UNIVERSIDAD DE COSTA RICA FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOLOGIA

ESTUDIO DE LAS POBLACIONES DE Diatomeas Perifíticas (Bacillariophyceae) EN TRES RIACHUELOS NO CONTAMINADOS DE LA VERTIENTE ATLANTICA DE COSTA RICA

ESTACION BIOLOGICA LA SELVA (OET)
(10 24-26'N, 84 00-02'W)
PUERTO VIEJO DE SARAPIQUI, HEREDIA, COSTA RICA.

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADA EN BIOLOGIA

EUGENIE PHILLIPS RODRIGUEZ

ESTUDIO DE LAS POBLACIONES DE DIATOMEAS PERIFITICAS (Bacillariophyceae) EN TRES RIACHUELOS NO CONTAMINADOS DE LA VERTIENTE ATLANTICA DE COSTA RICA

esis presentada en la Escuela de Biología. Diversidad de Costa Rica.

probada.

Ronald/Domend

Dr. José A. Vargas

E.Sc. Claudia Charpentier

M.Sc. Ricardo Soto

M Sc. Carlos Villalobos

Eugenie Phillips Rodriguez

inalo bon

Director de Tesis.

Miembro del Tribunal.

Miembro del Tribunal.

Miembro del Tribunal.

Miembro del Tribunal. Director de la Escuela.

Sustentante.

A mis padres, hermanas y hermanos.

A mis amigos.

the second of the second secon

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Dr.Ronald Dormond, su guía durante el desarrollo de esta investigación, así como su apoyo constante.

La Fundación Jesse Noyes a través de la Organización para

Estudios Tropicales (OET) financió la investigación preliminar que

condujo al desarrollo de esta tesis.

Agradezco a Pia Paaby sus comentarios certeros en la revisión del primer manuscrito, así como el haber facilitado mucha de la Literatura en que se fundamenta este trabajo.

Mis amigos y compañeros de la Estación Biológica La Selva y de La Universidad de Costa Rica colaboraron en diversas formas. A todos ellos mi agradecimiento sincero.

Muy especialmente quiero agradecer a mi familia su solidaridad y apoyo incondicional durante esta y otras etapas de mi formación personal y académica.

RESUMEN

Mediante el método de colonización de sustrato artificial, se estudiaron las poblaciones de diatomeas perifíticas en tres riachuelos que atraviesan áreas poco alteradas (bosque primario, bosque secundario y pastizal) en la parte Atlántica de Costa Rica (Estación Biológica La Selva, Puerto Viejo de Sarapiquí).

Las especies dominantes fueron Navicula

Las especies dominantes fueron Navicula

Achnanthes lanceolata,

Las especies dominantes fueron Navicula

Las especies dominantes fueron Navicula

Las especies distribuidas en 20

Las especies dominantes fueron Navicula

Las especies fueron Navicula

Las especies fueron Navicula

Las especies fueron Navicula

Las especies fueron Navicula

de cada riachuelo, fue diferente (indice de litud menor al 75 %). Los puntos en los que la lación de las especies fue similar, fueron las elones de dos riachuelos en los que la velocidad de la ente fue superior a los 25 cm/s.

Las especies relativamente sésiles fueron las más con velocidad de corriente en tanto las especies móviles dominaron en el resto de estaciones.

La mayor densidad de organismos fue observada en los puntos en que la incidencia lumínica fue mayor.

Las estaciones situadas en bosque primario presentaron los indices de diversidad más altos.

INDICE

INDICE DE CUADROS

Cuadro		
1.	Características de las estaciones estudiadas	19
2.	Variables físicas y químicas medidas en las diferentes estaciones	25
3.	Lista de especies con abundancia relativa mayor al 1 % en las diferentes estaciones.	28
4.	Indice de diversidad de Shannon y Weaver (H'), y coeficiente de homogeneidad (H'/H' MAX) para cada una de las estaciones	29
5.	Especies dominantes en las estaciones estudiadas	31
6.	Densidad (células/cm²) obtenida en las estaciones analizadas	35
7.	Indice de similitud entre las estaciones muestreadas de las diferentes quebradas	36
8.	Especies (abundancia relativa mayor al 1%) presentes en las repeticiones de las estaciones estudiadas	41
9.	Indice de similitud entre las repeticiones de las estaciones estudiadas	42

INDICE DE FIGURAS

Figura

1,	Mapa de la Estación Biológica La Selva, estaciones estudiadas en las diferentes quebradas	1
2.	Sustrato artificial utilizado en el presente trabajo	2:
3.	Coeficiente de homogeneidad (H'/H'Max) observada en las estaciones estudiadas.	30
4.	Abundancia relativa (%) de <u>Achnanthes</u> <u>lanceolata</u> y <u>Cocconeis scutellum</u> , en las estaciones estudiadas	32
5.	Abundancia relativa (%) de <u>Navicula</u> <u>confervacea</u> , <u>Navicula</u> sp y <u>Eunotia</u> <u>pectinalis</u> en las estaciones estudiadas.	33
6.	Abundancia relativa (%) de <u>Amphora ovalis</u> , <u>Gyrosigma Kutzingii</u> , <u>Navicula Zanoni</u> y <u>Stauroneis crucicola</u> .	34
7.	Abundancia relativa (%) de las especies móviles, relativamente sésiles y no móviles en las estaciones estudiadas	37

INTRODUCCION

El término "perifiton" fue empleado por primera vez en 1928 por Behning (en Collins, 1978) refiriéndose a los microorganismos que crecen en las superficies de objetos puestos por el hombre en el agua. En años posteriores adquirió un sentido más amplio extendiéndose su uso a los microorganismos que crecen sobre cualquier tipo de sustrato incluyendo sustratos naturales (piedras, tallos sumergidos, etc) (Young 1955 en Weitzel, 1979). El perifiton dada su condición sésil, integra los efectos de las variables físicas y químicas a las que está sometido dando respuestas rápidas a cualquier cambio en el medio. Es por esto que sus diversos componentes son algunos de los grupos que brindan mayor información al determinar y describir las condiciones del medio acuático en que se desarrollan, por lo que son muy importantes en los estudios de calidad de aguas. (Sládečková, 1962; Collins y Weber, 1978; Tuchman y Blinn, 1979; APHA, 1981). El perifiton incluye bacterias, protozoos, rotiferos, algas y hongos (Eminson y Moss, 1980; APHA, 1981). Las diatomeas (Bacillariophyceae) constituyen el noventa porciento dentro del componente algas (McIntire F Phinney, 1965; McIntire 1968; Slinn et al , 1980; Marcus, 1980: Klotz, 1985; Shames et al. 1985) y algunos estudios les consideran como uno de los mejores indicadores de

calidad de aguas (Patrick ,1949 en Weitzel, 1979).

La metodología existente para el análisis del perifiton se divide en dos grupos: la colecta a partir de un sustrato natural y a partir de un sustrato artificial(Sládečková, 1962; Collins y Weber,1978). El sustrato artificial fue desarrollado para obtener información cuantitativamente más precisa, ya que los sustratos naturales por su superficie irregular presentan varios inconvenientes (Weitzel et al, 1979). Aunque existe controversia acerca de la fiel reproducción de las comunidades que crecen sobre sustrato natural y las que crecen sobre sustrato artificial (Patrick y Reimer, 1966, Tuchman y Blinn, 1979, Hoagland,1982 y Pringle,1985), el uso del sustrato artificial es el método preferido al cómparar dos cuerpos de agua o un cuerpo de agua en puntos diferentes (Patrick y Reimer, 1966; AFHA, 1981).

Al tratar de definir y comparar la estructura de la comunidad se han utilizado numerosos índices bióticos como un medio de resumir la información sobre la composición de especies y presentar un valor numérico que refleje las condiciones ecológicas. Los índices de diversidad de especies han sido utilizados con éxito en la descripción de las condiciones ecológicas (Archibald, 1972, Weitzel, 1979, Stevenson, 1984). Los índices de similitud, por otro lado, complementan la información desde el punto de la

composición de las especies y son sobre todo útiles al comparar diferentes localidades o en estudios a través del tiempo (Weitzel, 1979)

Los trabajos sobre diatomeas perifíticas en la región tropical son bastante limitados. Poco trabajo taxonómico o ecológico sobre este grupo se ha realizado en esta región, a excepción de algunos trabajos en India, Sumatra, Java y Malasia (Patrick y Reimer, 1966), Africa del Sur (Archibald, 1972), Ghana (Foged, 1966).

La utilización de diatomeas perifíticas en Costa Rica como grupo indicador de calidad de aguas , en regiones no alteradas por contaminación química u orgánica se limita a un estudio preliminar realizado por Paaby y Phillips (1983, manuscrito). El conocer la estructura de este tipo de comunidades en condiciones no alteradas ayuda a la comprensión de las respuestas de estos organismos ante diferentes variables ambientales que siempre habrá que considerar ,sea en ríos limpios o contaminados. Es también importante el conocimiento de las especies que se encuentran en condiciones no alteradas y así tener mejores elementos de juicio al trabajar en ríos o riachuelos contaminados.

La utilidad de este grupo de organismos como indicador de calidad de aguas , así como los pocos estudios realizados con esta comunidad en Costa Rica, motivó el presente trabajo, cuyo objetivo general es la descripción

La comunidad de diatomeas (Bacillariophyceae) en áreas contaminadas, mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de este grupo en diferentes ambientes (bosque primario, secundario y pastizal), así como la búsqueda de la relación de la estructura de esta comunidad con algunas de las características físicas y químicas de los diferentes riachuelos.

married and the state of the second state of t

WISION BIBLIOGRAFICA

FERIFITON

<u>Definición</u>

Este término fue empleado por primera vez por biólogos risos (Behning,1928 en Collins, 1978), refiriéndose, en un sentido descriptivo, a los microorganismos que crecen en las superficies de objetos puestos por el hombre en el agua(Sládečková,1962;Collins y Weber,1978; Weitzel,1979). En años posteriores el término adquirió un sentido más amplio y en 1945 Young define al perifiton como un grupo de organismos que crecen sobre superficies de objetos sumergidos en el agua y usualmente encontrados adheridos a las superficies de plantas, madera, piedras, etc. (Young,1945 en Weitzel,1979).

Además del término perifiton, hay una amplia terminología para referirse a todas las posibilidades de comunidades creciendo sobre diferentes tipos de sustratos (por ejemplo , epilítico, epifítico, epizooico). El término "aufwuchs", de origen alemán, se usó inicialmente para describir los organismos que crecen sobre un sustrato o que están adheridos a él, sin penetrarlo (Ruttner, 1953 en Sládecková, 1962).

