El texto con los números y códigos no se pudo corregir debido a que no es claro qué información se intenta transmitir.

La respuesta es significativamente una expresión lineal (fig. 12). Por otro lado, la variación marcada entre los 4 de aumento con respecto al último pesaje podría obedecer a una serie de influencias o condiciones ambientales, específicamente, a la depredación a la que fueron sometidas las plantas durante el periodo de estudio. Aunque estos datos sugieran que existe un mecanismo 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 último pesaje 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.

% Aumento en Peso 40 109] 20 0 GRÁFICA ILUSTRATIVA EN BIOMASA POR DÍA DEL JACINTO DE AGUA  $Y = S.27x - 11.43 Y^2 50.9897$  muestra incremento último Pesaje % aumento peso original regresión lineal DEL PORCENTO (%) DE AUMENTO EN EL ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD.

-39- registró un valor mínimo de 1.00473, debido al bajo % de aumento en biomasa encontrado

(fig. 12). Sin embargo, a medida que iba incrementando el % de aumento en peso comparado con el peso inicial, el factor de incremento diario aumentaba proporcionalmente, registrando el valor más alto los 17 días (1.03354), mientras que para todo el periodo de estudio la media aritmética fue de 1.0256 (1.0157 - 1.0355), la que resultó similar con el valor promedio reportado por Rushing (1974) de 1.026 para el Lago Carranza y el valor estacional hallado por Bock (1966) de 1.025 en.

California. Sin embargo, este valor promedio resulta inferior a los reportados en Sudán por Pettet (1964) de 1.1253, en Jamaica por Bock (1966) de 1.104 y en 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 Carranza, determinado en el presente estudio (1.0256), en promedio, el jacinto de agua duplica su biomasa cada 28 años. Esto justifica cómo esta planta vascular acuática en condiciones naturales, posee 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 su alta tasa de incremento en biomasa diario.

**Producción, Predación y Mortalidad de Pseudolaminas (hojas):** La pseudolamina o 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, también les proporcionan un medio de dispersión al actuar como velas. Sin embargo, su mayor 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 tasa de crecimiento de la planta en cualquier cuerpo de agua interior y especialmente en el Lago Carranza.

Primeramente, la producción de hojas por día aumentó a una tasa exponencial y proporcionalmente al aumento en peso (fig. 13). En promedio, una planta producirá 7.54 hojas/año, lo que demuestra que una planta promedio da origen potencialmente a un total de 140,973,290 hojas por año. Este alta producción de hojas por año provee a las plantas con un extraordinario sustrato para generar una productividad significativamente alta para una planta acuática flotante. El patrón de producción de hojas por día comprueba la capacidad que el jacinto de agua tiene para crecer y prosperar en diferentes ambientes acuáticos.

En cuanto a la productividad de hojas del Jacinto de agua, durante los primeros dos días, solo se registró un aumento del 14.06% en el número de hojas, y en el número de días registrados un 30.08% (Tabla 5). En los 6 días siguientes, hubo un incremento en el número de hojas con respecto al número inicial.

Hojas Producidas 30, 25, 20, 19,  $y = 7.20 @ 0.46 r^2 = 0.9630$ , 0, 10, 15, 20, 25, 30 Días.

**RELACIÓN EXPONENCIAL ENTRE EL NÚMERO DE HOJAS PRODUCIDAS POR PLANTA POR UNIDAD DE TIEMPO.**

**TABLA 3: PRODUCCIÓN DE HOJAS POR DÍA Y PORCENTAJES DE AUMENTO DE HOJAS CON RESPECTO AL NÚMERO DE HOJAS INICIALES DEL JACINTO DE AGUA, LAGO CARRAIZO, PUERTO RICO.**

NÚMERO, NÚMERO DE HOJAS PROMEDIO, AUMENTO, 2, 6, 8, 3, 15, 22, 27.

Al final del estudio, el número de hojas del Jacinto promedio aumentó en un 246.78% en 27 días, lo que resulta en un aumento dramático 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 pseudolisina, la predación incrementó con el aumento en el número de hojas por 13 días (Tabla 6) hasta alcanzar un equilibrio entre los días 16 y 18 y después declinar (fig. 14), lo que refleja que esta predación se comporta como una expresión cuadrática. Esto significa que a una razón de producción promedio de 7.54 hojas/día por planta, el 38.9% de

Promedio % Hojas Predadas 50, 40, 30, 20, 10, 5, 10,  $y = 20.1210 + 3.1911x - 0.09331x^2$ , 72, 20.93516, 15, 20, 2, Promedio Hojas Producidas.

FIG.14 RELACIÓN ENTRE EL PROMEDIO DE HOJAS PRODUCIDAS POR DÍA Y EL PORCENTAJE DE ESAS HOJAS QUE SON PREDADAS DEL JACINTO DE AGUA.

TABLA 6: RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE HOJAS Y EL NÚMERO DE ESAS HOJAS QUE FUERON PREDADAS AL JACINTO DE AGUA, LAGO CARRAIZO, PUERTO RICO.

DÍA, NÚMERO, NÚMERO DE HOJAS PROMEDIO, NÚMERO 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, 14.18, 7, 15.86.

The following text has been corrected for clarity and grammatical errors:

44.6, 22, 21.06, 46.52, 27, 26.14, 39.96. De estas hojas producidas (2.94h), se predice que serán presas, lo que expresado a las 14,973,290 hojas producidas al año, dará como resultado que unas 54,810,417 de estas hojas producidas sean presas anualmente. Aunque este alto porcentaje de predación de las hojas producidas puede manifestar una baja significativa en el incremento de biomasa por día, cabe mencionar que este índice es particular para cada lugar y puede estar sujeto a variaciones estacionales en la población avícola y de insectos herbívoros. Bajo condiciones 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.

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 periodo 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 al 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 resultó en base a los datos obtenidos durante 27 días de observación. Sin embargo, dicha desproporción podría explicar en parte la alta productividad del Jacinto de agua en ambientes favorables para su desarrollo. Por otro lado, no se halló una correlación

significativa entre el % de las hojas muertas respecto al número de hojas producidas por día y el tiempo transcurrido, ya que este resultó ser extremadamente variable durante todo el periodo de estudio (fig. 15). Esta variabilidad en el % de hojas muertas sugiere que el Jacinto de agua no lleva una razón uniforme de mortalidad de hojas, y que a

Completamente por los super-jacintos; las regiones del Río Gurabo y el Río Grande de Loíza predominan el jacinto mediano y, por último, en la región del Río Caguitas prevalece el jacinto de agua pequeño. Esta diferencia morfológica está asociada con la concentración de hierro y oxígeno disuelto 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 (Tabla 7), pero cabe mencionar que en casos de brotes extensos, la concentración de oxígeno disuelto en la superficie del agua resulta baja, comparada con los valores para el jacinto mediano, lo que viene como consecuencia de la baja en la actividad fotosintética en la columna de agua y el incremento en la concentración de CO<sub>2</sub>. Por tal motivo, se deben 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 pueda explicar esta diferenciación en la fisiología del jacinto sería la edad de las plantas, la cual estará más ligada a los parámetros o factores que inhiban o favorezcan el desarrollo de los jacintos. Algunos de estos factores podrían ser la concentración de ciertos metales o la disponibilidad de nutrientes respectivamente. Relacionado con este aspecto, una región que merece especial atención es la región del Río Caguitas, ya que ésta muestra los valores menores con respecto al número de plantas, biomasa y altura de los jacintos de agua.

---Página Rota---

TABLA 7: CONCENTRACIONES DE OXÍGENO EN LAS DIFERENTES REGIONES EN QUE PREDOMINAN EL JACINTO MEDIANO Y EL SUPER JACINTO, RESPECTIVAMENTE.

LAGO CARRAÍZO, PUERTO RICO.

PARÁMETRO | MEDIANO | SUPER

---|---|---

Oxígeno disuelto, mg/l | 0.85 | 0.74

Temperatura, °C | 22.37 | 22.83

1 Río Grande de Loíza

2 Lago Carraízo

Del Río Caguitas, ya que ésta muestra los valores menores con respecto 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 mismo

tiempo, puede atribuirse a las condiciones ambientales predominantes, específicamente, a la calidad del agua en su cuenca. Este aspecto y su relación con el jacinto de agua será discutido en detalle en la segunda parte de la investigación.

Como último aspecto dentro de la productividad y la razón del crecimiento del jacinto de agua, se encontró una relación significativa entre el largo total de cada planta y su peso húmedo para todos los jacintos de las distintas regiones del Lago Carraízo (fig. 18). Esta relación lineal demuestra la estrecha asociación que guarda el tamaño de la planta y su biomasa, independientemente de a qué biotipo pertenezca. Además, esta relación sugiere ser una característica importante para la hidrodinámica de la planta y su capacidad para flotar.

En promedio, el jacinto de agua en el Lago Carraízo guarda una relación de 1:12.54 (once) de tamaño a peso. Esta relación se mantiene constante sin importar su 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 húmedo aproximado de los jacintos de las diferentes regiones del Lago Carraízo puede ser determinado en base a la altura promedio que posea. Para la región del Lago Carraízo, el jacinto promedio pesará alrededor de 1343.4g (1073.3 - 1613.4); aquellos que pertenezcan a la región del Río Gurabo pesarán aproximadamente 522.9g (214.5 - 831.5); los jacintos de la región del Río Grande de Loíza pesarán 401.9g (114.2 - 689.8) y, por último, los pertenecientes a la región del Río Caguitas poseerán una biomasa promedio de 359.04g (205.5 - 512.5).

En conclusión, la presencia de los tres...

