

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

U.A.C.P. Y P. DEL C.C.H.
IIMAS

**IMPACTO AMBIENTAL EN LA COMUNIDAD DE
PECES, ANTES Y DESPUES DE LA APERTURA
DEL CANAL ARTIFICIAL, TEACAPAN AGUA -
BRAVA NAYARIT, MEXICO**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE :
ESPECIALIZACION EN ESTADISTICA APLICADA

P R E S E N T A :

BIOL. BENJAMIN ALVARES RUBIO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la Especialidad en Estadística Aplicada



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y
EN SISTEMAS

AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer un reconocimiento especial al Dr. Ignacio Méndez Ramírez, por su asesoría, dirección y revisión crítica del manuscrito.

A la M. en C. Hortensia Góngora Treviño, por su asesoría y revisión crítica de este manuscrito

Al Dr. Rubén Hernández Cid, al M. en C. Guillermo Baz Téllez, al M. en C. Rafael Madrid Ríos y al M. en C. Margarito Alvarez Rubio, por las asesorías y comentarios otorgados para una mejor realización del manuscrito.

Al Dr. Felipe Amezcua Linares, responsable del Laboratorio de Ictiología y Ecología Estuarina, por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

INTRODUCCION-----	1
OBJETIVOS -----	3
HIPOTESIS-----	3
AREA DE ESTUDIO -----	4
ANTECEDENTES -----	7
MATERIAL Y METODO -----	7
Diversidad de especies -----	8
Sesgo de la diversidad -----	9
Varianza de la diversidad-----	9
Intervalo de confianza -----	9
Prueba de Hipótesis-----	9
Análisis de cúmulos -----	11
Medidas de asociación -----	12
RESULTADOS -----	13
ANALISIS DE CUMULOS PARA LAS ESPECIES ANTES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1971)	
Secas-----	13
Lluvias-----	14
ANALISIS DE CUMULOS PARA LAS ESPECIES DESPUES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1979)	
Secas-----	16
Lluvias-----	17
ANALISIS DE CUMULOS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO ANTES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1971)	
Secas-----	18
Lluvias-----	19
ANALISIS DE CUMULOS PARA LAS ESTACIONES DE MUESTREO DESPUES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1979)	
Secas-----	20
Lluvias-----	21
PRUEBAS DE HIPOTESIS DE LA DIVERSIDAD -----	22
ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE-----	23
DISCUSION -----	25
CONCLUSION -----	31
BIBLIOGRAFIA -----	33

RESUMEN

Los estudios de lagunas costeras y estuarios en México presentan gran relevancia, principalmente en aquellos sistemas de importancia turística y pesquera, donde el hombre modifica el ambiente para generar beneficios sin medir las consecuencias que pueda ocasionar a las poblaciones que se desarrollan en estos sistemas. Los efectos pueden ser positivos para algunas especies, y perjudiciales para otras que no tienen la capacidad de adaptarse a los cambios, ocasionando una emigración de las poblaciones hacia habitat más propicios.

Se realizó un estudio retrospectivo sobre la Laguna Costera Teacapán Agua Brava Nayarit, se estudiaron condiciones ambientales y poblaciones de peces, antes y después de la apertura del canal artificial. Los datos fueron tomados de investigaciones anteriores en el sistema. Antes de la apertura del canal, se tomó un total de 14 estaciones en la época de secas y 15 en la de lluvias; después de la apertura se reportan 20 estaciones de muestreo para la época de secas y 18 en la de lluvias. De acuerdo a esto se pretende conocer el efecto que ha tenido el canal artificial, así como la asociación de las especies con los parámetros ambientales.

Se calcularon: El índice de diversidad $H'n$, su varianza $var(H'n)$, su sesgo $E(H'n)$, y su intervalo de confianza al 95% para la comunidad de peces. Las pruebas de hipótesis se realizaron con el estadístico ' t '. Para el análisis de cúmulos se usó la distancia Euclidiana (WPGMA); también se empleó la regresión múltiple para determinar el grado y forma de asociación de las especies con los parámetros ambientales.

En el análisis de los cúmulos se determinó que las especies que se agrupan con mayor similitud son eurialinas, carnívoras y especies de primer orden, como *Galeichthys caeruleus*, *Centropomus robalito*, *Anchovia macrolepidota*, *Pomadasys macracanthus*, *Eucinostomus* sp. y *Mugil curema*. Después de la apertura las especies con mayor frecuencias y similitud fueron *Mugil curema*, *Achirus mazatlanus*, *Diapterus peruvianus*, *Arius liropus*, *Centropomus robalito*. La agrupación de las estaciones de muestreo en base a los parámetros ambientales antes de la apertura y tanto en la época de secas como en la de lluvias, determinó dos grupos: uno que corresponde al ambiente estuarino y otro al de la laguna. Después de la apertura del Canal en la época de secas se formaron tres grupos: uno que corresponde a la parte Baja del Estero; otro al Canal del Estero y estaciones de la laguna; el tercero agrupa estaciones con altos valores salinos (40 S). En general en estos tres grupos después de la apertura se entremezclan las estaciones, siendo difícil formar dos grupos, este fenómeno se ha descrito en trabajos anteriores para esta época de secas y después de la apertura del canal.

Asimismo se determinó que no existen suficientes evidencias para decir que hay mayor diversidad antes de la apertura del canal, esto es, comparando épocas climáticas. Al comparar estas épocas pero por zonas se concluye que existe mayor diversidad en la zona norte después de la apertura del canal con $0.025 < P < 0.05$. Así, se tiene que las especies se asocian con la salinidad en forma negativa, cuando ésta aumenta en la zona sur la diversidad tiende a ser menor, si tiende a disminuir la salinidad la diversidad decrece; mientras que en la zona norte el cambio de salinidad y diversidad es poco variable. En general el efecto de la Boca Artificial ha repercutido en las especies ya que ha dado lugar a una sucesión de especies; antes de la apertura se registran 71 especies, y después de la apertura son 75. Así como 19 son las que emigran y 25 son las que ingresan al sistema.

INTRODUCCION

Los estudios de las lagunas costera y estuarios en México presentan gran relevancia, principalmente en aquellos sistemas de importancia turística y pesquera, donde el hombre modifica el ambiente para generar beneficios, sin medir las consecuencias que pueda ocasionar a las poblaciones acuáticas que se desarrollan en estos sistemas. Los efectos pueden ser positivos para algunas especies, y perjudiciales para otras que no tienen capacidad de adaptarse a los cambios, ocasionando una emigración de las poblaciones hacia habitat más propicios para su desarrollo y su adaptación a las nuevas condiciones.

Estos ecosistemas Lagunar-Estuarino son utilizados como áreas de desechos industriales o como zonas de extracción petrolera, causando un desequilibrio ecológico, lo cual repercute en la emigración de poblaciones que no se pueden adaptar a éste medio. Las Lagunas Costeras y Estuarios, sirven como un complemento en los patrones de flujo de los peces entre el mar y las zonas costeras. Asimismo proporcionan protección a organismos juveniles, reproducción y disponibilidad de alimento (Yañez-Arancibia 1986), por lo cual estas áreas deben permanecer libres de contaminantes para evitar un desequilibrio ecológico, que a través del tiempo el hombre se vea imposibilitado para la obtención de algún recurso que es vital para su desarrollo y crecimiento económico.

En el país existen algunos sistemas como el de Teacapán Agua-Brava, en donde el efecto del hombre en el aspecto de contaminación aún es mínimo, pero ha modificado los habitat del sistema, principalmente con la apertura del Canal Artificial de Cuautla.

Para evaluar el efecto que ha tenido el Canal Artificial en el Sistema de Teacapán Agua Brava, se tienen datos antes y después de la apertura del Canal (Amezcuca-Linares 1972; Alvarez-Rubio et-al 1986; Alvares Rubio et al 1990). Estos autores, han reportado las estaciones de muestreo para el año de 1971 con 15 estaciones en la época de secas y 14 en la de lluvias, para 1979 se reportan 20 en la de secas y 18 en la de lluvias, en todas se tomaron parámetros ambientales y bióticos.

De acuerdo a lo anterior, se pretende conocer que efectos ha tenido el Canal Artificial, y si éstos son positivos, buscar una alternativa para que se mantengan estables e incluso mejorarlos para no desequilibrar ecológicamente al sistema y tener daños irreversibles.

OBJETIVOS

- 1.- Determinar la similitud de las estaciones de muestreo en base a sus parámetros ambientales, así como el de las especies por la presencia o ausencia en cada estación de muestreo para las épocas de secas y deluvias, antes y después de la apertura del Canal Artificial.
- 2.- Determinar la diversidad de especies para las épocas de secas y de lluvias; así como por sus zonas geográficas, antes y después de la apertura del Canal Artificial.
- 3.- Caracterizar el grado de asociación de las especies en base a sus parámetros ambientales, para la época de secas y lluvias antes y después de la apertura del Canal.

HIPOTESIS

Se postula que las poblaciones de peces, utilizan a estos sistemas como áreas de protección, alimentación y reproducción. De modo que antes de la apertura del canal artificial, algunas especies tenían que desplazarse hasta la Laguna para cumplir su ciclo vital. Con la apertura de este Canal las condiciones ambientales han cambiado, provocando perturbaciones en el sistema, principalmente en la salinidad; ocasionando un desequilibrio en las especies que estaban adaptadas a ese tipo de ambiente y beneficio a poblaciones oportunistas, incrementando la diversidad de especies en esta zona.

AREA DE ESTUDIO

El complejo Lagunar Teacapán Agua Brava, está localizado al Noroeste de México, entre los paralelos $22^{\circ}04'$ y $22^{\circ}35'$ latitud norte, y los meridianos $105^{\circ}50'$ de latitud oeste. Este sistema se encuentra entre los límites de los estados de Nayarit y Sinaloa donde son abundantes las Lagunetas, Esteros y Marismas (Curry 1969). Al norte está limitado con el Estero del Mezcal de Agua Grande, Sinaloa, y al sur con las Marismas de Canoas y la Laguna de Pericos (Amezcu-Linares 1972). El clima de la región es subtropical a tropical de tipo Aw o (W) según el sistema de Köppen, modificado por García (1973). La temperatura promedio anual es de 25°C , con cambios de precipitación de 800 mm al norte de Mazatlán, de 1200 mm en Tepic Nayarit y cerca de 1660 mm en la costa sur, en las aproximaciones de San Blas (Curry, 1969).

El patrón dominante de vientos presenta dos fases, los procedentes del noreste en los meses de invierno y los del oeste a sureste en verano, este último es un régimen de brisas que decrecen en la tarde.

Los vientos son un factor importante, puesto que determinan la circulación, grado de depósito de materiales, oxigenación, estratificación de mezcla, aislamiento de masas de agua y turbidez, etc.

• *Salinidad*

En la época de secas (invierno primavera), se obtienen los valores máximos de evaporación y temperatura, incluso áreas hipersalinas (42 S), principalmente en la laguna y en menor proporción en el Estero, donde se presentan valores mínimos (32.7 S), así como en la Boca de Teacapán y Parte Baja del Estero (Tabla 1 y 3) (Fig.1). En la época de lluvia con el aporte de agua continental la salinidad disminuye, los máximos valores fueron de (27.7 S) en las Bocas y en la Parte Baja del Estero, mientras que en la Laguna son mínimos (0 a 19.5 S) (Tabla 1 - 4) y (Fig.2 y 3).

• *Temperatura*

La variación de este parámetro está en función de la época del año, de la profundidad y de los efectos fluviales y mareas. En la época de secas, primavera y verano, se presentan temperaturas altas, en las zonas de menor profundidad, como en el Estero, y bajas en mayor profundidad como en las Bocas y áreas cercanas donde la profundidad es mayor. En otoño se puede observar que en comparación con la época de secas, se tienen valores máximos de temperatura en la Boca de Teacapán y Parte Baja del Estero y menores en el Canal del Estero y Laguna. En invierno se presentan las temperaturas más bajas del año en la Boca de Teacapán y Parte Baja del Estero, ligeramente mayores en el Canal del Estero, con el máximo en la Laguna.

