Reg. 63652

ECOLOGIA DE LA CIENAGA DE ZAPATOSA Y SU RELACION CON UN DERRAME DE PETROLEO

Por: G.Viña (*), A.Ramirez, L.Lamprea, B.Garzón, U.Schmidt, E.Rondon y C.Flores

Resumen

Con el objeto de evaluar el efecto que sobre el sistema de la Ciénaga de Zapatosa ocasionó un derrame de petróleo crudo de 14.000 barriles ocurrido el 13 de mayo de 1990 por atentado al oleoducto Caño Limón-Coveñas, se adelantó la presente investigación entre junio de 1990 y mayo de 1991, cubriendo cuatro períodos climáticos en el sistema de Zapatosa.

Los aspectos evaluados, se circunscribieron a la limnología del sistema, mediante el análisis de calidad de aguas y su relación con el fitoplancton, evaluación de las macróifitas acuáticas y su fauna asociada y estudio de las comunidades de peces, así como evaluación de hidrocarburos petrogénicos en peces y sedimentos del fondo, siguiendo un gradiente de norte a sur en la ciénaga, al considerar un posible flujo de las fracciones de hidrocarburos que entraron en contacto con el cuerpo de agua, siendo desplazadas por efectos del flujo del río Cesar y las corrientes recurrentes de la propia ciénaga.

A pesar de las dimensiones del derrame de petróleo, los efectos bióticos y abióticos contemplados en el sistema, no se corresponden con aquel. En ese sentido, centenares de metros cúbicos de macrófitos acuáticos impregnados de petróleo fueron retirados del sistema durante las labores de descontaminación, diezmando con ello todas las poblaciones de organismos asociados. Esta acción no obstante, permitió el apresurado desarrollo de nuevas comunidades, en especial por las características disturbio-tolerantes que ofrecen las comunidades asentadas en la ciénaga, factor este que motivó la pronta recuperación del sistema al reducirse sustancialmente el tensor.

En lo referente a las comunidades de peces, no se detectó ningún tipo de afectación ni en la diversidad, composición o cuantía de las mismas a causa del derrame. Se observó no obstante, una reducción sustancial de especies de mayor importancia económica como el bagre, la doncella y el blanquillo (otrora abundantes), debido a la sobreexplotación cada véz mayor del recurso pesquero, hecho este que hoy por hoy permite por remplazamiento y ocupación del espacio libre, la proliferación de especies como la arenca, el nicuro (anteriormentes especies despreciables y hoy comerciales), las rayas y el zapatero (estas ultimas sin ofrecer ningún uso por ser desechadas).

Gracias a dichas circunstancias referidas a la dinámica propia del sistema y a las labores de descontaminación adelantadas, no se registraron efectos de importancia a causa del derrame sobre la calidad de las aguas, y salvo por la bioacumulación temporal de hidrocarburos en los peces, las consecuencias ambientales pueden catalogarse como mínimas.

1. INTRODUCCION

El día 12 de mayo de 1990, a las 3:00 horas, a consecuencia de un atentado dinamitero contra el oleoducto Caño Limón - Coveñas a la altura del Km 547 + 800 de su recorrido, una cantidad cercana a los 14.000 barriles de petróleo crudo se derramó en aguas de la ciénaga de Chimichagua, perteneciente al sistema de Zapatosa, en el Departamento del Cesar.

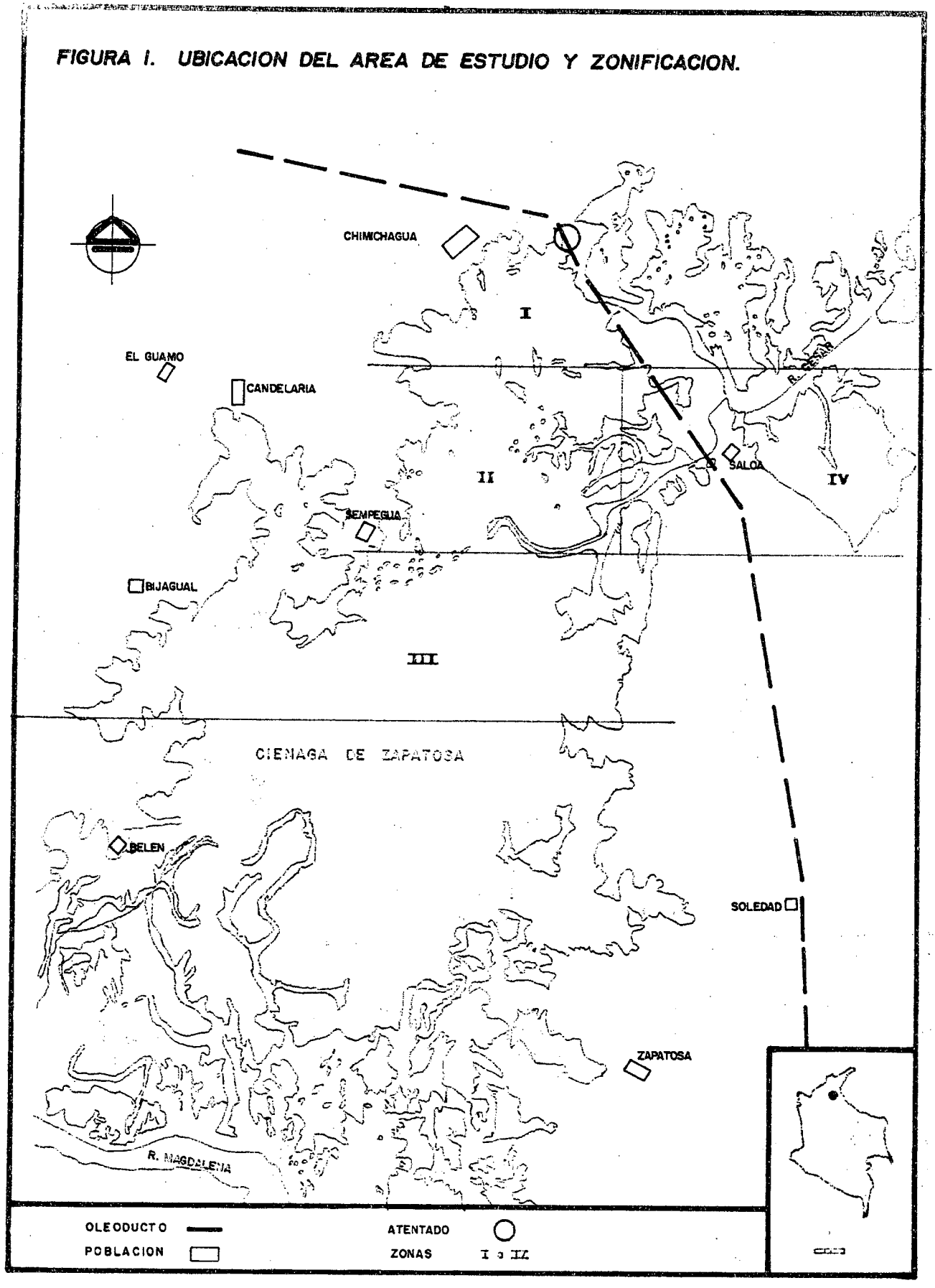
Una vez derramado, el petróleo se extendío al occidente y suroccidente del sistema, por efecto del viento y las corrientes del rio Cesar, comprometiendo los orillales desde el sitio del atentado, hasta 2 km al oeste de la población de Chimichagiua, afectando en total 6 ensenadas, 4 islotes y 20 km de orillas, en una covertura media de 400 ha, es decir, cerca del 4% del total del sistema cenagoso en aguas bajas (Figura 1).

El derrame de petróleo se detectó de inmediato, para lo cual se activó el plan de contingencia, mobilizando equipos desde Ayacucho, Cúcuta, Cartagena, Coveñas, Bogotá y Caño Limón en Arauca. La instalación de equipos se inició el día 13 de mayo a las 12:00 horas, demandando para el control de la mancha alrededor de 8 días, a partir de lo cuál se iniciaron las labores de recolección y limpieza.

Para la contención se utilizaron 25.000 pies de barreras flotantes, mientras que para la recolección se utilizaron 20 desnatadores convencionales de disco y mopa, 2 camiones de vacio, 20 carrotanques y equipo pesado de diversa índole. Asi mismo, en la región se contrataron los servicios de 20 lanchas con motor fuera de borda y 60 canoas, para lo cuál se requirió de los servicios de cerca de 400 hombres.

(*) BP Exploration AA 59824, Santafé de Bogotá (Colombia)

FIGURA I. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO Y ZONIFICACION.



Paralelamente a la recolección, se efectuó una limpieza masiva consistente en el corte, amontonamiento y quema controlada de todos aquellos residuos vegetales que quedaron impregnados de crudo y en todos los casos se conservó en pié la vegetación arbustiva y/o arborea, haciéndose tan solo podas de la masa vegetal contaminada.

Los residuos de vegetación se quemaron en forma controlada y se dispusieron a manera de relleno sanitario, en fozas que previamente se utilizaron como piscinas de almacenamiento temporal, disponiendose el material contaminado por capas, con tierra abonada y escapes de aireación, para garantizar la degradación de los residuos así dispuestos.

El petróleo recobrado en cuantía cercana a los 10.000 barriles netos, se dispuso en los carreteables y vías regionales mediante el sistema de riego para imprimación, escarificación y compactación posterior.

Las labores de limpieza y recuperación del sistema, se extendieron por cerca de 3 meses, hasta agosto 7 de 1990, generando costos de descontaminación superiores a los $ 800.000.000.oo , teniendo en cuenta la movilización masiva de equipos y el alto número de personal involucrado en las distintas labores, lo que corresponde al mayor despliegue desarrollado en el país para atender una emergencia der contaminación, si se considera la importancia ecológica y socio-económica del complejo cenagoso de Zapatosa.

Con el propósito de determinar los posibles efectos ocasionados por el derrame de petróleo y las labores de descontaminación adelantadas, se diseño un estudio ecológico integral que incluyó el monitoréo espacio-temporal en cuatro perfodos climáticos, de variable fisicoquímicas incluída la presencia de hidrocarburos petrogénicos, evaluación de la dinámica fitoplanctónica del complejo, analisis de las masas de macrófitos acuáticos y su fauna asociada, como elementos medidores de la capacidad de recobre básica del sistema y el potencial productiovo del mismo, y la evaluación de las comunidades de peces, como elemento potenciador de la actividad socio-económica de los pobladores de la zona, considerando en éste, las variaciones estacionales y la dinámica del cuerpo de agua, supeditada a los flujos del río Cesar y del río Magdalena.

2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El complejo cenagoso de Zapatosa, que comprende un gran número de ciénagas se encuentra ubicado entre los municipios del Banco, Tamalameque y \Chimichagua en los departamentos del Magdalena y Cesar, presentando una extensión media de 36.000 ha, con incrementos de hasta 15.000 ha en épocas de alta inundacíon (figura 1).

Este sistema está localizado en la margen derecha del río Magdalena a la altura de la Depresión Momposina ente los 9o01' y 9o13' de latitud norte y los 73o54' y los 73o55' de longitud oeste, siendo receptor de las aguas provenientes de la cuenca del Magdalena, mediante conexiones por canales meandríformes provenientes de los ríos principales (*Svenson, 1973 en Arias, 1985*).

El régimen de la cuenca del Magdalena, propicia una serie de fluctuaciones ambientales que determinan la dinámica de los ecosistemas presentes en el complejo cenagoso, dentro de un ciclo anual bimodal. Así, los vientos del norte predominan desde diciembre hasta febrero y los suaves del nordeste entre marzo y abril, coincidiendo con la época donde se observan los niveles de agua mas bajos (período de sequía), cuando las ciénagas depositan una gran parte de sus aguas y nutrientes al río. Al presentarse las mayores precipitaciones de la cuenca (septiembre - diciembre) el flujo de agua se invierte en dirección río - ciénaga, trayendo consigo una gran cantidad de material alóctono, que termina por variar

sensiblemente las condiciones fisicas y químicas de estas últimas, dándose incrementos de oxígeno en la época de inundación, y disminución del mismo inclusive a niveles críticos en el verano por el incremento de la temperatura media ante menores profundidades y mayores tasas metabólicas de descomposición microbiana (*Ducharme, 1975*).