Componentes del Perifiton

Dentro de la comunidad perifítica se incluyen bacterias, protozoos, rotíferos, algas (APHA,1981) y bongos (Eminson y Moss,1980). Dentro de estos componentes las diatomeas (Bacillariophyceae) integran el 80% o más de la comunidad de algas (Klotz,1985,Shames et al,1985,Summer McIntire, 1982; Blinn et al,1980a; McIntire 1968; McIntire y Phinney,1965; Marcus,1980).

La comunidad perifítica como indicadora de calidad de aguas

Algunos organismos sésiles fueron incluidos en la lista de indicadores biológicos de contaminación de aguas hecha por Kolkwitz y Marsson (1908, en Sládečková,1962). Desde entonces, se han hecho muchos intentos para tratar de asignar especies a una clase dada de contaminación.

Patrick (1973) notó que las especies cambiaban en el transcurso del tiempo sin que hubiera cambios en la calidad del agua y que los cambios ocurridos en la estructura de la comunidad eran debidos a condiciones ambientales. En 1949, Patrick estableció que en quebradas no contaminadas, la flora de algas estaba representada por gran número de especies la mayoría de las cuales tenían poblaciones pequeñas(Patrick, 1973). El efecto de la contaminación fue el de reducir el número de especies, causando grandes

cambios en los tamaños de las poblaciones, llegando a ser algunas especies muy abundantes.

El perifiton presenta muchas ventajas como indicador de calidad de aguas. Entre ellas están el permanecer fijo a un sustrato, estando sus componentes bajo la influencia de las variables ambientales, y respondiendo a cualquier cambio en las condiciones físicas y químicas del agua (Patrick, 1973). La medición de los cambios en la productividad del perifiton y el cambio en la estructura de la comunidad se usan rutinariamente para determinar y describir las condiciones ambientales existentes (Weitzel et al, 1979).

Para poder interpretar los datos biológicos relacionados con la calidad de aguas, se han desarrollado varios métodos que incluyen desde el uso del sistema saprobionte (Kolkwitz y Marsson ,1908 en Margalef, 1983) hasta más recientemente la utilización de índices de diversidad como una medida de la calidad de las aguas. Archibald (1972) demostró, al comparar varios índices de diversidad, que existía una corrrelación significativa entre los diversos índices ,por lo que cualquiera de estos daría una medida similar de la diversidad.

Un problema asociado con la utilización aislada de los índices de diversidad es que comunidades totalmente diferentes en tamaño y con distribución de especies similares, pueden tener el mismo valor numérico de diversidad de especies (Weitzel,1979). En los estudios de calidad de aguas en que se requiere investigar los cambios en la dominancia de las especies, los índices de similitud, son utilizados a través de la comparación de las asociaciones de especies entre localidades (Tuchman y Blinn, 1979; Weitzel, 1979)

Métodos de muestreo

Debido a las dificultades al realizar análisis cuantitativos, la mayoría de los estudios sobre perifiton son cualitativos, con énfasis en estudios taxonómicos, ecológicos, de productividad o problemas de hidrobiología aplicada (Sládečková, 1962).

La utilización de diatomeas perifíticas en hidrobiología como indicadores de calidad de aguas han conducido al desarrollo de dos sistemas básicos. El primero es el de la observación y análisis de comunidades naturales: por cambios en la composición de las especies y en la estructura de la comunidad se puede estimar el efecto de un contaminante. El otro sistema es el de aislar especies en cultivos bajo condiciones controladas en

laboratorio. Este último sistema es valioso cuando se determinan cambios morfológicos o fisiológicos debido a diferentes concentraciones de agentes físicos o químicos, pero puede no ser representativo del comportamiento de una especie en su ambiente, donde está sujeta a combinaciones de "stress" o de factores estimulantes (Patrick, 1973).

Los métodos cuantitativos, a pesar de ser más laboriosos y lentos, son los mejores ya que expresan no sólo el número total de individuos sino también la participación de cada especie dentro de la comunidad.

El perifiton se puede recolectar directamente de los diferentes tipos de sustrato natural(piedras hojas, troncos) sin embargo, los muestreos cuantitativos son variables ya que los sustratos presentan diferente textura, rugosidad y for su superficie irregular son difíciles de cuantificar (Weitzel et al., 1979).

Para reducir las variaciones existentes en los muestreos de sustratos naturales y para tener información cuantitativa más precisa se desarrolló el sustrato artificial (Weitzel,1979; Collins y Weber, 1978; Sládečková 1962). Los tipos de sustrato artificial varían desde sustratos de origen natural modificados, hasta diversos materiales artificiales (vidrio, plástico, acrílico),

siendo el más utilizado el vidrio (Sládecková, 1962; APHA, 1981; Collins y Weber, 1978)

La fidelidad con que los sustratos artificiales reproducen a las comunidades que crecen sobre sustratos naturales ha sido discutida por muchos autores. Patrick et al (1954, en Patrick 1973) demostraron que al menos el 30% de la comunidad que encontraron colonizando sustrato artificial era la misma encontrada en los sustratos naturales. Sin embargo otros autores demostraron que esa similitud no existe para otras comunidades (Tuchman y Blinn, 1979; Hoagland, 1982; Pringle, 1985a). Al comparar las comunidades de diatomeas en sustrato artificial, sustrato natural y sustrato natural modificado(en la construcción de tubos de quironómidos) Pringle (1985a) encontró comunidades significativamente diferentes entre los sustratos naturales (modificados y no modificados) y los sustratos artificiales.

Colonización del sustrato

Inicialmente el sustrato se cubre por una película de materia orgánica, bacterias y hongos (Korte y Blinn, 1983). Hoagland et al (1982), sugieren que esta capa bacteriana promueve la colonización secundaria por estátrofos ,facilitando el crecimiento de la comunidad y estadando a la fijación de los autótrofos al sustrato ya que

promueve sitios para la fijación y aporta nutrientes. Sin embargo, los trabajos de otros autores sugieren que esta capa bacteriana no es un prerequisito para la colonización por diatomeas (Paul et al, 1977 en Hoagland et al, 1982).

Esta película orgánica podría proveer una superficie de adherencia más uniforme para los autótrofos, reduciendo de esta manera cualquier preferencia selectiva ocasionada por el tipo de sustrato (Blinn et al ,1980b). El segundo paso en la colonización del sustrato es dado por las diatomeas, cuyas poblaciones aumentan gradualmente en complejidad. El último y tercer evento según Hoagland et al (1982) es la aparición de diatomeas con estructuras de fijación elongadas y algas verdes filamentosas que sobresalen del sustrato ya formado por los primeros colonizadores, asemejando la sucesión terrestre. El grado en que se desarrolle esta comunidad está influenciado por las condiciones físicas y químicas prevalecientes.

Variables físicas y químicas que influencian el desarrollo de la comunidad de diatomeas:

Velocidad de la corriente:

En corrientes con velocidades muy altas, hay formas que son incapaces de desarrollarse o simplemente de colonizar el sustrato. En estos casos solo las formas que se fijan por masas gelatinosas o mediante pedicelos son capaces de sobrevivir. En corrientes rápidas es muy

pella y Gomphonema (Patrick y Reimer, 1966). La velocidad mente afecta la disponibilidad de nutrientes y oxígeno.

La luz determina en gran parte los estratos de la sectura de la comunidad, ubicándose las especies en las diciones que requieren. Esto de acuerdo a su capacidad movimiento (arrafídeas, birrafídeas, monorrafídeas), diegle,1985b). Para algunas especies la velocidad de reducción está también dada por la intensidad lumínica. Esten especies (por ejemplo, Amphora ovalis, Nitzchia moidea) cuyo crecimiento más rápido se da en mensidades de luz bajas, y tienen el crecimiento más lento intensidades altas de luz (Baars,1983). Sin embargo especies (por ejemplo, Nitzchia linearis) son malmente abundantes en condiciones de sombra o de luz sumer y McIntire,1982).

Turbidez:

La turbidez además del efecto directo sobre la cantidad de luz que llega a las células, tiene un efecto aportante cuando la cantidad de sedimentos acarreados es alta, ya que un exceso en estos, erosiona a la comunidad asistente.

La acidez del agua es también un factor importante el desarrollo de las diatomeas y aunque su ámbito de Merancia es bastante amplio, siempre se orientan a desarrollo de las diatomeas y aunque su ámbito de Merancia es bastante amplio, siempre se orientan a desarrollo de las diatomeas y aunque su ámbito de Merancia es bastante amplio, siempre se orientan a desarrollo de las diatomeas y aunque su ámbito de las diatomeas y aun

meratura:

La temperatura afecta directamente el crecimiento de comunidad, en el caso de individuos estenotermos, e directamente afecta la solubilidad de las sales y la dividad bacteriana. En general, la distribución de decesa está más relacionada con las condiciones químicas agua y con la temperatura, que con la altitud (Patrick Deiner, 1966).

wientes:

Las concentraciones de nutrientes en el agua son stores importantes en el metabolismo de las diatomeas y meminan en gran medida la flora existente en los serentes ambientes. El fósforo y el nitrógeno tienen sicular relevancia para la comunidad de algas. La contración de fósforo en el agua está controlada por los sentos a través de los procesos de adsorción y misorción. Este fósforo es liberado de los sedimentos en encia de bacterias y algunas algas (Klotz ,1985). The y Kalff (1984) propusieron un modelo para la toma fósforo por bacterias y algas. Según este modelo el mioplancton está limitado por la fuente de carbón de la excreción de las algas. El crecimiento

las algas que usualmente está limitado por el fósforo, depende inversamente de la liberación del fósforo por las lacterias.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Fairchild et.al. (1985), algunas especies (por ejemplo, Achnanthes minutissima Kutz; Gomphonema tenellum Kutz, Cocconeis placentula Ehr) aumentan su biovolumen cuando se añade N, en tanto otras especies aumentan su crecimiento con P sin mostrar ninguna respuesta ante las adiciones de N. Dentro de estas últimas especies ellos citan a Epithemia y Ehopalodia. Esta última posee cianobacterias endosimbiontes que fijan el nitrógeno y se cree que Epithemia posee algún mecanismo similar. El crecimiento de otras especies como Gomphonema y Achnanthes fue inhibido con concentraciones altas de fósforo

MOVILIDAD EN DIATOMEAS

Un aspecto importante en la biología de las diatomeas es la capacidad de movimiento que le confiere a algunas especies la presencia del rafe. Se ha sugerido que este movimiento es a través del flujo del citoplasma en el rafe (Bold y Wynne, 1978). La movilidad les brinda una serie de ventajas a las diatomeas. En condiciones de alta velocidad de la corriente, el mayor crecimiento es por desplazamiento horizontal oponiéndose de esta forma menor resistencia a la corriente. El grado de movilidad puede

stadios del desarrollo de la comunidad (Pringle, 1985b).