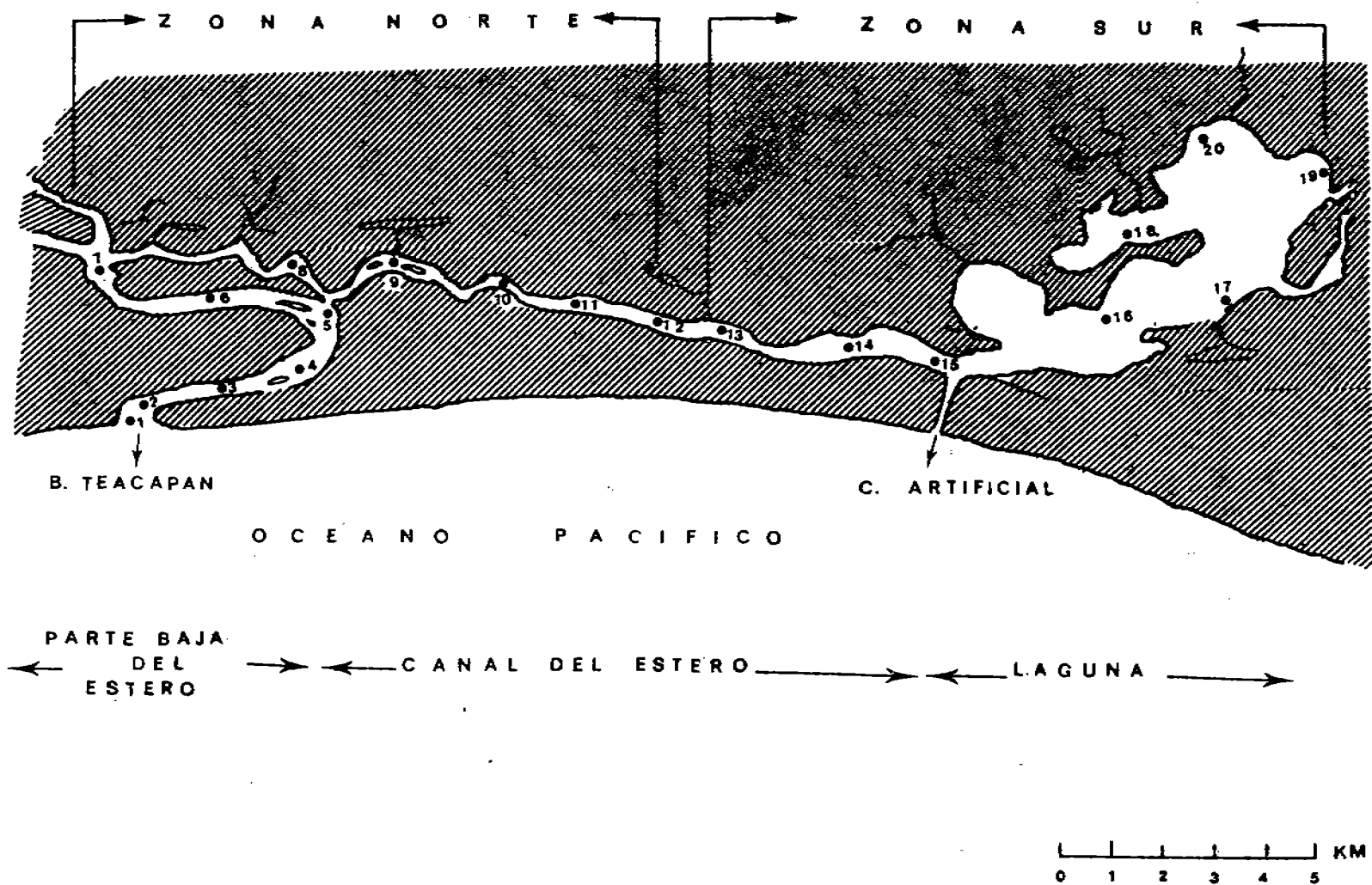


FIG. 1. MAPA DEL SISTEMA LAGUNAR CON LAS ESTACIONES DE MUESTREO Y LAS ZONAS GEOGRAFICAS

TABLA 1. PROMEDIO DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES Y ECOLOGICOS POR ESTACION DE MUESTREO EN LA EPOCA DE SECAS 1971

ESTA- CION	TEMPERA- TURA ° C	SALINI- DAD S.	PROFUNDI DAD EN m.	TRANSPAREN- CIA EN m.	NUMERO ESPECIES	DIVERSIDAD DE ESPECIES
* 1	25.00	35.00	3.50	1.50	2	0.113
* 2	26.00	35.00	2.50	1.50	3	0.150
* 4	25.00	35.00	3.50	1.40	0	0.000
* 5	26.00	35.00	2.50	1.40	4	0.181
* 6	27.00	35.00	4.00	1.80	2	0.113
* 7	28.00	34.00	3.50	1.15	6	0.230
* 8	27.00	34.00	3.00	1.0	3	0.150
* 9	32.00	34.00	2.10	1.0	4	0.181
* 10	27.00	34.00	3.10	1.60	4	0.181
* 11	27.50	24.00	2.10	1.60	14	0.340
@ 13	28.00	25.00	3.00	1.67	4	0.181
@ 14	27.70	27.00	2.50	1.40	4	0.181
@ 15	27.50	22.00	2.80	1.20	2	0.113
@ 17	27.50	22.00	2.80	1.00	2	0.113
@ 18	29.40	7.00	1.00	0.70	6	0.230

TABLA 2. PROMEDIO DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES Y ECOLOGICOS POR ESTACION DE MUESTREO EN LA EPOCA DE LLUVIAS 1971

ESTA- CION	TEMPERA- TURA ° C	SALINI- DAD S.	PROFUNDI DAD EN m.	TRANSPAREN- CIA EN m.	NUMERO ESPECIES	DIVERSIDAD DE ESPECIES
* 1	28.00	34.00	7.50	2.0	3	0.102
* 2	28.00	28.00	0.70	0.60	11	0.236
* 3	30.00	20.00	1.60	1.25	15	0.278
* 5	29.00	35.00	2.50	0.60	5	0.145
* 7	30.00	0.50	2.60	0.25	9	0.211
* 10	29.00	3.00	4.0	0.40	14	0.259
* 12	30.00	1.00	2.0	0.30	12	0.248
@ 13	32.00	1.00	2.30	0.28	4	0.124
@ 15	31.00	0.00	4.50	0.35	9	0.211
@ 16	30.00	0.50	3.50	0.65	5	0.145
@ 17	30.00	1.00	3.50	0.50	5	0.145
@ 18	30.00	1.00	2.50	0.65	5	0.145
@ 19	31.00	10.00	2.00	1.00	5	0.145
@ 20	30.00	2.00	6.0	0.65	3	0.102

NOTA : * ESTACIONES DE LA ZONA NORTE @ ESTACIONES DE LA ZONA SUR

TABLA 3. PROMEDIO DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES Y ECOLOGICOS POR ESTACION DE MUESTREO EN LA EPOCA DE SECAS 1979

ESTA- CION	TEMPERA- TURA ° C	SALINI- DAD S.	PROFUNDI DAD EN m.	TRANSPAREN- CIA EN m.	NUMERO ESPECIES	DIVERSIDAD DE ESPECIES
* 1	27.00	32.70	6.70	2.40	19	0.209
* 2	26.80	32.70	5.25	2.00	10	0.138
* 3	27.00	32.50	5.50	2.40	10	0.138
* 4	28.00	33.20	5.20	2.10	19	0.209
* 5	29.00	33.50	4.50	1.80	10	0.138
* 6	30.00	33.50	4.70	1.80	11	0.148
* 7	30.10	34.50	5.50	1.30	18	0.202
* 8	30.20	35.00	3.00	0.90	6	0.097
* 9	30.80	36.00	3.80	1.00	16	0.188
* 10	30.00	37.00	2.00	0.60	10	0.138
* 11	30.50	35.00	4.10	0.80	14	0.173
* 12	31.70	35.00	2.00	0.80	8	0.119
@ 13	30.00	36.00	2.50	0.80	10	0.138
@ 14	30.50	34.50	2.50	0.90	15	0.181
@ 15	29.70	33.00	4.50	1.30	8	0.119
@ 16	29.90	33.20	2.30	0.90	13	0.165
@ 17	29.70	36.50	1.10	0.60	9	0.129
@ 18	30.70	40.00	1.50	0.60	6	0.097
@ 19	31.00	41.00	1.80	0.40	8	0.119
@ 20	30.50	40.50	2.00	0.40	5	0.085

TABLA 4. PROMEDIO DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES Y ECOLOGICOS POR ESTACION DE MUESTREO EN LA EPOCA DE LLUVIAS 1979

ESTA- CION	TEMPERA- TURA ° C	SALINI- DAD	PROFUNDI DAD EN m.	TRANSPAREN- CIA EN m.	NUMERO ESPECIES	DIVERSIDAD DE ESPECIES
* 1	27.00	27.70	4.20	1.40	12	0.148
* 2	26.70	27.50	5.70	3.70	22	0.217
* 3	27.30	27.10	6.50	3.50	32	0.266
* 4	26.70	24.70	11.00	3.00	23	0.223
* 5	27.60	22.70	5.00	2.50	12	0.148
* 6	27.70	23.00	4.00	1.90	12	0.148
* 7	30.60	26.50	7.00	1.00	4	0.067
* 8	27.10	19.30	3.00	1.40	19	0.199
* 9	27.40	18.70	4.20	1.40	12	0.148
* 10	27.40	20.00	1.80	1.30	10	0.131
* 11	27.90	18.50	2.70	0.80	24	0.228
* 12	28.00	12.00	4.50	0.72	14	0.164
@ 13	29.30	15.00	3.50	0.40	0	0.000
@ 14	27.30	19.50	6.00	0.70	8	0.112
@ 15	28.60	16.00	1.70	0.60	3	0.054
@ 17	28.05	16.00	3.10	0.60	10	0.131
@ 19	26.40	11.50	1.60	0.40	21	0.211
@ 20	24.70	13.50	1.80	0.40	6	0.091

NOTA : * ESTACIONES DE LA ZONA NORTE @ ESTACIONES DE LA ZONA SUR

FIG. 2. GRAFICA DE SALINIDAD PARA LAS EPOCAS DE SECAS Y LLUVIAS ANTES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1971)



FIG. 3. GRAFICA DE SALINIDAD PARA LAS EPOCAS DE SECAS Y LLUVIAS DESPUES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1979)



SECAS ▲

LLUVIAS ●

• Oxígeno

Este parámetro tiene estrecha relación con la turbulencia, corrientes, intercambio con la atmósfera y actividad biológica. Los valores más altos se presentan en la Boca de Teacapán y Parte Baja del Estero debido a que la turbulencia es mayor. Los mínimos valores se detectan en el Estero y Laguna. En época de secas, (primavera), el oxígeno tiene altos valores en la Boca de Teacapán y Parte Baja del Estero.

El bosque de Manglar del sistema y principalmente en la región sur donde predomina *Rizophora mangle*, tiene gran importancia por ser el principal productor primario, derivandose una fuente importante de alimento para la comunidad (Rollet 1974).

Los ríos que descargan en el sistema son de gran importancia, Nuñez (1973) hace notar que los ríos Acaponeta, Cañas, San Pedro y Santiago, forman otros sistemas al sur y el Baluarte al Norte de la Región. En la Laguna, con excepción de Acaponeta los ríos son estacionales; ellos aportan grandes cantidades de sedimentos. Según Alvarez-Rubio et-al(1986), el complejo Lagunar Estuarino, está geográfica y ambientalmente dividido en cinco regiones para el ciclo 79-80 Fig.1, estas son: Boca de Teacapán (estación 1 y 2). Parte Baja del Estero (estaciones 3 - 6); Canal del Estero (estaciones 7 - 14); Boca de Cuautla (estación 15) Laguna (estaciones 16 - 20).

ANTECEDENTES

Los estudios ecológicos efectuados en Lagunas Costeras del Pacífico son de considerable importancia. En el sistema Teacapán Agua-Brava, se han efectuado trabajos que tratan aspectos ambientales, prospección ecológica, características generales del planctón, geomorfología y estructura de las comunidades. Los principales son: vegetación circundante, Roollet (1974); corrientes y mareas, Cepeda (1977); de hidrología Nuñez (1973). Prospección Ictiológica, Carranza y Amezcua-Linares (1971) y Amezcua Linares (1972); ecología y estructura de las comunidades, Alvarez-Rubio, et al (1986), Amezcua-Linares et al (1986), Alvarez Rubio et al (1990) y Flores-Verdugo et al (1990).

MATERIAL Y METODO

La primera colecta antes de la apertura fue del 11 al 15 de junio de 1970, con 14 estaciones de muestreo. La segunda colecta fue del 16 al 22 de octubre de 1970, con 24 estaciones de muestreo y la tercera fue del 19 al 25 de abril de 1971 con 34 estaciones muestreadas.