Los nichos temporales condicionan los ritmos biológicos de adaptación, como es el caso de los peces, cuyas migraciones en epocas de verano (subienda) tienen lugar cuando se observan condiciones desfaborables en las ciénagas, siendo este suceso aprovechado por los pescadores quienes se desplazan para interceptar la subienda (*Bazigos et al, 1977*).

De otro lado, en razón a que las condiciones de los fondos de estas ciénagas son adversas, por las razones expuestas, la biocenosis bentónica es escasa de suerte que los organismos bentónicos resultan trasladando su nicho a las macrófitas acuáticas (*Viña et al, 1991*), dándo esto como resultado una mayor biomasa animal en estos ambientes 7 a 130 g/m, en comparación con los fondos (0 a 6 g/m²) (*Welcomme, 1979*).

Dado que las condiciones ambientales del sistema según se mencionó son fluctuantes, las poblaciones animales y vegetales de caracter permanente son entonces oportunistas o generalistas, presentando un amplio espectro de tolerancias y/o elasticidad.

El complejo cenagoso de Zapatosa, actualmente representa el sustento de numerosas poblaciones como son Chimichagua, Saloa, Sempegua, Candelaria y Belén entre otras, cuyos pobladores sobreviven de la pesca que día a día obtienen. Su preservación es fundamental no sólo para estos asentamientos humanos, sino para la estabilidad hidrica de la cuenca del Magdalena en la depresión Momposina, si se considera que entre un período climático y otro, puede llegar a embalzar en forma natural cerca de seis millones de metros cúbicos de agua, colaborando a su vez como trampa de sedimentos de las aguas del río y así mismo como reservorio de la fauna y flora regional.

2. METODOLOGIA DE TRABAJO

Se efectuaron cuatro muestreos en diferentes períodos climaticos, entre el 28 de junio y 7 de julio de 1990 (transición a sequía), 15 de octubre a 24 de octubre de 1990 (lluvias plenas), 25 de febrero a 6 de Marzo de 1991 (sequía) y 18 de mayo a 27 de mayo (transición a lluvias).

Para este efecto se dividió el área de estudio en 4 zonas siguiendo el gradiente de exposición al crudo así (figura 2):

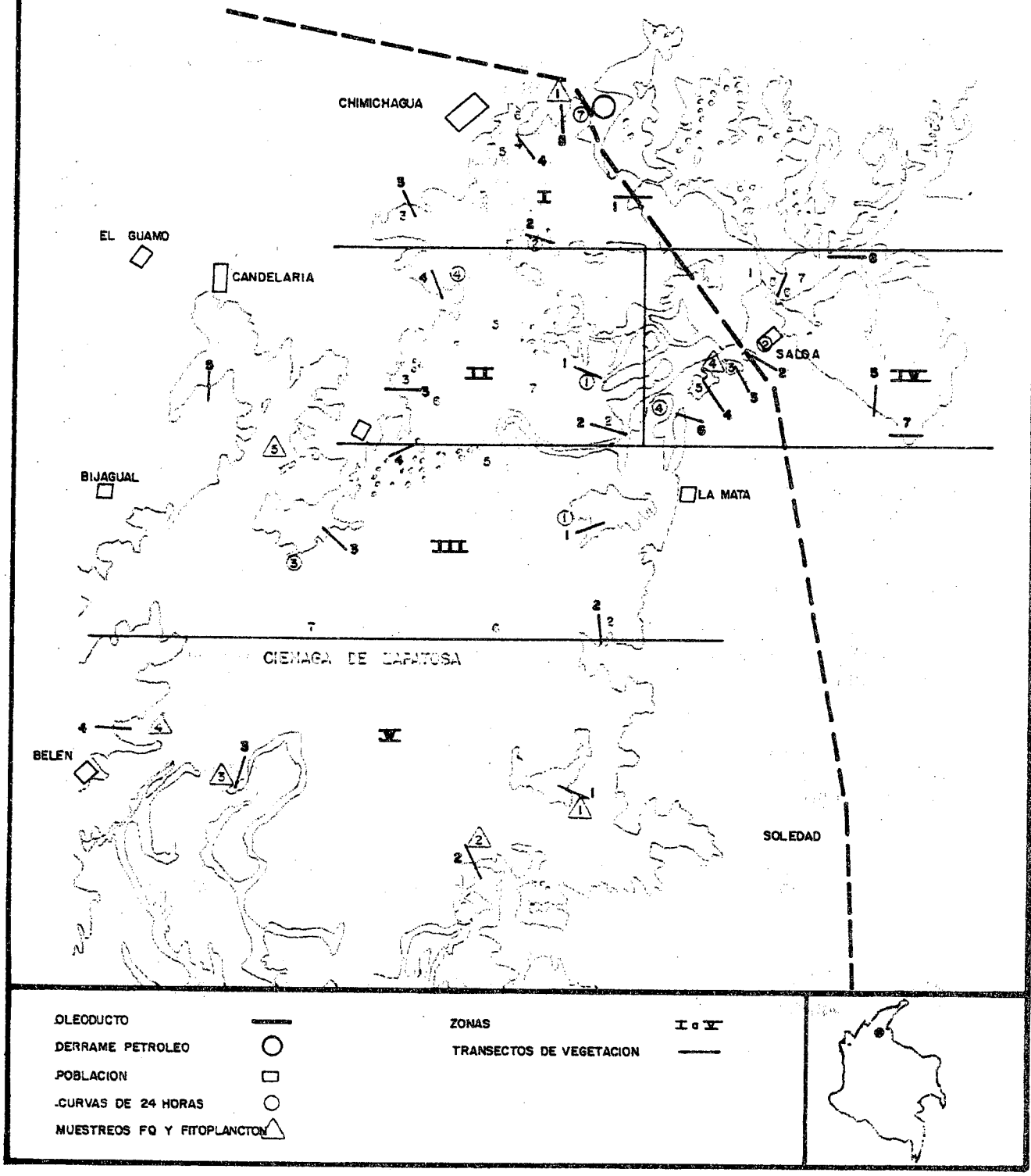
I- Cienaga de Chimichagua y parte norte de la Ciénaga de Santo Domingo, en donde se presentó la entrada de crudo y se efectuaron las labores de limpieza.

II- Desde el sur de la Ciénaga de Santo Domingo y Pancuiche hasta el Caño las Garzas, donde se observó iridiscencia del cuerpo de agua.

III- Parte norte de la Ciénaga de Zapatosa donde no alcanzó a llegar crudo, por lo que fué tomada como control.

IV- Sector de la ciénaga de Saloa y bocas del río Cesar, donde ocurrió un derrame de petróleo en noviembre de 1986 y su inclusión obedece a fines comparativos.

FIGURA 2. UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO.



2.1 Muestreo

En cada zona de muestreo se ubicaron 7 estaciones en las cuales se tomaron muestras de las variables fisicoquímicas (T°C, pH, O_2, CO_2, Conductividad, Sólidos disueltos, turbidéz, H_2S, DQO, NO_2, NO_3, NH_4, PO_4, P total, y granulometría e hidrocarburos en sedimentos, efectuándose a la vez curvas de 24 horas para O_2, t°C, pH y conductividad y análisis de producción primaria por el método de botellas claras y oscuras) tanto en superficie como a media columna de agua. (Figura 2).

Paralelamente se efectuaron evaluaciones de fitoplancton, tomándo muestras con una botella VanDorm vertical, y filtración en malla de 32u, efectuándo mediciones cuantitativas tomando al azar l0 alícuotas en cámara NEUBAUER, replicadas en pipeta PASTEUR.

La vegetación acuatica fué estudiada mediante transecciones de mínimo 30 cuadrantes de 1m2, localizadas en forma perpendicular al gradiente de desarrollo de las masas vegetales, generándose colecciones de referencia del material vegetal, las cuales fueron incluídas en el herbario de la Universidad Javeriana. Los macroinvertebrados asociados a las macrófitas se muestrearon paralelamente a las transecciones vegetales, considerando biotipos de egetación, en especial aquellos con dominancias de especies como especies como Salvinia, Pistia, Eicchornia, Paspalum, Ludwigia o Neptunia, tomándose en cada estación 4 réplicas con una jama de malla de 0.5 mm y diámetro de 0.25m2.

Las poblaciones de peces se muestrearon a partir de faenas de pesca efectuadas en cada zona seleccionada, mediante 50 lances de atarrayas de 11.0m de diámetro y 4.5 cm entre nudos opuestos, y la colocación paralela de un trasmallo de 480m de longitud, por 3 m de altura y 10.5 cm entre nudos opuestos, el cuál se calaba entre las 6:00 pm y 6:00 am. Cada individuo colectado fue identificado, pesado y medido, determinándose a la vez su peso y estado de maduréz gonadal según la escala de *Galvis et al (1989)*. Adicionalmente, en cada faena se seleccionaron entre 20 y 25 ejemplares de peces de las principales especies de cada nivel trófico, las cuales se cubrieron vivas en papel aluminio y se congelaron, siendo analizadas en el CIOH de Cartagena, para la determinación de Hidrocarburos en tejido muscular y de tracto digestivo y respiratorio.

2.2. Análisis Numérico

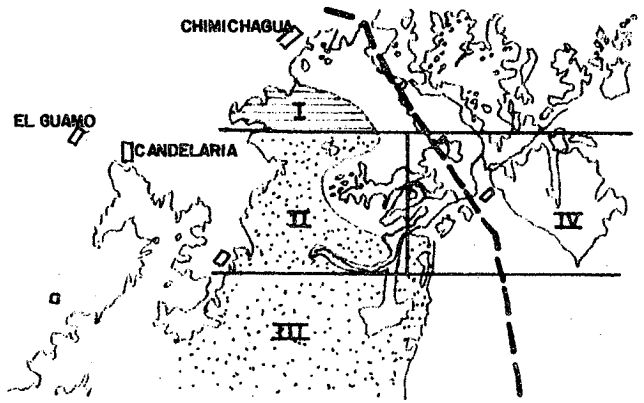
Para todos los casos de datos biológicos, se efectuaron análisis de clasificación normal mediante el índice de afinidad de Morisita adaptado por Horn (*Ricklefs y Lau, 1980*), aplicándose a la véz un procedimiento aglomerativo gerargico politético de agrupación promedio mediante la formula de Gower (*Orloci, 1978*).

Así mismo y como comprobación, se empleó la ordenación *Nonmetric Multi-dimensional Scaling* (NMDS) (*Fasham, 1977, James y McCulloch, 1990*) a partir de la ordenación *Bray Curtis (1957)* y análisis de regresión se efectuaron entre los ejes de ordenación en cada caso y las variables abióticas a fín de seleccionar el mejor ajuste.

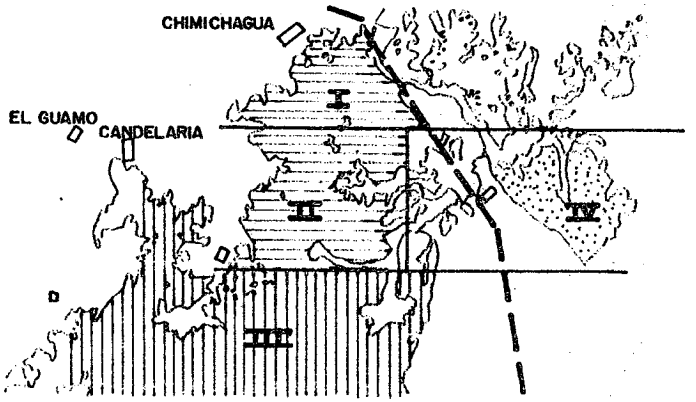
La plicación conjunta de tecnicas de clasificación y ordenación, obedece a la recomendación de Clarke y *Green (1988)* y *Gray et al (1988)* en el sentido de que el empleo de diversas técnicas de análisis, permiten una mejor interpretación de los datos.

