

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LA COMUNIDAD
DE PECES DE LA LAGUNA DE ZACAPU,
MICHOACÁN, MÉXICO**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

RODRIGO MONCAYO ESTRADA

ÍNDICE

GLOSARIO		i
RELACIÓN DE FIGURAS		iv
RELACIÓN DE TABLAS		viii
RESUMEN		x
ABSTRACT		xi
1. INTRODUCCIÓN:		1
II. ANTECEDENTES		3
III. OBJETIVO GENERAL		5
111.1. OBJETIVOS PARTICULARES		5
IV. ÁREA DE ESTUDIO		6
IV.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		6
IV.1.1. Situación Geográfica y Fisiografía		6
IV.1.2. Geología y Tipo de Suelo		6
IV.1.3. Hidrología y Factores Meteorológicos		8
IV.2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS		9
IV.2.1. Vegetación y Comunidades Biológicas		9
IV.3. CARACTERÍSTICAS SOCIALES Y CULTURALES		11
IV.3.1. Asentamientos humanos y Uso Actual del Suelo		11
IV.3.2. Explotación de los Recursos de la Laguna e Infraestructura y servicios		13
IV.3.3. Uso Tradicional de la Flora y Fauna de la Región		13
IV.3.4. Aspectos Históricos y Culturales		14
V. MATERIALES Y METODO		16
V.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES		16
V.2. ACTIVIDADES DE CAMPO		16
V.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL MUESTREO Y SITIOS DE RECOLECTA		16
V.2.2. HÁBITOS ALIMENTARIOS		19
V.3. ACTIVIDADES DE LABORATORIO Y GABINETE		20
V.3.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA COMUNIDAD		20
V.3.2. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD		20
V.3.3. INSPECCIÓN DE LAS VARIABLES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS		23
V.3.4. INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES COMUNITARIAS Y AMBIENTALES		23
V.3.5. HÁBITOS ALIMENTARIOS		23
V.3.5.1.- ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO		24
V.3.5.2.- AMPLITUD Y TRASLAPE DE NICHOS TRÓFICOS		26
V.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN		28
VI. RESULTADOS		29
VI.1. TENDENCIA DE LA COMUNIDAD DE PECES		29
VI.1.1. COMPOSICIÓN		29
VI.2. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD		32
VI.2.1. INVIERNO (ENERO)		34
VI.2.2. PRIMAVERA (MAYO)		37
VI.2.3. VERANO (JULIO)		39
VI.2.4. OTONO (OCTUBRE)		42
VI.2.5. CICLO ANUAL		45

VI.3.	DOMINANCIA. PONDERACIÓN DE ESPECIES DOMINANTES	48
VI.3.1.	INVIERNO (ENERO)	48
VI.3.2.	PRIMAVERA (MAYO)	49
VI.3.3.	VERANO (JULIO)	50
VI.3.4.	OTONO (OCTUBRE)	50
VI.3.5.	CICLO ANUAL	52
VI. 4.	ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS .	53
VI.4.1.	INSPECCIÓN DE LAS VARIABLES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS .	53
VI.4.2.	INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES COMUNITARIAS Y AMBIENTALES	55
VIS.	HÁBITOS ALIMENTARIOS	64
VI.5.1.	ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO .	64
VI.5.2.	REPARTICIÓN DEL NICH O ALIMENTARIO .	79
VI.5.2.1.	AMPLITUD DE NICH O ALIMENTARIO .	80
VI.5.2.2.	TRASLAPE DE NICH O ALIMENTARIO .	81
VII.	DISCUSIÓN	86
VII.1.	TENDENCIA DE LA COMUNIDAD DE PE CE S Y su COMPOSICIÓN	86
VII.2.	ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD	89
VII.2.1.	INVIERNO (ENERO)	90
VII.2.2.	PRIMAVERA (MAYO)	93
VII.2.3.	VERANO (JULIO)	95
VII.2.4.	OTONO (OCTUBRE)	98
VII.2.5.	CICLO ANUAL	99
VII.3.	DOMINANCIA. PONDERACIÓN DE ESPECIES DOMINANTES	99
VII.3.1.	INVIERNO (ENERO)	100
VII.3.2.	PRIMAVERA (MAYO)	101
VII.3.3.	VERANO (JULIO)	102
VII.3.4.	OTONO (OCTUBRE)	103
VII.3.5.	CICLO ANUAL	104
VII.4.	ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS .	106
VII.4.1.	INSPECCIÓN DE LAS VARIABLES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS .	106
VII.4.2.	INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES COMUNITARIAS Y AMBIENTALES	114
VII.5.	HÁBITOS ALIMENTARIOS	118
VII.5.1	ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO	118
VII.5.2	COMENTARIOS SOBRE LOS ARTÍCULOS ALIMENTICIOS	123
VII.5.2.1	MICROCRUSTÁCEOS	123
VII.5.2.2	ANFÍPODOS	126
VII.5.2.3	INSECTOS .	127
VII.5.2.4	GASTEROPODOS : : : : :	128
VII.5.2.5	DETRITUS .	129
VII.5.2.6	MACROFITAS : : : : :	129
VII.5.3.	REPARTICIÓN DEL NICH O ALIMENTARIO .	130
VII.5.3.1	AMPLITUD DE NICH O	131
VII.5.3.2	TRASLAPE DE NICH O	133
VIII.	CONCLUSIONES	151

IX.	RECOMENDACIONES	.	.	.	.	.	.	.	155
X.	BIBLIOGRAFÍA	.	.	.	.	.	.	.	159

GLOSARIO

Abiótico: no viviente, desprovisto de vida.

Alimentario: Propio de la alimentación o referente a ella (Salvat, 1972).

Alimenticio: que alimenta o tiene la propiedad de alimentar (Salvat, 1971).

Amplitud de nicho: intervalo, dentro de un gradiente de recursos, en el que los organismos de una población pueden sobrevivir, desarrollarse y reproducirse.

Bentos: las comunidades que viven en o cerca del fondo de un cuerpo de agua, en lo denominado interfase agua y materiales sólidos.

Biota: se refiere a los organismos vivos presentes en un área dada.

Biótico: se refiere a. organismos o sistemas de organismos vivos.

Ciénaga: extensión inundada generalmente pantanosa que contiene mucho cieno.

Coexistencia: la presencia de dos o más especies en la misma área o hábitat.

Competencia: demanda simultánea por 'dos o más organismos o especies sobre un recurso común que se encuentra actual o potencialmente en disponibilidad limitada (competencia de explotación), o a la interacción detrimental entre dos o más organismos o especies por un recurso común que no es limitante (competencia de interferencia).

Competencia intraespecífica: competencia entre los organismos de la misma especie.

Competencia interespecífica: competencia entre organismos de especies diferentes.

Competencia importante y parcial: se emplean los términos importante y parcial puesto que en el caso de *M. salmoides* no solo implica lo que Arthur (1987) define como competencia explotativa (-,-

efecto mutuamente inhibitorio) sino que realiza depredación (+, -).

Depredador: consumidor que se alimenta de otros organismos a quienes mata para consumirlos.

Detritus: materia orgánica fragmentada como resultado de la descomposición de restos animales y vegetales.

Dinámica de la comunidad: por medio de ésta se intenta explicar los cambios en el número de individuos de las poblaciones, los cuales dependen principalmente de modificaciones en la alimentación, reproducción, mortalidad o la dispersión (Krebs, 1985).

Diurno: organismo activo durante las horas con luz de día. Evento que ocurre durante las horas con luz de día.

Dominancia o predominio: Las especies que la ejercen son las que tienen un elevado índice de éxito ecológico, y determinan en gran parte las condiciones bajo las cuales crecen las especies vinculadas a ellas. De los cientos de especies que hay en la comunidad, unas cuantas ejercen control importante por virtud de su tamaño, el número de individuos o sus actividades (Krebs, 1985).

Ectoparásito: parásito que vive en la superficie exterior de su hospedero.

Ectotermo: organismo cuya temperatura está determinada principalmente por la temperatura ambiental. Poiquilotermo. Organismo de sangre fría.

Epibentófago: depredador que se alimenta sobre la comunidad de organismos que viven en la superficie del fondo de un cuerpo de agua.

Epilimnion: en el período de estratificación de un cuerpo de agua, éste es el estrato superior de aguas más o menos uniformemente cálidas, con circulación y bastante turbulencia (Wetzel, 1981).

Estructura de la comunidad: abarca la composición y la abundancia de las especies, los cambios temporales de las comunidades y las relaciones entre las especies de una comunidad, y depende en parte de su estructura física (Krebs, 1985).

Eurífago o polífago: consumidor que se alimenta de una variedad amplia de tipos de alimento. También generalista.

Factores limitantes: son aquellos que se anteponen como los aspectos cruciales del nicho que determinan si las especies pueden coexistir. La **variación** en estos factores -alimento, **depredación**, entre otros- será seguida por un cambio en el equilibrio del tamaño de la **población**.

Función de la comunidad: al hablar de su funcionamiento nos referimos a la forma en que se desenvuelve la comunidad como procesadora de energía y nutrientes, aspectos de la ecología de las comunidades (Krebs, 1985).

Guild: dentro del aspecto funcional de la comunidad, se considera como el ensamblaje de todas las especies capaces de utilizar un mismo tipo de recurso en un lugar dado, sin importar su agrupación taxonómica (Rarbault y Celecia, 1981). Sin embargo, cabe aclarar que para una aproximación más detallada del análisis de la **conformación** de los guilds se debe realizar un estudio cuantitativo de la amplitud y traslape de nicho en todas sus dimensiones que lo conforman e incluso repetir el análisis en diferentes períodos y por varios años (Barbault y Celecia, 1981). Además, de que éste implica una relación de la comparación del nicho en diferentes comunidades (Whittaker, Levin y Root, 1973).

Hábitat: intervalo con determinadas características ambientales o comunitarias en las que se presentan las especies (Whittaker, Levin y Root, 1973).

Hipolimnion: en un lago es la región profunda, fría y relativamente tranquila debajo del epilimnion (Wetzel, 1981).

Hidrodinámica: lo relativo al estudio o análisis del movimiento del agua (Salvat, 1971).

Hospedero intermediario: hospedero ocupado por un parásito en sus estadios juveniles, antes de establecerse en su hospedero definitivo.

Léntico: se refiere al hábitat acuático estático o con movimiento lento.

Lótico: se refiere al hábitat acuático en constante movimiento, generalmente rápido.

Macrofitas: se refiere a las formas visibles a simple vista de la **vegetación acuática**, incluyendo a las macroalgas (Eckblad, 1980).

Malpaís: terreno árido con vegetación escasa y una alta erosión superficial. Superficie cubierta de lava con condiciones locales de aridez.

Manto freático: reserva de agua subterránea más o menos permanente.

Migración vertical: desplazamiento periódico de los organismos en la columna de agua con fines de **alimentación**, **reproducción** y **protección**.

Nicho ecológico: es un término más comprensivo que incluye no sólo el espacio físico ocupado por un organismo, sino también su papel funcional en la comunidad (como por ejemplo, su posición trófica) y su posición en los gradientes ambientales. Estos tres aspectos del nicho ecológico pueden designarse apropiadamente como **nicho espacial o de hábitat**, **nicho trófico** y **nicho multidimensional o de hipervolumen** (Odum, 1972). Es la posición en el hiperespacio siendo representado por una superficie de respuesta o una medida de agrupación poblacional dentro del hipervolumen (Whittaker, Levin y Root, 1973).

Nicho idético: éste es un concepto alusivo a la falta de coexistencia en el caso de que dos especies lo presentaran. Sin embargo, en relación con el tipo adaptativo, definido como el conjunto de interacciones que existen entre los organismos y el ambiente, no puede haber más de una especie (e incluso una población) ocupando un nicho igual, ya que al ser descrito con suficiente detalle no existen dos poblaciones distintas que tengan exactamente la misma historia evolutiva ni los mismos conjuntos de relaciones ambientales (Lluch, 1978).

Omnívoro: **cosumidor** con una dieta mixta de material animal y vegetal.

Pm-ches de grano fino: esto aplicado sobretudo en aquellos parches donde la especie busca sus artículos alimenticios y donde los recursos y otros componentes son aprovechados en la proporción en la que se encuentran (MacArthur, 1968).

Perenne: continuo, incesante, que no tiene intermisión (Salvat, 1971).

Perifiton: las comunidades dependientes de los **macrófitos**, raíces de árboles sumergidas y otros objetos constituyen el perifiton o **Aufwuchs**, y la segunda **denominación** puede ser más correcta, porque también muchos animales forman parte de ella (Margalef, 1983).

pH: escala de medida de la acidez de las soluciones, definida como el logaritmo negativo decimal de la concentración de los iones hidrógeno. Se expresa en un intervalo que va de 0 a 14 (ácido a básico, respectivamente), siendo el valor de 7 el correspondiente a la neutralidad.

Plancton: se refiere al grupo de organismos que **flotan en** la superficie de las aguas de los ríos, **lagos** y los océanos, cuyos movimientos siguen al de las corrientes; aunque algunos organismos **exhiben** movimientos natatorios activos que les ayudan a mantener la posición vertical, sin embargo el plancton en conjunto es incapaz de moverse contra las corrientes apreciables (Harris, 1986).

Población: conjunto de organismos de la misma especie, que pueden reproducirse entre sí y ocurren en un lugar y tiempo determinado (Krebs, 1985; Franco *et al.*, 1985).

Polimorfismo: Coexistencia de dos o más formas discontinuas en una población que están determinad& genéticamente.

Productividad: tasa de **incorporación** 0 generación de biomasa por un individuo, población o nivel trófico por unidad de tiempo, por unidad de área 0 volumen.

Productividad primaria: se define como la velocidad a que es almacenada la energía por la actividad fotosintética o quimiosintética de los organismos productores en forma de sustancias orgánicas susceptibles de ser utilizadas como material alimenticio (Odum, 1972).

Provincia **ictiogeográfica:** subregión zoogeográfica con una fauna de peces distintiva y que está más o menos aislada de **otras** provincias.

Recolecta: **acción** de juntar objetos dispersos; la captura de los peces por medio del arte de pesca empleado en un momento y tiempo determinados.

Renovación hidráulica: restablecimiento de una masa de agua en un sitio a través de un movimiento constante.

Ritmo circadiano: ritmo de actividad biológica con una periodicidad de aproximadamente 24 horas.

Simpátricas: las especies que coexisten en una misma área geográfica.

Subtropical: que se halla cerca del trópico y posee características climáticas, florísticas y faunísticas parecidas a la de dicha zona.

Taxocenosis: **grupo de especies, todas miembros** de un taxón supraespecífico que se encuentran juntas en la misma asociación (Hutchinson, 1967). En este caso la comunidad de peces.

Termoclina: gradiente de temperaturas. Región que **delimita** dos **capas** de aguas con diferentes temperaturas.

Zooplancton: los animales integrantes del plancton.

Todas las definiciones, excepto las acotadas, fueron tomadas de Portilla y Zavala (1990).

RELACIÓN DE FIGURAS

NO.	Descripción	Página
1	Localización de la laguna de Zacapu	7
2	Distribución de las especies más representativas de las macrofitas sumergidas, emergentes y flotantes dentro del cuerpo de agua, así como de la vegetación terrestre en la ribera de la laguna de Zacapu . También se muestran las estaciones de recolecta debido a que este fue un criterio de selección.	11
3	Localización de los sitios de recolecta y algunos de los criterios para su ubicación, como son los impactos (además ver figura 2 para criterios adicionales). La estación 5 Río es la provisional y las otras fijas. La flecha punteada cerca de la estación 3 indica que hace poco se clausuró la entrada de aguas negras en esa zona.	17
4	Comparación de la frecuencia de aparición de los peces de la laguna de Zacapu en dos períodos de recolecta [1991-2 tomado de Moncayo (1993)].	30
5	Comparación de la abundancia relativa para la recolecta de 1986 (tomado de Medina, 1993) y los obtenidos en el presente trabajo (se empleo la dominancia parcial ya que es el equivalente).	32
6	Comparación del índice del Valor de Importancia en el día y la noche para el invierno (enero del 95).	36
7	Comparación del Índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en el invierno (enero del 95).	36
8	Comparación del índice del Valor de Importancia en el día y la noche para la primavera (mayo del 95).	38
9	Comparación del Índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en la primavera (mayo del 95).	39
10	Comparación del Índice del Valor de Importancia en el día y la noche para el verano (julio del 95).	41
11	Comparación del índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en el verano (julio del 95).	41
12	Comparación del Índice del Valor de Importancia en el día y la noche para el otoño (octubre del 95).	44
13	Comparación del Índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en el otoño (octubre del 95).	45
14	Comparación del índice del Valor de Importancia en el día y la noche para el ciclo anual.	47
15	Comparación del índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en el ciclo anual.	48
16	Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del IVI en el mes de enero del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%.	49

NO.	Descripción	Página
17	Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del IVI en el mes de mayo del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%	50
18	Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del IVI en el mes de julio del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%	51
19	Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del IVI en el mes de octubre del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%	51
20	Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del IVI en el ciclo anual del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%	52
21	Representación gráfica de la Correlación Lineal Simple entre la abundancia y la biomasa con los parámetros físicos y químicos. La línea quebrada significa una relación estadísticamente significativa. a = datos globales; b = abundancia de invierno - día; c = biomasa de invierno - día; d = abundancia de invierno - noche; e = biomasa de invierno - noche.	56
22	Representación gráfica de la Correlación Lineal Simple entre la abundancia y la biomasa con los parámetros físicos y químicos. La línea quebrada significa una relación estadísticamente significativa. a = abundancia de primavera - día; b = biomasa de primavera - día; c = abundancia de primavera - noche; d = biomasa de primavera - noche; e = abundancia de verano - día; f = biomasa de verano - día	57
23	Representación gráfica de la Correlación Lineal Simple entre la abundancia y la biomasa con los parámetros físicos y químicos. La línea quebrada significa una relación estadísticamente significativa. a = abundancia de verano - noche; b = biomasa de verano - noche; c = abundancia de otoño - día; d = biomasa de otoño - día; e = abundancia de otoño - noche; f = biomasa de otoño - noche.	58
24	Distribución de las especies de peces en la laguna de Zacapu con respecto a los parámetros ambientales a partir del Análisis Canónico de Correspondencias de acuerdo a los valores de abundancia durante el día.	61
25	Distribución de los sitios y meses de muestreo en la laguna de Zacapu con respecto a los parámetros ambientales a partir del Análisis Canónico de Correspondencias de acuerdo a los valores de abundancia de las especies durante el día.	61
26	Distribución de las especies de peces en la laguna de Zacapu con respecto a los parámetros ambientales a partir del Análisis Canónico de Correspondencias de acuerdo a los valores de abundancia durante la noche.	62
27	Distribución de los meses y sitios de muestreo en la laguna de Zacapu con respecto a los parámetros ambientales a partir del Análisis Canónico de Correspondencias de acuerdo a los valores de abundancia de las especies durante la noche.	62
28	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>H. calientis</i> durante el invierno (a) (enero 1995) y la primavera (h) (mayo 1995).	65
29	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>H. calientis</i> durante el verano (a) (julio 1995) y el otoño (b) (octubre 1995).	66

NO.	Descripción	Página
30	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios en <i>H.turneri</i> durante un ciclo anual (tomado de Moncayo, 1993).	67
31	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>Ch.humboldtianum</i> durante el invierno (a) (enero 1995) y la primavera (b) (mayo 1995).	69
32	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>Ch. humboldtianum</i> durante el verano (a) (julio 1995) y el otoño (b) (octubre 1995).	70
33	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>X.variata</i> durante el invierno (a) (enero 1995) y la primavera (b) (mayo 1995).	71
34	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>X.variata</i> durante el verano (a) (julio 1995) y el otoño (b) (octubre 1995).	72
35	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>G. atripinnis</i> durante el invierno (a) (enero 1995) y la primavera (b) (mayo 1995).	74
36	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>G. atripinnis</i> durante el verano (a) (julio 1995) y el otoño (b) (otoño 1995).	75
37	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>Skiffia spp</i> durante el invierno (enero 1995).	76
38	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>Z. quitzeoensis</i> durante el invierno (enero 1995).	76
39	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>C. carpio</i> durante el ciclo anual.	77
40	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>Ct. idella</i> durante el otoño.	78
41	Diagrama trófico combinado de los artículos alimentarios para <i>A.robustus</i> durante el ciclo anual.	78
42	Zonas y relaciones alimentarias de la laguna de Zacapu . El número representa el porcentaje de la dieta por volumen de los artículos alimenticios más importantes para cada especie. Las mayores categorías alimentarias son el perifiton, el bentos, el zooplancton y los peces. Las flechas en <i>Ch.humboldtianum</i> y <i>X.variata</i> se refiere al movimiento antagónico del día y la noche respectivamente hacia la zona litoral.	79
43	Valores del índice de amplitud de nicho de Levin estandarizado para las diferentes especies de peces en la laguna de Zacapu considerando el ciclo anual.	80
44	Análisis de la amplitud de nicho de Levin estandarizado para las diferentes épocas del año en cuatro especies dominantes en la laguna de Zacapu .	81
45	Dendograma UPGMA, a partir de los datos del Índice de Horn , de acuerdo a las especies de la laguna de Zacapu (técnica Q).	83

NO	Descripción	Página
46	Dendograma UPGMA , a partir de los datos del Índice de Horn , de acuerdo a los artículos alimenticios preferenciales en las especies de peces de la laguna de Zacapu (técnica R).	84
47	Conducta durante un ciclo dial y su movimiento hacia la orilla de algunas de las especies de la laguna de Zacapu .	91
48	Distribución de las especies dominantes durante el invierno en las estaciones de recolecta para la laguna de Zacapu .	92
49	Distribución de las especies dominantes durante la primavera en las estaciones de recolecta para la laguna de Zacapu .	94
50	Conducta durante un ciclo dial y su movimiento hacia la orilla de la especie <i>Goodea atripinnis</i> en la estación 4 de la laguna de Zacapu en la primavera.	95
51	Diferentes aspectos que determinaron el aumento de la dominancia de <i>Skiffia</i> spp para la estación 2 en el verano. El pez dentro del otro implica la gravidez, el sol y la luna el amanecer y las plantas la protección y alimento proporcionado por las macrofitas.	97
52	Distribución de las especies dominantes durante el verano en las estaciones de recolecta para la laguna de Zacapu .	97
53	Distribución de las especies dominantes durante el otoño en las estaciones de recolecta para la laguna de Zacapu .	98
54	Variación estacional de diferentes parámetros físicos y químicos en los distintos sitios de recolecta durante el día y la noche.	109
55	Ciclo dial midiendo el oxígeno cada 6 horas para la estación 1 durante el mes de julio de 1992.	111
56	Diagrama sistematizado de las relaciones tróficas presentes entre los peces de la laguna de Zacapu	131
57	Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies de peces que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.	137
58	Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies de peces que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.	135
59	Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies de peces que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.	140
60	Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies de peces que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.	140

NO.	Descripción	Página
61	Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies de peces que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.	143
62	Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies de peces que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.	144
63	Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies de peces que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.	147

RELACIÓN DE TABLAS

No.	Descripción	Página
1	Composición de las macrofitas sumergidas, emergentes y flotantes de la laguna de Zacapu (modificado de Ceballos et al., 1993).	12
2	Comparación de las especies reportadas para la laguna de Zacapu a través del tiempo.	31
3	Abundancia media para las diferentes estaciones del año en el día y la noche.	33
4	Biomasa media para las diferentes estaciones del año en el día y la noche.	33
5	Valores de los atributos y el Índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas del invierno (enero del 95).	34
6	Índice del Valor de Importancia (IVI) para el día (d), 1a noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en el invierno (enero del 95).	35
7	Valores de los atributos y el Índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas de la primavera (mayo del 95).	37
8	Índice del Valor de Importancia (IVI) para el día (d), la noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en la primavera (mayo del 95).	38
9	Valores de los atributos y el índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas del verano (julio del 95).	40
10	Índice del Valor de Importancia (IVI) para el día (d), la noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en el verano (julio del 95).	40
11	Valores de los atributos y el índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas del otoño (octubre del 95).	43
12	Índice del Valor de Importancia (IVI) para el día (d), la noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en el otoño (octubre del 95).	44
13	Valores de los atributos y el índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas del año.	46

NO.	Descripción	Página
14	Índice del Valor de Importancia (IVI) para el día (d), la noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en el ciclo anual.	47
15	Análisis de Varianza para la Abundancia de las especies. Análisis de Comparaciones Múltiples para los datos de Abundancia de las especies en cuanto a las estaciones del año	53
16	Análisis de Varianza para la Biomasa de las especies. Análisis de Comparaciones Múltiples para los datos de Biomasa de las especies en cuanto a las estaciones del año	54
17	Análisis de Varianza para las Variables Ambientales	54
18	Valores de correlación múltiple y coeficientes canónicos para los tres primeros ejes del Análisis Canónico de Correspondencia a partir de los valores de la abundancia de las especies en el día .	59
19	Valores de correlación múltiple y coeficientes canónicos para los tres primeros ejes del Análisis Canónico de Correspondencia a partir de los valores de la abundancia de las especies en la noche.	60
20	Valores del índice de traslape de nicho de Horn para todas las especies de peces de la laguna de Zacapú . El volumen del alimento de <i>A. dugesii</i> y <i>P. infans</i> tomado de Duarte (1981).	82
21	Valores del índice de traslape de nicho de Hulbert para aquellas especies de peces que se interrelacionaron en el índice de traslape de nicho de Horn.	84
22	Variables ambientales analizadas durante las recolectas realizadas en 1995.	110
23	Comparación de algunos parámetros físicos y químicos en cuatro cuerpos de agua michoacanos. Los datos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén fueron tomados de Chacón (1993).	114

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue analizar las variaciones en la estructura y función de la comunidad de peces de la laguna de **Zacapu** y su relación con los factores ambientales, para entender parte de su dinámica y coadyuvar a su mejor aprovechamiento y conservación. Con el fin de cubrir dicho objetivo se llevaron a cabo recolectas estacionales en la localidad en cuatro sitios de muestreo, por medio de un **chinchorro** charalero tanto en el día como en la noche, para tener acceso a un mayor número de especies y analizar su **comportamiento** en el ciclo circadiano. El aspecto estructural se definió y discutió por medio del índice de Valor de Importancia y en cuanto a la función, determinada por medio de los hábitos alimentarios, se empleó para una mejor y rápida comprensión el índice de Importancia Relativa y su aplicación gráfica del espectro **trófico**. Aparte, para analizar la amplitud de nicho se utilizó el **Índice** de Levin y la interacción trófica se **definió con los índices de Traslape** de Nicho de **Horn**, con una **representación gráfica por medio del análisis** de agrupamientos, y el de **Hulbert**. Por medio del Análisis de **Varianza** se buscaron las probables diferencias tanto temporales como espaciales en la estructura comunitaria y los parámetros físico-químicos, con el Análisis de **Correlación** Lineal Simple se indagó por la intensidad de la relación entre **las** variables **bióticas** y **abióticas** y **finalmente** por medio del Análisis Canónico de Correspondencia, la **interrelación** de las mismas. La tendencia en la riqueza específica de esta comunidad mostró un incremento a través del tiempo, lo cual responde principalmente a la introducción en el sistema de varias especies de ciprínidos (e. g. *Cyprinus carpio*, *Algansea lacustris* y *Ctenopharingodon idella*). La estructura comunitaria presentó una oscilación cíclica estacional de las especies como una respuesta a la conducta alimentaria y reproductiva. Esto se ejemplifica claramente en el caso del ciprínido *Hybopsis calientis* y el aterínido *Chirostomn humboldtianum* en primavera y los goodeidos en verano y otoño para la reproducción. A partir de las recolectas se destacaron aquellas especies preferentemente nocturnas como *Goodea atripinnis* y las diurnas, tal es el caso *H. calientis*, además de aquellas que fueron constantes a lo largo **del** día y la noche como Ch. *humboldtianum*. Las diferencias en el sentido temporal (estaciones del año y día-noche), fueron corroboradas mediante el análisis de varianza. El **análisis** del aspecto espacial (sitios de muestreo) no presentó diferencias, sin embargo, se destaca la preferencia de algunas especies por zonas particulares de la laguna. Esta homogeneidad espacial también se vio reflejada al analizar las variables físicas y químicas no encontrándose diferencias significativas. Lo anterior **puede** ser explicado por el área y la profundidad del cuerpo de agua, su gran capacidad de renovación **hidráulica** y a que este es un remanente de un lago de mayores dimensiones. El Análisis Canónico de Correspondencia se utilizó como una herramienta que resume todos los eventos ocurridos a lo largo del año. **Funcionalmente**, la preferencia por determinados artículos alimenticios reveló un cambio estacional de acuerdo a las **fluctuaciones** de las presas durante el año, siendo un ejemplo representativo el ciclo de vida de las **macrofitas** sumergidas, elementos muy característicos **de** la laguna que soportan una gran cantidad de organismos que sirven como alimento a los peces en forma directa o en forma de detritus al declinar **su** población. Por otra parte, las preferencias alimentarias y la composición de la dieta variaron en el transcurso del año, relacionándose con los grupos de tallas, como en el caso de los goodeidos en los que existe un marcado nacimiento de crías en el otoño. Esta variación en las preferencias alimentarias también se vio **reflejada** en relación a los sitios de recolecta. A partir de la amplitud de nicho se conformaron 3 grupos y se corroboró la gran **dominancia** de *H. calientis* al ser la del valor más alto y no verse limitada por la escasez de algún recurso, lo que le da mayores posibilidades de ocupar más **hábitats**. Por su parte, las especies introducidas se situaron entre los grupos de menor proporción y *A. lacustris* mostró sobreposición de nicho con varias especies nativas y *C. carpio* con *Allophorus robustus* que es el depredador tope de la ictiofauna. **Algunas de** las especies sensibles como *Hubbsina turneri* interactuaron también mucho con las demás en este sentido. La introducción de *Micropterus salmoides* como un carnívoro voraz implica una depredación sobre varias **especies**. **Finalmente**, se establecen algunos aspectos para conformar un plan de manejo para dar **consecuencia** a la iniciativa de declaración de la laguna como reserva ecológica.

ABSTRACT

The main aim of this study was the analysis of the structural and functional variations in the fish community at Zacapu lagoon and its relationship with the environmental factors, to understand its dynamics and to help with its better management and conservation. Seasonal samples were made in four sites along the lagoon with a seine net during the day and night, to capture all the species and to analyze the diel behaviour. Structural data were analyzed by using the Important Value Index, and the community function, in the study of the feeding habits, was examined by the Relative Importance Index and its graphics representation. The niche breadth was measured by the Levin's formula and for the relationship in the diets the Horn's Index of Overlap, with a graphic representation through the cluster analysis, and Hulbert's Index were employed. The Analysis of Variance was used to find both, the probably time and space variations in the community structure and environmental factors; the intensity of the relationship between the biotic and abiotic variables was examined through the Simple Linear Correlation; and the inter-relationships were studied by the Canonical Correspondence Analysis. The tendency in the specific richness of this community showed an increase along the collects made by other authors in the lagoon and the principal cause of it, is the introduction of nonnative cyprinid fishes (e. g. *Cyprinus carpio*, *Algansea lacustris* and *Ctenopharingodon idella*). The community structure showed a seasonal cyclic oscillation as a response to the feeding and reproductive behaviour, for example, the cyprinid *Hybopsis calientis* and the atherinid *Chirostoma humboldtianum* in spring and the goodeids in summer and autumn for the reproduction. Another thing determined was the preference of the species to any particular time of the day. A nocturnal species was *Goodea atripinnis*, and *H. calientis* as the example of the diurnal one, even though there were some that appear constantly at any moment like *Ch. humboldtianum*. The differences in the temporal sense (season of the year and day-night), was corroborated through the analysis of variance. As for the space (sites sampled), the same analysis did not determine differences, however, there were preferences by some species to a particular lagoon zones. This homogeneity in the space was the same when the environmental factor was analyzed. The possible causes to explain this phenomenon could be the little depth of the water body, its high hydraulic renovation capacity and that this is the remnant of a largest lake. The Canonical Correspondence Analysis was used like an important tool to resume most of the events that occurred along the year. Functionally, the abundance of an important organisms to the diet of fishes changes with the season according to their fluctuations in the habitat throughout the year. An example of this is the generalized growth pattern for the aquatic macrophyte following a typical sigmoid curve, these were very common elements in the lagoon containing a substantial number of microhabitats and also they were an important dietary component like detrital aggregate. On the other hand, the diet composition and preference changed according to the size of the individuals, like in the goodeid fishes which show a marked juvenile born in autumn, and with the sites sampled in the lagoon. Three groups were formed through the niche breadth measure, and the dominance of *H. calientis* was corroborated because of its higher value, this means not restriction to occur in different habitats. On the other hand, the exotic species obtained a lower value, and *A. lacustris* showed an overlap measure that represented the preference in the simultaneous use of certain resources more intensively by two species, and *C. carpio* with *Alloophorus robustus* showed a relationship in this sense. Also some sensitive species like *Hubbsina turneri* had an important relationship with the others. The incorporation of *Micropterus salmoides* in the lagoon like a carnivorous, implicated an eating pressure above other species. Finally, some characteristics to create a management plan was established to promote the initiative to declare the lagoon like ecological reserve.

I. INTRODUCCIÓN.

Los cuerpos de agua del planeta son habitados por una gran diversidad de organismos que ocupan una amplia variedad de sitios y utilizan la mayor parte de los recursos que se encuentran disponibles en ellos. La productividad biológica de los ecosistemas acuáticos representa, además del agua misma, una fuente de recursos naturales de gran importancia para el hombre que, manejados racionalmente, ofrecen la posibilidad de alcanzar un aprovechamiento sustentable además de asegurar su conservación. Por lo anterior, el conocimiento de sus componentes biológicos, así como los factores que determinan su distribución y abundancia, son fundamentales para el diseño de estrategias para el manejo y conservación de los mismos (González *et al.*, 1993).

La comunidad es una agrupación matricial mixta formada por individuos de diferentes especies que viven en un espacio **continuo**, delimitado de manera convencional (Margalef, 1980). En tal contexto, el término comunidad de peces se utiliza en este estudio para representar un grupo de especies **ícticas** que muestran un alto grado de asociación por tender a ocurrir juntas (Sanders, 1960).

En los estudios de la organización de las comunidades deben reconocerse diferentes escalas asociadas a los factores locales (v. g., diversidad del hábitat, aspectos estructurales y funcionales de las comunidades) y factores regionales (v. g., clima, barreras de dispersión y biogeografía histórica, los dos últimos se relacionan a la evolución de las especies y a la adaptación a los cambios de su entorno en el tiempo) (Eberhardt y Thomas, 1991). El análisis de estos conceptos en forma individual o en su conjunto han sido discutidos ampliamente en cuanto su implicación para la conservación biológica (Angermeier y Schlosser, 1989).

El análisis de las comunidades y sus interacciones a largo plazo han conformado uno de los aspectos con mayor atención en la actualidad, sobre todo encausándose hacia dos líneas de investigación: la biomanipulación y el monitoreo biológico. La primera se define como una serie de manipulaciones que pueden ser hechas a la biota de los **lagos**, reduciendo la dominancia de la algas verde-azules y la abundancia de las algas, para incrementar la transparencia, con la finalidad de restaurar al cuerpo de agua y detener un proceso acelerado de eutroficación. La biomanipulación toma ventaja de la dinámica de las relaciones tróficas existentes en los **lagos**. Así, una técnica de la biomanipulación es el incrementar la abundancia de los herbívoros y su actividad de consumo por medio del manejo de los niveles tróficos superiores donde se involucra comúnmente a los peces zooplancófagos (Shapiro, 1982). Los resultados indican que estos métodos pueden ser de gran utilidad, no solo en la disminución de la biomasa **algal**, sino también, en el factible abatimiento de la concentración de nutrientes en estos ambientes (Shapiro y Wrigth, 1984).

El segundo aspecto está basado en el uso del monitoreo biológico de los peces para el cálculo de la degradación ambiental, de acuerdo a la integridad biológica de esta

comunidad (Fausch *et al.*, 1990). Karr y Dudley (1981) clarifican este vínculo cuando definen la integridad biológica de un ecosistema acuático como “la capacidad de soportar y mantener una comunidad adaptada, balanceada e integral de organismos teniendo una composición, diversidad y organización funcional comparable al hábitat natural de la región”. De los principales agentes que perturban a las comunidades de peces, aparte de las fluctuaciones ambientales naturales, están los disturbios antropogénicos cuya interacción compleja pocas veces se pueden calcular solamente con las variables físicas y químicas. Las razones por las cuales los peces son organismos útiles para medir la degradación ambiental se pueden enumerar como: 1º son sensibles a una amplia gama de impactos directos. 2º Los peces integran los efectos adversos de una serie de complejos y variados impactos en otros componentes del ecosistema acuático, como es el hábitat y los macroinvertebrados, en virtud de su dependencia en los mismos para la reproducción, supervivencia y crecimiento. 3º Porque los peces tienen una vida relativamente larga, sus poblaciones muestran los efectos en una declinación reproductiva y la mortalidad de varias clases de edad y de aquí que provean un registro a largo plazo de los impactos. Finalmente, las comunidades de peces pueden ser utilizadas para evaluar los costos sociales de la degradación más directamente que otros organismos debido a que su valor económico y estético son reconocidos ampliamente (Fausch *et al.*, 1990).

La laguna de **Zacapu**, Michoacán, es un remanente de la desecación y canalización de un antiguo lago de mayores dimensiones, que se ha mantenido por el aporte de numerosos afluentes conformando un refugio para varias especies; sin embargo, en la actualidad presenta diferentes impactos perceptibles debido a la influencia de la ciudad que bordea a la laguna en más del 50% de su orilla. La presencia de todas estas condiciones así como el antecedente de algunos estudios, es 10 que ha promovido el interés por elaborar una serie de trabajos sobre diferentes aspectos como la calidad del agua, bacterias, plancton, **perifiton**, bentos y peces. Las investigaciones que incluyen éstos últimos se han encaminado principalmente en el sentido taxonómico o en la biología de una especie en particular, así como algunas características estructurales generales de la comunidad de peces; no existe un análisis completo de los aspectos estructurales y funcionales de la misma, considerando que se cuenta con la presencia de especies exóticas y se tiene la intención de introducir otras más. Además, se le está proponiendo como “Reserva Ecológica” (Fuentes *et al.*, 1993), justificándose dicha propuesta en el uso de los recursos y la restricción geográfica de algunas especies de peces (Moncayo, 1993).

Adicionalmente, la laguna representa para la ciudad una identidad cultural, un lugar de abastecimiento, de actividades domésticas y recreativas, además de ser generador de fuentes de trabajo, 10 que motiva que exista un interés de la municipalidad y la mayor parte de la sociedad del lugar por conocer el tipo y la situación de los recursos con los que cuenta el cuerpo de agua. Por lo anterior, el presente estudio pretende contribuir al conocimiento de las características de la comunidad de peces para coadyuvar en los esfuerzos de aprovechamiento y conservación de la laguna. Para la realización de la investigación se contó con la participación de la Facultad de Biología y el Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

II. ANTECEDENTES.

El punto de partida para el reconocimiento de las especies en un sitio en particular, es la integración de un trabajo taxonómico. Álvarez en 1963 se ocupó en la laguna de Zacapu del pescado blanco haciendo la descripción de una nueva especie (***Chirostoma ocampoi***), sin embargo Barbour (1973) en su estudio sistemático de este género, la ubica como ***Chirostoma humboldtianum***, una de las especies de mayor distribución. Otro trabajo es el realizado por Chernoff y Miller (1986) sobre el complejo de *Notropis* (= *Hybopsis*) ***calientis*** (ciprínido) revisando ejemplares de la laguna. Espinosa *et al.* (1993) citan para esta localidad a la trucha arco iris (***Oncorhynchus mykiss***) en su listado faunístico de México. Medina y Campos (1991) y Medina (1993) integran el primer listado de las especies de peces en un estudio que abarca la subcuenca del río Angulo.

En cuanto a los estudios sobre la estructura de la comunidad de peces, se tienen varios trabajos para diferentes cuerpos de agua de la región, tal es el caso de la laguna de Cuitzeo donde Aguirre (1975) hizo su contribución al conocimiento de la fauna íctica, Chacón (1980) analizó además la ecología de sus peces; en este mismo lugar pero incluyendo su cuenca están también los de Campos *et al.* (1985) y Medina *et al.* (1992a y b). Ceballos *et al.* (1992) abordaron el aspecto estructural en la laguna de Zacapu y Moncayo (1993) en un estudio sobre ***Hubbsinu turneri*** de este sitio, de igual forma discutió al respecto. Por su parte Benítez (1995) trabajó con la comunidad íctica en la laguna de Naranja de Tapia. En lo que respecta a sistemas lóticos, Ledesma-Ayala (1987) hizo mención de la estructura de la comunidad en el Río Duero; López (1988) abordó el mismo tema al estudiar a la especie ***Goodeu atripinnis*** distribuída en este río. Lyons *et al.* (1995) estudiaron el Río Duero y varios arroyos y pequeños ríos de la sierra Manantlán en Jalisco, con la finalidad de aplicar el Índice de Integridad Biótica. Medina y Campos (1991) y Medina (1993) partieron de los atributos comunitarios en cuanto a los peces del Río Angulo con el objetivo de definir varios aspectos estructurales y López-López y Díaz-Pardo (1991) los emplearon para destacar los cambios distribucionales en el Río de La Laja. López-López y Díaz-Pardo (1989) en la presa Begonias estudiaron la biología y ecología de los peces. Otras contribuciones abarcando toda una región hidrográfica, como es el Lerma, son las de Soto-Galera *et al.* (1991) y Díaz-Pardo *et al.* (1993).

Por otro lado, el aspecto de la función de la comunidad basado en el análisis de los hábitos alimentarios, cuenta en la laguna de Zacapu con el estudio de Moncayo (1993) que analiza al goodeido ***Hubbsinu turneri***. Existen diferentes estudios a este respecto en otros cuerpos de agua con géneros y especies presentes en la laguna de Zacapu, como los de Rosas (1976a y b) donde describió los aspectos biológicos de la ictiofauna de Pátzcuaro y de algunos datos para su cultivo; De Buen (1940a y 1941a) reportó aspectos de la dieta del pescado blanco (***Chirostoma estor***) y del charal prieto (***Chirostoma bartoni*** = ***Chirostoma attenuatum attenuatum***) y en 1944, el mismo autor hizo su análisis pero en este caso por tallas. Posteriormente Solórzano (1961) estudió al charal prieto del mismo lago y para 1963, hace un análisis del contenido estomacal del pescado blanco; García de León (1984) comparó la alimentación del pescado blanco y la lobina negra (*Micropterus salmoides*).

Morelos (1987) realizó un estudio de la biología del charal prieto ***Chirostoma attenuatum attenuatum*** y Rauda (1987) lo hizo sobre ***Chirostoma patzcuaro*** (charal pinto). Del mismo género, García (1990) examinó las relaciones alimentarias de cuatro especies. Para la familia Goodeidae en este lago, De Buen (1944) señala lo encontrado en un ejemplar de ***Alloophorus robustus*** y Nepita (1993) habla de los hábitos alimentarios de tres especies: ***Goodea luitpoldi***, ***Allotoca diazi*** y ***Alloophorus robustus***.

Del lago de Cuitzeo destacan tres trabajos importantes en cuanto a la alimentación de los peces: Alvarado y Zubieta (1980) evaluaron la competencia alimentaria entre un cíclido introducido y varios goodeidos, Duarte (1981) hizo un análisis de 12 especies y Zubieta (1985), examina a seis de ellas. Posteriormente, Bravo (1983) estudió a ***Goodea atripinnis*** abarcando varios aspectos de su biología y con ejemplares de ***Hubbsina turneri*** del mismo lugar, Moncayo (1993) consideró los hábitos alimentarios. Para el lago de Chapala, en un estudio bio-ecológico del pescado blanco (tres especies de ***Chirostoma***) Aceves (1989) analizó este aspecto. De igual forma existen otras investigaciones en diferentes cuerpos de agua sobre una misma especie: como es el caso de ***Chirostoma jordani*** con Navarrete (1981), Escalera-Gallardo (1988), Hernández-Jiménez (1991) (quien además estudió al ciprínido ***Yuriria alta***) y Soto-Galera (1993). Godínez-Rodríguez (1989) y Díaz-Pardo *et al.* (1989) analizaron varios aspectos de la biología del goodeido ***Xenotoca variata***. Soto-Galera *et al.* (1990) hicieron lo mismo con ***Alloophorus robustus***. Para ***Goodea atripinnis*** Barragán y Magallón (1994) la estudiaron. En cuanto a ***Cyprinus carpio*** se tiene en México a los trabajos de Rosas (1976a y b) y Téllez (1976), el primero sobre su biología en el lago de Pátzcuaro y su potencial de cultivo y el último para trece cuerpos de agua de la parte central de México.

III. OBJETIVO GENERAL.

Analizar las variaciones en la estructura y función de la comunidad de peces de la Laguna de Zacapu y su posible relación con algunos factores ambientales, con la finalidad de entender parte de su dinámica y coadyuvar a su mejor aprovechamiento y conservación.

111.1. OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar la variación en espacio y tiempo de la estructura en la taxocenosis.

Determinar el grado de constancia espacio-temporal de la dominancia de cada una de las especies en la comunidad de peces.

Analizar los hábitos alimentarios de las especies dominantes, e identificar las relaciones tróficas de la comunidad íctica.

Evaluar las relaciones de los factores ambientales observados con respecto a la estructura y función de la comunidad de peces.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

LAGUNA DE ZACAPU

IV.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

IV.1.1. Situación Geográfica y Fisiografía

La **laguna de Zacapu** se ubica entre las coordenadas extremas $19^{\circ} 49' 26''$ y $19^{\circ} 49' 40''$ de latitud norte y $101^{\circ} 46' 45''$ y $101^{\circ} 47' 25''$ de longitud oeste (figura 1). Esta situada a 1980 msnm dentro de la cuenca del antiguo lago de **Zacapu** (CETENAL, 1981). Localizada al norte de la ciudad de **Zacapu** de donde deriva su nombre actual, en el municipio de **Zacapu** de Mier, Michoacán, se encuentra fuertemente influenciada por la **mancha** urbana, debido a que ha sido invadida en más del 50% de su ribera (Sur y Sureste).

Se encuentra en la Provincia Fisiográfica del Arco Volcánico Mexicano, caracterizada como una gran masa de rocas volcánicas producto de la continua actividad volcánica que se manifiesta en este sector a partir del Mioceno Medio-Superior hasta el presente (Garduño y Negrín, 1992). Dentro de dicha provincia fisiográfica, se sitúa en la Subprovincia Neovolcánica Tarasca. La mayor parte de las cordilleras que la rodean se caracterizan por serranías y zonas lacustres que van de los 2000 hasta 3000 msnm. Presenta una fase física Lítica: lecho rocoso entre 10 y 50 cm de profundidad (SPP e INEGI, 1985); además de estar situada en la subcuenca Bajo Lerma de acuerdo a la topografía (SRH, 1968) y conforme a las características ambientales e icteogeográficas, en la Subprovincia del Bajo Lerma (Díaz-Pardo *et al.*, 1993).

IV.1.2. Geología y Tipo de Suelo

La laguna está en el fondo de una amplia depresión con altas zonas volcánicas basálticas principalmente hacia el Noroeste (malpaís) e inmersa en depósitos fluviolacustres y vulcanosedimentarios y éstos bordeados de **vulcanitas** con la extensión de su ciénaga hacia el Este y Noreste. Esta región se caracteriza por la presencia de **tizales** que ponen de manifiesto que existió un antiguo valle lacustre en la ciénaga de **Zacapu**, cuya depresión tiene una extensión de 26,100 Ha, el cual originalmente estaba abierto durante el Pleistoceno cerrándose por un vulcanismo reciente del Plioceno-Cuaternario (Metcalf, 1992). Los suelos presentes en la zona son aluviales y residuales que por tener características de baja permeabilidad contienen humedad alta. Los constituyen limos y arcillas ideales para la fabricación de ladrillos.

Estos suelos se desarrollan a partir de basaltos, brechas, tobas andesíticas y riolitas, todas ellas originadas en los períodos Terciario y Cuaternario. Los minerales constituyentes de la roca basáltica son ricos en calcio, magnesio y fierro y moderadamente en potasio y sodio por lo cual los suelos a los que dan origen son muy fértiles cuya capa superficial es rica en materia orgánica y nutrientes, arcillosos de color negro o gris de ahí su buena

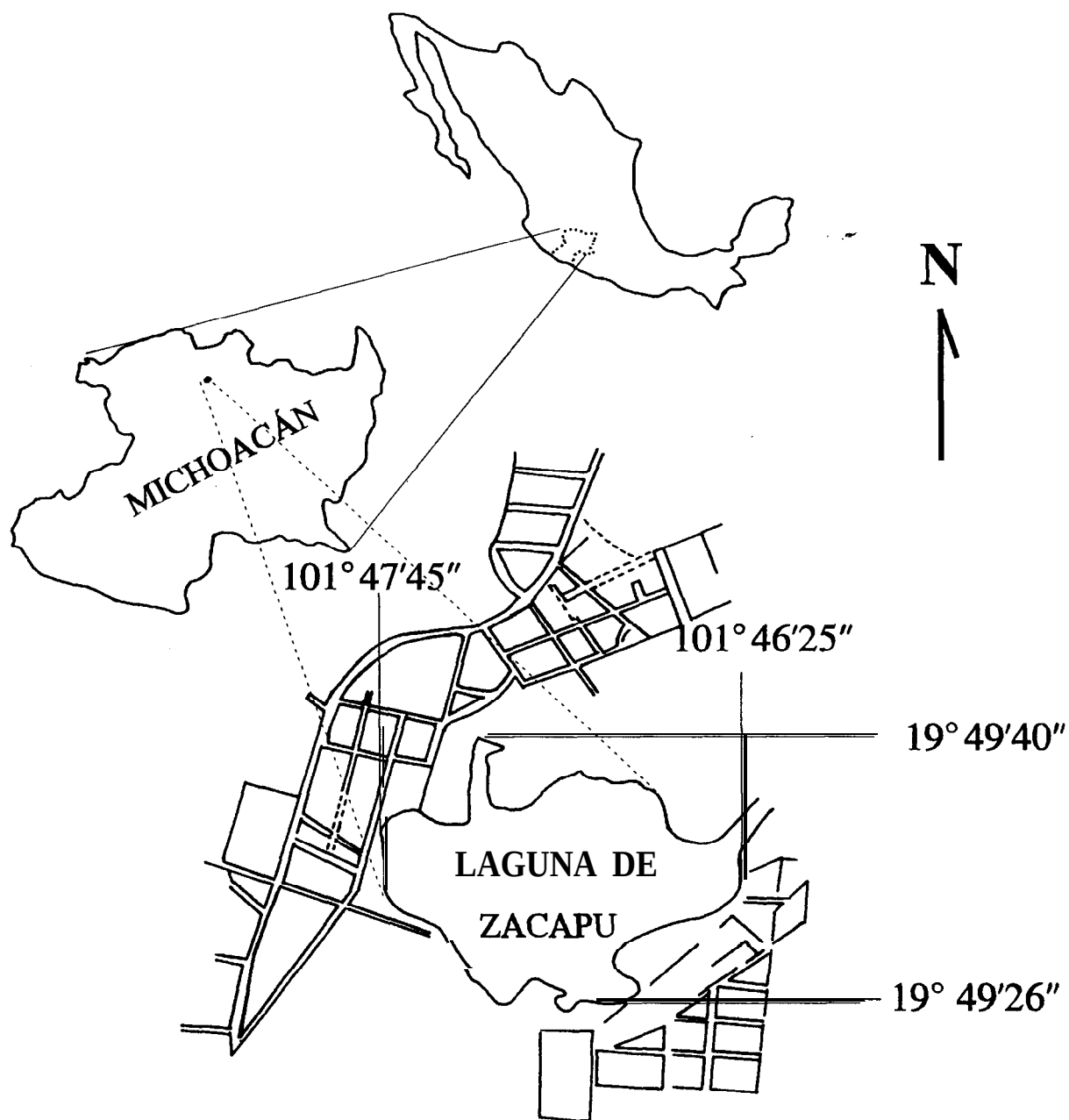


Figura 1. Localización de la Laguna de Zacapu

potencialidad agrícola (Rangel, 1991). Al Oeste de la laguna, aproximadamente a trescientos metros, **comienza** una zona pedregosa formada por cuerpos basálticos en grandes masas, del período Cuaternario y sufren fracturamiento e intemperismo moderado. Poseen una permeabilidad media - alta y los fragmentos son adecuados para mampostería y obtención de grava triturada (Fuentes *et al.*, 1993).