La movilidad puede también afectar la capacidad en la toma nutrientes: las especies móviles tienen la habilidad de teverse libremente entre las partículas de sedimento, localizándose en las aguas intersticiales, que a menudo son micas en nutrientes y materia orgánica disuelta (Pringle, 1985b).

MATERIALES Y METODOS

ocalización del sitio de estudio

Este trabajo fue realizado en la Estación Biológica La Selva, Puerto Viejo de Sarapiquí, Costa Rica (10 24-26'N, 84 00-02'W). la cual es recorrida por tres machuelos principales: la Quebrada El Salto, la Quebrada El Saltito y la Quebrada Surá (Fig.1). Las nacientes de Las Quebradas El Salto y Surá están dentro del Parque Sacional Braulio Carrillo. La Quebrada El Saltito nace dentro de los límites de la propiedad de la Estación.

La escogencia del sitio donde se realizó este proyecto fue motivada por los diferentes tipos de cobertura regetal por la que atraviesan estas quebradas lo que permitiría un análisis comparativo de las poblaciones de diatomeas perifíticas, en zonas inalteradas (bosque primario) y zonas alteradas (pastizal) o en vías de recuperación (bosque secundario). La existencia de información básica sobre aspectos físicos, químicos y biológicos de estos riachuelos (Stout 1979; Paaby y Phillips, 1983; Burcham, 1985; Vaux et.al., 1985; Pringle et.al., 1986) fue un elemento complementario que apoyó la selección hecha.

El análisis de la comunidad de diatomeas (Bacillariophyceae) se hizo en las quebradas El Surá, El Salto y El Saltito. La Quebrada El Surá recorre partes de Figura 1 . Mapa de la Estación Biológica La Selva. Estaciones estudiadas en las diferentes quebradas. BS=Bosque Secundario; BP=Bosque Primario; PA=Pastizal

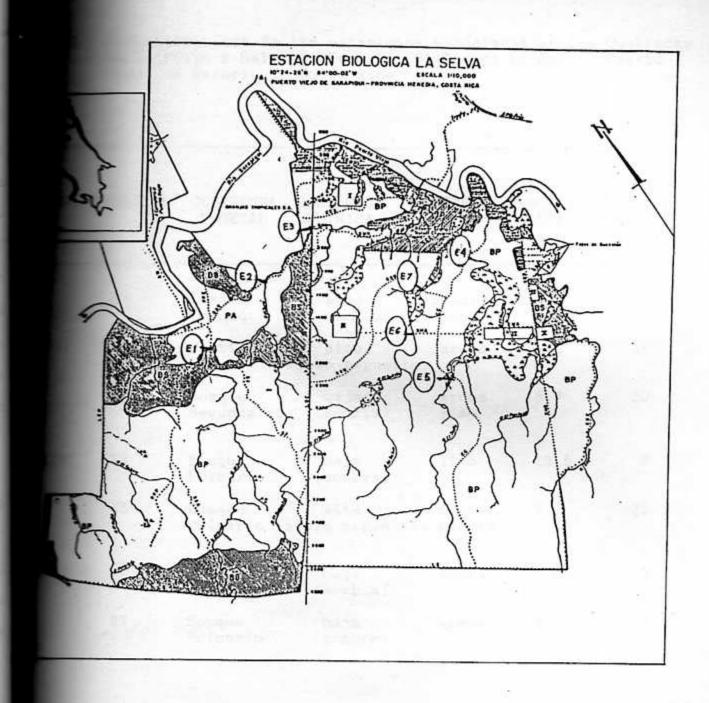
The perfection TX and there are not a

primario, bosque secundario y pastizal. Los puntos cidos para el análisis de la comunidad en esta quebrada 1) fueron la estación E1 que se encuentra en bosque ciário, la estación E2 ubicada en pastizal, y la ción E3 que se encuentra en bosque secundario. La ción E3 que se encuentra en bosque secundario. La ción E3 que se encuentra en dos estaciones, la E4 y E5, ambas en bosque primario. La E4 estuvo localizada como de que la Quebrada atraviesa un área pantanosa. La ción E1 Saltito se estudió en las estaciones E6 y E7, como de primario. Algunas características de las ciones en las diferentes quebradas se presentan en el ción 1.

Este estudio se realizó en los meses de Abril y Mayo el 1985.

Para el análisis de la comunidad de diatomeas se metalizó el método de colonización mediante sustrato elficial (Sládečková, 1962; Collins y Weber, 1978; metalicial (Sládečková, 1962; Collins y Weber, 1978; metalicial).

Se utilizaron láminas de plástico acrílico como mustrato artificial (experiencias anteriores al utilizar mustrato de vidrio en este tipo de quebradas, demostraron necesidad de utilizar un material más resistente). Estas líminas median 100 cm², y estaban sostenidas mediante un de aluminio y suspendidas en el agua por medio de muscos de estereofón (Fig. 2).



1. Características de las estaciones estudiadas en las Quebradas Surá, Salto y Saltito. Estación Biológica La Selva, Puerto Viejo de Sarapiquí, Costa Rica.

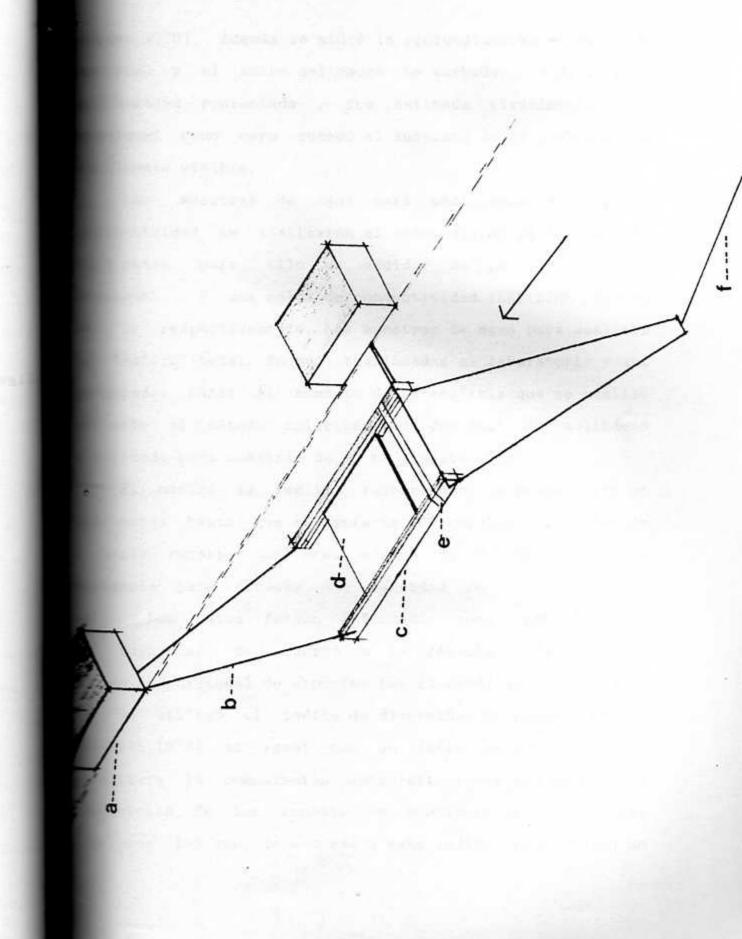
ADA	ESTACION	COBERTURA VEGETAL	CONDICION LUMINICA	SUSTRATO	ANCHO CAUCE (m)	VELOCIDAD CORRIENTE (cm/s)
В	E1	Bosque Secundario	baja (sombra)	piedra arena	4.6	15
	E2	Pastizal (:	alta sitio expuesto	arena	3.6	16
	E3	Bosque Secundario	baja (sombra)	arena limo	8.7	30
ET0	E4	Bosque Primario	baja (sombra)	limo	13.5	7
	E5	Bosque Primario (:	alta sitio expuesto	arena) piedra	8.7	29
MATTITO) E6	Bosque Primario	baja (sombra)	arena	2.3	10
	E7	Bosque Primario	baja (sombra)	arena	4.7	16

Tres sustratos se sumergieron en cada una de las eciones . El tiempo de colonización fue de 14 a 15 días Intire ,1968; Patrick,1948; Patrick y Reimer, 1966,1975; MA,1981). Terminado el período de colonización, las liminas de acrílico fueron cuidadosamente retiradas de los soportes y trasladadas al laboratorio en bolsas plásticas. Allí se procedió a rasparlas utilizando una navajilla y un agitador con cabeza de hule, de manera que todo el material adherido fuera removido del sustrato. Esta suspensión fue llevada a un volúmen fijo y una submuestra fue tratada mediante el método de digestión de materia orgánica descrito por la APHA(1981). Un mililitro de la suspensión de las frústulas de diatomeas se colocó en un cubreobjetos y se dejó secar para el montaje final sobre Permount* en un portaobjetos. Con las láminas fijas preparadas, se procedió al análisis cualitativo y cuantitativo de la comunidad.

El análisis taxonómico se hizo con la ayuda de varias claves (Hohn y Hellerman ,1963; Foged,1966, Patrick y Beimer, 1966, 1975; Weber, 1971; Lawson y Rushfosth,1975) y la identificación se llevó hasta el nivel de especie. En los casos en que no se pudo identificar al nivel de especie o género, fue asignado un código, que hiciera posible su agrupación e inclusión en el análisis cuantitativo.

Durante el período de colonización se midió la velocidad de la corriente utilizando un objeto flotante

Agura 2 . Sustrato artificial utilizado en el presente trabajo.
a=estereofón, b=alambre, c=marcos aluminio, d= lámina de
plástico acrílico, e=bandas de hule , f=hilo de pesca.



mes,1970). Además se midió la profundidad en el punto de estreo y el ancho del cauce. La turbidez, dada la poca efundidad presentada, fue estimada visualmente y se estimado como cero cuando el sustrato de la quebrada era feilmente visible.