El índice de diversidad de *Shannon y Weaver (1949)*, se calculó para cada estación y se relacionó por análisis de regresión con el número de especies para separar el porcentaje de variación explicada por éste y por la equidad en cada caso.

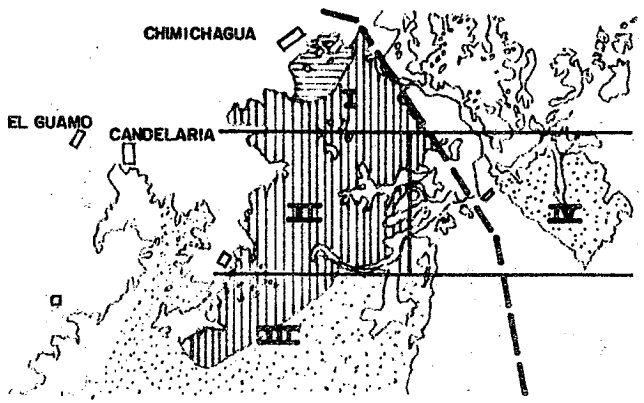
FIGURA 3. CARACTERIZACION AMBIENTAL DE LA CIENAGA EN FUNCION DE LAS MASAS DE AGUA.



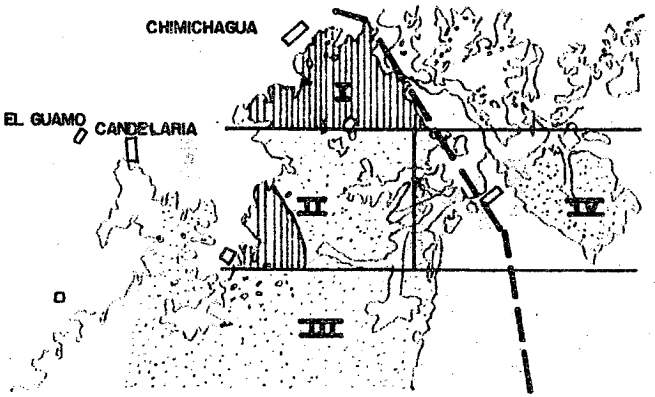
JULIO I.990



OCTUBRE I.990



MARZO I.991



MAYO I,991

Adicionalmente para en el caso de la vegetación se determinaron espectros biotipológicos a partir de la metodología de *Greig-Smith, 1983* y se efectuó un análisis de cluster según *Ludwig y Reinolds (1988)* y de aglomeración por ligamiento promedio según *Orloci (1978)*.

Para el caso de las variables abióticas, se empleó el analisis de factores (*Johnson y Wichern, 1982*), el cuál permite reducir un conjunto multivariado de variables correlacionadas, a un reducido número de componentes o factores no correlacionados. Así mismo, para la primera época de muestreo se efectuaron pruebas de significanción entre las variables abióticas, a partir de análisis de varianza (*Sokal y Rohlf, 1979*).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Considerando lo extenso del estudio y la multiplicidad de temáticas tratadas en el mismo durante el desarrollo de la investigación adelantada, en el presente documento se consignan tan solo las apreciaciones globales obtenidas para cada caso en particular, y en especial aquellas relacionadas con la temática de contaminación por petróleo y las características mas relevantes encontradas en lo referente a la dinámica ambiental del complejo de Zapatosa.

3.1. Variables fisicoquímicas

Las condiciones fisicoquímicas del humedal, durante el período de estudio no manifestaron variaciones significativas en los valores observados para las diferentes épocas climáticas muestreadas (figura), a pesar de los incrementos en contaminación orgánica, pesticidas, hidrocarburos, etc, en la cuenca del Magdalena. Es así como el O_2 y la DQO muestran valores normales, el CO_2 valores altos pero similares a aquellos reportados por otras investigaciones (*Arias, 1985*), e inclusive los hidrocarburos en sedimentos del Complejo de Zapatosa y el blanco medido en la ciénaga de Chilloa, a pesar de la presencia de efluentes de cascos urbanos, aportes de refinería al Río Magdalena y procesos agroindustriales, pueden catalogarse como bajos y de niveles no preocupantes un año después del derrame.

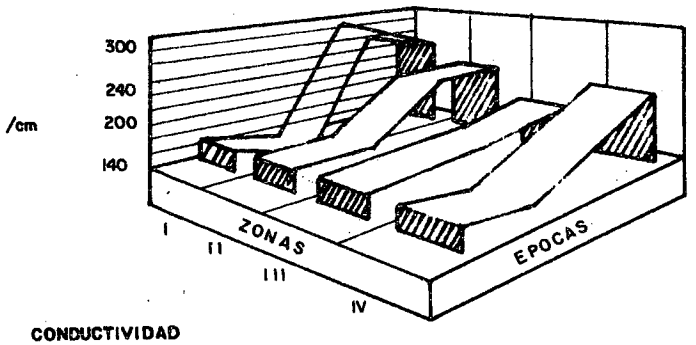
En ese sentido, las altas concentraciones de fósforo encontradas durante el estudio, son el único vestigio de contaminación antrópica, auncuando es dificil precisar sus posibles efectos deletereos sobre el medio natural, ya que si bién induce al desplazamiento de especies, las beneficiadas se caracterizan por una alta productividad lo cual significa una ganancia energética del sistema.

Al respecto, la figura 3 permite caracterizar para las diferentes épocas muestreadas la calidad ambiental del sistema en un sentido espacial, en donde se diferencian las masas de agua en función de las características mas relevantes, a juzgar por los resultados de los análisis de ordenación efectuados con los diferentes parámetros fisicoquímicos (figura 4). Es de notar que en todos los casos, existe coocurrencia entre las diferentes zonas del cuerpo de agua, en función del gradiente de flujo del mismo , dándose las variaciones entre las diferentes épocas, en forma directamente proporcional a la calidad de las masas observadas por efecto de los flujos recurrentes de la ciénaga y no por la acción de la contaminación por petróleo, como era de esperarse, de forma que tan solo para el primér muestreo efectuado en julio se evidencian diferencias apreciables de ésta masa de água con respecto a los demás sectores de la ciénaga (figura 3a).

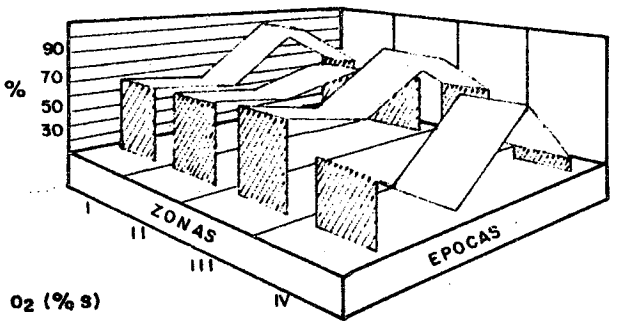
3.2. Fitoplancton

El plancton constituye la unidad básica de producción de materia orgánica de los ecosistemas acuáticos (*González, 1988*), y la variedad, abundancia y distribución de sus poblaciones depende

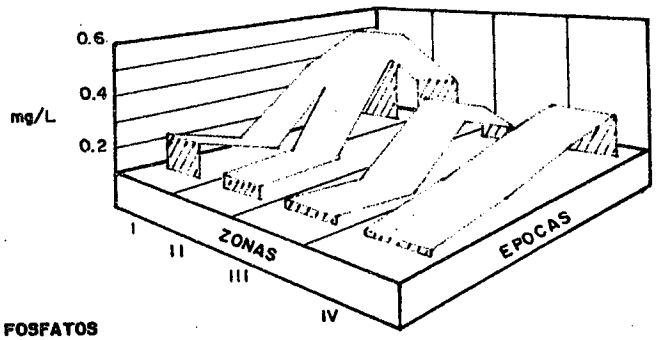
FIGURA 4. VARIACION ESPACIO-TEMPORAL DE ALGUNAS VARIABLES FISICO-QUIMICAS



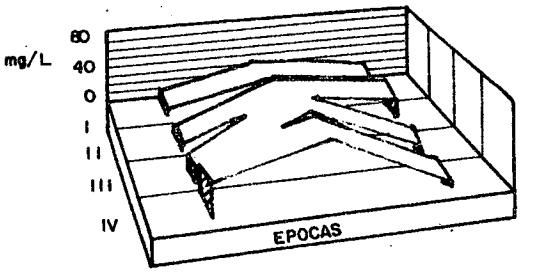
CONDUCTIVIDAD



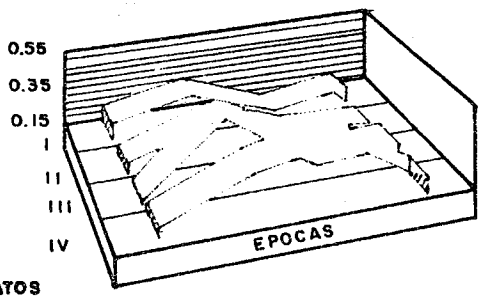
O_2 (% s)



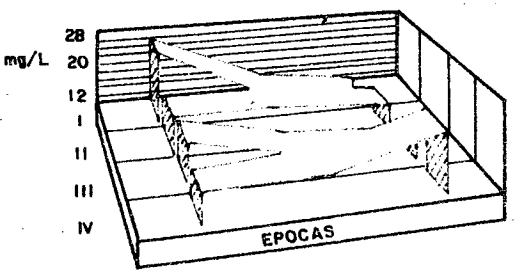
FOSFATOS



D.Q.O



NITRATOS



CO_2

FIGURA 6. CONTRIBUCION PORCENTUAL DEL FITOPLANCTON EN LAS DIFERENTES EPOCAS DE MUESTREO.

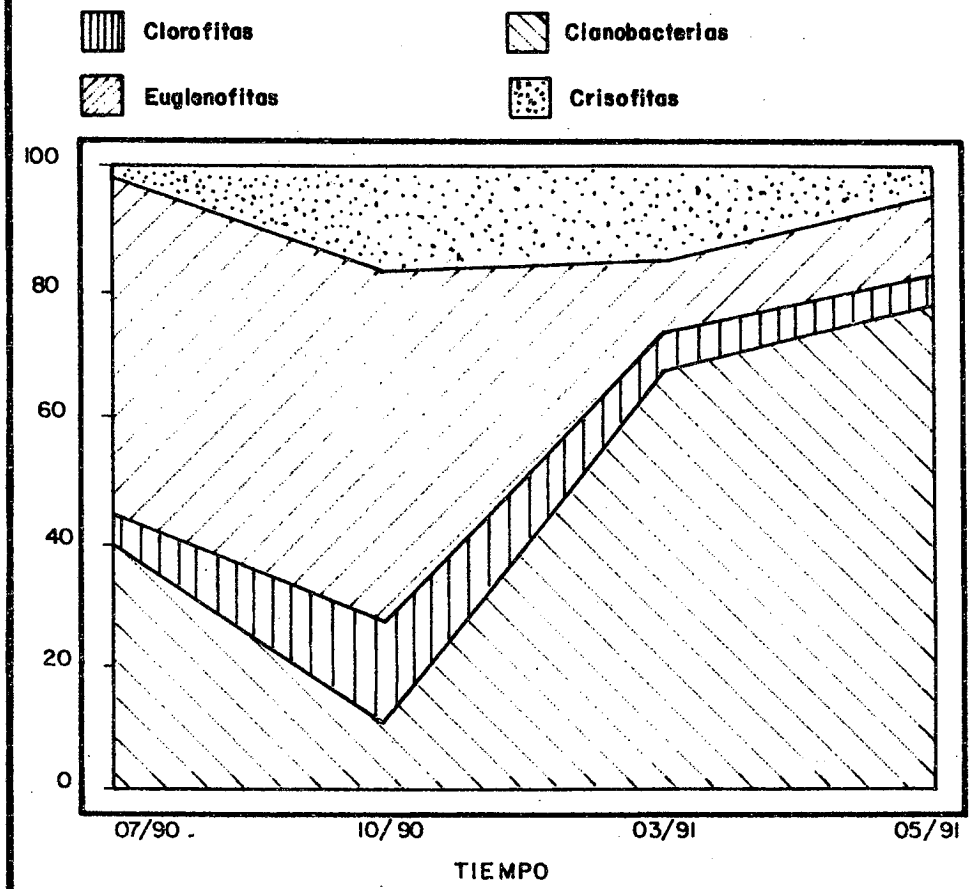
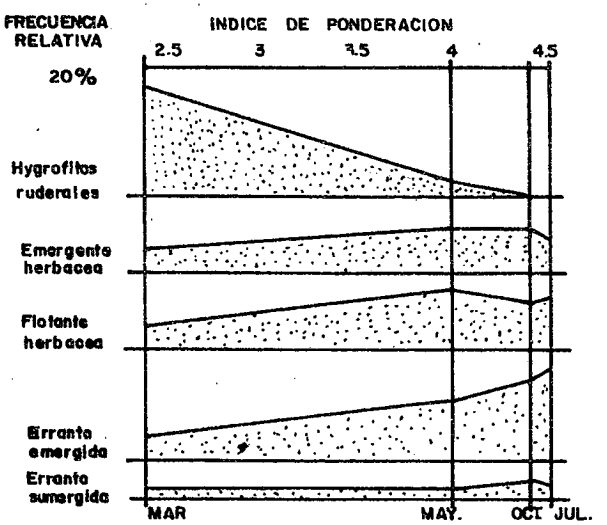