Entre los suelos más importantes se pueden mencionar a los Feozem con unidades de un tercio de la suma lúvicos y háplicos y una clase textural dúrica profunda (HI + Hh/3). A un metro de profundidad **hay** una capa de suelo de 26 cm, de reacción débil al HCl, textura fina, bloques subangulares de tamaño fino y de desarrollo moderado; **su denominación es mólico**. Esta capa se extiende hacia el Norte, mientras que para el sur **hay** una de un metro de espesor con reacción nula al HCl, también de textura fina, de forma masiva y denominación úmbrico. La textura de la primer capa, la proporcionan sus componentes, cuyo 38 % corresponde a arcilla, el 32 % a limo y el restante 30 % a arena fina (Fuentes *et al.*, 1993).

IV.1.3. Hidrología y Factores Meteorológicos

Se encuentra en la Región Hidrográfica Lerma-Chapala-Santiago (No.12) **localizada** en la porción norte de Michoacán (Chacón, *et al.*, 1991). Con una cuenca de captación de 33,500 Ha pertenecientes a la ciénaga de **Zacapu** (Metcalf, 1992), la laguna de **Zacapu** en la actualidad está representada por un espejo de agua en el margen sur-occidental formando una subcuenca interior situada de 2 a 4 m por encima de la ciénaga (Arnauld *et al.*, 1994), siendo **un** pequeño cuerpo de agua exorreico que tiene 976 m de longitud máxima y ancho de 506 m con una superficie de 33.5 Ha. Se conecta con el río Lerma por el río **Angulo** el que nace en su parte noreste, representando su manantial más importante con un caudal de 2000 L/seg.. La subcuenca de este río colinda hacia el sur con la subcuenca del lago de Pátzcuaro, al este con la subcuenca del lago de Cuitzeo, al oeste con la subcuenca del río Duero. Actualmente, el cauce del río ha sido modificado en un sistema de numerosos canales y bordos que se han construidos para fines agrícolas, ocasionando importantes modificaciones en el drenaje (Correa *et al.*, 1974). La laguna de **Zacapu** se considera perenne, siendo alimentada por aproximadamente 20 manantiales de los cuales los más importantes son: "La Angostura" al noroeste y "Ojo de Agua" al sureste. Aparte, la mitad del área urbana que ocupa **Zacapu**, tiene su drenaje pluvial a través de arroyos de calles y canales hacia la Laguna, además de que son de cierta importancia las corrientes efímeras que bajan por las cañadas del **malpaís** al oeste (Fuentes *et al.*, 1993).

El coeficiente de escurrimiento que posee la zona varía entre el 10 y 20 por ciento de la precipitación media anual. El agua superficial de la laguna no es aprovechada en el municipio, el agua potable para la ciudad se obtiene de tres norias de **ocho** metros de profundidad, de las cuales se obtiene un caudal de 180 l/seg. Las tierras agrícolas poseen **un** nivel freático tan alto que no se requiere irrigación (Fuentes *et al.*, 1993). El **clima** según la clasificación de Köppen modificado por García (1988) es templado **subhúmedo** con lluvias en verano Cb (w₁) (w) (e)g; el mes más cálido ocurre antes del solsticio de verano,

oscilación térmica entre 7° y 14 °C, con una media anual de 16.7 °C y marcha de la temperatura tipo Ganges con el porcentaje de precipitación invernal menor de 5 intermedio en cuanto a humedad. La precipitación media anual es de 939 mm con una máxima de 1265.8 en 1941 y una mínima de 643.9 en 1975; en cambio la evaporación potencial media anual está entre los 1600 a 1800 mm y se tiene una humedad relativa de 45 a 50. Existen granizadas en enero y en la época de lluvias (junio - octubre); se observan heladas frecuentes en invierno. Los meses más cálidos son abril, mayo y junio, los meses más fríos son noviembre, diciembre y enero. Los vientos dominantes tienen dirección sureste y noreste y el mes con vientos de mayor velocidad (hasta 90 km/h) es febrero. Los días despejados son en promedio 153 y una insolación media de 2300 horas.

IV.2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

IV.2.1. Vegetación y Comunidades Biológicas.

La vegetación circundante está representada por bosques de pino que subsisten en las cimas de las vertientes sur y sureste, cuyas máximas elevaciones -alrededor de los 3000 msnm- son los cerros del Tecolote y del Tule y el bosque mesófilo mixto de pino-encino a mediana altitud donde se encuentran especies como *Pinus leiophylla*, *P. pseudostrobus* y *Quercus rugosa*. Los bosque claros salpicados de encinos y madroños (*Arbutus jalapensis*), están entre los 2000 y 2700 msnm en los alrededores del poblado de Bellas Fuentes y en el “Malpaís”, conteniendo especies como *Quercus obtusa*, *Q. rugosa*, *Q. laurina* y *Q. crassipens*, entre otras. El matorral subtropical abierto de huizache (*Acacia farnesiana*), casahuate (*Ipomea murucoides*), zapote blanco (*Casimiroa edulis*), colorín (*Erythrina coralloides*) y nopales (*Opuntia* spp), se distribuye en forma de manchones en las zonas bajas al sur y sureste y en los relieves menos rigurosos del oeste y del norte, los cuales son transformados en la actualidad en asociaciones secundarias como el pastizal inducido (Medina, 1993; Arnould *et al.*, 1994). La mayor parte del área está ocupada actualmente por actividades agrícolas, cultivándose principalmente maíz, alfalfa, lenteja, sorgo y fresa. Son cultivos tanto de temporal como de riego, formando el distrito de riego No. 22 de Zacapu (SPP e INEGI, 1985). En las cercanías y las orillas de la laguna se pueden localizar elementos de bosque de galería como son: sabino (*Taxodium mucronatum*) y sauce (*Salix* spp) así como cultivos de maíz.

En el caso del fitoplancton se encuentran reportadas cinco divisiones: Cyanophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, Euglenophyta y Chlorophyta, con 12 órdenes de los cuales el de mayor representación fueron las diatomeas Pennales con ocho géneros en otoño y doce en invierno, la mayor abundancia específica la obtuvieron *Synedra* spp, *Cyclotella* spp, para ambas épocas del año, mientras que *Melosira* spp, se observa abundante exclusivamente durante el invierno (Ceballos *et al.*, 1992). Metcalfe (1992) reporta una dominancia por parte de *Nitzschia palea* en este cuerpo de agua y agrega que esta diatomea suele indicar eutroficación cultural y es tolerante a la contaminación.

En los resultados genéricos del perifiton vegetal se encuentran representados nueve órdenes incluidos en tres divisiones (Cyanophyta, Chrysophyta y Chlorophyta), de los cuales el de mayor riqueza es el de las Pennales con once géneros en otoño y doce en invierno, las especies con mayor abundancia tanto para el otoño como en el invierno son: *Gomphonema* spp, *Rhoicosphenia* spp, *Navicula* spp, *Cocconeis* spp, *Synedra* spp y *Cymbella* spp, de las Pennales, además de *Oscillatoria* spp, de la Oscillatoriales y *Spirogyra* spp, de las Zygnematales, mientras que *Cladophora* spp, de las Cladophorales se presentan como abundantes durante el otoño (Ceballos *et al.*, 1992). Metcalfe (1992) incluye a la especie *Cocconeis placentula* var. *lineata* como la más abundante, lo cual se corrobora en el presente trabajo al encontrarla asociada al alga filamentosa *Nitella*. Para muestras de sedimento del fondo se tuvo una dominancia de *Stephanodiscus subtilis*, *Synedra goulardii* y *S. acus* var. *neogena*. En los manantiales aledaños a la laguna, *Fragilaria pinnata* var. *lancettula* fue la más abundante (Metcalfe, 1992).

En cuanto a las macrofitas presentes en la laguna se tienen reportadas hasta el momento dieciséis especies de quince familias de las cuales Haloragaceae y Ceratophyllaceae son al parecer las de mayor abundancia para el otoño e invierno (*Myriophyllum* spp y *Ceratophyllum demersum* respectivamente), mientras que en el verano la familia Potamogetonaceae predomina con la especie de hoja delgada (*Potamogeton pectinatus*) (en la figura 2 se muestra la distribución de algunas de estas especies). Todas estas se localizan en zonas que funcionan como importantes refugios para el desarrollo de las diferentes fases de los organismos tanto de invertebrados como de vertebrados, así como sitios de alimentación y reproducción; la lista taxonómica de las macrofitas se presenta en la tabla 1.

Cabe resaltar en cuanto a los anfibios la presencia del achoque (*Ambystoma andersoni*) el cual es endémico de la laguna (Krebs y Brandon, 1984; Shaffer, 1990), así como la reciente introducción de la rana toro (*Rana catesbeiana*) (Ruiz, 1995¹ com. pers.).

A partir de los resultados del análisis bacteriológico realizado en los años 1992-93 se concluyó que el empleo del agua de la laguna de acuerdo a los máximos permisibles (SEDUE, 1990), puede ser de diferentes formas dependiendo del sitio (ver figura 2 para localizar los puntos de referencia). En lo que corresponde a las estaciones 3, 4, 5 y el centro de la laguna se pueden tener todos los usos menos el de abastecimiento de agua potable, hacia la estación 2 solo para riego agrícola libre y recreativo con contacto directo y en la estación 1, únicamente para riego agrícola condicionado a ciertos cultivos como frutales, representando por lo tanto el sitio de peor calidad de agua (Cortés, 1996).

No existen hasta el momento reportes ni estudios concluidos que puedan definir el estado trófico actual de la laguna, sin embargo se ha establecido que está en plena fase de eutroficación desde por lo menos el siglo XIX y sobre todo a partir de la ampliación de la

¹ Biól Tarcisio S. Ruiz A., Jefe del Centro Acuícola "Zacapu", SEMARNAP.

ciudad **Zacapu** (Arnauld et *al.*, 1994) y con base en resultados preliminares de varios trabajos (Metcalf y O'Hara, 1992; Ceballos et *al.*, 1992; Moncayo, 1993; Cortés, 1996) es posible considerar que la laguna de **Zacapu** presenta un carácter meso-eutrófico con alta capacidad de renovación hidráulica.

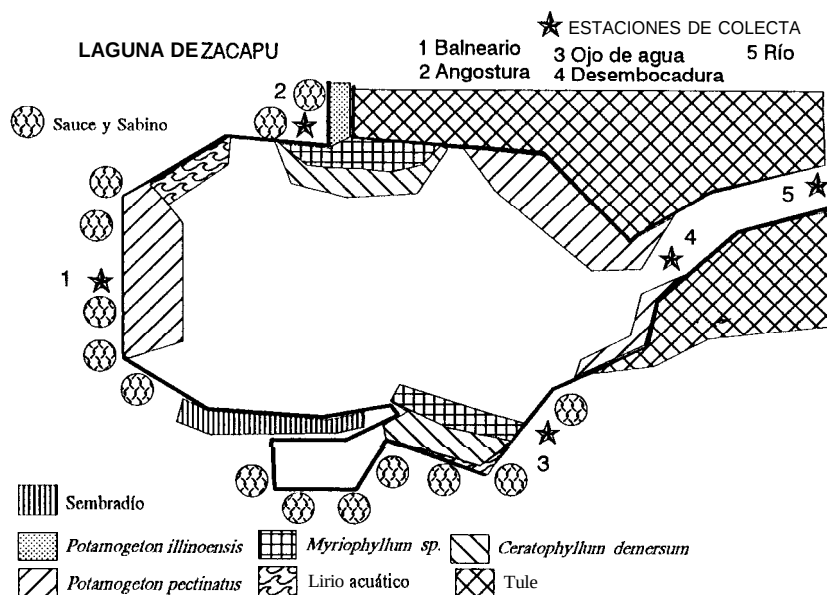


Figura 2. Distribución de las especies más representativas de las macrofitas sumergidas, emergentes y flotantes dentro del cuerpo de agua, así como de la vegetación terrestre en la ribera de la laguna de **Zacapu**. También se muestran las estaciones de recolecta debido a que este fue un criterio de selección.

IV.3. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS Y CULTURALES

IV.3.1. Asentamientos humanos y Uso Actual del Suelo

La laguna está bordeada por la comunidad de La Angostura y la ciudad de **Zacapu** (colonias centro, Anáhuac y Ejidal 2, al sur y oeste). En las riberas de este cuerpo de agua, el suelo tiene actualmente 3 tipos de uso: habitacional, agrícola e industrial.

- La ribera sur y, en menor medida, la oeste se tiene una expansión urbana actualmente detenidas para regularlas dentro del plan Director del Desarrollo Urbano de **Zacapu**.

- Uso agrícola: las riberas norte, sur y oeste, desde hace varios decenios han sido parcialmente ocupadas por agricultores que tienen contratos de renta, con cultivos de maíz y legumbres.

Tabla 1. Composición de las macrofitas sumergidas, emergentes y flotantes de la laguna de **Zacapu** (modificado de Ceballos et al., 1992).

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
MACROFITAS SUMERGIDAS		
Haloragaceae	<i>Myriophyllum spp</i>	cola de zorro
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum demersum</i>	arbolito
Polamogetonaceae	<i>Potamogeton illinoensis</i>	potamogeton de hoja ancha
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton pectinatus</i>	potamogeton de hoja delgada
MACROFITAS EMERGENTES		
Typhaceae	<i>Typha latifolia</i>	tule redondo
Umbelliferaceae	<i>Besula erecta</i>	chorure
Alismataceae	<i>Sagittaria spp</i>	
Cyperaceae	<i>Scirpus spp</i>	cliuspata
Polygonaceae	<i>Polygonum punctntunt</i>	chilillo
Compositae	<i>Bidens laevis</i>	flor amarilla
Graminae	<i>Leersia hexandra</i>	pasto
Cruciferaeae	<i>Rorippa nasturtium</i>	
Labiatae	?	té
MACROFITAS FLOTANTES		
Hydrocharitaceae	<i>Hydromystria laevigata</i>	
Eichorniaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	lirio acuático
Lemnaceae	<i>Lemna gibba</i>	lentejilla

- **Uso industrial:** en la ribera noreste de la laguna, al este de la comunidad de la Angostura, está asentada la bomba que desde finales de los años cuarenta surte de agua a la fábrica Celanese, la cual descarga sus aguas residuales en el río Angulo. También se cuenta con una **pequeña** industria del tabique en la ribera sur de la laguna, cerca de la colonia Ejidal, con alrededor de cinco tabiqueras.

La localidad de **Zacapu** cuenta con 42,884 habitantes teniéndose 8,423 viviendas particulares de las cuales el 91.2 % cuentan con agua entubada, en tanto que el 84.8 % cuentan con el **servicio** de drenaje (INEGI, 1990).

El área que en una primera iniciativa se pretende convertir en zona de reserva ecológica está ubicada en el extremo suroeste de la llamada ciénaga de **Zacapu**, y **tiene una** superficie total de 69.6 hectáreas, de las cuales 33.5 corresponden a la superficie del vaso acuático, 28.6 a una zona de pantanos y 7.5 a zona de pequeños cultivos (Fuentes *et al.*, 1993).

IV.3.2. Explotación de los Recursos de la Laguna e Infraestructura y servicios

La extracción de tule aquí como en otras lagunas cercanas (como la de Naranja de Tapia), la hacen sobre todo artesanos de la región del lago de Pátzcuaro, pues en el municipio ya se perdió la tradición. Se cuenta también con la extracción de almejas (*Anodonta*) en la orilla de la laguna, por parte de los vecinos de las colonias ribereñas como la **Ejidal 2** y la Angostura, no alcanzando escala comercial. En lo que respecta a la pesca, se capturan la carpa (***Cyprinus carpio***) y la **Acúmara** (*Algansea lacustris*), **esta** última introducida del lago de Pátzcuaro; así como especies nativas, entre las que se cuenta el pescado blanco de **Zacapu** (*Chirostoma humboldtianum*) y un batracio, el achoque (*Ambystoma andersoni*). Esta actividad se hace a escala artesanal por un grupo de diez familias.

Actualmente se cuenta con dos recolectores de aguas negras de 61 cm de diámetro que drenan todo su caudal al río Angulo, evitando mezclarlo con las aguas de la laguna, suprimiéndose así en un 98% las aportaciones de aguas de desechos provenientes de la ciudad. En el mes de agosto de 1993 se encauzó el agua utilizada en el rastro municipal al mismo colector y resta por suprimir descargas aisladas por parte de particulares. Existe un plan de construir una planta de tratamiento en los inicios del río Angulo.

El área de la laguna se incluye dentro de la zona urbana, por lo que todos los alrededores de la misma cuentan tanto con líneas de energía eléctrica como de agua potable, estas últimas alimentadas por el tanque del centro, ubicado a espaldas del Palacio Municipal y a 300 m de la laguna. El lugar cuenta además con servicio telefónico, fax, telégrafos, correo, centros de educación de tres niveles, servicio de autobuses foráneos, taxis y servicio urbano.

IV.3.3. Uso Tradicional de la Flora y Fauna de la Región

Previo a la desecación de la ciénaga, buena parte de la economía de los pueblos además de Santa Ana de **Zacapu**, como Naranja o La Asunción, Tiríndaro, Bellas Fuentes entre otros, descansaba en la explotación de la misma, con la obtención de algunas de las especies de flora que tradicionalmente han tenido uso medicinal, alimenticio o de material de trabajo. Así se encuentran algunas plantas de las orillas como el berro (*Nasturtium officinale*) para aliviar la inflamación del hígado y otras acuáticas, tal es el caso del **chorure** (*Besula erecta*) al que utilizan para aliviar problemas del hígado y riñones (Martínez, 1959). Del mismo modo, la extracción del tule, carricillo y cabeza de negro impulsó algunas actividades artesanales, teniéndose en la ciudad de **Zacapu** un grupo considerable de

personas que eran sombrereros y petateros (Guzmán, 1985). En la orilla de la laguna se tienen árboles como sauces y sabinos, además de plantas también alimenticias como los **quelites** y la mostaza silvestre.

En cuanto a la fauna, han existido diferentes tipos de peces utilizados por los habitantes de **Zacapu**, también animales acuáticos como el achoque, la tortuga, almejas y ranas, además de las gallaretas y el pato silvestre que llegan en temporada de invierno, los que junto con algunos otros animales silvestres terrestres conformaron su dieta.

IV.3.4. Aspectos Históricos y Culturales

Zacapu es mejor conocido arqueológicamente como un importante centro ceremonial Purépecha para el postclásico (900 - 1520 d. C.), este grupo aparentemente llegó cerca de la laguna en el 1200 en lo que se sugiere era un área densamente poblada. De acuerdo a la Relación de Michoacán, se asentaron alrededor de **Zacapu** los primeros indígenas que dieron origen a lo que después sería el Imperio Purépecha con su capital en la cuenca del lago de Pátzcuaro (Metcalf, 1992; Fuentes et al., 1993).

La región de la ciénaga de **Zacapu** tiene un largo pasado en cuanto a las culturas que ahí han vivido, según crónicas que refieren que en el siglo XII se tuvo la llegada de Ire Ticatame, jefe de los Chichimeco Uanacatzé a este lugar donde ya vivían los Zizambanecha. En el antiguo Tzacapo se edificó el primer centro ceremonial dedicado a Curicaveri, representado por Querenda Angapetio “Piedra erigida en templo”. En la época de la colonia por el año de 1548, Fray Jacobo **Daciano** edificó la Parroquia de Santa Ana a unos 300 metros de la laguna. En los alrededores de la laguna se encuentran los siguientes elementos arquitectónicos de importancia **Prehispánica**: a 800 metros al suroeste, a un nivel de 100 metros sobre el nivel medio de la laguna, se encuentra el llamado “malpaís” donde se tiene la zona arqueológica denominada La Crucita, importante centro ceremonial purépecha. Además, en la ribera sureste, en lo que hoy es la Colonia Ejidal 2, se han localizado entierros prehispánicos con varios utensilios empleados en esta ceremonia, actualmente situados en la Casa de la Cultura de **Zacapu**.

Un impacto importante fue la desecación de la ciénaga como parte de una serie de obras de desagüe que se desarrollaron en varias partes del país especialmente en la segunda mitad del siglo XIX, donde para Michoacán se incluyen Cuitzeo, Zamora, **Chapala**, La Magdalena y Tingüindín. El plan tuvo mayor apoyo en 1864, pero fue hasta 1896 que por medio de los empresarios españoles Eduardo y Alfredo Noriega se concretó. En términos técnicos la desecación consistió “en dar salida al agua que llenaba el antiguo vaso de la Ciénaga conduciéndola por un canal que se hizo al efecto para afluyera al río Angulo y que se abrió en... Vado de Aguilar, en una longitud de mil doscientos metros, y con una sección de cuarenta y ocho metros cuadrados por término medio, que es susceptible de conducir los cuarenta y cinco metros cúbicos en los que se calculan las máximas avenidas de la cuenca” (Guzmán, 1985)

A pesar que dichos empresarios concluyeron que la desecación había sido de gran beneficio para la colectividad, en realidad para los campesinos trajo consigo una serie de calamidades: perdieron las pocas tierras que les quedaban y tuvieron que conformarse con unas cuantas hectáreas que les entregaron los hacendados (los principalmente favorecidos); en el mejor de los casos se convirtieron en peones y aparceros, otros emigraron a las haciendas de Tierra Caliente o a los Estados Unidos; un grupo considerable de artesanos que fabricaban sombreros, canastas y petates vieron desaparecer su fuente de trabajo. Habría que considerar también el deterioro ecológico que sufrió la zona y algo que es necesario destacar es que el erario público no recibió ingresos considerables por concepto de impuestos; escudándose en que la desecación era una obra de utilidad pública los Noriega no pagaban contribuciones en el tercio del terreno descubierto, que fue la cuota fijada para el pago de la obra hacia los hacendados (Guzmán, 1985). A partir de entonces, la laguna de **Zacapu** quedó como el vaso de agua más importante de la región.

V. MATERIALES Y MÉTODO.

V.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES

El presente trabajo consiste principalmente en lo que se conoce como ecología descriptiva. Este concepto lo define Margalef (1980) como el aspecto descriptivo de la ecología que se centra básicamente en el reconocimiento y exposición de la importancia numérica de las distintas especies y de como se reparten. Para tal efecto, ya se contaba con un estudio preliminar del sitio y por lo tanto varios de los antecedentes; sin embargo, se actualizó la elaboración del trabajo con el análisis de citas bibliográficas relevantes tanto de aquellos estudios elaborados en diferentes cuerpos de agua donde se reportan a las especies que sirvieron de comparación en nuestro objetivo o bien organismos emparentados (mismo género o familia), así como los elaborados en el mismo cuerpo ~~de~~ agua.

V.2. ACTIVIDADES DE CAMPO

El diseño del estudio de campo siguió el patrón de escalamiento dado por Eberhardt y Thomas (1991):

Estudio de eventos no controlados →

Perturbación distintiva generalmente no evidente →

Muestreo sobre el dominio entero de interés →

Muestreo analítico: inferencias a partir de la muestra sobre toda la población de interés.

En una investigación analítica, por ejemplo, se intenta determinar si hay una diferencia significativa en la abundancia local, y el explicar como es que existe y cuanta es tal diferencia.

Raramente será posible estudiar por completo la comunidad que nos interesa y, normalmente, se recurre a extraer muestras de ella. Cuando tenemos una serie de muestras deseamos saber si éstas son compatibles entre sí, si su conjunto se puede considerar como una caracterización adecuada de un colectivo más amplio del que forma parte, es decir, si podemos generalizar los resultados y considerar que la media resultante es aplicable a toda una región mayor (Margalef, 1980).

V.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL MUESTREO Y SITIOS DE RECOLECTA

Se hicieron recolectas estacionales durante el año de 1995, en campañas de tres días cada una, para la laguna de **Zacapu** (enero = invierno; mayo = primavera; julio = verano; octubre = otoño). El número de sitios de muestreo fue de cuatro fijos y uno provisional, el último con el fin de analizar el movimiento de las especies por el río. Para esto se tomó como base un principio de muestreo sistemático dividiendo al cuerpo de agua de acuerdo a la distinta distribución de las especies de peces, diferencia del tipo de substrato, profundidad, localización de afluentes y efluentes, presencia de macrofitas (figura 2),

impactos aparentes, además de sitios ubicados en proyectos previos (Medina y Campos, 1991; Moncayo, 1993) (figura 3).



Figura 3. Localización de los sitios de recolecta y algunos de los criterios para su ubicación, como son los impactos (además ver figura 2 para criterios adicionales). La estación 5 Río es la provisional y las otras fijas. La flecha punteada cerca de la estación 3 indica que hace poco se clausuró la entrada de aguas negras en esa zona.

La primera estación se ubicó a orillas del balneario “Los Cipreses” en el oeste de la laguna, cercana a asentamientos humanos y donde se ha detectado una fuente de contaminación que llega a través de un drenaje y no hay influencia directa de manantiales. Es una zona arbolada y somera con fondo fangoso.

La segunda estación se encuentra en el norte de la laguna, a un costado de donde desemboca un arroyo formado por las aguas de los manantiales de “La Angostura”, no siendo importante la influencia del hombre en esta zona. Es también somera y muy transparente con diferente tipo de macrofitas sumergidas y fondo con piedras y fango.

La tercera estación es el “Ojo de Agua”, situándose en una especie de bahía al sureste del cuerpo de agua. Tiene la influencia del manantial más grande que alimenta a la laguna “El Ojo de Agua”, y en este sitio se tienen actividades de uso doméstico y recreativo por parte de los ciudadanos de esta zona. Es poco profunda con fondo fangoso y pedregoso y presenta una orilla arbolada y macrofitas características de manantiales y de la laguna, además de poco lirio.

La cuarta estación está en la desembocadura de la laguna donde se origina el Río Angulo. Se caracteriza por ser más profunda que las anteriores y mostrar una corriente más evidente. Está rodeada de **tulares** y cuenta con macrofitas típicas de la laguna y su fondo es pedregoso al centro y fangoso en sus orillas.

Finalmente, la estación provisional o “Río” se ubicó a unos 200 m al este de la anterior en el cauce del río, compartiendo la mayor parte de las características que con la de la desembocadura, sin embargo, con una menor profundidad y mayor corriente.

En cada sitio de muestreo, se realizó una recolecta diurna y otra nocturna, ya que esto último permite el acceso a algunas especies que en el día no son vulnerables al arte de pesca empleado.

Las capturas de los peces se llevaron a cabo en las orillas con una red tipo chinchorro charalero de 50 metros de largo por 1.8 m de alto, con una abertura de malla de 5 mm (1/8 de pulgada), y bolsa de 3 m de igual malla. La red fue operada en el agua con ayuda de un bote, de tal manera que la superficie de barrido se mantuvo más o menos constante (valor medio de aproximadamente 165.3 metros cuadrados por recolecta, siguiendo lo que fue establecido por Moncayo (1993), con objeto de hacer comparaciones en la localidad).

Además, simultáneamente con las fechas de recolecta, se emplearon otras artes de pesca como las redes agalleras (1.5 m) con aberturas de malla de 1 pulgada hasta las de 5 pulgadas, que son las que los pescadores locales usan para la captura de algunas especies (***Chirostoma humboldtianum*** y ***Cyprinus carpio*** principalmente). Estas artes proporcionaron organismos o tallas que no son vulnerables a la red chinchorro, empleándoseles solo en el aspecto funcional y no para el análisis de la estructura.

Para establecer algunas características del hábitat, se complementaron todos los datos que se especifican en las fichas ecológicas (Lagler, 1956 modificado por la Colección de Peces de la Universidad Michoacana) además de observaciones generales que se anotaron en la libreta de campo (Lagler, 1956; Contreras, 1975). Como información adicional se llevaron a cabo entrevistas con la gente del lugar para obtener más datos sobre las especies.

Se tomaron datos de variables físicas y químicas tanto de superficie y fondo **tales** como: temperatura, con termómetro de mercurio con una escala de 0 a 100 °C; profundidad, con una sonda marcada en metros; transparencia, por medio del disco de Secchi; pH, por medio de un potenciómetro de campo; conductividad, con un conductímetro de campo; oxígeno disuelto, utilizando el método de Winkler modificado a la azida de sodio y con un oxímetro. Se utilizan ambos métodos en el último parámetro debido a que es común la sobresaturación de la capa superficial de la laguna, lo que imposibilita su medición por medio del oxímetro. Se consideraron estas variables, porque son las que se relacionan más sencillamente, en forma directa, con la fisiología y conducta de los peces y por su mayor facilidad y accesibilidad de evaluación

V.2.2. HÁBITOS ALIMENTARIOS

Como parte de la metodología de campo empleada en la captura de las especies para fines de este tipo de análisis, se dio más importancia a los ejemplares obtenidos con la red chinchorro charalero, porque permite que el organismo sea recogido y fijado de inmediato con lo que se previene que avance la digestión, como en el caso de la red agallera; sin embargo, no se dejaron de considerar las especies de los artes de pesca fijos para comparar y analizar las tallas que el chinchorro no llegó a capturar.

En cada recolecta se seleccionaron las especies más abundantes y constantes las cuales fueron transportadas rápidamente a la embarcación para impedir la regurgitación, fijándose con formol al 10% neutralizado con bórax. A continuación los ejemplares más grandes son inyectados en la cavidad abdominal para evitar la degradación de los contenidos estomacales; no hacerlo de inmediato, hace que el contenido estomacal sea irreconocible después de 20 minutos en aquellas especies que consumen detritus o artículos que se digieren rápidamente (Yáñez-Arancibia, 1976). Las especies ya preservadas se llevaron en bolsas de plástico, poniendo en la misma su etiqueta correspondiente que incluyó los datos de hora, fecha y estación de recolecta, para que posteriormente fueran procesadas en el laboratorio.

También dentro de este rubro se incorporan los efectos de los ciclos a los que están sometidos los organismos y cuyos factores potencialmente influyen tanto en la cantidad como en el tipo de alimento encontrado en el tracto digestivo del pez (Bowen, 1989). Estos ciclos son los diarios y los estacionales (aspectos alimenticios diferenciales en el tiempo). Con respecto a los efectos diarios se evaluaron por medio de las recolectas diurnas y nocturnas para las diferentes estaciones de muestreo, las cuales tuvieron una diferencia de 6 horas aproximadamente, lo que puede proporcionar en su momento, datos tanto en la captura por esfuerzo y llenado del estómago (Bowen, 1989).

Para determinar la interacción de las diferentes especies de peces, la comunidad sobre la que se alimentan y la disponibilidad de las presas, se llevaron a cabo simultáneamente a las recolectas de peces, muestreos del zooplancton, perifiton y bentos. Para obtener el zooplancton se utilizó una cámara de Schindler-Patalas con una capacidad de 30 lts y abertura de malla de 54 μ , las muestras se fijaron con formol al 4% neutralizado con bórax; la cuantificación del material se realizó a través de alícuotas de 1 ml cuantificándose 5 ml. La comunidad del perifiton se muestreó por medio de un cuadrante de 2209 cm² de área y 22 lts de capacidad, extrayéndose toda la vegetación abarcada con la ayuda de una cubeta y depositándose en bolsas de plástico; se realizó una separación manual de los organismos en el campo y se fijaron las muestras así obtenidas con formol neutralizado con bórax al 4%. Para la recolecta del bentos se empleó una draga Eckman de 256 cm² de área con una capacidad de 4 lts, posteriormente, las muestras fueron separadas en el campo con una cubeta tamiz de abertura de malla de 250 μ y se almacenaron en recipientes de plástico y fueron preservadas con formol neutralizado con bórax al 4%.

V.3. ACTIVIDADES DE LABORATORIO Y GABINETE

En el laboratorio se corroboró la identificación del material ictiológico hasta nivel de especie por medio de las claves y/o descripciones de **Rosen y Bailey** (1963) para poecílidos, **Alvarez** (1970) en algunos ciprínidos y junto a las de **Hubbs y Turner** (1939) para goodeidos, **Barbour** (1973) en el caso de aterínidos y las de **Chernoff y Miller** (1986) en cuanto al ciprínido nativo.

Posteriormente a la definición de la identidad se contaron y pesaron los ejemplares de las diferentes especies, esto último con la ayuda de una balanza granataria con capacidad de 2610 g y precisión de 0.1 g marca OHAUS.

V.3.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA COMUNIDAD

La descripción cuantitativa de las comunidades suele estudiarse desde el punto de vista estadístico, es decir, con base en el análisis de cierto número de muestras, tratando de llegar a conclusiones relativas a la distribución y estructura de los organismos que sean aplicables a un espacio mayor (**Margalef**, 1980).

Dentro de esta parte un primer paso fue considerar dos aspectos fundamentales que son la distribución en el espacio y tiempo los cuales define **De la Cruz** (1992) como:

1) El aspecto espacial: el cual representa la situación puntual, reflejado en la composición y abundancia de los taxa que conforman las comunidades bajo estudio.

2) El aspecto temporal: representado por los cambios que se suceden en tales comunidades, a través del tiempo.

Para el presente trabajo se consideraron los datos de ambos aspectos en matrices separadas de información tomando en cuenta a las especies en las estaciones de muestreo y en los diferentes meses de recolecta.

V.3.2.- ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

Para cuantificar la importancia de las especies y su probable influencia en el lugar, así como hacer la selección de las que son dominantes se utilizó el "**Índice del Valor de Importancia**" (**IVI**). Como varios de los **índices**, su aplicación tiene la finalidad de integrar a los atributos de la comunidad y darnos una perspectiva más completa de la estructura comunitaria.

Este **índice** es descrito primeramente por **Curtis y McIntosh** en 1951, siendo modificado por **Zabi** (1984), resultando de la combinación de cuatro medidas las cuales son la abundancia relativa, frecuencia relativa, la dominancia relativa y la biomasa relativa todas expresadas en porcentaje:

$$IVI = AR + FR + DR + BR ;$$

el mayor valor resultante es por ende de 400.

Para los atributos que fueron utilizados en la fórmula, se obtuvieron en la manera como Zabi (1984) los define:

La **abundancia**, es el número de organismos por unidad de área o de volumen según la expresión:

$$Aa_i = \frac{a_i}{A} ;$$

donde: **Aa_i** es la abundancia de individuos por m² de una especie; **a_i**, es el número de individuos de una especie y A es el área muestreada.

Abundancia relativa: es el valor correspondiente al porcentaje del número de individuos de una especie en una estación de acuerdo al número total de individuos de todas las especies en todas las estaciones.

$$AR_{ij} = \frac{a_{ij} * 100}{\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^n a_{ij}} ;$$

donde: **AR_i** es la abundancia relativa; **a_{ij}** es el número de individuos de la especie **i** en la estación **j**.

La **biomasa** es el peso de los organismos por unidad de área o de volumen según la expresión:

$$B_i = \frac{w_i}{A} ;$$

donde: **B_i** es la biomasa absoluta de individuos por m² de una especie; **w_i** es el peso de los individuos de una especie y A es el área muestreada.

Biomasa relativa: es el valor correspondiente al porcentaje de la biomasa de una especie en una estación de acuerdo a la suma total de las biomásas de todas las especies en todas las estaciones.

$$BR_{ij} = \frac{B_{ij} * 100}{\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^n B_{ij}} ;$$

donde: **BR**, es la biomasa relativa; **B_{ij}** es la biomasa de la especie *i* en la estación *j*.

Otro atributo más es la **frecuencia**, definido como el número de veces que una especie está presente en el total de estaciones;

$$F_i = \frac{n_i}{n_T} ;$$

donde: **F_i** es la frecuencia; **n_i** es el número de estaciones donde la especie *i* está presente y **n_T** es el número total de estaciones.

Frecuencia relativa: es el porcentaje de la frecuencia de una especie a la suma de las frecuencias de todas las especies:

$$FR_i = \frac{F_i * 100}{\sum_{i=1}^s F_i} ;$$

donde: **FR**, es la frecuencia relativa; **F**, es la frecuencia de la especie *i*.

Dominancia parcial: Es el porcentaje del número de individuos de una especie al número total de individuos de todas las especies de la estación.

$$DP_{ij} = \frac{a_{ij} * 100}{\sum_{i=1}^s a_{ij}}$$

donde: **DP**, es la dominancia parcial; **a_{ij}** es el número de individuos de la especie *i* en la estación *j*.

Dominancia relativa: este es igual al reporte en porcentaje de la dominancia parcial de una especie de acuerdo a la suma de la DP de todas las especies en todas las estaciones.

$$DR_i = \frac{DP_{ij} * 100}{\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^n DP_{ij}}$$

donde: **DR**, es la dominancia relativa; **DP_{ij}** es la dominancia parcial de la especie *i* en la estación *j*.

Por otro lado, se obtuvo otra medida que describe la más evidente característica de un individuo como es la **longitud** promedio, integrando tanto juveniles como adultos, y que se puede expresar en longitud patrón, longitud total o longitud **furcal**, lo cual depende de la especie, y cuya fórmula es:

$$L_i = \frac{\sum_{i=1}^s X_i}{N} ;$$

donde: L_i es la longitud promedio; $\sum_{i=1}^s X_i$ es la sumatoria de las longitudes de los individuos de la especie i y N como el número de individuos.

V.3.3.- INSPECCIÓN DE LAS VARIABLES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS

Se reconoce ampliamente que todos los procesos en los sistemas biológicos presentan niveles de variación en el tiempo y el espacio (Underwood, 1981). Una manera para indagar acerca de las probables diferencias en cuanto a la densidad de los organismos y por otro lado el de las variables físicas y químicas y así encontrar los posibles patrones en la escala espacio-temporal es el someter los datos a un **Análisis de Varianza**. Sus resultados permiten crear hipótesis más que confirmar eventos puesto que no se cumple con la rigurosidad estadística que demanda dicho análisis, además, su elaboración faculta la aplicación de otros tipos de análisis con la finalidad de buscar interrelaciones entre ambos aspectos y en su momento la exploración de las variables explicativas.

V.3.4.- INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES COMUNITARIAS Y AMBIENTALES

Con objeto de detectar las relaciones de los factores ambientales evaluados con la distribución y abundancia de las especies, se aplicó inicialmente una correlación lineal simple, además de procedimientos de ordenación multivariada.

Para determinar la interacción entre varias variables, se empleó el Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) como método de ordenación debido a que es un procedimiento que combina en un algoritmo una recíproca solución promedio para una análisis de correspondencia de los datos de las especies en los sitios y un análisis de regresión múltiple ponderado sobre los datos de los factores ambientales, permitiendo examinar las interrelaciones de éstas en un análisis relativamente simple. Este se deriva por medio de eigenvalores como en el Análisis de Componentes Principales (PCA) y por medio de una serie de operaciones de promedios ponderados (Ludwing y Reynolds, 1988).

Los datos de las especies fueron transformados por medio de raíces cuadradas para disminuir el peso de los que tienen grandes abundancias (Ter Braak, 1986).

V.3.5.- HÁBITOS ALIMENTARIOS

Se realizó el análisis de contenidos estomacales en todos los organismos recolectados, o bien, en el caso de tener muchos ejemplares se tomó una submuestra representativa aleatoria, no menor a 30 individuos, que involucraba los diferentes grupos de tallas. En el

momento de la disección, se evaluó el contenido de grasa en el tracto digestivo de cada ejemplar siguiendo la escala de Nikolsky (1963) modificada:

1. Grasa nula.
2. Grasa escasa.
3. Grasa medianamente abundante.
4. Grasa abundante.
5. Grasa muy abundante.

En los hábitos alimentarios, se determinó el grado de digestión del alimento siguiendo el criterio de Morelos (1987):

1. Alimento digerido.
2. Alimento medio digerido.
3. Alimento fresco.

Para el llenado gástrico se empleó una escala numérica en porcentaje (0 a 100%) por medio de una apreciación visual, con el fin de facilitar la aplicación de los métodos utilizados en el análisis cuantitativo que se describen más adelante. Cuando los peces no tuvieron un estómago bien definido, el llenado fue estimado en la totalidad de su intestino.

Como información adicional se determinó el sexo y el estadio de desarrollo de las gónadas por observación directa, que en el caso del aterínido y los ciprínidos, se siguió la escala propuesta por Solórzano (1961). Para el caso de los goodeidos se utilizó la escala de Mendoza (1962).

V.3.5.1.- ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

El análisis cualitativo se realizó por la identificación de los artículos alimenticios hasta el menor taxón posible, dependiendo del estado de digestión de las presas, empleando las claves de Edmondson (1959) y Pennak (1978), contando con el auxilio de los especialistas que trabajan con los diferentes grupos. La identificación se hizo utilizando una lupa estereoscópica marca WILD HEERBRUGG y un microscopio compuesto marca LEITZ WETZLAR.

Para el análisis cuantitativo del contenido estomacal se emplearon tres métodos:

1º En el sentido volumétrico, se aplicaron las dos categorías de estimación (Hyslop, 1980): a) directa, en donde el desplazamiento de cada artículo alimenticio se mide por un dispositivo graduado y para reducir errores de estimación por el agua atrapada en los artículos, se pusieron estos primeramente en un papel secante; b) indirecta, cuando la estimación del anterior es impráctica como en el caso de artículos pequeños.

Dentro de la última categoría se empleó el Método de Puntos (Hynes, 1950 citado por Infante 1984), que consiste en la obtención visual del volumen del alimento a través de, primero, la determinación del grado de llenado del estómago en una escala numérica, base sobre la que se evalúan los valores (en puntos o porcentaje) de los diferentes tipos de artículos alimenticios separados para todos los estómagos individuales. Adicionalmente, para disminuir el error, las cuantificaciones se hicieron sobre una superficie graduada con la ayuda de papel milimétrico, utilizándose el área cubierta con la finalidad de determinar el volumen.

2º El Método Numérico. En este se hace un conteo de los individuos de cada tipo de alimento que ocurre en la muestra y al tenerse registrado para todos los estómagos el total es expresado como una proporción, generalmente un porcentaje, del total de individuos en todas las categorías alimenticias (Lagler, 1956). En algunas situaciones este puede ser el más apropiado, como por ejemplo, donde los artículos presa están en el mismo intervalo de talla, como en piscívoros y planctívoros (Hyslop, 1980). Lo tedioso de este método en la última situación, puede ser superado por submuestreo o alicuotas (Engel, 1976).

3º El método de Frecuencia de Ocurrencia. Este nos muestra que tan frecuente es la aparición de cada artículo alimenticio, para así poderse expresar en porcentaje de acuerdo al número total de tractos analizados (Lagler, 1956). De principio se aplicó como se ha hecho para el caso del indicador de traslape de nicho (Hyslop, 1980), asumiendo que donde la ocurrencia del artículo excede el 25% en dos o más depredadores, la competencia será “probable”.

Se obtuvo además la importancia de la categoría alimenticia tomada por medio de la frecuencia y masa (volumen o peso) en la dieta, a través de la estimación del **Índice** de Importancia Relativa de los alimentos consumidos en combinaciones de los diferentes métodos, ya que las medidas individuales no dan una visión completa (Hyslop, 1980). Varias han sido las propuestas para el análisis de este valor y su empleo depende principalmente de la información con la que se cuenta.

Con base en que los conteos numéricos no son ajustables en toda situación, por ejemplo cuando las plantas o el detritus son los principales componentes alimenticios, se utilizó la fórmula propuesta por Yáñez-Arancibia *et al.* (1976), que permite la cuantificación de la importancia relativa de determinado grupo trófico dentro de la alimentación de la especie y cuya relación es:

$$IIR = \frac{F \cdot V}{100};$$

donde: **IIR** representa el **índice** de importancia relativa; F el porcentaje de la frecuencia; V el porcentaje volumétrico.

En el caso donde no se pudo obtener el volumen directamente se ocupó el **Método de Puntos** en vez del **Volumétrico**, estableciendo una combinación junto con el método de **Frecuencia de Ocurrencia** y que evaluado por el **IIR**, permitió la aplicación gráfica del espectro trófico en relación a tres cuadrantes (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976):

Cuadrante 1. (ABCD): Zona de grupos tróficos accidentales o circunstanciales.

Cuadrante II. (DEFG): Zona que define grupos tróficos secundarios.

Cuadrante III. (HIJK): Zona de grupos tróficos preferenciales.

V.3.5.2.- AMPLITUD Y TRASLAPE DE NICHOS TRÓFICOS

Se debe de aceptar que el número de especies relacionadas que pueden coexistir en un ecosistema depende de la amplitud de su nicho y en la importancia del traslape que dichas especies pueden tolerar (MacArthur, 1972).

Algunos organismos son más especializados que otros y la **amplitud de nicho** intenta medir esto cuantitativamente. Para su empleo, los datos numéricos se arreglan en una tabla en donde los artículos alimenticios son las hileras y las columnas son los estados de recursos (especies) la cual en su conjunto se denomina “matriz de recursos” (Colwell y Futuyma, 1971). El método propuesto para el estudio de la amplitud de nicho de Levin (1968 en Krebs, 1989) se utiliza para medir la uniformidad de la distribución de los individuos a través de los recursos, la fórmula es:

$$B = \frac{1}{\sum p_j^2};$$

donde **B** = es el **índice** de amplitud de nicho de Levin; **p_j** = es la proporción de los individuos encontrados en o usando el estado de recurso **j**, o la fracción de artículos en la dieta que pertenecen a la categoría **alimenticia j** (estimada por N_j/Y) ($\sum p_j = 1.0$); **N_j** = es el número de individuos encontrados en o utilizando el **recurso j**; **Y** = número total de los individuos muestreados.

B es el recíproco del **índice** de diversidad de Simpson, B es máxima cuando cada recurso alimenticio presenta el mismo número de individuos, por lo tanto no hay discriminación. Es conveniente estandarizar con el fin de tener una interpretación más sencilla de 0 a 1.0, lo cual se hace fácilmente al dividir B por el número total de recursos después de corregirse por un número finito de recurso:

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1};$$

donde **B_A** = es la fórmula estandarizada de la amplitud de nicho de Levin; **B** = es la amplitud de nicho de Levin; **n** = número de posibles recursos.

La **Sobreposición del Nicho Trófico** es simplemente la unión en el uso de un recurso, o recursos por dos o más especies, en otras palabras, es la región en el espacio del nicho compartida por dos o más nichos contiguos (Colwell y Futuyma, 1971). Se obtuvo esta medida según el **índice** de traslape de nicho de Horn (1966 en Krebs, 1989), que esta basado en la teoría de la información, el cual se escribe:

$$R_o = \frac{\sum (p_{ij} + p_{ik}) \log (p_{ij} + p_{ik}) - \sum p_{ij} \log p_{ij} - \sum p_{ik} \log p_{ik}}{2 \log 2},$$

donde **Ro** = **es** el **índice** de traslape de nicho de Horn entre la especie **j** y la especie **k**; **p_{ij}**, **p_{ik}** = proporción del recurso **i** con respecto al total de los recursos usados por las dos especies (**i** = 1, 2, 3 ,..., **n**); **n** = **es** el número total de los recursos. Cualquier base de logaritmos se puede utilizar.

Asimismo, se realizó un análisis de agrupamientos a partir de la proporción de la composición en volumen con respecto a las similitudes resultantes del **índice** anterior para las especies (técnica Q) y para los artículos alimenticios (técnica R), aplicándose el método de promedios no ponderados (UPGMA). El objetivo del análisis fue sintetizar la información de la matriz de similitud a fin de permitir el reconocimiento de las relaciones entre la totalidad de las unidades evaluadas, ya que estas matrices sólo exponen similitudes entre pares de dichas unidades, y obtener una representación gráfica por medio del dendograma (Crisci y López, 1983).

En el caso que se obtuvo un valor significativo de traslape de nicho por medio del **índice** de traslape de Horn, se aplicó la medida de traslape de Hurlbert (1978 en Krebs, 1989) que tiene como característica, a diferencia de la medida anterior, que los recursos pueden variar en abundancia en el medio, considerando solo aquellos artículos alimenticios que se pudieron cuantificar, su ecuación es:

$$L = \sum (p_{ij} p_{ik} / a_i);$$

donde **L** = **es** la medida de sobreposición de nicho de Hulbert entre las **especies j** y **k**; **p_{ij}**, **p_{ik}** = proporción del recurso **i** del total de los recursos utilizados por las dos especies **j** y **k**; **a** = cantidad proporcional o tamaño del recurso **i** ($\sum a_i = 1.0$)

La medida de sobreposición de Hulbert es 1.0 cuando ambas especies utilizan el recurso en proporción a su abundancia, 0 cuando las dos especies no comparten recurso alguno y > 1 .0 cuando las dos especies emplean cierto recurso más intensamente que otros y su preferencia por el mismo tiende a coincidir. Se agregaron los valores de las especies consigo mismas en la matriz **obtenida** para tener un punto de comparación.

V.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los análisis estadísticos se realizaron por medio de los programas **LOTUS** 123 Versión 5 para Windows (1991, 1994 **Lotus** Development Corp.) el programa Statistical Graphics System Plus Versión: 6.0 (STSC Inc. and Statistical Graphics Corporation, 1985-1992), el programa Statistica para Windows Versión 4.3 B (**StatSoft**, Inc. 1993), el programa ANACOM Versión 3.0 (Sistema para el Análisis de Comunidades) (De La Cruz, 1994) y el programa NTSYS-pc Versión 1.80 (Applied Biostatistics Inc.) (**Rohlf**, 1993).

VI. RESULTADOS.

VI.1. TENDENCIA DE LA COMUNIDAD DE PECES. El análisis de las comunidades a través del tiempo nos brinda un punto de partida para entender los cambios experimentados por el cuerpo de agua en estudio. Para esto se requiere verificar la tendencia que se sigue de acuerdo a los antecedentes. Las comunidades de peces reflejan la condición del cuerpo de agua; este principio - ya que la salud relativa, o integridad biológica, de los peces es un indicador sensible de la salud relativa del ecosistema acuático - sirve de base para el uso del monitoreo biológico de los mismos con el fin de estimar la degradación ambiental (Fausch *et al.*, 1990). En un principio se ha empleado la composición y en el caso de existir información adicional se utilizan los atributos y los índices que definen a dicha comunidad.

VI.1. 1. COMPOSICIÓN: la riqueza específica en la ictiofauna de la laguna está integrada por 14 especies incluidas en 14 géneros dentro de 5 familias, de las cuales 10 son nativas y cuatro introducidas. Sobresale que entre las nativas, 7 especies pertenecen a la familia Goodeidae. Su relación es la siguiente:

LISTA DE LOS PECES DE LA LAGUNA DE ZACAPU (orden filogenético, Nelson, 1994)

	Superorden Ostariophysi
	Serie Anotoptysi
	Orden Cypriniformes
	Familia CYPRINIDAE.
1. <i>Hybopsis calientis</i> (Jordan y Snyder) N ⁿ .	
2. <i>Algansea lacustris</i> Steindachner I.	
3. <i>Cyprinus carpio</i> Linneo I.	
4. <i>Ctenopharingodon idella</i> (Val.) 1.	
	Superorden Acanthopterygii
	Serie Atherinomorpha
	Orden Atheriniformes
	Familia ATHERINIDAE.
5. <i>Chirostoma humboldtianum</i> (Cuvier y Valenciennes) N.	
	Orden Cyprinodontiformes
	Familia POECILIDAE.
6. <i>Poeciliopsis infans</i> (Woolman) N.	
	Familia GOODEIDAE.
7. <i>Goodea atripinnis</i> Jordan N.	
8. <i>Xenotoca variata</i> (Bean) N.	
9. <i>Zoogoneticus quitzeensis</i> (Bean) N.	
10. <i>Allophorus robustus</i> (Bean) N.	
11. <i>Skiffia</i> spp Meek NV.	
12. <i>Hubbsina turneri</i> De Buen N [★] .	
13. <i>Allotoca dugesii</i> (Bean) N.	
	Serie Percomorfa
	Orden Perciformes
	Fam. CENTRARCHIDAE. Neártica.
14. <i>Micropterus salmoides</i> (Lacépède) 1.	