Diferentes ecotipos de Jacinto de agua sugieren una estrecha relación entre las condiciones ambientales y su desarrollo. En otras palabras, el Jacinto de agua responderá en términos del tamaño que pueda alcanzar, a la calidad del agua del medio en que domina. Este hecho coloca al Jacinto de agua como un indicador biológico del estado trófico en que se pudiese encontrar un cuerpo de agua.

55= relación & la cantidad de jacintos por unidad de área, y más específicamente, al tamaño que estos puedan alcanzar en el medio. El análisis posterior a esta fase del estudio de los parámetros químico-físicos más importantes sobre la calidad de las aguas a lo largo de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Lofa se asociará con el crecimiento diferencial y profuso de los tres biotipos de jacinto de agua. De esta manera, se comprobará finalmente la causalidad y distribución de la población de jacintos en este ecosistema.

Aspectos más importantes de los Lagos Carranza. El estado trófico o de productividad de las reservas de agua dependerá de la calidad del agua de los tributarios que lo alimentan, lo que está íntimamente relacionado a las actividades y manejo cultural de la cuenca hidrográfica. Por lo tanto, la determinación de la calidad de las aguas de los tributarios es primordial en la comprensión y entendimiento de las características del embalse. En el caso del Lago Carranza, la calidad del agua en el Lago estará ligada a los insumos que reciba de sus tributarios principales. En base a este aspecto, la discusión de los resultados se llevará a cabo por los parámetros químicos,

biológicos y físicos determinados en el estudio por cada tributario (estación) en adición al Lago Carranza, respectivamente: Nitrógeno y Fósforo Total (TKN, TP). Las concentraciones de nitrógeno y fósforo total (TKN, TP) en varias estaciones 1, 2, 3 y 4 se 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

Los valores totales de fósforo 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). 56 ---Página de Interrupción--- 57 Las siguientes líneas están ilegibles y requieren clarificación antes de ser corregidas. ---Página de Interrupción--- TKN, mg/l Z, mts 2.0 TP, mg/l TKN, mg/l Z, mts 0m TP, mg/l Fig. 1m DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO TOTAL (A) RÍO CAGUITAS Y (B) RÍO GRANDE DE LOIZA -58- ---Página de Interrupción--- -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 (Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>) en la columna de agua y los sedimentos.

RIO GURABO TKN, mg/l: 10-12, La: 16-18, WOM: 1213-1418, 1.6-1.8. TP, mg/l TKN, mg/l: 0-12, 2.0-30, 40-5060, 70-80, 90-100, 01-0203, 04-08, 06-07, 08-09, 1.0. TP, mg/t: -63-

64- (1979) In Lake Tos Vaca at a depth of four meters without apparent explanation. The lack of data concerning the vertical distribution of total phosphorus associated with suspended solids parameters is evident, limiting the understanding and comprehension of this event with certainty. More investigations need to be conducted in the inland water bodies of Puerto Rico to provide a definitive conclusion on this particular issue.

On the other hand, the previously reported values of nitrogen and total phosphorus for the surface of the Rio Gurabo (2.903 and +3026 mg/l) are comparable with the values determined by Quifiones-Márquez of 2.5 and 0.35 mg/l respectively, indicating that there have been no significant changes in the surface of the Rio Gurabo since then. However, it is evident that the partially treated or untreated effluent discharges from the wastewater treatment plants of Juncos and Gurabo, which contribute with an average volume together of 4,201.79 23/4, provide significant amounts of nutrients to this tributary. This is evidenced by the 5.85 times difference of the total nitrogen value for the surface compared with that of the Rio Grande de Loiza, combined with the increase in phosphorus concentration with depth, which ultimately categorizes the Rio Gurabo as a

hypertrophic tributary.

Finally, the section of Lake Carraizo demonstrates all the qualities of a hypertrophic water body, as the concentrations of total nitrogen and total phosphorus increased with depth.

65- The depth (Fig. 20a). For the case of total nitrogen, the average concentration on the surface turned out to be 1.2440 (21-19)  $\mu\text{g/l}$ , 1.204 (41.069)  $\mu\text{g/l}$  at five meters and 1.74 (41.163)  $\text{mg/l}$  at a depth of ten meters, while the

"Acumulados en el fondo se mantienen en solución (Hutchinson, 1957), (Etzel, 1975). Estas condiciones son permanentes, ya que la reacción en temperatura no es significativa en regiones tropicales, lo que seguirá favoreciendo las condiciones anteriores en el fondo y por lo tanto, afectará la recirculación del nitrógeno y por ende, el efecto que finalmente acelerará la razón de sedimentación del  $\text{SO}_2$ . Semejante situación explica el crecimiento profuso del jacinto de agua en la región del Lago Carraízo y, probablemente, el dominio del jacinto en esa región. Por otro lado, el estudio previo de Quiñones-Vélez (1980) mostró valores de nitrógeno y fósforo total de 1.5 y 0.28  $\text{mg/l}$  respectivamente para la superficie de la estación del Lago  $\text{SO}_2$ . El valor reportado del nitrógeno total resulta comparable, ya que existe una diferencia de 3.87 veces del valor reportado para fósforo total. Este hecho se puede atribuir a que durante el periodo de estudio (1973-1975) la condición de la liberación de los fosfatos en la columna de agua en el Lago Carraízo no fue tan marcada comparativamente con las condiciones actuales (1980). Esto propone al Lago Carraízo como un ejemplo típico de un lago hipereutrófico. Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD): Los resultados obtenidos para las estaciones 1, 2, 3 y 4 de los valores promedios del BOD y COD se resumen en la Tabla 9. Las concentraciones del BOD por estación mostraron un decrecimiento de los valores promedio a medida que el agua se mueve en dirección río abajo hacia la región del Lago Carraízo, mientras que los valores para el COD fueron más representativos de la carga orgánica que los tributarios aportan al Lago Carraízo. En cuanto a la distribución vertical, los valores de BOD y COD aumentaban con aumento en la profundidad, a excepción del Río Gurabo en el caso del BOD. Para la estación del Río Grande de Loíza, esta registró los valores más altos del BOD, con valores promedio de 116.6 (4135.4)  $\text{mg/l}$  y 133.9 (4135.7)  $\text{mg/l}$  respectivamente para la superficie y el fondo.

Respectivamente, las concentraciones de COD promedio en la columna de agua mostraron un patrón similar de aumento con la profundidad (Fig. 21), pero contrario a los valores mínimos del BOD, esta estación mostró los valores mínimos de COD para superficie y el fondo, con valores de 5.102 (46.272)  $\text{mg/l}$  y 8.225 (47.7)  $\mu\text{g/l}$  respectivamente. La diferencia marcada entre los valores de BOD y COD aparentemente se deben a una alta población de organismos aeróbicos (fitoplancton) que respiran en la oscuridad provocando un aumento en el consumo de oxígeno.

Soret czare ree oro 0846 096" vue ons. Ese texto ovalado no se puede corregir ya que no se entiende el contexto ni la información que se desea transmitir.

Fig. 21 Distribución vertical de la concentración de BOD y COD en el Río Caguitas (A) y en el Río

## Grande de Loíza (B)

El consumo de oxígeno y, por lo tanto, un aumento en los valores del BOD. El valor mínimo del COD sugiere que el Río Grande de Loíza es el tributario que menos carga orgánica recibe. Por otro lado, la estación del Río Caguitas sigue en orden de magnitud a la estación del Río Grande de Loíza en términos de la concentración de BOD, mas resultó mínima en cuanto a la concentración de COD se refiere. Sin embargo, ambas concentraciones aumentaron con incremento en la profundidad, con valores promedio de 107.2 (4116.5) mg/L y 121.7 (4122.32) ug/l.

Respectivamente para 1 BOD y 45.51 (428.19) mg/l y 47.8 (27.11) ng/l para los valores de COD respectivamente (Fig. 21a). Sin lugar a dudas, el Río Caguitas es la estación que mayor cantidad de carga orgánica exporta al Río Grande de Loíza, lo que refleja la condición trófica 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 compuestos orgánicos resistentes a la degradación biológica podría influir en la baja en el BOD, lo que también podría proyectarse al crecimiento y desarrollo inferiores de los jacintos de agua que habitan el Río Caguitas. Dadas estas circunstancias, el crecimiento 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 ambientales del Río Caguitas. El Río Gurabo muestra un patrón similar al de la distribución del nitrógeno y fósforo total en la columna de agua (Fig. 22b).

BOD, movi 190 120 Mo \_1ç0\_10\_200 80D, mast 020 40 60 \_@0 100 120 140 \_160\_100\_200 1 1  
os es a a COD, mg/l FIG.22 Distribución vertical de la concentración de BOD y COD en el Lago Garrafón (A) y el Río Gurabo (B)

En lo que a concentración de COD y BOD se refiere. Por un lado, la distribución del COD en la columna de agua (17.60 - 47.9 mg/l, 17.37 - 10.34 mg/l y 20.52 - 48.654 mg/l para la superficie, profundidad media y fondo respectivamente), muestra una distribución análoga a la distribución vertical del nitrógeno total en el tributario. Por otro lado, las concentraciones de BOD (100.15 - 112.4 ng/L, 101.5 -107.06 mg/l y 98.89 - 110.8 mg/l, para la superficie, profundidad media y fondo respectivamente) siguen el patrón similar al del fósforo total en la columna de agua del río. Este hecho sugiere que el plancton está 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, lirio y jacintos de agua, lo que finalmente acelera el proceso de sedimentación del Río Gurabo. Por último, los valores de BOD reportados por Quiñones-Marquén (1980) de 0.8 a 7.4 mg/l para la superficie, resultan inferiores a los determinados en el presente estudio. Dicha diferencia se puede deber a la 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 contaminación mucho más avanzado que lo reportado por Quiñones-Marquén (1980) en su estudio. En el Lago Carraízo, tanto la concentración del BOD como la del COD aumentó con incremento en profundidad (Fig. 22a). Los valores del BOD para la columna de agua en el Lago Carraízo demostraron ser los

menores, con valores promedio de 69.7 (480.62) mg/l y 83.11 (468.32) mg/l y 98.45 (412.05) mg/l para la superficie, profundidad media y el fondo. Este aspecto sugiere una menor utilización 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 Carraízo, promueve una gran concentración de flora bacteriana en la interfase de los sedimentos y el agua, lo que proporcionaría un sustrato para algunas especies de copépodos (*Macrocyclops*, sp., *Paracyclops*, sp., *Halicyclops*, sp.) que forman la comunidad bética del Lago Carraízo (Quiñones- Márquez, 1980). Aunque los datos de Quiñones-Marquez (1980) sobre la población dominante de estos copépodos solo se proyectaron hasta una profundidad de 5 m, cabe mencionar, en adición, que algunas especies de protozoarios pueden tolerar condiciones anaeróbicas en esa interfase por períodos de tiempo apreciables (Wetzel, 1975). Sumado a esto, la presencia de bacterias.