FIGURA 7. DISTRIBUCION DE LAS FRECUENCIAS MEDIAS DE LOS ESTRATOS DE VEGETACION Y DISTANCIAS DE AGLOMERACION PARA LAS DIFERENTES EPOCAS DE MUESTREO.



fundamentamente de la adaptación a caracteristicas abióticas tales como la temperatura, luz disponible (profundidad y turbidéz), oxígeno disuelto y concentración de nutrientes, y en menor medida de variables bióticas como son la competencia y los predadores. Por lo tanto, la composición del fitoplancton puede variar tanto especial como temporalente y en éste último caso, el régimen de lluvias y sequía, es el que practicamente condiciona la productividad de los ecosistemas acuáticos (*Margalef, 1983*).

Por esta razón, en sistema lóticos los principales factores limitantes para el crecimiento y desarrollo del fitoplancton son la corriente y la turbulencia, mientras que en sistemas lénticos lo son los nutrientes, y en especial el fosforo y el nitrógeno en sus diferetes formas.

Se identificaron en general 53 especies de algas fitoplanctónicas, correspondientes a cinco divisiones (Cianobacterios, Chlorophyta, Euglenophyta, Pirrophyta y Crisophyta), las cuales son definidas en su abundancia y proporciones durante el ciclo anual (figura 5), por las concentraciones de fosfatos (siempre mayores en la parte norte del sistema) y CO_2, y por los valores de pH encontrados, a juzgar por los análisis de ordenación NMDS efectuados y su comparación con las ordenaciones efectuadas con los parámetros fisicoquímicos.

Durante el ciclo anual en general se observó la presencia de aguas alcalinas en casi todo el sistema, hecho éste que favoreció el predominio de cianobacterias a lo largo del mismo, las cuales compiten tan solo por reemplazamiento con euglenophyta (figura 6), concordando estos resultados ampliamente con lo descrito por *Margalef (1983)* y con lo reportado por *Moreno-Osorio(1991)* para algunas ciénagas del sistema magdalénico. A su vez la estructura fitoplanctónica observada es correlacionable con la DQO y el % de saturación de O_2 (no así con el el derramamiento de petróleo); en el primer caso en razón a la materia orgánica en degradación y en el segundo por efecto de los procesos fotosintéticos correspondientes.

3.3. Vegetación Acuática

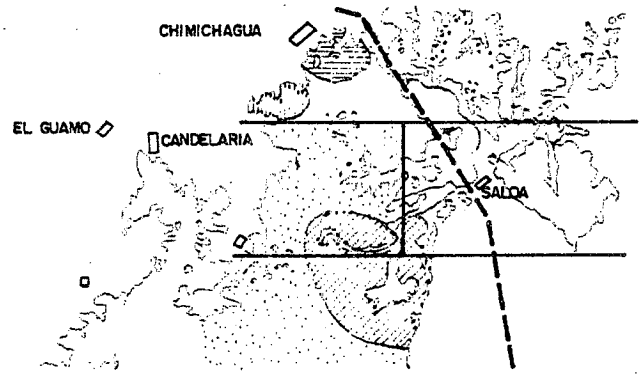
El trabajo en los alrededores del complejo cenagoso permitió la identificación de 79 especies de macrófitos distribuidas en 59 géneros y 35 familias, siendo el 43% de ellas monocotyledoneas, 51% dicotyledoneas y el restante 6% de heléchos (pteridophytos). Las familias con el mayor número géneros y especies fueron Poaceae y Cyperaceae, respectivamente.

Se resalta la proporción uno a uno encontrada entre las mono y dicotyledoneas, la cual según *Hutchinson (1975)*, es diferente a la que se encuentra en la porción terrestre que alcanza proporciones de uno a cinco respectivamente, destacándose a su véz el alto contenido monogenérico y monoespecífico (*Scultorpe, 1967*).

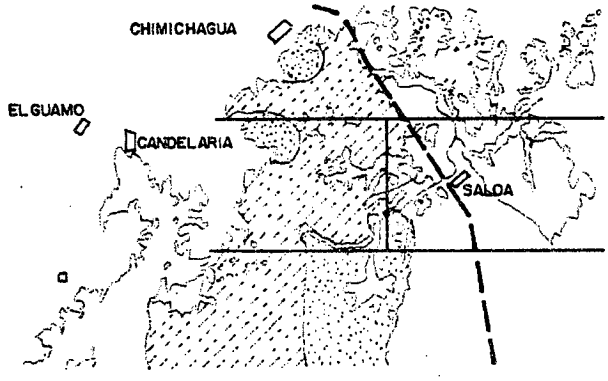
La clasificación de las especies encontradas en el plano inundable según su forma de vida y crecimiento se resume como un espectro en la tabla 1, , en la cual quedan representados el 68% de las especies y el 85% de los fisiotipos, siendo determinado el mayor número de especies por formas emergentes graminoides y herbaceas, seguido en general por los macrófitos errantes emergidos, con distribución centrada en la zona IV principalemente y la I al norte. en cercanías a la boca del río Cesar., Al igual que otras ciénagas del plano inundable del Magdalena, el complejo de Zapatosa es pobre en especies enraizadas sumergidas.

Es de resaltar que de las 53 especies tipificadas, la mitad forman poblaciones de caracter transitorio con alta capacidad de recambio y recuperacíon, de forma que el 19% son tenso-tolerantes, el 19% son tenso competitivas, el 17% disturbio-competitivas y el 45% disturbio-tolerantes (figura7). Acorde con

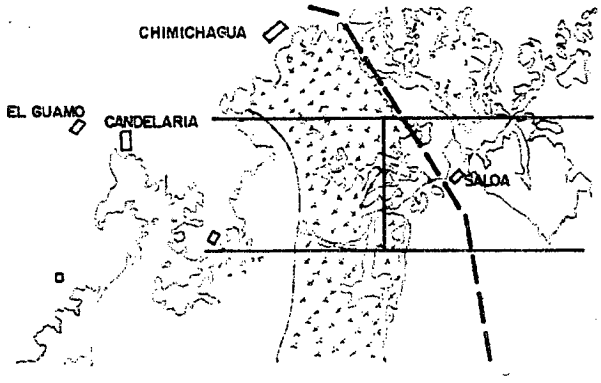
FIGURA 5. TIPIFICACION ESPACIAL FITOPLANCTONICA.



JULIO 1.990



MARZO 1.991



MAYO 1.991

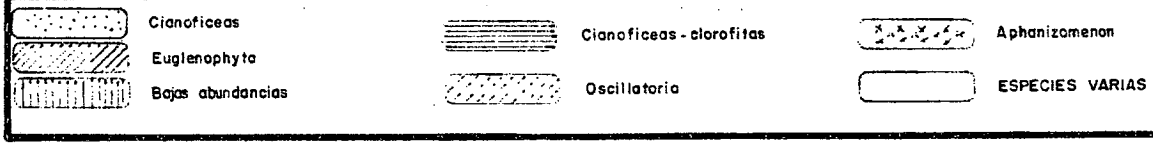


TABLA 1 Espectro biotipológico de los macrófitos acuáticos y semiacuáticos, y estaciones muestreadas.

Bio-fisiotipo	CCZ No. de especies	CCZ %	Estaciones No. de especies	Estaciones %
H Y G R O P H Y T A	19	24.1	19	35.2
HEL-Ludwigiida	5	6.3	2	3.7
HEL-Eleocharida	11	13.9	6	11.1
HEL-Hymenachnida	3	3.8	3	5.6
HEL-Thaliida	2	2.5	0	0
HEL-Polygonida	10	12.7	5	9.3
HEL-Ipomoeiida	2	2.5	2	3.7
HEL-Decodontida	1	1.3	1	1.9
HEL-Aeschynomenida	2	2.5	2	3.7
HEL-Sagittariida	5	6.3	1	1.9
EPH-Nymphaeida	3	3.8	0	0
EPH- Marsileida	1	1.3	1	1.9
EPH-Trapida	1	1.3	0	0
HYP-Parvopotamida	1	1.3	10	1.9
ACR-Eichhorniida	2	2.5	1	1.9
ACR-Pistiida	1	1.3	1	1.9
ACR-Salvinida	4	5.1	4	7.4
ACR-Lemnida	2	2.5	2	3.7
MES-Wolffiellida	2	2.5	2	3.7
MES- Utricularida	2	2.5	1	1.9
Total especies	79		54	
Total fisiotipos	20		17	

el marco conceptual definido por *White & Pickett (1985)*, "un disturbio es cualquier evento capaz de desorganizar la estructura de un ecosistema, comunidad o población, al cambiar los recursos, el acceso al sustrato o el ambiente físico". En ese sentido el derrame de crudo ocurrido, se puede considerar en relación con las poblaciones de macrófitos acuáticos como un evento de caracter inprevisible. y como tal, la pronta recuperación de la vegetación ante dicho evento, registrada durante los dos primeros muestreos (figura 8), correspondió a la capacidad regenerativa inherente a las estrategias de sobrevivencia presentadas por las especies afectadas.

El principal efecto atribuible al derrame de crudo, consistió entonces en la impregnación de los macrófitos próximos al punto de vertimiento a la ciénaga, suceso que produce la muerte. Por tal razón todas las plantas acuáticas fueron retiradas del cuerpo de agua durante las faenas de limpieza y en consecuencia, tanto el retiro de la vegetación impregnada, como la dinámica misma de las comunidades, permitieron su recuperación casi que inmediata, ya que en el primer caso se evitó la descomposición de material vegetal en el agua y la inclusión de las fracciones remanentes de crudo y a su véz, el retiro facilitó el asentamiento de nuevas comunidades vegetales.

3.5. Fauna asociada a macrófitos

La evaluación de los macroinvertebrados asociados a las macrófitas acuáticas flotantes, permitió identificar 108 taxa (nivel genérico y de familia) de organismos pertenecientes a los phylla Annelida, Arthropoda y Mollusca. De estos, los insectos acuáticos comprendieron el 64% de las familias y el 75% de las taxa cuantificadas, lográndose identificar 35 familias y 80 taxa, la mayoría pertenecientes a los Hemíptera, Coleóptera y Díptera. El 25% de las taxa restantes de macroinvertebrados, se repartío principalmente entre Gasterópodos (11%), y Crustaceos (9%). La figura 9 ilustra la distribución porcentual de éstos organismos durante las diferentes épocas de muestreo en la red de estaciones seleccionada.