El primer muestreo después de la apertura fue del 21 al 26 de junio de 1979 (verano), con 15 estaciones. La segunda fue del 13 al 17 de septiembre de 1979 (otoño), con 15 estaciones . La tercera fue del 19 al 14 de enero de 1980 (invierno), con 16 y la cuarta del 16 al 20 de mayo de 1980 (primavera) con 20 estaciones muestreadas.

Para poder realizar esta investigación, se tomaron en cuenta las estaciones de muestreo que coincidían con el área muestreada antes y después de la apertura del Canal Artificial, quedando un total de 14 estaciones en la época de secas y 15 en la de lluvias para el año de 1971. En el ciclo de 1979, en la época de secas se registraron 20 estaciones y 18 para la de lluvias, con el fin de controlar los factores de confusión y evitar el sesgo entre las muestras.

En el caso de los parámetros ambientales, sólo se midieron la salinidad, temperatura (tanto de superficie como de fondo), profundidad, transparencia, fauna macrobéntica, vegetación sumergida y tipo de sustrato.

En el análisis de los parámetros ecológicos se utilizaron los siguientes indicadores puntuales, Miller (1980):

Indice de diversidad

La diversidad de especie indica la estructura de la comunidad, así ésta es cero cuando existe una especie con un solo individuo.

$$H'n = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

donde :

n_i = es el número de individuos del i -ésimo nivel taxonómicos

N = es el número total de individuos de los niveles taxonómicos

i = es la especie 1, 2, 3, ..., s

n_i/N = es la proporción de la especie i -ésima en la comunidad

s = es el total de especies.

Al aplicar el factor de corrección al índice de diversidad para poblaciones infinitas, se obtiene el sesgo de la diversidad que se expresa como:

$$E(H'n) = \left(- \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right) - \left(\frac{S-1}{2N^2} \right)$$

La varianza de la diversidad para poblaciones infinitas se obtiene en base a

$$Var(H'n) = \frac{\left(\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln^2 \frac{n_i}{N} \right) - \left(\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \right)^2}{N} + \frac{S-1}{2N^2}$$

El comportamiento y estructura de una comunidad se puede estimar por medio de índices, que nos reflejan la dinámica de las comunidades cuando se muestrean poblaciones infinitas, estos índices son mediciones puntuales, por lo que la inferencia en el comportamiento de la comunidad en estos sistemas es incierta, así es necesario obtener una estimación por intervalo, la cual asegura, que cuando se trabaja con un alfa de 0.05, que de 100 muestreos posteriores el 95 de ellos pueden ser incluidos en este intervalo, el cual se obtiene en base a:

$$(H'n) \pm t_{(\alpha = \frac{0.05}{2})(n-1)} \sqrt{Var(H'n)}$$

Las Lagunas Costeras y Estuarios, son utilizados como áreas de protección, alimentación y reproducción. De modo que antes de la apertura del Canal Artificial, existía una menor diversidad de especies, con esta apertura la diversidad se ha incrementado en el ambiente lagunar. Este efecto es evaluado en base a una prueba de hipótesis como continuación se plantea, Magurran (1988).

$$t = \frac{|H'n_1 - H'n_2|}{\sqrt{Var(H'n_1) + Var(H'n_2)}}$$

• donde: $H'n_1$ y $H'n_2$ representan a las diversidades estimadas de dos zonas o épocas distintas. Los estimadores se obtuvieron con muestras independientes entre zonas y épocas.

Para los grados de libertad se utiliza:

$$gl = \frac{(Var H'n_1 + Var H'n_2)^2}{\frac{Var(H'n_1)^2}{n_1} + \frac{Var(H'n_2)^2}{n_2}}$$

• Este estadístico de prueba se usa cuando se desea probar las hipótesis :

$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2$	$\mu_1 =$ diversidad en la zona norte 1971
$H_a : \mu_1 < \mu_2$	$\mu_2 =$ diversidad en la zona norte 1979
$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2$	$\mu_1 =$ diversidad en la zona sur 1971
$H_a : \mu_1 < \mu_2$	$\mu_2 =$ diversidad en la zona sur e 1979
	$\mu_1 =$ diversidad en la época de secas 1971
	$\mu_2 =$ diversidad en la época de lluvias 1979

$$\alpha = 0.05$$

Una vez definida la diversidad de especies, que es importante en la estructura de la comunidad y el equilibrio ecológico, se calcula la afinidad de esta diversidad con sus parámetros ambientales.

ANALISIS DE CUMULOS

El estudio del ordenamiento taxonómico y ecológico sobre las bases de la clasificación numérica, tiene un alto desarrollo, principalmente en estudios de clasificación ecológica en comunidades acuáticas. Debido a la asociación de los parámetros ambientales y biológicos, se utiliza a la estadística que cuenta con métodos que permiten trabajar este tipo de observaciones como son; los índices de similitud que se obtienen para las UNIDADES TAXONOMICAS OPERACIONALES (OTU'S) de datos, así como la matriz de afinidad que es representada en un dendograma. Estos han tenido un gran uso debido a la sencillez de los cálculos y a la facilidad de interpretación. Asimismo, es comun utilizar una línea de corte para la delimitación de grupos deseados. En el presente trabajo se omitira el uso de la línea de corte, debido a que se desean analizar aquellos grupos con mayor similitud. La similitud resultante de las especies y estaciones, se obtendrá por el método de la distancia euclídiana, existiendo mayor similitud cuando se aleja de cero y menor cuando está cerca, Davis (1971).

Para conocer la similitud de los OTU'S (estaciones y especies), con base en los parámetros ambientales, seutilizará el ANALISIS DE CUMULOS DE LIGAMIENTO DE PROMEDIOS PONDERADOS (WPGMA), que se expresa como:

$$\nabla_{jk} = \sqrt{\sum (X_{ij} - \bar{X}_{ik})^2}$$

- cuando el número de variables que se estudian es ''n'', se tiene una distancia promedio.

$$d_{jk} = \sqrt{\frac{\nabla_{jk}}{n}}$$

donde $\sum \nabla_{jk}$ se incrementa con el número de variables usadas.

MEDIDAS DE ASOCIACION

Para conocer la asociación de la diversidad de especies con los parámetros ambientales, se utilizó el análisis de Regresión Múltiple, que se expresa como.

$$Y = \beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \epsilon_{ij}$$

donde

β_0 = constante poblacional

$X_0 = 1$

X_1 = salinidad

X_2 = temperatura

X_3 = profundidad

X_4 = transparencia

• X_5 = zona

X_6 = época

X_7 = año

ϵ = fluctuación aleatoria

Las variables zona, época y año funcionan como variables indicadoras para antes y después de la apertura del Canal Artificial como a continuación se menciona:

AÑO	VAR. IND.	EPOCA	VAR. IND.	ZONA	VAR. IND.
1971	0	SECAS	0	SUR	0
1979	1	LLUVIAS	1	NORTE	1

RESULTADOS

Investigaciones previas en los sistemas Lagunares y Estuarios mencionan que los cambios de los parámetros ambientales como salinidad, temperatura, transparencia y profundidad, determinan la dinámica en la comunidad de peces y que de acuerdo a la época climática, las especies varían su alimentación y evitan interacciones que tengan efectos negativos en su ciclo de vida (Yañez-Arancibia 1988; Alvares Rubio et al 1990).

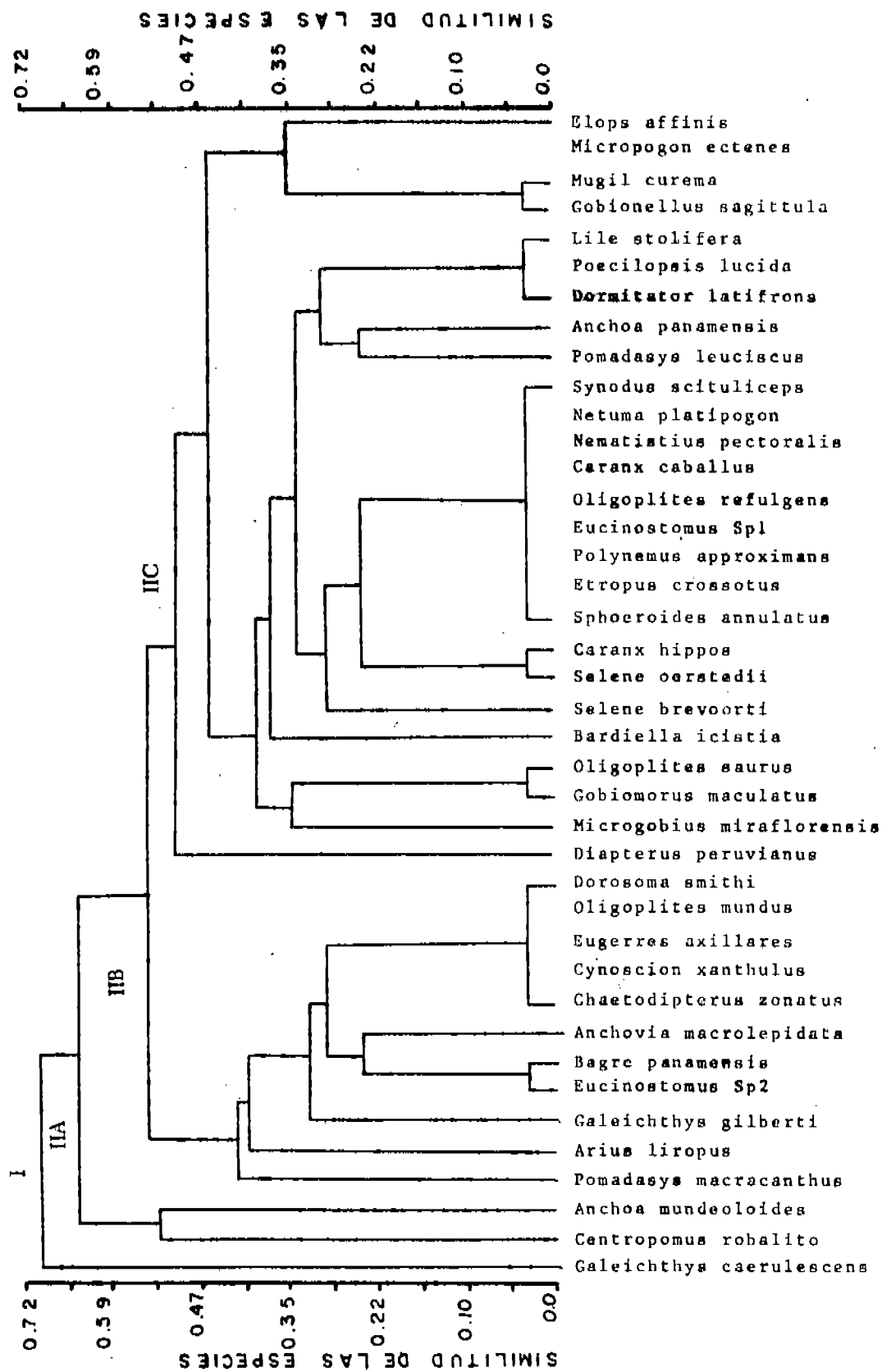
ANALISIS DE CUMULOS DE LAS ESPECIES

ANTES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1971)

Secas

En la fig. 4, se muestra la similitud de las especies por su presencia-ausencia en las estaciones de muestreo, en épocas de secas en dos grupos; el primero agrupa a la especie *Galeichthys caerulescens*, considerada como especie eurialina y carnívora, su dieta consiste principalmente de anélidos, crustáceos y restos de peces (Amezcuá Linares 1972, Olivares Becerril 1990), con una similitud de 0.7, esta especie tiene una amplia distribución en el sistema. El segundo grupo, está formado por varios subgrupos con diferentes similitudes, el IIA integra a dos especies *Anchoa mundeloides* y *Centropomus robalito* con una similitud de 0.53; ambas especies tienden a distribuirse a todo lo largo del sistema. Esto representa una estrategia adaptativa para evitar la competencia y depredación. La primera especie se le considera filtradora y plantofaga a diferencia de la segunda que es considerada carnívora y se alimenta principalmente de peces pequeños, y crustáceos peneidos y

FIG. 4. DENDOGRAMA DE LA SIMILITUD DE LAS ESPECIES PARA LA EPOCA DE SECAS ANTES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1971)