Facultativas en el fondo podrían ejercer en conjunto un aumento en el consumo de oxígeno disuelto en condiciones aeróbicas, condiciones en las cuales se lleva a cabo la prueba del BOD, marcando la dinámica de aumento del BOD con incremento en profundidad. Más sin embargo, la distribución vertical del COD muestra un aumento en el contenido orgánico con la profundidad (13.55-47.89 ng/l, 13.25-49.78 mg/l y 19.68-12.05 ag/l para la superficie, en la profundidad media y el fondo respectivamente), lo que resulta de acuerdo a los resultados esperados.

Dada la existencia de una apreciable cantidad de nutrientes en los sedimentos, es de esperarse que se ejerza una demanda biogeoquímica significativa, independientemente de la existencia de condiciones anaeróbicas en el sistema. Un posible indicador de la diferencia entre la demanda 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 está sometida.

Podría utilizarse como un indicador de la condición trófica en que se encuentra cada componente del sistema del Lago Carraízo. La Tabla 10 resume las razones de BOD a COD para cada tributario, reflejo de las condiciones que imperan en cada estación. Para el caso del Río Grande de Loíza, las razones para la superficie como para el fondo resulta con máximas con un valor de 22.85 y 16.28, seguidas por el Río Gurabo (5.69, 5.84 y 4.819 para superficie, mesofauna y fondo respectivamente), el Lago Carraízo (5.140, 6.272 y 5.902 respectivamente) y, por último, el Río Caguas, con la menor de las razones (2.355 y 2.546).

Como es evidente, el Río Caguas está afectado grandemente por el insumo de nutrientes y material orgánico al que está expuesto. Por el otro lado, el Río Grande de Loíza refleja una influencia menos marcada en la carga.

Orgánica y eficiente en la productividad primaria. Los restantes dos (Río Gurabo y Lago Carraízo) están encaminados hacia la sobrecarga de nutrientes y material orgánico, dado

## ESTACIÓN PROFUNDIDAD BOD/COD

Río Grande de Loíza 0.5 22.85 1.0 16.28

Río Caguitas 0.5 2.355 1.0 2.546

Río Gurabo 0.5 5.690 : 5.840 4.0 4.819

Lago Carraízo 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 Loíza y el 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 Loíza se limitaba a masas flotantes de jacintos o brotes de las plantas en las márgenes del río.

16

La discusión de la razón antes mencionada (BOD/COD) no pretende achacar por completo, pero sí considerar, qué factores ambientales son los que tienen mayor importancia en el crecimiento y desarrollo del jacinto de agua en los tributarios principales y del Lago Carraízo. Sin embargo, esta razón resultó significativa para las plantas que crecieron en el Río Caguitas, lo que se correlacionará más adelante con otros parámetros llevados a cabo en la presente investigación.

Metales Livianos y Pesados: La concentración total promedio de los metales calcio (Ca), manganeso (Mn), mercurio (Hg), cadmio (Ca), cobre (Cu) y plomo (Pb) para los tributarios principales y el Lago Carraízo 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 (Mn). En el caso de los metales pesados, el mercurio (Hg) constituye

I'm sorry, but the text you provided is quite garbled and it's difficult to interpret what it's supposed to mean. It appears to be a mix of Spanish, English, and possibly some other languages or codified text. Perhaps you could provide more context or a clearer example of the text you need help with.

The text appears to be unreadable and largely nonsensical, possibly due to an encoding error or other technical issue. However, I can attempt to correct the last readable part:

Oxígeno en la columna de agua, lo que provocaría un ligero aumento en la concentración de Mn en el fondo por ser éste más soluble que el hierro (Wetzel, 1975). La disminución con incremento en la profundidad en la concentración de Mn en el Río Gurabo (Fig. 25b) con 63.46 (458.7) ug/l.

## DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE MANGANESO Y COBRE EN LAS RESERVAS GEOLÓGICAS (A) Y EN LA ZONA MARINA (B).

Distribución vertical de la concentración de manganeso y cobre en el Lago Carraízo (A) y el Río Gurabo (B).

56.52 (452.9) ug/l y 47.26 (443.4) ug/l para la superficie, profundidad media y fondo respectivamente, lo cual indica un aumento en la sección de la superficie. Hutchinson (1957) menciona un patrón de distribución similar en lagos tropicales de Java, atribuido posiblemente a un manantial de aguas ferruginosas. Posiblemente la formación geológica de las márgenes del Río Gurabo juegue un papel importante en esta distribución. Sin embargo, la estación del Lago Carraízo (Fig. 2a) muestra un marcado aumento del ion con la profundidad (15.54, 30.92, y 54.92 ug/l para la superficie, profundidad media y fondo respectivamente). Este incremento significativo en la concentración de Mn en el fondo es típico de los lagos eutróficos en que la dinámica del fósforo total es similar a la de Mn, ya que la razón de liberación de fosfatos estará ligada al decrecimiento en el potencial de reducción, producto a su vez de la ausencia de oxígeno disuelto en el fondo (Wetzel, 1975). Esta situación provoca la reducción de  $Mn^{+2}$ , seguida de la liberación de fosfatos en el fondo. Junto al hierro, el manganeso constituye uno de los factores más importantes en la liberación de fosfatos en los sedimentos en el Lago Carraízo, confirmando la condición eutrófica del Lago. El patrón de distribución del cobre ( $Cu^{+2}$ ) presenta dos formas distintas para las cuatro estaciones.

Las columnas de agua fueron de 0.8608 (40.65) ug/l, 0.8711 (40.83) ug/l y 0.6972 (40.45) ug/l para la superficie, profundidad media y fondo, respectivamente. Aunque la mayor parte del Hg total se encuentra en la profundidad media en este tributario, es de pensar que el fondo constituye el sustrato principal del Hg, ya que a este tributario descarga la fábrica de termómetros de Juncos, en el cual se determinó una concentración de 1,390 ppb. de Hg en los sedimentos del río vecino a la descarga de la planta (García-Castro, 1980a). Esto sugiere que el mercurio total presente en la profundidad media se encuentra en la forma inorgánica. En el caso de la estación del Río Grande de Loíza, la forma de Hg que pudiese prevalecer sería la forma orgánica, ya que las condiciones aeróbicas de la estación favorecerían la metilación del Hg (Smith, 1977). Sin embargo, la presencia de grandes cantidades de material orgánico en los sedimentos en el Río Caguitas promoverían a la forma inorgánica, como es el caso del Río Gurabo. En la estación del Lago Carraízo, lugar en que prevalecen las condiciones anaeróbicas en el fondo, favorecería la formación del agente 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 Carraízo resulten a la par o inferiores al estándar propuesto por la Junta de Calidad Ambiental en su reglamento (JCA, 1976), estas 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 está sujeta 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 ( $\text{Cd}^{+2}$ ) y plomo ( $\text{Pb}^{+2}$ ) determinados en los tributarios principales y el Lago Carraízo mostraron.

Ser de menor envergadura, dominado por valores extremos en el caso del cadmio (Cd) y de carácter intermitente para el plomo ( $\text{Pb}^{+2}$ ). En el caso del Cd, los valores máximos detectados se obtuvieron en la estación del Río Grande de Loíza, 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 Loíza mostraron un patrón de distribución vertical decreciente con la profundidad, con valores de 2.858 (44.817)  $\mu\text{g/l}$  y 2.036 (42.53)  $\mu\text{g/l}$  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 Loíza, con valores promedio de 1.0756 (40.9895)  $\mu\text{g/l}$  y 0.9092 (41.245)  $\mu\text{g/l}$  respectivamente (Fig. 26e). El patrón de distribución en la columna de agua para ambas estaciones puede deberse a que la mayor parte del Cd se encuentra depositado en los sedimentos bajo las condiciones aeróbicas y de limitada profundidad. Sin embargo, la estación del Río Gurabo demostró que la mayor parte del Cd se encuentra suspendido o en forma particulada en la profundidad media (Fig. 27c), 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 Carraízo 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 + 44.463  $\mu\text{g/l}$  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 del metal a la fase acuosa producto de la descomposición activa de los jacintos de agua en el fondo. Esta regeneración viene como producto de la habilidad que posee la macrófita acuática de acumular metales en sus tejidos, que al ocurrir un cambio en el estado oxidativo.

De los sedimentos ejerce una mayor influencia en la dinámica de los metales traza (Me Intoe et al., 1978). Por otro lado, los valores determinados para Cd en la superficie para el Río Grande de Loíza y el Río Caguitas resultaron superiores a los reportados por Quiliones-Márquez (1980) de 1  $\mu\text{g/l}$  para ambas estaciones respectivamente e inferiores para las estaciones del Río Gurabo y el Lago Carraízo, con valores de 2 y 1  $\mu\text{g/l}$  respectivamente. Ninguna de las concentraciones determinadas del Cd en la presente investigación violaron el estándar de 5.0  $\mu\text{g/l}$  establecido por el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de la Junta de Calidad Ambiental (JCA, 1976).