En relación con el derrame de petróleo, los efectos mas inmediatos fueron semejantes a los experimentados por la vegetación acuática, yá que en el sector mas próximo a la entrada de crudo, se retiró toda la vegetación impregnada, muriendo ésta y todos los organismos que en ella se encontraban. Ante esto, el estudio de macroinvertebrados se llevó a cabo en aquellas comunidades de macrófitos aledañas que no fueron drásticamente impregnadas con el petróleo y que por lo tanto no fueron retiradas del agua.

A nivel estructural, si se observan las proporciones y distribución de los diferentes grupos durante todo el período de muestreo en las diferentes estaciones, los efectos del derrame resultan bajos, yá que según se observó, el número de especies y de individuos se vió maximizado en la zona I en donde ocurrió el derrame, anotando sin embargo que este hecho no ocurre como una respuesta de especies oportunistas ante la presencia de un tensor, sino que es propio de la dinámica y condiciones particulares del sector, por lo que las especies y de acuerdo con *Junk et al (1989)* se encuentran adaptadas a drásticos cambios ambientales temporales como consecuencia de los "pulsos de inundación y sequía" que se suceden a lo largo del período del año, siendo por lo tanto grupos taxonómicos de caracter euritípico o generalista.

3.6. Comunidades ícticas

Durante el período de estudio, se colectaron en total 31 especies de peces (Tabla 2) mediante la utilización de los dos artes descritos en el aparte metodológico, de forma que el análisis de los mismos se realizó separadamente a fín de generar un nivel de comparación entre los mismos y en la pesca en general (figura 10).

FIGURA 8. DISTRIBUCION DE LOS SECTORES DE LA VEGETACION ACUATICA.

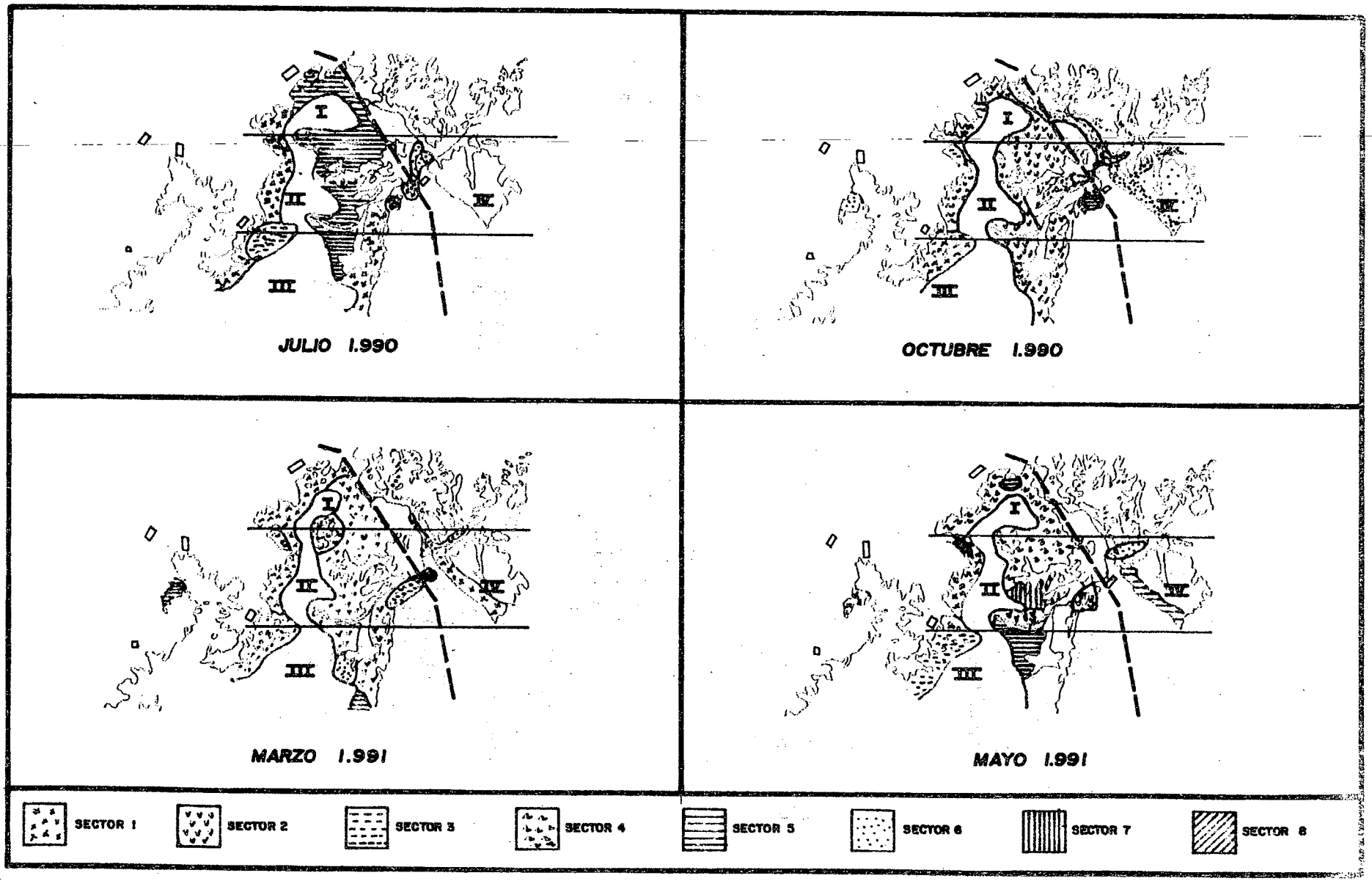
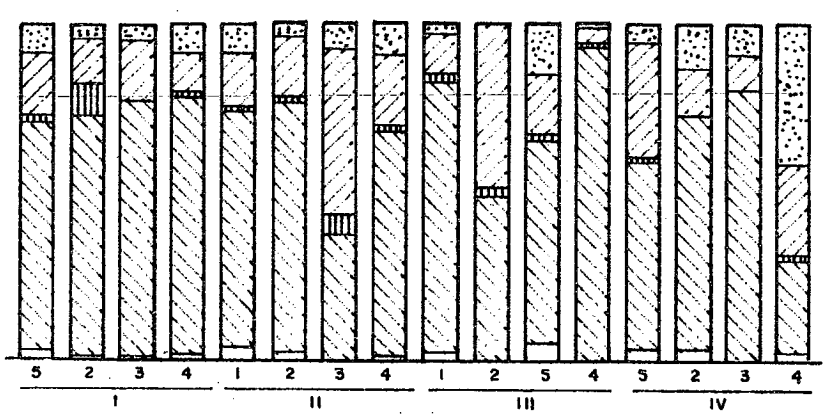


TABLA 2. Nombre científico y vernacular de las especies icticas capturadas y su utilización por parte de los pescadores de la región.

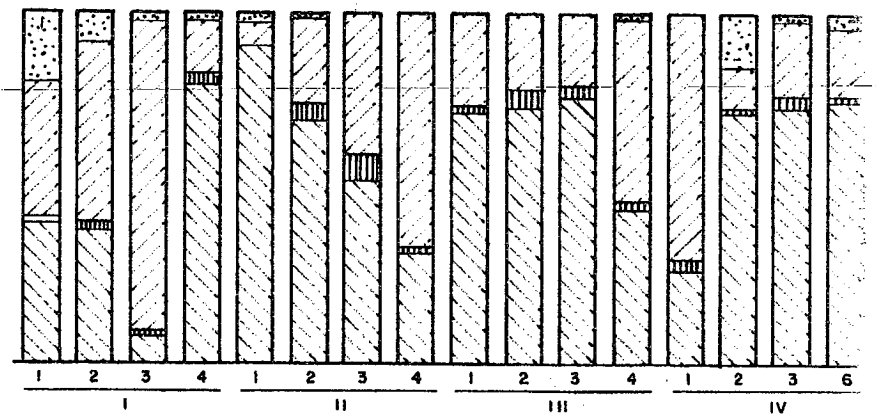
CODIGO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VERNACULAR	USO
1.	Triportheus magdalenae	Arenca	1
2.	Pimelodus clarias	Nicuro	1
3.	Curimata magdalenae	Viejita	2
4.	Prochilodus reticulatus m.	Bocachico	1
5.	Petenia kraussii	Mojarra	2
6.	Ageneiosus caucanus	Doncella	1
7.	Sorubim lima	Blanquillo	1
8.	Pseudoplatystoma fasciatum	Bagre rayado	1
9.	Plagioscion surinamensis	Pacora	1
10.	Cyrtocharax magdalenae m.	Chango	3
11.	Aequidens pulcher	Mojarra de Piedra	3
12.	Sternopygus macrurus	Lamprera	3
13.	Hypopomus brevirostris	Chucha	3
14.	Trachycorystes insignis i.	Cachegua	3
15.	Loricaria filamentosa	Alcalde	3
16.	Plecostomus tenuicauda	Zapatero	3
17.	Curimata mivartii	Cachaca	2
18.	Potamotrygon magdalenae	Raya	3
19.	Centrochir crocodilii	Matacaimán	3
20.	Roeboides dayi d.	Pechona	3
21.	Ctenolucius hujeta i.	Agujeta	3
22.	Leporinus muyscorum	Comelón	1
23.	Loricaria magadlenae	Coroncoro	2
24.	Hoplias malabaricus	Moncholo	2
25.	Pterigoplichtys undecimalis	Coronc. de Piedra	3
26.	Pseudopimelodus bufonius	Pejesapo	2
27.	Salminus affinis	Picúa/dorada	2
28.	Synbranchus marmoratus	Anguila	3
29.	Oreocrhomis niloticus	Tilapia	2
30.	Abramites eques	Bonito	2
31.	Anchoa sp.	Sardina	3

Usos: 1. Comercial, 2. Consumo 3. Ninguno

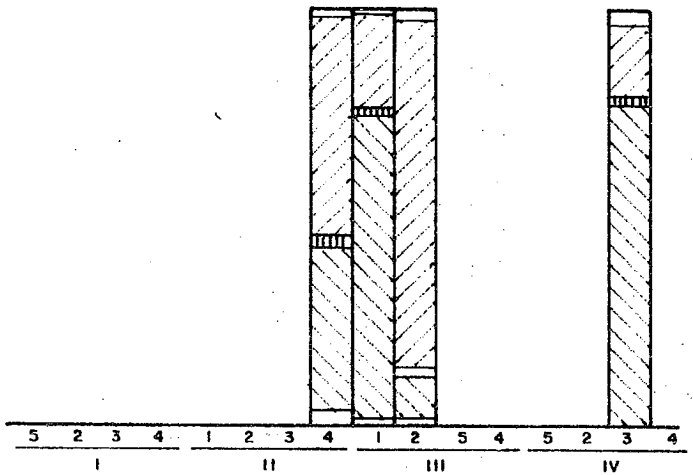
FIGURA 9. HISTOGRAMAS PORCENTUALES DE LAS ABUNDANCIAS DE LOS GRUPOS TAXONOMICOS ENCONTRADOS EN CADA ESTACION.



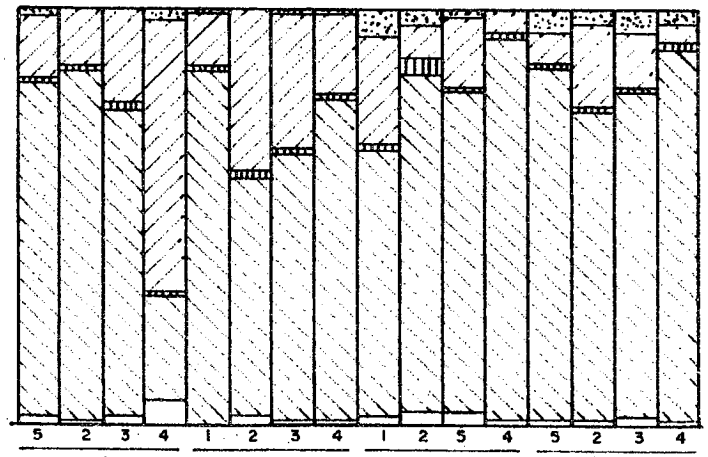
OCTUBRE I.990



JULIO I.990



MARZO I.991



MAYO I.991

Molusca | Annelida | Crustacea | Insecta | Arachnoidea

Atarraya

A nivel de este arte, los análisis de clasificación normal resumidas las cuatro zonas en las cuatro épocas climáticas (figura 11), describen en forma géneral una gran similitud en las capturas, observándose tan solo algunas discrepacias entre algunas zonas para períodos de muestreo diferentes, sin que generen cambios drásticos en el balance global. Se resalta sin embargo el hecho de que el número de especies a lo largo del ciclo anual, tendió a ser mayor en las zonas I y II, respecto a las zonas III y IV.