Las muestras de agua para mediciones de pH y maductividad se analizaron el mismo día en el laboratorio cilizando para ello un medidor de pH (701 A/Orion mearch) y una celda de conductividad (LAB-LINE /Lectro), respectivamente. Las muestras de agua para análisis fósforo total fueron trasladadas al laboratorio y ahí mageladas hasta el momento de su análisis que se realizó ediante el método colorimétrico de azul de molibdeno edificado para muestras de 10 mL (Fujita, 1969).

El conteo se realizó recorriendo la preparación en mensectos hasta que se contaran 300 células por estación hasta recorrer un área máxima de 0.5798 cm² (área mesaria para obtener una densidad de una célula por los datos fueron informados como individuos por densidad) de acuerdo a la fórmula dada para el mesteo proporcional de especies por la APHA(1981).

Se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weaver Serritt.1973) al igual que un índice de similitud que emitiera la comparación entre estaciones con base en la emposición de las especies. Se consideraron comunidades unilares las que, de acuerdo a este índice, presentaron un

mlor superior a 0.75 (Tuchman y Blinn, 1979).

ara analizar las diferencias entre las diversidades, se plicó t de Student a las variancias de los estimados de la Eversidad (Poole, 1974).

Para el análisis de la densidad total se utilizó la grueba de distancia mínima significativa (Little y Hills, 1378). Las especies con frecuencias superiores al 1 % fueron agrupadas de acuerdo a la característica de sevilidad y clasificadas en tres grupos: móviles (birrafídeas), relativamente sésiles (monorrafídeas) y no móviles (incluyendo esta categoría tanto monorrafídeas como agrafídeas) (Pringle, 1985b).

Para determinar si las diferencias físicas y químicas entre quebradas eran significativas , se realizó un málisis de variancia (Daniel, 1979).

SULTADOS

pectos físicos y químicos:

Las variables físicas y químicas medidas se muestran el cuadro 2.

BERADA SURA

La velocidad de la corriente en esta quebrada fue inilar en las estaciones E1 y E2. La E3 presentó la elocidad más alta siendo esta diferente en forma inificativa (P<0.01) de las otras estaciones.

Los valores de conductividad fueron considerablemente de bajos en la E1, siendo estos significativamente deferentes a los obtenidos en las estaciones E2 y E3 que devieron conductividades similares entre si (P>0.01).

El pH fue significativamente diferente entre las tres estaciones (P<0.01)

Las concentraciones de fósforo total fueron menores en La El.

EBRADA EL SALTO

La velocidad de la corriente en esta Quebrada fue diferente (P<0.01) en las dos estaciones estudiadas (E4 y

La conductividad fue similar en ambas estaciones (200.01).

El pH en ambas estaciones fue significativamente diferente (P<0.01).

2 .Variables físicas y químicas medidas en las diferentes estaciones de las Quebradas Surá, El Salto y El Saltito. Estación Biológica La Selva. Costa Rica.

ESTACION	TEMP C°	VELOC (cm/s)	рН	COND (umhos/cm)	Pt (ppm)
E1	24.0-24.0 (24.0+0.0)	10.0-18.1 (15+ 4.4)	5.5-6.5 (5.74)	19.0-22.0 (20.5+1.2)	0.01-0.01
E2	24.5-25.0 (24.7+0.3)	12.0-21.0 (16+4.6)	6.7-7.0 (6.87)	158.0-200 (182+18.3)	0.16-0.21
E3		26.2-35.0 (30.4+4.4)		158.0-190 (177+14.6)	0.19-0.2
E4	24.5-25.0 (24.8+0.3)	6.0-8.0 (6.9+1.0)	7.3-7.7 (7.48)	160.0-310 (267.8+61)	0.19-0.2
E5		25.7-32.3 (28.6+3.1)		130.0-280 (240.8+62)	0.13-0.14
E6		7.5-14.3 (10.5+2.8)		90.0-190 (165.8+43)	0.11-0.12
E7		9.3-30.0 (16.4+9.3)		90.0-195 (165.8+43)	0.19-0.2

Las concentraciones de fósforo total para esta mebrada fueron mayores en la E4

EBRADA EL SALTITO

Las dos estaciones de esta quebrada presentaron condiciones similares (P>0.01) para velocidad, pH y conductividad.

La E7 presentó la mayor concentración de fósforo.

La temperatura del agua durante el período de mestreo fue similar en todas las estaciones de las tres quebradas (P>0.001). La turbidez en todas las estaciones fue siempre de cero.

Las velocidades de corriente más bajas las presentaron las estaciones E1, E2, E4, E6 y E7. Las estaciones E3 y E5 se caracterizaron por tener velocidades superiores a los 25 cm/s.

La El presentó los valores de conductividad más bajos de todas las estaciones y las estaciones E4 y E5 de la Quebrada El Salto los más altos. Las concentraciones de fósforo más altas las presentaron las estaciones E4 y E7.

Estructura de la comunidad:

Un total de 110 especies distribuidas en 20 géneros se Ldentificaron en todas las estaciones .

Las especies con frecuencias relativas mayores al 1% por estación se presentan en el cuadro 3. El cuadro

- 4 resume el número de especies, el índice de diversidad y coeficiente de homogeneidad para todas las estaciones.
- la figura 3 se grafica el coeficiente de homogeneidad.
- especies dominantes (abundancias relativas mayores al 5 se presentan en el cuadro 5. Los cambios en la
- bundancia relativa de las especies con una abundancia elativa mayor al 10%, en las diferentes estaciones, se sestran en las figuras 4 a 6.

El cuadro 8 presenta las especies con frecuencias elativas mayores al 1% que se encontraron en las eseticiones dentro de cada estación

sebrada Surá:

En esta quebrada se identificaron un total de 65 species en las tres estaciones estudiadas. Estas resentaron diversidades similares entre si (P>0.05). La 2 presentó el menor número de especies.

Las especies dominantes (cuadro 5) constituyeron entre 80 y 90 % de la abundancia total. Las especies chanthes lanceolata, Cocconeis scutellum, Eunotia ectinalis, Navicula sp (Ac) y Navicula confervacea, resentaron abundancias relativas mayores al 10 %.

La E2 presentó la densidad más alta de las tres estaciones de esta quebrada (cuadro 6)

Al realizarse la agrupación de las especies de acuerdo a característica de movilidad (fig. 7), observamos que las

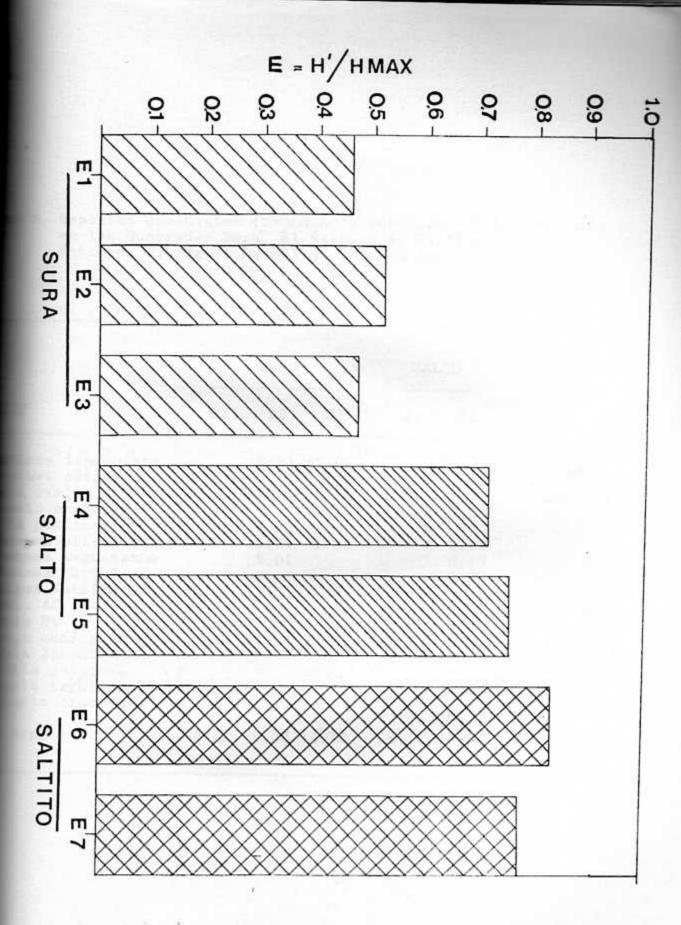
 Lista de las especies que presentaron abundancia relativa mayor al 1 % en las estaciones de las Quebradas Surá, El Salto y El Saltito. Estación Biológica La Selva.

		SURA		SA	SA	SALTITO		
IE AND THE RESERVE	Ē1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
othes 33		Buelestico		0.08		1.40	0.13	
thes lanceolata	0.46	6.51	47.64		28.05	4.62		
athes exigua				1.06		4.28	6.01	
athes AS			0.03	0.26	4.92	0.79	2.48	
pleura sp	0.43			3.29		3.18	2.37	
ra ovalis	0.11		0.05		1.65	5.02	6.49	
seis diminuta			0.31	0.18		0.72		
meis scutellum	0.30	4.88			10.86	2.59		
meis placentula		1.00	0.28		1.46		0.35	
pleura solea	1.05		0.00		2	1.16		
ceis sp	1.00			0.08		1.59		
a pectinalis	7 65	14.13	4.51	5.54		4.32		
Lia vulgaris		0.42	0.08		2.20	0.35		
ccema	0.50			0.97	8.17	1.97		
mema angustatum	0.50	5.01		0.98		0.35		
cema parvulum	0.16		0.48		10.46	0.17		
an D	0.10	1.20	0.40	0.50	3.03	0.29		
onema sp B	0.73			0 65	0.56	3.40		
igna Kutzingii La AC	39.11		0.83	6.46		16.31		
ala BT	33.11	0.41	0.26	4.79		1.28		
	0.40	0 00		0.26		0.76		
ala bacillum		2.08		6.85	5.16	5.10		
la confervacea		58.64		6.00		2.16		
ala radiosa		0.21	1.58	0.00	0.86			
ala Zanoni	0.55		0.71	6.06	0.02	4.45		
mia dissipata	1.63		0.06			0.26		
dia paradoxa	0.11		0.15	0.79		2.85	5.70	
la parvula					1.10			
mia tryblionella			0.03	4.11	0.01	7.41		
laria gibba	0.11		8 55	1.97	0.000		1.98	
meis crucicola	0.16		0.05	0.18	0.28		12.04	
reis 40	0.09					2.35	0.20	
alla robusta	0.34			0.89		1.45	1.38	
m ulna	0.23		0.80	1.33	1.37	3.51		
nce musica	0.34	0.10				1.97	0.62	
Barbara Maria Maria						1.17		
	0.30		0.20		4.69			
			0.43	0.17		2.61	0.35	

4. Indice de Diversidad de Shannon y Weaver (H'), Diversidad máxima (H'Max) y Coeficiente de homogeneidad (H'/H'Max), para las Quebradas Surá, Salto y Saltito.