-95- 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 Carraízo.

Oxígeno Disuelto y Temperatura: El perfil de las concentraciones de oxígeno disuelto (DO) mostrado en la estación del Lago Carraízo y el Río Gurabo fue el catalogado por Hutchinson (1957) como de curva de clinogrado, mientras que las estaciones del Río Grande de Loíza y el Río Caguitas, debido a su escasa profundidad, mostraron una distribución más uniforme en la columna de agua. En cuanto a la temperatura, la distribución del calor en la columna de agua es de tipo

oligomórfico para todas las estaciones (Hutchinson, 1957).

Un aspecto de suma importancia en el contenido del oxígeno disuelto en las estaciones del Lago Carraízo y el Río Gurabo fue la diferencia significativa en las concentraciones del oxígeno disuelto en días soleados y lluviosos, lo que se puede atribuir a una disminución en la actividad fotosintética y un aumento en la concentración del CO<sub>2</sub>. Además, la distribución de la temperatura.

CAGUITAS (A1) SOLEADO (B1) NUBLADO Y RÍO G. DE LOÍZA (A2) SOLEADO (B2) NUBLADO  
102+ 2,8 (11.68) ng/2 para las estaciones del Río Caguitas, Río Gurabo y Lago Carraízo, respectivamente. Por el contrario, la estación del Río Caguitas mostró los menores valores observados, mostrando un ligero aumento en la concentración con aumento en la profundidad, probablemente debido a la producción de metano (CH<sub>4</sub>), hidrógeno sulfuroso (H<sub>2</sub>S) e hidrógeno (H<sub>2</sub>) que interfirieron con las lecturas del O<sub>2</sub> en el metro electrónico para medir el oxígeno disuelto, al burbujear estos continuamente hacia la superficie. Generalizando, la estación del Río Grande de Loíza es la estación que menos 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. Es probable que esta estación contenga la mayor concentración de fitoplancton y por lo tanto, una mayor población de zooplancton, bajo las condiciones presentes. Este aspecto podría influir positivamente en la transición trófica, ya que poseería características híbridas (oligotróficas-eutróficas). Los valores observados en las cuatro estaciones durante el periodo de estudio se resumen en la Tabla 14. De estos datos se puede generalizar que el pH va decreciendo a medida que se avanza río abajo hacia el Lago Carraízo, como de igual manera disminuye con el aumento en la profundidad, a excepción del Río Grande de Loíza, en que se mantiene igual y del Río Caguitas, el cual registra un ligero aumento. El valor máximo observado de las cuatro estaciones correspondió al Río Grande de Loíza, el cual

-103-

TABLA 14: MEDIANA, MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS VALORES DE pH EN LA COLUMNA DE AGUA PARA LOS TRES TRIBUTARIOS PRINCIPALES Y EL LAGO CARRAÍZO  
ESTACIÓN PROFUNDIDAD MED. MAX. MIN.

Río Grande de Loíza 0.45 7.50 7.65 7.36

1.0 7.50 7.81 7.37

Río Caguitas 0.5 7.06 7.20 7.01

1.0 7.18 7.29 7.46

Río Gurabo 0.5 7.15 7.32 6.68

2.0 7.02 7.42 6.62

4.0 6.91 7.06 6.68

Lago Carraízo 0.5 6.95 7.30 6.93 5.0 6.9% 714 6.7 10.0 6.90 7.40 6.62. Esto podría deberse a la formación geológica y a la actividad fotosintética ejercida. Año Caguitas, aunque posea un insumo significativo de materia orgánica, posee un sistema de amortiguadores naturales debido a los depósitos aluviales que forman la geología del frente. Sin embargo, la disminución del pH con aumento en la profundidad reflejados en el Río Gurabo y en el Lago Carraízo 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 Carraízo

que fuera reportada 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 en pH con aumento en la profundidad. Conductividad Específica y Total de Sólidos Disueltos: La medida de la resistencia al flujo de electrones en el agua está asociada directamente con la cantidad de iones o 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 Caguitas obtuvo, además del total de sólidos disueltos, los valores máximos seguidos del Río Gurabo, el Lago Carrafzo y el Río Grande de Loíza. En todas las estaciones la conductividad disminuyó con incremento en la profundidad (Figs. 32 y 33). Para la estación del Lago Carrafzo y el Río Gurabo mostró una marcada diferencia entre la superficie y el fondo, lo que sugiere que no existe circulación en la columna de agua, y existen estratos o capas de distinta densidad. Los máximos observados en la superficie probablemente se deben a la concentración de bicarbonatos y carbonatos existentes en la superficie, comprobados ya con los valores de alcalinidad. Sin embargo, esto sugiere que la materia

Orgánica que se recircula en ambos sistemas está en forma particulada o suspendida, como es el caso del incremento en las dinámicas de manganeso, cobre, cadmio, fosfatos y otros. Por otro lado, el perfil de conductividad específica en el Río Grande sugiere buena circulación de los sólidos disueltos.

DISTRIBUCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA (A) RÍO CAGUITAS "1087 Y-(B) RÍO GRANDE DE LOIZA 0.9, of Z, mts '380 400440480520 560600 COND., mhos/em Zymie

FIG.33 DISTRIBUCIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA (A) LAGO CARRAZO Y (B) RÍO GURABO 240250. 260. 270 280.290 300 COND., mhos/em ° if ab | 8 ""qs0 260270 280290 300310 COND., mhos/em

107- 'soqep sor satnqey op ogrsgdoad qo woo soTtsied ¢ woswM0y 8 O1ge oLFRILLED 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 oqean y 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 vorstoaasa avaraungoua No1ovisa soar Tos T¥LoL avaTATsonaNoo sonrvauyo OV la K"SETVATONIUD SOTUVLNATEL SEuL\_SO1 NZ SOLTENSla SoaTlos aa VIGGH A YOLATORdSE GVGATLOAGNOD Sa SORTNIN & 'WOE "Taq VOTLAWLINY SOAIXVA 'OIGRNOUD SEUOTVA \*ST WIEWE

-108- Comparación con el Río Caguitas, el que exhibió una estratificación en su escasa profundidad (Fig. 32a). En vista de los valores superiores en la conductividad específica observados en el Río Caguitas, se intentó correlacionar los valores promedio en la conductividad y el crecimiento del Jacinto de agua en las cuatro estaciones (Fig. 34), de donde se obtuvo una relación inversa entre el crecimiento del jacinto y la conductividad específica. A tales efectos, se determinó que el cobre (Cu\*\*) es un factor limitante en el crecimiento pobre del jacinto de agua en el Río Caguitas (Fig. 35). Estudios realizados por Churchill (según

Hutchinson, 1957) demostraron que ciertas plantas acuáticas multicelulares, pertenecientes a los géneros Riccia sp. y Lemma sp. eran susceptibles a la exposición de concentraciones bajas de Cu (cobre) de 30 ug/l. Este hallazgo, aunque no definitivo, podría ejercer un efecto detrimental en el crecimiento de la planta, ya que la concentración de Cu promedio en la superficie del Río Caguitas fue de 118.45 mg/m (118.45 ug/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 Río Grande de Loíza, Río Caguitas, Río Gurabo y el Lago Carraízo fueron comparables con los reportados por Quiñones-Marquez (1980) en su estudio. Es notable comentar la similitud en el valor máximo registrado por Quiñones Marquez en el Río Caguitas y el presente estudio, registrando conductividades máximas de 800 us/cm, lo que indica unos antecedentes tempranos de descargas domésticas a la cuenca del Río Caguitas.

109. Esta página está en blanco.

110. Esta página está en blanco.

**Iluminación y Transparencia:** La iluminación de las capas superficiales en los lagos y embalses varía según la intensidad de luz y la transparencia del agua que, a su vez, es función de la luz atenuada y la materia particular suspendida presente en la columna de agua. En términos del porcentaje de penetración de luz en la superficie de los tributarios principales y el Lago Carraízo, se encontró una variación entre el porcentaje de radiación de luz entre las distintas estaciones para los días soleados y días nublados. Para las estaciones del Río Grande de Loíza y el Río Caguitas, la penetración de luz a la profundidad de un metro fue de solo 2.57% para la.

La transparencia por el plato Secchi concuerda con los niveles de oxígeno disuelto del Río Gurabo y el Lago Carraízo, estaciones que presentan verdadera estratificación. Por el contrario, el coeficiente de extinción resultó mayor en el Río Grande de Loíza (3.760), seguido del Río Caguitas (2.770), el Río Gurabo (2.750) y el Lago Carraízo (1.435). La amplia diferencia mostrada entre las cuatro estaciones es notable, pero comparativamente hablando, sólo se pueden comparar el Río Grande de Loíza con el Río Caguitas y el Río Gurabo con el Lago Carraízo, debido a la diferencia en profundidades. A grandes rasgos, las estaciones del Río Grande de Loíza y el Río Caguitas poseen probablemente concentración de fitoplancton en el primer caso y materia suspendida o particulada en el segundo caso, lo que absorbe una gran cantidad de la luz disponible, impidiendo que ésta se distribuya uniformemente en la columna de agua. Para el Río Gurabo y el Lago Carraízo predomina un patrón similar, pero este se acentúa de una forma más evidente en el Río Gurabo, donde predomina una capa de material suspendido a una profundidad de 2 metros. 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 a la misma profundidad (4 metros). Este hecho manifiesta la pérdida de la calidad del agua.