A lo largo del período de muestreo, se encontraron capturas promedio de 7.65, 7.0, 6.35, y 8.5 kg/día para cada caso, cifras estas que resultan relativamente homogeneas, ocurriendo las menores capturas en la época de sequía (tercer muestreo), cuando la ciénaga encuentra su nivel mínimo y las mayores para su nivel máximo (cuarto muestreo).

Este resultado interpreta las relaciones río-ciénaga y los modelos planteados por diversos autores para describir las migraciones de los peces de un sistema hacia el otro, acorde con las condiciones ambientales presentes en cada caso. Así, durante la temporada de lluvias, la turbidéz, las fuertes corrientes y la poca oferta de alimento en los ríos, beneficia el paso de los peces hacia las ciénagas, ocurriendo lo contrario en verano, cuando las altas temperaturas y el bajo oxígeno los regresa hacia el cauce principal.

Sin embargo en la zona IV, por razones no muy claras, el comportamiento a través del período de estudio, fué contrario al resto de la Ciénaga, ya que el número de individuos capturados se incrementó durante aguas bajas y disminuyó en las altas.

Se resalta que en general la CPUE media obtenida en esta investigación, se encuentra dentro de rangos próximos a los de la Ciénaga Grande de Santa Marta y muy por encima de los reportados previamente para Zapatosa, por lo que se puede inferir que el sistema aún mantiene sus niveles de productividad pesquera en terminos de la biomasa capturada con atarraya.

Trasmallo

Los resultados de las capturas obtenidos con este arte fueron muy variables, y auncuando se esperaban valores bajos durante las épocas de seqúia por la migración de los peces mencionada, no ocurrió asen este caso, por el cuantioso aporte de las rayas (Potamotrigon magdalenae) y los zapateros (Plecostomus tenuicauda), que en realidad no reciben ninguna utilización por parte de los pescadores de la región, por lo que el mayor porcentaje de pesca en estas épocas se malogra.

Los resultados de la clasificación normal (figura 12) para las cuatro épocas denotan un comportamiento en donde las variaciones estacionales cobran poca importancia frente al régimen climático de cada época, sin que esto implique la existencia de diferencias en la cuentía de las capturas, sino que la composición de ellas resulta similar. Este hecho contrasta con lo descrito para la atarraya, en donde los gradientes espaciales tienen un mayor significado en la estructura biótica y las variaciones en el tiempo son impercptibles, recayendo la explicación de este fenómeno en que las especies capturadas con uno y otro arte son diferentes; es así como las aencas, los nicuros y las viejitas son muy abundantes en la pesca con atarraya, mientras en el trasmallo lo son el bocachico, la raya, el zapatero y la pacora.

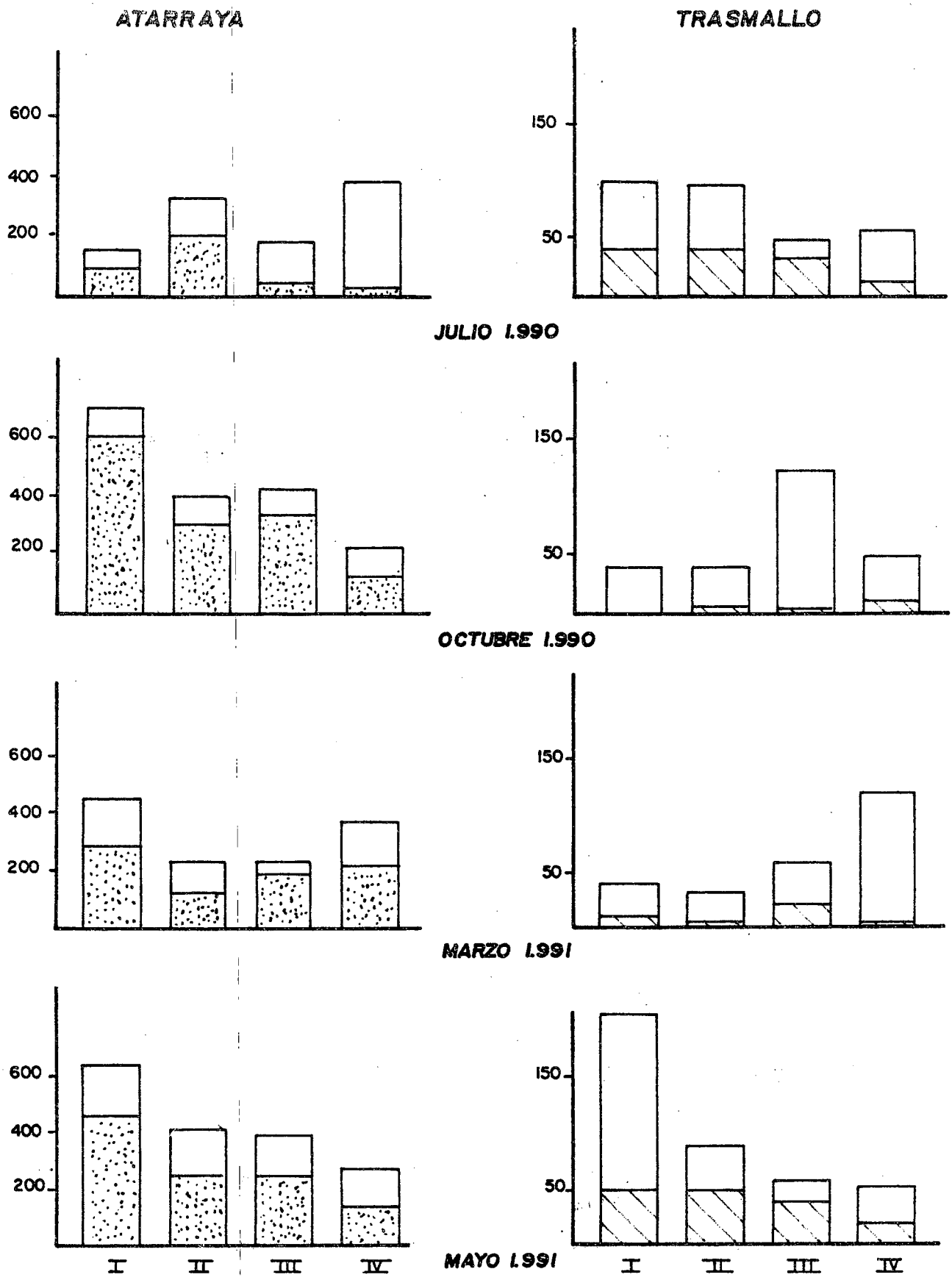


FIGURA 10. CAPTURAS TOTALES POR ARTE DE PESCA, ZONAS Y EPOCAS

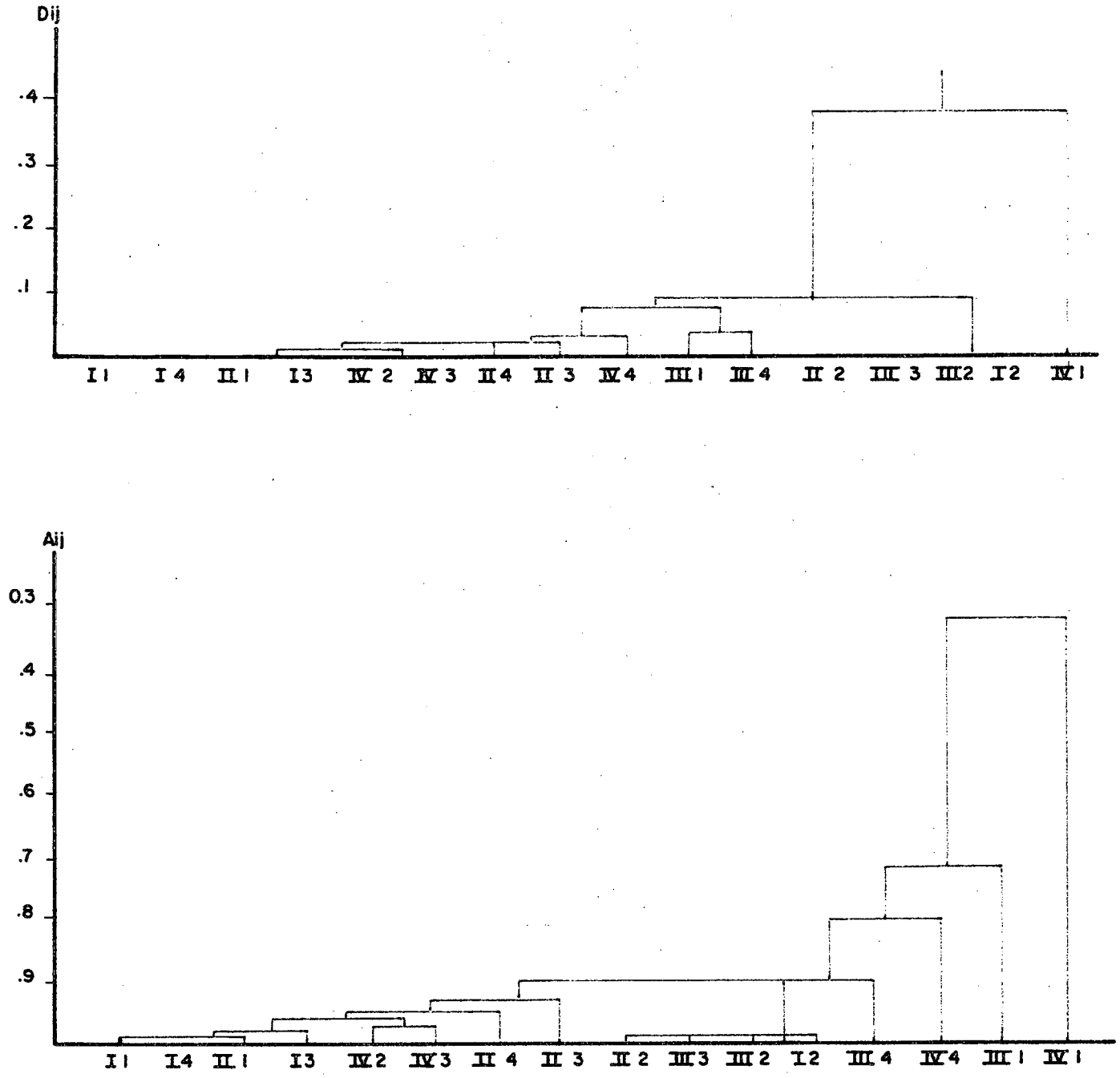


FIGURA 11. CLASIFICACION NORMAL PARA LAS ESPECIES ICTICAS CAPTURADAS CON ATARRAYA.

JULIO,OCTUBRE 1990 - MARZO, MAYO 1.991.

En relación con las CPUE, éstas fueron de 1.47, 0.83, 1.31 y 1.25 kg/hora, valores que se encuentran dentro de los rangos reportados por otros autores en diferentes regiones del país. Notese que la mayor captura obedece al primer muestreo, gracias a los altos registros en las zonas I y II, las cuales además muestran un comportamiento similar a lo largo del estudio, muy diferente por demás a lo observado en otras zonas del país.

Problemática actual

Aunque los rendimientos pesqueros encontrados en el presente estudio están dentro de los rangos esperados y reportados por otros autores hay que destacar que la estructura íctica se ha modificado. La composición de las capturas con atarraya señalan a la arenca y el nicuro como las especies de mayor abundancia, de manera similar a resultados recientes obtenidos para el embalse del Guájaro, también perteneciente a la cuenca del Magdalena (*Zárate et al, 1989*).