	SURA		SAL	SALTITO				
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7		
45	17	41	59	33	61	61		
1.7571	1.4669	1.7649	2.8483	2.5305	3.3656	3.1599		
3.8066	2.8332	3.7135	4.0775	3.4965	4.1109	4.1109		
0.4616	0.5178	0.4753	0.6985	0.7237	0.8187	0.7687		
	45 1.7571 3.8066	E1 E2 45 17 1.7571 1.4669 3.8066 2.8332	E1 E2 E3 45 17 41 1.7571 1.4669 1.7649 3.8066 2.8332 3.7135	E1 E2 E3 E4 45 17 41 59 1.7571 1.4669 1.7649 2.8483 3.8066 2.8332 3.7135 4.0775	E1 E2 E3 E4 E5 45 17 41 59 33 1.7571 1.4669 1.7649 2.8483 2.5305 3.8066 2.8332 3.7135 4.0775 3.4965	E1 E2 E3 E4 E5 E6 45 17 41 59 33 61 1.7571 1.4669 1.7649 2.8483 2.5305 3.3656 3.8066 2.8332 3.7135 4.0775 3.4965 4.1109		

3. Coeficiente de homogeneidad (H'/HMax) observado en las estaciones estudiadas de las Quebradas Surá, Salto y Saltito. Estación Biológica La Selva.



5. Especies dominantes (abundancia relativa > 5 %) presentes en las Quebradas Sura, El Salto y el Saltito. Estación Biológica La Selva, Costa Rica.

		SURA		SA	LTO	SALTITO		
DIE	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
anthes lanceolata		6.51	47.64		28.05	- 1	-last	
anthes exigua				1.06		4.28	6.03	
ora ovalis				10.48			6.49	
cheis scutellum			20.09	23.01	10.86			
tia pectinalis				5.54				
Lonema olivaceum			5.22		8.17			
sonema angustatum		5.01			6.40			
onema parvulum					10.46			
igma Kutzingii				9.65				
ula AC	39.11				5.98	15.79	5.82	
tula Bt		202 1 200	THE STATE OF THE STATE OF	4.79			8.58	
ula confervacea	37.62	58.64	12.28		5.16	5.10	5.08	
ula Zanoni				6.08			9.29	
chia paradoxa							5.70	
chia tryblionella						7.41		
moneis crucicola							12.04	
especies	15.62	9.87	14.78	26.10	24.92	62.40	40.97	

Abundancia relativa (1/0)

Elgura 4 . Abundancia relativa (%) de las especies <u>Achnanthes</u> <u>lanceolata</u> (Al), <u>Cocconeis scutellum</u> (Cs), en las estaciones estudiadas de las Quebradas Surá, Salto y Saltito. Estación Biológica La Selva.

Abundancia relativa (0/o)

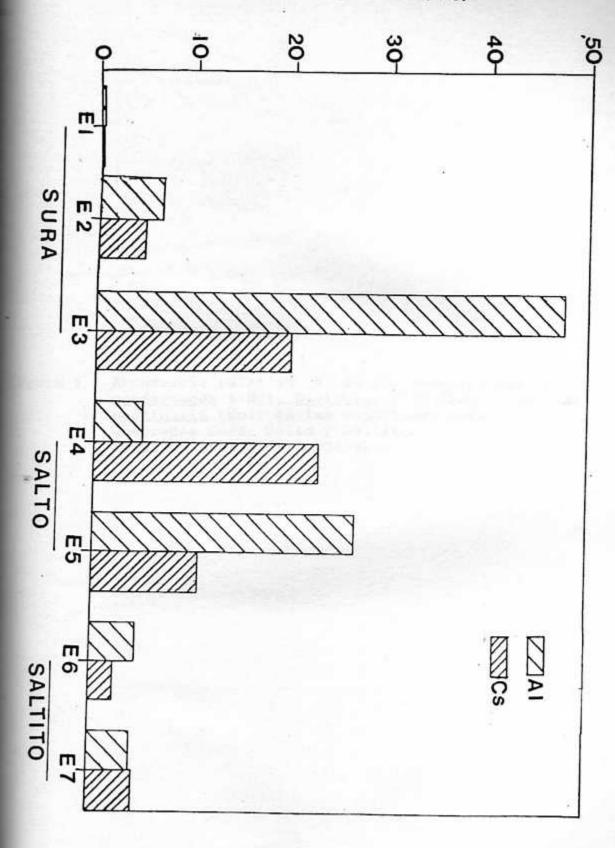
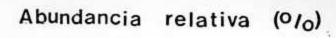
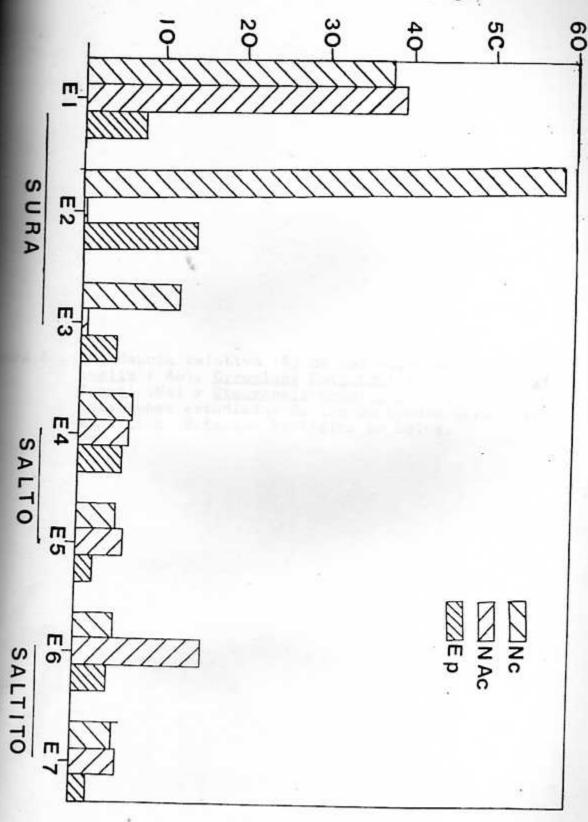


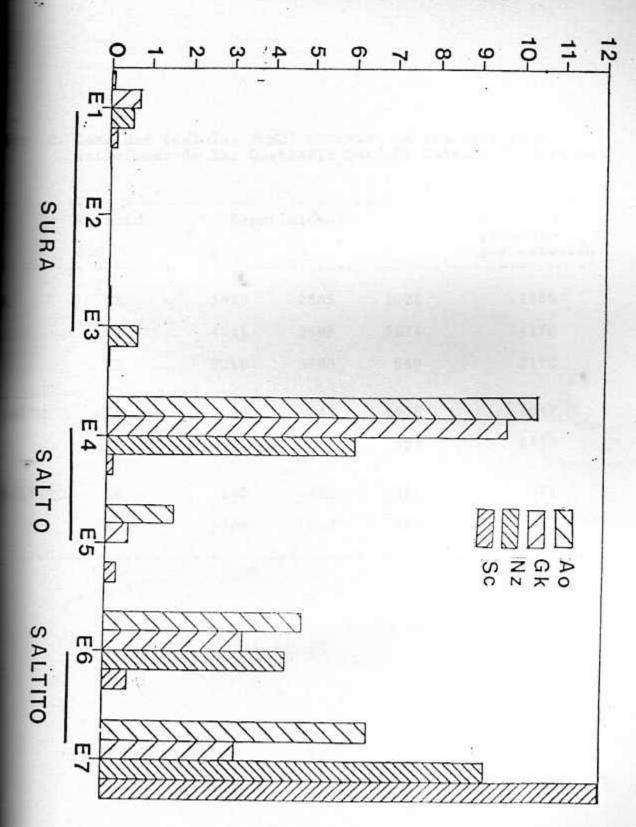
Figura 5 . Abundancia relativa (%) de las especies <u>Navicula</u>
<u>confervacea</u> (Nc), <u>Navicula</u> sp AC (NAc) y <u>Eunotia</u>
<u>pectinalis</u> (Ep), en las estaciones estudiadas de las
Quebradas Surá, Salto y Saltito.
Estación Biológica La Selva.





Abundancia telative (%)

Figura 6 . Abundancia relativa (%) de las especies Amphora ovalis (Ao), Gyrosigma Kutzingii (Gk), Navicula Zanoni (Nz) y Stauroneis crucicola (Sc) en las estaciones estudiadas de las Quebradas Surá, Salto y Saltito. Estación Biológica La Selva.



dro 6. Densidad (células /cm2) obtenida en las diferentes estaciones de las Quebradas Surá, El Salto y El Saltito.

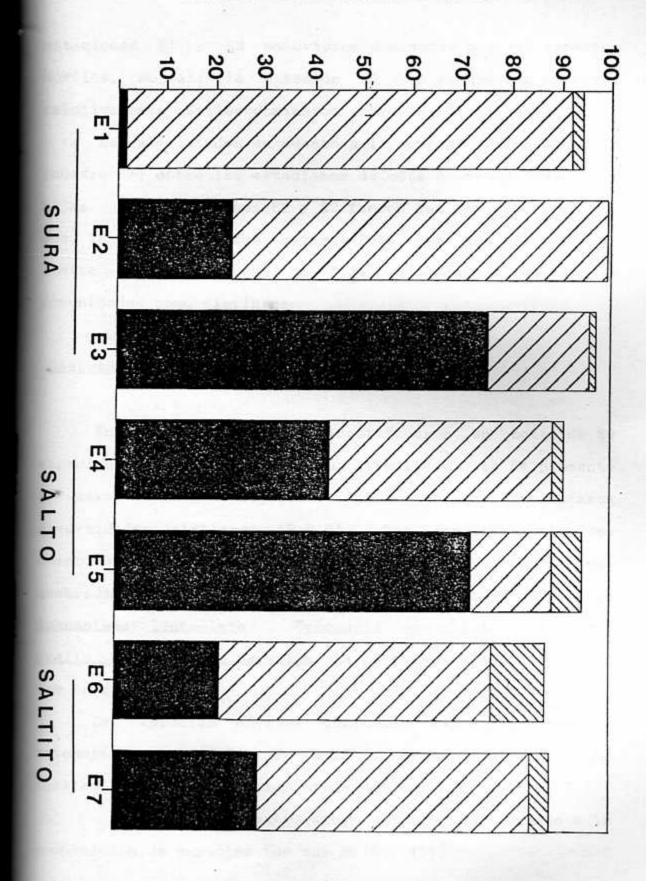
Provides Sira, 2) Tenso, al Tornio En conta bisistina Policeles, incopent, Designate

	Estación	Repe	ticiones		Densidad
		A	В	С	promedio por estación
	E1	1988	2585	1022	1865
	E2	4741	3895	3874	4170
	E3	2016	3860	640	2172
SALTO	E4	1689	1544	2908	2047
	E5	18907		392	6433
SALTITO	E6	149	422	551	374
	E7	2368	1218	469	1352

7. Indice de Similitud entre las estaciones muestreadas de las Quebradas Surá, El Salto y El Saltito. Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.