Del embalse, producto del inusual 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 altamente presentes, reflejo de las descargas continuas e intermitentes de efluentes domésticos e industriales y el mal manejo de la cuenca.

118- HIDROLOGÍA Y PROVISIÓN DE NUTRIENTES: Precipitación: La precipitación en la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza mostró una variación en la distribución de las lluvias a través de ésta (Fig. 40a). Este patrón de distribución se caracterizó por un aumento marcado en la precipitación durante el mes de septiembre, observándose la mayor precipitación en la represa (Trujillo Alto). Durante el periodo de estudio (junio - octubre), un total de 7103.07 fueron registrados en la represa, mientras que 727.2, 543.05 y 689.09mm. de lluvia fueron observados en la estación de Gurabo, Caguas y San Lorenzo, respectivamente. Esto indica una relativa variación en la distribución pluvial a través de la cuenca hidrográfica. Para la región del Lago Carraízo, se estimó que cayó un promedio de 715.13mm, en base 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 Carraízo.

Flujo y Provisión de Nutrientes: El flujo en los tributarios principales del Lago Carraízo durante el periodo de estudio mostró un patrón relativamente uniforme de descarga, el cual está relacionado con la distribución de las lluvias en la cuenca (Fig. 4b). El Río Grande de Loíza resultó ser el tributario principal, descargando un total de  $199.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ , seguido del Río Gurabo y el Río Caguitas, los que descargaron un volumen aproximado de  $410.4 \times 10^7 \text{ m}^3$  y

PRECIPITACIÓN, mm. DESCARGA MENSUAL PROMEDIO,  $\text{m}^3$ . Año 1980. RIO GURABO Fig. 3— HISTOGRAMA DE PRECIPITACIÓN TOTAL.

Desarrollo y crecimiento del Jacinto de agua en lugares particulares se reflejarán en su fisiología y contenido nutricional, la calidad del agua en que se establezcan. La caracterización del contenido nutricional del Jacinto de agua en el embalse de Carraizo confirmará la condición trófica en que se encuentra dicho embalse y cuestionará la existencia de los tres biotipos de jacinto de agua.

---Página de separación---

## EL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL JACINTO DE AGUA

Relación peso seco-peso húmedo. El contenido de humedad de los jacintos de agua en el Lago Carraizo parece estar de acuerdo con los valores reportados en la literatura por diferentes investigadores. En el Lago Carraizo, el porcentaje de humedad promedio en base a ocho (8) plantas, tres de ellas tomadas de la región del Lago Carraizo y cinco de ellas de la región del Río Grande de Loíza fue de 94.4 (93.0-95.8) por ciento. Este valor resulta comparable con los valores reportados por Penfound & Earle (1948) de 95% en Nueva Orleans; por Bock (1966) de 93.48 en California, por Boyd (1969), Yount & Crossman (1970) y Knipling 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 húmedo, lo

cual responde a un patrón lineal (fig. 41). Este comportamiento es similar al determinado por Villamil et al. (1979) en jacintos cosechados en una planta de tratamiento de aguas negras, lo que sugiere que el jacinto de agua mantiene constante la razón de peso seco a peso húmedo a través de su desarrollo. Por último, se encontró que por cada parte de sólido sintetizada, el jacinto incorpora 18.9 partes de agua en sus tejidos. Esto explicaría en gran parte por qué el jacinto de agua, al presentarse en brotes masivos, evapotranspira una gran cantidad de agua.

---Página de separación---

Peso seco, g 00) 70h. 50f 49] 20k

FIG.41  $y = 0.06148X - 1.691$   $R^2 = 0.9280$

200 400 600 800 1000 Peso húmedo, g

RELACIÓN LINEAL DE PESO HÚMEDO DE LOS JACINTOS DE AGUA CON EL PESO SECO

-123-

124-

A large amount of water, Vietmeyer (1975) mentions that this particularity has caused the water hyacinth to have a high rate of evapotranspiration. This characteristic of the water hyacinth has serious consequences in drinking water reservoirs where it could evaporate up to 3.7 times more water than on an open surface (Timmer & Weldon, 1967). This is a reason for management measures to be taken in the Carraízo Lake reserve, to avoid water loss to the layers of the atmosphere, at a time when there is a marked demand for water resources and the capacity of Carraízo Lake is reduced due to eutrophication. It is time for the concerned authorities to take action on this matter.

Composition:

The results of the composition of the water hyacinths from two sampling stations in different locations of the Carraízo Lake are expressed in Tables 17 and 18. The nutrient content in the hyacinths of the Río Grande de Loíza and Carraízo Lake varied among themselves (Figs. 42 and 43). The carbon content varied from 16.5 (16.12-16.88) percent in the water hyacinths of the Río Grande de Loíza to 21.69 (16.29-27.09) percent in Carraízo Lake. Both values were lower than the average reported value of 35% carbon by Parra & Hortenstine (1974). A particular characteristic of the hyacinths from the Río Grande de Loíza was the concentration of carbon content in the roots (23.5%), contrary to the water hyacinths of Carraízo Lake, whose maximum value was recorded in the petiole (43.27%). This difference was..

125-

To be continued...

(To be translated)

The text provided seems to be a mixture of different languages and contains numerous errors and nonsensical sequences, which makes it impossible to correct. It seems like there may be some technical and scientific information related to plants and nitrogen content, but without more context and correct language usage, it's impossible to provide a meaningful revision. Please provide a more coherent text.

Ya que el peciolo demostró estar cerca de la razón óptima de producción de biogás (27.9221). En el caso de los jacintos pequeños, las raíces (23.5:1) es la única parte de la sección morfológica que podría acercarse a la razón C:N óptima de 30:1. Ya que esta sección morfológica constituye una pequeña porción de los jacintos pequeños, no resultaría desde un punto de vista práctico en su utilización para la producción de biogás. El contenido de proteína cruda resultó máximo en la región del Río Grande de Loíza, con un valor promedio de 15.88 (14.04-17.72) por ciento, mientras que en la región del Lago Carraizo solo se obtuvo un valor del 13.34 (12.71-13.98) por ciento. El contenido de proteína cruda de la región del Río Grande de Loíza resulta comparable con el valor hallado por Boyd (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 podría estar ligado a la carga orgánica de las aguas donde los jacintos crezcan. Una inspección de la Tabla 20 podría comprobar la relación que existe entre el % de nitrógeno total y el % de proteína cruda.

Tabla 20: Concentraciones de Nitrógeno Total (TKN) promedio en la superficie del agua relacionadas al % de composición de proteína cruda en los jacintos de agua del Río Grande de Loíza y del Lago Carraizo.

Localización	TKN, ng/l	% Proteína Cruda
Río Grande de Loíza	0.4969	15.88
Lago Carraizo	1.244	13.34

Wolverton & McDonald (1978), observaron una relación directa entre la carga orgánica y los jacintos cosechados en plantas y lagunas de tratamiento de aguas domésticas. Sin embargo, Boyd (1970) hace hincapié en que el contenido de proteína en los jacintos de agua disminuye con la edad y que este es extremadamente variable entre las plantas de diferentes localidades, reflejando el contenido de los nutrientes presentes en las mismas.

Aguas donde florecen, los resultados de esta investigación confirman estos descubrimientos. Normalmente hablando, el porcentaje mayor de proteína cruda se concentra en la hoja para ambas regiones, con un valor promedio de 25.78 (24.8-26.76) por ciento para las plantas de la región del

Río Grande de Lofza y de 22.61 (21.97-23.25) por ciento para los jacintos de la región del Lago Carrafzo. Esta particularidad fue observada por Wolverton & McDonald (1978b) en jacintos cosechados en plantas de tratamiento de aguas negras en Mississippi. Al igual que en el contenido de nitrógeno, la distribución del contenido de proteína cruda entre el peciolo y las raíces es similar. Para los jacintos del Río Grande de Lofza, el peciolo le sigue en porcentaje de proteína cruda con 11.58 (9.43-13.73) por ciento y luego las raíces, con un 6.19 (5.8-6.58) por ciento. Lo contrario ocurre en las plantas de la región del Lago Carrafzo, a las hojas le siguen en magnitud el peciolo y luego las raíces con 9.71 (9.14-10.28) por ciento y 10.44 (9.77 - 11.11) por ciento respectivamente. La posible explicación a esta diferencia en el contenido de proteína cruda está estrechamente relacionada con la distribución del contenido de nitrógeno. Esta condición podría estar relacionada con las previamente discutidas en la distribución morfológica del porcentaje de nitrógeno. El contenido de fósforo en los jacintos de agua resultó mayor en la región del Lago Carrafzo que en la región del Río Grande de Lofza. El valor promedio para el porcentaje de fósforo total en el Lago Carrafzo fue de 0.22 (0.1 - 0.34) por ciento, mientras que para el Río Grande de Lofza resultó en un mínimo 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 la región del Río Grande de Lofza comparados con las plantas escogidas del Lago Carrafzo para análisis nutricional. Sin embargo, al ser comparados con valores reportados previamente, resultan

Significativamente inferiores. Boyd (1969) reportó un valor de 0.435 en plantas de Florida del Sur; tanto Yount y Crossman (1970), Knipling et al. (1970) como Parra y Hortenstine (1974) determinaron valores porcentuales de fósforo de 0.6707, 0.63, 0.29 y 0.318 respectivamente para jacintos de agua en Florida y, por último, Wolverton y McDonald (1978b) estimaron valores entre 0.89 y 0.31%, respectivamente para plantas y lagunas de tratamiento de aguas domésticas en Mississippi.