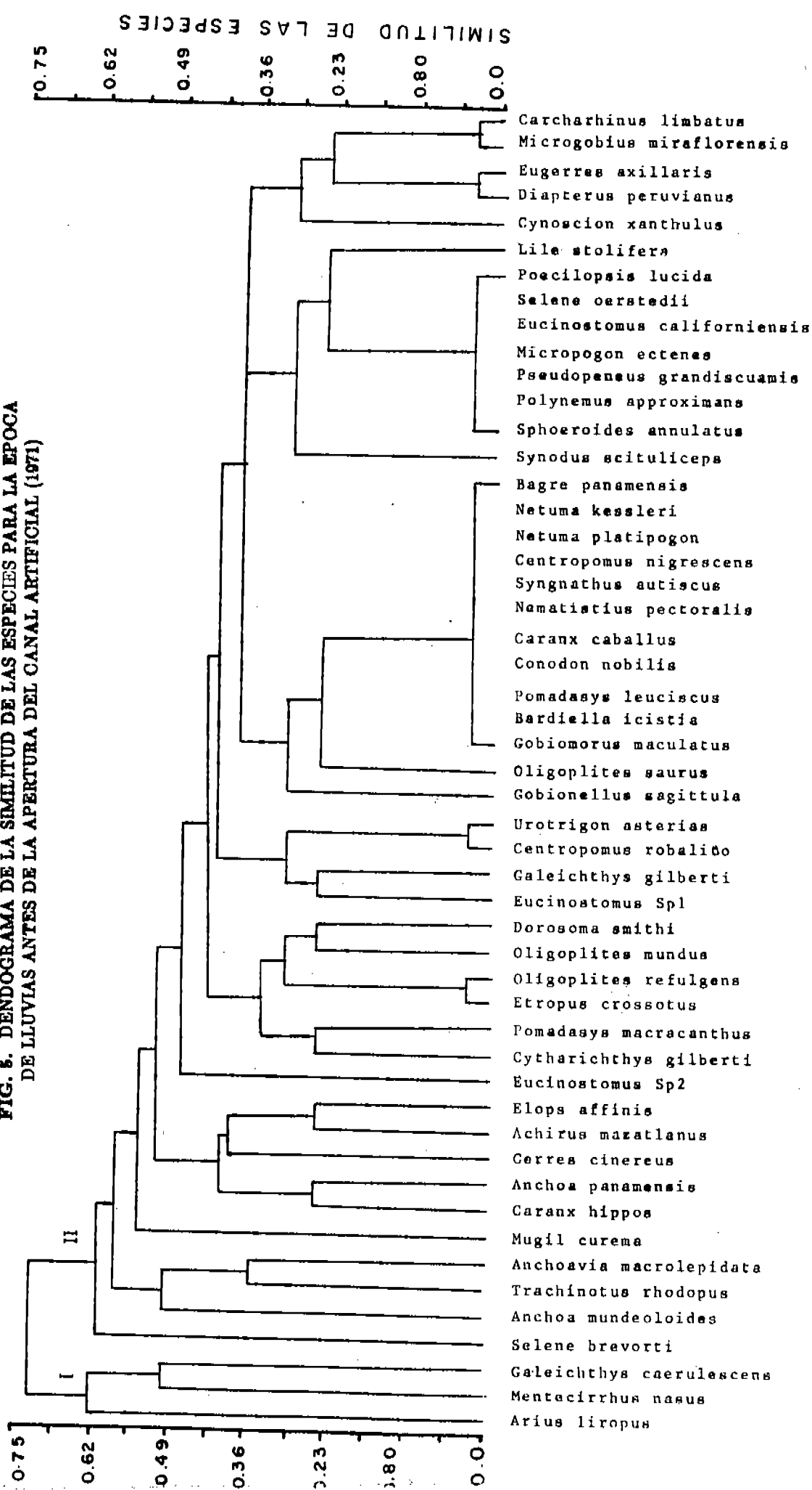
• poliquetos. El subgrupo IIB, tiene una similitud del 0.41, está integrado por las especies *Anchovia macrolepidota*, *Pomadasys macranthus*, *Arius liropus*, *Galeichthys gilberty* y *Esucinostomus Sp2*, etc. estas especies tienen una distribución en todo el sistema con una capacidad adaptativa para soportar los cambios ambientales y poder utilizar la mayoría de los habitat. El grupo IIC, contiene especies de amplia distribución en el sistema, con una similitud del 0.49, entre estas se encuentran *Elops affinis* y *Mugil curema*, que utilizan al sistema para completar su ciclo vital y se desplazan a lo largo de éste sistema para evitar la competencia y/o depredación. El resto de los grupos estan

• compuestos por especies que no son muy frecuentes en el sistema o son visitantes ocasionales, aunque desde un punto de vista ecológico si son importantes en la trama trófica de la comunidad ya que otorgan una estabilidad al ecosistema.

Lluvias

• La fig 5, corresponde a la época de lluvias, se analizan dos grupos con una similitud de 0.67, el primero agrupa a especies que son frecuentes en todo el sistema como *Arius liropus* y *Galeichthys caerulescens*, la primera es una especie omnívora, su dieta incluye principalmente animales bentónicos, la segunda especie, consume restos de peces como el género *Mugil* (tabla 7); por lo que ambas especies sufren fuertes interacciones como es el efecto que pueda tener como depredador *Galeichthys c.* hacia *Arius l.* siendo más intenso el uso del recurso especie-alimento, por lo que tiende a distribuirse en todo el sistema.

FIG. 5. DENDOGRAMA DE LA SIMILITUD DE LAS ESPECIES PARA LA EPOCA DE LLUVIAS ANTES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1971)



**TABLA 7. ANALISIS Y NIVEL TROFICO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE
TEACAPAN AGUA-BRAVA**

<i>ESPECIES</i>	<i>GRUPO TROFICO</i>	<i>NIVEL TROFICO</i>
<i>Eucinostomus entomelas</i>	Poliquetos Foraminiferos Oligoquetos Restos vegetales Anphipodos Megalopodos Cangrejos Larvas de ascidias Brachiurus Medusas	Omnivoros Segundo orden
<i>Galeichthys caerulescens</i>	Mugil sp. Escamas de pez Restos vegetales Huevos de de Bagre Brachiurus Mejillon	tendencia a ser carnivoro
<i>Arius liropus</i>	Mejillones Restos vegetales Ostracados Cumaceos Copepodos Restos vegetales Sedimento organico	Segundo orden Tipo omnivoro
<i>Caranx hippos</i>	Crustaceos Peneus Arena fina Pez gobido Bivalvos Isopodos Pez engraulidos	Segundo Orden
<i>Pomadasys Macracanthus</i>	Estomatopodos Poliquetos Algas filamentosas Restos vegetales Bivalvos Restos crustaceos Gobido Pez plano	Terecer orden

ESPECIE	GRUPO TROFICO	NIVEL TROFICO
<i>Achirus mazatlanus</i>	Tanaidaceos Pez teleosteo Restos de mejillon Restos de vegetales Poliquetos	Tercer orden
<i>Mugil curema</i>	Algas filamentosas Restos vegetales Arena fina Diatomeas Huevos de invertebrados Copepodos Ostracodos Hidra	Omnivor Detritivora
<i>Centropomus robalito</i>	<i>Peneus</i> sp Poliquetos errantes Restos vegetales Pez teleosteo Brachiurs	Carnivoro
<i>Diapterus peruvianus</i>	Poliquetos Oligoquetos Anfipodos Algas Restos vegetales	Segundo orden con tendencia a tercer orden
<i>Eugerres axillaris</i>	Ostracodos Huevos de invertebrados Algas filamentosas Mejillones Restos vegetales Restos de peces	Segundo orden
<i>Lile stolifera</i>	Algas filamentosas Copepodos Foraminiferos Ostracodos Huevos de invertebrados	Segundo orden

TOMADO DE OLIVARES-BECERRIL 1990

En relación al grupo II, está dividido por subgrupos, en donde la mayoría de las especies son las que presentan alta frecuencia en la Parte Baja del Estero y Canal del Estero, a excepción de *Mugil curema*, *Achirus mazatlanus* y *Gerres cinereus*, que se localizan a lo largo del sistema. En relación al resto de los grupos, son especies que en su mayoría no son muy frecuentes en el sistema, cuando mucho aparecen en 3 ó 4 estaciones de muestreo, a excepción de *Lile stolifera*, que se encuentra en las estaciones del Canal del Estero, considerandola como especie ocasional, que de acuerdo a los cambios ambientales que ocurren en la Laguna, se restringe en el uso de los habitat marinos.

En términos generales, se puede decir que las especies con altos valores de similitud son las que tienen mayor frecuencia en el sistema, predominando las especies carnívoras así como de segundo orden, otras tienen bajos valores de similitud, por su baja frecuencia en el sistema ya que son especies ocasionales y que sólo en determinada época utilizan parte del sistema para completar parte de su desarrollo (Yañez-Arancibia 1986).

La diferencia que existe entre estas dos épocas climáticas de secas y de lluvias es que en la época de mayor precipitación fluvial, se observa que el número de las especies que utilizan el sistema, es mayor en relación a la época de secas, y algunas especies reducen sus habitat hacia la zona de la parte baja del Estero, como *Anchoa panamensis*, *Eucinostomus Spl*, *Etropus crossotus* y *Caranx hippos*, lo cual puede ocasionar una fuerte interacción y por consiguiente un aumento de la competencia y reducción del nicho ecológico (Alvares Rubio et al 1990).

Por otra parte existen especies que no aparecen en la época de secas, mientras que en la de lluvias tienen frecuencias altas, como son *Gerres cinereus*, *Achirus mazatlanus* y *Citharichthys gilberti*, por lo cual se le considera a esta época de gran importancia en el sistema ya que con el aporte de energía permite una mayor dinámica en el ecosistema que rompe con la continuidad marina, reduciendo los hábitat e incrementando la diversidad, así como la sucesión y la abundancia (Alvaras Rubio 1990).

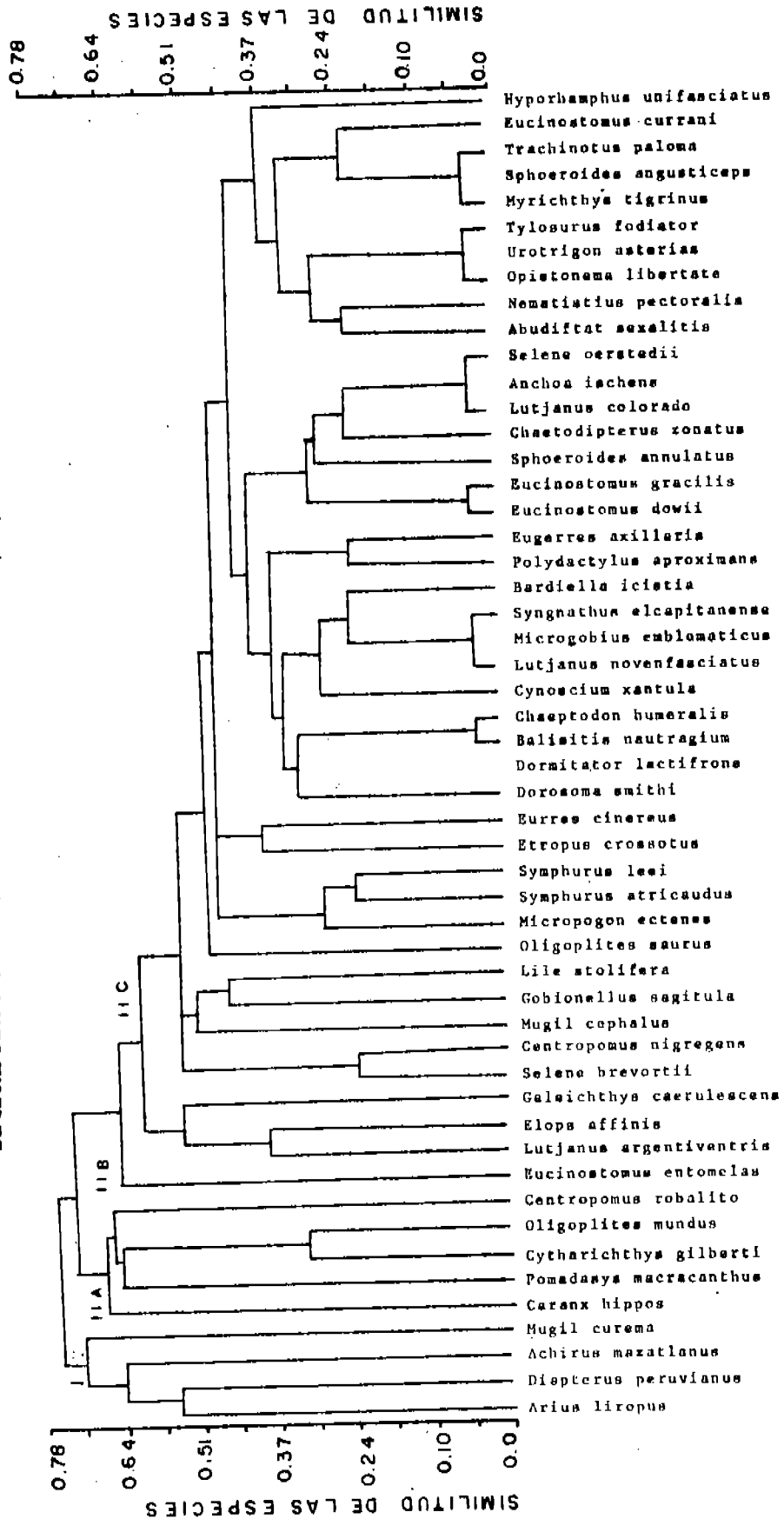
ANÁLISIS DE CUMULOS DE LAS ESPECIES

DESPUES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1979).