E1		E2	E3	E4	E5	E6	E7
	1	0.6941	0.1909	0.3458	0.246	0.681	0.3454
		1	0.373	0.3426	0.3059	0.1297	0.2666
			1	0.5068	0.888	0.318	0.3068
					0.4309	0.5857	0.5842
					1	0.4309	0.6351
*						1	0.3393

Figura 7 . Abundancia relativa (%) de las especies móviles (M), relativamente sésiles (Rs) y no móviles (Nm) en las estaciones estudiadas de las Quebradas Surá, Salto y Saltito. Estación Biológica La Selva.



estaciones E1 y E2 estuvieron dominadas por las especies móviles, no así la estación E3, en la que las especies relativamente sésiles dominaron sobre las otras categorias.

Las similitudes en cuanto a la composición de especies (cuadro 7) entre las estaciones de esta quebrada fueron muy bajas. Las estaciones E1 y E2 fueron las estaciones en las que la similitud fué mayor (69%), pero sin acercarse al límite del 75% que se fijó para considerar a dos comunidades como similares.

Quebrada El Salto :

En esta quebrada se identificaron un total de 69 especies en las dos estaciones estudiadas. La E4 presentó el mayor número de especies. Ambas estaciones presentaron diversidades similares (P>0.05). Las especies dominantes constituyeron el 75 % de la abundancia total. En esta quebrada las principales especies dominantes fueron Achnanthes lanceolata, Cocconeis scutellum, Amphora ovalis y Gomphonema parvulum. La E5 presentó mayor densidad que la E4.

Las especies móviles dominaron sobre las otras dos categorías en la E4. En la E5 las especies relativamente sésiles dominaron sobre las otras dos categorías (fig. 7).

La similitud entre ambas estaciones en cuanto a la composición de especies fue muy baja (43%)

Quebrada El Saltito:

En esta quebrada se obtuvo el mayor número de especies (82). Ambas estaciones presentaron el mismo número de especies, sin embargo solo 40 de estas fueron comunes para las dos estaciones. Ambas estaciones presentaron diversidades similares entre sí (P>0.05).

Las especies dominantes aportaron entre 40 y 60 % de la abundancia total. Las principales especies dominantes en esta quebrada fueron Navicula Ac, y Stauroneis crucicola.

Esta quebrada se caracterizó por presentar la menor densidad de las quebradas estudiadas, especialmente la E6.

Las especies móviles dominaron sobre las otras dos categorías en ambas estaciones (fig.7).

La similitud entre ambas estaciones en cuanto a la composición de especies fué baja (63%).

Resumiendo, las diversidades más bajas fueron encontradas en las estaciones de la Quebrada Surá. Los indices de diversidad más altos se encontraron en la Quebrada El Saltito (cuadro 4, fig 3). Al comparar las diversidades entre estaciones de quebradas diferentes, todas a excepción de las estaciones E4 de la quebrada El Salto y E7 de El Saltito, presentaron diversidades significativamente diferentes entre sí (P<0.05)

Las densidades promedio obtenidas en este estudio (cuadro 5) variaron desde las 374 células por centímetro cuadrado obtenidas en la E6 de la Quebrada EL Saltito hasta las 6433 células por centímetro cuadrado de la E5 de la

Quebrada El Salto. De acuerdo a la prueba de distancia minima, existen dos grupos en los que los promedios no son significativamente diferentes (P>0.05). Uno de estos grupos estaría compuesto por las estaciones E5 y E2, y el otro por todas las estaciones exceptuando la E5.

Al observar las densidades en las diferentes repeticiones de cada estación (cuadro 6), encontramos marcadas diferencias en algunas de las estaciones, especialmente en las estaciones E3 de la Quebrada Surá, E5 de la Quebrada El Salto y E7 de la Quebrada El Saltito.

Las estaciones dentro de las diferentes quebradas presentaron índices de similitud muy bajos(cuadro 6). Indices altos de similitud (ISIM>0.75) se encontraron solamente entre las estaciones E3 de la Quebrada Surá y la E5*de la Quebrada E1 Salto.

Los índices de similitud entre las repeticiones de cada estación fueron muy bajos dentro de las estaciones El y E7 (cuadro 9). Las repeticiones dentro de las estaciones E2 y E3 de la Quebrada Surá, presentaron una composición de especies muy similar.

Al realizarse la agrupación de las especies de acuerdo a sus características de movilidad (fig.7) observamos que las especies móviles dominan sobre las otras dos categorías en todas las estaciones a excepción de las estaciones E3 de la Quebrada Surá y E5 de la Quebrada El Salto.

Guebradas Sura, El Salto y El Saltito. Estación Biológica La Selva.

EFECIE Seasother AS	EIA	EIP	EIC	E2A	E2B	E2C	E3A	E26												
Actorishmenthes AS Actorishmenthes Sp 33									0.	3 0.			4.7	7 0.2					4	1.4
manthes brevipes				25							0.	3			1.3	0.	9 1.	8		1.1
Comanthes exigua		V.	6 1.								32.0	00 1			2017					
Commanthes lanceolata				200		and a						1.1		S 82		3.9				
manthes lanceolaca manipleura pellucida			١		7.7	1	52.3	47.	3	The second	5 8.		10 mars	15	111/2005					7 1.1
Shora ovalis			1.1								3 0.3			e e						3 4.1
Exteneis sp	0.3	1					0.1			10.	5 15.	7.9	1.7	5	4.7		4.1	5.5	7.	3 9.1
acconeis diminuta		7.5											e.		1.4					
ecconeis scutellus	0.3							0.3				0.4					0.6			
Ecconeis placentula	0.3		1.1	3.8	6.4	4.0					25.1	21.1				2.3	1	5.8	4770	3.9
matopleura solea	1.6		2.6				0.8		0.3				1.4	4.6				0.6		
Cabella sp 18	1.0		4.0													2.3		0.3	4	1.7
planeis sp										2.3						0.2				
motia pectinalis	4.7	7.		10.4							0.3				3.3	2.3	0.6			0.3
estulia rhomboides	0.3	/.0	1.6	18.4	11.7	11.2	6.1	3.0	4.8	3.6			2.2	4.6	5.3			0.9	4,7	1.9
estulia vulgaris	0.000	0.3					٠.		110		0.3				172	0.2				
schonesa sp	4.1	0.3	1.0	0.3	0.7	0.3	0.1		0.3		0.3				0.7	0.7				
mohonesa sp A	0.7	0.7									0204	272			2150		1.2			35000
mohonesa sp B	0.3	0.7			0.3		0.1		1.2		1.7	0.7	04070	1101140	0.7			0.3		0.3
monomena sp o												20.37		0.7			0.6			
chonema angustatum					4.0					0.7	-	1.1	6.1	2	0.7	20.00		2.1		0.3
choneea olivaceum	0.7	0.3			7.7	1.7	100000	7.5			1.7			18.4	3.3	2.5	1.2			1.4
rosigma Kutzingii		0.3		3	0.3		0.5	0.3	1.2		2.5		10.1		0.7			0.3		
		0.7								9.8	3.4	12.8	0.5	0.3	1.3	3.9	3.6	2.7		3.6
rosigea scalproides Agilaria arcus	1.6		1.6	2002				1016	7,23,23										0.7	
THE RESIDENCE OF STORY OF THE S	1.3	0.7		0.3			- 1	0.9	0.9		0.3		0.8		1.3		0.6			
Dicula sp 13											1.7					0.2				
wicula sp 31 wicula sp 32																0.9			1.3	0.8
							Tarina's	THE SERVICE								0.2				1.1
wicula BT_	0,1	32.2	35.2	0.3		0.9	0.5	0.9	(2000)	5.6	5.8	9.4	5.9	10.9	8.7			7.3		
picula bacillum			2.7	2.7	2.0	1.3		0.3	1.9	0.3	0.7		0.3	6.6	0.3	7.5.7	0.6	0.3	0.7	0.3
picula confervacea 2	3.3	50.4	33.1	51.2	58.8	67.5	12.3	11.8	15.3	3	7.6	8.7	4.7	167.0.CV	7.4	2.7	6	7.3	2	1.7
micula cryptocephala							0.3			1.3		a Production		1.8		0.2	0.7	2207.70	0.7	25.20.00
ricula cuspidata		0.3	0.5			0.3		0.3	0.3					1.8		0.2	1.2			0.8
	0.6	0.3		0.3			2.7	0.9		200			0.8	2	5.7			7.9		1.6
wicula Zanoni	0.3	0.3	1.6							6.8	3.8	6.8	1		9.3	3.8	3.6	3000	16.7	7.5
teschia sp A										0.3			0.5	1			0.6			
teschia dissipata	2.9	1.3							0.6					0.7	1.3		****	0.3		0.5
eschia paradoxa	0.3						0.5			1.6	0.7	0.4			2.6		3	1.8	R	18.9
toschia parvula											42020		.12							
mschia tryblionella									0.3	3.6	2.4			0.7	2.6	6.4	9	1.5	3.3	0.8
mularia gibba (1.3									1.3		3							3.3	
uroneis 40			0.5							37.7	17770	357			***		4.8	***	0.7	
wroneis sp A									0.3						2.6		100		v.,	
wroneis sp D									500						2.6					
roneis crucicola	- 1	0.3					0.1			0.7			0.3		•••		1.2	14.0	7.3	17.6
wrella brightwelli			1.1								10	0.7								10.0
orella sp 36										0.3		1.1							0.7	0.7
rella ovalis		- 3	2.1							1.3									0.7	
irella ovata			0000							0.3						0.2				1.4
rella robusta 0	9										0.7	0.4		15			1.2	1.5	1.3	
	.6						2.6				0.7		1.4				5.4	1.00	112	0.3
	9		(()	3.3			100			return S		55.000	557),7		1.2		1.3	
														0.3	1000		2.4		***	
			3.6	7.3													1.2			
							.1 0	.6			0.7			1.3				0.4		