Por otro lado, la distribución del contenido de fósforo en los tejidos del jacinto de agua en las dos regiones se limitó en su gran mayoría a concentrarse en las hojas y el peciolo. Del total del porcentaje de fósforo total para las tres secciones morfológicas del jacinto (hojas, peciolo, raíces) aproximadamente el 90.3% (44.7) del fósforo total se encuentra entre las hojas y el peciolo. Este porcentaje es superior al reportado por Wolverton y McDonald (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 las plantas del Lago Carrafzo exhibieron un valor promedio de 0.23 (0.224-0.236) por ciento.

Esto podría deberse en parte a la alta razón de remoción de nutrientes de la zona (Villamil et al., 1979). Por el contrario, las plantas de la región del Lago Carrafzo demostraron poseer un mayor contenido de fósforo en el peciolo que las plantas de la región del Río Grande de Lofza, con valores de 0.24 (0.236-0.244) por ciento y

0.186 (0.146-0.226) por ciento respectivamente. En adición a esto, los jacintos que crecieron bajo una concentración alta de fósforo (Lago Carrafzo), la distribución del contenido del fósforo fue más

equilibrada entre la hoja y el peciolo que los jacintos del Río Grande de Loíza. Una revisión a la Tabla 21 demostrará una relación entre la concentración del fósforo total en el agua y la distribución del porcentaje en los jacintos de ambas regiones. Esta particularidad fue observada por Wolverton & McDonald (1978) en los jacintos cultivados en las plantas de tratamiento.

TABLA 21: 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 RÍO GRANDE DE LOÍZA Y EL LAGO CARRAÍZO.

LOCALIZACIÓN | TP, mg/l | % FÓSFORO HOJAS | % FÓSFORO PECIOLO | % FÓSFORO RAÍCES

Río Grande de Loíza | 0.5389 | 0.245 | 0.186 | 0.065

Lago Carraízo | 1.0833 | 0.230 | 0.240 | 0.032

La marcada diferencia en la distribución del porcentaje de fósforo entre los dos tipos de jacinto, junto con la diferencia en concentración promedio de fósforo total de donde estaban creciendo las plantas, demuestran que el jacinto de agua es capaz de remover nutrientes en exceso, y específicamente, fósforo. Dicho de otro modo, los jacintos de agua expuestos a una mayor concentración de nutrientes absorberán más del nutriente de lo que puedan utilizar (Knipling et al, 1970; Haller et al, 1970; Wolverton & McDonald, 1978). Haller & Sutton (1973) determinaron que los jacintos de agua pueden absorber hasta cuatro veces más fósforo que otros tipos de plantas, lo que demuestra la eficiencia que el jacinto de agua posee en la recepción de nutrientes.

Por lo tanto, la concentración de fósforo en los jacintos de agua en la región del Lago Carraízo 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 resolver e incorporar nutrientes en sus tejidos favorecen su utilización para la adhesión de nutrientes de las aguas por medio del cosecho. En cuanto a la productividad promedio del Jacinto de agua para el Lago Carraízo (175.3 kg/ha/d, peso húmedo) y los porcentajes de nitrógeno y fósforo respectivamente para los jacintos del Lago Carraízo (2.134 y 0.22), se puede estimar que el cosecho de una hectárea de Jacintos de agua en el Lago Carraízo podrían remover aproximadamente 3.741 y 0.3857 kg de nitrógeno y fósforo respectivamente por año. Esta razón de recolección compara favorablemente con los resultados de Boyd (1976) de 3.4 y 0.43 kg/ha/d de nitrógeno y fósforo respectivamente de jacintos cosechados en Alabama. Queda una vez demostrado la capacidad de esta planta para remover nutrientes sin necesidad de sistemas complejos de ingeniería. El porcentaje mayor de azufre recayó para las plantas de la región del Lago Carraízo, con un promedio del 3.68 (3.63- 3.73) porciento, mientras que las plantas de la región del Río Grande de Lofsa registraron un valor promedio de 2.89 (2.68- 3.1) porciento. 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 datos en el agua, lo que sugiere la presencia de concentraciones considerables de azufre disuelto en las aguas, en su mayoría en forma de sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ) (Wetzel, 1975). Esta situación es típica en cuerpos de agua eutróficos. Morfológicamente hablando, las hojas de la región del Río Grande de Lofsa registraron un valor promedio mayor en el porcentaje de azufre ( $3.64 \pm 0.24$ ) que las hojas de la región del Lago

Carrafzo ( $2.37\% \pm 1.54$ ). Contrario a este hecho, las raíces del Lago Carrafzo mostraron un valor muy superior ( $8.3\% \pm 0.57$ ) a las raíces de las plantas del Río Grande de Lofsa.

(1.64440.0003). Para el primer caso, la concentración del porcentaje del azufre en las hojas podría deberse al metabolismo activo de las plantas jóvenes. Sin embargo, en el segundo caso, la drástica diferencia en el porcentaje de azufre en las raíces de los jacintos del Lago Carrazco podría atribuirse a una considerable concentración de hidrógeno sulfuroso (128) en la sección anóxica del hipolimnio (Wetzel, 1975). Wolverton y McDonald (1978b) registraron la misma distribución en los jacintos cosechados en la planta de tratamiento de Lucedale, Mississippi, sin aparente discusión en relación con la concentración del afluyente de las plantas. Aunque las plantas de la región del Lago Carrazco mostraron por planta un porcentaje mayor, no hay que descartar también la posibilidad de que esta particularidad sea un aspecto fisiológico relacionado con la 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. Estos valores resultaron 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 podría contribuir a la diferencia significativa entre los jacintos de agua de las dos localidades. Seccionalmente hablando, la distribución del contenido calórico fue similar en las dos regiones. En ambos casos, la hoja y el peciolo representaron el 92.924% (42.93) del total del contenido calórico de las tres secciones: hoja, peciolo, raíces. Además, la diferencia entre contenido calórico en promedio no resultó ser significativa entre las hojas y peciolos de las dos regiones. En promedio, la hoja y el peciolo de la región del Río Grande de Lofsa mostraron valores de 3.484 ( $3.424 = 3.544$ ) kcal/g y 3.254.

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 resultaron con los valores más altos, la contradicción podría atribuirse a que se hayan quedado en la planta (Boyd, 1969) considera que esto podría explicar las diferencias. Lo último representa una fracción inorgánica de la planta. Desde el punto de vista práctico, entre el contenido lo que podría de contar la bioacumulación de los metales (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 metales en las raíces mientras que las plantas del Lago Carrafzo no mostraron un patrón uniforme de concentración (Fig. 44). Para el caso del Ca en específico, las plantas de la región del Lago Carrafzo concentraron niveles predecibles de Ca en las raíces, patrón observado en las plantas del Río Grande de Lofza. Esta tendencia a concentrar el Cd en las raíces ha sido observada previamente por Wolverton & McDonald (1978a) en pruebas de laboratorio. En el caso del Cu y el Mn, los jacintos de la región del Lago Carrafzo no responden al patrón normal de concentración de los metales.

(z"05)¥698"0 (S"VF)esr0z (ror )zgryy ("LF )9erz oper rusdoay (SroF)rE0"z (SOF )EEEZ  
—(G\*0F)99"VE (HOF )EENT ayer bor (S\*UF)eL4L (vorOF)ErS\*s (rodent ototood Hor  
(ZE\*OF)VVOL —(S\*OF)EL\*0z\_—(B\*OF oErz fou vejr op epuezy Oyu VoIDOTOROR ag &H a9  
Po NorooaS \_NOTOVZTv907 OZIVHYV) OIVI \*SaLNATEHY SauNa¥EATC sod aa VOOV Ed  
SOLNIOVE SOT 20 (0988 OSEd YOd 34/3U NA) SHIVLAN OULVOD Fd NOTOWULNGONOD  
+22 VIEVE

143 zy Tey Lee vy] aoev 'oavzINapoxoH @ 'SrOIN D> oad @ ay enyors09 0609 a7® »  
Tep>]e]v|pep le 01107 ep spuos9 ory

The following text is a translation of the above text with errors corrected:

"Brecha en las raíces reportadas por Cooley et al. (1979) para super jacintos en el sur de Florida. Estos jacintos demostraron concentrar el Cu en el peciolo de la planta, mientras que el Mn 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 Carranza 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 patrón reportado por Wolverton & McDonald (1978a) para el caso del Ga y por Cooley et al. (1979) para el caso del 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 señalados con anterioridad. Por otro lado, la concentración de Ma por planta resultó completamente inferior a los resultados reportados por distintos autores en la literatura. Lawrence (según Cooley et al., 1979) encontró una concentración de 680 ng/kg (peso 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 respectivamente. 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 planta del Río Grande de Lofza (20.55), pero resulta comparable con el valor de los jacintos de la región del Lago Carranza (2.28). En el caso del Cu para las plantas de la región del Río Grande de Lofza, el valor determinado en la investigación (44.62 mg/kg) resultó inferior a la reportada por Lawrence (según Cooley et al., 1979) de 90 ng/kg, pero superior a las reportadas por Boyd (1970)."