El fenómeno de sobrepesca viene produciendo un reemplazamiento drástico progresivo de las especies ícticas, en detrimento de aquellas anteriormente consideradas como de importancia económica y en beneficio de otras que no representan utilidad alguna para el pescador, como rayas y zapateros.

Especies que anteriormente fueron consideradas importantes por su abundancia, tallas e interés comercial, como la doncella (Ageneiosus caucanus), el bagre rayado (Pseudoplatystoma fasciatum) y el blanquillo (Sorubim lima), apenas fueron capturadas en muy bajo número (29, 21 y 1 individuo respectivamente).

Este planteamiento es consecuente con lo que reportan *Arias et al (1983)* y *Valderrama et al (1988)* quienes hablan de una reducción en el rendimiento pesquero en el Magdalena, así como también en las tallas de bocachicos y bagres. Los estudios de hace una década hacia el presente, vislumbran entonces una situación crítica para estas especies, pues muestran reducciones sustanciales en sus abundancias y tallas medias, lo cuál se confirma en la presente investigación, con significativas reducciones en el sector pesquero, equivalentes a 5000 toneladas entre 1977 y 1987 en el Complejo cenagoso de Zapatosa, de acuerdo con datos reportados por *CORPOCESAR (1988)*.

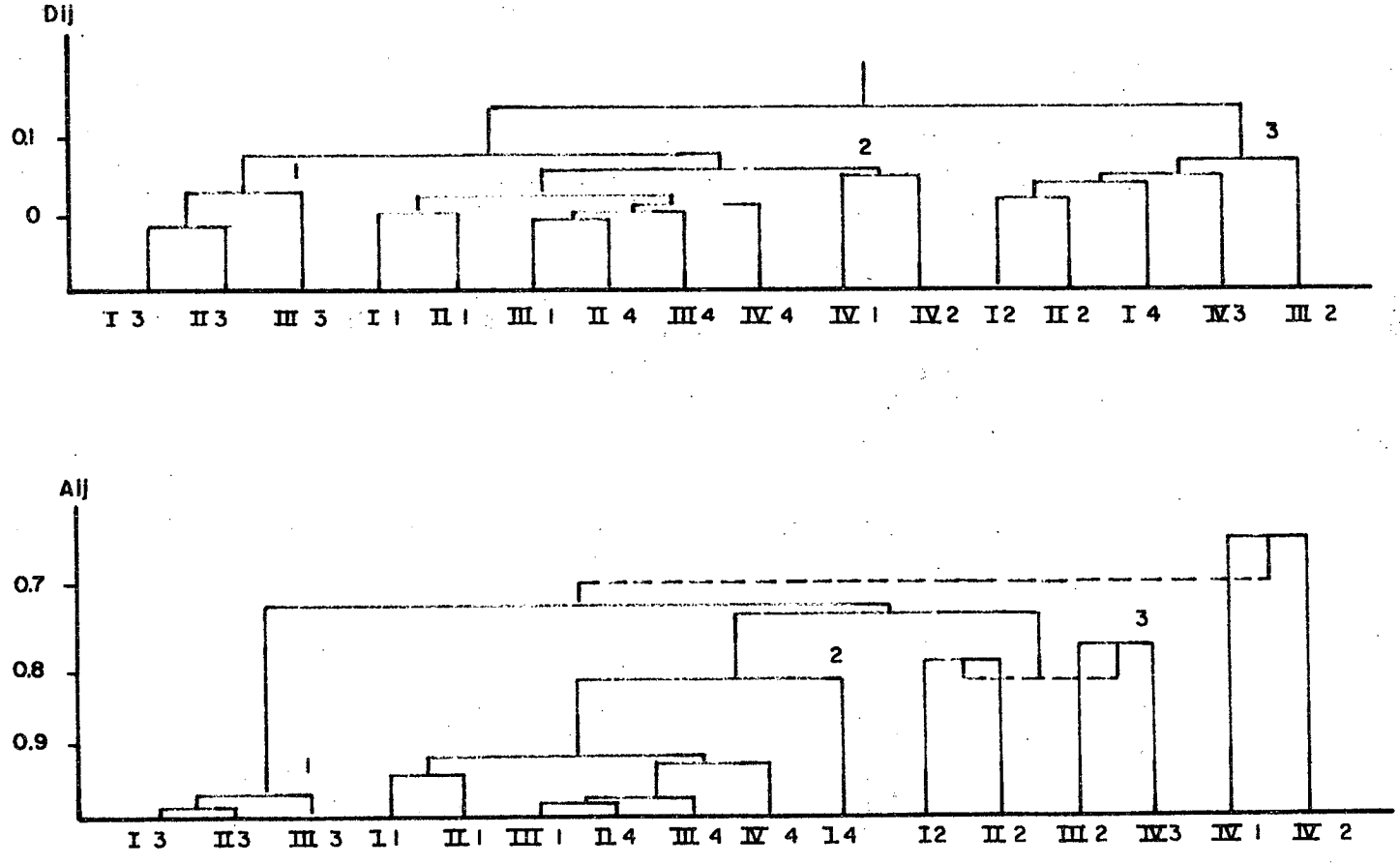
Debe recalcarse el hecho de que durante la ejecución del estudio, a nivel de la pesca del sistema, no se reportó ningún efecto negativo en la diversidad, composición o cuantía de estas comunidades en relación con el derrame de petróleo, lo cual se explica tanto por las labores de descontaminación adelantadas por Ecopetrol DCC, como por la gran dinámica del sistema, cuyos fuertes recambios de agua permitieron su depuración en el corto tiempo.

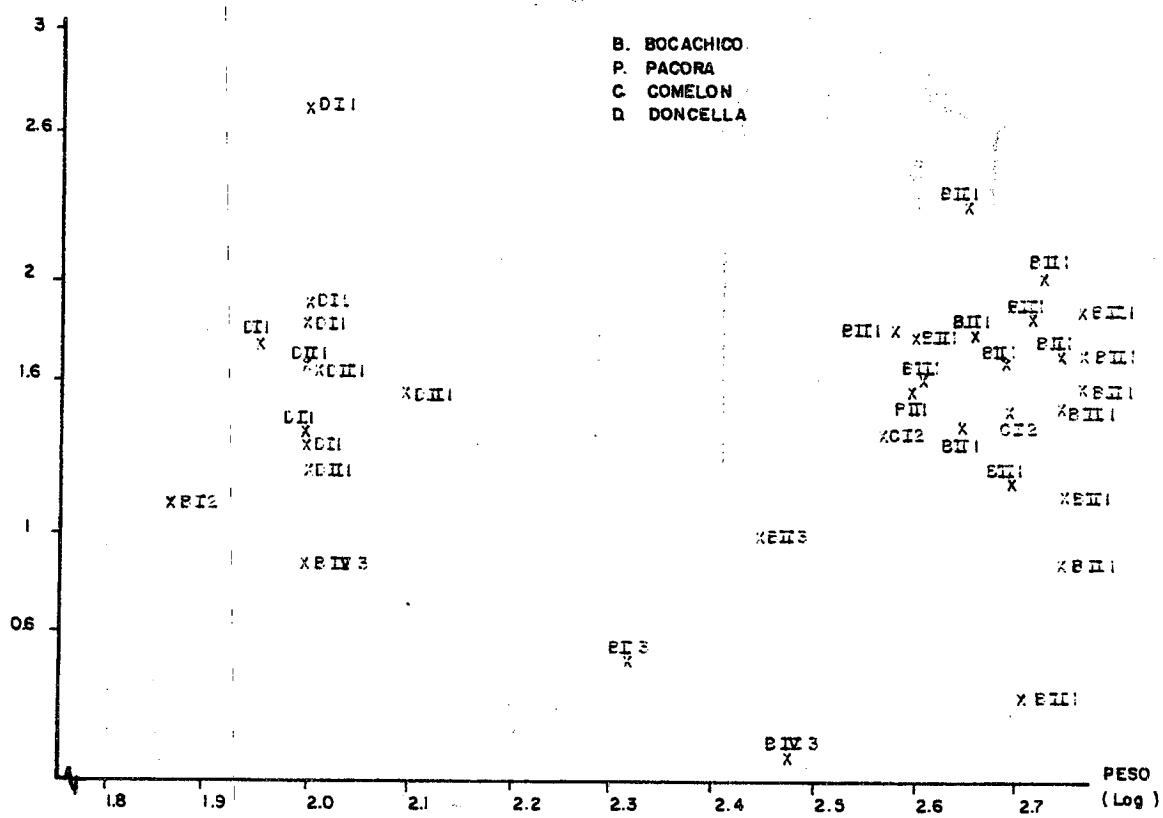
3.6. Hidrocaburos en sedimentos y peces

Las concentraciones de hidrocarburos en sedimentos, en general fueron altas (50-680 ug/g) particularmente en el lugar por donde penetró el petróleo a la ciénaga, manteniendo valores elevados durante un período inferior a 10 meses. Pasado éste tiempo, se registró una disminución en los hidrocarburos muy seguramente debido al recambio de agua y sedimentos de fondo carácterístico de estos sistemas, como respuesta a las condiciones climáticas regionales.

En ese sentido, si se observa la figura 14, se puede notar que el análisis de componentes principales disgrega a lo largo de las épocas de muestreo, las estaciones mas afectadas, las cuales se localizan principalmente en las zonas I (Chimichagua) y IV (Saloa), que obedecen a aquellas por en donde en algún momento ocurrió un derrame, de petroleo (1991 en el primero y 1986 en el segundo).

FIGURA 12. CLASIFICACION NORMAL PARA LAS ESPECIES ICTICAS CAPTURADAS CON TRASMALLO JULIO, OCTUBRE 1.990 - MARZO, MAYO 1.991.