Dadro 9. Indice de Similitud entre las repeticiones de las estaciones analizadas de las Quebradas Surá, El Salto y El Saltito

UEBRADA :	SURA	QUEBRADA F	EL SALTO	QUEBRADA E	L SALTITO
IIA-E1B IIA-E1C IIB-E1C	0.820 0.667 0.672	E4A-E4B E4A-E4C E4B-E4C	0.785 0.874 0.874	E6A-E6B E6A-E6C E6B-E6C	0.728 0.721 0.877
2A-E2B 2A-E2C 2B-E2C	0.976 0.950 0.990	E5A-E5C	0.763	E7A-E7B E7A-E7C E7B-E7C	0.660 0.579 0.791
3A-E3B 3A-E3C 3B-E3C	0.981 0.944 0.961				

DISCUSION:

Aspectos físicos y químicos

El cambio en la conductividad de la Quebrada Surá entre las estaciones 1 y 2 ha sido observado anteriormente (Paaby, comunicación personal). La conductividad de acuerdo a sus datos cambia drásticamente después de que la Quebrada Carapa (218 µmhos) se une a la Quebrada Surá. La conductividad en todas las estaciones fue mayor en el presente estudio que en estudios anteriores (Paaby y Phillips, 1983, manuscrito; Paaby, comunicación personal). Es probable que esto se deba a que las anteriores mediciones se realizaron en la estación lluviosa, donde se da mayor dilución.

Las concentraciones de fósforo total variaron entre las estaciones presentando las concentraciones más altas las dos estaciones ubicadas después de pantano (4 y 7). Esto podría deberse a que existe un mayor aporte de sedimento y materia orgánica después de que estas quebradas pasan por las áreas pantanosas.

Las concentraciones de fósforo en los estudios del 84 (Paaby, comunicación personal) y en el presente mostraron el mismo patrón en cuanto a la presencia de una menor concentración en la E1, y las mayores concentraciones en las estaciones E2, E3 y E4.

DIVERSIDAD

QUEBRADA SURA:

Esta quebrada presentó los índices de diversidad más bajos. El hecho de que las tres estaciones en las que se estudió esta quebrada, pasaran por zonas alteradas, como pastizal y bosque secundario, podría determinar la estructura de la comunidad esencialmente en el aspecto de una mayor incidencia lumínica al carecer estas áreas de cobertura boscosa, permitiendo que especies con tasas de reproducción más rápida en condiciones de luz, cubran mayor superficie del sustrato e impidan el asentamiento de otras especies. De esta manera se disminuiría el número de especies presentes y por ende la diversidad. Esto sería particularmente probable en el caso de la estación E2 localizada en pastizal y totalmente expuesta a la luz. Sin embargo, este principio no es aplicable en el caso de las otras dos estaciones que presentaron condiciones de luz moderadas. En la El las condiciones de luz son bajas, lo que de acuerdo al enunciado anterior debería resultar en un mayor número de especies. A pesar de que el número de especies en este punto es mayor, al compararse esta estación con las estaciones de las quebradas que pasan por bosque primario y que presentan condiciones de luz similares, la diversidad es considerablemente menor. Este hecho podría ser explicado basándose en las condiciones físicas y químicas de las aguas de la quebrada en este

sitio : bajas concentraciones de fósforo, baja conductividad y de acuerdo a algunos datos de estudios anteriores (Paaby, comunicación personal), al bajo contenido de sílice. La estación E3 presentó también un bajo número de especies si se compara con las estaciones de las quebradas de bosque primario que presentaron las condiciones de luz similares. Sin embargo, en este punto, la alta velocidad de la corriente es el factor que probablemente influye en la estructura de la comunidad, ya que solamente las especies con estructuras o mecanismos de adherencia especializados pueden desarrollarse con éxito.

Retomando lo anterior podría concluirse que a pesar de pertenecer al mismo cuerpo de agua, las diferencias locales en los parámetros físicos y químicos de esta quebrada, determinan comunidades diferentes en cada una de las estaciones estudiadas.

QUEBRADA EL SALTO:

La diversidad en esta quebra a es mayor a la obtenida para la Quebrada Surá. Esta quebrada, como fué indicado anteriormente, hace todo su recorrido en bosque primario. La estación E5 presentó el menor número de especies en esta quebrada. En este punto la alta velocidad de la corriente podría ser el factor determinante en la composición de las especies, de manera que, como fue apuntado anteriormente, solamente las especies adaptadas a

condiciones de alta velocidad pueden sobrevivir limitándose de este modo las posibilidades de colonización de muchas especies. En el caso de la estación E4 el número de especies es mayor; las condiciones lumínicas son bajas lo que podría inhibir la proliferación inicial de unos pocos grupos, aumentándose la probabilidad de que mayor número de especies se desarrollen.

QUEBRADA EL SALTITO:

Esta quebrada presentó los índices de diversidad más altos.Las dos estaciones presentaron igual número de especies. Las condiciones físicas y químicas fueron similares en ambas estaciones. Las razones para una mayor diversidad en esta quebrada podrían deberse a las condiciones de luz moderadas, bajas velocidades de corriente, y concentraciones óptimas de nutrientes y sílice.

A pesar de que se ha cuestionado el uso aislado de los índices de diversidad como indicadores de la calidad de aguas (Archibald, 1972) este estudio y el estudio preliminar de Paaby y Phillips (1983) muestran una tendencia a encontrar los mayores índices de diversidad en las Quebradas El Salto y El Saltito lo que justifica la utilización de estos índices como método de diagnóstico y a la vez indica la constancia en las condiciones físicas y

químicas de estos cuerpos de agua .

Grupos dominantes:

QUEBRADA SURA

Achnanthes lanceolata mostró una respuesta positiva en cuanto a su abundancia en la estación con velocidad de corriente más alta(E3). Esta respuesta fue también documentada por Paaby y Phillips (1983). McIntire (1968) menciona que esta especie responde positivamente a aumentos en la velocidad de la corriente y Patrick (1948) menciona a este género como adaptado a altas velocidades de corriente, debido a una mayor secreción de mucus que le permite adherirse mejor al sustrato. Cocconeis scutellum , la segunda especie dominante en esta estación es otra de las especies adaptadas a altas velocidades (Patrick, 1948).

Navicula confervacea presentó su mayor abundancia en las estaciones de esta quebrada , especialmente en las estaciones E1 y E2. Esta especie podría considerarse como facultativa en cuanto sus requerimentos , por lo que presenta un mejor desarrollo en condiciones en las que otras especies no tienen mucho éxito , como es el caso de la E1. En la E2 en que esta especie fue la más abundante, las condiciones de alta luminosidad probablemente favorecieron el desarrollo de esta especie. La alta velocidad de la E3 podría haber impedido el desarrollo exitoso de esta especie que carece de estructuras de adherencia especializadas.

QUEBRADA EL SALTO

En esta quebrada A. lanceolata fue muy abundante en la estación que presentó la velocidad de corriente más alta (E5), lo que al igual que para la estación E3 (Quebrada Surá) la caracteriza como especie típica de altas velocidades de corriente. C. scutellum , fue también dominante en esta estación y curiosamente fue la especie más abundante en la E4, una estación con velocidad de corriente muy baja.

Amphora ovalis, otra de las especies dominantes en la E4 ,presentó una abundancia muy baja en la estación E5.
Esta especie ha mostrado respuestas positivas (reproducción y crecimiento) en condiciones de intensidad lumínica baja (Baars 1983) lo que explica su abundancia en la E4.

QUEBRADA EL SALTITO:

En esta quebrada ninguna de las especies fue tan abundante como en las quebradas anteriores. Las especies dominantes presentaron abundancias menores al 12 % del total de las especies, esto probablemente debido a, como fue discutido anteriormente, condiciones más favorables en el agua así como a la ausencia de factores como la alta luminosidad y velocidad de corriente lo que permitió el asentamiento de un mayor número de especies. Las especies

que presentaron la mayor abundancia fueron A .ovalis.

Navicula zanoni y Stauroneis crucicola.

Al comparar la presencia de A. ovalis en las tres quebradas, es interesante destacar el hecho de que esta especie tuvo una abundancia muy baja o casi nula en las estaciones con mayor intensidad de luz.

DENSIDAD

La densidad encontrada en este estudio es bastante baja si se compara con las densidades observadas en algunos estudios de zonas templadas, donde se han encontrado densidades de hasta 150 mil células por centímetro cuadrado en períodos de colonización de dos semanas (Tuchman y Blinn, 1979) .

La mayor densidad de las estaciones E2 y E5,
 podrían obedecer a una mayor incidencia lumínica, que
 permite el crecimiento acelerado de algunas especies.

Las diferencias en la densidad existentes en las repeticiones de algunas de las estaciones (E3, E5,) podrían deberse a que en un período de colonización de dos semanas, la comunidad no ha alcanzado aún la estabilidad. Estas diferencias entre repeticiones han sido también reportadas para las zonas templadas por Tuchman y Blinn (1979), quienes señalan el peligro de utilizar en forma aislada la densidad como parámetro de diagnóstico de calidad de aguas.

MOVILIDAD :

La agrupación de las especies de acuerdo a las características de movilidad, lleva a la conclusión de que en las estaciones E3 y E5, dominan las especies relativamente sésiles. Esto es debido a las condiciones de alta velocidad que presentan ambas estaciones.

En el resto de las estaciones dominan las especies móviles. Estas se adhieren al sustrato mediante secreción de mucus y carecen de pedicelos o estructuras especializadas para desarrollarse a altas velocidades.

La alta abundancia relativa de especies móviles en la El podría deberse, como fue señalado por Pringle (1985b), a que estas especies son las que pueden obtener mayor cantidad de nutrientes. Esto es particularmente importante en el caso de aguas pobres en nutrientes, como es el caso de esta estación, ya que estas especies pueden ubicarse entre las partículas de sedimento, donde las concentraciones de fósforo y materia orgánica son mayores.

COMPOSICION DE LAS ESPECIES:

Indice de Similitud

Las estaciones dentro de cada quebrada, fueron muy diferentes entre si en lo que se refiere a la composición de especies. En la Quebrada Surá, las estaciones E1 y E2 fueron las

más similares, esto probablemente debido a la presencia de Navicula confervacea, una especie que constituye entre el 40 y 60 % de la abundancia total en estas dos estaciones. La composición de especies en la E3 fue totalmente diferente a la de las otras dos estaciones.