Secas

En la fig 6, se muestra el análisis para las especies por presencia-ausencia en esta época; estas especies se encuentran integradas en dos grupo. El grupo I, está formado por cuatro especies, las cuales tienen mayor frecuencia en todo el sistema como son: *Mugil curema*, *Achirus mazatlanus*, *Diapterus peruvianus* y *Arius liropus*. la primera especie es considerada como de primer orden omnívora y detritívora, el resto son de segundo orden (tabla 7), por lo que tienden a desplazarse en todo el sistema en busca de alimento o para evitar la depredación. El grupo II, está integrado por varios subgrupos, donde destaca el subgrupo IIA, formado por especies con una mayor frecuencia en el Canal del Estero y Laguna, la mayoría de las especies que pertenecen a este subgrupo son de segundo y tercer y orden (tabla 7), existiendo una relación de depredador presa. El subgrupo IIB contiene a *Centropomus robalito*, especie carnívora, que se alimenta principalmente de *peneus sp.*, pez teleosteo (tabla 7), esta especie utiliza los hábitat del

FIG. 6. DENDOGRAMA DE LA SIMILITUD DE LAS ESPECIES PARA LA EPOCA DE SECAS DESPUES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1979)

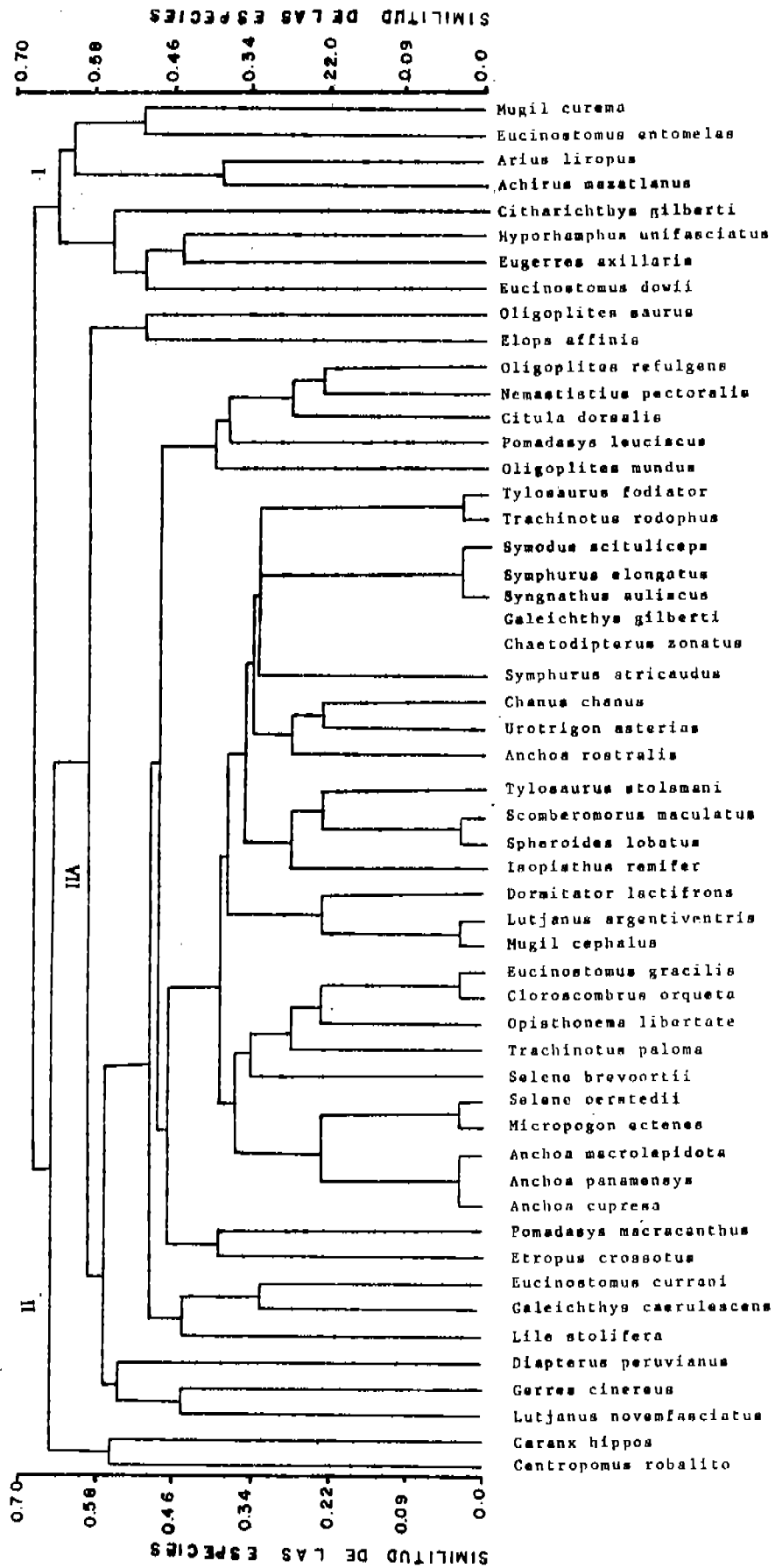


• Canal del Estero y Laguna, siendo más frecuente en la zona sur del sistema. El subgrupo IIC, son especies que tienden a ocupar con más frecuencia la Laguna y en menor grado el Canal del Estero, sus hábitos alimenticios son de tercer orden, estas utilizan los hábitat de la Laguna por la abundancia de la fauna bentónica que forma parte de la cadena alimenticia de estas especies. EL resto de los subgrupos, contiene especies que tienen poca frecuencia en el sistema y sólo ocupan hábitat muy particulares, principalmente en la Boca de Teacapán, Parte Baja del Estero y algunas estaciones del Canal (zona norte) fig.1, ya que esta área es muy diversa en el recurso, da lugar a una mayor competencia por el uso del espacio-alimento (Alvarez Rubio et al 1990).

Lluvias

En la fig. 7, se muestra el análisis de cúmulos de las especies para la época de lluvias después de la apertura del Canal Artificial. El grupo I, está formado por especies que tienen mayor frecuencia en todo el sistema, con una similitud de 0.64, destacando las especies *Mugil curema*, *Citharichthys gilberti*, *Arius liropus*, *Achirus mazatlanus*, *Eucinostomus entmelas*, *Eucinostomus currani*, *Eucinostomus dowii*, *Oligoplites saurus*; estas especies tienen diferentes hábitos alimenticios, como *Mugil curema*, que se alimenta de detritus, sedimentos orgánicos y algas filamentosas (tabla 7), ésta especie utiliza a los estuarios como parte de su crecimiento y alimentación (Yañez-Arnacibia 1978). *Achirus mazatlanus*, y es preferentemente carnívora, pero incorpora detritus en su dieta, y es considerada como consumidor de segundo orden con tendencia a ser carnívoro, *Citharichthys gilberti* es una especie carnívora de tercer orden; *Arius liropus* es una especie que consume

FIG. 7. DENDOGRAMA DE LA SIMILITUD DE LAS ESPECIES PARA LA EPOCA DE LLUVIAS DESPUES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1979)



• pequeños peces y macroinvertebrados, así como restos de crustáceos y vegetales por lo que se le considera como de tercer orden.

En general en este grupo la mayoría son de tercer orden, haciendo más intensa la competencia e interacción por el mismo nicho. Asimismo se observa que las especies carnívoras son las que utilizan en su mayoría al sistema en busca de su alimento. En el caso del grupo II, sólo se encuentra a *Centropomus robalito*, esta especie es abundante en la Laguna y en menor frecuencia en el Canal del Estero, su desplazamiento es similar al de antes de la apertura del Canal.

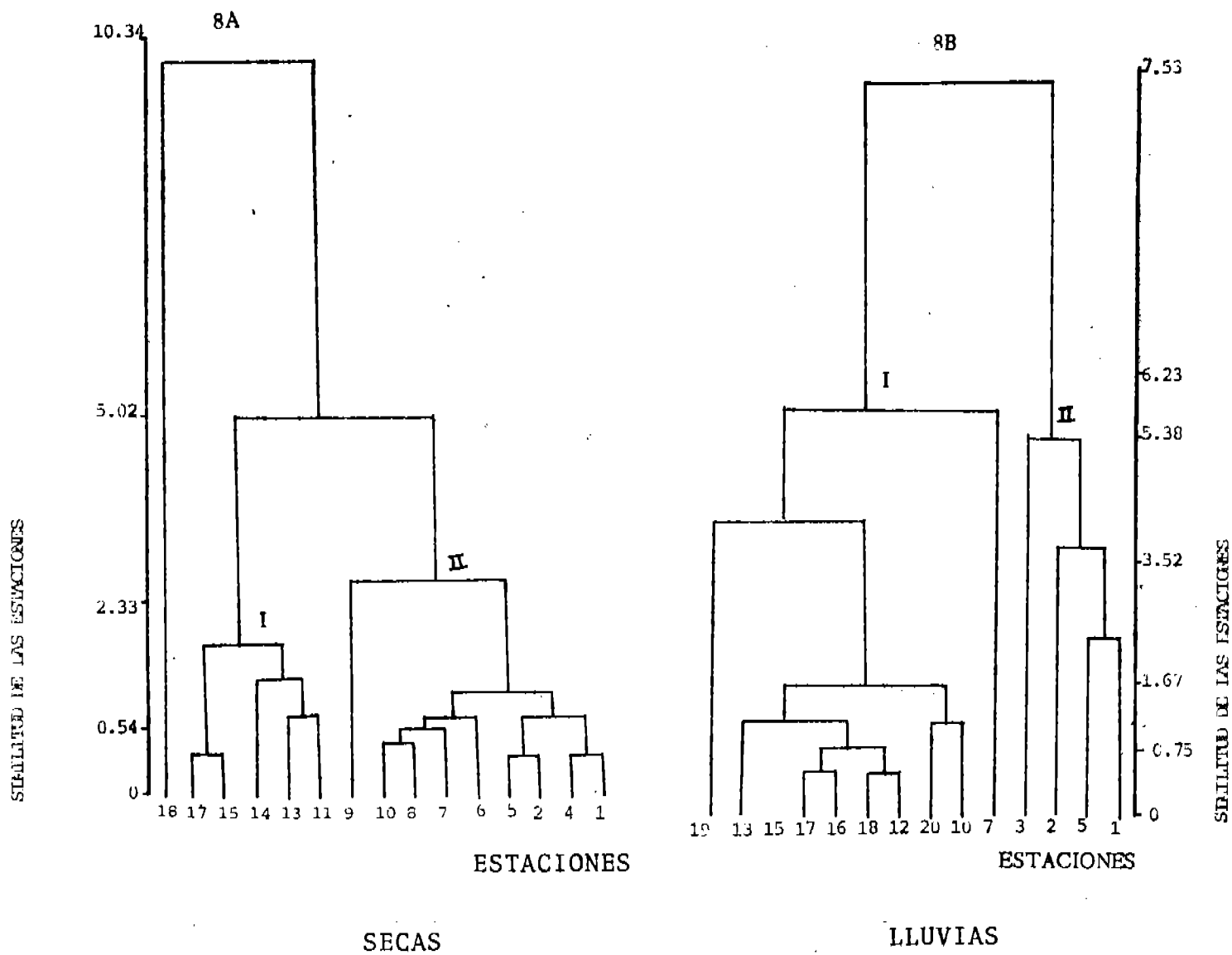
El grupos IIA, está formado por especies que son poco frecuentes en el sistema, y que utilizan a estos sistemas en forma reducida para cumplir parte de su ciclo de vida, por lo que se restringe el uso de los habitat, haciendo más aguda la competencia tanto por espacio como por alimento.