N = Nativa, I = Introducida, ★ = En peligro de extinción con su intervalo de distribución restringido, Vⁿ = Vulnerable.

^a De acuerdo a lo expuesto por Williams *et al.* (1989).

^b Nombre según Mayden *et al.* (1992) los cuales refieren varios cambios recientes *Hybopsis calientis* = *Notropis calientis*.

Espinosa et **al.** (1993) mencionan a la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), sin embargo no cuentan con algún ejemplar y hasta la fecha tanto en los antecedentes de otros trabajos realizados, como en el estudio actual no se ha recolectado. El que se le cite parte de una intención de su siembra la cual, por lo visto, no se llevo a cabo o no tuvo éxito. Por su parte, posteriormente al último período de recolecta se obtuvieron ejemplares de la lobina negra (*Micropterus salmoides*) por medio de la pesca comercial, lo que significa una reaparición actual ya que no se capturaba desde hace 10 años (Carrillo, 1996¹, **com. pers.**). Por ser un depredador tope y sumamente voraz, lo que causó gran controversia en Pátzcuaro, se analizará su presencia en la laguna de acuerdo a las experiencias en dicho cuerpo de agua en cuanto a la alimentación. Finalmente, se examinaron ejemplares del cíclido introducido *Oreochromis aureus* los cuales fueron sembrados recientemente en los canales que limitan los cultivos a manera de chinampas en la zona sur y que están contiguos a la laguna, con gran riesgo a que se trasladen los organismos y se establezcan en el cuerpo de agua.

De acuerdo a los antecedentes, existe para la laguna de Zacapu la descripción de algunas especies y la mención de otras en forma aislada. El estudio de la comunidad es más reciente como las recolectas realizadas en 1986 por parte de Medina (1993), luego Moncayo (1993) en 1991-92 y la información actual. Al comparar ambas informaciones se encontró que la tendencia que se ha seguido en la laguna es en el incremento de la riqueza específica (tabla 2).

En cuanto a la comparación de los valores de frecuencia de aparición actuales (1995) con los correspondientes a 1991-2 (figura 4) no hay mucha modificación y solo destaca el incremento en *Xenotoca variata* y *Alloophorus robustus*, además del valor del porcentaje de la recién introducida *Ctenopharingodon idella* superando a algunas de las especies nativas.

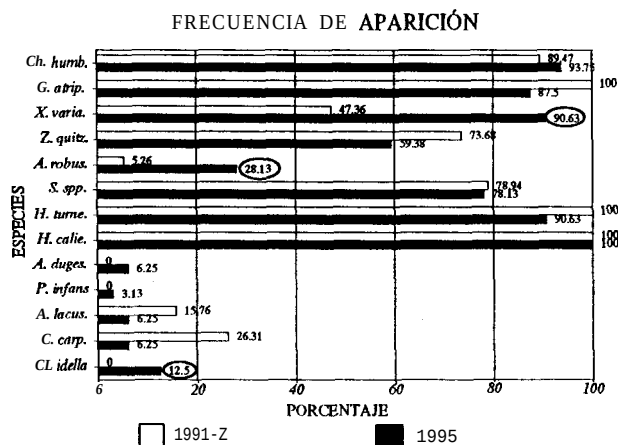


Figura 4. Comparación de la frecuencia de aparición de los peces de la laguna de Zacapu en dos períodos de colecta [1991-2 tomado de Moncayo (1993)].

¹ C. Manuel Carrillo López, integrante de la Unión de Pescadores de Zacapu, Michoacán.

Tabla 2. Comparación de las especies reportadas para la laguna de Zacapu a través del tiempo. En la segunda columna se unifican los antecedentes de distintos catálogos y artículos donde mencionan a las especies individuales o solo un par de ellas [Ch. humboldtianum (Alvarez, ²1962; 1963; Barbour, 1973; ² Grudzien y Carmichael, 1981); H. calientis (Chernoff y, Miller, 1986); Skiffia sp. (¹ Barbour y Contreras, 1963b; Lambert, 1990); G. atripinnis (¹ Alvarez, 1962; ¹ Barbour y Contreras, 1963b); X. variata (¹ Álvarez, 1962 y 63a)]. x = reportada y o = no reportada, en los casos donde hay información se presenta la abundancia relativa (valores en %).

Especies	Varios autores	Recolecta UMMZ (1969 ³)	Recolecta UMSNH (1982 ⁴)	Medina (1986)	Moncayo (1991-2) ⁵	Estudio actual ⁵
<i>Ch. humboldtianum</i>	(1962 ² -63-73 y 81 ²)	x	16	402	16.3	9.1
<i>H. calientis</i>	(1986)	x	478	20	8.1	50.2
<i>Skiffia</i> spp	(1963b ¹ y 90)	x	28	33	1.8	9.0
<i>G. atripinnis</i>	(1962 ¹ y 63b ¹)	x	8	36	23.6	14.4
<i>X. variata</i>	(1962 ¹ y 63a ¹)	x	199	113	33.4	6.5
<i>A. robustus</i>	o	o	4	64	0.1	0.1
<i>Z. quitzeoensis</i>	o	x	203	95	3.2	0.9
<i>H. turneri</i>	o	o	44	36	12.8	9.7
<i>A. dugesii</i>	o	o	o	o	o	0.02
<i>P. infans</i>	o	o	2	22	o	0.003
<i>C. carpio</i>	o	o	o	o	0.32	0.01
<i>A. lacustris</i>	o	o	o	o	0.48	0.01
<i>Ct. idella</i>	o	o	o	o	o	0.02
<i>M. salmoides</i> ⁶	o	o	o	o	o	x
Total Especies	5	6	9	9	10	13

¹ Catálogo de la Colección de Peces de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN) (para mayor detalle ver en Bibliografía Consultada);

² Catálogo de la Colección de Peces, University of Michigan Museum of Zoology (ver Bibliografía Consultada).

³ Barbour y Douglass (1969), Catálogo de la Colección de Peces, University of Michigan Museum of Zoology (ver en Bibliografía Consultada).

⁴ Figueroa *et al.* (1982), Catálogo de la Colección de Peces, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (ver Bibliografía Consultada).

⁵ Se utilizó en la recolecta actual (1995) la Dominancia Parcial que es equivalente a la Abundancia Relativa de los otros trabajos, para comparar.

⁶ Solo se capturó por medio de la pesca comercial.

Algo que se puede señalar de los valores de abundancia relativa, en los más de 10 años (1982 - 1995) (tabla 2 y figura 5), es que se tiene la regularidad de ciertas especies con las cifras más altas tal es el caso de *Hybopsis calientis*, sin embargo, en los estudios más recientes se tiene una disminución de *Chirostoma humboldtianum*, *Zoogoneticus quitzeoensis* y *Poeciliopsis infans*, así como un incremento de *Goodea atripinnis*.

En el presente trabajo, el mayor valor de abundancia relativa lo tiene *H. calientis* con la mitad del porcentaje global, seguido de *G. atripinnis* con 14.4 % y *H. turneri* y *Ch. humboldtianum* con alrededor del 9%. Los valores más bajos los presentan *P. infans*, *Algansea lacustris*, *Cyprinus carpio* y *Allotoca dugessii* con menos del 0.1% (figura 5).

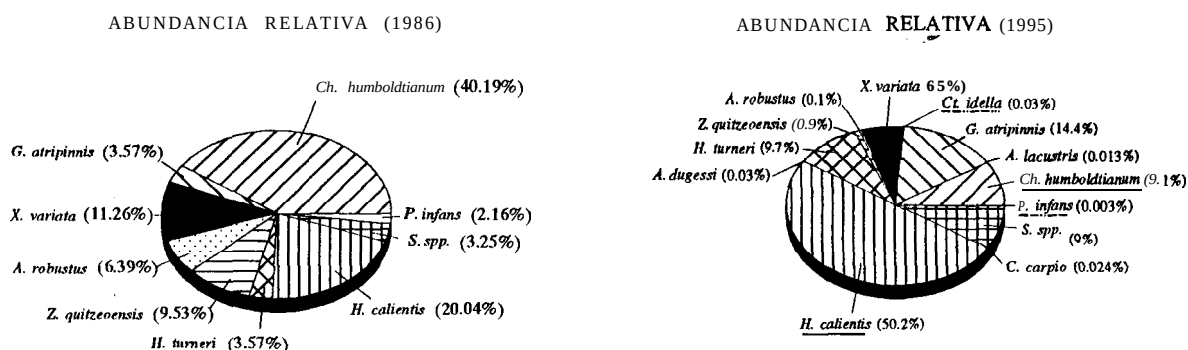


Figura 5. Comparación de la abundancia relativa para la recolecta de 1986 (tomado de Medina, 1993) y los obtenidos en el presente trabajo (se emplea la dominancia parcial ya que es el equivalente).

VI.2. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD: de las relaciones entre la comunidad y el biotopo podemos hablar de cambios cíclicos simultáneos, respuesta de un proceso adaptativo, es decir, aspectos biológicos y conductuales derivados de los cambios en el entorno abiótico. Particularmente, el comportamiento en los organismos dependen a su vez, del tamaño, el estadio de madurez, la dieta, y en esto último, la biología y conducta de las presas.

En cuanto a los atributos comunitarios, el acomodo por épocas del año en el día y la noche para la abundancia (tabla 3), presenta a las especies *H. calientis*, *G. atripinnis*, *H. turneri*, *Ch. humboldtianum* con un valor elevado, lo que implica un porcentaje alto de abundancia relativa (figura 5) y, en consecuencia, las especies que son esporádicas presentan los valores más bajos. Además, se reflejan cambios en el tiempo de acuerdo a la representatividad de las especies en las diferentes épocas del año aumentando su cantidad de individuos en el verano y el otoño.

Tabla 3. Abundancia media para las diferentes estaciones del año en el día y la noche.

[illegible]

Tabla 4. Biomasa media para las diferentes estaciones del año en el día y la noche.

[illegible]

Para la biomasa ocurre algo muy similar a la abundancia, sin embargo se presentan cambios en la posición debido a las tallas que alcanzan las diferentes especies y como se presentan éstas a lo largo del tiempo del estudio (tabla 4). En orden descendente están las especies *G. atripinnis*, *H. calientis*, *Ch. humboldtianum*, *X. variata*, *Skiffia* spp, *H. turneri*. Quedaron al final las especies introducidas y el carnívoro tope *A. robustus*, así como las especies raras.

Para discernir mejor sobre la **estacionalidad** o ritmos anuales (Margalef, 1980; Krebs, 1985), se presentan por rubros independientes, con los resultados del **índice** de dominancia, las recolectas efectuadas con sus correspondientes aspectos temporales (muestreos día y noche y estacionales) y los espaciales (sitios de recolecta donde se incluye globalmente tanto los datos diurnos como los nocturnos).

VI.2.1. INVIERNO (ENERO)

Mediante el análisis descriptivo se define la influencia puntual de los componentes de la comunidad de peces, y se observan los estados de los atributos para las diferentes recolectas en la tabla 5. En las últimas dos columnas se encuentran el Índice del Valor de Importancia que integra los atributos y el porcentaje acumulado a partir del mismo.

Tabla 5. Valores de los atributos y el Índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas del INVIERNO (enero del 95). AR = abundancia relativa; BR = biomasa relativa; DR = dominancia relativa; FR = frecuencia relativa e **IVI** = índice del valor de importancia.

VALORES GLOBALES	AR	BR	DR	FR	IVI	%ACUMULADO
<i>H. calientis</i>	44,60	24,14	42,08	14,29	125,10	31
<i>H. turneri</i>	25,42	3,42	27,67	14,29	70,79	49
<i>G. atripinnis</i>	4,32	35,35	2,83	10,71	53,22	62
<i>Ch. humboldtianum</i>	5,51	20,54	11,44	1250	49,99	75
<i>X. variata</i>	13,82	12,20	9,38	14,29	49,68	87
<i>Skiffia</i> spp	2,96	0,43	3,00	12,50	18,89	92
<i>Z. quitzeoensis</i>	3,10	0,80	3,44	14,29	21,62	<97>
<i>A. robustus</i>	0,25	2,11	0,14	5,36	7,86	99
<i>C. carpio</i>	0,03	1,02	0,02	1,79	2,85	100
TOTAL	100	100	100	100	400	

Cabe resaltar que *H. calientis* ocupa el primer lugar duplicando a *Hubbsina turneri*, la cual con respecto a las siguientes especies tiende a homogeneizarse en su valor, lo que indica dominancia por parte de la primera que, sin embargo, tiende a disminuir en el resto de las especies. También es notorio en cuanto a los atributos individuales que la abundancia y la frecuencia en *H. turneri* le brinda la posición que ocupa mientras que la biomasa que presentan *G. atripinnis* y *Ch. humboldtianum* las sitúa en la tercera y cuarta posición respectivamente.

En la tabla 6 así como en la figura 6 se comparan los resultados del IVI para el día y la noche. Cabe destacar la constancia de *H. calientis* en sus valores altos incrementándose un poco para la noche. La comparación entre el aterínido *Ch. humboldtianum* y el goodeido *X. variata* pone de manifiesto dos tipos de comportamiento antagónicos de estas especies. *Skiffia* spp y *Z. quitzeoensis* se capturan en igual proporción mientras que *A. robustus* y *C. carpio* solo durante la noche.

En la misma tabla y en la figura 7 se presentan las diferencias en las estaciones de recolecta. Como ya se ha señalado, *H. calientis* con cifras muy similares y elevadas en la estación 1 y 3 vienen a reforzar su predominio. Existe una substitución de esta especie por *H. turneri* en la estación 4, y las dos son superadas en su valor por *X. variata*, *Ch. humboldtianum* y *G. atripinnis* en la estación 2. De igual forma, cabe resaltar la homogeneidad aunque con valores bajos para *Skiffia* spp y *Z. quitzeoensis* y el que sólo se presentó *C. carpio* en la estación 1.

Tabla 6. Índice del Valor de Importancia (IVI) para el día (d), la noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en el INVIERNO (enero del 95).

ESPECIES	IVId	IVIn	IVI1	IVI2	IVI3	IVI4
<i>H. calientis</i>	113,53	127,48	150,35	76,05	195,00	74,67
<i>H. turneri</i>	88,73	63,72	70,81	45,91	67,34	121,01
<i>G. atripinnis</i>	42,13	58,48	53,15	75,18	21,38	49,29
<i>Ch. humboldtianum</i>	92,47	33,90	42,46	77,58	39,09	28,13
<i>X. variata</i>	21,92	59,83	28,77	82,15	35,48	54,37
<i>Skiffia</i> spp	19,18	18,92	18,26	11,51	21,97	26,63
<i>Z. quitzeoensis</i>	22,04	20,61	19,10	19,85	19,74	31,68
<i>A. robustus</i>	0,00	12,59	7,27	11,77	0,00	14,21
<i>C. carpio</i>	0,00	4,47	9,84	0,00	0,00	0,00
TOTAL	400	400	400	400	400	400

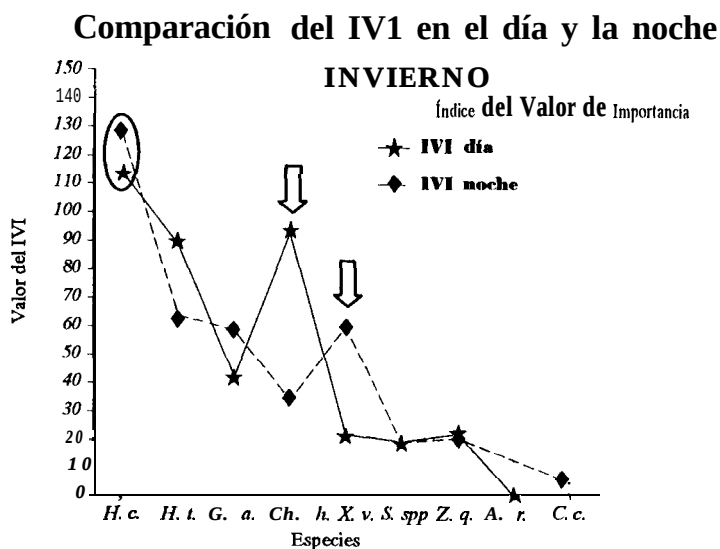


Figura 6. Comparación del Índice del Valor de Importancia en el día y la noche para el invierno (enero del 95).

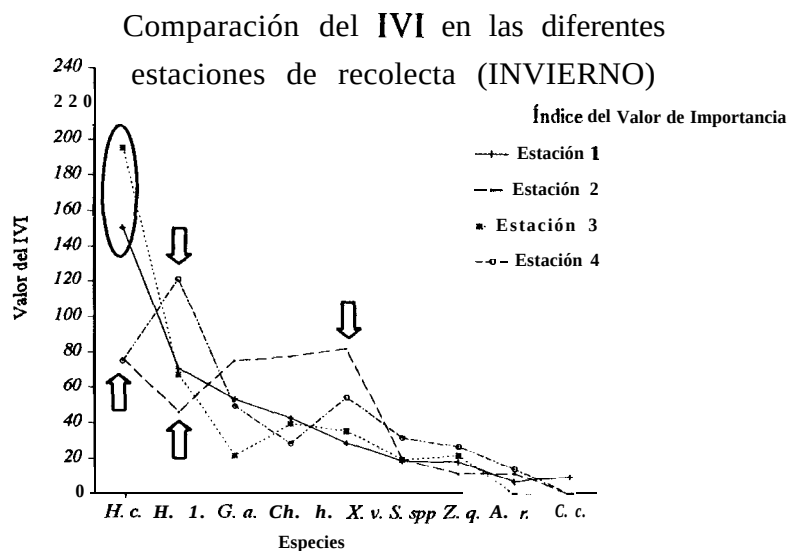


Figura 7. Comparación del Índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en el invierno (enero del 95).

V1.2.2. PRIMAVERA (MAYO)

Para este mes el predominio lo sigue manteniendo *H. calientis* ahora notoriamente intensificado. En cuanto a las demás especies hay modificaciones en su acomodo (tabla 7), así se observa una substitución de *H. turneri* por *G. atripinnis* y *Ch. humboldtianum*. Para *G. atripinnis* se presenta un mayor valor en los atributos comunitarios, excepto la frecuencia debido a que no se recolectó en dos momentos de muestreo y *H. turneri* solo no se encontró en una. En el caso de *Ch. humboldtianum* muestra mayor constancia en el total de los atributos debido a que se recolectó en todas las redadas, con un número relativamente grande de organismos adultos lo que determino un buen aporte a la biomasa. Es patente la reducción en el valor para *Skiffia* spp y la ausencia de *Z. quitzeoensis*; más ahora, la presencia de *A. lacustris*.

Comparando el día y la noche es evidente una vez más (tabla 8, figura 8) el dominio de *H. calientis* con valores muy altos y cercanos uno del otro, superando en hasta tres órdenes de magnitud a *G. atripinnis*. Se observa que continúan los patrones de conducta del *Ch. humboldtianum* y *X. variata* y solo se capturó *A. lacustris* por la noche.

Tabla 7. Valores de los atributos y el Índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas de la PRIMAVERA (mayo del 95). AR = abundancia relativa; BR = biomasa relativa; DR = dominancia relativa; FR = frecuencia relativa e IV1 = índice del valor de importancia.

VALORES GLOBALES	AR	BR	DR	FR	IVI	%ACUMULADO
<i>IX calientis</i>	81,22	54,04	74,43	21,05	230,74	58
<i>G. atripinnis</i>	7,33	23,79	11,51	15,79	58,42	72
<i>Ch. humboldtianum</i>	6,30	16,86	9,60	21,05	53,82	86
<i>H. turneri</i>	2,82	0,72	2,43	18,42	24,39	92
<i>X. variata</i>	2,21	3,40	1,91	13,16	20,69	<97>
<i>Skiffia</i> spp	0,10	0,01	0,10	7,89	8,10	99
<i>A. lacustris</i>	0,02	1,17	0,02	2,63	3,83	100
TOTAL	100	100	100	100	400	

Tabla 8. Índice del Valor de Importancia (WI) para el día (d), la noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en la PRIMAVERA (mayo del 95).

ESPECIES	IVId	IVIn	IVI1	IVI2	IV13	IVI4
<i>H. calientis</i>	244,09	223,46	253,39	258,42	265,23	129,62
<i>G. atripinnis</i>	55,03	59,22	30,96	22,49	35,71	161,58
<i>Ch. humboldtianum</i>	63,10	46,51	54,08	54,22	47,07	60,24
<i>H. turneri</i>	25,50	23,05	13,57	27,12	28,74	26,89
<i>X. variata</i>	6,23	31,32	30,48	17,12	13,11	21,67
<i>Skiffia</i> spp	6,05	9,75	0,00	20,64	10,14	0,00
<i>A. lacustris</i>	0,00	6,68	17,53	0,00	0,00	0,00
TOTAL	400	400	400	400	400	400

Para las estaciones de recolecta (tabla 8 y figura 9) es clara la sustitución de *H. calientis* por *G. atripinnis* en la 4 donde esta última especie fue particularmente abundante ya que en las estaciones restantes presenta valores muy bajos. Algo que también podemos destacar es que *Ch. humboldtianum* fue homogéneo en su distribución para la laguna y por otro lado que *H. turneri*, si bien es constante, sobresale un poco en las estaciones 3 y 4. *Skiffia* spp se presentó en los dos sitios de influencia de manantiales (estaciones 2 y 3) y *A. lacustris* solo en la estación 1.

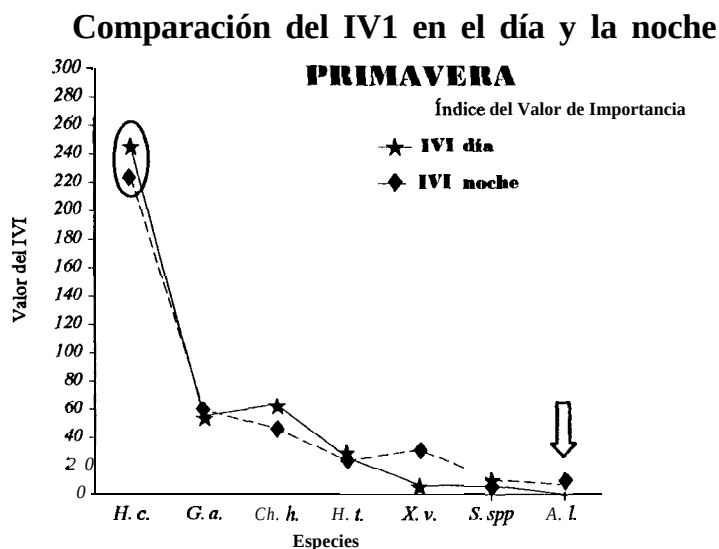


Figura 8. Comparación del Índice del Valor de Importancia en el día y la noche para la primavera (mayo del 95).

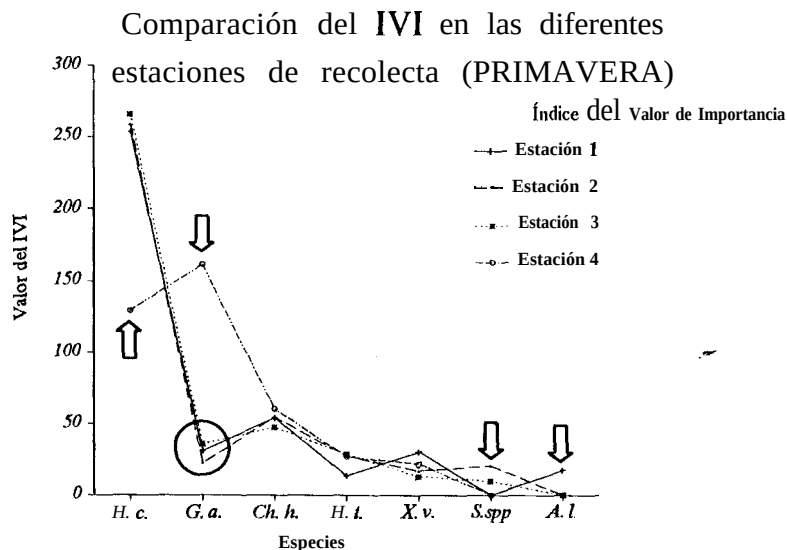


Figura 9. Comparación del Índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en la primavera (mayo del 95).

VI.2.3. VERANO (JULIO)

En este período conservan su posición ***H. calientis***, ***G. atripinnis*** y ***Ch. humboldtianum*** (tabla 9), aunque con la disminución del valor de dominancia de la primera y el aumento de la segunda gracias al aporte de la biomasa. Por otro lado, se presenta un cambio de acomodo de *Skiffia* spp superando a *X. variata* y ***H. tumeri*** por su incremento en la abundancia - donde incluso sobrepasa a ***Ch. humboldtianum*** - a pesar de que *X. variata* fue más constante.

Al comparar el día y la noche (tabla 10 y figura 10) se observa que las diferentes especies presentan valores muy parecidos a los de primavera, y solo resalta una disminución de ***H. calientis*** mientras que hay un aumento de *Skiffia* spp durante la noche. También es notorio el aumento de *G. atripinnis* casi alcanzando la misma dominancia en la noche de la que tiene ***H. calientis***, mientras que ***Ch. humboldtianum*** mantiene su valor como en el mes de mayo y junto con *X. variata*, ahora no tienen evidente las diferencias en el ciclo dial que demostraban su comportamiento antagónico. Reaparece *Z. quitzeoensis*, aunque con valores muy bajos y continua la presencia de *A. lacustris* por la noche.

Tabla 9. Valores de los atributos y el **Índice** del Valor de importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas del VERANO (julio del 95). AR = abundancia relativa; BR = biomasa relativa; DR = dominancia relativa; FR = frecuencia relativa e **IVI** = **índice** del valor de importancia.

VALORES GLOBALES	AR	BR	DR	FR	IVI	%ACUMULADO
<i>H. calientis</i>	47,67	31,67	53,20	16,67	149,21	37
<i>G. atripinnis</i>	26,65	57,99	23,63	16,67	124,93	69
<i>Ch. humboldtianum</i>	9,37	4,98	10,17	14,58	39,10	78
<i>Skiffia</i> spp	12,98	3,44	8,30	14,58	39,30	88
<i>X. variata</i>	2,01	1,54	2,31	16,67	22,52	94
<i>H. turneri</i>	1,19	0,23	2,29	12,50	16,20	<98>
<i>Z. quitzeoensis</i>	0,09	0,01	0,07	6,25	6,42	99
<i>A. lacustris</i>	0,05	0,15	0,03	2,08	2,31	100
TOTAL	100	100	100	100	400	

Tabla 10. **Índice** del Valor de Importancia (**IVI**) para el día (d), la **noche** (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en el VERANO (julio del 95).

ESPECIES	IVId	IVIn	IVI1	IVI2	IVI3	IVI4
<i>H. calientis</i>	169,42	135,48	130,92	196,70	187,18	106,37
<i>G. atripinnis</i>	119,05	129,60	167,10	44,34	87,45	177,61
<i>Ch. humboldtianum</i>	40,08	38,15	48,31	21,68	38,22	48,83
<i>Skiffia</i> spp	25,71	47,46	13,28	92,22	18,87	22,73
<i>X. variata</i>	23,73	21,48	20,95	26,11	27,61	19,37
<i>H. turneri</i>	17,56	15,26	9,70	9,58	32,68	17,23
<i>Z. quitzeoensis</i>	4,46	8,20	0,00	9,38	7,98	7,85
<i>A. lacustris</i>	0	4,37	9,74	0	0	0
TOTAL	400	400	400	400	400	400

Comparación del IVI en el día y la noche

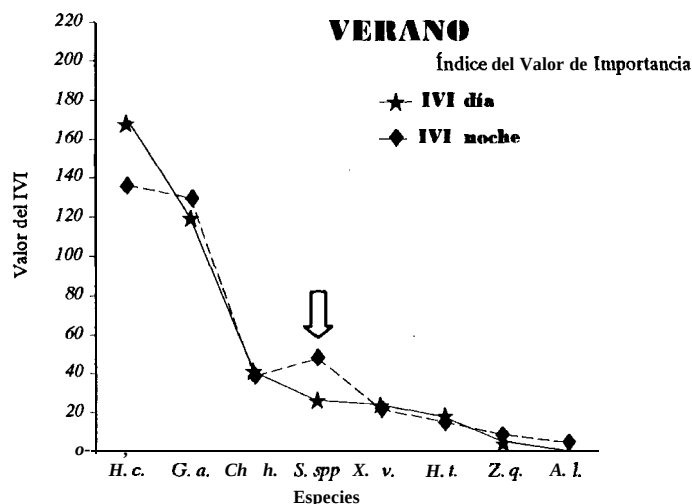


Figura 10. Comparación del Índice del Valor de Importancia en el día y la noche para el verano (julio del 95).

Comparación del IVI en las diferentes estaciones de recolecta (VERANO)

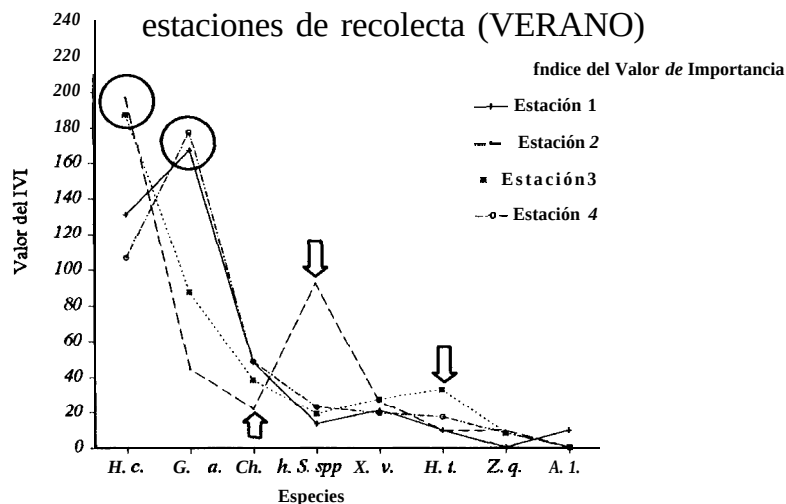


Figura 11. Comparación del Índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en el verano (julio del 95).

En cuanto a las estaciones de recolecta (tabla 10 y figura 11), *H. calientis* muestra preferencia por la localidad 3 (ver mayo), de igual forma como *H. turneri*, y es reemplazada la primera por *G. atripinnis* en cuanto a su mayor dominancia, como sucedió en el invierno,

para dos sitios, repitiéndose el número 4 donde muestra cierta preferencia y ahora también en la estación 1. Por su parte *Skiffia* spp, predomina sobre *G. atripinnis* y *Ch. humboldtianum* en el sitio número 2, teniendo una representatividad muy elevada. Salvo el caso anterior el aterínido sigue siendo constante, aunque ahora con valores más bajos. *A. lacustris* se presentó otra vez solo en la estación 1, lugar en el cual no apareció *Z. quitzeoensis*.

VI.2.4. OTOÑO (OCTUBRE)

Es muy significativo y característico de esta época la substitución de *H. calientis* por *G. atripinnis* en el valor total del **IVI** (tabla II), y como es común, hay un aporte importante de hasta tres órdenes de magnitud en la biomasa de la última especie con respecto a la primera, mientras que el ciprínido en abundancia solo es el doble sobre el goodeido. Esta situación, que no se había presentado anteriormente en el estudio, por no tener valores muy contrastantes del **IVI**, se refleja en un incremento proporcional de este índice para el resto de las especies. Otro cambio en el acomodo viene siendo el del *Ch. humboldtianum* por *Skiffia* spp y *X. variata* lo que se debe a la abundancia relativa, y por otro lado, algo particular que ocurrió con la frecuencia de todas las especies dominantes, es que fue la misma, todas se presentaron en el total de las recolectas, mientras que las especies restantes estuvieron ausentes en una 0 varias.

Para el día y la noche (tabla 12 y figura 12) se reparte la dominancia en más especies, y a diferencia de las recolectas anteriores, varias de ellas pierden su constancia para las dos etapas del ciclo diario con la excepción de *Ch. humboldtianum* y *Z. quitzeoensis*. *G. atripinnis* es más representativo en la noche como sucedió en el verano y en cuanto al día es superada por *H. calientis* con 10 puntos del **IVI**. *Skiffia* spp y *H. turneri* invierten su predominio al capturarse la primera más en el día y en mayor grado por la noche la segunda. Por su parte *X. variata*, *A. robustus* y *C. carpio* retornan su patrón conductual normal y finalmente se tiene la incorporación de *Allotoca dugesii* y *Poeciliopsis infans* en el día, mientras que *Ct. idella* como los otros ciprínidos introducidos se capturaron más durante la noche.

Con respecto a las estaciones de recolecta (tabla 12 y figura 13) en mayor grado la 1 y luego la 3, se distinguieron por la presencia de *G. atripinnis* mientras que la 2 y la 4 tuvieron como especie representativa a *H. calientis*. Para el resto de las especies se encuentra una mayor constancia y solo se tuvo un descenso en la estación 1 en cuanto a *Skiffia* spp, y como ocurrió en el verano se incrementó un poco el valor en la 3 para *X. variata* y *H. turneri*, además, esta misma estación de alguna manera mostró mayor riqueza específica al incorporar a *A. robustus* y *C. carpio*. *A. dugesii* solo se presentó en la 4 y *P. infans* únicamente en la 2.

Tabla II. Valores de los atributos y el Índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las recolectas del OTOÑO (octubre del 95). AR = abundancia relativa; BR = biomasa relativa; DR = dominancia relativa; FR = frecuencia relativa e **IVI** = índice del valor de importancia.

VALORES GLOBALES	AR	BR	DR	FR	IVI	%ACUMULADO
<i>G. atripinnis</i>	17,38	64,23	19,80	11,43	112,84	28
<i>H. calientis</i>	30,22	18,87	30,90	11,43	91,42	51
<i>Skiffia</i> spp	27,22	3,99	24,56	11,43	67,19	68
<i>X. variata</i>	13,70	5,19	12,32	11,43	42,64	79
<i>Ch. humboldtianum</i>	4,15	5,90	5,33	11,43	26,80	85
<i>H. turneri</i>	6,48	1,11	6,33	11,43	25,35	92
<i>Z. quitzeoensis</i>	0,32	0,04	0,28	11,43	12,06	<95>
<i>Ct. idella</i>	0,11	0,19	0,08	5,71	6,09	96
<i>A. robustus</i>	0,28	0,35	0,29	8,57	9,50	98
<i>A. dugesii</i>	0,10	0,01	0,09	2,86	3,06	99
<i>C. carpio</i>	0,03	0,13	0,02	1,43	1,60	100
<i>P. infans</i>	0,02	0,00	0,01	1,43	1,46	100
TOTAL	100	100	100	100	400	

Tabla 12. Índice del Valor de Importancia (IVI) para el día (d), la noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en el OTOÑO (octubre del 95).

ESPECIES	IVId	IVIn	IVI1	IV12	IV13	IV14
<i>G. atripinnis</i>	102,66	122,69	174,22	77,46	103,82	103,69
<i>Il. calientis</i>	107,44	75,63	93,38	104,60	63,26	111,17
<i>Skiffia</i> spp	86,83	48,13	23,76	83,78	78,82	69,85
<i>X. variata</i>	29,17	56,07	28,42	47,05	54,48	37,44
<i>Ch. humboldtianum</i>	24,88	28,75	34,25	23,49	30,58	22,66
<i>H. turneri</i>	20,45	30,20	19,64	28,05	31,53	20,26
<i>Z. quitzeoensis</i>	12,87	11,33	12,73	12,43	11,53	11,51
<i>Ct. idella</i>	3,14	8,76	0,00	11,53	6,46	5,71
<i>A. robustus</i>	6,31	12,42	13,60	5,95	13,27	5,81
<i>A. dugesii</i>	3,15	2,98	0,00	0,00	0,00	11,90
<i>C. carpio</i>	0,00	3,05	0,00	0,00	6,26	0,00
<i>P. infans</i>	3,10	0,00	0,00	5,67	0,00	0,00
TOTAL	400	400	400	400	400	400

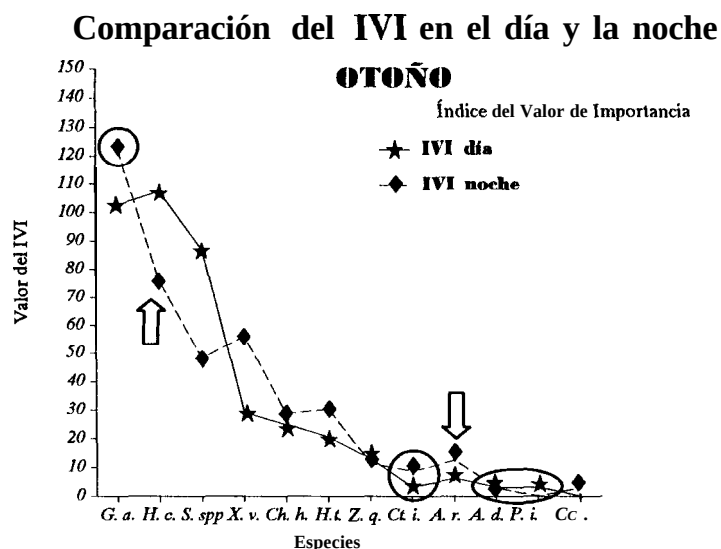


Figura 12. Comparación del Índice del Valor de Importancia en el día y la noche para el otoño (octubre del 95).

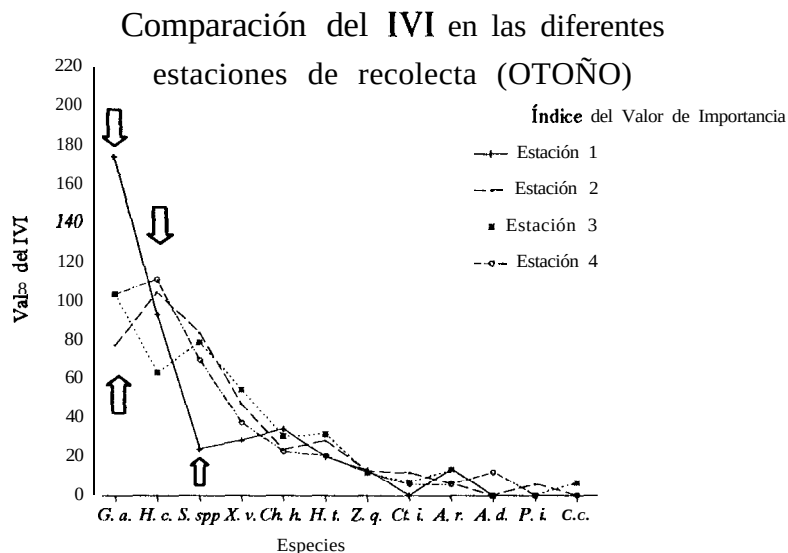


Figura 13. Comparación del Índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en el otoño (octubre del 95).

VI.2.5. CICLO ANUAL

El arreglo de las especies (tabla 13) se ajustó a lo que se ha venido presentando en las diferentes épocas y solo cabe resaltar la influencia importante de *Skiffia* spp y *X. variata* que superan a *Ch. humboldtianum* y *H. turneri* en base a un aporte importante a la abundancia, en la primera, tanto para el verano así como en el otoño. En el caso de *Ch. humboldtianum* no fue tan significativo su valor de biomasa, por la gran cantidad de juveniles presentes sobre todo en verano.

Con respecto al día y la noche (tabla 14 y figura 14) tenemos representados los diferentes arreglos de las especies en el ciclo circadiano, destacando como preferentemente diurnas *H. calientis*, *Skiffia* spp y *P. infans*; dentro de las nocturnas está *G. atripinnis*, *X. variata*, *H. turneri*, *A. robustus* y dos de los ciprínidos introducidos (*C. carpio* y *A. lacustris*); finalmente, queda citar a las especies restantes que indiferentemente se les recolecta en el día como en la noche, en estas encontramos a *Ch. humboldtianum*, las cuales aparecen tan constantemente en uno u otro momento del día que pueden cambiar más su patrón de comportamiento como una exclusión adaptativa para la alimentación, reproducción y protección, dependiendo del predominio y comportamiento de las especies que tienen preferencia por un momento particular. *Z. quitzeoensis* sigue en este orden, además el ciprínido trasplantado restante, *Ct. idella* lo cual puede deberse a su reciente incorporación a la laguna y por último a la especie esporádica *A. dugesii*.

Tabla 13. Valores de los atributos y el Índice del Valor de Importancia, así como el porcentaje acumulado para el total de las RECOLECTAS DEL AÑO. AR = abundancia relativa; BR = biomasa relativa; DR = dominancia relativa; FR = frecuencia relativa e IV1 = índice del valor de importancia.

VALORES G LOBALES	AR	BR	DR	FR	IVI	% ACUMU LADO
<i>H. calientis</i>	<u>44,19</u>	29,05	44,82	10,96	129,03	32
<i>G. atripinnis</i>	15,82	<u>52,84</u>	15,61	10,96	-- 95,23	56
<i>Skiffia</i> spp	16,84	2,82	17,61	10,96	48,23	68
<i>X. variata</i>	9,48	4,48	8,58	10,96	33,50	76
<i>Ch. humboldtiarurm</i>	5,69	8,86	6,08	10,96	31,59	84
<i>H. turneri</i>	7,11	1,00	6,48	10,96	25,56	91
<i>Z. quitzeoensis</i>	0,55	0,10	0,52	10,96	12,13	94
<i>A. robustus</i>	0,17	0,36	0,15	9,59	10,28	<96>
<i>Ct. idella</i>	0,06	0,08	0,05	5,48	5,66	98
<i>C. carpio</i>	0,02	0,16	0,01	2,74	2,93	99
<i>A. dugesii</i>	0,05	0,00	0,06	2,74	2,85	99
<i>A. lacustris</i>	0,01	0,23	0,02	1,37	1,63	100
<i>P. infans</i>	0,01	0,00	0,01	1,37	1,39	100
TOTAL	100	100	100	100	400	

Para las estaciones de recolecta (tabla 14 y figura 15) sigue resaltando lo que fue la substitución de *H. calientis* por *G. atripinnis* en la número 4 y se ratifica la constancia elevada de la primera especie en las restantes. *G. atripinnis* con un valor alto en la estación 1 junto con *Ch. humboldtianum* reemplazan a *Skiffia* spp, que a su vez las supera a ambas en el sitio 2, como resultado de su predominio en el verano. En el resto de las especies se comienza a uniformizar la cantidad del índice y destaca, el mayor valor del IVI en *H. turneri* por la 3 y la preferencia de *C. carpio* y *A. lacustris* hacia la número 1, lo cual no resultó así para *Ct. idella*. Por último se ubica tanto a *A. dugesii* como a *P. infans* solo en una estación (4 y 2 respectivamente).

Tabla 14. Índice del Valor de Importancia (IVI) para el día (d), la noche (n) y las estaciones de recolecta (1, 2, 3 y 4) incluyendo sus totales en el CICLO ANUAL.

ESPECIES	IVId	IVIn	IVI1	IVI2	IVI3	IVI4
<i>H. calientis</i>	137,99	122,32	138,73	141,53	134,29	102,98
<i>G. atripinnis</i>	90,00	99,47	127,02	54,72	75,84	124,93
<i>Skiffia</i> spp	62,77	36,19	16,35	70,16	50,21	52,16
<i>X. variata</i>	24,20	40,56	22,47	40,10	40,21	30,51
<i>Ch. humboldtianum</i>	32,37	31,04	37,57	30,16	32,48	27,65
<i>H. turneri</i>	22,16	28,18	21,89	23,87	30,90	25,95
<i>Z. quitzeoensis</i>	12,52	11,76	12,18	11,97	11,74	12,67
<i>A. robustus</i>	8,96	11,36	11,51	11,42	12,33	5,93
<i>Ct. idella</i>	3,01	7,96	0,00	10,74	6,06	5,63
<i>C. carpio</i>	0,00	5,45	5,90	0,00	5,94	0,00
<i>A. dugesii</i>	3,03	<u>2,69</u>	0,00	0,00	0,00	11,58
<i>A. lacustris</i>	0,00	3,01	6,38	0,00	0,00	0,00
<i>P. infans</i>	2,99	0,00	0,00	<u>5,33</u>	0,00	0,00
TOTAL	400	400	400	400	400	400

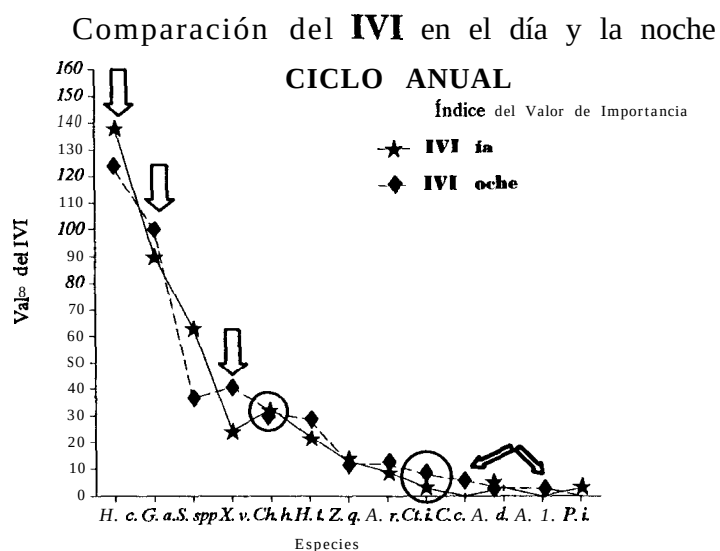


Figura 14. Comparación del Índice del Valor de Importancia en el día y la noche para el ciclo anual.

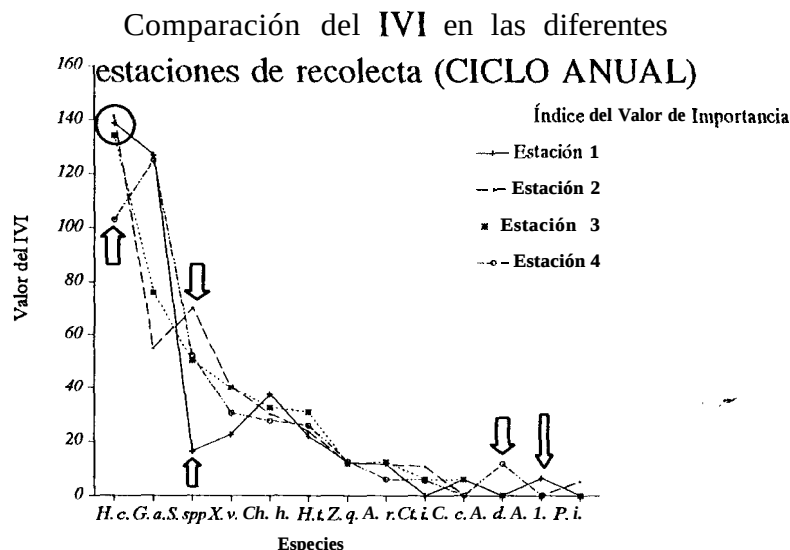


Figura 15. Comparación del Índice del Valor de Importancia en las cuatro estaciones de muestreo en el ciclo anual.

VI.3. DOMINANCIA. PONDERACIÓN DE ESPECIES DOMINANTES.

Cuando se elige un número arbitrario de especies basados en su abundancia, se puede incurrir en un error considerable de subestimación, debido a que en muestras con baja dominancia el número de especies seleccionado puede no llegar a reunir el porcentaje representativo del número total de individuos en las muestras (Loya-Salinas y Escofet, 1990). La elección del número de especies se realiza automáticamente si en vez de establecer al inicio una cantidad absoluta de especies a utilizar, se define un porcentaje acumulativo de referencia (PAR) constante respecto a los atributos de los individuos en cada muestra. En el presente trabajo se manejó al 95%.

VI.3.1.' INVIERNO (ENERO)

Para el caso de la recolecta de invierno se tiene que el PAR al 95% incluye 7 especies (tabla 5 y además ver figura 16), número más bien alto si consideramos la riqueza específica de la laguna en cuanto a las que son nativas, ya que están conformando un 70% de las mismas. Lo anterior puede ser consecuencia de un menor predominio de algunas especies al no presentarse los máximos de actividad en algunos eventos biológicos (principalmente la reproducción), indicándonos que la distribución sigue los patrones más bien de tipo trófico. Cabe aclarar que dicha interacción se adapta a ciertas características conductuales como son el momento del día en el que tienen mayor actividad y la manera como se relacionan los individuos de una misma especie.

Acomodo Porcentual de las Especies en Base a los Valores del IVI (INVIERNO)

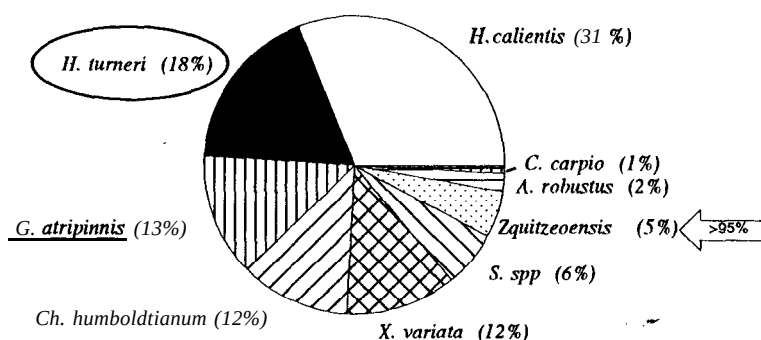


Figura 16. Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del IVI en el mes de enero del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%. Contando de derecha a izquierda.

Como podemos apreciar en la figura 16 de las siete especies que en este caso acumulan el 97%, todas son nativas y cinco de ellas pertenecen a los goodeidos intercalados en el orden de dominancia respecto al ciprínido *H. calientis* y el aterínido *Ch. humboldtianum*. Cabe considerar a *A. robustus* que a pesar de no encontrarse dentro del porcentaje de las dominantes, como se explicará más adelante es el carnívoro tope de la ictiofauna razón por la cual nos puede reflejar su valor bajo.

VI.3.2. PRIMAVERA (MAYO)

Para la primavera el número de especies que conforman el PAR baja a 5 (tabla 7 y figura 17) lo cual no es de extrañar puesto que organismos como *H. calientis* abarca más del 50% del valor del IVI acumulado empezando a intensificar su proceso reproductivo (de un 7% de individuos en estadio *V* para enero a un 36% para mayo). Así mismo, ya se comentó la substitución de *H. turneri* por *G. atripinnis* y *Ch. humboldtianum*, sin embargo aún se considera representativa de la estructura de la comunidad íctica de la laguna corroborando los resultados de otros autores (Moncayo, 1993).

X. variata y *Skiffia* spp no varían en cuanto a su acomodo más sin embargo, su valor es menos de la mitad que el de la época anterior. Por otra parte no se cuenta con capturas de *Z. quitzeoensis* y *A. robustus*. *A. lacustris* presentó individuos de gran tamaño y a pesar de que no se capturaron ejemplares de *C. carpio*, por medio de la pesca comercial con redes agalleras se midieron y pesaron organismos de hasta 67 cm de longitud total y 5.5 kg de peso, lo que implica la permanencia de esta especie.

Acomodo Porcentual de las Especies en Base a los Valores del IVI (PRIMAVERA)

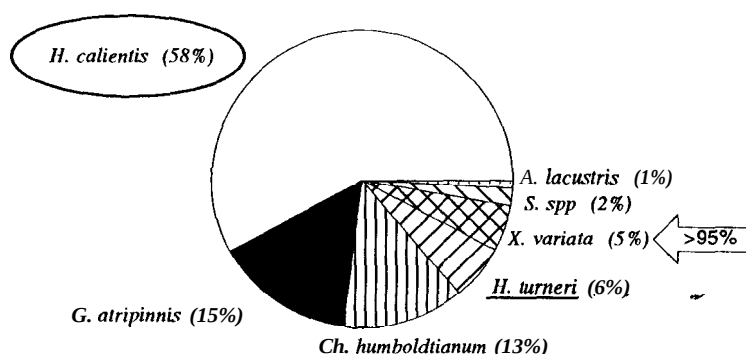


Figura 17. Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del IVI en el mes de mayo del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%. Contando de derecha a izquierda.