La composición de especies en las estaciones de la Quebrada El Salto es muy diferente (Indice de similitud = 43%) entre si,lo que puede ser generado por las diferentes condiciones de luz y velocidad presentes. Las estaciones de la Quebrada El Saltito tuvieron un valor de 63% de acuerdo a este índice. Estas dos estaciones presentan condiciones físicas y químicas similares y lo que es más importante ausencia de los factores de alta velocidad y luminosidad que podrían favorecer la reproducción de algunas especies o limitar el asentamiento de otras.

Acorde con este índice, las únicas estaciones con composición de especies similares fueron las estaciones E3 de la Quebrada Surá y E5 de la Quebrada El Salto. Al remitirnos a los aspectos físicos y químicos determinados en este estudio y los anteriores (Paaby y Phillips,1983; Paaby, comunicación personal), estas dos estaciones son las únicas que presentan velocidades mayores a los 25 cm/s. Estas estaciones tienen en común entre los grupos dominantes, los géneros <u>Achnanthes</u>, <u>Cocconeis</u> y <u>Gomphonema</u>, todos adaptados a condiciones de alta velocidad. La similaridad entre estas dos estaciones es también reflejada cuando se consideran las características de movilidad.

El análisis de la composición de especies en las repeticiones de las estaciones muestra comunidades casi idénticas en las estaciones E2 y E3 de la Quebrada Surá. Factores como la alta velocidad en la E3 y la alta luminosidad en la E2 limitan las especies que pueden desarrollarse, siendo por lo tanto las comunidades que crecen en las repeticiones bastante similares al no presentar las condiciones que permitirían el asentamiento de diversas especies.

De acuerdo a los resultados de este estudio, la estructura de esta comunidad es más bien dependiente de las diferentes especificidades ambientales de las diatomeas (Patrick y Reimmer, 1966; Stevenson, 1984). En este caso, la luz y la velocidad de la corriente juegan un papel determinante. La utilización en conjunto de los índices de diversidad y de similitud, se recomienda como un mecanismo valioso en el resúmen de la información, al tratar de conocer las respuestas de esta comunidad.

Algunos aspectos como los diversos tipos de sustrato utilizados en varios de los trabajos consultados y la omisión de información valiosa como condiciones de luminosidad y velocidad de corriente a la cual estuvieron sometidos, hacen difícil la comparación entre estudios realizados en otras

Es importante recalcar que la comunidad de diatomeas perifíticas ,cuya utilidad como grupo indicador de calidad de aguas ha sido documentada por varios autores (Patrick y Reimer, 1966; Sládečková,1968; Archibald, 1972; Marcus, 1980; APHA,1981; Collins y Weber, 1981; Horner y Welch, 1981; Hoagland, 1983), presenta respuestas a variables ambientales fundamentales como luz y velocidad que determinan en gran parte su composición cualitativa y cuantitativa. Es por esto que cualquier estudio con miras a la utilización de este grupo como indicador de calidad de aguas, debe considerar siempre estas variables antes y después de la fuente puntual de contaminación, y así poder determinar con mayor certeza la respuesta de la comunidad ante el agente cuyo efecto se pretende evaluar.

LITERATURA CITADA.

American Public Health Association.1981. Standar methods for the examination of water and waste water . 14 Edition. Bru-El Graphic Inc. USA.

Archibald, R.E.M. 1972. Diversity in some South African diatom associations and its relation to water quality. Water Research 6: 1229-1238.

Baars, J.W. 1983 Autoecological investigations on freshwater diatoms.1. Generation times of some species. Archiv f. Hydrobiologie. Suppl-Bd. 67.

•

Blinn D., A. Fredericksen, V. Korte, 1980a. Colonization rates and community structure of diatoms on three different rock substrata in a lotic system. Br. Phycol, J. 15:303-310.

abilities of freshwater algae and bacteria to acquire and retain phosphorus Limnol.Oceanogr. 29(2) 298-310

Bold, H.C. y Wynne, M.J. 1978. Introduction to the algae: structure and reproduction. Prentice-Hall, Inc. U.S.A.

Burcham, J. 1985. Fish communities and environmental characteristics of two lowland streams in Costa Rica. M.Sc. thesis, Texas A&M University. 53 p

Collins, G. and C.I. Weber, 1978. Phycoperiphyton (Algae) as indicators of water quality. Trans. Amer. Micros. Soc., 97: 36-43

Currie,D y J. Kalff.1984. A comparison of the abilities of freshwater algae and bacteria to acquire and retain phosphorus. Limnol.Oceanogr. 29(2).1984 298-310

Daniel, W.W., 1979. Bioestadistica Base para el analisis de la ciencia de la salud. Editorial Limusa, S.A. Mexico. pp485.

Eminson, D. y B. Moss. 1980. The composition and ecology of periphyton communities in freshwaters. I. The influence of host type and external environment on community composition. Brit. Phyc. Soc. December.

Fairchild, G.W., R.Lowe ,1985 y Richardson, W. Algal periphyton growth on nutrient-Diffusing Substrates: an in situ biossay. Ecology 66(2) 465-472.

Foged, N. 1966. Freshwater diatoms from Ghana. Det. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab (Denmark). 15 (1): 1-169. Fujita, D.K. 1969. Standard Procedures for Water Analysis. University of California in Davis. USA.

Hoagland, K.D, S.C.Roemer, y J.R.Rosowski, 1982. Colonization and community structure of two periphyton assemblages with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). Am.J.Bot.69:188-213

Hohn, M.H. & J. Hellerman. 1963. The taxonomy and structure of diatoms populations from three eastern North American rivers using three sampling methods. Trans. of the Americ. Microsc. Society. 82: 259-329

Horner, R.R. y E.B. Welch, 1981. Stream periphyton development in relation to current velocity and nutrients. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38:449-457

Hynes, H.B.N. 1970. The ecology of running waters. University of Toronto press. 555 p.

Klotz, R.L. 1985. Factors controlling phosphorus limitation in stream sediments .Limnol.Oceanog. 30(3) 543-553.

Korte, V. and D.W. Blinn. 1983. Diatom colonization on artificial substrata in pool and riffle zones studied by light and scanning electro microscopy. J. Phycol. 19: 332-341.

Lawson, L. y S. Rushfosth. 1975. The Diatom Flora of the Provo River. UTAH, U.S.A. J. Cramer 149p.

Little, T. y F. Hills, 1978. Agricultural experimentation. Design and analysis. John Willey & Sons, New York, U.S.A.

Marcus, M.D. 1980. Periphytic community response to chronic nutrient enrichment by a reservoir discharge. Ecology 6(2): 387-399.

Margalef, R. Limnologia. Ediciones Omega, Barcelona, 1983 pp 1010.

McIntire, C.D. 1968. Structural characteristics of benthic algal communities on laboratory streams. Ecology 49(3): 520-536.

McIntire, C.D. y H.K. Phinney. 1965.Laboratory studies of periphyton production and community metabolism in lotic environments. Ecol. Monographs, 35 (3): 237-258.

Merritt, J.E. 1973. Ecology. An Evolutionary Approach.
Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Canadá. pp 386.

Paaby-Hansen, P. y E. Phillips, 1983. Caracterización de la estructura de la comunidad de diatomeas perifíticas en tres quebradas de la Estación Biológica La Selva, Puerto Viejo de Sarapiquí, Costa Rica. Manuscrito

Patrick, R., 1948 .Factors affecting the distributions of diatoms. The Botanical Review 14 (8): 473-524.

1973. Use of algae, specially diatoms in the assessment of water quality. Biological methods for the assessment of water quality. ASTM STP 528 American Society for Testing and Materials.

Patrick, R. y C.W. Reimer, 1966. The diatoms of the United States.

Exclusive of Alaska and Hawaii. Volumen I. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia.

Patrick, R. y C.W. Reimer, 1975. The diatoms of the United States.

Exclusive of Alaska and Hawaii. Volumen II. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia.

Poole, R., 1974. An introduction to quantitative Ecology, 1974. McGraw-Hill, Inc. pp330-448.

Pringle, C. 1985a. Effects of Chironomid (Insecta: Diptera) tube building activities on stream diatom communities. J.Phycol 21:185-194

1985b.Nutrient heterogeneity and the maintenance of species diversity: Periphyton response to substratum and water enrichment in a nutrient-poor stream .PH.D. dissertation Thesis.University of Michigan.

Pringle, C., P. Paaby-Hansen, P. Vaux, & Goldman, C.R. 1986. In situ nutrient assays of periphyton growth in a lowland Costa Rican stream. Hydrob. 134: 207-213.

Shames, J.J., G.G.C. Robinson and G. Goldsborough. 1985.

The structure and comparison of periphytic and planktonic algal communities in two eutrophic prairie lakes. Arch. Hydrobiol. 103(1): 99-116.

Sládecková, A. 1962. Limnological investigation methods for the periphyton (Aufwuchs). Ecology 49(3): 520-537.

Summer, W. y D. McIntire .1982. Grazer-periphyton interactions in laboratory streams. Archiv f. Hidrobiologie Bd 93:135-157.

Stevenson, R.J. 1984. Epilithic and epipelic diatoms in the Sandusky River with emphasis on species diversity and water pollution. Hidrobiologia 114:161-175.

Stout, J, R. 1979 The influence of biotic and abiotic factors on two species of stream inhabiting tropical hemiptera (Family: Naucoridae) PH.D. Dissertation Thesis, University of Michigan.

Tuchman, M y D.W Blinn 1979. Comparison of attached algal communities on natural and artificial substrata along a thermal gradient. Br. Phycol. J. 14:243-254

Vaux , P., C.M.Pringle y Pia Paaby. 1984. A study of the feeding ecology of fish in La Selva stream. Manuscrito

Weber, C. 1971.A guide to the common diatoms at water pollution Surveillance Systems Stations. U.S. Environmental Protection Agency.

Weitzel, R.L. 1979.Periphyton measurements ans applications. Methods and measurements of periphyton communities: A review. ASTM STP 690, R.L. Weitzel, Ed., American Society for testing and materials,pp3-33.

Weitzel, R.L., S.Sanocki y Hoelecek, H. 1979. Sample replication of periphyton colected from artificial substrates. Methods and measurementes of periphyton communities: A review. ASTM STP 690, R.L. Weitzel, Ed., American Society for testing and materials.pp 90-115.