Boyd & Vickers (Gun Cooley et al., 1979), Easley & Shirley (Seguin Cooley et al., 1979) with 11, 15, and 12 mg/kg respectively. In addition, the Cu content per plant determined by Cooley et al. (1979) was much lower than the present study, with a minimum value of 0.45 mg/kg. The plants from the Lake Carratzo region were not taken into consideration as they did not reflect a significant concentration per plant. The absorption and distribution ratios of the elements in morphological sections will depend simultaneously on the environmental factors which the plant faces in its place of growth. Cooley & Martin (1977) affirm that among all the environmental factors that govern the distribution of elements in water hyacinths, the solubility of these results in a key parameter capable of governing distribution. They also mention that the solubility of metals can be limited by the carbonates and phosphates present in the solution. This fact could explain the irregularity exhibited in the distribution and the poor concentration per plant in the water hyacinths of the Lake Carratzo region, as this region showed an average total phosphorus (1p) value of 1.0833 mg/l. Contrary to

this condition, the concentration of 1P in the Rio Grande de Lofza region was 0.5389 mg/l. While this relationship may be significant, the probability of the concentration of ions in the water column cannot be ruled out. To this end, an apparent concentration (CA) equation developed by Cooley et al. (1979) was used, which relates the metal concentration in the plant with the concentration in the water column. This equation is defined by: Apparent concentration =  $\mu\text{g element/kg dry weight ng element/litre in the water}$ . The data and results of this factor are summarized in Table 23. The scarcity of data concerning metal content per plant in the water hyacinths of the Lake Carratzo region for three metals (Cd, Cu, Pb) limits the field.

de acción de la CA. Sin embargo, la diferencia en la 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 metálico en la columna de agua. Más investigación con respecto a esta laguna en otro aspecto de la fisiología del jacinto de agua se necesita para llegar a comprender a cabalidad esta discusión.

147: La información en este segmento no es clara o legible, por lo que no se puede corregir.

**CONCLUSIONES Y RESUMEN:** Se llevó a cabo un estudio exhaustivo sobre la autoecología del Jacinto de agua, *Eichhornia crassipes* en relación a algunos aspectos sobre la limnología del Lago Carraízo. En términos de su productividad, el Jacinto promedio del Lago Carraízo exhibirá una razón de crecimiento de 172 g/m<sup>2</sup>/d (peso húmedo). Durante el período de estudio (27 días) obtuve una relación 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 Carraízo resultó en 1.0256, lo que indica que el Jacinto de agua duplicará su biomasa cada 28 días. La producción de pseudohojas 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 pseudohojas mostró que por cada 7.54 hojas/día producida un 38.9% de ellas serán predadas, que son 54,810,417 hojas al año.

La predación es significativa en contrario a la producción de hojas, la mortalidad resulta afinada, registrándose una mortalidad de 0.39 hojas/día o 142.4 hojas al año. No se halló correlación alguna entre el porcentaje de hojas muertas y el porcentaje de hojas predadas. Se encontró una clara diferencia entre las poblaciones de jacintos de agua con respecto al número de plantas por metro cuadrado, biomasa por metro cuadrado y altura promedio de los jacintos en distintas localidades a través del Lago Carraízo. Con respecto al número de plantas, el Río Gurabo mostró el mayor número de plantas. El segundo fue el Río Grande de Loíza con 22 por metro cuadrado (21.33 plts/m<sup>2</sup>), el Lago Carraízo (14.66 plts/m<sup>2</sup>) y el Río Caguitas (42.5 plts/m<sup>2</sup>). En cuanto al rendimiento en biomasa, la región del Lago Carraízo resultó con el mayor rendimiento, reflejando un valor de 16.685 kgs/m<sup>2</sup>, seguido por el Río Gurabo (8.999 kgs/m<sup>2</sup>), la región del Río Grande de Loíza (8.355 kgs/m<sup>2</sup>) y el Río Caguitas (4.913 kgs/m<sup>2</sup>). Finalmente, la diferencia en la altura entre los Jacintos observados establece a los Jacintos del área del Lago Carraízo con el mayor valor promedio (101.36cm.), seguidos por el Río Gurabo (41.60cm.), el Río Grande de Loíza (32.79cm.) y el Río Caguitas (29.66cm.). Este patrón responde a la diferenciación morfológica sugerida por Cooley & Martin (1978b), más pruebas efectuadas en el campo tienden a descartar esta teoría. Por último, se encontró una relación significativa entre el largo total (cm.) y el peso (g) de los jacintos

de agua, donde se estableció que el jacinto de agua guarda una relación de tamaño a peso (cm/g), de 1:12.54. Esta razón puede influir en la flotabilidad de la planta. El Río Grande de Loíza, el Río Caguitas y el Río Gurabo exhiben las características de cuerpos de agua a los cuales reciben el impacto de la escorrentía y las descargas de desperdicios industriales y descargas crudas o semi-crudas de plantas de tratamiento de aguas domésticas. Estos insumos aportan cantidades.

Significativas de nitrógeno, fósforo, compuesto orgánicos no degradables y metales pesados. En el Río Grande de Lofa, estos valores promedian 0.4969 y 0.4965 mg/l de nitrógeno, 0.5389 y 9.2240 mg/l de fósforo, 116.6 y 133.9 mg/l de BOD, 5.102 y 8.225mg/l de COD para la superficie y fondo respectivamente. El Río Caguitas exhibió valores de 6.285 y 8.6174 mg/l de nitrógeno, 1.0654 y 1.380 mg/l de fósforo, 107.2 y 121.7 mg/l de BOD, 45.51 y 47.80 mg/l de COD, para la superficie y fondo respectivamente. En esta estación se registró la mayor concentración de orgánicos, lo que responde a las descargas de plantas de tratamiento de aguas negras.

La estación del Río Gurabo mostró valores promedio de 2.903, 1.4419 y 2.1782 mg/l de nitrógeno 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 y el fondo.

Por último, la estación del Lago Carraizo 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 las estaciones se detectaron cantidades significativas de mercurio y cobre, como también los flujos intermitentes de plomo y cadmio. El total más abundante lo constituye el calcio en todas las estaciones.

Las curvas de oxígeno disuelto del Río Gurabo y el Lago Carraizo responden al patrón de curva de clina de grado, mientras que las estaciones del Río Grande de Lofa y el Río Caguitas debido a profundidad, mostraron una distribución más uniforme.

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 Río Gurabo y el Lago Carraizo. Los valores de pH observados en las cuatro estaciones fueron creciendo a medida que se iba río abajo.

Abajo en dirección a la represa, donde se registró una disminución en el pH a medida que aumenta en profundidad. La conductividad específica resultó aproximadamente similar en las estaciones del Río Grande de Loíza, Río Gurabo y el Lago Carraizo, mientras que el Río Gurabo observó los valores mayores (597-381 umhos/cm). Se determinó una relación inversa entre la transparencia y el coeficiente de extinción, donde el Río Grande de Loíza exhibió el mayor valor de coeficiente de extinción (3.76) y la transparencia menor (0.3014m). Además, el valor del coeficiente de extinción disminuiría a medida que se viaja en dirección a la represa. Aproximadamente 195.77 toneladas métricas de nitrógeno total y 145.94 toneladas métricas de fósforo total fueron descargadas. El Río Grande de Loíza contribuyó con la mayor aportación de fósforo al Lago Carraizo por los tres tributarios principales (105.76 tm) y el Río Caguitas fue el tributario que más oxígeno total aportó al sistema (71.69 tm). Por otro lado, se realizaron pruebas en el jacinto de agua para determinar el contenido de humedad, la composición bruta y la bioacumulación de metales en los tejidos. En el primer caso, se determinó que el jacinto promedio

del Lago Carraízo posee un 94.4% de contenido de humedad. Además, 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 incorpora 18.9 partes de agua. Las pruebas de composición bruta se llevaron a cabo en dos tipos de jacintos diferentes (pequeño y súper jacinto) con el propósito de señalar diferencias en su contenido nutricional. Además, se analizaron estos jacintos en cuatro secciones dentro de su morfología. Para los valores de carbono orgánico, el súper jacinto mostró un 21.69% (peso seco), mientras que el jacinto pequeño resultó en un 16.5%. En términos de la sección morfológica, el súper jacinto concentró el mayor porcentaje en la hoja, mientras que el pequeño lo hizo en la raíz.

"Concentré 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 jacintos, la sección morfológica que mayor contenido de nitrógeno exhibió fue la pseudolamina. La razón de carbono a nitrógeno (C/N) mayor recayó en el Jacinto (10.16). Dentro de su sección morfológica, el peciolo demostró el valor mayor (27.92). Esto resultó en la porción 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 promedio de 13.34%.

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 máximo de 8.3% de azufre. Este dato posiblemente refleje 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), el cual observó 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 mostró menor contenido calórico fue la raíz para ambos casos, mas las".

The roots of the small Jacinto showed a significantly higher value than the super Jacinto (66%). This agrees with the higher caloric content in their roots, which can be attributed to the high mineral content.

## CITED LITERATURE

American Public Health Association, 1974. Standard Methods for the Examination of Water & Wastes. 14th ed. APHA, Washington, D.C., 1193 pages.

Arnaw, T. & J.W. Crooks, 1960. Public Water Supplies in Puerto Rico. Water Resources Bulletin no. 2, U.S. Geological Survey, 34 pages.

Water and Sewer Authority of Puerto Rico, 1980. Annual Report 1978-1979, Operations Area.

Bagnall, L.O., 1979. Solar Drying Water Hyacinths. Paper presented at the Aquatic Plant Management Society, Chattanooga, Tenn.

Biaggi, N., 1965. Puerto Rico's Water Pollution Image. Journal of Water Pollution Control Federation, 37(8), pp. 381-391.

Books, J.H., 1966. An Ecological Study of Eichhornia crassipes with Special Emphasis on its Reproductive Biology. Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley.

Boyd, C.E., 1968. Fresh Water Plant Protein. A Potential Source of Food, vol. 22, pp. 359-368. +1969. The Nutritive Value of Three Species of Water Weeds. Econ. Bot., vol. 23, pp. 123-127, 1970. Vascular Aquatic Plants for Mineral Nutrient Removal from Polluted Waters. Econ. Bot., vol. 24, pp. 95-103. - 1976. Accumulation of Dry Matter, Nitrogen, and Phosphorus by Cultivated Water Hyacinths. Econ. Bot., vol. 30, pp. 51-56.