VI.3.3. VERANO (JULIO)

En el muestreo de verano fueron 6 las especies dominantes con un valor del PAR de 95% (tabla 9 y figura 18) implicando un pequeño incremento a diferencia de mayo, lo cual es reflejo de una disminución de la dominancia de una especie, ya que ***H. calientis*** y ***G. atripinnis*** cuentan casi con el mismo porcentaje alto y las especies restantes obtuvieron un valor muy similar a la temporada pasada. La variación en la primera puede ser debido a que tuvo un decremento en su actividad reproductiva, mientras que ***G. atripinnis*** la aumento. Como ya se indicó, *Skiffia* spp ocupa una posición superior a varias especies. ***X. variata*** se coloca arriba de ***H. turneri***, quien ahora bajó a la mitad su porcentaje de dominancia que tenía en primavera, se cree resulta de una afluencia de individuos de esta especie hacia la orilla.

VI.3.4. OTOÑO (OCTUBRE)

En este mes es más evidente la tendencia al desvanecimiento de la dominancia muy marcada que se tuvo en otras recolectas para una o dos especies (tabla 11 y figura 19), y por lo que se pudiera denominar la temporada de los goodeidos, ya que en el incremento una vez más del PAR a siete especies, como en el invierno, se posee una buena representatividad de estos peces incluso ocupando posiciones que superan a las otras

Acomodo Porcentual de las Especies
en Base a los Valores del **IVI** (VERANO)

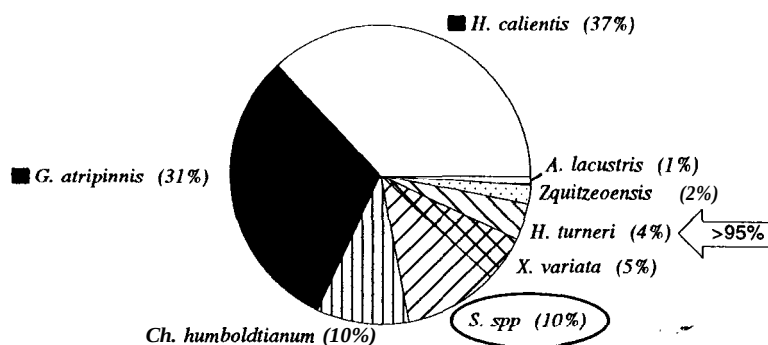


Figura 18. Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del IV1 en el mes de julio del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%. Contando de derecha a izquierda.

Acomodo Porcentual de las Especies
en Base a los Valores del **IVI** (OTOÑO)

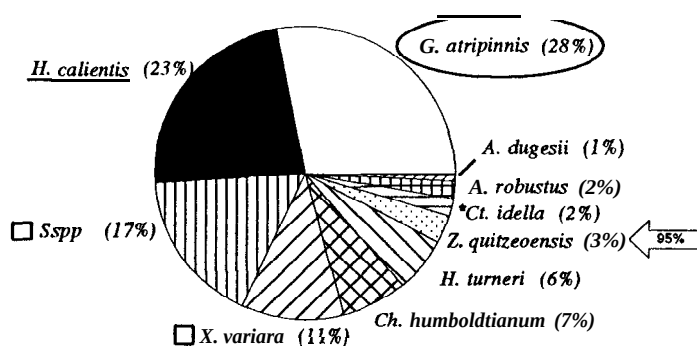


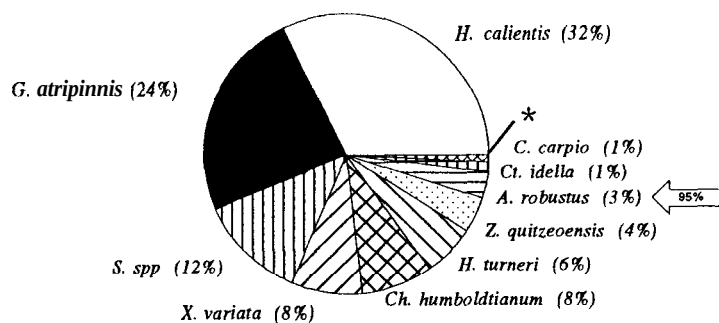
Figura 19. Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del **IVI** en el mes de octubre del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%. Contando de derecha a izquierda.

especies, tal es el caso de *G. atripinnis* sobre *H. calientis*. Sin embargo, la diferencia de esta época con la de invierno estuvo en el orden del acomodo de las especies, lo que puede ser resultado en base a que alguno de los goodeidos presentaron nacimiento diferencial de sus camadas. *Skiffia* spp y *X. variata* conservan su acomodo pero ahora con un valor de aproximadamente el doble que en el verano, mientras que el *Ch. humboldtianum* se mantiene casi igual a la época anterior. Entre tanto *Z. quitzeoensis* se incorpora a las especies dentro del 95% acumulado del **IVI**, y si bien no se incluye en estas, *A. robustus* es capturado otra vez, mientras que se tiene como nuevo reporte a *A. dugesii*, *P. infans* y *Ct. idella*, siendo esta última muy constante. Finalmente no se recolectaron ejemplares de *A. lacustris* a diferencia de la primavera y el verano.

VI.3.5. CICLO ANUAL

Algo que resulta particular al conjuntar los datos de todo el año, es que se consigue un PAR con 8 especies (tabla 13 y figura 20), lo cual no se debe a una reducción en el valor del **IVI** de aquellas que son dominantes, puesto que *H. calientis* junto con *G. atripinnis* reúnen un poco más del 50%, sino más bien a que es menor la cantidad de este índice en el resto de las especies. Se destaca que la que paso a ocupar el último sitio dentro del 95% acumulado fue *A. robustus*, lo cual no sería tanto de extrañar por capturarse en el invierno y alcanzar una mejor representatividad en octubre con respecto a las épocas anteriores, estando incluso presente en 3 sitios de muestreo, sin embargo su valor bajo en Zacapu y poca constancia la hacen de una abundancia media, lo que puede estar directamente relacionado a la gran talla que alcanza en este sitio. Finalmente, *Skiffia* spp y *X. variata* que a lo largo del año estuvieron cambiando de posición, quedaron con el predominio de la primera.

Acomodo Porcentual de las Especies
en Base a los Valores del **IVI** (CICLO ANUAL)



* *A. dugesii* (1%); *A. lacustris* (0.4%); *P. infans* (0.3%).

Figura 20. Arreglo de las especies por medio de los valores acumulados del **IVI** en el ciclo anual del 95, destacándose el número de éstas donde el PAR alcanza el 95%. Contando de derecha a izquierda.

VI. 4. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

VI.4.1. INSPECCIÓN DE LAS VARIABLES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS

Se realizó un análisis de varianza con la finalidad primera de explorar como la variación total presente en el conjunto de datos se distribuye en varios componentes y cual es la magnitud de contribución de las mismas en la **varianza** total (Daniel, 1991). Cabe destacar que en el caso de la abundancia se denota la probabilidad de una diferencia temporal en las dos escalas contempladas (ciclo diario y estaciones del año) (tabla 15) mientras que la biomasa solo la presentó en el sentido estacional (tabla 16), por el contrario en los sitios de recolecta no hubo desigualdad en ninguno de los atributos. Con el método de comparaciones múltiples, que permite definir cuales parejas de medias son diferentes, se encontró en la estacionalidad que en el otoño se separa tanto errabundancia como en biomasa (tablas 15 y 16). En cuanto a la diferencia significativa al comparar las especies en ambos casos, esto es reflejo de los cambios en el acomodo de la dominancia de las mismas, como se comentó en la parte de la estructura de la comunidad, al igual de otros aspectos como su morfología y conducta.

Tabla 15. Análisis de Varianza para la Abundancia de las especies

Recurso de variacion	Suma de cuadrados	g.l.	Cuad medio	F-radio	F-tablas	Signf. P<0.05
EFECTOS PRINCIPALES						
DÍA y NOCHE	182400.3	1	182400.29	5.437	3.89	0.0207
SITIOS DE RECOLECTA	132981.8	3	44327.27	1.321	2.65	0.2684
ESPECIES	3333136.5	6	555522.76	16.559	2.14	0.0000
ESTACIONES DEL AÑO	1547663.6	3	515887.86	15.377	2.65	0.0000
RESIDUO	7045237.8	210	33548.75 1			
TOTAL (CORREGIDO)	12241420	223				

Análisis de Comparaciones Múltiples para los datos de Abundancia de las especies en cuanto a las estaciones del año

Método: 95% Tukey HSD

Nivel	Conteos	LS Media	Grupos Homogéneos
1. INVIERNO	56	64.32143	X
2. PRIMAVERA	56	88.62500	X
3. VERANO	56	101.33929	X
4. OTOÑO	56	274.25000	X

contraste	diferencia +/- límites	
1 - 2	-24.3036	89.6406
1 - 3	-37.0179	89.6406
1 - 4	-209.929	89.6406 *
2 - 3	-12.7143	89.6406
2 - 4	-185.625	89.6406 *
3 - 4	-172.911	89.6406 *

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 16. Análisis de Varianza para la Biomasa de las especies

Recurso de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuad medio	F-radio	P-tablas	Signf. (P<0.05)
EFFECTOS PRINCIPALES						
DÍA y NOCHE	1.9162E6	1	1916165	1.415	3.89	0.2356
SITIOS DE RECOLECTA	3.1381E6	3	1046024	0.772	2.65	0.5106
ESPECIES	1.1433E8	6	19054963	14.071	2.14	0.0000
ESTACIONES DEL AÑO	1.8179E7	3	6059672	4.475	2.65	0.0045
RESIDUO	2.8438E8	210	1354199.9			
TOTAL (CORREGIDO)	4 219 531 382 23					

Análisis de Comparaciones Múltiples para los datos de Biomasa de las especies en cuanto a las estaciones del año

Método: 95 % Tukey HSD

Nivel	Conteos	LS Media	Grupos Homogéneos
1 INVIERNO	56	219 44821	X
2 : PRIMAVERA	56	356136875	X
3. VERANO	56	692.30714	xx
4. OTOÑO	56	947.08214	X

coatraste	diferencia +/- límites
1 - 2	-136.921 569.519
1 - 3	-472.859 569.519
1 - 4	-727.634 569.519 *
2 - 3	-335.938 569.519
2 - 4	-590.713 569.519 *
3 - 4	-254.775 569.519

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Por lo que respecta a los parámetros físicos y químicos el análisis no destacó la posibilidad de una diferencia significativa en las estaciones del año, sin embargo, hay ciertas tendencias, y como en el caso de los atributos solo varió en el ciclo dial más no en el sentido espacial, lo que nos habla de una homogeneidad de la columna de agua hacia las zonas donde se realizaron los estudios de estas variables (tabla 17).

Tabla 17. Análisis de Varianza para las Variables Ambientales

Recurso de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuad medio	F-radio	F-tabla	Signf. P<0.05)
EFFECTOS PRINCIPALES						
DÍA y NOCHE	1477.2	1	1477.16	25.271	3.87	0.0000
SITIOS DE RECOLECTA	116.1	3	38.69	0.662	2.63	0.5761
ESTACIONES DEL AÑO	104.7	3	34.91	0.597	2.63	0.6172
RESIDUO	17711.211	303	58.452840			
TOTAL (CORREGIDO)	1370426.3	311				

VI.4.2. INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES COMUNITARIAS Y AMBIENTALES

Se realizó el análisis de correlación simple para tratar de identificar las relaciones entre la abundancia y biomasa global de las especies con las diferentes variables ambientales medidas (figura 21 a), lo cual resultó en un valor negativo no significativo con la temperatura de fondo (-0.63) y positivo con la conductividad de fondo (0.60), en el caso de la abundancia. En cuanto a la biomasa se presentó el primer valor significativo en este caso en una forma directa con el pH superficial (0.79) y aunque no es significativo a una probabilidad $p < 0.05$ se relacionó en forma inversa con el oxígeno de fondo (-0.68).

Por época, en el invierno para el día fue directamente proporcional la abundancia con la transparencia (0.83), pero negativo con la conductividad de fondo (-0.92) y se tuvo una relación significativa inversa biomasa-conductividad de superficie (-0.98) y aunque con un valor alto no fue significativa con la transparencia en forma positiva (0.93) (figura 21 b, c). Durante la noche en esta misma época (figura 21 d, e) la abundancia fue inversamente proporcional a la temperatura de superficie (-0.86) y el oxígeno superficial también (-0.83) y en lo que respecta a la biomasa tampoco hubo valores significativos pero si altos con la conductividad de superficie en forma positiva (0.93).

Para la primavera durante el día (figura 22 a, b), se encontró una correlación positiva, no significativa pero alta, de la abundancia con el oxígeno de fondo (0.82) y negativa con la profundidad (-0.84), mientras que si fue significativa con el pH de fondo (0.99), lo cual se repitió con la biomasa (0.95). En cuanto a la noche (figura 22 c, d) se tuvo solo un valor significativo directamente proporcional abundancia-conductividad de fondo (0.99), otra vez concordando con la biomasa (0.93), aunque en esta última no fue significativa.

En el verano la abundancia se relacionó directamente con el oxígeno de superficie (0.89) y a pesar de que sus valores tampoco fueron significativos, la biomasa obtuvo una relación con el oxígeno de fondo (0.84) y la profundidad (0.80) (figura 22 e, f). Para la noche (figura 23 a, b), sí se encontraron valores significativos con la abundancia y profundidad en forma negativa (-0.97) y de igual manera con la temperatura de superficie (-0.98), por su lado la biomasa no encontró una correlación significativa pero si tuvo su analogía directa con el oxígeno de superficie (0.90) y la conductividad de fondo (0.81).

Finalmente, en el otoño durante el día (figura 23 c, d) se presentó la relación no significativa abundancia-transparencia (0.93) y para la biomasa sí fue significativa con el oxígeno de fondo aunque en sentido inverso (-0.99) y por su parte, aunque solo con valores altos no significativos, se relacionó con el oxígeno de superficie (0.87) y la temperatura superficial (0.86) en forma directa. En la noche (figura 23 e, f) solo sobresalió significativamente la afinidad entre la biomasa y el pH superficial como lo comentado para el invierno (0.98).

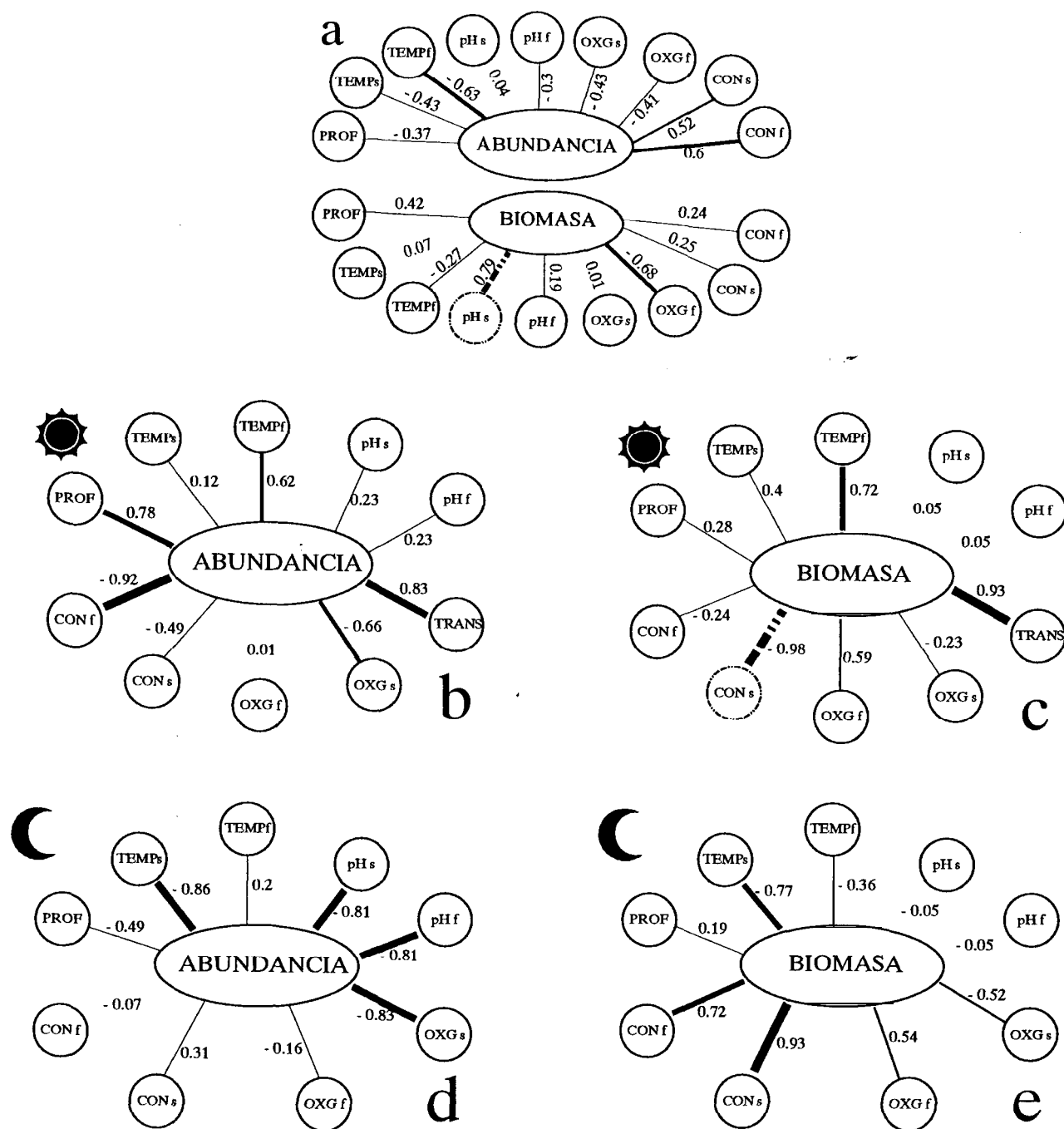


Figura 21. Representación gráfica de la Correlación Lineal Simple entre la abundancia y la biomasa con los parámetros físicos y químicos. La línea quebrada significa una relación estadísticamente significativa. a = datos globales; b = abundancia de invierno - día; c = biomasa de invierno - día; d = abundancia de invierno - noche; e = biomasa de invierno - noche.

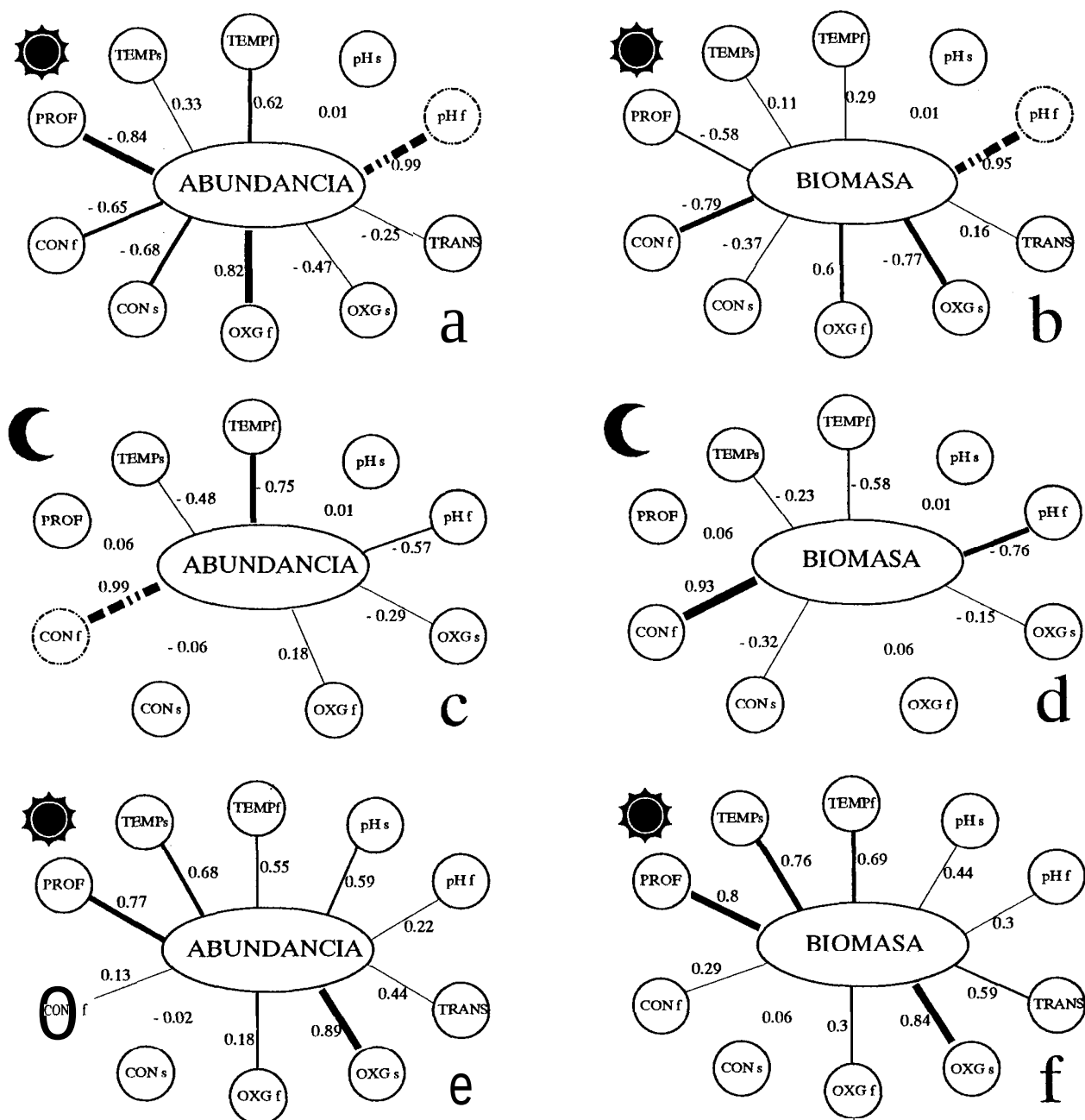


Figura 22. Representación gráfica de la Correlación Lineal Simple entre la abundancia y la biomasa con los parámetros físicos y químicos. La línea quebrada significa una relación estadísticamente significativa. a = abundancia de primavera - día; b = biomasa de primavera - día; c = abundancia de primavera - noche; d = biomasa de primavera - noche; e = abundancia de verano - día; f = biomasa de verano - día

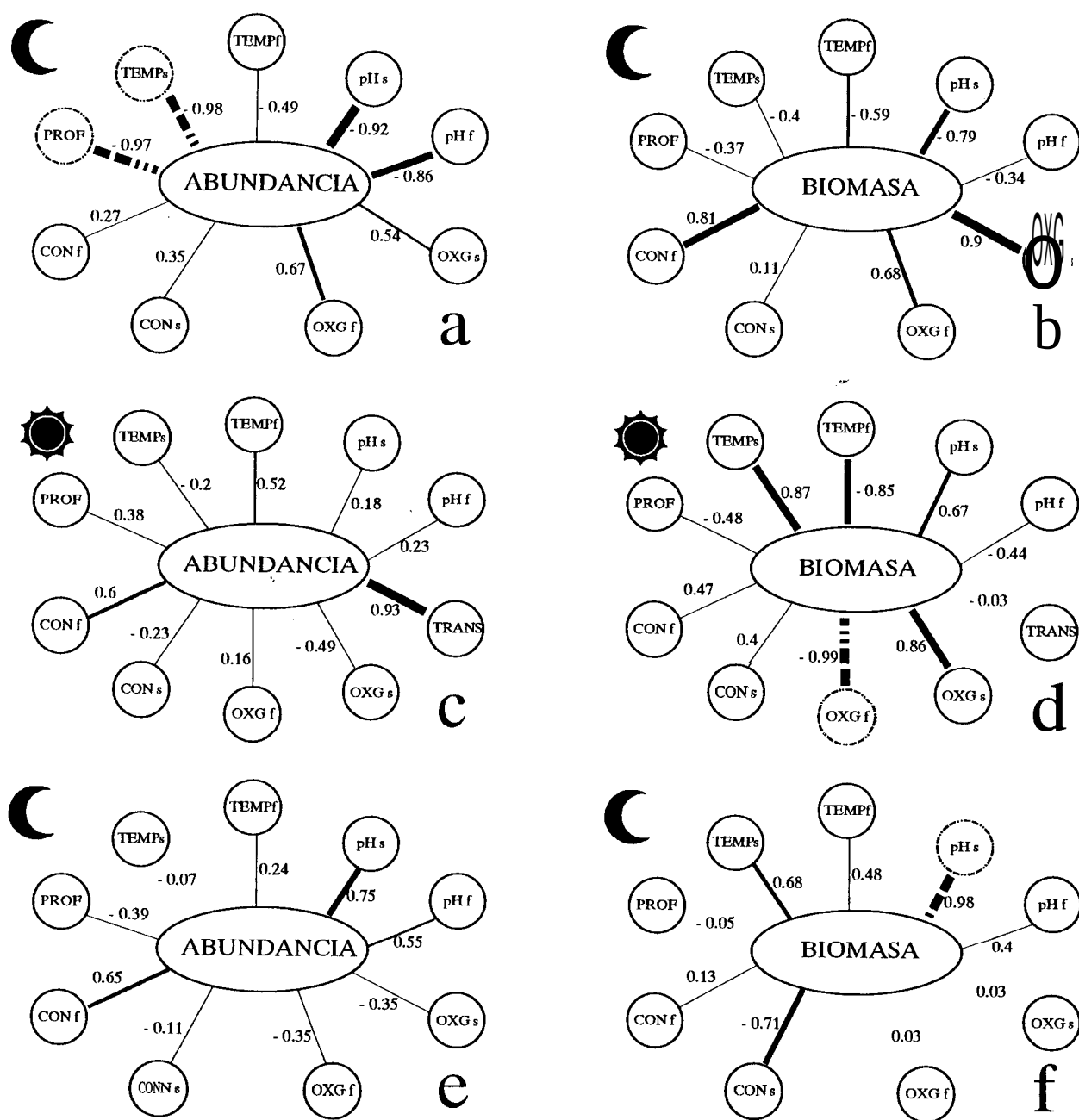


Figura 23. Representación gráfica de la Correlación Lineal Simple entre la abundancia y la biomasa con los parámetros físicos y químicos. La línea quebrada significa una relación estadísticamente significativa. a = abundancia de verano - noche; b = biomasa de verano - noche; c = abundancia de otoño - día; d = biomasa de otoño - día; e = abundancia de otoño - noche; f = biomasa de otoño - noche.

En la aplicación del **Análisis Canónico de Correspondencia (CCA)** para definir las interacciones de las especies, sitios y meses de muestreo con los parámetros ambientales, se hicieron evaluaciones anuales obteniéndose valores significativos en la correlación especies-ambiente tanto en el día como en la noche (tablas 18 y 19 respectivamente). En la interpretación de los ejes para el caso del día, se destaca que el primero está definido por el pH de superficie y fondo y la transparencia en forma positiva mientras que en el segundo por el oxígeno de superficie, la profundidad y temperatura de superficie también positivamente (tabla 18). En cuanto a la noche, se repite el esquema del pH para el eje uno, aunque en forma negativa lo definen la temperatura y el oxígeno de superficie y para el segundo negativamente las conductividades de superficie y fondo (tabla 19).

Tabla 18. Valores de correlación múltiple y coeficientes canónicos para los tres primeros ejes del Análisis Canónico de Correspondencia a partir de los valores de la abundancia de las especies en el día.

	I	II	III
Correlacion múltiple	0,974	0,889	0,934
COEFICIENTES CANÓNICOS			
Profundidad	0,505	0,598	-0,183
Temp sup	-0,438	0,569	0,482
Temp fon	-0,132	0,446	0,513
pH sup	0,776	-0,114	0,035
pH fon	0,716	-0,453	0,037
Transparencia	0,596	-0,276	-0,077
Oxig sup	-0,44	0,75	0,331
Oxig fon	-0,097	0,204	0,337
Cond sup	0,236	0,267	0,275
Cond fon	0,38	0,5	0,35

Este análisis destacó la temporalidad en cuanto a las estaciones del año conformándose grupos por épocas (figuras 24, 25, 26 y 27). El incremento en los valores de temperatura y oxígeno en la primavera y el verano distribuyó a los meses que los representan más cerca de dichos parámetros y el incremento de los valores de pH en otoño establecen la relación más directa con el mes de octubre.

Tabla 19. Valores de correlación múltiple y coeficientes canónicos para los tres primeros ejes del Análisis Canónico de Correspondencia a partir de los valores de la abundancia de las especies en la noche.

	I	II	III
Correlacion múltiple	0,967	0,898	0,807
COEFICIENTES CANÓNICOS			
Profundidad	-0,11	0,532	0
Temp sup	-0,567	0,72	0,315
Temp fon	-0,4	0,132	0,333
pH sup	0,696	0,273	-0,04
pH ron	0,766	-0,154	0,006
Oxig sup	-0,55	0,363	0,458
Oxig Con	-0,065	-0,007	-0,037
Cond sup	0,386	-0,527	-0,746
Coud fon	0,161	-0,794	-0,019

La comparación, considerando la abundancia durante el día (figura 24 y 25), relaciona a aquellas especies con mayor predominio con los parámetros ambientales, los cuales a su vez delimitan las épocas de su máxima representatividad; así *H. calientis* y *Ch. humboldtianum* están proporcionalmente ubicadas en mayo y julio con el oxígeno y temperatura tanto de fondo como de superficie. *G. atripinnis* se acerca más a la conductividad de fondo y profundidad así como la conductividad de superficie similarmente como está en el mes de julio la estación 1. Por su parte *Skiffia* spp, *A. robustus* y *X. variata* son afines al pH de superficie y de fondo y la transparencia al igual que el mes de octubre lo hace en los cuatro sitios de muestreo. *H. turneri* y *Z. quitzeoensis* no presentan aparentemente mucha relación con las variables ambientales y su localización es afín a los meses de invierno. Adicionalmente, para este momento del ciclo circadiano, las especies ocasionales (*P. infans*, *Ct. idella* y *A. dugesii*) también se relacionan al igual que el mes de octubre con los valores de pH.

La abundancia durante la noche, revela una relación de las especies dominantes como *H. calientis* con el oxígeno de fondo y *G. atripinnis* con la profundidad. Por otra parte ambas especies y *Ch. humboldtianum*, se aíslan espacialmente en el eje de las correspondencias de las épocas y los sitios de muestreo. Para este período del ciclo dial,

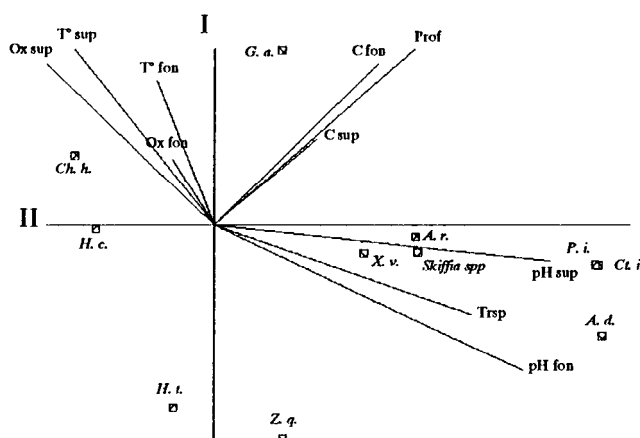


Figura 24. Distribución de las especies de peces en la laguna de Zacapu con respecto a los parámetros ambientales a partir del Análisis Canónico de Correspondencias de acuerdo a los valores de abundancia durante el día. Las iniciales de las especies son: G. a. = *G. atripinnis*, Ch. h. = *Ch. humboldtianum*, H. c. = *H. calientis*, X. v. = *X. variata*, A. r. = *A. robustus*, P. i. = *P. infans*, Ct. d. = *Ct. idella*, A. d. = *A. dugesii*, H. t. = *H. turneri*, Z. q. = *Z. quitzeoensis*. Las iniciales de los parámetros son: T° sup = temperatura de superficie, T° fon = temperatura de fondo, Ox sup = oxígeno de superficie, Ox fon = oxígeno de fondo, C sup = conductividad de superficie, C fon = conductividad de fondo, Prof = profundidad, pH sup = pH de superficie, pH fon = pH de fondo, Trsp = transparencia.

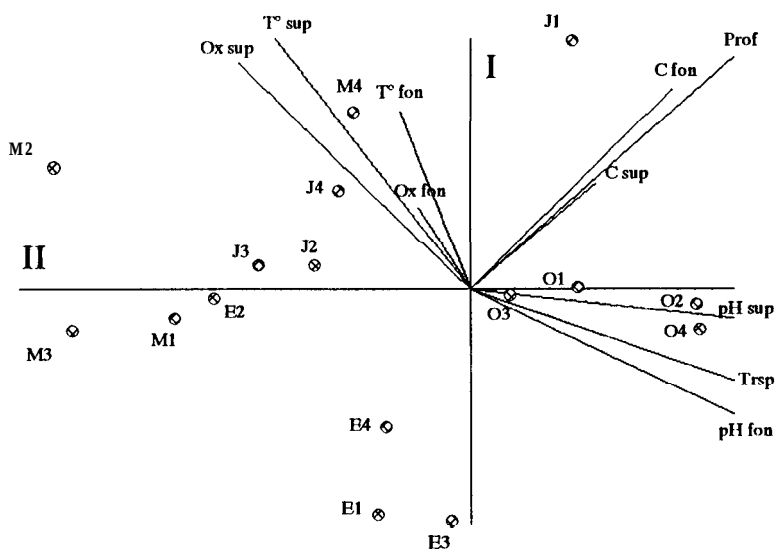


Figura 25. Distribución de los sitios y meses de muestreo en la laguna de Zacapu con respecto a los parámetros ambientales a partir del Análisis Canónico de Correspondencias de acuerdo a los valores de abundancia de las especies durante el día. Las iniciales de los meses y los sitios son: E1 = enero estación 1, M = mayo, J = julio y O = octubre. Para la explicación de las iniciales de los parámetros ver la leyenda de la figura 24.

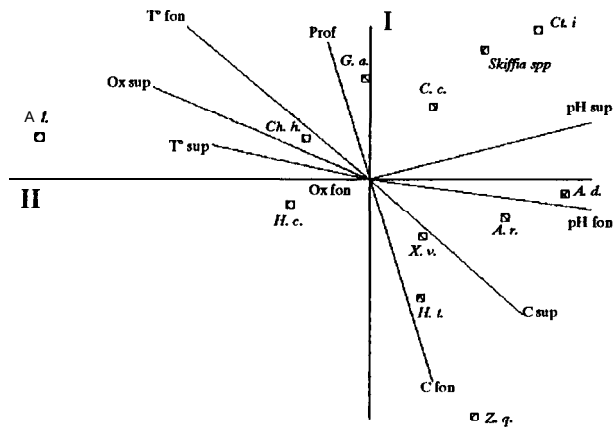


Figura 26. Distribución de las especies de peces en la laguna de Zacapu con respecto a los parámetros ambientales a partir del Análisis Canónico de Correspondencias de acuerdo a los valores de abundancia durante la noche. Las iniciales de las especies son: A. l. = *Algansea lacustris*, C. c. = *C. Carpio*. Para una explicación de las iniciales del resto de las especies y los parámetros ver la leyenda de la figura 24.

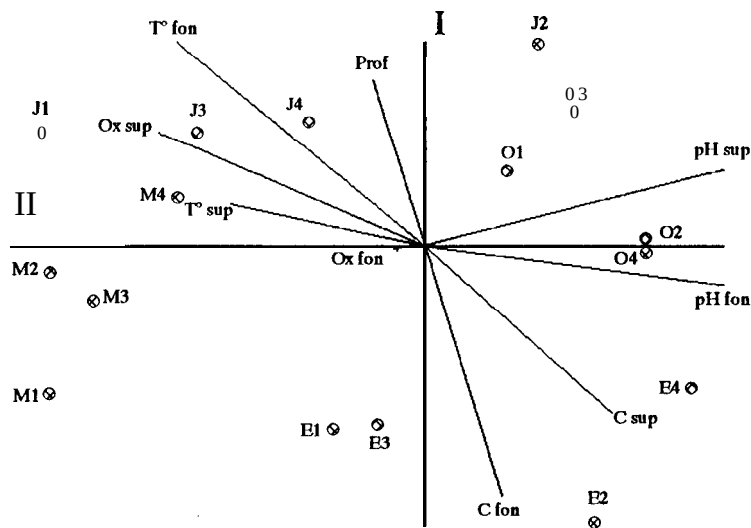


Figura 27. Distribución de los meses y sitios de muestreo en la laguna de Zacapu con respecto a los parámetros ambientales a partir del Análisis Canónico de Correspondencias de acuerdo a los valores de abundancia de las especies durante la noche. Para una explicación de las iniciales de los meses y los sitios y los parámetros ambientales ver la leyenda de la figura 25.

Skiffia spp se agrupa con los ciprínidos introducidos *C. carpio* y *Ct. idella* cerca al pH de superficie, lo cual es proporcional a la localización de los sitios uno y tres en octubre y dos en julio. Por su parte *A. robustus* y *X. variata* mantienen la posición aproximada que en el análisis diurno, aunque el segundo se tiende a relacionar con la conductividad de superficie. *H. turneri* y *Z. quitzeoensis* permanecen afines lo mismo que las localidades en invierno, sin embargo en este caso se relacionan con la conductividad. No se presentan algunas especies reportadas en el día pero se encuentran otras como *A. lacustris* relacionada con el oxígeno de superficie y la temperatura de superficie próxima al sitio uno en julio. Las especies ocasionales tienden más a estrechar su relación con las variables abióticas como *A. dugesii* que además se acerca al acomodo de la estación cuatro del mes de octubre.

VIS. HÁBITOS ALIMENTARIOS

La alimentación es una de las funciones más importantes de un organismos, ya que el crecimiento, desarrollo, reproducción toman lugar a expensas de la energía que incorporan en forma de alimento. Los peces difieren considerablemente en las características del alimento que consumen, por lo tanto, la selectividad por la presa y la amplitud de la dieta, son dos aspectos que permiten comprender su comportamiento alimentario (Nikolsky, 1963).

VI.5.1. ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

Siguiendo el patrón de dominancia de las especies en la laguna tenemos que *Hybopsis calientis* ocupa el primer lugar y los hábitos alimentarios refuerzan en parte esto, ya que no tiene artículos individuales preferenciales (figura 28) y varios caen en la categoría de secundarios como son al desglosar los microcrustáceos, encabezado por los cladóceros, en los que predominan *Bosmina longirostris* y los copépodos con las especies *Mesocyclops edax* y *Acanthocyclops vernalis*, el anfípodo *Hyalella azteca* y el detritus. Este espectro es también reflejo de cambios en la dieta conforme aumenta la talla, alimentándose al principio preferencialmente hacia la superficie y luego dirigiéndose al perifiton, a este respecto, es particularmente notorio la substitución de *B. longirostris* por el copépodo *M. edax* conforme aumentan de tamaño los individuos de esta especie.

En el sentido temporal, es notorio que la alimentación se realiza solo a lo largo del día, puesto que durante la noche se encontraron la mayoría de los ejemplares con estómagos vacíos. Al comparar los resultados del invierno y la primavera no se encontró una diferencia notable, ya que agrupando los artículos en microcrustáceos fue la manera de que ocuparan el sitio de los preferenciales y el detritus se mantuvo uniforme como artículo secundario. Solo se detecta entre estas dos épocas un cambio en el consumo de *Hyalella azteca* por los insectos dípteros chironómidos. Al revisar la gráfica correspondiente a julio (figura 29) es notoria la substitución de los microcrustáceos por el detritus ante todo por la presencia de adultos que continúan el ciclo reproductivo. Otros alimentos característicos son la mayor presencia de pupas de chironómidos y en algunos individuos el consumo de huevos de *Chirostoma humboldtianum*. En la misma figura el otoño muestra de nueva cuenta un cambio radical al presentar dos artículos preferenciales como son los copépodos, ciertamente relacionado con las tallas presentes del *H. calientis* y el detritus que incrementa su presencia conforme se desarrolla el ciclo anual de las macrofitas sumergidas.

Cabe agregar la presencia de un mayor número de estómagos vacíos o con un bajo porcentaje de llenado en mayo, cuya consecuencia puede estar relacionada al evento reproductivo; además, se tienen reportes de esta característica en otras especies de géneros emparentados (*Notropis rubellus* en Pfeiffer, 1955).

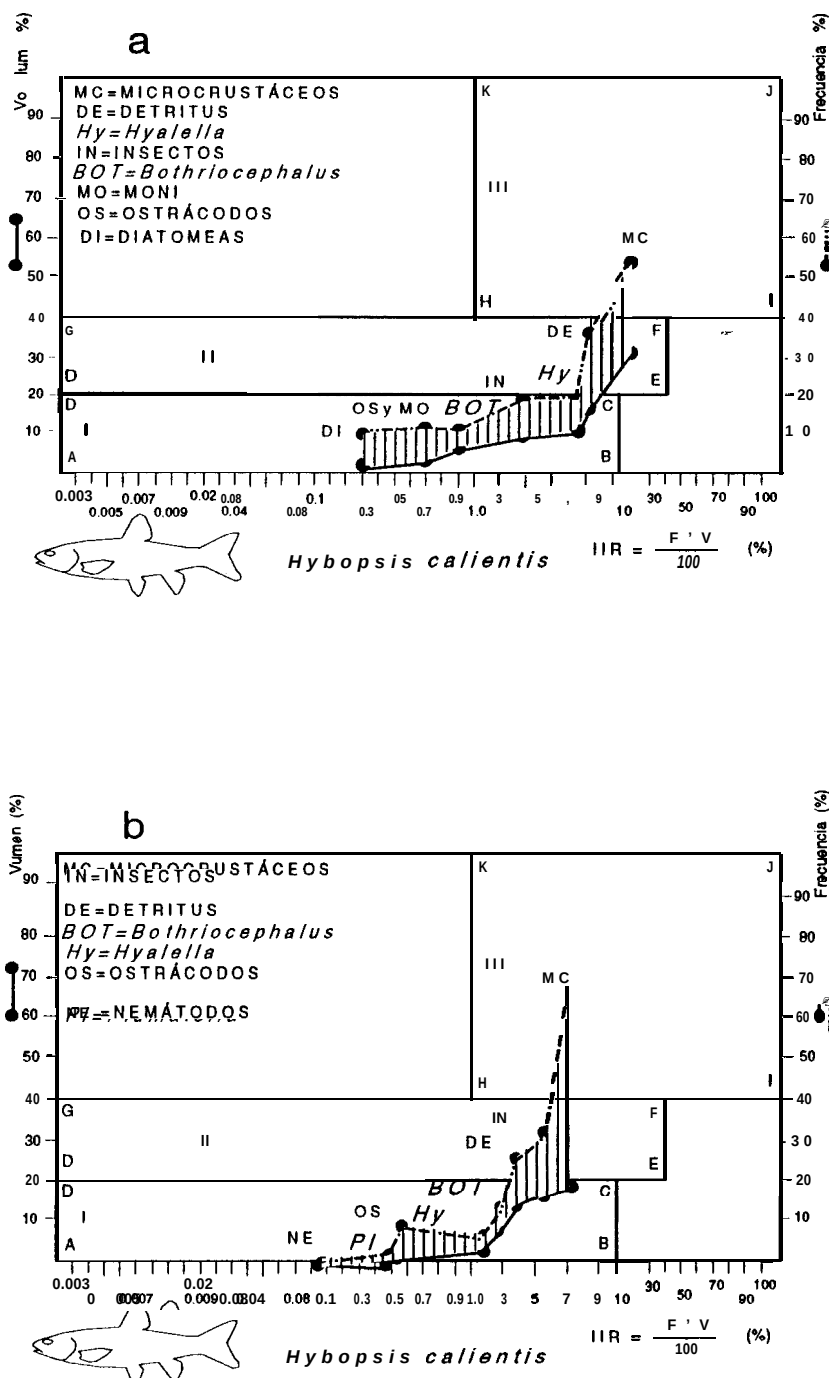


Figura 28. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *H. calientis* durante el invierno (a) (enero 1995) y la primavera (b) (mayo 1995).

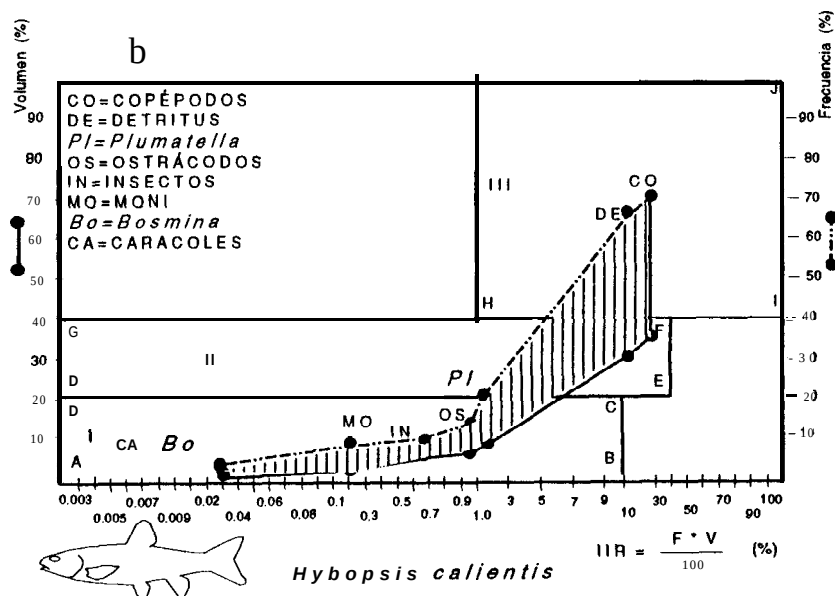
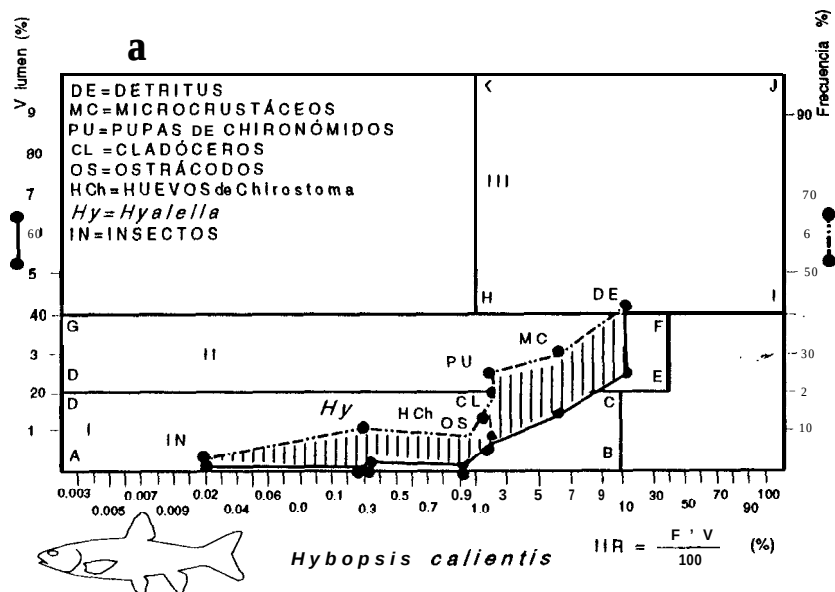


Figura 29. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *H. calientis* durante el verano (a) (julio 1995) y el otoño (b) (octubre 1995).

Hubbsina turneri (figura 30) basa su alimentación fundamentalmente en microcrustáceos, detritus, el anfípodo *Hyalella azteca* y otros insectos lo cual corresponde por lo tanto a una especie predominantemente carnívora perifitófaga-epibentófaga. Dentro de los microcrustáceos, los copépodos ciclopoideos fueron los que más se encontraron, éstos como se comentará más adelante presentan una distribución amplia en el medio, lo que justifica de alguna forma su consumo por esta especie y por *H. calientis*. En segundo término los cladóceros conformaron otro artículo preferencial, sin embargo a diferencia del que se determinó en *H. calientis* (*Bosmina longirostris*) se identificaron los géneros *Simocephalus* y *Pleuroxus* pertenecientes a los Chidóridos los cuales se encuentran en biotopos ricos en macrofitas y sedimentos con gran cantidad de materia orgánica.

Partiendo de los datos obtenidos del llenado gástrico y el grado de digestión se puede decir que este pez se alimenta en forma continua durante el día en el ciclo circadiano. En cuanto a las diferentes épocas si bien no hay un cambio contundente de los artículos alimenticios para el invierno los cladóceros predominaron, viéndose sustituido en la primavera por los ostrácodos que son organismos típicos en las macrofitas y el bentos. En lo que respecta a la variación ontogénica hay un incremento de presas más grandes conforme aumenta la talla de los peces directamente relacionada a la capacidad de captura de los individuos. Otra característica que involucra a todos los goodeidos y repercute en su alimentación es el dimorfismo sexual debido a que las hembras alcanzan tallas mayores que los machos y por lo tanto las primeras se alimentan de presas como *Hyalella azteca* además de larvas de insectos y los machos muestran preferencia por los microcrustáceos.

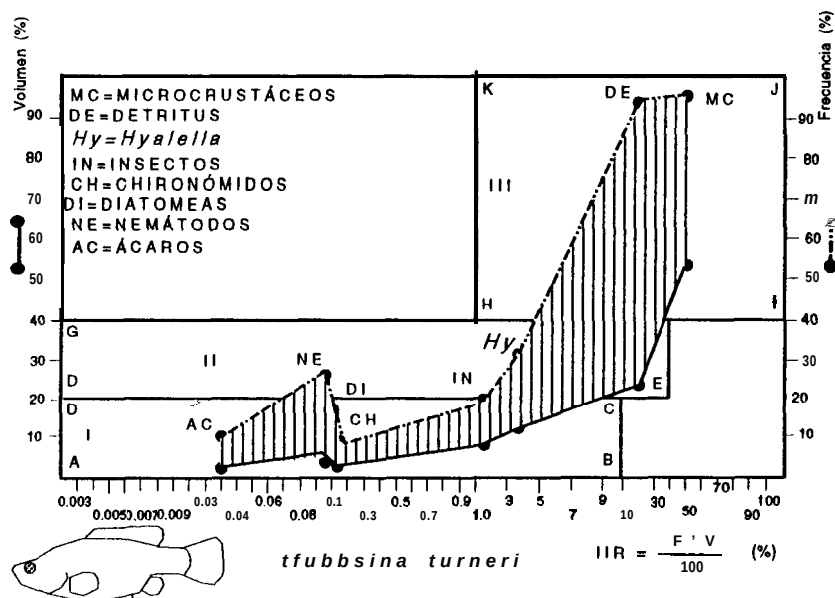


Figura 30. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios en *H. turneri* durante un ciclo anual (tomado de Moncayo, 1993).

Chirostoma humboldtianum, como se puede observar en el diagrama trófico (figura, 31 y 32), consume organismos del zooplancton (copépodos y cladóceros) además del perifiton (anfípodos, chironómidos y otros insectos). A pesar de que se encuentra una tendencia de una comunidad hacia otra, no se deja de tener consumo de organismos del zooplancton y particularmente de ***Bosmina longirostris***, lo que la diferencia del ***H. calientis***.