ANALISIS DE CUMULOS PARA LAS ESTACIONES DE MUESTREO ANTES DE LA APERTURA DEL CANAL (1971)

Secas

En la fig. 8A, se muestra la similitud de las estaciones de muestreo en base a sus parámetros ambientales (tabla 1). Para la época de secas las estaciones se encuentran en dos grupos; el grupo I integra a las estaciones que conforman el Canal del Estero y Laguna, el grupo II, está formado por estaciones que pertenecen a la Parte Baja del Estero y algunas estaciones del Canal del Estero, formando un ambiente estuarino, y que es usado por la mayoría de las especies marinas, ya que ésta zona es

FIG. 8 (A, B). DENDOGRAMA DE LA SIMILITUD DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA LAS EPOCAS DE SECAS Y DE LLUVIAS ANTES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1971)



considerada como altamente productiva, es diversa en alimento, con alta diversidad de nichos y de habitat (Avaes Rubio 1990).

Lluvias

En esta época se observan dos grupos de estaciones, el primero está formado por estaciones del Canal del Estero y Laguna, con salinidades que oscilan desde cero hasta diez, con una diversidad baja, a diferencia del grupo II, que está formado por estaciones de la Parte Baja del Estero, con salinidades que oscilan de 20 al 34 ‰, con alta diversidad, por lo que ésta zona es utilizada por especies con tendencias y hábitos marinos incrementando la diversidad.

En general esta época existen dos ambientes uno que forma la zona norte, que está integrado por la Boca de Teacapán, Parte Baja del Estero y Canal del Estero, estaciones 1 a la 12, con salinidades en promedio tipo marino y temperaturas entre 25 y 32 ° C. La zona sur que forma parte del Canal del Estero y Laguna forma una ambiente lagunar, que abarca las estaciones de la 13 a la 20 con temperaturas y salinidades en promedio entre los 27.7 a los 29.4 ° C y 7 y 25 unidades respectivamente (tabla 1; fig. 1).

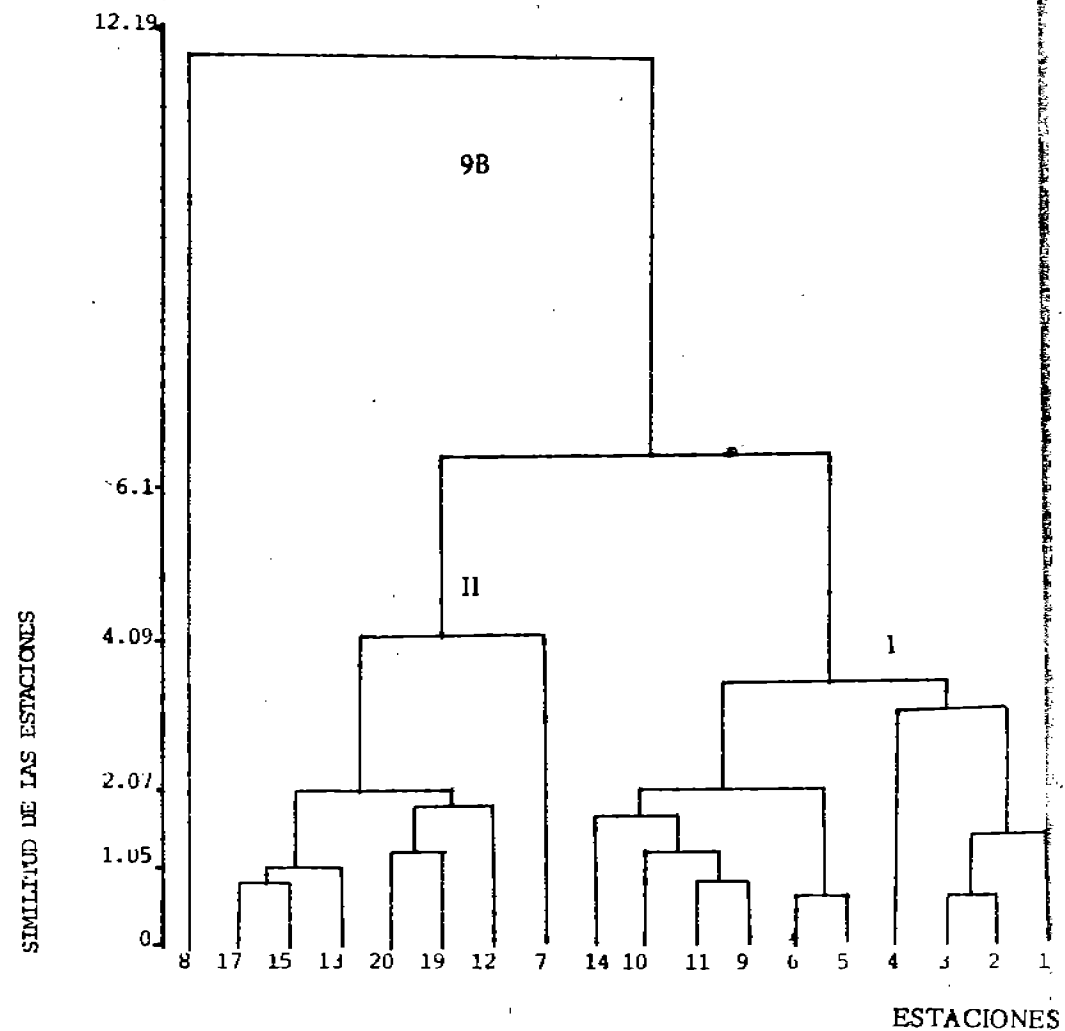
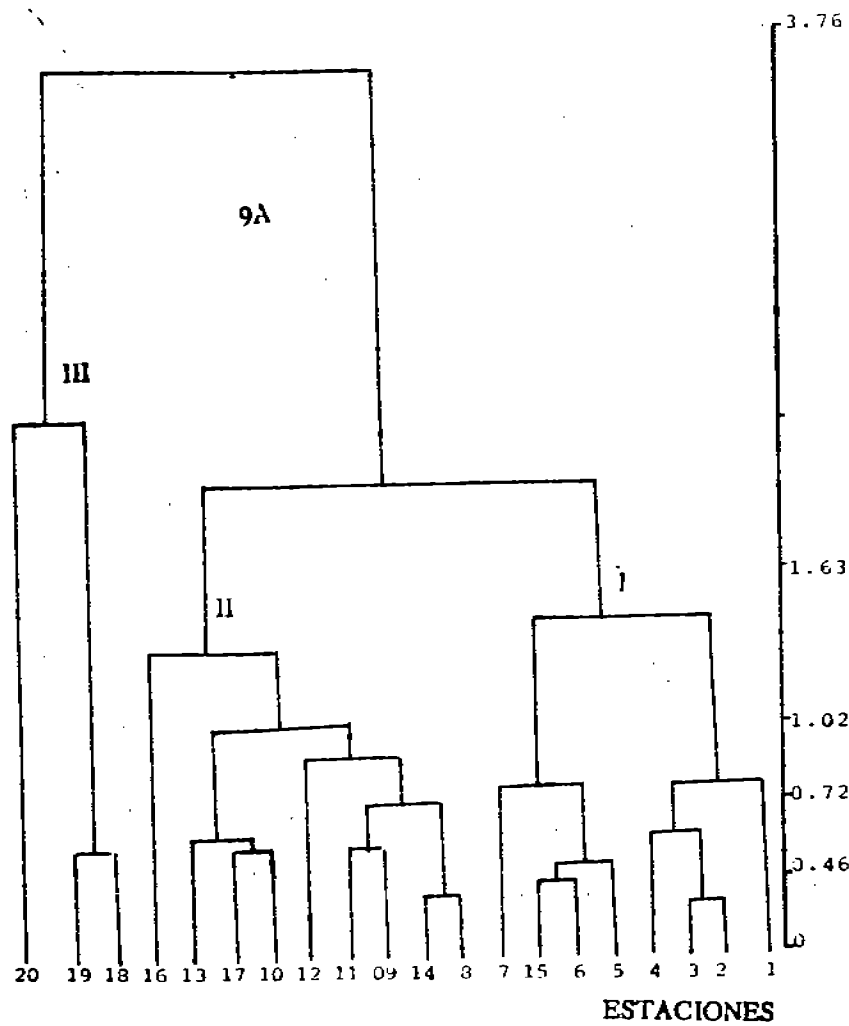
**ANALISIS DE CUMULOS DE LAS ESTACIONES
DE MUESTREO DEPSUES DE LA APERTURA DEL CANAL (1979)**

Secas

En la fig. 9A, se muestra la agrupación de las estaciones de muestreo en tres grupos. El grupo I está formado por estaciones de la Boca de Teacapán, Parte Baja y Canal del Estero, con valores altos de diversidad y salinidad tipo marino (Tabla 3), las especies que habitan el mar pueden utilizar ésta parte del sistema, y así incrementar la diversidad. El grupo II, está formado por estaciones que conforman a el Canal del Estero, con salinidades que oscilan entre 33.5 Y 36.5 y diversidad homogénea en el sistema, ésta área es considerada altamente diversa en cuanto a las peces, así como en el alimento que ellos consumen. El grupo III, formado por estaciones de la Laguna con altos valores de salinidad llegando a ser en esta época hipersalinos en algunas estaciones, con transparencia y profundidad menor, dando como resultado una baja diversidad .

En esta época de secas es difícil establecer dos ambientes como se han descritos con anterioridad, más bien se representa un sólo ambiente; que desde un punto de vista geográfico se sigue considerando zona norte (estaciones 1 a 12) y sur (estaciones 13 a 20) de acuerdo a lo antes establecido, con la finalidad de poder comparar la comunidad de peces con otras épocas.

FIG. 9 (A, B). DENDOGRAMA DE LA SIMILITUD DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA LAS EPOCAS DE SECAS Y DE LLUVIAS DESPUES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL (1979)



• Lluvias

En la fig 9B, se muestra la similitud de las estaciones de muestreo después de la apertura del Canal agrupados en dos. El grupo I formado por estaciones de la Parte Baja del Estero y Canal del Estero, tienen salinidades que oscilan entre 26.7 y 27.7. El grupo II, formado formado por estaciones de la Laguna y algunas estaciones del Canal, con salinidades entre 11.0 y 19.5. Los cambios ambientales que ocurren en esta área, causan un estres para los organismos evitando una adaptación a lo largo del año.

En general los grupos en esta época de lluvias, se diferencian entre si por los valores de salinidad y diversidad, siendo el más sobresaliente el grupo I, que representa al Estuario, mientras que el grupo II tiene menor diversidad, debido a la reducción de los valores de salinidad con respecto a la época de secas.

Las especies que habitan la zona sur que en su mayoría son especies euhialinas, son consideradas como una estrategia adaptativa para ocupar más habitat y reducir la competencia y depredación, ésta área tiene una diversidad de habitat y alimento menor para los peces, dando lugar a baja competencia por espacio-alimento (Alvares Rubio et al 1990). Así esta época de lluvias rompe con la continuidad marina, aportando energía al sistema por medio de los ríos y el Canal artificial, otorgando la característica de sucesión de especies y haciendolo más dinámico.

Asimismo la forma de dividir a el sistema en norte y sur o estuarino y lagunar, es subjetivo ya que existe una flexibilidad de los ambientes en cada época climática, que en un momento dado suele traslaparse, por lo que las zonas antes mencionadas son desde un punto de vista geográfico igual para todas las épocas y así cumplir con los objetivos planeados.

PRUEBA DE HIPOTESIS SOBRE LA DIVERSIDAD

Al comparar la diversidad de especies entre épocas para los dos ciclos con el estadístico propuesto por Magurran(1988), se concluye que existe una tendencia a mayor diversidad antes de la apertura del Canal artificial tanto para la épocas de secas como para la de lluvias, ambas con un $P < 0.1$ (tabla 5,6 y 9). Asimismo al comparar las épocas climáticas para ambos ciclos entre áreas geográficas, la zona norte presenta este mismo fenomeno en la época de secas; a diferencia de la zona sur, donde se rechaza H_0 (la igualdad de medias de diversidad) con $0.025 < p < 0.005$ para ambas zonas geográficas; concluyendose que existe mayor diversidad de especies después de la apertura del Canal (tabla 5,6 y 9), esto se debe quizás a la influencia de dicha apertura permitiendo que especies marinas utilicen estas areas con mayor facilidad incrementando la diversidad en ésta zona sur.