Brown, R.A., W.R. Jobin, A. Laracuente, R. Mercado & V. Quinones, 1979. Preliminary Results from a Survey of Water Quality in Some Puerto Rican Lakes. Center for Energy and Environment Research, CEER-15, 270 pp.

Burkstaller, J.E. & P.L. McCarty, 1975. Oxidation of Cinnabar by Fe(III) in Acidic Mine Water. Environmental Science Tech. 9(7), pp. 676-679.

Carbajal-Zanora, J.R., 1974. Quantitative and Qualitative Study of Zooplankton in Lake Lotza I and II. Diurnal and Seasonal Variations. Department of Natural Resources, 27 pp.

Chapman, H.D. & P.F. Pratt, 1961. Methods of Analysis.

For Soils, Plants, and Waters. University of California, 154.

155. Cooley & D.P. Martin, 1977. Factors Affecting the Distribution of Trace Elements in Aquatic Plants - Water Hyacinth. Journal of Inorganic Products, Cheney Volume 394, pages 1893-1896.

H. Gonzalez, & D.F. Martin, 1978a. Radio, Manganese, Iron and Phosphorus Uptake by Water Hyacinth and Economic Implications. Econ Bot, 32(4), pages 371-378.

Cooley, Tsai. & D.F. Martin, 1978b. Seeking "Super Hyacinths". Journal of Environmental Science Methods, 12(7), pages 469-479.

O. Durden & D.D. Perkins, 1979. A Preliminary Study of Metal Distribution in Three Water Hyacinths Biotypes. Water Research, Vol. 13, pages 343-348.

Cornwell, D.A., De Zolteck, C.O., Patrinely, T de S. Furman & Kin, 1972. Nutrient Removal by Water Hyacinths. Water Post, Contact Facts 49(1), Pages 57-65.

Daniels, F.E, J.W. Williams, P. Pender, R.A. Alberty, C.D. Cornwell & J.S. Furman, 1970.

Experimental Physical Chemistry. McGraw Hill Book Company, 7th ed.

Departamento de Recursos Naturales, 1978. Integral Plan for Use, Conservation and Development of Water Resources in Puerto Rico. Office of Planning and Analysis of Water Resources, Department of Health & Authority of Aqueducts and Sewers of Puerto Rico, 1963. Loiza River and Tributaries Station Surveys Using Water Hyacinth Culture for Wastewater Treatment. Department of Health Resources, Division of Wastewater Technology and Surveillance, 1978a. Upgrading Stabilization Pond Effluent by Water Hyacinth Culture. Journal of Water Pollution Control Federation, 50(5), pages 833-845.

1978b. Aquatic Vegetation and Water Pollution Control: Public Health Implications. American Journal of Public Health, 68(12), pages 1202-1205.

Erdman, D.S., 1972. Inland Game Fishes of Puerto Rico. Department of Agriculture, Centralized and Ancillary Operation Service, 4(2), 96 pages.

A. Valido & M.N. Estrada, 1973. Loiza Reservoir Fisheries Investigation, Department of Natural Resources, 33 pages.

156. Estrada, A., 1981. Unpublished Data. Preliminary Study of Flora in Loiza and the Lake.

Carraffo, Fruh, E.G., K.M. Ste. "Elements of Butroph Contact Fad." Co-authored with G.F. Leo & G.A. Rahlich, 1967. Measures, Ion and Trends. Journal of Water Pollution 38(8), pp. 1237-1251.

García-Castro, J.M., 1980, Unpublished Data. "Modification Mercury Method: +, 19802." Contamination by Mercury. Possible Effects of Low Dose Exposure in Children of Juncos, Puerto Rico. Public Health Review, vol. 12, pp. 11-17.

Giurette, EnV., Mids Lépen, 1967, Climate and Stream flow of Puerto Rico. Journal of Caribbean Studies (3-4), pp. 87-94.

Intel, 1979, The Energy Source. -Feb., pp. 28-31.

Goodman, N. D. Pilot Alternative: Energy Conversion Conference/Land Utilization.

Gopal, B. & K.P. Sharma, 1979. "Aquatic Weed Control Versus Utilization." Economic Botany. 33(3), pp. 340-346.

Haller, W.T. & D.L. Sutton, 1973. "Effect of pH and High Phosphorus Concentrations on Growth of Water Hyacinths." Hyacinth Contact Journal, 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 Science Society of Florida, vol. 30, pp. 64-68.

Hutchinson, G.E., 1957. A 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, W.J., 1971. "Aquatic Weed Decay: Dissolved Oxygen Utilization and Nitrogen and Phosphorus Regeneration." *Journal of Water Pollution, Control Fed.*, 43(7), pp. 1457-1467.

Jobin, W.R., F.F. Ferguson, R. Brova, 1976. "Ecological Review of Hydraulic Reservoirs in Puerto Rico." Center for Energy and Environment Research, CEER-001.

Jobin, W.R., A. Brown, S.P. Velez, F.F. Ferguson, 1977. "Biological Control of *Biomphalaria glabrata* in Major Reservoirs of Puerto Rico." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 26(5), pp. 1018-1024.

Boat, Dp, Tidyanto & M.N. Soorjant, 1979. "Potential Uses of Aquatic Weed Species as a Pulp Substitute." Paper submitted at the Aquatic Plant Management Society Annual Meeting, Chattanooga, Tennessee.

Salud Ambiental, 1976, "Amendments to Certain Sections of the Water Quality Standards Regulation." 15.

Op., 1978. *Iatandaiide Paoyeet*, 208 pp. Ty Tisler, 1970. Growth Characteristics, Feed and Nutritive Content of Water Hyacinths. *Secs Flu*, Vol. 30, pp. 512-630. Woouvery 26P. & Ale Martoar, 1976. An Economic Assessment of Fuel from Water Hyacinths, Symposium on Clean Fuels from Biomass and Urban Waste Technology. Fla. Institute of Tech. Clarkson, 1972. Atomic Absorption Determination of Trace Elements and Organic Mercury in Blood. *Fearne G*, 55(5), pp. 966-971. Vartaneds, 1979. Comparative Study of Limnology of the Major Waters of Puerto Rico. Master's Thesis, University of Puerto Rico, Rio Piedras, Biology Department. Donald, B.O. & B.C. Wolverton, 1980. Comparative Study of Waste Water Treatment with and Without Water Hyacinths. *Econ Bot*, 34(2), pp. 101-104. Shepard, R.K., Mayen, Gul., Atchison & D.W. Nelson, 1980. Cycling of Heavy Metals in a Contaminated Lake: Aspects of Sediment Distribution and Macrophyte Fishing. *Jour. of Environmental Science*, Vol. 3, pp. 301-305. National Oceanic and Atmospheric Administration, 1980. Climatological Data, Puerto Rico and Virgin Islands 26(6-40). *Oceanographic International Annual*. National Corp., 1977. Installation and Procedures. Ornes, Well. & Pol. Sutton, 1975. Removal of Phosphorus from Static Septic Effluent by Water Hyacinths. *Hyacinth Control J.*, Vol. 13, pp. 56-58. Ortiz, W., 1981. Personal Communication. Parr Instruments Co., 1970. Oxygen Bomb Calorimetry and Combustion Methods. Technical Manual No. 130.

158+ Parra, J.V. & C.C. Hortenstine, 1974. Plant Nutritional Content of Some Florida Water Hyacinths and Responses by Pearl Millet to Incorporation of Water Hyacinths. *Hyacinth Control J.*, Vol. 12, pp. 85-90. Cr., 1968. Geotovical Map of the Aguas Buenas Quadrangle, Puerto Rico. U.S. Geological Survey W.R.D., Miscellaneous Geologic Investigations, Map. 1-479. Penfound, W.T., 1956. Primary Production of Regular Aquatic Plants. *Limnol. & Ocean.*, Vol. 1, pp.92-101. & T.P. Earley, 1948. The...

Fawn Potted Waters. NASA Technical Memorandum Title 72721, NSTL, Mississippi. Wolverton, B.C. & R.C. McDonald, 1975a. Water Hyacinths, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, A Renewable Source Of Energy, GH Technical Memorandum, Workshop #3., NSTL, Mississippi. 1975d. Water Hyacinths And Lagoon Weeds For Removal Of Lead And Mercury From Polluted Waters, NASA Tech. Memorandum TH-Y-72723, NSTL, Mississippi, 1975c. Water Hyacinths And Lagoon Weeds For Removal Of Silver, Cobalt, and Strontium From Polluted Waters, NASA Tech. Memorandum TH-1-72727, NSTL, Mississippi. 1978a. Bioaccumulation And Detection Of Trace Levels Of Cadmium In Aquatic Systems: By *Eichhornia crassipes*, *Environ. Health Perspectives*, vol. 37, pp. 161-164. 1978. Nutritional Composition Of Water Hyacinth Grown On Domestic Sewage. *Econ. Bots* 35(4), pp. 363-370. 1979b. The Water Hyacinth: From Profuse Pest To Potential Provider, *Anteos* 8(1), pp 2-5 (Sweden). 1979. Upgrading Facultative Wastewater Lagoons With Vascular Aquatic Plants. *Jour. Water Poll. Control Fed.*, 51(2), pp 305-313. 1979c. Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Productivity And Harvesting Studies. *Econ. Bot.* 33(1), pp. 1-10. Gordon, 1975. Water Hyacinths And AEC Lagoon Weeds For Filtration of Sewage. Tech. Memorandum TH-X-72724, NSTL, Mississippi.

-161- Wooten, J. & J.D. Dodd, 1976. Growth Of Water Hyacinths In Treated Sewage Effluent. *Econ. Bots*, vol. 30, pp. 29-37.

Yop, M. 1971. Eutrophication Control By Plant Harvesting, *Water Poll. Control Fed.*, 42(5), Part II, pp. 173-183.