En el sentido temporal, y más particularmente al ciclo diario, su alimentación se realiza principalmente en el día puesto que realiza captura visual de los organismos del plancton (Babour, 1973), y en un análisis más detallado es cuando amanece y anochece que se incrementa esta actividad en relación al movimiento vertical de la comunidad antes mencionada. En los diferentes meses recolectados se puede observar la gran predilección por los copépodos y un descenso gradual en la cantidad del cladóceros ***Bosmina longirostris***, pasando de ser preferencial en invierno, hasta llegar al cuadrante de los secundarios en otoño. Algo similar a lo anterior se presenta con el anfípodo ***Hyaella azteca*** entre las épocas de invierno y primavera, descendiendo de los artículos preferenciales hasta el cuadrante de los esporádicos en esta última, sin embargo, en el otoño sube a los secundarios, lo que responde a las diferentes tallas capturadas a lo largo del año. El otro cladóceros **plactónico (*Daphnia*)** se mantuvo constante y por su parte los chironómidos y las pupas de estos mismo organismos tendieron a incrementarse. El que se encontraran peces como artículos alimenticios en el otoño responde a la captura de individuos grandes (hasta 20 cm LT) de ***Ch. humboldtianum*** y la buena representatividad de sus juveniles que son sobre los que se alimentan, canibalismo patente desde el verano.

Xenotoca variata se presenta en la laguna como un omnívoro con franca tendencia a la carnivoría puesto que en orden de importancia consumió al anfípodo ***Hyaella azteca***, insectos chironómidos y copépodos ciclopoideos, mientras que las algas pasan a ser secundarias. Se observa un cambio de ***H. azteca*** como artículo preferencial en enero a los chironómidos para mayo (figura 33) hasta los copépodos en octubre (figura 34), dependiendo entonces de las presas de mayor abundancia en las diferentes épocas para su alimentación, además de la gran cantidad de organismos en el cuadrante de selección secundaria como los ostrácodos, caracoles y ácaros. Con todo lo anterior, partiendo de la alimentación, se pudiera poner a esta especie como candidata a tener la mayor dominancia dentro de la comunidad **íctica**, sin embargo, el aspecto determinante que no lo permite probablemente sea la temporalidad en su alimentación, es decir, que solo se encontraron estómagos llenos durante la noche.

Se encuentran algas clorofíceas relacionadas con algunas macrofitas en volumen alto aunque con una frecuencia baja durante julio, debido a su forma de alimentación por medio del ramoneo. Una vez más como en otras especies se tiene la incorporación de detritus en verano y otoño a un nivel secundario. También en el otoño llegan los ostrácodos y los copépodos a ocupar el sitio de preferentes sobre todos los demás artículos. La causa probable de esto es por la gran cantidad de peces juveniles de ***X. variata*** capturados, lo que al mismo tiempo provoca que tanto la ***H. azteca*** como los chironómidos pasen a ser esporádicos, en vista de que son el alimento preferencial de los adultos.

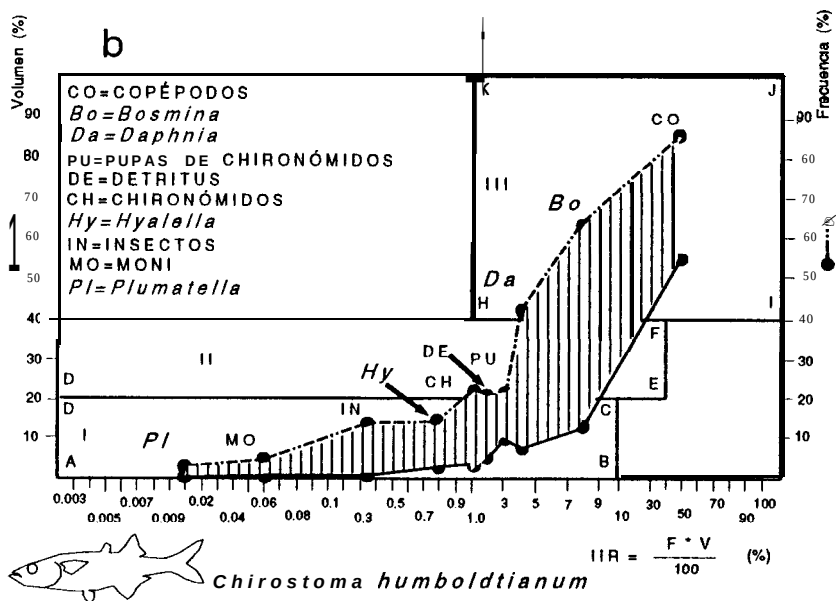
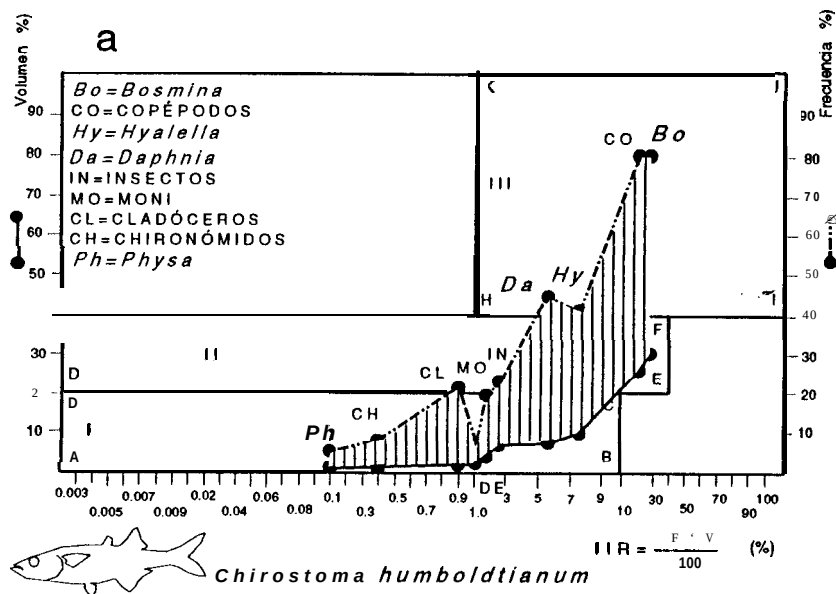


Figura 31. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *Ch. humboldtianum* durante el invierno (a) (enero 1995) y la primavera (b) (mayo 1995).

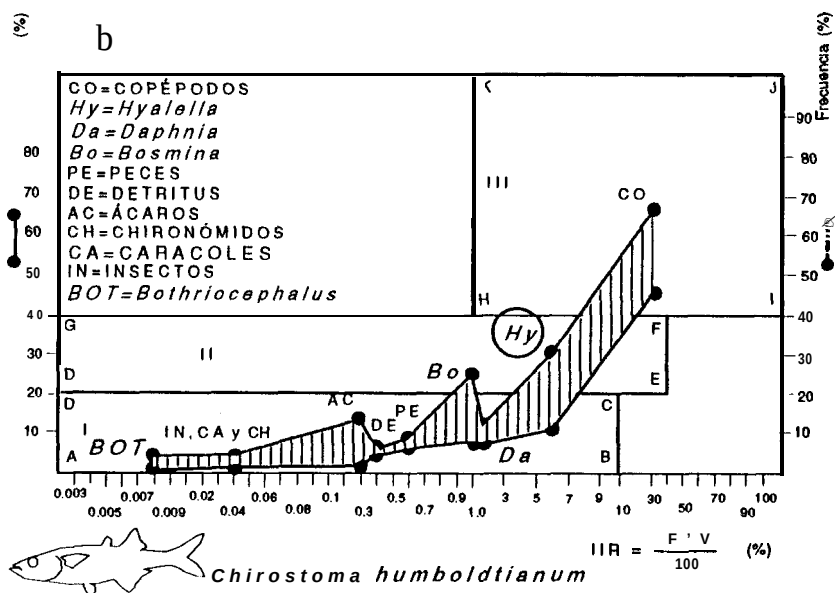
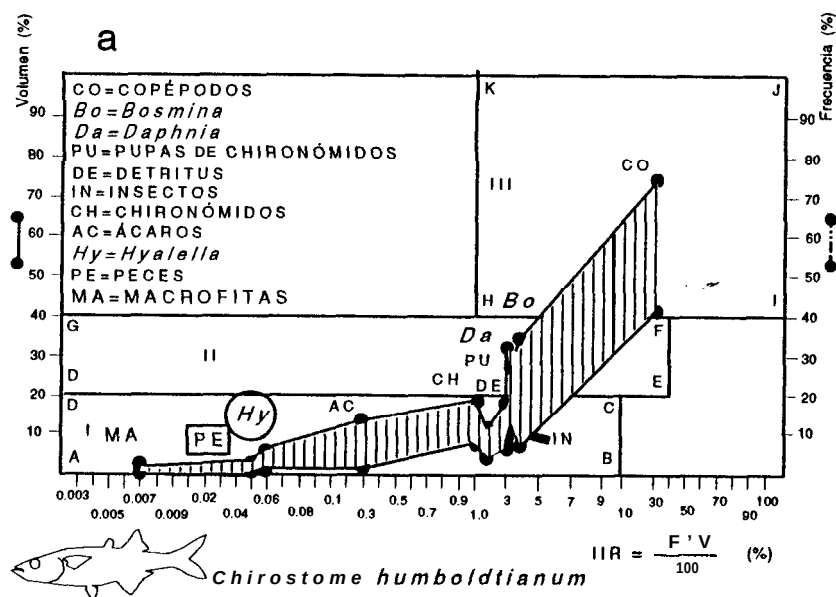


Figura 32. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *Ch. humboldtianum* durante el verano (a) (julio 1995) y el otoño (b) (octubre 1995).

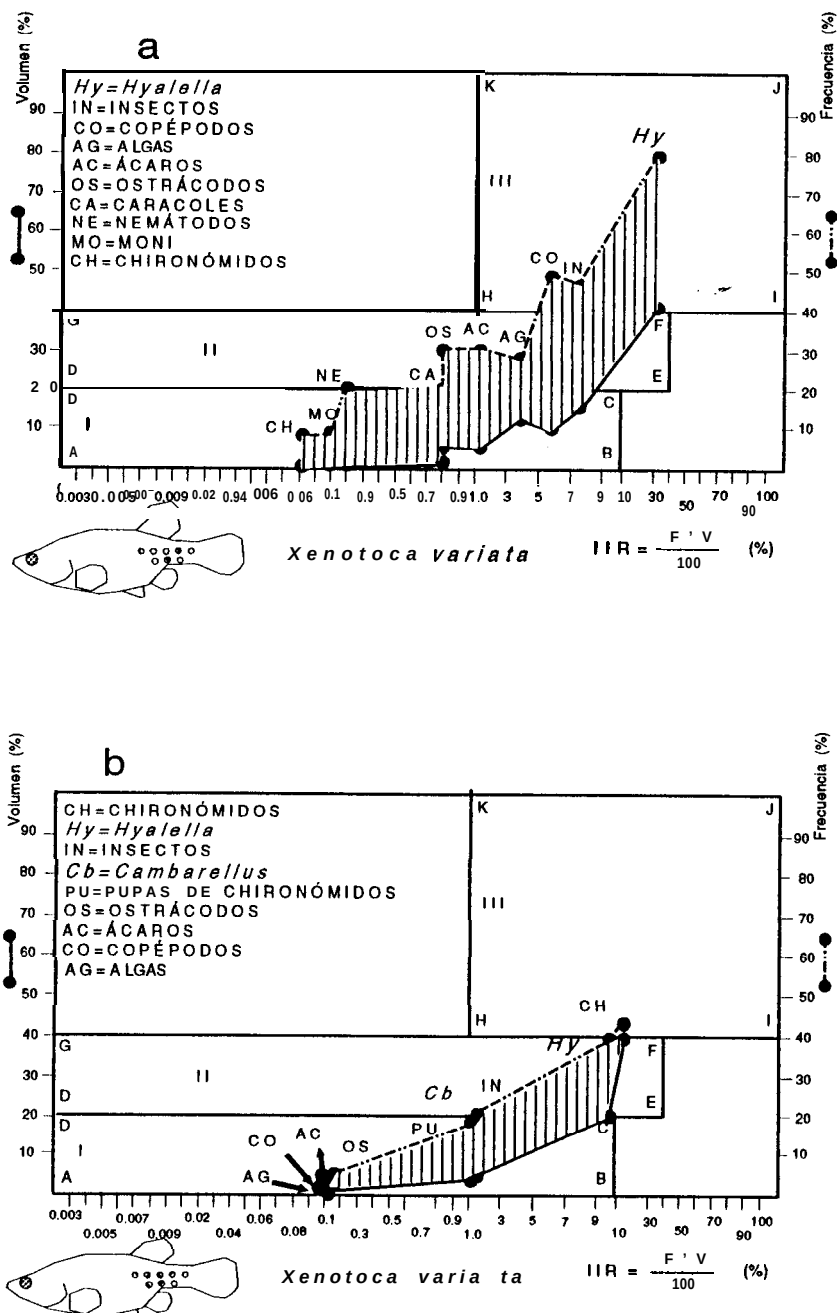


Figura 33. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *X. variata* durante el invierno (a) (enero 1995) y la primavera (b) (mayo 1995).

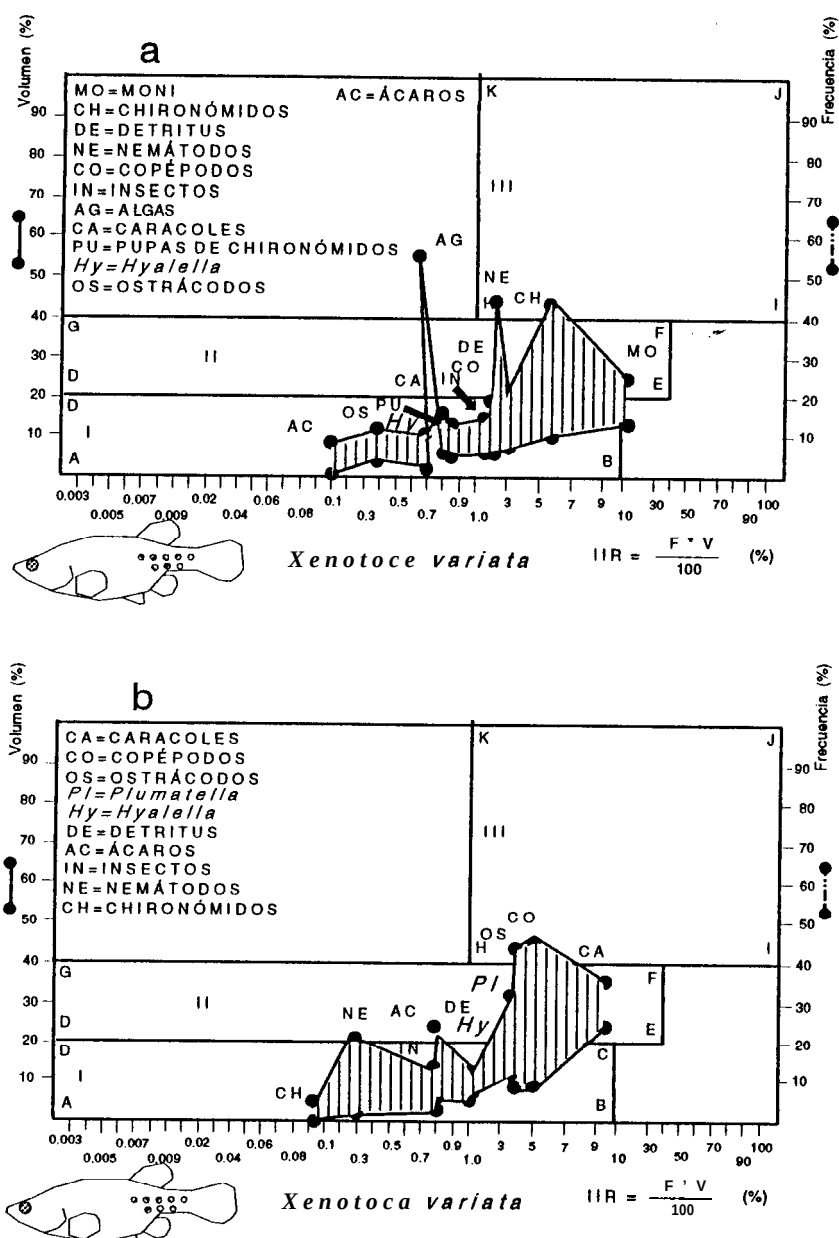


Figura 34. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *X. variata* durante el verano (a) (julio 1995) y el otoño (b) (octubre 1995).

Goodeu atripinnis es un omnívoro detritívoro con una cierta tendencia a herbívoro, ya que como se puede apreciar en el diagrama trófico (figura 35 y 36) en los artículos preferenciales sobresale el detritus, microcrustáceos y diatomeas y en el secundario los microcrustáceos, las algas y el anfípodo ***Hyaella azteca***. Cabe destacar la presencia del cladócono ***Bosmina longirostris*** que se encontró en las tallas más grandes de este goodeido en donde se tiene una clara tendencia al ramoneo (observación de campo).

En el sentido temporal, durante el día y la noche se encontraron la mayoría de los estómagos llenos. Sin embargo, por la diferenciación en cuanto a tallas y la presencia del cladócono ***Bosmina longirostris*** se observa un cierto cambio en la dieta sin dejar de predominar el detritus. Por época del año se tiene la misma preferencia, aunque cambia notoriamente la abundancia de varios artículos, lo cual puede responder por un lado al sentido conductual de esta especie en su preparación para la reproducción y por el otro, a los ciclos biológicos de las presa. Ejemplificando lo anterior tenemos a ***B. longirostris***, que si bien fue preferencial en el invierno y primavera (figura 35) literalmente desapareció en el verano y otoño (figura 36). Algo sobresaliente en el diagrama de verano, es que tan solo el detritus es el preferencial y todos los demás artículos son esporádicos, lo cual puede estar relacionado con la actividad reproductiva y la mayor accesibilidad de este alimento.

Skiffia spp es omnívora, con tendencia a herbívora, con una gran preferencia al detritus vegetal y las diatomeas del perifiton y bentos (figura 37) donde se reconocieron géneros tales como ***Cymbella***, ***Fragillaria***, ***Synedra*** entre otras, que son los dominantes (Metcalf, 1992). Dentro de sus hábitos alimentarios anteriormente señalados, no es de extrañar la presencia de los copépodos ciclopoideos, los nemátodos como organismos de vida libre y cladóconos chidóridos además de ***Bosmina longirostris***, elementos todos ellos asociados al perifiton vegetal.

Zoogoneticus quitzeoensis se presentó como un carnívoro consumidor de organismos del perifiton y bentos tal es el caso del anfípodo ***Hyaella azteca***, insectos, ostrácodos y el detritus (figura 38).

En las diferentes tallas esta especie consume de manera muy similar todos los artículos lo que la circunscribe en cierta medida a un hábitat particular para su alimentación y resulta igual según los autores en otros cuerpos de agua (Duarte, 1981; Zubietta, 1985). Su alimentación es primariamente durante el día, ya que en la noche gran parte de los estómagos están vacíos. Para las diferentes épocas del año al igual que en el caso de ***Skiffia*** spp no se obtuvo una muestra representativa.

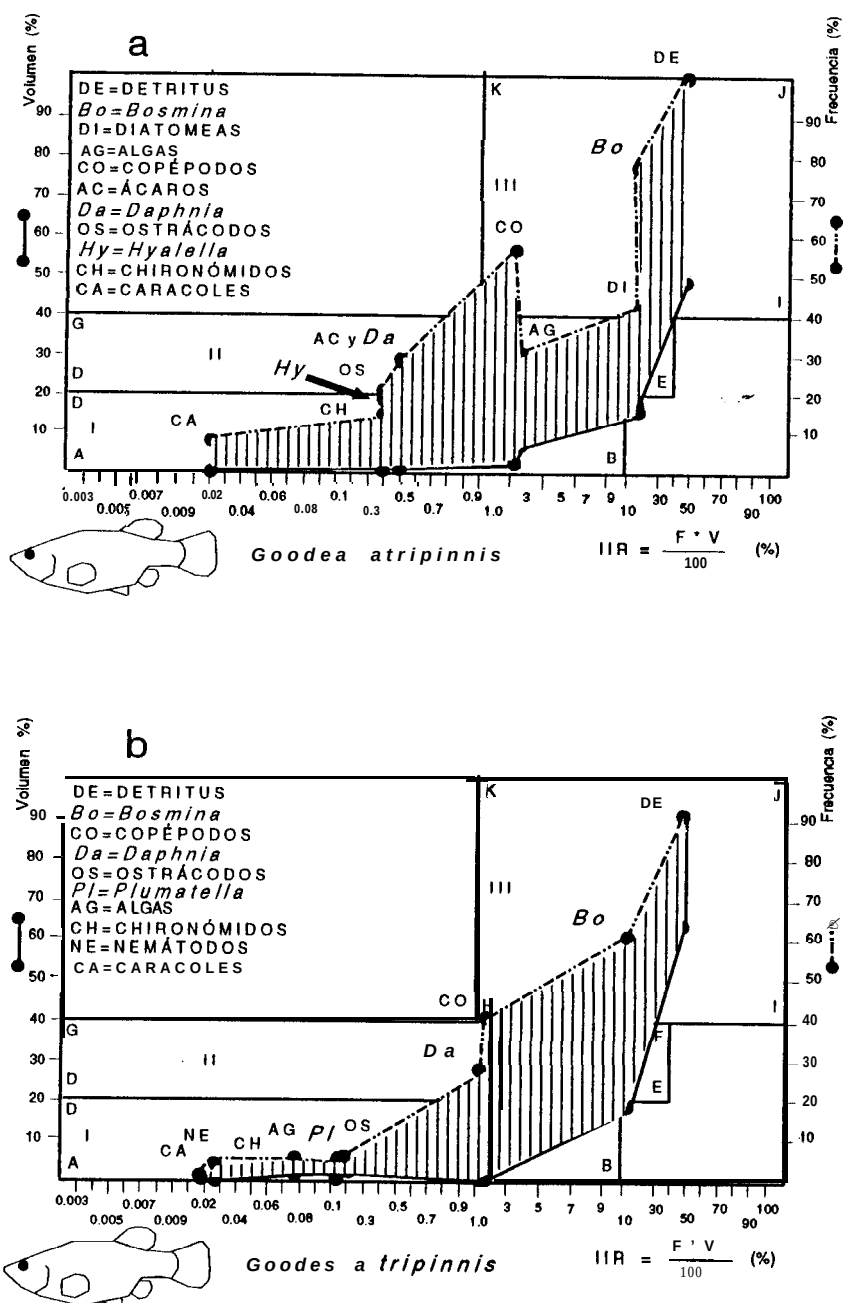


Figura 35. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *G. atripinnis* durante el invierno (a) (enero 1995) y la primavera (b) (mayo 1995).

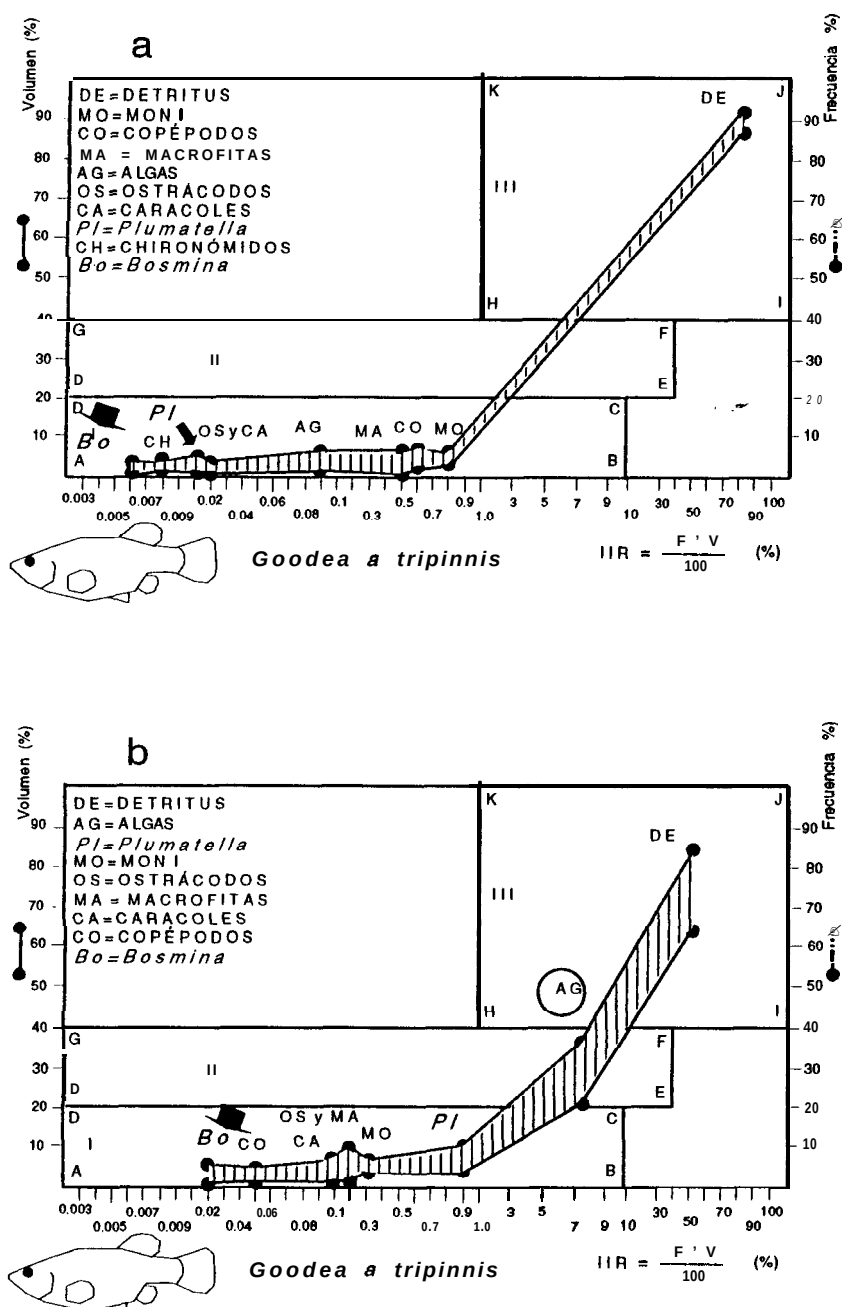


Figura 36. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *G. atripinnis* durante el verano (**a**) (julio 1995) y el otoño (**b**) (otoño 1995).

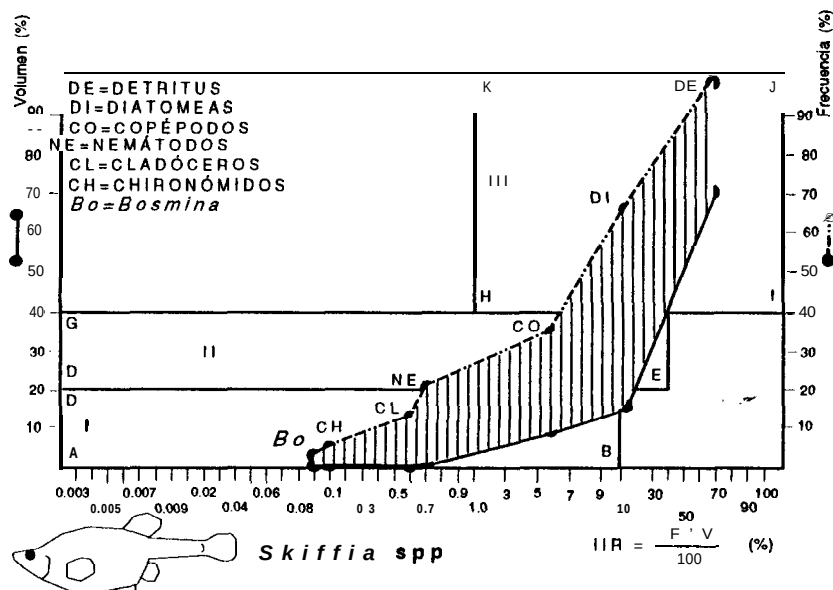


Figura 37. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *Skiffia* spp durante el ciclo anual.

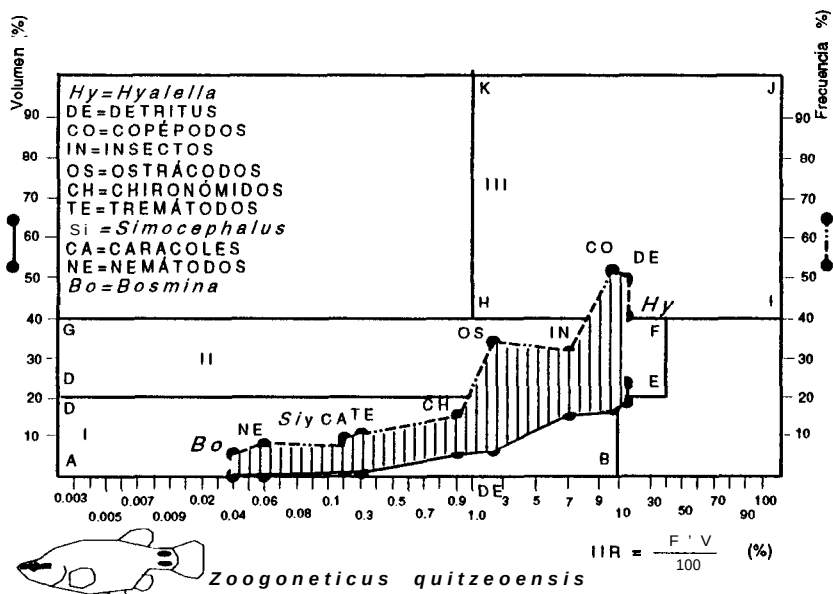


Figura 38. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *Z. quitzeoensis* durante el invierno (enero 1995).

Cyprinus carpio: la cantidad de individuos revisados de esta especie fue poca debido a que su captura se basó principalmente en las redes agalleras. La carpa que se considera como omnívora, cuenta en la laguna de Zacapu con una tendencia preferente hacia la

carnivoría alimentándose principalmente de caracoles (*Helisoma* y *Valvata*) (figura 39). También, incluye en su dieta a varios organismos del perifiton y bentos como insectos, ostrácodos, cladóceros chidóridos, la almejas *Sphaerium*. Se tienen a los copépodos en un término secundario debido a la captura de organismos juveniles recién introducidos de la carpa (SECRETARÍA DE PESCA, Delegación Federal de Pesca en el Estado de Michoacán, Departamento de Acuacultura, Recibo de Especies No. 003, octubre, 1995), en los cuales además se presentó el parásito *Bothriocephalus* y como artículos alimenticios ocasionales a las algas clorofíceas.

Su alimentación no presenta una determinada preferencia en el ciclo diario al encontrarse en los organismos que se examinaron los tractos llenos, sin embargo, algunos autores la circunscriben en el día (Téllez, 1976).

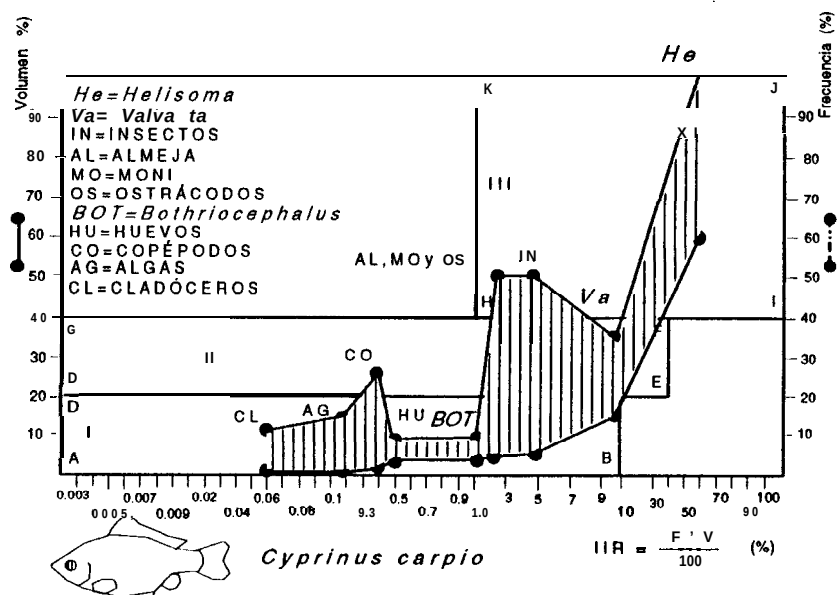


Figura 39. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *C. carpio* durante el ciclo anual.

Ctenopharingodon idella: en esta especie se examinaron individuos de tamaño chico (9 cm promedio de LT) y en un número reducido de ejemplares, debido a su reciente introducción a la laguna en el mes de octubre (SEMARNAP, Delegación Federal en el Estado de Michoacán, Oficio ATB/280/0698, agosto, 1995). Su alimentación en esta etapa de su ciclo de vida (figura 40) es muy estrecha, caracterizándose como ramoneador y raspador de los organismos unidos a las macrofitas sumergidas, como es el briozoario *Plumatella* y el consumo de las propias macrofitas principalmente del género *Potamogeton* muy característico de la laguna. El detritus estuvo representado directamente relacionado con esta conducta alimentaria y por la época, ya que se encuentra en cantidades importante al decaer la vegetación acuática.

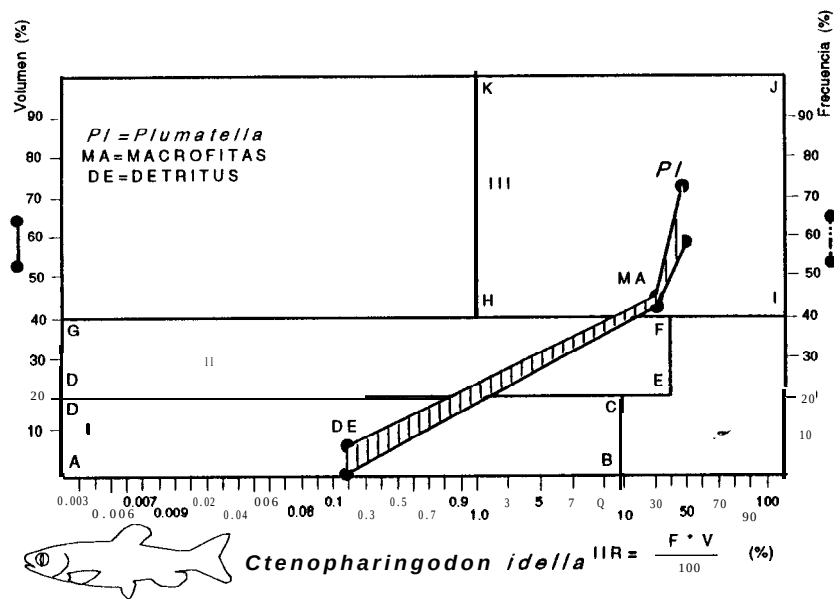


Figura 40. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *Ct.idella* durante el otoño.

Alloophorus robustus: este organismo es un carnívoro estricto alimentándose preferentemente de caracoles (*Helisoma*), el anfípodo *Hyalella* y ácaros (figura 41). En tallas chicas consume copépodos y cuando es adulto y de gran tamaño se alimenta de peces entre los cuales por orden de importancia se encuentran *Skiffia* spp, *Z. quitzeoensis* y *H. tumeri*, esto ocurre principalmente en el otoño cuando hay juveniles del *A. robustus* y también los juveniles de los otros goodeidos. Su alimento lo obtiene durante la noche cuando se acerca a la orilla para capturar a sus presas.

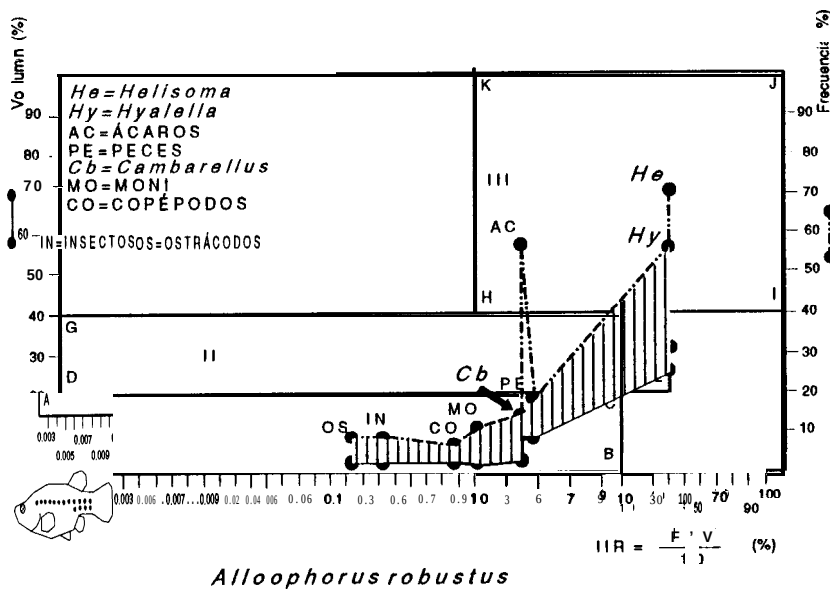


Figura 41. Diagrama trófico combinado de los artículos alimenticios para *A. robustus* durante el ciclo anual.

VI.5.2. REPARTICIÓN DEL NICHOS ALIMENTARIO

A partir de la identificación y estimación del volumen de los diferentes artículos alimenticios consumidos por las distintas especies de la laguna y las muestras obtenidas de las comunidades del zooplancton, perifiton y bentos, se realizó un esquema (figura 42) que señala la procedencia del alimento y la ubicación espacial de los peces en la columna de agua.

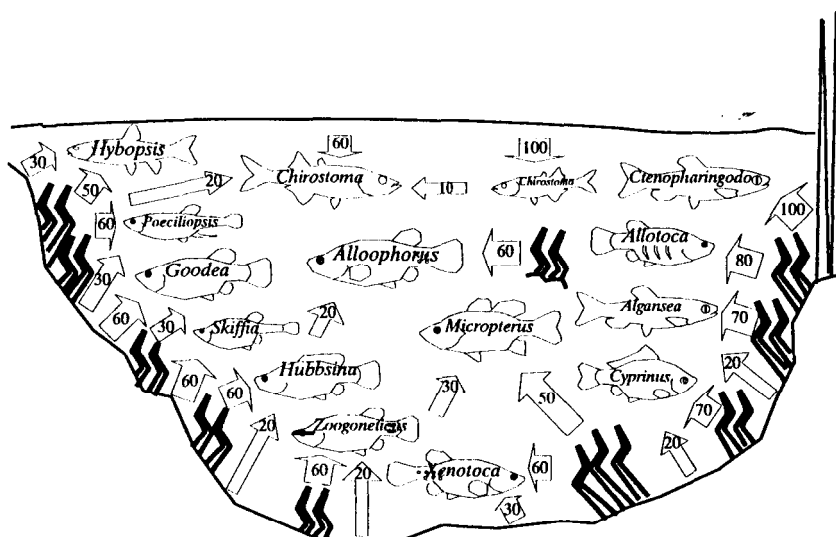


Figura 42. Zonas y relaciones alimentarias de la laguna de Zacapu. El número representa el porcentaje de la dieta por volumen de los artículos alimenticios más importantes para cada especie. Las mayores categorías alimentarias son el perifiton, el bentos, el zooplancton y los peces.

Tanto *H. calientis* como *Ch. humboldtianum* son de las especies más superficiales, aunque la primera se encuentra principalmente en la zona litoral alimentándose más sobre el perifiton con microcrustáceos, detritus e insectos y la segunda en la limnética, por su consumo preferencial del zooplancton. *A. dugesii* y *P. infans* por sus dietas según los estudios en otros lugares (Duarte, 1981; Zubietta, 1985), ocupan una posición similar en la columna de agua, obteniendo de la vegetación acuática y las raíces de sauce sumergidas un mayor porcentaje de alimento a partir del perifiton animal, la primera, y del perifiton vegetal la segunda. Otras especies cercanas a las orillas y que obtienen a través del ramoneo aproximadamente el 80% del volumen de su alimento del perifiton y el bentos son *G. atripinnis* y *Skiffia* spp, consumiendo agregado detrital, algas y los animales asociados a estas últimas.

H. turneri como perifitófaga-epibentófaga, captura el 60% del volumen de sus presas a partir de organismos del perifiton, principalmente cladóceros y más del 20% del epibentos. Algo similar se presenta en *Z. quitzeoensis*, en lo que respecta al porcentaje de alimentación

sobre el perifiton, pero cambia la preferencia por sus presas y los anfípodos e insectos sobresalen. *A. robustus* es una especie que se distribuye a la largo de la columna de agua con tendencia hacia el fondo, presentando un importante consumo de caracoles y hacia la parte superficial alimentándose de otros peces. *M. salmoides* se distribuye más en la orilla consumiendo organismos del perifiton y peces. *X. variata* reparte en un 60% y 30% su captura de presas en el perifiton y el bentos y predominan los anfípodos, chironómidos, insectos y copépodos.

Entre las especies introducidas, *Ct. idella* se alimenta de las macrofitas y particularmente del briozoario *Plumatella*; la carpa (*C. carpio*) junto con *A. lacustris* obtienen el 70% del volumen de su alimento a partir de los organismos del perifiton como copépodos, caracoles, ostrácodos e insectos.

VI.5.2.1. AMPLITUD DE NICHOS ALIMENTARIO

En el análisis de la amplitud de nicho estandarizado para el ciclo anual comparando todas las especies (figura 43), destaca con el valor más alto *H. calientis*, *X. variata* y *Z. quitzeoensis* (número 1 en la figura), alcanzando la primera especie una proporción de 0.5 aproximadamente del total de los artículos alimenticios encontrados. Un segundo grupo (número 2 en la figura) de especies está integrado por *A. robustus*, *Ch. humboldtianum*, *H. turneri* y *A. lacustris* con una proporción de alrededor de 0.2. Finalmente, las especies que contaron con una proporción menor fueron *C. carpio*, *G. atripinnis*, *Ct. idella* y *Skiffia* spp.

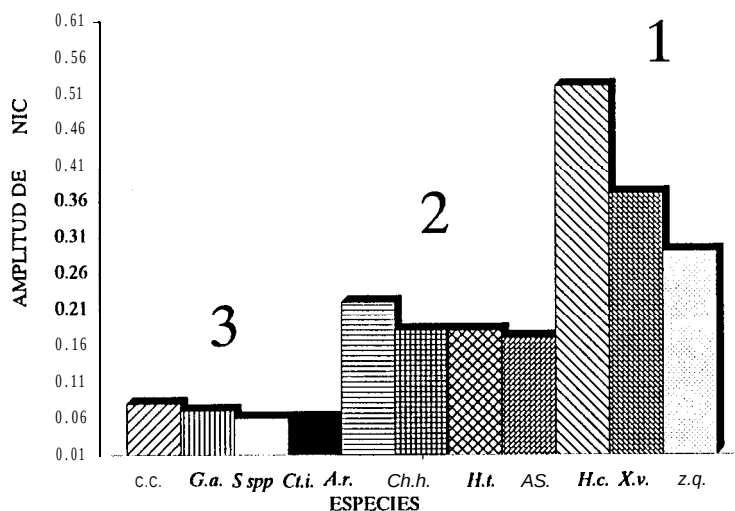


Figura 43. Valores del índice de amplitud de nicho de Levin estandarizado para las diferentes especies de peces en la laguna de Zacapu considerando el ciclo anual.

Se seleccionaron 4 especies de los tres grupos conformados por ser dominantes y constantes durante las diferentes épocas del año y se graficó el índice en forma estacional

(figura 44). Es notorio el incremento del valor para la mayoría de ellas en el verano a excepción de *G. atripinnis* en la cual bajó. Sin embargo, para esta especie a diferencia de las demás se incrementa el valor del índice en el otoño, época en la que disminuye en forma importante para *H. calientis* y *X. variata*. En el caso del *Ch. humboldtianum* se encuentra un valor mínimo en la primavera.

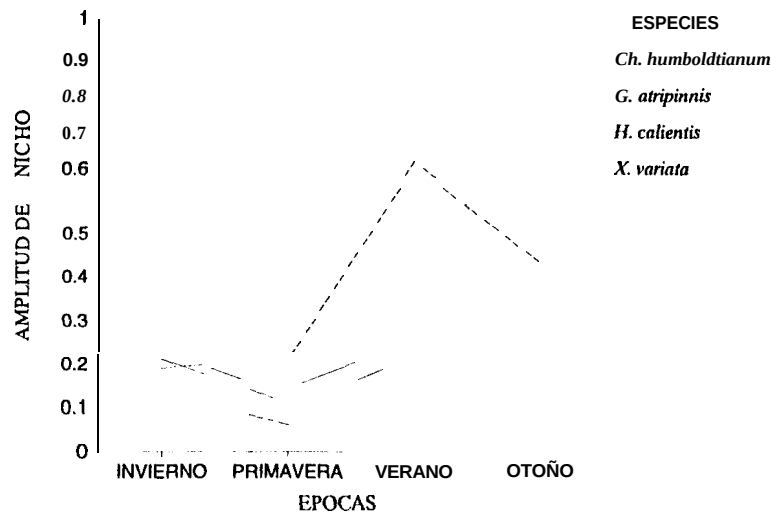


Figura 44. Análisis de la amplitud de nicho de Levin estandarizado para las diferentes épocas del año en cuatro especies dominantes en la laguna de Zacapu.

VI.5.2.2. TRASLAPE DE NICHOS ALIMENTARIO

Por medio del índice de traslape de Horn empleando la información proporcional del volumen de cada artículo alimenticio (tabla 20), se encontró un valor de relación superior al 0.5 entre las especies en orden de un mayor número de interrelaciones, a *H. calientis* con otros 8 peces, *H. turneri* con 7 y *Z. quitzeoensis* y *X. variata* presentaron 6. Se relacionaron en este sentido con 5 especies: *Ch. humboldtianum* y *Skiffia* spp. De las especies que interrelacionaron con 3 cada una están *G. atripinnis*, *A. dugesii* y *A. lacustris*. Finalmente, *M. salmoides* y *A. robustus* se relacionaron con dos y la última presenta un valor alto con *C. carpio*, la cual junto con *Ct. idella* no mostraron sobreposición de su nicho con otras especies.

El análisis de agrupamientos, utilizando el índice de Horn como medida de similitud (figura 45), proporciona dos grupos (>0.25 , <0.50), el primero integrado por *H. calientis*, *Ch. humboldtianum*, *H. turneri*, *Z. quitzeoensis*, *X. variata*, *A. lacustris*, *A. dugesii*, *A. robustus* y *M. salmoides* y el segundo por *Skiffia* spp, *G. atripinnis* y *P. infans*. Por su parte, hay dos especies que se separan del resto, *C. carpio* y *Ct. idella*, las cuales son introducidas y la última herbívora. Dentro del primer grupo se presentan dos subgrupos que incluyen a las especies más relacionadas en cuanto a su dieta, como son los conjuntos de *H. turneri* con

Z. quitzeoensis e **H. calientis** con **Ch. humboldtianum** (I-l-a y b respectivamente), a las cuales se les unen de mayor a menor grado de afinidad, **X. variata**, **A. lacustris**, y **A. dugesii**. El segundo subgrupo lo integran **A. robustus** junto con **M. salmoides**.

Tabla 20. Valores del índice de traslape de nicho de Horn para todas las especies de peces de la laguna de **Zacapu**. El volumen del alimento de **A. dugesii** y **P. infans** tomado de Duarte (1981) y para **M. salmoides** en García de León (1984).

	H. c.	H. t.	Z. q.	Ch. h.	S. spp	X. v.	G. a.	A. d.
H. calientis	1.00	0.78	0.85	0.81	0.61	0.74	0.62	0.53
H. turneri		1.00	0.87	0.64	0.62	0.63	0.46	0.61
Z. quitzeoensis			1.00	0.67	0.54	0.76	0.44	0.54
Ch. humboldtianum				1.00	0.37	0.62	0.39	0.46
Skiffia spp					1.00	0.31	0.76	0.21
X. variata						1.00	0.36	0.43
G. atripinnis							1.00	0.18
A. dugesii								1.00

	A. l.	P. i.	A. r.	C. c.	M. s.	Cl. i.
H. calientis	0.50	0.45	0.36	0.26	0.42	0.13
H. turneri	0.54	0.38	0.33	0.19	0.35	0.04
Z. quitzeoensis	0.46	0.43	0.44	0.23	0.49	0.04
Ch. humboldtianum	0.64	0.28	0.38	0.13	0.42	0.05
Skiffia spp	0.26	0.51	0.08	0.07	0.08	0.05
X. variata	0.46	0.44	0.59	0.35	0.54	0.18
G. atripinnis	0.10	0.59	0.08	0.08	0.06	0.39
A. dugesii	0.34	0.27	0.28	0.23	0.37	0.10
A. lacustris	1.00	0.04	0.11	0.16	0.23	0.00
P. infans		1.00	0.20	0.15	0.27	0.20
A. robustus			1.00	0.49	0.72	0.00
C. carpio				1.00	0.14	0.00
M. salmoides					1.00	0.00
Cl. idella						1.00

El análisis de grupos de los artículos alimenticios, el dendograma mostró dos grupos (figura 46), estando integrado el primero, principalmente, por aquellas presas presentes en los peces más chicos o en sus tallas menores y el segundo por ácaros, **Cambarellus**, peces y sanguijuelas, organismos más característicos en carnívoros mayores. El primer grupo se divide a su vez en dos subgrupos, el primero de ellos con alimentos tanto presentes en la mayoría de las especies, hasta los que solo consumen unas cuantas y el otro con los huevos y el cladócero planctónico **Daphnia**.

Al primer subgrupo de igual manera lo componen dos conjuntos, uno (I-l-b, en la figura) formado con elementos vegetales y organismos sésiles representados por las macrofitas y **Plumatella** y el otro con los artículos alimenticios restantes. Este último cuenta

al mismo tiempo con dos subconjuntos conformados, por un lado, a partir de recursos tanto vegetales como animales (I-1-a-a', en la figura) y por el otro con los caracoles *Helisoma* y *Valvata* (I-1-a-b', en la figura). El primer subconjunto asimismo 10 constituyen dos divisiones, la primera con los copépodos, detritus, insectos, *Hyalella*, ostrácodos, chironómidos, cladóceros, MONI y *Bosmina* (1-1-a-a'-a'', en la figura) y el otro por los elementos vegetales, algas y diatomeas (I-1-a-a'-b'', en la figura).

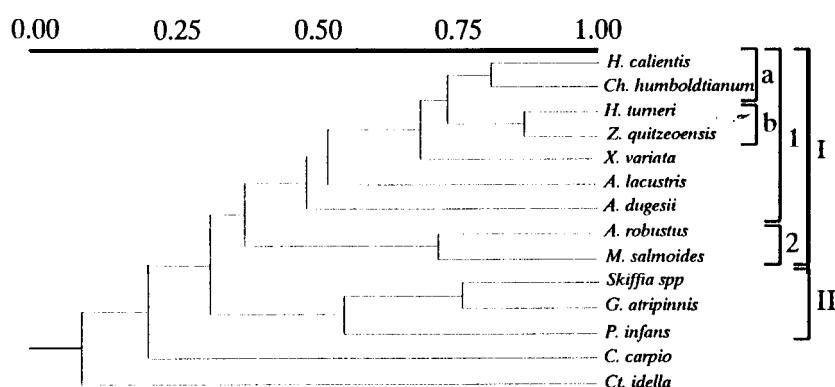


Figura 45. Dendrograma UPGMA, a partir de los datos del Índice de Horn, de acuerdo a las especies de la laguna de Zacapu (técnica Q).

Con el fin de verificar la magnitud de la distorsión entre la matriz de similitud del dendrograma con la matriz de datos, y como una medida de bondad de ajuste, se obtuvieron los valores de las matrices cofenéticas las cuales se compararon con las matrices originales encontrándose en ambos casos correlaciones altas ($r = 0.835$ y $r = 0.856$, respectivamente) lo que significa que dicha distorsión es poca o no representativa (Crisci y López, 1983; Rohlf, 1993).

Para evaluar con otra perspectiva la **interrelación** de las especies mostrada por el índice de Horn, se aplicó el **índice de traslape** propuesto por **Hulbert (1973)** en aquellos artículos alimenticios **cuantificables** numéricamente, ya que este **índice** involucra simultáneamente la disponibilidad del alimento en el medio, mostrándose los resultados en la tabla 21.