TABLA 5 DIVERSIDAD DE ESPECIE (H'n), SESGO E(H'n), VARIANZA DE LA DIVERSIDAD VAR(H'n), E INTERVALO DE CONFIANZA PARA LAS EPOCAS DE SECAS Y LLUVIAS EN 1971.

	H'n	E(H'n)	var(H'n)	95% I.C. H'n
AMBAS ZONAS:				
SECAS	3.41	3.19	0.0085	3.22-3.59
LLUVIAS	3.65	3.43	0.0070	3.48-3.81
ZONA NORTE:				
SECAS	3.48	3.24	0.0123	3.26-3.68
LLUVIAS	3.70	3.43	0.0069	3.53-3.86
ZONA SUR:				
SECAS	1.73	1.23	0.0342	1.36-2.09
LLUVIAS	2.43	1.94	0.0403	2.03-2.82

TABLA 6 DIVERSIDAD DE ESPECIE (H'n), SESGO E(H'n), VARIANZA DE LA DIVERSIDAD VAR(H'n), E INTERVALO DE CONFIANZA PARA LAS EPOCAS DE SECAS Y LLUVIAS DE 1979

	H'n	E(H'n)	VAR(H'n)	95% I.C. H'n
AMBAS ZONAS:				
SECAS	3.55	3.49	0.0046	3.42-3.68
LLUVIAS	3.61	3.56	0.177	2.78-4.43
ZONA NORTE:				
SECAS	3.54	3.44	0.0067	3.37-3.70
LLUVIAS	3.48	3.33	0.0048	3.34-3.62
ZONA SUR:				
SECAS	2.87	2.71	0.0089	2.68-3.05
LLUVIAS	3.05	2.79	0.0145	2.81-3.29

TABLA 9.-RESULTADOS DE LA PRUEBA DE HIPOTESIS, ENTRE EPOCAS Y ZONAS GEOGRAFICAS, ANTES Y DESPUES DE LA APERTURA DEL CANAL ARTIFICIAL, CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 0.05

Ho : La diversidad en el año de 1971 es mayor o igual a 1979

Ha : La diversidad en el año de 1971 es menor que 1979

ZONA NORTE Y SUR:

SECAS 1971 VS SECAS 1979	tc = 1.22	t = 1.311	g.l. = 29
LLUVIAS 1971 VS LLUVIAS 1979	tc = 0.093	t = 1.327	g.l. = 19

ZONA NORTE:

SECAS 1971 VS SECAS1979	tc = 0.435	t = 1.327	g.l. = 19
LLUVIAS 1971 VS LLUVIAS 1979	* tc = 2.033	t = 1.33	g.l. = 18

ZONA SUR:

SECAS 1971 VS SECAS 1979	* tc = 5.491	t = 1.396	g.l. = 8
LLUVIAS 1971 VS SECAS 1979	* tc = 2.648	t = 1.3634	g.l. = 11

* SIGNIFICATIVO AL 0.05

ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE.

La medida de asociación de los parámetros ambientales con la diversidad de especies, se analizó con tres modelos, el primero de ellos, el modelo completo incluye a los parámetros ambientales como variables independientes, y como variables indicadoras las zonas, años y épocas; y como variable dependiente la diversidad de especies. En este modelo las variables significativas son la salinidad, profundidad, época, zona y la interacción entre zona y época. Posteriormente se corrió otro modelo con las variables que en el primero fueron significativas, y ahora las que no lo son: la profundidad, zona y época. Por lo que se corrió nuevamente otro modelo que incluía sólo la salinidad y la interacción zona*época, ahora la R múltiple fue de 0.536, (tabla 8). En este último modelo se puede observar un alto efecto de la salinidad sobre la diversidad, con un coeficiente de regresión estandarizado de -0.670, y una interacción entre zona y época altamente significativa (0.010) (tabla 8). Observándose que existe una asociación negativa de la diversidad con la salinidad con $(B=-0.003)$ (tabla 8). Este efecto interactivo se observa mejor en la fig. 10, se refleja principalmente en la zona sur en la que al pasar de la época de lluvias a secas la diversidad tiende a ser menor, a diferencia de la zona norte donde al paso de una época a otra, el cambio en la diversidad no es significativo, manteniéndose la estructura de la comunidad en ambas épocas. En la época de secas en la zona sur, los valores de salinidad tienden a aumentar existiendo valores hipersalinos (fig 2 y 3), siendo una zona poco utilizada por la población de peces que no tienen capacidad de adaptarse a este medio salino, lo que disminuye la diversidad. En relación a la época de lluvias en esta misma zona sur los valores de salinidad disminuyen en comparación con los de la época de secas hasta

● **TABLA 8.- ANALISIS DE LA ASOCIACION DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES
EN RELACION A LOS PARAMETROS AMBIENTALES, EN EL SISTEMA
LAGUNAR-ESTUARINO, TEACAPAN AGUA-BRAVA**

DEP VAR: DIVERSIDAD N: 67 MULTIPLE R: .536 SQUARED MULTIPLE R: .287
ADJUSTED SQUARED MULTIPLE R: .265 STANDARD ERROR OF ESTIMATE: 0.052

VARIABLE	COEFFICIENT	STD ERROR	STD COEF	TOLERANCE	T	P(2TAIL)
CONSTANT	0.252	0.021	0.000	1.0000000	12.061	0.000
SALINIDAD	-0.003	0.001	-0.607	.5710847	-4.348	0.000
EP*ZON	-0.103	0.021	-0.674	.5710847	-4.823	0.000

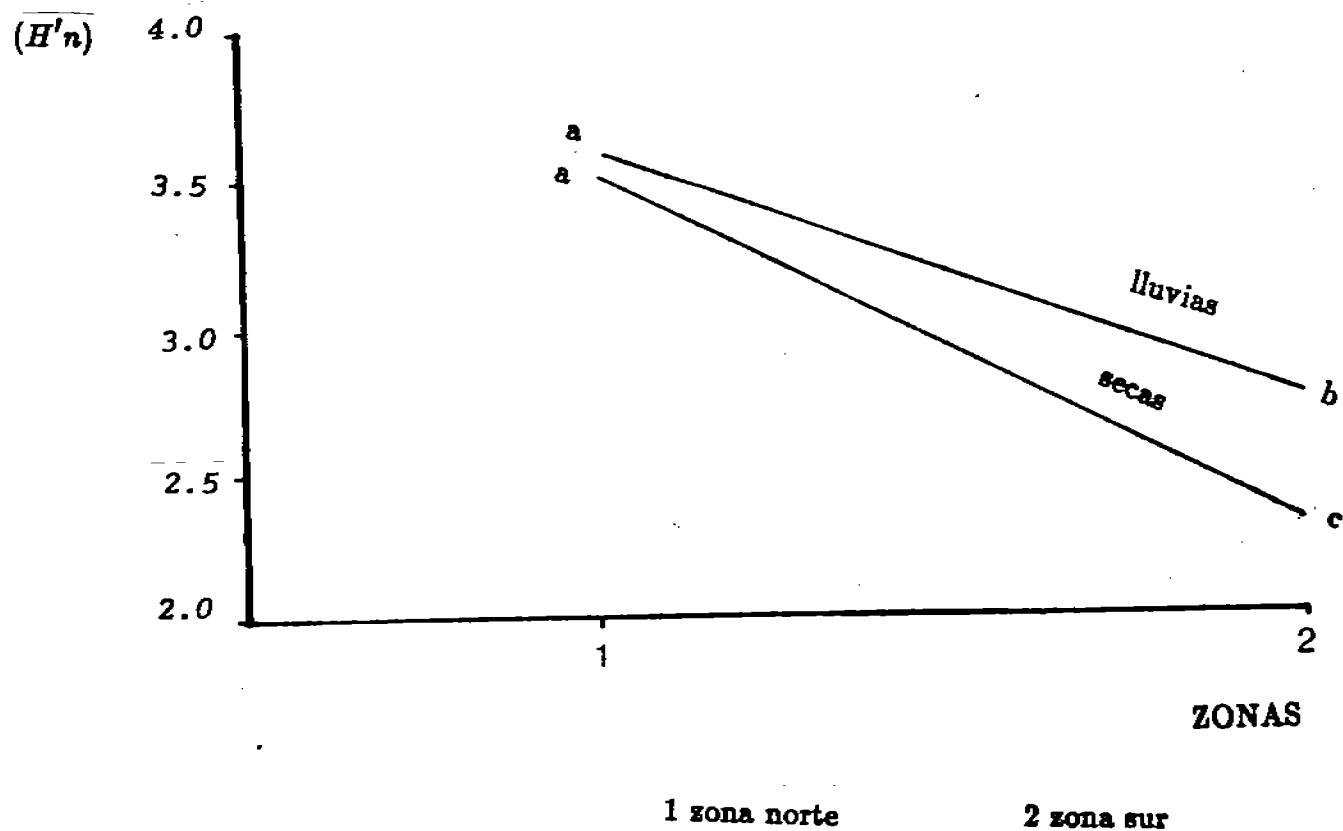
ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM-OF-SQUARES	DF	MEAN-SQUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	0.070	2	0.035	12.870	0.000
RESIDUAL	0.173	64	0.003		



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
EN MATEMATICAS APLICADAS Y
EN SISTEMAS

FIG. 10. INTERACCION DEL PROMEDIO DE LA DIVERSIDAD EN LAS ZONAS GEOGRAFICAS PARA LAS EPOCAS DE SECAS Y LLUVIAS (1971-1979)



en letras diferentes con la prueba de "t" bilateral la diversidad es significativa al 5% .

en letras iguales con la prueba de "t" bilateral la diversidad no es significativa al 5% .

• valores de cero de salinidad siendo utilizada por especies eurialinas o visitantes ocasionales que utilizan en esta época la Laguna aumentando la diversidad de especies.

La interpretación probable es que la salinidad funciona como una barrera química que evita la dispersión de especies y las recluta en áreas exclusivas. Así, especies que utilizan habitat de menor salinidad es difícil que utilicen áreas tipo marinas, Bond (1974). En este sistema existen especies que pueden ocupar ambos ambientes durante el ciclo anual. otorgando una mayor eficacia biológica y a la vez la interacción por el especie-alimento es menor, como es el caso de la especie *Mugil curema* que ocupa ambos ambientes en todo el año.

DISCUSION

En la naturaleza las comunidades se organizan de acuerdo a tres fenomenos: competencia, depredación y simbiosis (Krebs 1978); de acuerdo a su capacidad de contrarrestar estos fenómenos naturales, sera su adaptación en la naturaleza, y su eficacia biológica sera mayor ocupando más habitat.

En el sistema Lagunar Estuario, los factores antes mencionados juegan un papel importante en la adaptación y distribución de las especies, donde los factores ambientales, como son la salinidad, el sustrato, son factores que determinan la distribución de las especies en todo el sistema (Barnes 1981).

Asimismo estos sistema costeros son altamente dinámicos, productivos y subsidiados, por lo que muchas especies utilizan estos ambientes como áreas para su protección, alimentación o reclutamiento (Yañez-Arancibia, 1978). En la época de secas antes de la apertura del Canal Artificial, este sistema solo tenia una conección con el océano Pacífico, através de la Boca de Teacapán (fig.1), así como los ríos que son estacionales a excepción del río Acaponeta que drena en todo el año. La salinidad era de 35 S en la Parte Baja del Estero y tendía a disminuir hacia la Laguna con un valor mínimo de 7 S (Tabla 1), con una diversidad de especies de 3.41 y varianza de 0.0085 (tabla 5), siendo un total de 40 especies. Despues de la apertura del Canal los valores de la salinidad fueron de 32.7 a 36.5 S., hasta llegar a valores hipersalinos (40.5) en la Laguna, con una diversidad de 3.55 y una varianza de 0.0046 y un total de 50 especies. Así esta apertura del Canal se le considera como una entrada más que subsidia a la Laguna aportando un cambio constante del agua, en ésta época la salinidad a disminuido en la zona

• norte e incrementándose en la Laguna, dando lugar a que especies marinas utilicen más este ambiente. El Canal sirve como un intercambio de energía entre la Laguna y el mar, y ha beneficiado a la comunidad de peces, principalmente a los consumidores de tercer orden que tienden a distribuirse en todo el sistema en busca de alimento.