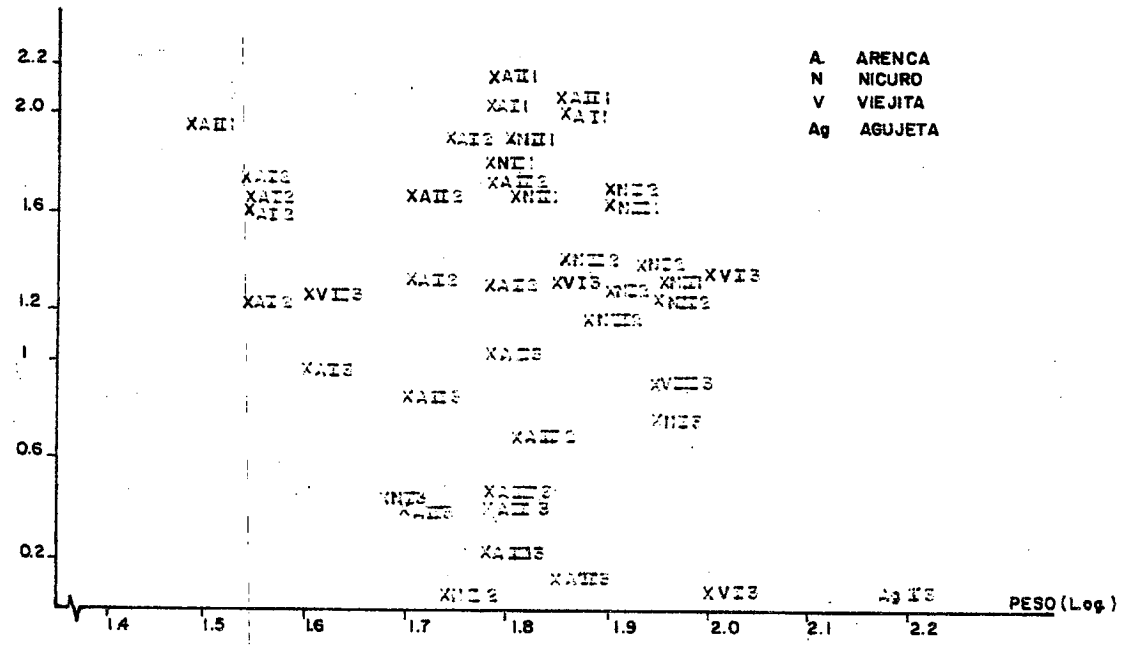
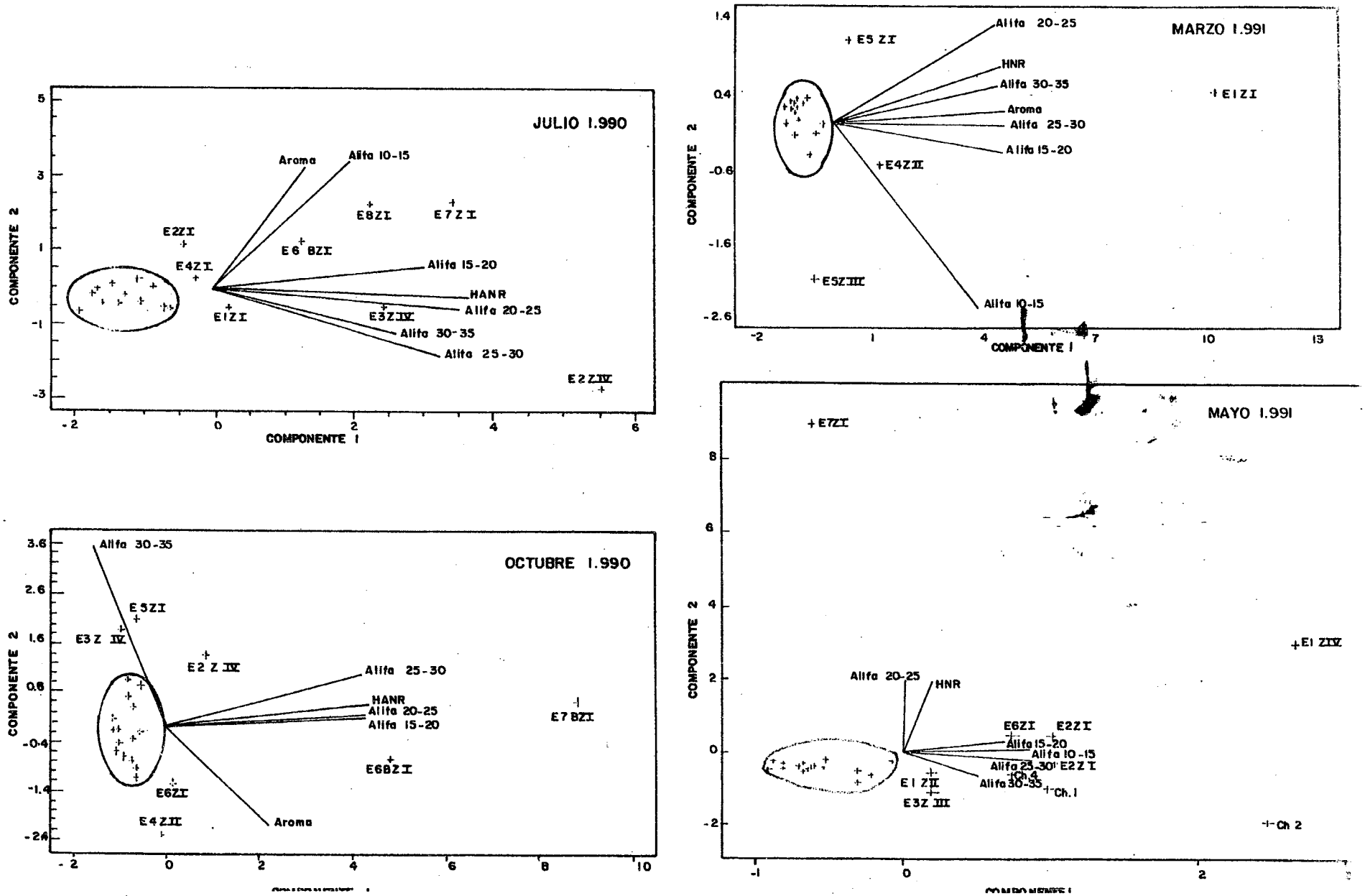


FIGURA 13.. CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS (log/lg/g) Y PESO (Log/gr) EN CADA EJEMPLAR EVALUADO. I... IV: ZONAS - 1-3: EPOCA DE MUESTREO.

FIGURA 14. COMPONENTES PRINCIPALES PARA LOS HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS.



De otro lado, a nivel de las especies de peces, no se detectaron efectos deletereos letales masivos a raíz del derrame ocurrido, los cuales normalmente son la principal manifestación ante este tipo de impactos.

No obstante lo anterior, sí se presentó bioacumulación en todas las especies estudiadas, estando las concentraciones encontradas en directa relación con la proximidad del sitio de captura con el lugar de entrada del petróleo a la ciénaga, viendose depuración progresiva a lo largo del tiempo, hasta el punto de no registrarse hidrocarburos no resueltos a partir del tercer período muestral.

Los valores maximos de hidrocarburos encontrados en los peces capturados en las zonas I y II, oscilaron entre 100 y 150 ug/g, pudiendo considerarse estas concentraciones como altas al ser comparadas con datos reportados por *Ospina (1988)* para ostras del Caribe Colombiano (30ug/g) o de 3.5 a 18.9 ug/g para peces del río catatumbo (*Viña y Mojica, 1991*).

Las concentraciones de hidrocarburos bioacumulados no pudieron ser explicadas ni en función del peso de los especímenes, ni de su dieta alimentaria o nivel trófico ocupado (figura 13) .Así mientras las mayores concentraciones de hidrocarburos en los sedimentos aparecen en el segundo muestreo, para los peces ocurren en el primero, lo cual indica que su acumulación se produjo posiblemente por contacto directo y respiración, mientras el petróleo permaneció suspendido en la columna de agua.

Es de resaltar además que la magnitud de los hidrocarburos encontrados así como las envolventes de hidrocarburos no resueltos, denotan de por sí su procedencia petrogénica ya que tal como lo referencia *Lee (1976)*, las concentraciones maximas de hidrocarburos en peces para origen biológico, nunca deberian superar los 2ug/g.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias, P., 1975. Contribución al conocimiento limnológico de la ciénaga de Guarinocito y su relación con el río Magdalena. Tesis biología marina UJTL, Bogotá, 47 p.

Arias, P., Zarate, M., Arboleda, S., Vera, G., Barrios, M., 1983. Situación actual de las pesquerías en la cuenca magdalénica con base en datos de esfuerzo y captura entre 1977 y 1982. Inderena, 43 p.

Bazigos G.P., Kapetsky, J.M y Granados, J., 1977. The present state of the fishery of the Magdalena River Basin, Colombia. Rome, FAO Working paper No 2 FI:DP-COL-72-552, 30p.

Bray, J.R., Curtis, J.T. 1957. Ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27: 325-349.

Clarke, K.R., Green, R.H. 1988. Statistical design and analysis for a "biological effects" study. Mar. Ecol. 46: 213-226.

Corpocesar (Corporación autónoma regional del Cesar), 1988. Proyecto de cooperación técnica internacional "Ciénaga de Zapatosa-Subcuenca Guatapurí".DNP, Valledupar, 46 p.

Ducharme, A., 1975. Informe técnico de biología pesquera (Limnología). Publ Proy Des Pesca Cont. Inderena-FAO, Colombia 4:1-42.

Fasham, M.J.R. 1977. A comparison of nonmetric multidimensional scaling, principal components and reciprocal averaging for the ordination of simulated coenoclines, and coenoplanes. Ecology 58: 551- 561.

Gonzalez, B., Granados, A., Marín, L., Molina, A., Manjarrés, L., 1988. Diagnóstico y análisis de las pesquerías del la Ciénaga de Zapatosa. Ingeniería Pesquera. UTM 3: 8-58.

Gray, J.S., M. Aschan., M.R. Carr., K.R. Green., T.H. Pearson., R.Rosenberg., y R.M. Warwick. 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord / Langesundfjord and in a mesocosm experiment. Mar. Ecol. Vol 46 : 151-160.

Greigh-Smith, P, 1983. Quantitative Plant Ecology. 3th ed., Univ. of California Press, Berkley.

Hutchinson, B.E., 1975. A treatise on limnology, III: Limnologycal botany. John Wiley & Sons, New York.

James, C.F., McCulloch, Ch.E. 1990. Multivariate analysis in ecology and sistematics: panacea or pandora's box. Annu. Rev. Ecol. Syst. 21: 129-166.

Johnson, R.A. y Wichern, D.W., 1982. Applied multivariate statistical analysis. Prentice Hall Inc. Englewood-Cliffs, New Jersey.

Junk, W., Bayley, P.B., Sparks, R.E., 1989. The flood pulse concept in river floodplain systems. En: Dodge, D.P.(ed) Proc. International Large River Symposium. Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106: 110-127.

Lee, R.F., 1976. Monitoring petroleum hydrocarbons. in: Potrmann, J.E. (ed) Manual of methods in aquatic environmental research. FAO Fish. Tech. Pap. Part II, pp 38-47.

Ludgwig, J.A., Reynolds, J.F. 1988. Statistical Ecology. Wiley, New York.

Moreno-Osorio, 1991 Monitoreo de comunidades bióticas en ambientes acuáticos del sector de influencia del Complejo Industrial de Barrancabermeja y el Distrito de Producción el Centro (CIB/ELC). ECOPETROL - ICP, Bogotá, '128p.

Orloci, L. 1978. Multivariate analysis in vegetation research. Dr W Junk B.V. Publishers, 2a ed., Boston.

Ospina, C.E., 1988. Concentración de hidrocarburos en aguas, sedimentos y ostras en el litoral Caribe Colombiano (Bahía Barbacoas-Parque Tayrona) Tesis Biólogo. Potif. Univ. Javeriana, Bogotá. 88p.

Ricklefs, R.E. y Lau, M., 1980. Bias and dispersion of overlap indexes. Results of some Monte Carlo Simulations. Ecology 61:1019-1024.

Sculthorpe, C.D., 1967. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold, London.

Shannon, C.E., Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press, Urbana.

Sokal,R.R., y Rohlf, F.J., 1979. Biometría. Blume, Madrid.

Valderrama, M., Zarate, M., Vera, G., Moreno, C., Martinea, J., 1988. Determinación de la talla media de maduréz y análisis de la problemática con referencia a las tallas medias de captura del bagre rayado (Pseudoplatystoma fasciatum Linnaeus, 1766) en la cuenca del río Magdalena. Trianea 2: 537-549.

Viña, G., Restrepo, R., Mojica, J.I., Pabón, M.A., Contreras, M., 1991. Estudio ecológico de las zonas afectadas por derrames de petróleo durante 1988 en el area de influencia del oeoducto Caño Limón -Coveñas. Ecopetrol DCC-ICP, Cúcuta, Colombia. 92p.

Viña, G. y Mojica J.I., 1991. Ictiología del río Catatumbo y su relación con los derrames de petróleo por atentados al oleoducto Caño Limón Coveñas. Ecopetrol DCC, Cúcuta, 38 p.

Welcomme, E.R., 1979. Fisheries ecology of floodplain rivers. Longman, London.

White, P.S. y Pickett, S.T.A., 1985. The ecology of natural dynamics and patch dynamics. Academic Press, Orlando.

Zárate, M., Valderrama, M., Sánchez, F., Martinez, J., 1989. Evaluación de las pesquerías del embalse del Guájaro junto con algunos criterio de manejo. Trianea 3: 215-226.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Dr. Victor Arellano Peña, Superintendente de Operaciones de Ecopetrol DCC, por su apoyo decidido para el adelanto de la presente investigación, así como al Ingeniero Ricardo Sandoval por su cooperación en la logzística de campo. Especial mención a la Participación del Señor Fidencio Pacheco (Pescador estrella de Salsa) y a los demás Saloeros y Chimichagueros que como Foster, Caracas y Jaime, hicieron menos arduas las labores de muestreo.