H. calientis presenta el valor más alto con *G. atripinnis* y *Ch. humboldtianum* correspondiendo igual solo con la última especie, a 10 que resultó en el índice de traslape de Horn, sin embargo, siguen siendo significativas en este **índice** las **interrelaciones** con *H. turneri*, *Skiffia* spp y *A. lacustris*. En el caso de *H. turneri* se tuvo afinidad en los resultados de ambos índices, solamente cambiando el acomodo en algunas de las especies con las

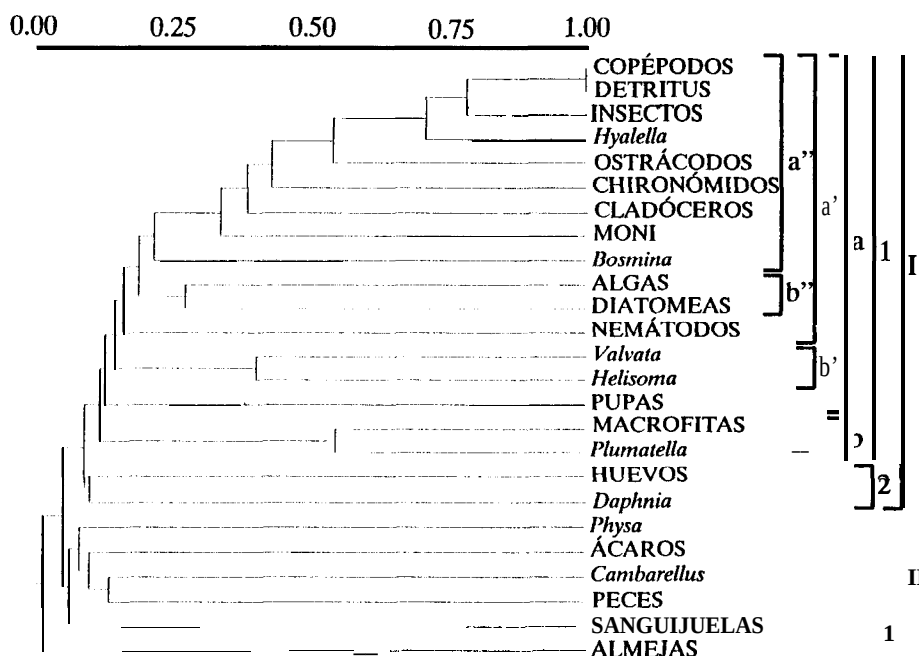


Figura 46. Dendrograma UPGMA, a partir de los datos del Índice de Horn, de acuerdo a los artículos alimenticios preferenciales en las especies de peces de la laguna de **Zacapu** (técnica R). Insectos=larvas de odonatos, efemenópteros; Cladóceros=chidóridos *Simocephalus*, *Pleuroxus*; Peces=*Skiffia* spp, *Z. quitzeoensis*, *H. lumeri*, *Ch. humboldtianum*; *Almeja*=*Sphaerium*; ALgas=clorofitas *Oscillatoria*, *Spirogyra*, *Nitella*; MONI=materia orgánica no identificada; Macrofitas=*Potamogeton*, *Ceratophyllum*; Pupas=pupas de chironómidos; Huevos: del caracol *Physa* y del pez *Ch. humboldtianum*.

Tabla 21. Valores del **índice** de traslape de nicho de Hulbert para aquellas especies de peces que se interrelacionaron en el **índice** de traslape de nicho de Horn.

[illegible]

cuales se tiene mayor relación, entre las cuales se tiene a *Skiffia* spp, *A. lacustris*, *Z. quitzeoensis* y *Ch. humboldtianum*. Para *Z. quitzeoensis* además de su comparación con las dos especies previas, presentó una relación mayor con *A. lacustris* y *Skiffia* spp la cual no fue perceptible en el caso de la primera con respecto al índice anterior. En cuanto a *Ch. humboldtianum* al igual que *Z. quitzeoensis*, salvo de la coincidencia de los índices con *H. calientis* y *H. tumeri*, en el índice de Hulbert interrelaciona más con *G. atripinnis* y *Skiffia* spp. *Skiffia* spp se relacionó además con *A. lacustris* y *A. robustus* y su valor resultó bajo con *G. atripinnis* a diferencia que con el índice anterior. En *X. variata* se encontró un valor significativo con *A. robustus* como en el índice anterior y en este índice se relacionó con las dos especies introducidas *A. lacustris* y *C. carpio*. *A. robustus*, *C. carpio* y *Ct. idella* destacan en la aplicación de este índice, porque se interrelacionan con varias especies mientras que con el índice de traslape de nicho de Horn lo hacían con una o ninguna.

VII. DISCUSIÓN.

VII.1. TENDENCIA DE LA COMUNIDAD DE PECES Y SU COMPOSICIÓN.

El incremento actual en la riqueza específica de la laguna de **Zacapu** al compararla con los trabajos previamente elaborados, puede responder a varias causas como: los métodos de recolecta que se emplearon, la intensidad del muestreo tanto en el número de sitios como la frecuencia con la que se visitaron y la introducción de especies.

En lo que corresponde al método de recolecta, Alvarez (1963) en su estudio con el pez blanco de esta localidad (*Chirostoma*) y posteriormente Barbour (1973), con el mismo organismo, no hacen mención de la forma como obtuvieron sus ejemplares, sin embargo los pescadores emplean redes agalleras para capturar estos peces, las cuales son selectivas a determinadas tallas. Otros dos métodos de recolecta son comúnmente utilizados por su menor selectividad, la pesca eléctrica y la red de bolsa chinchorro de 10 m, los cuales permiten el acceso a otras especies, tal es el caso del trabajo de Chernoff y Miller (1986) que los utilizaron para obtener los ejemplares de *Hybopsis calientis*. En el primero de ellos su acción se restringe al área de influencia donde se crea el campo eléctrico, delimitado por los dos electrodos y la intensidad de descarga. Asimismo, la red de bolsa tiene una superficie de captura específica pequeña. En consecuencia esto podría explicar, por ejemplo, el porque se tiene como primer reporte de la especie *Hubbsina turneri* en la localidad - ya que presenta individuos pequeños -, a la recolecta efectuada en el año de 1982 por la Universidad Michoacana (Cat. No. CPUM575) en un lance con red de bolsa de 50 m. Adicionalmente, se cuenta con otra información sobre algunas especies capturadas por acuaristas con el empleo de redes de cuchara (Lambert, 1990); dichos artes delimitan aún más su área de captura que los comentados anteriormente.

El segundo aspecto, la **intensidad** de muestreo en espacio y tiempo, puede responder a que en los estudios previos se tuvieron recolectas puntuales en una determinada época (1982 realizada en Julio); a un sitio de muestreo (1986 exclusivamente en la estación 1); e incluso durante una parte del ciclo circadiano (1991-2 solo en el día), a diferencia de la forma como se programaron las recolectas en el presente trabajo.

Finalmente, se tiene la introducción de especies exóticas. En este contexto, al comparar con otros análisis de la riqueza de la comunidad los cuales mencionan un número menor de peces, cabe destacar que el incremento en las especies obtenidas principalmente se debió a la incorporación de cuatro no nativas. Tres corresponden a ciprínidos: *Cyprinus carpio* en el año de 1986, *Algansea lacustris* para 1990 (Ruiz, 1995¹ **com. pers.**), *Ctenopharingodon idella* en 1995 (Pimentel, 1996² **com. pers.**) y una a los centrárchidos: *Micropterus salmoides* (no se tiene el registro) las cuales fueron sembradas por parte de la Secretaría de Pesca (actualmente dentro de la SEMARNAP).

¹ Biól. Tarcisio S. Ruiz A. Jefe del Centro Acuícola "Zacapu", Secretaría de Pesca (SEPECSA).

² C. Ricardo Pimentel Chávez Presidente de la Unión de Pescadores de Zacapu, Michoacán.

Es notorio el gran número de goodeidos, sin embargo no es inusual debido a que esta familia tiene su origen y localización exclusiva - endémicos - para las aguas continentales del centro de México (Hubbs y Turner, 1939; Alvarez, 1972; Miller y Smith, 1986) y como describe De Buen (1942-43): " La cuenca del río Grande con sus largos trayectos, el Lerma y el río Santiago, es zona preferida por los Goodeidos, su corriente principal, sus múltiples afluentes - donde se puede incluir **Zacapu**- y ramas secundarias están poblados por sus especies y proporcionan vida a cuencas cerradas como el Valle de México y los **lagos** de Pátzcuaro, de Zirahuén y Cuitzeo ". El origen antes mencionado, con una estimación de aproximadamente 11.3 millones de años (Grudzien *et al.*, 1992), dentro de una área en apariencia reducida con gran diversidad de características geográficas, además de la escasa fauna **íctica**, ha ocasionado que los goodeidos sean los más diversificados, presentando una importante radiación adaptativa que les permitió ocupar los **hábitats** y niveles tróficos donde se les encuentra (Miller y Fitzsimons, 1971). Lo anterior, junto con otros elementos ictiofaunísticos como son los aterínidos del género **Chirostoma** -también presente en **Zacapu**- y los ciprínidos como *Algansea*, han llevado a Miller (1986) a considerar al sistema Lerma-Chapala-Santiago como la "Subregión Mexicana", una de las tres en que se divide la región Neártica, y a delimitar, específicamente en años anteriores, a la Provincia del Lerma por la relación de sus características ambientales y especies de peces (López-López y Díaz-Pardo, 1991).

En el caso del poecílido *Poeciliopsis infans*, registrado en las cercanías de la estación 1 para el verano por Figueroa *et al.* (1982) y en otoño y primavera por Medina (1993) en el mismo sitio, sólo se capturaron 3 individuos en otoño durante el día y en las proximidades de la estación 2 en el presente estudio.

Esta especie en Cuitzeo se le encuentra en sitios someros con vegetación sumergida, presentando una frecuencia relativa baja (30%) y una abundancia relativa media (13.34%) (Chacón, 1980; Medina *et al.*, 1992a). A este respecto, la laguna de **Zacapu**, aún considerándose somera, no muestra una zona litoral bien definida con una pendiente suave, más bien las orillas están truncadas o cortadas, salvo un pequeño espacio cerca de la estación 1 para el cual se menciona la captura anterior de esta especie. Sin embargo, en este sitio no fue recolectada en el presente estudio.

Una probable explicación del porque *P. infans* se puede considerar rara u ocasional es con base en la composición ictiofaunística, al estado actual de la morfología y bienestar de la laguna y de acuerdo a su vulnerabilidad al arte de pesca empleado en **Zacapu**. Se cree que esto es lo más plausible, considerando que en sitios distintos con características propias las especies se presentan en diferentes abundancias a partir de las poblaciones conoespecíficas, según lo definido por la teoría de biogeografía de islas (MacArthur y Wilson, 1967), la cual encuentra cabida en los **lagos** pertenecientes a una misma provincia ictiogeográfica.

Para fortalecer el comentario anterior, podemos partir de los aspectos referentes a la alimentación de *P. infans* con preferencia hacia las diatomeas, el detritus y las **clorofitas**

(Zubieta, 1985) todas ellas bien representadas a lo largo de la laguna y a que este pez se le agrupa con otras especies por tener amplios intervalos de tolerancia a cambios ambientales (Díaz-Pardo et al., 1993). Además, comparando con los estudios elaborados previamente esta especie tiene un valor de abundancia relativa muy bajo.

De manera semejante, está el caso del goodeido *Allotoca dugessi* el cual solo se capturó en el otoño, en el sitio de muestreo 4. Esto posiblemente se deba por una parte, a que la mayoría de los goodeidos en esta estación del año tienen un importante pico de reproducción, lo que motivó el desplazamiento hacia esta zona de la laguna caracterizada como un sistema más bien lótico afín al área de manantiales de la Angostura, donde se circunscribía dicha especie y no a la laguna en sí misma (Tveteraas, 1995¹ com. pers.). Por otro lado, puede deberse al desconocimiento de su hábitat específico o preferencial, el cual, no lo contienen los sitios de muestreo seleccionados. Además, su porcentaje de abundancia bajo no es inusual, ya que en cuerpos de agua lénticos como es el caso de la laguna de Cuitzeo ha llegado a ocupar el penúltimo lugar (Chacón, 1980) teniendo una mejor representatividad en arroyos y ríos (Campos et al., 1985; Medina et al., 1992b).

El no tener captura de la lobina negra (*M. salmoides*) con la red chinchorro, pudiera implicar, por un lado, su gran capacidad de evadir este arte de pesca y, por el otro, a que no se esté reproduciendo por lo que no se tengan la presencia de crías y juveniles los cuales son más susceptibles, o bien, se encuentre muy localizada en el cuerpo de agua. Sin embargo, en cuanto a los aspectos del hábitat que propician un buen desarrollo de este pez desafortunadamente Zacapu los presenta (se utiliza dicha expresión por los perjuicios que causa y que se comentan más adelante), ya que suele ser de aguas templadas de lagos pequeños o bahías poca profundas en los más grandes, asociado con fondos suaves y crecimiento extensivo de vegetación emergente y sumergida particularmente, potamogetonáceas, ceratofiláceas entre otras. La temperatura óptima para su desarrollo está entre los 16 y 25 °C y pH cerca de la neutralidad, donde crece rápidamente hasta alcanzar un tamaño que puede sobrepasar el medio metro de largo cuando culmina la edad adulta (Rosas, 1976a; Rubín, 1987).

La introducción del cíclido *Oreochromis aureus* en México se realizó el 10 de julio de 1964 procedente de la Universidad de Auburn, Alabama E. U. A. y fueron llevados a la Estación de Acuicultura Tropical de Temascal. Hoy se les puede encontrar a las diferentes especies de mojarra tilapia en los lagos más importantes como son Chapala, Cuitzeo, Pátzcuaro (introducida en 1974), en las mayores presas como Infiernillo, Miguel Alemán (Temascal), la Angostura, Chicoasén, la Villita, etc. (Rosas, 1976a y b; Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arrollo, 1986). Para *O. aureus* es factible su desarrollo en casi cualquier tipo de ambiente, sin embargo su origen y distribución se da más en zonas cálidas soportando sin daño las aguas que son calientes, tolerando temperaturas bajas mejor en aguas salinas (5%

¹ Andrcas Tveteraas, colaborador del "Centro de Resguardo de Peces en Peligro de Extinción". Universidad Autónoma de Nuevo León.

del agua marina) que en agua dulce (Lowe-McConnell, 1991). Una causa que ha sido más recientemente limitante para su extensionismo se debe a que presenta un mestizaje con sus congéneres introducidos (*O. niloticus* x *O. aureus*) o con otras especies de aguas dulces nativas, además, su desbordada proliferación la ha inducido a adoptar distintos hábitos alimentarios modificándose los que se pretendía que mantuviera originalmente (Rubín, 1984; Pullin, 1991). Un aspecto adicional que le ha dado el éxito de su desarrollo es su elaborado comportamiento sexual, reconociéndose que en aguas templadas como Pátzcuaro (temperatura media de 18 °C y máximas de 25 °C) se reproduce 1 vez por año principalmente en época de lluvias, alcanzando la madurez sexual al año con una talla de 30 cm y un peso de 400 g (Rosas, 1976a), además de encontrarse en esta especie el caso poco común de reversión sexual (Kornfield, 1991).

Las diferencias en los valores de frecuencia de aparición y abundancia relativa de los peces en el presente estudio, al compararse con estudios previos, se puede deber en parte a cambios en la estructura de la comunidad inducidos por impactos, principalmente aquellos que ocasionaban la entrada de aguas residuales de la ciudad en diferentes partes de la laguna (Moncayo, 1993; Cortés, 1996), recientemente clausuradas en su mayoría (Fuentes *et al.*, 1993). De igual forma, el incremento en el valor de ambos atributos comunitarios globalmente, podría ser resultado del mayor esfuerzo de muestreo aplicado en el presente estudio. La abundancia del *H. calientis*, *Goodea atripinnis* y *H. turneri* se debe a que tienen una distribución homogénea a lo largo del cuerpo de agua, y el aumento para la frecuencia en *Xenotoca variata* y *Allophorus robustus* esta como respuesta a un patrón de conducta, reflejo de la incorporación de las recolectas nocturnas.

Con respecto a la disminución en los valores de frecuencia de algunas especies, por ejemplo el caso de *P. infans*, se puede deber a la introducción de las especies exóticas. En cuanto a *Ct. idella*, su porcentaje representativo esta en función a su reciente introducción en la laguna (octubre 1995), propiciando así una amplia dispersión con base a su número (175,000) y a que fue recolectada en todos los sitios de muestreo, como una manera adaptativa de expansión del hábitat por estar libre de sus principales competidores y depredadores (MacArthur, 1968).

VII.2. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD.

A partir de la ventaja que se tiene al aplicar un índice de la estructura, la elección de su empleo debe de tener algunas consideraciones. Sanders (1960) en sus trabajos de ecología bentónica recalca que la abundancia es un criterio más válido que la biomasa para representar la estructura de la comunidad. Esto es debido a que la presencia o ausencia de un animal grande raro distribuido aleatoriamente, puede alterar la distribución de la biomasa para una muestra hasta en dos órdenes de magnitud; lo anterior produce estimaciones de la estructura comunitaria con un sesgo asociado que será significativamente mayor.

Aún con lo que se menciona, no necesariamente puede ser lo más recomendable el

evitar considerar la biomasa ya que la síntesis de materia orgánica requiere energía y se pueden emplear unidades de energía potencial como expresión de la biomasa. Esto especialmente si se está convencido del significado preponderante de la energía, de acuerdo con la concepción de los organismos y de los ecosistemas como sistemas esencialmente energéticos que compiten por la materia (Margalef, 1983). Cualquier índice basado en números refleja la cantidad de vías abiertas a la transferencia de energía (MacArthur, 1955) mientras que los que se basan en la biomasa se entiende que representan la distribución de la energía en el ecosistema (Wilhm, 1968). En efecto, la sinecología se traduce para la estructura numérica basada sobre las abundancias de las especies, hacia la estructura funcional que abarca a la constitución de la biomasa de los organismos en donde se considera la producción del ecosistema acuático (Zabi, 1984).

La incorporación de dicho sesgo causado por la biomasa en el presente estudio, se pudiera deber a que uno de los individuos más grandes de la especie *Z. quitzeoensis* mide 5.34 cm de longitud patrón y pesa 4.4 g, mientras que uno de la especie *G. atripinnis* alcanza los 14 cm de longitud patrón con un peso de 77.7 g. Para evitar que este sesgo se presente, algunos autores han ponderado las tasas de captura al sacar el logaritmo natural con la finalidad de tener intervalos similares (Gammon, 1980). Se emplea esta transformación en el rango comunitario y no individual, puesto que se tiene por lo general un efecto multiplicativo en la información (Zar, 1984), porque cada dato de número difiere del correspondiente valor para el peso en varios niveles (o magnitudes), ya sea en forma ascendente o descendente dependiendo de las diferentes especies.

En el presente estudio no se optó por realizar la transformación de los datos ya que las especies como *G. atripinnis* no resultaron de las ocasionales (ver en el apartado de elección de las especies dominantes las razones) y por lo tanto el ponderar los valores probablemente no iba a reflejar en la forma más apegada a la realidad lo que representan cada uno de los atributos y su integración. En el caso de la carpa que se le encuentra esporádicamente alcanzando un tamaño considerable, es una especie introducida cuyo control se mantiene en parte a través de las introducciones constantes, además de que en las recolectas con el chinchorro estuvieron ausentes los individuos de gran talla. Los que si se tomaron en cuenta fueron los *C. carpio* de redes agalleras de hasta 50 cm de longitud patrón, únicamente para el estudio funcional de la comunidad en los hábitos alimentarios y no en el estructural.

VII.2.1. INVIERNO (ENERO)

El predominio de *H. calientis* sobre las demás especies pudiera ser explicado con base a su ubicación dentro del cuerpo de agua, ya que en lagos y reservorios templados se les considera a las especies de este y otros géneros emparentados (*Notropis*) propios de la zona de la orilla caracterizada por fondos suaves y profundidades no mayores a los 3 m (Moyle y Cech, 1988). De igual forma, *H. turneri* como la segunda especie dominante se le asocia a sitios someros, con vegetación sumergida y fondo lodoso, representándosele bien tanto para la laguna de Cuitzeo (Chacón, 1980), como para Zacapu (Moncayo, 1993), por otro

lado es común su presencia en las diferentes fechas de recolecta así como a todas las estaciones de muestreo (Medina, 1993; Moncayo, 1993).

Para la comparación entre el día y la noche cabe destacar que en el caso de *X. variata* y *Ch. humboldtianum* los incrementos importantes que presentan se relacionan con el momento del día en el cual se alimentan en lo que se denominó el patrón de comportamiento antagónico (figura 47), y esto responde a que la oportunidad del consumo de las presas y el ajuste de los factores asociado con la eficiencia de dicho consumo jugará un papel crucial en el comportamiento diario del pez (Sogard, 1994).

En cuanto a la información de los sitios de recolecta por medio de los cuales se define en parte la distribución de las especies (figura 48), *H. turneri* tuvo un aumento considerable de su valor en la estación 4 sobre todas las demás especies, el cual a partir de un análisis detallado de la información se trató particularmente en la noche. Lo anterior se puede deber a un movimiento de una parte de la población del sistema más bien léntico de la laguna al lótico en su desembocadura y conformación del río. Dicha afinidad no es casual, ya que desde su descripción por De Buen (1941b) esta fue capturada en una presa, resultado del confinamiento del Río Grande de Morelia y en otros trabajos subsecuentes (Mendoza, 1956; Aguirre, 1975; Campos *et al.*, 1985) se obtuvieron ejemplares del mismo lugar o del río; aún en los estudios de otra laguna (Cuitzeo) se le ubica para la zona de afluentes y efluentes teniendo su mayor abundancia en los primeros (Chacón, 1980).

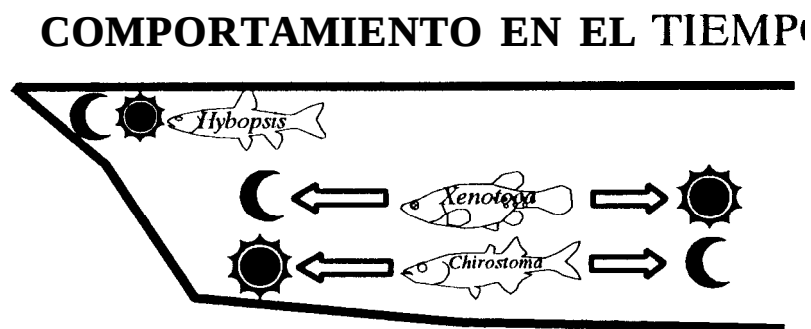


Figura 47. Comportamiento durante un ciclo circadiano y su movimiento hacia la orilla de algunas de las especies de la laguna de Zacapu.

Por otra parte, también en lo que respecta a la distribución temporal y espacial en esta época, podemos tomar como ejemplos otra vez a *H. turneri* y a *Ch. humboldtianum* y *X. variata*, y al mismo tiempo destacar una relación indirecta de estas especies con la presencia o ausencia de macrofitas. Estas plantas que pertenecen a la vegetación acuática

sumergida, son elementos importantes y representativos de la laguna (principalmente la especie ***Potamogeton pectinatus***) y cumplen lo que Wetzel y Likens (1979) denominan el ciclo de las plantas anuales. Este consiste en una biomasa inicial en invierno muy baja por presentarse las semillas y tener la casi total ausencia de adultos, cambiando hacia un máximo en el verano siguiendo un crecimiento a manera de curva sigmoide. En el caso de los manantiales predominan otras especies como ***P. illinoensis***, ***Ceratophyllum demersum*** y ***Myriophyllum*** spp (Ceballos *et al.*, 1992) las cuales se mantienen más constantes durante el año.

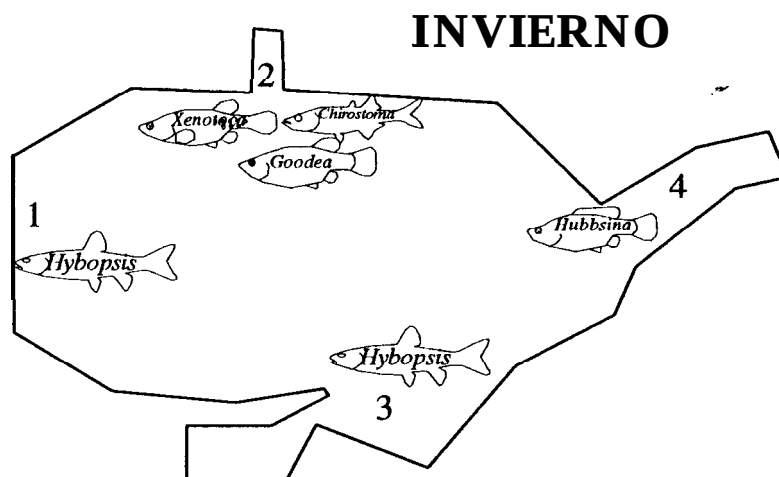


Figura 48. Distribución de las especies dominantes durante el invierno en las estaciones de recolecta para la laguna de Zacapu.

Dicha relación pudiera definir la razón por la que ***H. tumeri*** fuera más característica en la noche, a manera de una medida de seguridad, en lo que Sogard (1994) denomina como uso voluntario de **hábitats** inducido por la necesidad de reducir el riesgo de la depredación. Primeramente, esta especie no se ha encontrado que se alimente durante este momento del día y en vista a la casi total ausencia de macrofitas en la laguna, las cuales le representan zonas de protección en contra sus depredadores, motivan su desplazamiento a una área más segura como podría ser la desembocadura. En la noche, porque sus depredadores son ***A. robustus*** y el anfibio ***Ambystoma andersoni***, contando ambas especies con actividad nocturna y en las orillas (para el último Juárez, 1995¹ *com. pers.*); la desembocadura, debido a que presenta la permanencia de algunas macrofitas así como vegetación emergente como el tule en sus orillas, además de ser menor la captura de ***A. robustus*** y el ***A. andersoni*** para esta zona.

¹P. de B. Adriana Juárez Valdez, tesista en el Laboratorio de Herpetología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

El segundo ejemplo de la relación entre los organismos y las macrofitas, se tiene con *Ch. humboldtianum* y *X. variata* para la estación 2. Si bien estas especies no tienen una dieta afín y además una se alimenta por el día y la otra por la noche, es factible pensar que las características del sitio juegan un papel primordial en su distribución, como es una gran transparencia (100%) y la presencia constante de macrofitas. Para la primera especie se presenta más factible la captura visual sobre el plancton, debido a que en la laguna la ausencia de macrofitas promueve en cierta forma la resuspensión del materia del fondo causando una reducción importante de la transparencia. Por lo que respecta a *X. variata* la ingestión de organismos del perifiton tiene su sustento en esas poblaciones constantes de macrofitas y también al considerar la entrada de los manantiales de la Angostura cuya temperatura es menor y por ende circule en el fondo acumulando el substrato en un sitio a manera de abanico como en el delta de un río, satisfaciendo así, el consumo de detritus béntico.

En cuanto a *C. carpio* que solo se capturó en la estación 1, esto es probable que sea resultado de una menor transparencia (55%) en el sitio, ya que no hay influencia directa de algún manantial, está más sombreado y se presenta un tipo diferente de macrofitas sumergidas, así como una mayor cantidad de sedimento lo que representaría un lugar más apropiado para un organismo bentofágico que emplea los órganos táctiles y del gusto en la búsqueda de su alimento (Nikolsky, 1963).

VII.2.2. PRIMAVERA (MAYO)

Para esta recolecta, a parte del gran predominio de *H. calientis*, es notorio que *H. turneri* se sitúa ahora abajo de *G. atripinnis* y *Ch. humboldtianum*, aunque destaca todavía su permanencia constante y similar tanto en el día como en la noche. Dicho cambio en la posición para *H. turneri* puede responder a la afinidad en la ubicación espacial con *H. calientis*, situación que puede no afectar tan directamente a *G. atripinnis*, especie que es dominante en la laguna y por el antecedente de otros estudios acerca de su amplia distribución y tolerancia (Barragán y Magallón, 1994). Ahora bien, la posición de *H. turneri* con respecto a *Ch. humboldtianum*, puede resultar en base a la alimentación zooplanctófaga de esta última por lo que no tenga un desplazamiento importante por *H. calientis*, no siendo así para *H. turneri* que es epibentófaga (Moncayo, 1993).

Algo más que cabe señalar, es que varias especies como *Ch. humboldtianum*, *H. turneri*, *Skiffia* spp y *X. variata* mantienen en esta época su actividad nocturna y parece disminuir la diurna a un nivel de dominancia a la mitad, o más, de la que tenían en invierno. Lo anterior implica que conservan su patrón de conducta en el ciclo circadiano pero modificado y si agregamos la falta de captura de *Z. quitzeoensis* y la presencia de *A. lacustris* solo en la noche, en conjunto esto puede estar reflejando que las actividades biológicas conductuales seguidas por el *H. calientis* como especie dominante (aspecto reproductivo principalmente) se están realizando durante el día, existiendo un desplazamiento espacial de varias especies en la zona litoral.

Ahora bien, al analizar el comportamiento del IV1 en las diferentes estaciones de recolecta, resalta un mayor predominio de *G. atripinnis* sobre *H. calientis* en la número 4, probablemente relacionado con la buena representatividad de esta última especie en cuanto a sus diferentes tallas (figura 49). El hecho de que en el día no sufriera un desplazamiento como sucedió con las otras especies según lo comentado anteriormente, se puede deber a que se presentaron organismos grandes (figura 50), lo cual implica un aporte importante principalmente hacia la biomasa e involucre la alimentación y a la reproducción. Estudios anteriores (Moncayo, 1993) y las recolectas actuales han demostrado que es común encontrar los individuos más grandes de las diferentes especies en esta área durante el día. También podemos considerar que esta zona al ser un medio más bien lótico no aporta necesariamente las condiciones propicias para el desove de *H. calientis* y, de igual forma como *G. atripinnis*, aunque las especies restantes no la superan en su valor, la cantidad del índice que presentan en este sitio es mayor que en los otros lugares (ejemplo *Ch. humboldtianum* y *H. turneri*).

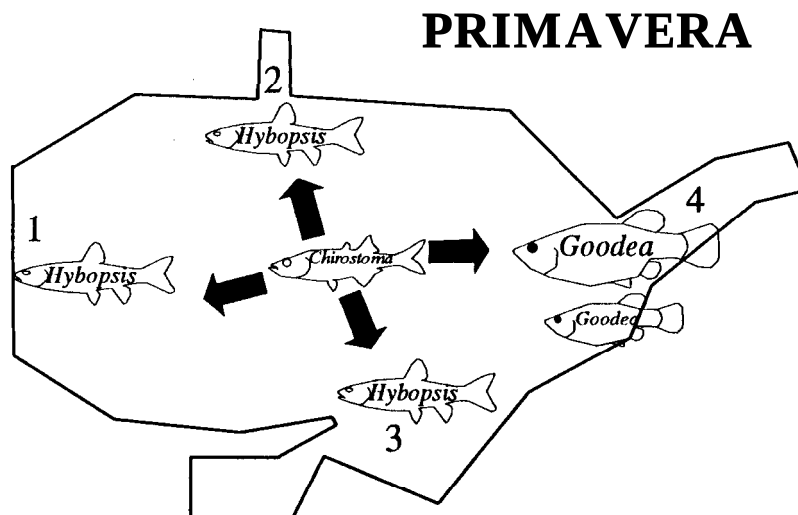


Figura 49. Distribución de las especies dominantes durante la primavera en las estaciones de recolecta para la laguna de Zacapu.

Finalmente, otro aspecto que ratifica el dominio de *G. atripinnis* en esta estación, e implica un comportamiento peculiar de la especie, fue que por la noche se tuvieron tallas menores (figura 50) para lo cual pudiera intervenir el desplazamiento en cuanto a espacio debido a la presencia de otras especies, además de la dominante, en su patrón normal de comportamiento alimentario (*X. variata*). El porque no darle tanto peso a la depredación, como se hizo con *H. turneri* en la época anterior, se debe a que *G. atripinnis* no se ha encontrado en el contenido estomacal de los depredadores tope (achoque *Ambystoma andersoni* y los peces *A. robustus* y *Ch. humboldtianum*).

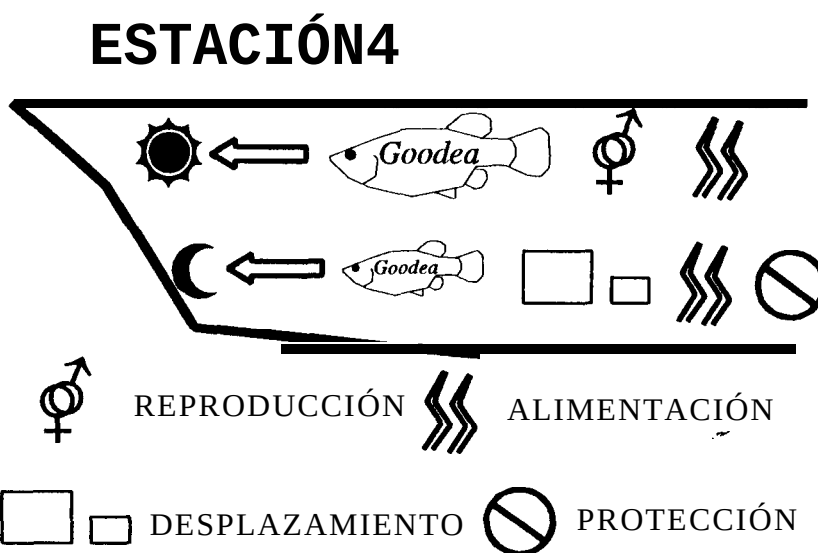


Figura 50. Conducta durante un ciclo diario y su movimiento hacia la orilla de la especie *Goodea atripinnis* en la estación 4 de la laguna de Zacapu en la primavera.

1X.2.3. VERANO (JULIO)

Aparte del gran valor de dominancia de *H. calientis* y *G. atripinnis*, destaca la presencia de *Skiffia* spp en la estación 2 durante la noche, situación que la podemos relacionar indirectamente con la hora, la condición de los organismos y características de la recolecta.

Esta especie que está en proceso de descripción (Tveteraas, 1995¹ *com. pers.*), se le capturó de igual forma en los manantiales, la laguna y la desembocadura y por su valor de dominancia es una de las más características de este cuerpo de agua, inclusive también se ha recolectado en otros remanentes de la ciénaga de Zacapu (Benítez, 1995). Esto es común ya que para *S. lermiae*, especie del género con la cual encuentra su mayor parecido, desde su descripción y análisis taxonómicos subsecuentes se le ha encontrado tanto en cuerpos de agua lénticos como lóticos (Hubbs y Turner, 1939; De Buen, 1940b), incluso en sitios de transición como presas (Aguirre, 1975; López-López y Díaz-Pardo, 1991) y aunque tiende a restringirse a ciertas zonas en algunos sitios (Chacón, 1980), por lo general no muestra una preferencia particular. Debido a lo anterior, la condición de la estación 2 por si sola, como un afluente de los manantiales de la Angostura, no podría responder por completo

¹Andreas Tveteraas, colaborador del “Centro de Resguardo de Peces en Peligro de Extinción”. Universidad Autónoma de Nuevo León.

a este patrón conductual del cual se derivó un valor tan alto, y es conveniente atenderse a otros detalles.

Por el sitio cabe destacar que, en efecto, la especie tiene cierta preferencia y esto pudiera estar relacionado con la alimentación por el predominio del perifiton vegetal, tanto de macrofitas como las raíces del sauce y detritus, y además podemos agregar que no ha mostrado un comportamiento alimentario prevaleciente en el ciclo diario (presenta en su tracto alimento tanto en el día como la noche). Lo anterior ya nos está respondiendo su localización tanto en tiempo como en espacio, pero aparte podemos adicionar otros argumentos: a) en cuanto a la condición de los organismos había-un buen número de hembras grávidas en estadios de desarrollo avanzado, lo que puede implicar la búsqueda de zonas de refugio para las crías y este sitio cuenta con un buen número de macrofitas; b) la lluvia pudiera acondicionar mejor el sitio conformando a las características físicas y químicas a un estado más “óptimo” (entrada de nutrientes, movimiento en la temperatura y el oxígeno, entre otros), pero principalmente hacia la presencia o ausencia de las otras especies de peces, principalmente aquellas como potenciales depredadores de las crías, ya que en otras recolectas con lluvia se ha visto que disminuye la abundancia de varias de ellas y en la presente resalta la baja de *Ch. humboldtianum* (en cuanto a la desventaja del ruido originado por este evento meteorológico, hay que recordar que *Skiffia* spp se adapta a varias condiciones como manantiales cuyo flujo de agua puede ocasionar un ruido constante); c) finalmente, en cuanto a la hora siendo las 5:30 a. m., la posibilidad de poder pasar desapercibidos, los grandes como los chicos, puesto que ese momento es previo al inicio de las actividades de algunos peces, y al mismo tiempo se está próximo al amanecer para poder alimentarse en forma visual de los microorganismos, antes de que inicien su movimiento vertical (la figura 51, muestra un resumen esquemático de lo comentado).

Por otra parte, también resalta en este mes un aumento en el valor del IV1 para la estación 3 pero ahora con *H.turneri* (figura 11 y 52), lo cual no es inusual ya que en un estudio previo realizado en Zacapu se determinó que la estación “Ojo de Agua” reúne una mayor cantidad de individuos de diferentes tamaños y sexo de esta especie y por lo tanto se propuso como un lugar de monitoreo en cuanto a su población (Moncayo, 1993). Esta predilección se repite en las diferentes épocas del año y solo en invierno se encuentra como la segunda más importante. Esta ubicación espacial, pudiera ser consecuencia de que en el verano se tiene un máximo de reproducción y en este sitio se presenta la influencia importante de un manantial (Ojo de Agua), lo que implica una representatividad constante de varios géneros de macrofitas, resultando en microhábitats y refugio; a la poca profundidad, teniendo un aporte de organismos del bentos y detritus; finalmente, a que esta zona no está tan expuesta a los procesos hidrodinámicos propios de la laguna, debido a que está en forma de una pequeña bahía.



ESTACIÓN 2



Figura 51. Diferentes aspectos que determinaron el aumento de la dominancia de *Skiffia* spp para la estación 2 en el verano. El pez dentro del otro implica la gravidez, el sol y la luna el amanecer y las plantas la protección y alimento proporcionado por las macrofitas.

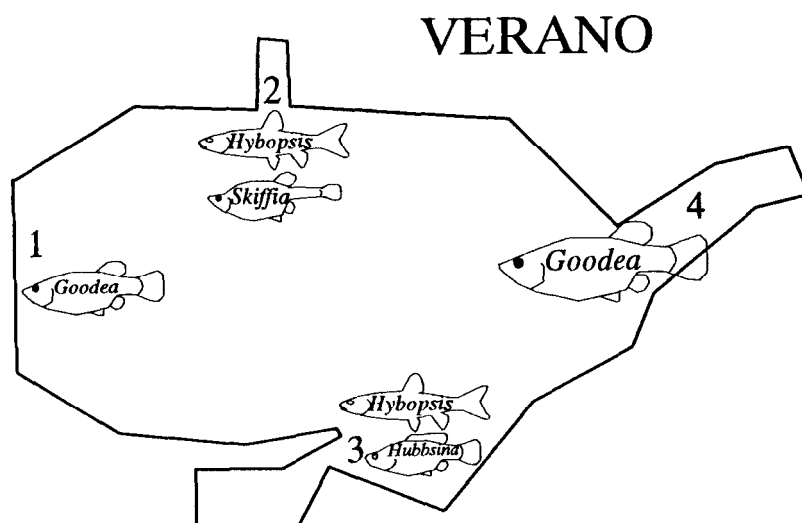


Figura 52. Distribución de las especies dominantes durante el verano en las estaciones de recolecta para la laguna de Zacapu.

VII.2.4. OTOÑO (OCTUBRE)

El hecho de que *G. atripinnis* predomine en la noche es un patrón que cambia de acuerdo a la estación del año y que en esta época junto con el invierno alcanza su mayor valor. Por lo tanto esta especie la podemos categorizar como nocturna, lo cual coincide con la población del lago de **Chapala**, donde se encontró que los adultos de **Goodea** tienen migraciones diurnas hacia aguas más profundas (White y Turner, 1985). En el caso contrario **H. calienta** tiende a ser diurna con la sola excepción del invierno donde se llegó a invertir este patrón pero en respuesta probable a una exclusión competitiva debido a la gran representatividad de **Ch. humboldtianum** que cuenta con un acomodo indiferente en el ciclo diario. La preferencia de *G. atripinnis* por la estación 1 ya se venía reflejando desde el verano y ahora invierte su acomodo espacial en la **dominancia con H. calientis** según lo ocurrido para la primavera quedando en la estación 4 esta última especie mejor representada (figura 53), en lo que se puede considerar un desplazamiento espacial, aunque cabe señalar que sigue siendo muy representativo el ciprínido.

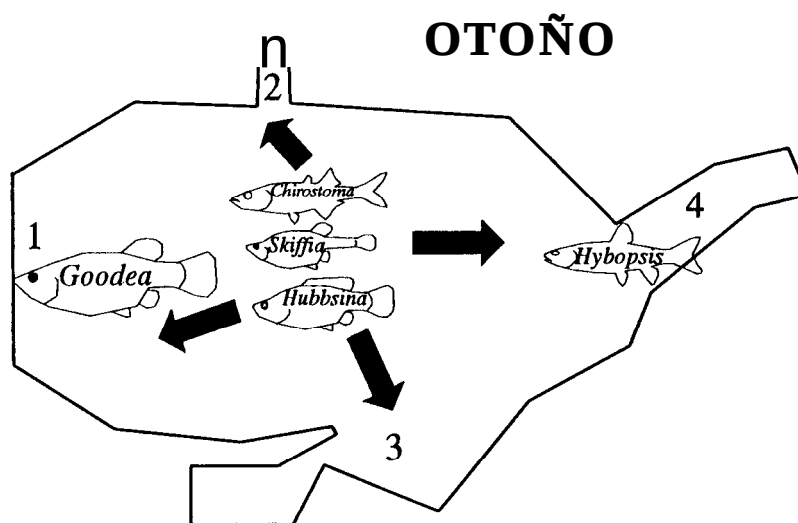


Figura 53. Distribución de las especies dominantes durante el otoño en las estaciones de recolección para la laguna de Zacapu.

Por su parte cabe destacar la reaparición de *A. robustus*, especie de actividad principalmente nocturna que, sin embargo, en esta época también se **encuentra** en el día, debido probablemente a la presencia de varios juveniles. Lo anterior al mismo tiempo, puede influir para que esta especie se distribuya más ampliamente en la laguna por lo que se capturó en todos los sitios de recolección, en base a que su alimentación es mayor en el plancton y los microcrustáceos del perifiton, haciéndola más susceptible a ser atrapada. Simultáneamente, la presencia de varias tallas trae como consecuencia una disminución del número de individuos **que consumen peces**.

Cabe agregar aquí que, en base a la alimentación y los tamaños alcanzados por *A. robustus*, se puede tener un reflejo indirecto de las características morfológicas de la laguna y de la calidad de su agua. Este pez es también, junto con las especies de *Goodea*, el género monoespecífico de mayor distribución y con respecto a su tolerancia está en un nivel intermedio, por lo que en la actualidad dicha distribución no es muy restringida (Díaz-Pardo *et al.*, 1993). Esta especie se ha considerado la más grande y corpulenta de la familia llegando a alcanzar los 200 mm de longitud (Fitzsimons, 1972) (170 mm en el presente estudio) encontrándosele preferentemente en aguas lénticas y no parece tolerar cuerpos de agua con fuertes alteraciones, en los cuales por lo general hay una población reducida tanto en número como en tamaño (Soto-Galera *et al.*, 1990). Sus hábitos alimentarios carnívoros reflejan un comportamiento en el tiempo (nocturno) y en el espacio (más hacia la zona limnética); su reproducción presenta un ciclo simple o único por lo que se limita a pocos meses: julio y agosto (Mendoza, 1962) y hace que se capture en determinadas temporadas. Todo esto es reflejo del sitio de dominancia que ocupa en la laguna, coincidiendo con otros estudios, como en el lago de Pátzcuaro, donde la captura también fue poca empleando la red tipo chinchorro (Rosas, 1976a). Por todas las características encontradas en los individuos de esta especie en **Zacapu** y siendo el carnívoro tope, se puede estimar un estado de salud no muy alterado de la laguna o de buena calidad del agua.

VII.2.5. CICLO ANUAL

Una especie, que si bien no es de las más dominantes pero se mantiene constante durante todas las épocas, es el goodeido *X.variata*. Dicha posición se puede deber a que este pez es de los de más amplia distribución en la familia ocupando la mayor parte de la cuenca hidrográfica del río Lerma tanto en la corriente principal, en las partes altas y bajas de sus afluentes, así como embalses, encontrándosele por lo tanto indistintamente en medios lóticos como lénticos (Fitzsimons, 1972; Díaz-Pardo *et al.*, 1989). Algo que es notorio también en esta especie es el incremento actual de su distribución, lo cual se atribuye a que es considerada ampliamente tolerante a los factores ambientales (Díaz-Pardo *et al.*, 1993). Por otra parte, *X.variata* ha ocupado lugares importantes en abundancia para otros cuerpos de agua, como la posición 3 en la laguna de Cuitzeo en el estudio de Chacón (1980) y la posición 2 en el mismo lugar por Medina *et al* (1991) y en la laguna contigua a **Zacapu**, Naranja de Tapia, en el segundo sitio (Benítez, 1995) y para **Zacapu** mismo también en el tercer lugar (Medina, 1993).

VII.3. DOMINANCIA. PONDERACIÓN DE ESPECIES DOMINANTES

El patrón que sigue la dominancia en cada muestra puede estimarse rápidamente, por lo común esto se hace al observar la columna de las abundancias relativas acumuladas, sin embargo en el presente estudio se **hizo al analizar el comportamiento de la columna del porcentaje acumulado del IV1 (PAR) en las planillas individuales (tablas 5, 7, 9 y II).** Usualmente, en comunidades con dominancia alta pocas especies acumulan un porcentaje significativo del número total de los individuos (80% o más), mientras que con baja dominancia se requiere de un número considerable. Se recomienda considerar un PAR del

95%, pues este criterio concuerda con el procedimiento de reducción de datos en estudios descriptivos de comunidades y que resulta en la eliminación de información poco significativa (generalmente la eliminación de especies raras). Muchas veces el PAR no se ajusta exactamente al 95% en cada muestra, y en ese caso se selecciona el número de especies asociado al valor del porcentaje acumulado más próximo pero mayor al 95% (Loya-Salinas y Escofet, 1990).

VII.3.1. INVIERNO (ENERO).

Hybopsis calientis presenta una distribución gracias a la cual la hace, en parte, la más representativa y si a eso agregamos que es una especie que conforma grupos a manera de cardúmenes, lo que en esta época se puede deber principalmente a una medida de protección contra los depredadores, a la búsqueda del alimento o en respuesta a una concentración del mismo (Nikolsky, 1963), nos recalca su dominio.

Acerca del sitio alcanzado por el goodeido *G. atripinnis*, algunas de las razones del lugar de dominancia que ocupa se podrían establecer al comparar con los estudios que se han elaborado sobre la misma especie. A nivel genérico, este es el más representativo de la familia por su amplia distribución (Uyeno *et al.*, 1983) y particularmente esta especie es la de mayor dispersión dentro del mismo, debido a que se le encuentra tanto en cuerpos de agua lóticos como lénticos (Barragán y Magallón, 1994). Tal situación ha originado que algunos autores como De Buen (1947) le asignen hasta seis subespecies, aunque en estudios más recientes se han disminuido a cuatro, teniendo como principal argumento su distribución (Barragán y Magallón, 1994). Además de lo anterior, *G. atripinnis* suele ser de las especies más abundantes en varios cuerpos de agua, por ejemplo, para el río Duero en el primero (Ledesma-Ayala, 1987), en Cuitzeo ocupando el segundo lugar (Chacón, 1980), en la presa Begonias también con el segundo lugar (López-López y Díaz-Pardo, 1989), así mismo en el lugar número dos para la subcuenca del río Angulo (Medina, 1993), en la laguna de Naranja de Tapia con el tercer lugar (Benítez, 1995), entre otros. Por otra parte, es importante mencionar otro atributo que la hace ser de las especies más comunes y abundantes, y es que se le ha considerado dentro del grupo de los peces tolerantes (Soto-Galera *et al.*, 1991; Díaz-Pardo *et al.*, 1993), ya que se encuentra en intervalos amplios en cuanto a parámetros físico-químicos (López, 1988), además de que su área de distribución es mayor que la previamente registrada (López-López y Díaz-Pardo, 1991).

Finalmente, en los estudios sobre aspectos biológicos que involucran al género y esta especie en particular, la captura se realiza con el mismo arte de pesca empleado en el presente trabajo lo que nos habla de la vulnerabilidad del goodeido al mismo, lo cual puede responder a que se le encuentra en la zona litoral ya que es ramoneadora y no tiene preferencia alimentaria a un momento del día puesto que presenta el estómago lleno tanto en la recolecta diurna como la nocturna. Para citar algunos de los estudios tenemos en Cuitzeo a Aguirre (1975, ejemplares usados por Duarte en 1981 para analizar la alimentación), en Pátzcuaro Mendoza (1962) sobre la reproducción y en cuanto a la alimentación Rosas (197Ga) y Nepita (1993).

En cuanto a las demás especies, pese a que en los resultados se mencionó que no se presenta la mayor actividad en ciertos aspectos biológicos como es la reproducción, no están ausentes, lo cual pudiera explicar el acomodo particular de la dominancia entre **Ch. humboldtianum** y **X. variata**. Aunque esta última especie supera en gran número a la primera, en cuanto a la biomasa se invierte el arreglo, por el hecho de encontrar una importante cantidad de individuos de tallas grandes para **Ch. humboldtianum**, incluso varios de ellos en estadios avanzados de desarrollo gonadal (Maldonado, 1995¹ *com. pers.*), situación no inusual, si consideramos que otras especies de este género en cuerpos de agua aledaños como es el lago de Pátzcuaro, tienen épocas reproductivas largas e incluso los máximos en el invierno [**Chirostoma estor** con época intensa de enero a marzo y un máximo en febrero (García de León, 1984); **Chirostoma patzcuaro**, época intensa de febrero a abril con un máximo en febrero (Rauda, 1987)]. Esto implica un movimiento hacia las orillas por parte de los ejemplares más grandes en busca del substrato adecuado para el desove (Rosas, 1976b) que en el caso de la laguna de Zacapu se tiene en las raíces del sauce y algunas macrofitas como **Myriophyllum** spp y **Ceratophyllum demersum** (Mora, 1995² *com. pers.*).

En lo que respecta a **X. variata** se caracterizó por una distribución más homogénea en diferentes tallas, incluso observándose varios individuos pequeños, aparentemente los que se reclutan a partir de la época anterior de reproducción a zonas de protección y alimentación en el litoral, y por su parte los organismos de tamaños mayores son hembras adultas en estadio de reposo, lo cual puede responder a que su ciclo reproductivo se extiende de marzo a diciembre en varios lugares (Godínez-Rodríguez, 1989; Díaz-Pardo et al., 1989). Retornando los atributos, la frecuencia de aparición nos destacó a **X. variata** como una especie más constante respecto a **Ch. humboldtianum**, sin embargo, esta última sólo no se encontró en una recolecta; además la dominancia relativa viene a ser el factor definitorio del predominio de la última sobre la primera, ya que como podemos ejemplificar en la estación 2, a pesar de que en el muestreo nocturno se capturaron 317 **X. variata** y solo 20 **Ch. humboldtianum** las otras especies que salieron en la redada también contaron con valores elevados de números de individuos [**H. calientis** (212), **H. turneri** (187) y **G. atripinnis** (92)]. Para el día por el contrario superó el aterínido con 76 ejemplares contra 1 del goodeido y salvo **H. calientis** (43) las otras especies tuvieron una abundancia baja [**H. turneri** (1) y **G. atripinnis** (2)].