En el caso de la época de lluvias, que se caracteriza por el agua dulce que drena del continente y diluye el agua marina con aporte de detritus, que es considerado factor importante junto con el sustrato para el desarrollo de la fauna béntica que forma parte de la trama trófica en este sistema (Barnes 1981). En esta época antes de la apertura del Canal Artificial la salinidad variaba desde cero hasta treinta y cuatro Unidades, siendo menores en la Laguna, con una diversidad de 3.65, una varianza de 0.007 y un total de 50 especies (tabla 2 y 5). Después de la apertura, la salinidad varió entre 11.5 y 27.7, con una temperatura que disminuye hacia la Laguna con una diversidad de 3.61, una varianza 0.177, con 53 especies, existiendo una mayor diversidad antes de la apertura con ($P < 0.05$) (tabla 3 y 5).

• En estas épocas de secas y lluvias, no se tiene suficientes evidencias para decir que existe mayor diversidad antes de la apertura del Canal $p < 0.05$, suponiéndose que el Canal no ha aportado la dinámica que se esperaba en el sistema. Alvarez-Rubio et al 1986, menciona que el Canal del Estero es altamente productivo por el Mangle que ahí habita, otorgándole una característica de alta productividad y diversidad. Quizas por este motivo no se detecta el efecto del Canal artificial, ya que por medio de este ocurre una sucesión ecológica en todo el año, manteniéndose constante la estructura de la comunidad. Al analizar las zonas entre los años 1971 y 1979, existe una mayor

• diversidad después de la apertura del Canal con $p < 0.05$, determinándose que el efecto de este Canal es altamente significativo en la zona norte en la época de lluvias, y en la zona sur para ambas épocas. Esto mismo se observa al analizar la regresión múltiple, en que el efecto de la interacción entre zona y época es muy marcado en la zona sur, donde la salinidad tiene un efecto negativo en la diversidad, ya que cuando aumenta la diversidad de especies se hace menor la salinidad, este efecto es inverso cuando la salinidad es mayor (fig. 10).

• Quizás se piense que el efecto del Canal en esta época es mínimo en la comunidad de peces, si se toma en cuenta que de 50 especies se registraron antes de la apertura y 53 después, sólo 3 han ingresado al sistema e incluso existe mayor diversidad antes de la apertura (tabla 5 y 6).

• Así esta apertura permite una conexión más rápida entre Laguna y mar, dando lugar a una sucesión ecológica en el sistema a lo largo del ciclo anual, por lo que muchas especies que fueron poco frecuentes antes de la apertura, con los cambios ambientales han podido ocupar más habitat y que en la actualidad se le ha considerando como dominantes en el sistema como *Mugil curema*, o todo lo contrario como *Anchovia macrolepidota*, que se a restringido su habitat. Quizás este aumento en la diversidad se puede deber a un aumento de individuos en las especies de agua dulce que ingresan a el sistema.

• Desde un punto de vista estadístico, el efecto de la apertura no es muy marcado, ya que al analizar numéricamente a las especies se observa que antes de la apertura reportan un total de 71 especies, mientras que después de la apertura son 74, por lo que se podría pensar que solo 3

• especies ingresaron. Cuando se analizan todas las especies por el ciclo estacional, se establece que ciertas especies fueron perjudicadas por la apertura del Canal 19 en total, éstas emigraron del sistema ya que no tuvieron la suficiente capacidad adaptativa para contrarrestar los cambios ambientales del sistema. Así, con estos cambios ambientales otras especies que no existían en el sistema se beneficiaron 25 en total y que actualmente ocupan al máximo los habitat. Este Canal favoreció a ciertas especies y perjudicó a otras, pero en terminos generales la Comunidad mantiene su estructura por la dinámica interna y la sucesión que en ella se desarrolla. Asimismo otras comunidades salieron perjudicadas como es el caso de los moluscos donde del ostión ha disminuido su densidad así como su talla y benefició a otra poblaciones como el mejillón y el cayo de hacha (Castillo Rodriguez y Amezcua Linares 1990). En relación a los crustaceos, el camarón antes no existía, y con esta apertura es considerado como una fuente económica muy importante para los pescadores. Estos comentan que el Canal a sido de gran importancia para su estabilidad económica, pero si la Boca se sigue erosionandose por las fuertes corrientes que hay en esta área, quizás a futuro esto traiga efectos negativos para especies de importancia comercial. Por lo que se sugiere que se continúe la investigación sobre el efecto del Canal, desde un punto de vista multidisciplinario como: Oceanografía física, para medir el efecto de las corrientes y mareas; Oceanografía química para determinar los parámetros químicos y posibles contaminantes industriales y Oceanografía biológica, en sus modalidades como fauna macrobéntica (crustaceos, poliquetos, moluscos, etc.) e Ictiológicos para dar una mejor precisión del impacto de dicho Canal, y así tener un mejor aprovechamiento de los recursos naturales que se desarrollan en este ecosistema. Tambien es necesario que se determine el grado de contaminación industrial, para que el

• desequilibrio ecológico sea menor y la adaptación de las especies sea más rápido y no se tengan efectos irreversibles en poblaciones de importancia económica.

En el ambiente Estuarino o zona norte se incluye la Parte Baja del Estero como un habitat de mayor importancia, ya que está influenciado por la Boca natural, manteniendo en todo el ciclo anual una salinidad tipo marina y una mayor similitud entre las estaciones, dando lugar a que las especies utilicen con más frecuencia esta área para cumplir su ciclo vital y con una diversidad homogénea durante el ciclo anual. Mac arthur (1969), menciona que cuando un ambiente mantiene constante su diversidad, éste se hace viejo caracterizándose por una alta diversidad , una sucesión de especies y equilibrio ecológico, lo cual ocasiona que la competencia por el recurso espacio-alimento sea más intenso. Por lo que se sugiere realizar más muestreos en este habitat y determinar con más exactitud su influencia en el ambiente.

• El Canal del Estero es otro ambiente donde la época del año es importante en el desarrollo y adaptación de las especies, ya que su salinidad se ve afectada por cada época climática, formando un ambiente estuarino, con alta diversidad a través del año, donde su principal productor primario es el mangle. Por lo que también es necesario realizar más muestreos en este habitat para determinar con más confiabilidad su influencia en el ambiente.

• El ambiente Lagunar o zona sur, que es muy drástico en ambas época del año, ya que se puede encontrar salinidades desde cero hasta áreas hipersalinas, por lo que muchas especies no se pueden adaptar a estas condiciones, y suelen utilizar la Parte Baja del Estero y el

• Canal del Estero. Este ambiente lagunar tiene baja diversidad ya que solo las especies dominantes pueden hacer uso de este sistema y así evitar la competencia inter e intraespecífica y tener un mejor aprovechamiento de los recursos.

CONCLUSIONES

- 1.- El Canal Artificial, dió origen a una sucesión de especies por los cambios ambientales que ocurrierón en el sistema, principalmente por la salinidad, que se ha incrementado hasta valores hipersalinos, como consecuencia 19 especies no se adaptaron a estos cambios ambientales emigrando del sistema e ingresando 25.
- 2.- Las diversidad de especies se encuentran asociada negativamente con la salinidad, existiendo mayor diversidad cuando las salinidades son menores; al incrementarse los valores salinos la diversidad ictiológica es menor, este efecto es altamente significativo en la zona sur, donde la época de secas presenta menor diversidad que la de lluvias.
- 3.- El Canal Artificial ha sido benéfico a nivel ecológico por la sucesión que se dió, menteniendose un equilibrio en el sistema, y económico por el incremento del camarón, que es considerado como un recurso de importancia alimenticia y comercial para los pescadores, por lo cual se debe proteger este Canal para que no siga erosionando y llegue a tener efectos negativos que ocasionen un desequilibrio ecológico en el sistema.

4.- En la actualidad se considera a este sistema como libre de

contaminantes industriales, por lo que las especies se adaptaron al sistema incrementandose la diversidad. Así, se sugiere que se mantenga libre de de desechos industriales para evitar un desequilibrio ecológico, y que especies de importancia económica y ecológica emigren del sistema.

5.- La Parte Baja del Estero es un área importante para el desarrollo de la comunidad de peces, por la homogeneidad de la salinidad a través del año. Por lo que se sugiere que se realicen más muestreos en esta área para determinar su influencia en el ambiente.

B I B L I O G R A F I A

AMEZCUA-LINARES F., 1972. Aportación al conocimiento de los peces del sistema de Agua Brava Nayarit. Tesis profesional Fac. Ciencias

Univ. Nal. Autón. México 209 p. 13 lám.

ALVARES RUBIO B., F. Amezcua-Linares y M. Alvarez-Rubio 1990. Análisis de la Diversidad, Amplitud y Traslape del Nicho, en la Comunidad de peces, del Sistema Teacapán Agua-Brava, Nayarit. An. Centro cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 17(2) en prensa.

ALVAREZ-RUBIO M, F. AMEZCUA-LINARES y A. YAÑEZ-ARANCIBIA, 1986.

Ecología y estructura de las comunidades de peces en el Sistema Lagunar Teacapan-Agua Brava, Nayarit México. An. Centro Cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13(1):185-242.

BARNES, R.S.K., 1981. *Coastal Lagoons: The natural History of a neglected habitat*. Cambridge University Press, Inglaterra. 106p..

BOND E.C., 1979. *Biology of Fishes*. saunders college publishing, washington 514p.

CARRANZA, J. Y F. AMEZCUA LINARES, 1971. Plan Nayarit. S.R.H.

Resultados finales de la fauna Ictiológica en el sistema Teacapán-Agua Brava, (octubre de 1970-junio de 1971). 2a parte del informe final del contrato de Estudios No. NAY. EST.-7. Inst. Biol., Depto. Cienc. del Mar y Limno. Univ. Nal. Autón. México y S.R.H. 88-115.

CASTILLO RODRIGUEZ Z. Y F. AMEZCUA LINARES (1990). Moluscos del Sistema Teacapán Agua Brava, Nayarit México, An.Inst. Cienc. del Mar y Limno. Univ. Nal. Autón. México (remitido).

CEPEDA, G.H., 1977. Características Mareográficas en Mochona , Tabasco y Agua Brava Nayarit, An. Inst. Gef. 5(22 - 23): 105-115.

DAVIES, R. G. ,1971. *Computer programing in cuantitative Biol.* Academic press inc., Londres,424 p.

FLORES-VERDUGO, F., F. AMEZCUA LINARES, A. YAÑEZ-ARANCIBIA Y M. ALVAREZ-RUBIO, 1990. Mangrove ecology, scautic primary productivit y and fish community dynamics in the Teacapán Agua Brava Lagoon, estuarine system, Mexican Pacific, *Estuarines*. En prensa.

GARCIA, E., 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación al sistema climática de Koepen.* Univ. Nal. Auton. México. Inst. Geogr. 246 p.

KREBS, C.J., 1978. *Ecology the experimental analysis of distribución and abundance.* Harper Interamericana, Ed.,Nueva York. 678 p.

Mak ARTHUR,R.H.1969. *Patterns of Communities in the Tropics.* Biol. Jour. Linn Soc. 1: 19-30.

MAGURRAN E.A., 1988. *Ecological Diversity and its Measurament.* Edit Croom Helm 175p.

- MILLER, J.C., 1980. Niche relationships among parasitic insects occuring in a temporary habitat. *Ecology* 61(2): 270-275.
- NUÑEZ-PASTEN, A., 1973. Hidrología del Sistema Teacapán-Agua Brava en la planicie costera de los estados de Sinaloa y Nayarit, México. Tesis profesional, Escuela de Biología, Univ. Autón. Edo. Mor. 38 P.
- OLIVARES-BECERRIL, J. 1990. Diversidad trófica de peces dominantes del Sistema Lagunar Teacapán-Agua Brava Nayarit, México. Tesis profesional Fac. Cienc. Univ. Nal. Autón. México. En proceso
- ODUM, E.P., 1969. The Strategy of Ecosystem development. *Science*, (164):262-270.
- ROLLET, B., 1974,. Ecología y reforestación de los manglares en México. FAO. Programa de investigación y Fomento pesquero, Informe tecnico 6.1-126
- YAÑEZ-ARANCIBIA, 1978. Taxonomía y Estructura de las Comunidades de peces en las Lagunas Costera con Bocas Efimeras del Pacífico de México. *An. Centro Cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 1- (306) 303 P.
- YAÑEZ-ARANCIBIA, 1986. *Ecología de la zona Costera; análisis de siete tópicos* Edit. AGT. México 189 P.