VII.3.2. PRIMAVERA (MAYO).

H. calientis coincide en la reproducción de marzo a septiembre con las especies del cercano género **Notropis**, según López-López y Vallejo de Aquino (1993), o como en otros ciprínidos que lo hacen en primavera y principios de verano (Pfeiffer, 1955). Otra concordancia se tiene con la sugerencia de que una temperatura arriba de los 18 °C ha sido característica del inicio de la reproducción en ciprínidos de este tipo (Pfeiffer, 1955), dato

¹ P. de B. Rocío Maldonado tesista del Laboratorio de Biología Acuática en el área de Ictiología.

² P. de B. Idalia Soledad Mora Pineda tesista del Laboratorio de Biología Acuática en el área de Perifiton.

que se ajusta a las cifras constantes arriba de este valor en mayo para la laguna de **Zacapu** (tabla 22). Su incremento en número responde en parte a la conducta que siguen para este evento, juntándose en grupos de varios individuos a manera de cardúmenes y caracterizándose por ser desovadores bentónicos litófilos, es decir, desovan sobre piedras y otros substratos en la orilla en zonas someras, incluso en este proceso la gran mayoría de los huevos son devorados por los adultos (Contreras-Macbeth, 1990).

Para **G. atripinnis**, en cuanto a la reproducción, esta época representa el principio del proceso al tenerse el apareamiento. Así lo **señala** Mendoza (1962) para **Goodea** del lago de Pátzcuaro, ya que si bien el nacimiento de sus juveniles se presenta en julio y agosto como las demás especies integrantes de esta familia en el sitio, ésta en particular presenta un ciclo simple, es decir, una hembra tiene una sola camada en el **año, por lo** tanto el proceso de preparación para la misma es más largo y se empieza a incrementar en la primavera. Lo anterior el autor lo atribuye a las grandes tallas alcanzadas por esta especie en el sitio y lo corrobora al analizar otro goodeido también de gran tamaño (íi. **robustus**). **Goodea** en la laguna de **Zacapu** mantiene intervalos de talla grandes de hembras maduras afines a los reportados para Pátzcuaro (85-140 mm y 90-110 mm, respectivamente) (Mendoza, 1962). Cabe resaltar esto, porque los goodeidos se caracterizan por ciclos reproductivos largos y múltiples y en esta especie para varios sitios va de abril a septiembre intensificándose en el verano, pero debido a que las tallas son menores (54 mm) (Barragán y Magallón, 1994).

Finalmente en esta época, el arreglo de **Ch. humboldtianum** una vez más se pudiera relacionar con la reproducción, debido a que se tiene un incremento en la frecuencia de individuos reproductivos (54% en estadio de desarrollo gonadal V y VI), similar a varias especies de este género. En el lago de Pátzcuaro con **Chiostoma attenuatum attenuatum** cuya época más intensa de reproducción va de diciembre a mayo y otra en julio, con máximos en mayo y agosto (Morelos, 1987); **Chiostoma grandocule**, con época más intensa de enero a mayo y otra menos intensa de junio a octubre, con máximos en marzo y julio (Sánchez, 1992). Para el lago de **Chapala** **Chiostoma promelus** en los meses de diciembre, abril, mayo y junio, siendo más importante la observada durante la primavera; **Chiostoma sphyraena** con un incremento en la madurez en noviembre, diciembre y enero, así como mayo y junio, siendo las dos de relativa importancia (Aceves, 1989). Dicha comparación con otros lagos, se puede tomar con la finalidad de obtener elementos para comprender y completar los aspectos del ciclo reproductivo de **Ch. humbofdtianum** de **Zacapu**. Sin embargo, no hay que dejar de lado que en Pátzcuaro y **Chapala** al poseer especies simpátricas, es muy probable que desarrollen una exclusión reproductiva en espacio y tiempo, ya que existe la capacidad de hibridación (Andrade, 1990; Oseguera, 1990).

VII.3.3. VERANO (JULIO).

Hay una disminución en la dominancia de **H. calientis** y los goodeidos incrementan su valor, tal es el caso de **G. atripinnis**, en lo que puede ser una combinación de elementos como la distribución espacial de esta última especie y su alimentación (tallas grandes) su reclutamiento poblacional (tallas medianas) y la búsqueda de zonas de protección en la

orilla brindadas por las macrofitas (crías). Todos estos aspectos se pueden atribuir al resto de las especies de la familia en esta época y se deduce que existe de alguna forma una sincronía con la gran abundancia de las macrofitas sumergidas en la zona litoral, debido a que les brindan refugio y alimento ya que en estas aparece un espectro enormemente diverso de **microhábitats**, soportando una gran cantidad de organismos (Wetzel, 1981). Por otra parte si comparamos la curva de crecimiento de las macrofitas durante el año, se encuentra que el mayor valor de biomasa está en el verano, coincidiendo con los picos reproductivos de varias especies de goodeidos como por ejemplo **H. turneri** (Moncayo, 1993).

Debido a la importancia de estos elementos vegetales para las comunidades biológicas, ya que presentan una gran cobertura del cuerpo de agua, se definen enseguida algunas características que favorecen su permanencia, para evitar **acciones** que traten de disminuir sus poblaciones. La primera es en base a lo somero de la laguna de **Zacapu**, tomando en cuenta que la profundidad es un factor limitante para su arraigo, esto de acuerdo a la transparencia; en segundo lugar, lo truncado de sus orillas, la permanencia de los nutrientes en el fondo, el aspecto de alta capacidad de renovación hidráulica y el control manual de los lugareños que evitan la proliferación de las macrofitas flotantes. Esto es importante porque la presencia de dichas especies, generalmente exóticas como el lirio acuático (**Eichhornia crassipes**), suelen cubrir una buena parte del espejo de agua impidiendo la penetración de la luz y evitando así que se establezca la vegetación sumergida, además de causar la deplección del oxígeno. Cabe señalar también, que las macrofitas sumergidas tienen un ciclo anual bien marcado pasando el invierno en forma de yemas invernales (turiones) -de ahí su casi completa ausencia en dicha estación para la laguna-, se desarrollan y proliferan en la primavera alcanzando su máximo en verano y cuando llega el otoño comienzan a formar masas amorfas y semiesféricas de hojas abortivas, estos turiones se separan de la madre y se hunden (Wetzel, 1981).

VII.3.4. OTOÑO (OCTUBRE).

Particularmente para este mes, el incremento en el valor de dominancia de **G. atripinnis** superando a **H. calientis**, puede deberse a la buena representatividad de todas sus tallas al tenerse el nacimiento de varias crías. Sobre el ajuste de esta especie al evento reproductivo, el cual, a partir del tamaño que alcanzan los individuos de su población en **Zacapu**, se estima que coincide con el patrón etológico de **G. luitpoldi** del lago de Pátzcuaro, en lo que sería un ciclo simple, aunque concuerda en cuanto a los otros estudios de **G. atripinnis** en diferentes lugares con un ciclo reproductivo largo.

Esta característica intermedia en el patrón de conducta reproductiva por parte de **G. atripinnis**, requiere de un análisis más fino porque hay una confusión prevaleciente hasta la actualidad en la separación las especies de este género (Barragán y Magallón, 1994) y por lo tanto, se cree que los ejemplares de la laguna de **Zacapu** pudieran brindar una alternativa de la redefinición de la especie. A **G. atripinnis** y **G. luitpoldi** ya se les había diferenciado en forma específica (Hubbs y Turner, 1939; De Buen 1942-43), sin embargo, hubo una serie de estudios posteriores donde se les agrupaba como subespecies **G. a. atripinnis** y **G. a.**

luitpoldi (De Buen 1947; Alvarez, 1970) y aún en el empleo de otras características anatómicas y morfológicas, las tres especies de **Goodea** resultaron prácticamente idénticas en la configuración de los poros y canales sensoriales e incluso fueron las menos variables que cualquier otra del mismo grupo (Fitzsimons, 1981). Por su parte Uyeno **et al. (1983)** las **diferencian** en cuanto a los cariotipos, sin embargo en un estudio de la bioquímica genética de los goodeidos Grudzien **et al. (1992)** - a pesar de que solo utilizaron *G. atripinnis* y no *G. luitpoldi* - encontraron relaciones que no concordaban con las derivadas del análisis de los cromosomas, tal fue el caso de ***Xenotoca variata*** que cariotípicamente era intermedia entre *X. eiseni* y ***X. melanosoma*** y electroforéticamente resultó afín a otras especies, lo cual fue apoyado por experimentos de hibridación resultando viables en la cruce ***X. eiseni*-*X. melanosoma*** más no en el intento de éstas dos con *X. variata* (Fitzsimons, 1974). Incluso, dentro de la misma electroforesis se descubrió para ejemplares de *G. atripinnis* una diferenciación intralacustre de 9 poblaciones en el lago **Chapala** lo que reflejaba gradientes de selección este-oeste, ratificándose la gran variabilidad de la especie (White y Turner, 1985). Se hace esta recapitulación en vista de la presencia de tallas grandes de *G. atripinnis*, puesto que se consideraba que la conformaban individuos más bien chicos (Hubbs y Turner, 1939).

VII.3.5. CICLO ANUAL.

Una aproximación de la evolución en el ciclo anual de la estructura de la comunidad observada a partir de la recolecta de 1991-92 (Moncayo, 1993) y los datos del estudio actual, aclarando que se requiere de mayor tiempo para definirla con exactitud, indica que se inicia en un punto al cual se vuelve a llegar retornando las especies sus valores proporcionales de dominancia donde partieron al principio de la comparación. Esto es lo que define Odum (1972) como fluctuaciones de población y las llamadas oscilaciones “cíclicas” y aquí intervienen los cambios estacionales en el volumen de la población, **regidos** por los factores ambientales y las fluctuaciones anuales. Dentro de estas últimas, el mismo autor distingue dos sentidos: a) fluctuaciones **regidas** ante todo por diferencias anuales en el medio físico o por factores extrínsecos y b) oscilaciones dependientes en primer lugar del dinamismo de la población o de factores intrínsecos. Por regla general, las primeras propenden a ser irregulares y están relacionadas con uno o más factores limitativos en tanto que las segundas presentan a menudo una regularidad tal que los términos “oscilaciones” o “ciclos” parecen ser los apropiados para definirlas.

Esta ritmicidad es tan notable que se da el nombre de fenología al estudio de los cambios estacionales y puede advertirse su importancia si tomamos en consideración que la cronología de los fenómenos es decisiva para las interacciones biológicas. En zonas templadas son más marcados los fenómenos estacionales tanto que se cree que estos no están presentes en la regiones tropicales, tal es el caso de la laguna de **Zacapu**, pero este concepto es erróneo ya que se basa en los registros de temperatura y no en observaciones biológicas (Krebs, 1985). Los datos se reflejan de esta manera y se hace la observación, porque **Zacapu** se incluye dentro de los **lagos** tropicales de altura, esto se puede interpretar que de a cuerdo a la altitud podría llegar a tener la una estacionalidad afín a los sitios

templados, sin embargo, en base a los factores meteorológicos, su profundidad e hidrodinámica, las épocas más marcadas son las de lluvias y las de estiaje y los cambios de conducta de las especies son consecuencia también de la interacción de unas con otras. Margalef (1980) ejemplifica estas fluctuaciones o ritmos anuales en cuanto a los animales describiendo que afectan las condiciones de alimentación y también varía el probable éxito de la función reproductora ya que es necesario que los individuos de ambos sexos sean fecundos de manera simultánea y la sincronización debida se consigue unificando el ritmo de la reproducción para toda la especie. Estas actividades y otras, requieren una preparación o anticipación, y por esto la organización temporal de la vida, en lo que se refiere a extensiones de tiempo por un año, implica frecuentemente ritmos endógenos.

VII. 4. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

VII.4. INSPECCIÓN DE LAS VARIABLES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS

El propósito del análisis de **varianza** es calcular las diferencias entre las medias de los grupos como una medida de dispersión de los valores alrededor de la misma (Daniel, 1991). Siguiendo el empleo de esta metodología se obtiene la distribución muestra1 del radio de los cuadrados medios, el **F-radio** y puede ser utilizado para una prueba estadística de desviación de la hipótesis nula al compararlo con el **valor crítico de F**. La **distribución de F** depende de dos registros de grados de libertad y **elegida** a un nivel de significancia 95% (por convención esta es una probabilidad $P = 0.05$) el **valor crítico de F** así obtenido solo será igual o excederá al **F-radio** cuando la hipótesis nula es verdadera en el 5% de los casos, la cual es planteada como medias iguales. Así, un valor observado de F tan grande como, o mayor que el valor de tablas nos dará como resultado la improbabilidad de que la hipótesis nula sea verdadera, y por lo tanto se rechaza (Underwood, 1981).

Se utilizó el procedimiento de comparación múltiple propuesto por Tukey o Diferencia Verdaderamente Significativa (DVS) con una probabilidad alfa del 95%, ya que se presenta como el más robusto con respecto a las desviaciones de los supuestos acerca de cuáles parejas de medias son diferentes. En este es empleado un solo valor con el que se comparan todas las diferencias posibles entre las parejas de medias y cualquiera que proporcione un dato absoluto que exceda la DVS se considera como significativo (Zar, 1984).

Algo más que cabe aclarar es que pese a la influencia de magnitud de los atributos individuales, no se aplicaron los valores del IV1 para el análisis de varianza, debido a que la finalidad del mismo es estimar y probar hipótesis acerca de medias de la población y como se destaca en la metodología, el resultado del IV1 es un valor cerrado en 400 consecuencia de la suma de los atributos en forma relativa, por lo tanto la media será la misma en todos los casos. Por lo tanto, se llevo a cabo este análisis tanto con la abundancia y la biomasa para comparar y no tener sesgos al emplear uno solo de ellos.

A partir de la discusión de los aspectos conductuales de las especies según lo descrito para la estructura de la comunidad, se tiene que el cambio de la abundancia de las especies en el día y la noche pudiera ser reflejo de lo definido como predilección a un momento particular del ciclo circadiano, y para citar algunos ejemplos tenemos el caso del patrón de comportamiento antagónico del **Ch. humboldtianum** y **X. variata** y el pronunciado aumento de **Skiffia** spp en el verano durante la noche para la estación 2. En cuanto a la biomasa es probable que no se presente una diferencia significativa porque, como en el caso de **G. atripinnis**, si bien se encontraron distintos tamaños para el día y la noche, fue tal la abundancia de las tallas menores que el peso también fue proporcional. Esto asimismo se puede argumentar para el **Ch. humboldtianum** en su patrón reproductivo conductual y el gran número de juveniles encontrados en el verano.

En cuanto a las estaciones del año, el análisis expone la posibilidad que tanto la abundancia al igual que la biomasa muestren diferencia y en el análisis de comparaciones múltiples, se tuvo que es probable con respecto al otoño en el primer caso y al verano y otoño en el segundo. Como se ha comentado anteriormente, el cambio de la dominancia de las especies se viene presentando a través del año de acuerdo a las oscilaciones cíclicas o estacionalidad en los patrones de conducta hacia la alimentación y la reproducción de las especies. Cabe tomar como ejemplo la gran dominancia de *H. calientis* en la primavera, que si bien cambió en las siguientes épocas no significa una disminución en el número de individuos de la población, sino que en julio y octubre existió una gran afluencia de los goodeidos, lo que automáticamente se reflejó en la fluctuación de estos dos atributos. Adicionalmente, cabe agregar que dichos cambios pueden implicar un desfase en la reproducción para evitar la depredación de huevos y crías, además la mayor cantidad de especies de peces en los lagos tienden a reproducirse en diferentes momentos y esto resulta de una sucesión definida de las larvas planctónicas en aguas abiertas y posteriormente la sucesión pero ahora de los juveniles a las zonas de la orilla. Muchos adultos y juveniles hacen migraciones a profundidad u otras partes de estos cuerpos de agua, resultando en un cambio estacional de la dominancia y composición de las especies en algunos hábitats particularmente en la zona litoral (Moyle y Cech, 1988).

En lo que respecta a las variables ambientales, queda expuesta la posibilidad de que no existe una diferencia significativa en el sentido espacial a partir del análisis, lo que se puede interpretar como la presencia de homogeneidad en la columna de agua de la laguna hacia la zona litoral; situación la cual es posible que se basara en la someridad del cuerpo de agua, su gran capacidad de renovación hidráulica (García y col. en prensa) y a que este es un remanente de un lago de mayores dimensiones. Sin embargo, es importante resaltar el sentido de exploración de esta metodología y a que se tomaron solo un número bajo de parámetros y en ciertos sitios, los cuales contienen elementos de influencia como los afluentes y efluentes o actividades recreativas. Partiendo de lo anterior, es más probable que la distribución de las especies se vea influenciada mayormente por las características biológicas del hábitat, al presentarse substratos específicos, más que por los factores abióticos o de calidad del agua de la columna.

Para el sentido temporal en las estaciones del año dicha constancia es más sorprendente, esto debido a que en lo que corresponde al aspecto climático los efectos de la latitud donde se ubica la laguna son significativos solamente durante los cambios estacionales, presentándose una circulación general de la atmósfera, más aparte se ven afectados en base a la localización geográfica, las diferencias de altitud y los efectos de la orografía lo que hace de la Altiplanicie Mexicana una región climática sensible en su conjunto (Chacón, 1993). Dado que Michoacán se encuentra situado dentro del trópico, la posición relativa del sol se desplaza en ángulo recto dos veces por año, no desviándose más allá de los 47 grados con respecto a la vertical del mediodía, resultando de este desplazamiento una distribución homogénea de la insolación a lo largo del año. Es, sin embargo, la interacción de la circulación atmosférica con el relieve abrupto del Altiplano Mexicano lo que define la distribución de la temperatura y la precipitación partiendo del

nivel del mar hasta más de 3000 metros. Así, las variaciones estacionales están afectadas principalmente por los movimientos anuales y latitudinales de la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ), siendo esta zona de encuentro de los vientos del este procedentes del hemisferio norte y sur.

Por lo anterior, con base a las características climáticas, cabe destacar que sí se presenta temporalidad en las variables abióticas como es el caso de la temperatura, pH y oxígeno (figura 54), debido a lo que se cree improbable tal resultado, el cual pudiera ser un efecto del tipo y cantidad de los datos recolectados sobre las características del análisis. Aunque, por otro lado, la presencia de ciertos procesos tanto físicos como químicos intervienen para no denotar cambios significativos, de ahí que no se presentan algunos eventos biológicos, como las reducciones importantes del oxígeno que se espera pueda sufrir la zona litoral periódicamente a causa de los elementos característicos, tal es el caso de las macrofitas, que al alcanzar el final de la estación de crecimiento sus poblaciones envejecen y mueran descomponiéndose (Wetzel, 1981). Lo que hace probable que los procesos hidrodinámicos puedan en parte compensar su efecto e incluso aminorar la estacionalidad de los parámetros dentro del cuerpo de agua.

En cuanto a los cambios entre el día y la noche comunes en cuerpos de agua de este tipo y expuestos como probables por el análisis de varianza, pueden responder a tres parámetros aparentemente, el oxígeno, la temperatura y la conductividad eléctrica. El oxígeno juega un papel muy particular en **Zacapu** ya que es común una sobresaturación durante el día en los primeros metros y valores altos en la noche (tabla 22, ver además la figura 55). Las posibles causas que originan esto pudieran numerarse como:

1) La gran productividad, representada por un número muy abundante de diatomeas y macrofitas sumergidas, que partiendo de una alta transparencia generan mucho este gas. Hutchinson (1975) a este respecto discute que el agua puede estar sobresaturada durante el verano y aún ser capaz de ganar oxígeno más rápidamente que lo permitido según la estimación de la tasa neta de producción en un punto de muestreo, puesto que el desarrollo de la vegetación marginal hace evidente una mayor incorporación de oxígeno en el litoral, el cual incluso se puede difundir lateralmente hacia la zona limnética. Por lo tanto, es evidente que los máximos que pueden llegar hasta el 400 por ciento de saturación, son casi siempre debidos a la producción de oxígeno por las poblaciones de algas y macrofitas, cuyo desarrollo supera a las pérdidas sufridas por sedimentación en la zona litoral (Wetzel, 1981). La transparencia como se ha comentado es importante, ya que afecta la entrada de la luz y las concentraciones y sobresaturación de oxígeno en la zona litoral, lo cual depende en forma importante por un exceso de actividad fotosintética (Wetzel, 1981). Hutchinson (1975) también comenta que la zona iluminada o trofógena corresponde muy cercanamente al epilimnion, de tal suerte que el agua enriquecida con oxígeno será continuamente mezclada con el resto del epilimnion.

Cuando se tiene un débil incremento y descenso diurno del oxígeno, el efecto final en el cuerpo de agua es generalmente despreciable, sin embargo el régimen de oxígeno de

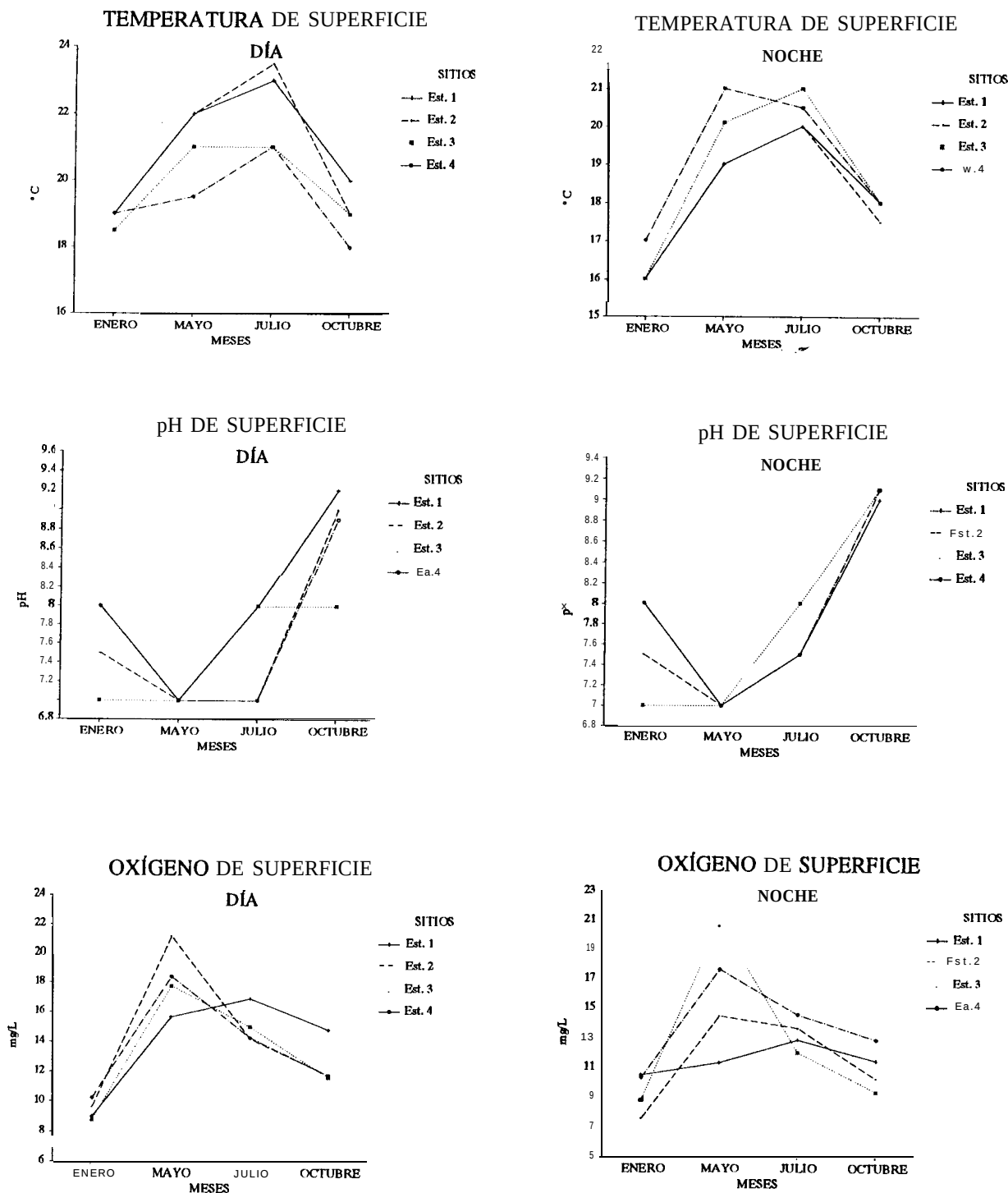


Figura 54. Variación estacional de diferentes parámetros físicos y químicos en los distintos sitios de recolecta durante el día y la noche.

la zona litoral con macrofitas presenta una marcada variación entre la noche y el día (figura 55) (Hutchinson, 1975; Wetzel, 1981). Si el cuerpo de agua es lo suficientemente transparente y como en **Zacapu** es asimismo somero, la fotosíntesis puede incluso presentarse en el hipolimnion, teniendo los máximos de oxígeno sincronizado con los máximos de crecimiento en verano de densas poblaciones de macrofitas (Wetzel, 1981).

Tabla 22. Variables ambientales analizadas durante las recolectas realizadas en 1995.

	Día				Noche			
	MESES				MESES			
PARÁMETROS	enero	mayo	julio	octubr	enero	mayo	julio	octubr
Profundidad (m)	2,02	2,71	2,92	3,14	2,02	2,64	3,19	3,43
Temp Sup (° C)	18,88	21,13	22,13	19,00	16,25	19,78	20,38	17,88
Temp Fon (° C)	16,75	18,50	17,75	17,88	15,95	17,58	16,50	17,25
pH sup	7,42	7,00	7,26	8,49	7,42	7,00	7,58	9,05
pH Fon	7,42	6,22	6,68	8,16	7,42	6,22	6,44	0,00
Transp (cm)	150,00	85,00	120,25	150,00				
Oxig Sup (ppm)	9,41	18,24	15,10	12,49	9,25	15,99	13,22	10,93
% de saturación	124,00	260,00	220,00	174,00				
Oxig Fon (ppm)	6,83	8,46	10,27	8,17	3,12	6,95	7,38	7,25
% de saturación	91,00	117,00	140,00	112,00				
Cond sup (μs)	152,50	162,50	172,50	162,50	195,00	180,00	182,50	190,00
Cond Fon (μs)	145,00	152,50	160,00	167,50	192,550	182,50	165,00	180,00

Cabe hacer la observación de que una gran sobresaturación se presenta en aquellos lagos que son muy productivos, sin embargo, se tienen reportes en los cuales la respiración nocturna de las algas pueden crear un muy marcado déficit de oxígeno en la superficie (Hutchinson, 1975). Aunque no se cuenta con una medida de eutroficación de la laguna de **Zacapu**, se puede concluir que no es muy elevada, porque en los lagos muy **eutróficos** las algas fitoplanctónicas proliferan con una profusión a tal grado, que limitan el desarrollo de las macrofitas a una zona estrecha, y si se llega a la **hipereutrofía** las fluctuaciones diurnas pueden ser de sobresaturación a anoxia (Wetzel, 1981). Como ejemplo de esto tenemos a la laguna de Cuitzeo (Alvarado *et al.*, 1984).

Ciclo Dial en la Estación 1

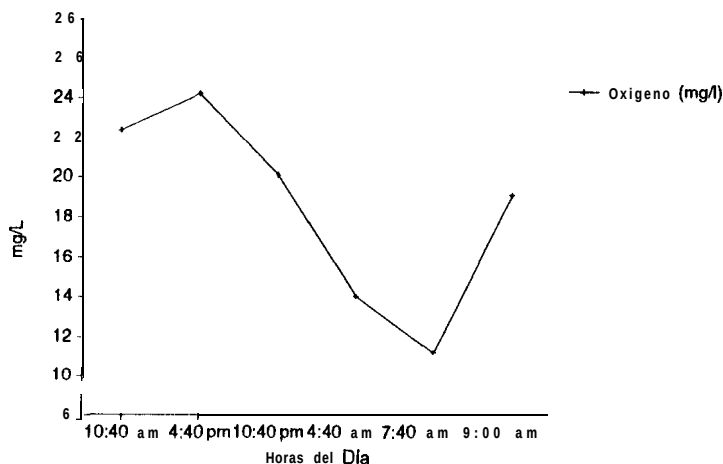


Figura 55. Ciclo dial midiendo el oxígeno cada 6 horas para la estación 1 durante el mes de julio de 1992.

2) Otra de las causas que conjuntamente pueden ocasionar la sobresaturación, es la entrada de los vientos a la laguna por las zonas más expuestas (SE- NW vientos dominantes y NE-SW), los cuales permiten una gran oxigenación y un eficiente intercambio superficie del agua - atmósfera. Por lo tanto, y como ocurre en el lago de Pátzcuaro, es muy probable que el patrón de vientos se vea afectado dentro del sistema debido al relieve de la cuenca (Chacón, 1993). De tal suerte que las máximas elevaciones proporcionen en **Zacapu** protección de las corrientes de aire, como son los cerros del Tecolote, la Caja y el Tule al sur y suroeste respectivamente, con altitudes mayores de 3000 msnm y al oeste y noroeste la zona pedregosa, **malpaís**, formada de cuerpos basálticos de grandes masas. Además, es importante agregar que puede haber una relación en cuanto a la velocidad del viento y la época del año, cuya mayor intensidad se alcanza durante el invierno en **lagos** como **Pátzcuaro** (Chacón; 1993), lo cual pueda propiciar en **Zacapu** una constancia de valores altos de oxígeno durante este período.

3) El paso del oxígeno a través de la interfase aire-agua forma parte de la teoría y experimentos de laboratorio en donde se puede suponer que el agua puede estar tan bien y continuamente mezclada que no se desarrolla un gradiente de oxígeno. Conjuntamente se tiene a la temperatura más bien baja, tomando en cuenta que la solubilidad de este gas se ve afectada de manera no lineal por la temperatura aumentando considerablemente al disminuir la misma en el agua (Hutchinson, 1975; Wetzel, 1981). En el invierno los valores del coeficiente de entrada del oxígeno son uniformemente altos con respecto al verano (Hutchinson, 1975), lo que nos explica en parte la persistencia constante de este elemento en la laguna para dicha época y su reducido cambio estacional.

Con respecto a la temperatura, hay otras maneras por medio de las cuales se puede producir sobresaturación en **lagos** con cierta estratificación exclusivamente por efectos

físicos. A partir de la curva que relaciona la solubilidad del oxígeno del aire a cualquier presión atmosférica dada, la temperatura se presentaría marcadamente cóncava, y puesto que iguales volúmenes de agua a diferentes temperaturas son mezclados sin una ganancia o pérdida de calor, estas se modifican a una temperatura marcadamente diferente a partir de la media aritmética de sus temperaturas originales, esto hará evidente que si los dos volúmenes estuvieron saturados a su temperatura original, ahora estarán sobresaturados a su nueva temperatura intermedia (Hutchinson, 1975).

4) Un aspecto adicional en la sobresaturación y constancia en las medidas de oxígeno a través del año, es que se tengan valores altos de dicho elemento en los afluentes de los manantiales que alimentan este cuerpo de agua (6.8 mg/L promedio anual en los manantiales de “La Angostura”, tomado de Cortés, 1996), y que a su vez provocan un proceso dinámico que no dejan que exista un estancamiento del agua y por ende un agotamiento salvo en los sitios profundos. En los cuerpos de agua los complejos mecanismos hidrodinámicos dependen en las fluctuaciones de sus afluentes, morfometría y características de los efluentes. A este respecto hay la contribución en la difusión del oxígeno a través de los movimientos del agua que se presentan principalmente de tres maneras: la turbulencia vertical, las translocaciones horizontales y las corrientes de densidad (Wetzel, 1981).

En la turbulencia vertical participa el viento, en tanto que en los movimientos horizontales se puede considerar que intervienen tanto el viento como los afluentes creando lo que se denomina “secas”, que son ondas estacionarias tanto superficiales como internas, término que se utiliza para referirse a la exposición al secado periódico de las zonas profundas del litoral (Wetzel, 1981). Se ha supuesto que estos movimientos juegan una parte considerable en la mezcla de agua deficiente de oxígeno en los bordes de los perfiles del hipolimnion. Finalmente, las corrientes de densidad son atribuibles principalmente a los afluentes y estas se registran arriba de la interfase agua-sedimento por diferencia de temperatura de las masas de agua y la difusión de materiales del fondo, que puede causar un lento descenso del agua a la microzona en las partes más profundas de la laguna (Hutchinson, 1975). En Zacapu las bajas temperaturas de las entradas de los manantiales se hace perceptible en la conformación de estratos. Adicionalmente, es probable que un flujo convectivo intervenga para el cambio de oxígeno que se observa en la noche, tales movimientos se deben tanto a la evaporación y otros tipos de pérdida de calor (Hutchinson, 1975).

5) La última posibilidad, sujeta a estudios más finos, sería la de un equilibrio del balance de los nutrientes en la superficie que no permita el consumo de este elemento por parte de otros procesos biológicos donde no intervengan las algas. Esto es factible, sin embargo, hay que tomar en cuenta que se tiene una declinación importante de oxígeno por un número variado de agentes desoxigenantes como: (1) la respiración animal; (2) la respiración de las plantas por la noche; (3) respiración bacteriana en la descomposición de la materia orgánica en sedimentación y (4) oxidación química de la materia orgánica en solución (Hutchinson, 1975).

Por su parte, la temperatura sigue un proceso común de disminución hacia la noche y se ha detectado que puede conformar gradientes verticales muy específicos, no con el título de termoclina por la poca profundidad de la laguna y debido a que este se deriva a partir de una diferencia de densidades por la baja temperatura de los afluentes. En cuanto a la conductividad se puede tener que en su cambio intervengan procesos biológicos así como físicos, por ejemplo su relación inversa con la temperatura, lo que determina los valores mayores para la noche en las diferentes épocas analizadas, sin embargo cabe aclarar que dichos cambios no son significativos con respecto al intervalo de variación de este parámetro en cuerpos de agua (tabla 22).

Para concluir la discusión en base a los aspectos abióticos, es conveniente referirnos a las características individuales de la laguna de **Zacapu**, con sus aproximadamente 33.5 Ha actuales, así como sus afinidades con otros **lagos** michoacanos (tabla 23). Zirahuén mide 1,045 Ha y es el más profundo (43 m profundidad máxima) así como más transparente y con bajas concentraciones de nutrientes y materiales en suspensión. Cuenta con valores relativamente altos de pH (8.1), con sus niveles de oxígeno disuelto siempre cerca de la saturación (93%). El área ocupada por vegetación acuática es mínima en las zonas litorales, por lo tanto el aporte de oxígeno es resultado de la acción combinada de su arroyo tributario, del viento y la acción del oleaje, más que de la actividad fotosintética (Chacón, 1993).

En contraste, la laguna de Cuitzeo es muy somera (profundidad máxima de 2 m) y turbia, representando uno de los cuerpos de agua más grandes de la República Mexicana con 42,000 Ha. Considerando el avanzado proceso de deterioro, los valores de las características físicas y químicas son extremas, con alta conductividad, pH, bajos valores de transparencia y contrastantes concentraciones de oxígeno disuelto (Chacón, 1993).

Por su parte Pátzcuaro ocupa una posición intermedia con 9,000 Ha y una profundidad máxima de aproximadamente 12.2 m, presenta un proceso continuo de mezclado por lo que sus componentes inorgánicos del agua exhiben una distribución horizontal y vertical uniforme. Esto se demuestra con los valores homogéneos y relativamente altos de pH, Conductividad, entre otros, lo cual a su vez refleja la naturaleza geológica y edafológica del lago derivados de cenizas volcánicas, magma y lavas. Los niveles de oxígeno están cerca de la saturación y no hay diferencias en la columna de agua. En el lago de Pátzcuaro se observan áreas con altas densidades de vegetación acuática en zonas litorales de pendiente suave. Los resultados de los ciclos diales muestran fluctuaciones significantes en los niveles de oxígeno, aunque el mínimo registrado no fue un valor extremo (Chacón, 1993).

A partir de la información en la tabla 23, **Zacapu** ocupa una posición un tanto intermedia entre Cuitzeo y Pátzcuaro, aproximándose en un mayor número de caracteres con el último. Como ya se han hecho las consideraciones a lo largo del trabajo, **Zacapu** presenta aspectos que le confieren su propia identidad y para obtener conclusiones más completas sería necesario analizar muchos parámetros más.

Tabla 23. Comparación de algunos parámetros físicos y químicos en cuatro cuerpos de agua michoacanos. Los datos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén fueron tomados de Chacón (1993).

PARÁMETROS	Cuitzeo	Zacapu	Pátzcuaro	Zirahuén
Altitud msnm	1820	1980	2035	2077
Profundidad promedio (m)	0,26	2,70	4,9	18
Temperatura del agua °C	18	19	16,3	15
Transparencia de Secchi (m)	0,1	1,26	0,4	6,5
Potencial de Hidrógeno	10,4	9,1	9,3	8,1
Oxígeno disuelto mg/L	1,8	11,90	7,1	7,3
Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	6595	159	820	75

VII.4.2. INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES COMUNITARIAS Y AMBIENTALES

En el análisis de las comunidades ecológicas, continuamente se requiere de inferir las relaciones de las especies con el ambiente a partir de los datos de la composición comunitaria y las medidas asociadas al hábitat. Los datos más comunes consisten en dos registros: los de ocurrencia o abundancia de un número de especies en una serie de sitios y la información de determinadas variables ambientales medidas en los mismos lugares (Ter Braak, 1986).

La correlación lineal simple considera una relación lineal entre dos variables, sin asumir interdependencia entre ellas. Una correlación positiva implica que para el incremento en el valor de una de las variables, la otra variable también incrementa en valor; una correlación negativa indica que el incremento en el valor de una variable está acompañado por el decremento en valor de la otra variable. Si $\sum xy = 0$, entonces $r = 0$, y uno tiene una correlación de cero, denotándose que no existe una asociación lineal entre las magnitudes de las dos variables; esto es, el cambio de la magnitud de una no implica el cambio en la magnitud de la otra. El coeficiente de correlación no es una medida del cambio cuantitativo de una variable con respecto a otra, pero si es una medida de la intensidad de asociación entre las dos variables (Zar, 1984).

En cuanto al análisis global, la primera relación inversa entre la **abundancia**-temperatura de fondo se puede deber principalmente a las actividades biológicas conductuales sobre todo la reproducción de las especies dominantes, en la búsqueda de condiciones adecuadas como el sustrato para la oviposición y el mayor flujo como en las corrientes de densidad. Se considera esta la causa del resultado, porque habría de esperarse el sentido inverso, debido a que todas las actividades de estos organismos están basadas en

reacciones químicas influenciadas en forma importante por este parámetro. En efecto, la temperatura es uno de los factores ambientales más importantes por la condición poiquiloterma de los peces, puesto que su temperatura del cuerpo está determinada pasivamente por la temperatura de su alrededor. Retornando la tendencia al cambio de estos parámetros en la laguna, encausándose hacia la estacionalidad, además de que se tiene un cambio entre el día y la noche, pueden ambos no ser tan cruciales, aunque ciertamente algo significativos, para las actividades de los peces. Por otra parte, esa paulatina modificación de la temperatura pudiera haber permitido que no se esté completamente a merced de los cambios bruscos en el ambiente y que varios de estos organismos hallan llegado a desarrollar una variedad de adaptaciones fisiológicas y bioquímicas para alcanzar un grado de independencia metabólica en la temperatura corporal por medio de la aclimatación (Eckblad, 1980).

La otra relación fue directa entre la abundancia con la conductividad de fondo. Es probable argumentar ésto en dos maneras distintas, de acuerdo con lo expuesto anteriormente sobre las actividades biológicas conductuales que realizan los organismos: la primera sería porque los peces, de acuerdo a su comportamiento, expusieran directamente los materiales del fondo cuyos elementos forman parte importante de los iones que determinan la cuantificación de este parámetro; la segunda posibilidad reflejaría la afinidad de los organismos con algunos procesos físicos, como las corrientes de densidad, ya que en estos flujos de agua se presenta difusión de los materiales del fondo, que tan solo por el origen y elementos constituyentes de la laguna, cuentan con Ca y Mg entre otros. Cabe señalar que los valores de conductividad que presenta la laguna se encuentran en un término medio, lo que no le da una característica muy particular como suelen ser los extremos en las escalas, y en cuanto al aumento para la noche - no siendo esto significativo - se puede deber principalmente a su relación inversa con la temperatura. La conductividad involucra la concentración de varios elementos o iones que habitualmente se valoran, como Ca, Mg, Na, K, HCO₃, Cl, SO₄, los cuales muestran una correlación mutua elevada, y tanto su conjunto como la concentración de cada uno de ellos está positivamente correlacionada con este parámetro (Margalef, 1983).

Para el invierno, la relación directa abundancia-transparencia y biomasa-transparencia pudiera implicar una mayor capacidad de captura de los individuos del plancton y aún los que se encuentran relacionados con el perifiton pasando la capa de sobresaturación al tenerse buena visibilidad aún en el fondo. Esto pudiera resolver, en parte, la preferencia hacia determinados sitios de las diferentes especies como *Ch. humboldtium* y *G. atripinnis* que tuvo tallas pequeñas y alto consumo de cladóceros en la estación 2, la cual tiene una mayor transparencia. En cuanto a la noche, esto se puede relacionar a la actividad nocturna de varias especies de peces y particularmente a la distribución de las presas, ya que en observaciones de campo se tuvo la mayor concentración de zooplancton a los 2.30 m, consecuencia probable de la gran concentración de oxígeno en la superficie (tabla 22).

La primavera y su relación abundancia-oxígeno de fondo y profundidad en el día, pudiera estar determinada por el patrón de dominancia de las especies y corroborando en

cierta forma lo explicado de la conducta reproductiva del *H. calientis*, la especie más característica de esta época que tiene una puesta de sus huevos en el fondo. Para la noche la relación directa tanto de biomasa y abundancia con la conductividad de fondo, es probable que esté influida, en parte, por el Ch. *humboldtianum*, a partir de lo que se dedujo acerca de que los individuos de esta especie tienen su oviposición nocturna.

En el verano y el otoño las correlaciones con valores altos pudieran relacionarse con las actividades biológicas afines de los organismos en ambas épocas. En la primera se tuvo la relación directa abundancia-oxígeno de superficie y la biomasa-oxígeno de fondo, mientras que para el otoño se encontró la concordancia de la abundancia con la transparencia y la biomasa con el oxígeno de fondo. La razón probable es que en las dos épocas hay el nacimiento de crías e incorporación de juveniles en la mayoría de las especies y estos se encuentran principalmente en la superficie o bien las zonas más someras con macrofitas, mientras que los adultos se dirigen hacia el fondo aportando mayor peso, como en la conducta que se definió para *G. atripinnis*. Afín a esta conducta, se pudiera explicar la relación directa en la noche de la biomasa con el oxígeno de superficie para el verano, por la afluencia de los adultos a la orilla.

El término ordenación es usado en forma global referente a un ordenamiento en cualquier número de dimensiones (preferentemente pocas) que aproxima algún patrón de respuesta de un registro de objetos. Uno de los objetivos generales de la ordenación es ayudar a generar hipótesis acerca de la relación entre la composición de las especies en un sitio y los parámetros ambientales analizados (Digby y Kempton, 1994). El Análisis Canónico de Correspondencia (CCA) es una técnica multivariada de análisis de gradiente directo (estimaciones simultáneas), en el que un registro de especies es directamente relacionado a otro de variables ambientales. Esta metodología cuenta con la ventaja sobre otras técnicas ya que identifica sobre una base medioambiental la automática obtención de una interpretación de los ejes de ordenación de la comunidad, por medio de la detección de los patrones de variación en la composición de la misma, que pueden ser explicadas de la mejor forma por las variables abióticas. En el diagrama de ordenación resultante se muestra dicho patrón de variación y además, en una forma aproximada, la distribución de las especies a lo largo de cada variable ambiental. El fundamento de la técnica se deriva a partir de un modelo de empaquetamiento de las especies donde cada una de las mismas se asume que tiene una superficie de respuesta Gaussiana (en forma de campana) con respecto a los componentes de los gradientes ambientales. El nombre de esta metodología responde a que es una técnica del análisis de correspondencia en la cual los ejes son elegidos a la luz de los variables ambientales (Ter Braak, 1986).

Entre las reglas de la interpretación del diagrama de ordenación de este análisis, se tiene que son idénticas que para la unión de puntos de las especies y las flechas de los factores ambientales que en el caso de la graficación simultánea (biplot). Dicha graficación simultánea se ha utilizado principalmente en el análisis de componentes principales, pero éste es esencialmente solo la unión de los puntos de dos tipos de entidades que permiten una particular interpretación cuantitativa (Ter Braak, 1983). La unión gráfica de las especies

y variables ambientales en el CCA es de hecho una **graficación** simultánea con la diferencia de que ésta provee una aproximación de mínimos cuadrados ponderados de las medias ponderadas de las especies con respecto a las variables abióticas (Ter Braak, 1986).

El resultado de este análisis pudiera ser considerado como una síntesis de lo descrito en los apartados anteriores de la estructura de la comunidad en cuanto a los eventos en los aspectos **bióticos** y abióticos y su interacción durante el ciclo anual, categorizándosele como una herramienta conveniente para tal fin, de acuerdo a la información generada en el trabajo. Aquellos peces que presentan una distribución constante en el cuerpo de agua durante el año, tal es el caso de **H. calientis** y **Ch. humboldtianum** se encuentran ubicados en un espacio próximo relacionándose más con los lugares y las épocas donde presentan mayor valor de acuerdo a su preferencia en el ciclo circadiano. La primera especie para mayo tanto en el **día** y la noche aproximándose al oxígeno de fondo, en lo descrito para su proceso reproductivo y **Ch. humboldtianum** de igual forma se agrupa cerca de este mes resultado de un incremento del evento reproductivo, acercándose asimismo a julio con el aumento en los valores de las temperaturas y el oxígeno por la presencia de crías y juveniles en lo que puede ser un período más favorable. **G. atripinnis** es otro ejemplo de estas afinidades al tener un aumento importante para julio, específicamente en la estación 1, relacionándose ambos al analizar las dos gráficas con la conductividad y la profundidad. Se tuvo un valor más alto de la profundidad en dicho sitio y época y el efecto del incremento de los valores de conductividad, se relacionaron con las actividades biológicas conductuales de reproducción y alimentación por movimiento de los adultos al fondo, con la consecuencia de resuspensión de sedimentos.

Skiffia spp se ubica cercanamente con julio por su aporte significativo en la estación 2 durante la noche y con octubre en el día en la número 3. También octubre se ubica espacialmente en forma estrecha con el pH por tener valores altos, lo que pudiera resultar por cuestiones metodológicas al emplearse un equipo diferente con respecto a las otras épocas. El que **H. turneri** y **Z. quitzeoensis** se encuentren localizadas cerca de enero, destacándose como las especies características del mismo mes, resulta de que en esta época se pescaron un mayor número de individuos de ambas especies. Por otra parte, se destacó una estrecha relación entre las especies esporádicas y los sitios y el mes donde se les recolectó, como **P. infans**, **A. dugesii**, **Ct. idella**, **C. carpio** y **A. robustus** con octubre. Esto no es inusual debido a que una parte intrínseca del Análisis de Correspondencia es dar un mayor peso a las especies raras (Digby y Kempton, 1994).

VII.5. Hábitos Alimentarios

Este análisis es parte del aspecto funcional de la comunidad, por medio del cual se trata de buscar aquellos factores que operan en todos los niveles de organización de la misma y ayudan a explicar las diferencias que la caracterizan. También, auxilia para considerar a la comunidad como un sistema organizado, dando énfasis en las interacciones directas e indirectas que ocurren entre las especies que la constituyen (Barbault y Celecia, 1981). Como la mayoría de los animales, los peces subdividen los recursos en tres grandes formas: ellos difieren en lo que comen, donde se alimentan y cuando están activos (trófico, espacial y/o temporal), de ahí que las diferencias ecológicas en cada una de estas dimensiones del nicho reducirá la competencia y así facilitará la coexistencia de varias especies (Pianka, 1974).

VII.5.1 ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

Comparando a *H. calientis* con los antecedentes del género cercano *Notropis*, se encuentra que esta especie es principalmente carnívora y poco selectiva, ajustando su espectro alimentario a la disponibilidad de alimento que se encuentra o se incorpora en el medio. Por ejemplo, *N. rubellus* (Pfeiffer, 1955) habita en arroyos y ríos de aguas claras donde un aporte de presas del medio terrestre (insectos principalmente) es una de las fuentes importantes de entrada de energía a estas poblaciones puesto que conforman un artículo preferencial, y además, asociada a esta especie está *N. cornutus* con hábitos alimentarios similares. La laguna de Zacapu presenta una gran cantidad de recursos por lo que los aportes de organismos terrestres no son tan significativos, salvo en el transporte de nutrientes hacia otros niveles de la cadena trófica, sin embargo cabe señalar que se encontraron insectos terrestres en algunos estómagos de esta especie. Pese a lo anterior, la carnivoría no es el patrón común en especies de estos géneros ya que a *N. sallaei* en la laguna de Cuitzeo se le atribuye una tendencia herbívora por su alto consumo de estructuras de origen vegetal, aunque hay ingestión de crustáceos e insectos (Duarte, 1981). Al respecto de la alimentación en el ciclo diario que se determinó como diurna en *H. calientis*, Pfeiffer (1955) comenta que la alimentación en *N. rubellus* no se restringe a ninguna hora particular del día, sin embargo, no hizo observaciones en la noche.

Para el caso de *H. tumeri*, de los estudios realizados en otros cuerpos de agua como es la laguna de Cuitzeo (Duarte, 1981; Moncayo, 1993) se tiene que se sigue la tendencia perifitófaga-epibentófaga, sin embargo en este sitio existió un gran consumo de chironómidos como consecuencia de su gran abundancia (Martínez, 1994). Por el contrario, en Zacapu estas presas que aumentan durante la primavera en la dieta de otras especies no implicaron un alimento relevante de igual forma para *H. turneri*, debido a la gran abundancia de sus artículos preferenciales (cladóceros chidóridos).

En cuanto a *Ch. humboldtianum*, el que coma zooplancton está en cierta manera condicionado al tamaño y es común en aterínidos en general como *Melaniris chagresi* (Zaret y Kerfoot, 1975) y particularmente en las especies de *Chiostoma*, ya que se caracterizan

porque al menos en alguna etapa de su vida presentan hábitos zooplanctófagos (Soto-Galera, 1993), incluso parte de su diferenciación específica incluye caracteres morfológicos cefálicos derivados de los aspectos alimentarios (Barbour, 1973). Además, la vocación hacia el zooplancton encuentra otra evidencia en las especies de tallas menores como es **Ch. jordani**, que consume copépodos y cladóceros (Duarte, 1981; Navarrete, 1981) donde se mencionan géneros tales como **Bosmina** y **Daphnia** (Soto-Galera, 1993).

Esta especie es muy afín en su dieta en cuanto a **Ch. a. attenuatum** del lago de Pátzcuaro, cuyo orden de preferencia sobre las presas fue por cladóceros, copépodos, anfípodos y larvas y pupas de chironómidos (Morelos, 1987); en segundo término con el charal blanco **Ch. grandocule** con cladóceros, copépodos, insectos y anfípodos (Rosas, 1976b; García, 1990). Con esto se confirma la gran similitud de la **alimentación** entre las diferentes especies de este género, pero hay que recordar que en sitios donde se presentan especies **simpátricas** (Pátzcuaro, **Chapala**, etc.) es común que se llegue a tener segregación alimentaria para evitar la competencia. Solo en tallas muy grandes, se encontró el consumo de peces que pertenecían a este mismo género, lo cual es común en otras especies de gran tamaño [**Ch. e. estor** (García de León, 1984) en el lago de Pátzcuaro, **Ch. promelas**, **Ch. sphyraena** y **Ch. ocotlune** de los 16 a 30 cm en el lago de **Chapala** (Aceves, 1989)]. Es precisamente esta alimentación sobre sus congéneres más que otros peces como pudieran ser los goodeidos, porque como lo explica Rosas (1976b) es más factible la captura porque se encuentran en el mismo hábitat y sobre todo el poder engullirlos por lo esbelto del cuerpo; todo esto conduce al autor a proponer que en el caso de una aterinicultura en embalses se involucre una especie de gran talla y otro pequeño (por ejemplo, **Ch. e. estor** y **Ch. jordani** respectivamente).

Xenotoca variata muestra el mismo patrón de omnivoría preferencial a la carnivoría en otros cuerpos de agua como es Cuitzeo (Duarte, 1981) y aunque no se reporta el consumo del anfípodo, si el de los chironómidos y copépodos, y en este mismo sitio Alvarado y Zubieta (1980) la consideran como ramoneadora perifitófaga.

Ahora bien, en cuanto a los artículos alimenticios, el que en algunas épocas para **Zacapu** se tuviera una gran cantidad de chironómidos puede responder, por un lado a la cercanía del tiempo de lluvias implicando una mayor cantidad de larvas de este insecto, y por otro lado la presencia de las pupas de los mismos que suelen migrar hacia la superficie para el último proceso de metamorfosis hacia los adultos. Díaz-Pardo *et al.* (1989) han encontrado también en esta especie herbivoría, alimentación preferencial al zooplancton e incluso un régimen piscívoro en el análisis de su dieta para distintos sitios, lo cual lo atribuyen en función del hábitat que ocupe, de la disponibilidad y abundancia relativa del alimento existente, denominándolo finalmente eurífago. Tal es el grado de versatilidad en el espectro trófico de esta especie que los autores antes mencionados encuentran una relación directa entre la tendencia alimentaria y la longitud del tracto.

A **G. atripinnis** Alvarado y Zubieta (1980) la categorizan como ramoneadora perifitófaga en Cuitzeo; Duarte (1981) en el mismo lugar la considera omnívora, cuya

tendencia es herbívora al principio sobresaliendo los restos de vegetales superiores y luego carnívora cuando se tienen los organismos adultos; posteriormente Bravo (1983) la considera detritófaga lo que la asemeja más a los resultados del presente estudio. Para **Zacapu** en términos generales fue detritófaga con un consumo de organismos de zonas litorales y en ocasiones del plancton como son los géneros **Bosmina** y **Daphnia**.

En el lago de Pátzcuaro Rosas (1976a) con una especie de este género, *G. luitpoldi*, la acomoda como herbívora **ficófaga** comedora de algas filamentosas y en consecuencia también de la fauna acompañante a este substrato como moluscos, cladóceros, copépodos, tardígrados e insectos. Posteriormente, Nepita (1993) que trabajó esta misma especie en Pátzcuaro concluye que el alimento mayormente consumido es el detritus, lo que coincide con la dieta de los ejemplares de **Zacapu**. De todo lo anterior, mucho va a depender la alimentación en base a los recursos de cada cuerpo de agua y si bien la laguna de **Zacapu** cuenta con gran cantidad de **macrofitas**, el que se presente en forma abundante el detritus demarca una preferencia de la especie por el último proceso de estos vegetales, es decir su incorporación y conformación del detritus, lo cual no la quita de una inclinación a la herbivoría en estado adulto.

Para *Skiffia* spp se corrobora su preferencia **alimentaria** con el trabajo de Duarte (1981) en la laguna de Cuitzeo con las especies *Skiffia lermae* y *S. bilineata*, por la coincidencia en el consumo frecuente de las diatomeas y su alimentación característica sobre el bentos, ya que en **Zacapu** se encontraron además, entre otros artículos, principalmente al detritus y a los chironómidos del género *Tanytus*. Para el lago de Pátzcuaro con *S. Zermae* Rosas (1976a) coincide también con la comparación anterior al denominarla omnívora bentófaga con inclinación a las diatomeas y cianofíceas. Por otra parte, presentó una sanguijuela (*Batrachobdella phalera*) que provoca una infección en la cavidad visceral tal como ocurre con *H. turneri*.

En el caso de *Z. quitzeoensis*, Duarte (1981) coincide con la tendencia encontrada en **Zacapu**, si bien en Cuitzeo el anfípodo no fue preferencial y en su lugar contribuyeron en mayor forma los insectos de los cuales, Zubietta (1985) encontró una dominancia del género **Notonecta** (común en las zonas más someras llegando a tener por su abundancia una captura a escala comercial en esa laguna) y los **Chironómidos** del género *Chironomus*, **muy** abundante en el bentos (Martínez, 1994), por lo tanto en ese sitio esta especie es bentófaga.

A partir de la dieta que presenta *C. carpio* en la laguna de **Zacapu** se podría concluir que puede estar en una situación ventajosa de acuerdo al tipo de especies de organismos animales consumidas. Esto se menciona debido a que la dieta de dicha especie se ha vinculado con la disponibilidad de artículos alimenticios, concluyéndose que bajo condiciones de competencia la alimentación general dirigida a presas animales se convierte en limitante y en estas circunstancias se circunscribe a los niveles tróficos inferiores con una selección particular al detritus (Chapman y Fernando, 1994) (elemento muy característico de la laguna). Otro aspecto que confirma la situación ventajosa de la carpa en **Zacapu** es la casi total ausencia de algas como alimento, ocupando incluso el cuadrante de los artículos

esporádicos, ya que si las carpas adultas no disponen de abundante fauna bentónica para su sustento recurren al plancton y a la vegetación acuática de los márgenes de los embalses, incluso son capaces de alimentarse de sustancias en solución (Téllez, 1976).

El que esta especie base su alimentación en una dieta carnívora es común, ya que el alimento natural de la carpa es muy alto en proteínas, alcanzando 60% de peso seco en las larvas de chironómidos, uno de los organismos más abundantes en los estanques donde se les confina a estos peces (Bardach et al., 1972). Además, en otros cuerpos de agua como Cuitzeo en los alimentos consumidos por esta especie, la parte animal abarca más del 50% en volumen del total de la dieta (Zubieta, 1985). Se han elaborado una gran cantidad de trabajos acerca de la alimentación del omnívoro *C. carpio* tanto para poblaciones naturales como en cultivo, teniéndose desde el consumo de larvas de chironómidos y oligoquetos hasta semillas y plantas (Chapman y Fernando, 1994), concluyéndose que las carpas cambian fácilmente de dieta en virtud de la disponibilidad de los organismos en el medio y su variación estacional (Téllez, 1976).

Con base a lo anterior, una probable idea errónea en la introducción de este ciprínido es la finalidad de que ejerza un control sobre la vegetación acuática. A este respecto, los estudios señalan que la vegetación acuática como alimento tiene escasa importancia en la dieta de las carpas jóvenes y no obstante su consumo en tallas mayores, cuando hay demasiada maleza en los embalses, no puede ser controlada por estos individuos llegando incluso su crecimiento a ser inhibido (Téllez, 1976). Otro detalle es que hay selectividad principalmente hacia las algas filamentosas como *Ulothrix* y *Microspora*.

En lo que respecta a la carpa herbívora, la mayor cantidad del briozoario *Plumatella* consumido en Zacapu (sin olvidar que estos son organismos sésiles, coloniales y arborescentes) demuestra que no es un herbívoro obligado, pudiendo ingerir diferentes cosas, sin embargo tiene preferencia por los vegetales y de ahí que las macrofitas ocupen el segundo lugar. Por otra parte, hay estudios que sitúan a *Ct. idella* como un oportunista (Bardach et al., 1972).

A pesar de su voracidad extrema, sensibilidad al ruido, pobre crecimiento en aguas frías (abajo de los 14°C) y mala reputación como dispersadores de parásitos y enfermedades, la carpa herbívora es muy común y popular en su uso para los policultivos, particularmente en el control de malezas en estanques. Esta eficiencia en el control de la vegetación se incrementa más en climas cálidos teniendo preferencia por vegetación sumergida y flotante, no así con las plantas marginales (Bardach et al., 1972).

Un riesgo del uso de la carpa herbívora en este tipo de control, se puede deber a que su escape en el medio natural llega a causar la destrucción de plantas valiosas y como se

esta estudiando en **Zacapu**, algunas que pudieran ser endémicas (Rodríguez, 1996¹ com. pers.). Sin embargo, en vista de que hay pocos herbívoros en la fauna íctica mundial y a que el uso de la carpa herbívora es mucho más barato que el control químico o mecánico, su empleo seguirá siendo más prevaleciente (Bardach *et al.*, 1972).

A. robustus por ser una de las especies de mayor distribución en la cuenca del Río Lerma, cuenta con varios estudios los cuales confirman su régimen netamente carnívoro y particularmente ictiófago (Rosas, 1976 a y b; Duarte, 1981). Otro aspecto que se destaca en los trabajos es su gran voracidad (Soto-Galera *et al.*, 1990) lo cual se confirma en **Zacapu** debido a que individuos desde los 5 cm de LP ya se están alimentando de otros peces. Por otra parte, Nepita (1993) define los cambios en la dieta de acuerdo al tamaño pasando de zooplánctofago, insectívoro a ictiófago en el lago de Pátzcuaro, además de catalogarse como un carnívoro estricto durante su crecimiento en la laguna de Cuitzeo (Zubieta, 1985). En el ciclo circadiano, asimismo como se presentó una alimentación nocturna en **Zacapu**, como en Pátzcuaro (Nepita, 1993) donde las tallas que alcanza esta especie son similares (Mendoza, 1962).

La lobina negra (*Micropterus salmoides*) es un carnívoro con tendencia ictiófaga, tal como se describe en Pátzcuaro (De Buen, 1944; Rosas, 1976a; García de León, 1984). Presenta un cambio en su alimentación conforme aumenta su talla, consumiendo los juveniles principalmente microcrustáceos (cladóceros y copépodos) y luego insectos, anfípodos y complementando con peces y otros invertebrados, buscando su alimento en la fauna del perifiton y bentos litoral (De Buen, 1941c, 1944; Rosas, 1976a; Rubín, 1987). Es un carnívoro voraz como se describe para *A. robustus*, ya que a los 5 cm se registra la talla mínima del cambio hacia una alimentación ictiófaga con preferencia a los aterínidos pequeños y posteriormente capturando también goodeidos, que en **Zacapu** fueron las especies *X. variata* y *Skiffia* spp, sin embargo no es estricta complementándose con invertebrados (García de León, 1984). Por otra parte, se encontró con cierta importancia una depredación del pescado blanco de Pátzcuaro (García de León, 1984).

Oreochromis aureus como otras especies del mismo género, aclarando que se revisaron solo dos organismos circunscritos a los canales contiguos a la laguna y los lugareños los alimentan con restos de tortilla y pan, es un pez omnívoro con gran inclinación por artículos de origen vegetal y una marcada tendencia detritívora (Infante, 1984; Zubieta, 1985). Asimismo, se incluyen otros artículos alimenticios como las crisofitas básicamente de los géneros *Navicula*, *Pinnularia* y *Cymbella*, restos de **macrofitas** como las raíces del lirio (*Euchornia crassipes*) y partes de *Potamogeton*, hidracáridos, nemátodos, insectos chironómidos (*Procladius*), microcrustáceos rotíferos, esporas de plantas y restos de peces. Todo este conjunto de elementos también se comparte en lo descrito para el género y la especie en Cuitzeo e incluso mencionándose otros más a los cuales dicho organismo pudiera

¹ M. C. Luz del Socorro Rodríguez Jiménez, maestra e investigadora en el área de Botánica de la Universidad Michoacana.

tener perfecto acceso en caso de establecerse en **Zacapu**, tal es el caso de las algas cianofitas (*Oscillatoria*), clorofitas (*Mugeotia* y *Spirogyra*), briozoarios como *Plumatella*, gasterópodos de la familia Planorbidae, cladóceros litorales (*Bosmina longirostris*) y meiobentónicos, ostrácodos, copépodos, otros insectos (hemípteros, coleóptero, lepidópteros), protozoarios, turbelarios, anélidos, etc (Spataru y Zorn, 1978; Infante, 1984; **Rubín**, 1984; Zubieta, 1985).

Con respecto a la variación de los recursos en relación al tamaño de estos peces se ha encontrado que los ejemplares pequeños presentan una tendencia a la condición carnívora (por la ingestión de larvas de chironómidos, ostrácodos y huevos de peces). Esta tendencia va cambiando a medida que los peces aumentan haciéndose más herbívoros (detritus, cianofitas y mayor contribución de las macrofitas). Con respecto a la época del año en general se ha detectado que el consumo cambia de acuerdo a la disponibilidad del alimento, la utilización preferencial de los recursos y el incremento de la presión ejercida por otras especies locales de peces las cuales son competidoras por el mismo alimento, así, el incremento en la cantidad de detritus en unos lugares se debe al decremento del zooplancton (Spataru y Zorn, 1978; Infante, 1984; Zubieta, 1985). Adicionalmente, esta **tilapia** puede presentar cambios en la dentición faríngea de acuerdo a la dureza del alimento, como se ha demostrado experimentalmente (Komfield, 1991).

VII.5.2 COMENTARIOS SOBRE LOS ARTÍCULOS ALIMENTICIOS.

VII.5.2.1 MICROCRUSTÁCEOS

Los lagos presentan gradientes físicos y químicos muy marcados particularmente en su eje vertical y están sometidos a cambios temporales anuales, estacionales o diarios. Si se considera además los factores bióticos como la movilidad de los individuos, la velocidad de multiplicación de las especies, la depredación, la competencia, se espera una distribución no homogénea sino que tiende a agruparse en nubes o manchas (Infante, 1988).

Un artículo importante en la dieta de varias especies (*A. lacustris*, *Ch. humboldtianum*, *H. turneri*, *H. calientis*, *Z. quitzeoensis* *A. dugesii* y *X. variata* en acomodo descendente) durante las diferentes épocas fueron los copépodos ciclopoideos *Mesocyclops edax* y *Acanthocyclops vernalis* en orden de importancia. La causa que puede explicar tal preferencia, es que los ciclopoideos tienen una distribución en varios hábitats primariamente litorales y bénticos (Williamson, 1991) y en lo que respecta a estas especies son de las más comunes y ampliamente distribuidas en América del Norte, teniéndose que *Mesocyclops edax* es frecuentemente dominante en regiones subtropicales y en los meses más cálidos de las regiones templadas (Hutchinson, 1967; Margalef, 1983; Williamson 1991). En tanto a la laguna de **Zacapu** se les encuentra en el plancton, perifiton así como el bentos, teniendo la mayor abundancia sobre los demás grupos en el primer hábitat aunque en estadios primarios de desarrollo. Además, en estudios sobre cuerpos de agua contiguos se encuentra

Mesocyclops edax en el lago de Pátzcuaro y en Zirahuén y *Acanthocyclops vernalis* para la laguna de Cuitzeo (Calderón, 1995¹ com. pers.).

Por lo que respecta a los cladóceros, *Bosmina longirostris* fue sobre el cual los peces consumieron una mayor cantidad, teniéndose en orden de importancia decreciente para las dietas de *Ch. humboldtianum*, *H. calientis* y *G. atripinnis*. Este organismo es cosmopolita y vive en el plancton de lagos y embalses, lo mismo que en las charcas y estanques, y al igual que todos los cladóceros limnéticos es muy transparente teniendo como aspecto más conspicuo su ojo compuesto; sin embargo, en algunas localidades se encuentra en el litoral en forma permanente entrando al plancton solo por períodos cortos de tiempo. Si bien es constante durante el año se ha reportado un incremento en mayo en los lugares donde se tiene un máximo primaveral del fitoplancton (algas verdes y diatomeas) el cual representan su dieta. Se comenta de su presencia en lagos más bien de tipo eutróficos (Hutchinson, 1967).

En el sentido de la depredación sobre este cladócero existen estudios específicos, en los que Zaret & Kerfoot (1975) sugieren que la captura por distinción en el tamaño no es invariablemente la presión selectiva dominante cuando existe la alimentación en el zooplancton, sino que alternativamente hay una selectividad de acuerdo a la pigmentación del ojo de la presa. Los mismos autores discuten que la depredación por peces se presenta principalmente en el primer metro de agua, así que en la mayoría del área de la columna del agua existe la reproducción del cladócero sin ningún proceso de captura en el sentido de poder menguar la población de *Bosmina longirostris*.

El que esta especie sea un alimento característico no es de extrañar debido a que puede estar asociada a diversos hábitats y presenta una distribución muy amplia en varios cuerpos de agua cercanos a la laguna como el lago de Zirahuén, el de Pátzcuaro, la laguna de Cuitzeo, y otros más retirados como es Laguna Larga, conformando en los tres últimos la especie más abundante por parte de los cladóceros en el plancton (Calderón, 1995¹ com. pers.).

A partir del tamaño pequeño de esta especie en comparación con otros cladóceros y demás grupos de organismos, la concepción de que los depredadores están tomando a los artículos presas grandes maniobrables tiende a simplificar las suposiciones, especialmente en modelos de tasas óptimas de alimentación donde se asume que el depredador selecciona a la presa con mayor número de potencial de calorías de energía. Sin embargo, con depredadores reales, desde aterínidos hasta mamíferos africanos, el factor natural de selección pocas veces es sobre la presa que provee la mayor cantidad de energía, sino que esta influenciado principalmente por su disponibilidad en el medio (Zaret & Kerfoot, 1975).

¹ Biól. Jaquelina Beatriz Calderón Arreola, colaboradora en el área de plancton del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

Otros cladóceros son los **dáfnidos**, de los cuales también predominaron en la dieta de *Ch. humboldtianum*, *H. calientis* y *G. atripinnis* las especies *Daphnia ambigua* y *Daphnia parvula*. La primera se consideró en un principio como restringida y por lo tanto probable especie nativa de América del Norte, además también estenoterma, encontrándosele posteriormente en estanques someros con temperaturas más bien altas. Actualmente ambas se encuentran dentro de un grupo que incluye a representantes de la región templada subtropical americana y en el caso de la segunda se le reporta en Europa (Margalef, 1983). *D. ambigua* presenta un perenne desarrollo de grandes poblaciones en el **hipolimnion** de los lagos en el verano, lo que implica su accesibilidad y puede responder al hecho de que esta especie juegue una parte importante en la experimentación para elucidar la ciclomorfosis (Hutchinson, 1967).

Ambas especies planctónicas como ocurre en la mayoría de las *Daphnia* suelen presentarse en forma abundante, lo que las hace ser de gran importancia en el ecosistema de los lagos. Las especies de este género se caracterizan por tener fluctuaciones importantes en el tamaño de la población, ocurriendo su pico generalmente durante el florecimiento de las algas que se presenta cuando los lagos se están mezclando en la primavera o en el caso de la estación de lluvias para las zonas más tropicales. A este respecto, algunos estudios sugieren que su abundancia es el resultado de la combinación entre la interacción por competencia, depredación selectiva y la limitación del alimento (Dodson y Frey, 1991).

Cabe hacer aquí la consideración de una de las actividades más peculiares de los crustáceos en el plancton, como son los constantes movimientos ascendentes y descendentes en la columna de agua, teniéndose a medio día una mayor abundancia a cierta distancia de la superficie y conforme se acerca la noche se presenta una migración hacia arriba (Macan y Worthington, 1977). Se han atribuido dos probables explicaciones a este desplazamiento, primero para evitar la depredación y segundo por las corrientes, y ambas las podemos relacionar con algunas características tanto de la interacción de las comunidades como propias de los factores abióticos de la laguna de Zacapu.

En cuanto a la depredación se ha encontrado que el zooplancton se dirige a los estratos superiores durante la noche para alimentarse y en el día se sumerge a una profundidad donde los rayos de luz penetran a un determinado espectro con una cierta intensidad para evitar ser presas. Esto puede responder, en parte, el mayor número de estómagos llenos presentes en *Ch. humboldtianum* durante el amanecer y el atardecer. Siendo un depredador activo sobre algunos organismos del plancton, estos son los momentos del día cuando comienza a tener lugar la migración tanto a superficie como a profundidad de dicha comunidad y además de la factibilidad para la localización visual por parte de este pez puesto que se cuenta todavía con algo de luz.

El segundo aspecto puntualiza principalmente los movimientos horizontales del agua o **trasducción** horizontal (Hutchinson, 1975) de tal suerte que cualquier organismo que tienda a estar en un nivel puede ser acarreado hacia la orilla del cuerpo de agua. En Zacapu

es factible pensar en este tipo de corrientes, como se explicó anteriormente, por la acción del viento y por la densidad del agua que entra proveniente de los manantiales, de aquí que se observara en el campo durante la noche a la mayor densidad zooplanktónica a 2 metros de la superficie. Como explican **Macan y Worthington (1977)**, a través de un constante movimiento arriba y abajo los organismos pasarán de una corriente en una dirección a una profundidad hasta su contracorriente en el sentido opuesto en otra profundidad y los efectos de ambas corrientes en su borde o frontera cancelará el desplazamiento. Esto es importante considerarlo, porque la ubicación espacial en la columna de agua de los peces puede estar condicionada por la de sus presas, además la presencia de determinados organismos planctónicos en la dieta de peces que se alimentan hacia el fondo, por ejemplo los dáfnidos en *G. atripinnis*, puede responder a este proceso.

Para finalizar con los cladóceros, otros dos géneros que **fuéron** representativos principalmente en la dieta de *H. turneri* se tratan de *Simocephalus* y *Pleuroxus*, los cuales forman parte de la familia Chydoridae encontrándoseles en el perifiton y hacia el fondo, constituyendo una parte importante de la diversa comunidad litoral de los **lagos** la cual también incluye otros crustáceos, insectos y demás invertebrados. Los chidóridos típicamente se alimentan a través del filtrado de la materia orgánica en fondos lodosos y del detritus perifítico y sus especies litorales siguen patrones en la fluctuación de las poblaciones parecidos a los cladóceros pertenecientes al plancton (Dodson y Frey, 1991).

VII.5.2.2 ANFÍPODOS

Hyaella azteca fue el artículo más importante para *X. variata* en el invierno y conformó una parte constante en la dieta de un buen número de las especies de peces (*Z. quitzeoensis*, *A. robustus*, *H. turneri*, *H. calientis* principalmente). Es un pecárido y como la mayoría de los taxos pertenecientes a este suborden están adaptados fisiológicamente a las condiciones ecológicas de las aguas continentales compartiendo cinco similitudes (**Covich y Thorp, 1991**): (1) se restringen típicamente a cuerpos de agua permanentes; (2) tienen distintivos patrones de comportamiento de migración vertical; (3) obtienen mucha de su energía mientras se alimentan en el fondo; y (5) son importantes presas para un número grande de depredadores.

Ecológicamente, la mayoría de los anfípodos son fotonegativos y positivamente reotácticos (evitan la luz brillante ubicándose debajo o entre las hojas en las macrofitas sumergidas y en las raíces de los árboles que penetran el medio acuático). Generalmente donde existen refugios pueden tener grandes densidades, característica que se presenta en **Zacapu** con las raíces del sauce (Mora, 1995' **com. pers.**) y su actividad nocturna los hace por lo tanto ser presa para especies como *X. variata* la cual se determino que se alimenta durante la noche. Los anfípodos consumen principalmente materia orgánica muerta donde

¹ P. de B. Idalia Soledad Mora Pineda, colaboradora y tesista en el área de perifiton del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

las bacterias y los hongos les proveen proteínas esenciales, y conforme incrementan su talla pueden modificar en parte su dieta llegándoseles a considerar oportunistas (Covich y Thorp, 1991).

Es fácil encontrar anfípodos debido a que ocupan un amplio número de **hábitats** e incluso su adaptabilidad a las condiciones de laboratorio los hace ideales candidatos para monitoreo de contaminantes y en base a sus hábitos alimentarios son una vía común de la biomagnificación de tóxicos a lo largo de la cadena trófica. En cuanto a ***H. azteca*** y su distribución, es un organismo comúnmente encontrado en el perifiton cuyo substrato **depende del sitio** donde se le haya recolectado, así se tiene un trabajo de esta comunidad para el lago de Pátzcuaro donde conforma una parte importante en el análisis del lirio acuático (Pérez, 1986) y en la laguna de Cuitzeo donde también **es** muy representativa (Pompa, 1990).

VII.5.2.3 INSECTOS

Dentro de los insectos un grupo que fue constante en la dieta de varias especies en el invierno, e importante para ***A. lacustris*** y ***X. variata*** fueron los Chironómidos. Esta familia es de las más representativas en el ámbito acuático, debido a que la mayor parte de la vida de estos dípteros se desarrolla en el estadio lar-vario acuático, teniéndose el adulto en varios casos exclusivamente para el evento reproductivo (Hilsenhoff, 1991). A la mayoría de las larvas les toma dos **años** para completar el desarrollo, dando como resultado una gran emergencia cada año como adultos en la primavera o el verano lo que se cree es debido a las dificultades fisiológicas para volar en climas fríos, imponiéndose así un ritmo estacional sobre su desarrollo (**Macan** y Worthington, 1977).

Por otro lado, una característica más que los hace importantes en los cuerpos de agua es el éxito que tienen para ocupar diferentes hábitats, por ejemplo, poblando las zonas más profundas donde escasean gran parte de los otros grupos de invertebrados. Lo anterior se corrobora en **Zacapu** al encontrarse una mayor riqueza genérica en el perifiton sobre el bentos aunque son más abundantes en la última comunidad (Martínez, 1995' **com. pers.**), esto directamente relacionado a su alimentación que se ejerce principalmente sobre el detritus.

En lo que respecta a los reportes para otros lugares se tienen en Pátzcuaro hacia el perifiton (Pérez, 1986) y en el bentos (Pedraza, 1994) donde los géneros ***Tanypus***, ***Procladius*** y ***Chironomus*** alcanzan un 20%, dichos géneros son también identificados en el bentos de la laguna de Cuitzeo (Martínez, 1994) y en la misma comunidad de la laguna de **Zacapu** (Martínez, 1995¹ **com. pers.**) además que corresponden a los encontrados en la dieta de peces examinados en ambos lugares (Moncayo, 1993 y estudio actual). ***Tanypus*** **se** encuentra

¹ Biól. María **Araceli** Martínez Pantoja, colaboradora en el área de bentos del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

principalmente en cuerpos de agua lénticos en la zona litoral, ocupando **hábitats** muy distintos, sus especies son depredadores englobadores, recolectores (diatomeas, algas verdes filamentosas y detritus), así como raspadores y perforadores (Coffinan, 1984).

Otros insectos bien representados en la dieta de los peces fueron los odonatos, particularmente de la familia Lestidae. El género *Lestes* se encuentra en **hábitats** lénticos con macrofitas vasculares, tal es el caso de **Zacapu**, son trepadores y nadadores y en su alimentación englobadores (predadores) (Westfall, 1984). En los hemípteros estuvo presente la familia Corixidae, denominados remadores, los cuales se encuentran generalmente en cuerpos de agua lénticos con macrofitas vasculares, son nadadores y para su alimentación son generalmente perforadores herbívoros, aunque hay algunos carnívoros predadores y raspadores (Polhemus, 1984).

VII.5.2.4 GASTERÓPODOS

Se identificaron diferentes géneros de caracoles tales como *Helisoma*, *Valvata* y *Physa* en la dieta de *C. carpio*, *A. robustus*, *A. lacustris*, *X. variata*, *Ch. humboldtianum* e *H. calientis*, llegando en las dos primeras especies a alcanzar el cuadrante de artículos preferenciales. Los caracoles son los organismos más conspicuos de las zonas litorales someras en lagos y arroyos y su papel en los sistemas de agua dulce es el de ramoneadores de macrofitas, controlando en varios casos la producción de perifiton vegetal (algas y diatomeas) (Brown, 1991).

Con base a lo anterior, un descenso de su población por depredación, que es el factor biológico determinante de la diversidad y densidad de estos organismos, genera un incremento de la abundancia del perifiton, por lo tanto las interacciones entre los depredadores de gasterópodos, caracoles y la abundancia del perifiton y las macrofitas puede ser muy compleja en sistemas naturales. De los aspectos que determinan que se tenga la alimentación sobre *Helisoma* y *Physa*, viéndose disminuida su densidad por parte de los ciprínidos principalmente, es que existe una menor resistencia a la fractura de la concha (Brown, 1991). De ahí que se explique la mayor preferencia de estos géneros por *C. carpio* en **Zacapu**.

Una característica particular de los gasterópodos es la selección del substrato, teniendo para *Helisoma* mayor afinidad por la arena, mientras que *Physa* se localiza más frecuentemente en piedras con perifiton. En la laguna de **Zacapu** se encuentran tanto en el perifiton como en el bentos (Mora y Martínez, 1995' **com. per-s.**)

¹ P. dc B. **Idalia** Soledad Mora Pineda, colaboradora y **tesista** en el área de perifiton del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

¹ Biól. María **Araceli** Martínez Pantoja, colaboradora en el área de bentos del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

VII.5.2.5 DETRITUS

El detritus que fue preferencial en la dieta de *Skiffia* spp y *G. atripinnis* y suele ser más abundante en el verano y el otoño para varias especies, se genera en buena parte por el retorno de los materiales que constituyen a las macrofitas a través de la vía detrítica, ya que los componentes vegetales se descomponen más aprisa que la celulosa pura, por ejemplo, *Potamogeton pectinatus* pierde el 80% del peso inicial en tres meses (Margalef, 1983). Este suele ser un elemento nutritivo, debido a que las diferencias morfológicas y fisiológicas existentes entre los distintos tipos de plantas indican que las macrofitas sumergidas tienen un mayor contenido de agua, ceniza y proteínas y menor cantidad de fibra, alcanzando el 22% de proteína y 51% de carbohidratos (Wetzel, 1981).

VII.5.2.6 MACROFITAS

Si bien ya se ha explicado en varias ocasiones la gran importancia de estos elementos como soporte de otras comunidades y la conformación del detritus al momento de decaer parte de su dieta. *Potamogeton pectinatus* en la laguna es uno de los elementos más su población, en el caso de la carpa herbívora constituyen una buena representativos, de ahí el que se encuentre en los estómagos de *Ct. idella*. Esta macrofita se establece en sedimentos finos asociándose con la **clorofita** *Nitella* y en los **lagos** muy productivos, su porcentaje se incrementa (Macan y Worthington, 1975), esto indirectamente refleja el grado de productividad de **Zacapu**, el cual se pudiera considerar medio.

VII.5.3. REPARTICIÓN DEL NICHOS ALIMENTARIO

La diversidad de las especies y su estructura, así como la constancia en el tiempo de la comunidad **íctica** de la laguna de **Zacapu**, es determinada por las relaciones tróficas de los peces principalmente en cuanto a su amplitud y traslape de nicho (*sensu* MacArthur, 1972; Petraitis, 1979). Este cuerpo de agua como un remanente de un lago de mayores dimensiones, contiene en un área **pequeña** un número y tipo similar de especies de peces nativos que la laguna de Cuitzeo, siendo esta última casi 1,200 veces mayor. Como un cuerpo de agua permanente ha conservado la coexistencia de las especies sin sufrir una alteración importante. Sin embargo, se tienen impactos que la han afectado modificándola en diferentes ocasiones, que si bien no se han reflejado en fenómenos de extirpación o extinción, imponen a los organismos variaciones ambientales. Inicialmente, se tuvo la desecación de la "Ciénaga de **Zacapu**" condicionando el desplazamiento de las especies al conformar un medio más **lótico** por la construcción de varios canales y posteriormente en los años 40's, con las descargas industriales en el inicio del río Angulo, las restringe definitivamente a este cuerpo de agua. También se mantuvo por mucho tiempo la entrada de aguas residuales directas a la laguna las cuales fueron clausuradas recientemente (Ramírez, 1996).

A partir de lo precedente, es probable que la gran capacidad de renovación hidráulica y calidad del agua de la laguna han sido de los aspectos que la mantienen y junto con su alta productividad, riqueza biológica y las formas en las cuales las especies dentro del ecosistema han dividido los **recursos disponibles entre ellas mismas en algunos componentes** o de sus nichos, son las principales determinantes de la diversidad de la coexistencia y sostén de sus comunidades (*sensu* Leibold, 1995), aunque con sus salvedades por la presencia de especies introducidas. incluso como explica **Pianka (1974)**, una comunidad que comparte más recursos, o presenta un mayor traslape de nicho, tal es el caso de **Zacapu**, claramente soportará más especies que una con un menor traslape.

Para definir los aspectos anteriores, en lo que respecta al estudio de las especies y su desarrollo en una comunidad natural, es importante analizar varios atributos necesarios entre los que destacan las relaciones del nicho, cuya naturaleza se construye sobre el principio de no estar sujeta a observación directa, pero si postulada para explicar un intervalo de observaciones (Colwell y Futuyma, 1971). Cada especie en la comunidad utiliza, se presenta en, o es afectada por, un intervalo de n variables del nicho que generalmente incluyen ejes representados por otras especies así como características globales cuyos límites circunscriben el hipervolumen del nicho (Hutchinson, 1967; Whittaker, Levin y Root, 1973). Sin embargo, al analizarse el nicho trófico se está considerando el punto de vista de Elton/MacArthur-Levin, el cual se originó más hacia la descripción de como los organismos afectan al medio ambiente (principalmente por los recursos consumidos y al servir como recursos a otros niveles tróficos superiores), que el describir como los factores ambientales los afectan a los mismos (Leibold, 1995).

Para el análisis del nicho, es importante aclarar que la estimación completa del

traslape en las tres dimensiones que lo caracterizan (trófico, espacial y temporal) se pudiera complicar porque los organismos generalmente integran dos de las mismas: el espacio y el tiempo (el contenido estomacal puede presentar presas capturadas sobre un período de tiempo y en varios **microhábitats**) (Pianka, 1974), además, de que el impacto total de una especie en el ambiente y viceversa depende de una compleja interacción (Leibold, 1995). Sin embargo, se considera de gran utilidad comparar los resultados y evaluar el significado que tienen al nivel funcional de la comunidad bajo estudio (Barbault y Celecia, 1981).

A partir del análisis de la información del comportamiento y la repartición del nicho alimentario se puede elaborar un diagrama que indique las relaciones tróficas de las especies de la laguna (figura 56).

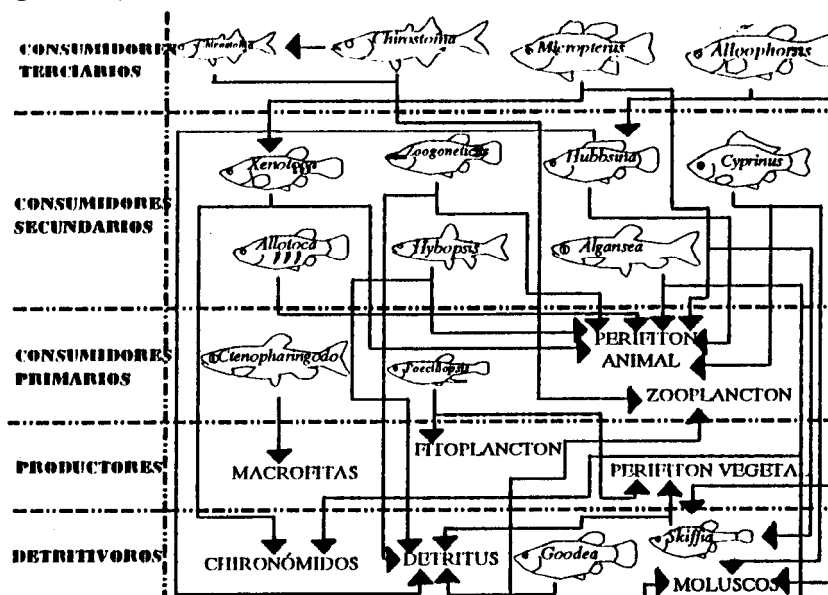


Figura 56. Diagrama sistematizado de las relaciones tróficas presentes entre los peces de la laguna de Zacapu.

VII.5.3.1 AMPLITUD DE NICHOS.

Es importante señalar que existe una dificultad al considerar que la amplitud de nicho mide la variabilidad en el uso de los recursos, mientras que las bases conceptuales para la variación de este análisis se centran en la selectividad de los recursos por parte de las especies (Petratis, 1979). Adicionalmente, se presenta un efecto sobre la medición al momento de agrupar los artículos alimenticios, lo cual ejercerá mayor influencia si ésta se hace en forma arbitraria ya que la percepción de la disponibilidad relativa de los recursos por parte del investigador sigue una base antropogénica que puede variar con la particular percepción de las especies. Las categorías asignadas al alimento en el presente trabajo varían incluso a diferentes niveles taxonómicos, pero en respuesta a la factibilidad de su identificación y proporción en la dieta, pero se consideraron igual para todas las especies.

La decisión acerca de cual medida de amplitud de nicho es mejor, depende completamente en lo que se quiera enfatizar por razones ecológicas, los recursos raros o los dominantes (Krebs, 1989). Se utilizó la medida de Levin que da más peso a los recursos abundantes, debido a que se está partiendo del análisis de los hábitos alimentarios y particularmente de los artículos preferenciales, para determinar que capacidad tienen las especies para seleccionar los recursos del hábitat así como su versatilidad a los cambios de las presas a través del tiempo.

También esta medida pudiera resultar un estimador indirecto de la dominancia de algunas especies, en la relación de que una mayor amplitud de nicho indica una mayor representatividad del pez en la laguna (McNaughton y Wolf, 1970), como es el caso de *H. calientis*. Aunque este principio no se cumple para *G. atripinnis*, *Ch. humboldtianum* y *Skiffia* spp es probable que se deba a que las tres especies consumen alimentos muy bien representados en la laguna como el detritus, los microcrustáceos y perifiton vegetal respectivamente. Esta situación también se presentó para *G. luitpoldi* del lago de Pátzcuaro, con base a la dieta muy **afin** al *G. atripinnis* de Zacapu, siendo incluso las dos superadas con respecto a este valor por *A. robustus* en ambos sitios (Nepita, 1993). En el caso de las especies exóticas el valor bajo de la amplitud de nicho responde a lo estrecho de su dieta y particularmente para *C. carpio* la tendencia carnívora es reflejo de una situación ventajosa al alimentarse de eslabones intermedios y no basales en este cuerpo de agua, ya que en la laguna de Cuitzeo su amplitud de nicho fue la mayor de todas las especies repartiendo su alimento casi por mitad entre organismos vegetales y animales (Zubieta, 1985). Por su parte, de *Ct. idella* solo se obtuvieron organismos de talla reducida por lo que es importante corroborarlo con tallas más grandes y un mayor número de ejemplares a través del ciclo anual.

La conformación de los tres grupos presentes en la figura 43 (página 80 de los resultados), se puede explicar en función de la propiedad de la amplitud de nicho como el inverso de la especialización ecológica (Colwell y Futuyma, 1971), reflejando la división de las especies en las que son generalistas (*H. calientis*, *X. variata* y *Z. quitzeoensis*), en segundo lugar aquellas ubicadas en un término medio de selectividad del alimento (*A. robustus*, *H. turneri*, *Ch. humboldtianum* y *A. lacustris*) y las especies selectivas, que si bien involucra a varias omnívoras como *C. carpio*, *G. atripinnis* y *Skiffia* spp, estas se alimentan de un número pequeño de artículos alimenticios. Este último grupo se podría asimismo dividir en dos, uno con aquellas especies que consumen alimentos ampliamente disponibles en la laguna (*G. atripinnis*, *Skiffia* spp y *Ct. idella*) y las que se alimentan de géneros más bien circunscritos hacia alguna comunidad (perifiton y bentos) como *C. carpio*.

Cabe **detacar** el caso de *A. robustus* y *G. atripinnis* ya que siendo la primera carnívora y la segunda omnívora, se pudiera esperar que la amplitud de nicho se presentara en forma inversa a lo obtenido, sin embargo, en vista de que no existe una igualdad en la disponibilidad de los recursos en el ambiente, algunas especies menos discriminantes (*G. atripinnis*) se presentan con nichos más estrechos de las que lo son en mayor grado (*A. robustus*) (Petraitis, 1979).

Debido a que *Oreochromis aureus* se presenta adyacentemente a la laguna, cabe mencionar en cuanto a la amplitud de nicho trófico, de acuerdo a lo que se tiene documentado para este género, que presenta valores relativamente bajos ya que sin llegar a ser un especialista es poco generalista en sus hábitos alimentarios (Infante, 1984), lo que en el presente trabajo la ubicaría quizás en medianamente generalista en un punto intermedio entre *G. atripinnis* y *X. variata* próxima a *A. robustus* y *H. turneri*. A pesar de que en Cuitzeo Zubieta (1985) la relaciona cerca de *Z. quitzeoensis*, incluso obteniendo valores de diversidad trófica más altos, aquí no se cree muy afín a esta especie puesto que el número de artículos preferenciales y secundarios fue menor en esa laguna mientras que en Zacapu es mayor.

En las épocas del año, esta medida reflejó los cambios debido a la presencia de una gran cantidad de crías y juveniles presentes en el verano para muchas especies y en consecuencia un mayor consumo de diferentes alimentos. En la primavera bajó el valor para *Ch. humboldtianum*, debido probablemente al pico reproductivo y por lo tanto la afluencia de tallas grandes más homogéneas que consumen un grupo particular de presas. Situación similar a la anterior pudiera reflejar el valor bajo en verano para *G. atripinnis* por el nacimiento de las crías, además de que se empezara a incrementar el detritus como elemento resultante del decremento de las poblaciones de macrofitas.

VII.5.3.2 TRASLAPE DE NICHOS.

Un elemento para entender la organización de la comunidad es midiendo el traslape en los recursos por medio de las diferentes especies, siendo las dos dimensiones más comunes el alimento y el espacio. Existe una relación estrecha entre las medidas de similitud y de sobreposición de nicho, de ahí que varias se apliquen en ambos casos y estén sujetas a las mismas ventajas y desventajas como el caso del **índice** de traslape de Hom que es una medida de información (Petraitis, 1979; Krebs, 1989). Se eligió este **índice** por ser adecuado de acuerdo a la información a analizar (proporción del volumen), además de que es uno de los que presenta menor sesgo implementado por el número de recursos utilizados y la distribución y el tamaño de la muestra (Smith y Zaret, 1982).

Para discutir este aspecto es importante considerar algunos conceptos, que si bien no se corroboran en forma práctica del todo en el presente trabajo, nos permiten entender la complejidad de las relaciones entre las especies y brindan elementos para conformar adecuadamente la discusión. Entre ellos, el enunciado acerca de que dos especies no pueden coexistir si sus nichos son idénticos, es cierto pero trivial (puesto que dos individuos, aún sin considerar el nivel de especies, no presentan nichos idénticos) y el que dos especies pueden coexistir si sus nichos no se traslapan es plausiblemente falso, ya que al alimentarse en diferentes sitios, las especies ocuparían nichos que no se interconectan, incluso si ambas dependen totalmente de un mismo tipo de recurso altamente móvil (MacArthur, 1968). Sin embargo, hay que considerar que dos especies no coexistirían a menos que sus factores limitantes difieran y sean independientes o presenten un traslape incompleto (si se acepta la idea de similitud limitante) donde cada especie tenga un mayor ajuste bajo alguna

condición ambiental en particular, este es un criterio crucial que se debe examinar a un tiempo y lugar dados (Levin, 1970; Arthur, 1987). Asimismo, no es posible un equilibrio estable en una comunidad si r especies están limitadas por menos de r factores, ya que dicho equilibrio requiere un vínculo de trueque, entre los elementos que la constituyen, de los aspectos que reflejen el intercambio en los requerimientos y el correspondiente a los impactos que ocasionan los mismos elementos (Leibold, 1995). A pesar de lo antedicho, el concepto de una especie por nicho es el resultado a largo plazo de un proceso de competencia y mutua exclusión, pero en el caso de las especies recién introducidas se está en una etapa de desplazamiento o la fragmentación del nicho original para albergar a ambas (Lluch, 1978).

Algo más que cabe **señalar**, es que la meta original de la **medida** del traslape de nicho fue el inferir la competencia interespecífica, sin embargo no se ha podido definir bien la relación entre las dos (Krebs, 1989). Se ha indicado que un traslape de nicho de cero no significa necesariamente que la competencia esté ausente y por otra parte un valor alto no quiere decir que se esté compitiendo (Barbault y Celecia, 1981), siendo la única manera de demostrar su presencia y medir su intensidad la comparación del traslape del nicho actual (cuando las medidas se hacen en condiciones naturales) y el nicho virtual (son los valores correspondientes en ausencia de la competencia entre las especies) entre los supuestos competidores (Colwell y Futuyma, 1971). Por lo tanto, se emplea más bien como una medida descriptiva de la organización de la comunidad (Krebs, 1989). Finalmente, parafraseando un enunciado de Colwell y Futuyma (1971) hay probablemente una tendencia general hacia una subestimación en el valor del traslape de nicho a partir de la información del contenido estomacal de las especies, ya que su distribución puede hacer menos accesible muestras o tallas representativas para cubrir todo el espectro alimentario de las mismas, sin embargo se tiene que procurar el empleo de metodologías que resuelvan este inconveniente para obtener datos más veraces.

Los análisis de agrupamientos son métodos empleados para la clasificación de una serie de muestras. En este trabajo se utilizó el análisis de tipo exclusivo (origina grupos donde las especies son exclusivas del grupo al cual forman parte y no pueden pertenecer a más de un grupo en el mismo nivel o intervalo), jerárquico (originan conjuntos que presentan intervalos, en los cuales las especies o grupos de especies subsidiarias forman parte de un grupo mayor o inclusivo, conformando un árbol), aglomerativo (comenzando con las muestras individuales, clasificándolas de una área basal hacia arriba, las agrupa en sucesivos conjuntos para llegar a un solo conjunto que contiene el total de las unidades), politético (la clasificación se basa en la similitud de todos los atributos), secuenciales (cada grupo es formado uno por vez hasta que se agota el conjunto total) y con datos cuantitativos. Se empleó el método de promedios no ponderados (UPGMA) porque evita la introducción de situaciones extremas en la representación de los diagramas, como en el caso del ligamiento simple o completo y es el más recomendado de acuerdo a varios análisis detallados realizados sobre los métodos de agrupación, por mostrar la menor distorsión al comparar tanto la matriz original como la derivada con este análisis por medio del coeficiente de correlación cofenético (Crisci y López, 1983; Krebs, 1989; Rohlf, 1993).

El análisis de los artículos alimenticios como unidades, se aplica con la finalidad de establecer cuales de ellos forman grupos y, por lo tanto, están relacionados perteneciendo a una misma comunidad, una ubicación espacial y temporal similar o igual talla, entre otros. Este tipo de análisis puede generar ideas e hipótesis acerca del origen, valor selectivo y variación de los caracteres (artículos alimenticios) (Crisci y López, 1983).

Con base a los resultados del **índice** de traslape de nicho de Hom y el análisis de agrupamientos, en el caso de las especies, de los dos grupos que se formaron el primero incluye a especies generalistas y medianamente selectivas y el segundo principalmente a aquellas especialistas, y es en cuanto a los subgrupos que se marcan preferencias comunes por ciertos recursos. Se presenta de primera instancia, la gran afinidad entre *Z. quitzeoensis* y *H. turneri* lo cual se puede deber a que comparten casi los **mismos artículos** alimenticios en un orden de predilección parecido, pero cabe destacar que aquellos recursos preferenciales son los copépodos y el detritus, alimentos con amplia distribución y abundancia en el medio, encontrándose en diferentes comunidades (perifiton y bentos principalmente). Sin embargo, se tienen diferencias entre las dos especies, ya que *Z. quitzeoensis* tiende a consumir presas grandes como los anfípodos e insectos, incluso, aunque se alimenta principalmente en el día, en recolectas nocturnas las tallas mayores de este pez presentaban dichos artículos, mientras que *H. turneri* capturó un mayor número de cladóceros chidóridos.

A partir de lo anterior, la ubicación espacial y temporal de ambas especies es muy similar en la laguna de ahí que tengan un traslape de nicho muy estrecho, pero como *Z. quitzeoensis* es generalista y *H. turneri* medianamente generalista, cuentan con un espectro variado de artículos alimenticios lo que las mantiene en coexistencia. Sin embargo, cabe apuntar que la primera es más tolerante que la última a los cambios en el ambiente tendiendo a permanecer mientras que *H. turneri* es susceptible a desaparecer, como sucedió en la laguna de Cuitzeo (Medina *et al.*, 1992a y b).

Es importante señalar que las preferencias de estas dos especies en particular y las otras en general, han generado las agrupaciones de los artículos alimenticios en el dendrograma aplicado a los mismos, lo que pudiera considerarse a símil de la conformación de los guilds en la ictiofauna de la laguna. La segregación ecológica entre estos guilds resulta a partir de los distintos tamaños que presentan las especies así como su diferencia en el comportamiento alimentario, ya que cuando dos especies que alcanzan tallas similares coexisten, siempre difieren en dicho comportamiento (Barbault y Celecia, 1981). Además, a pesar de una posición similar ocupada por dos especies que al mismo tiempo son presas, es posible su coexistencia si cada una está limitada por una combinación independiente de los factores de depredación y restricción del recurso (Arthur, 1987). Estas características de segregación son de alguna manera más satisfactorias hablando del caso de dos especies nativas como son las anteriores, ya que el resultado de tal competencia no necesariamente tiene que ser la eliminación de una de ellas, sino en lugar de eso la presencia de cambios adaptativos por parte de las especies que compiten (Levin, 1970).

Es con respecto a *Z. quitzeoensis* y *H. turneri* que se puede dar la relación de los microcrustáceos denominados meiobentónicos, incluyendo los cladóceros chidóridos (*Simocephalus* y *Pleuroxus*) y los ostrácodos (figura 57). Además esto también puede responder a que dichos organismos se encuentran localizados en substratos análogos del perifiton como las raíces del sauce, las macrofitas sumergidas y en el bentos (Mora y Martínez, 1995¹ **com. pers.**) y sus tamaños similares, pequeños, propicien su captura por las especies de peces de tallas menores.

El siguiente valor de relación alto entre las especies de peces lo tienen *H. calientis* con *Ch. humboldtianum* y su causa más probable fue el considerar a los copépodos como grupo y no a nivel de géneros o especies, lo cual no es tan factible porque ya se encuentran en proceso de digestión o digeridos lo que dificulta su **identificación** ya que para ello se requiere del análisis de estructuras pequeñas.

Asimismo, existen otros componentes comunes en la dieta de ambas especies como el anfípodo *Hyaella azteca*, pupas de chironómidos y los cladóceros *Bosmina longirostris* y *Daphnia*, sin embargo los valores en las últimas presas varían por la ubicación espacial de dichos peces en la laguna. *H. calientis* es más litoral pero llega a consumirlas por estar cerca de la superficie (situación que la desfasa un tanto de la colocación en la columna de agua de *Z. quitzeoensis* y *H. turneri*), mientras que *Ch. humboldtianum* es más limnética y con una constancia en el consumo del plancton aún en tallas mayores, aunque a este respecto hay que considerar la someridad de la laguna de ahí que también se tenga la presencia de recursos del perifiton en la última, sin descartar que también se dirige a dicha comunidad.

Además, otros factores que determinan la afinidad por los microcrustáceos son la abundancia en el tiempo de los cladóceros en el medio y su localización en determinados **hábitats** que incrementa la posibilidad de encuentro, como el ejemplo de *B. longirostris*, que fue común en la dieta de varias especies en invierno y primavera, lo que determina que se agrupara en la división junto con los recursos mayormente compartidos por los peces de la laguna en el análisis de los artículos alimenticios (figura 58).

En seguida se relacionan los dos conjuntos, *Z. quitzeoensis* y *H. turneri* con *H. calientis* y *Ch. humboldtianum*, lo que ocurre por la preferencia de alimentos y valores de porcentaje comunes de los integrantes del segundo, principalmente con la primera especie. *H. calientis* por presentar la mayor amplitud de nicho es común que comparta con más especies las mismas presas y en este caso en particular junto con el aterínido se presentan de la manera como se explica en los párrafos anteriores al consumir en forma importante copépodos, detritus e insectos.

² P. de B. **Idalia** Soledad Mora Pineda, colaboradora y **tesista** en el área de **perifiton** del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

² Biól. María **Araceli** Martínez Pantoja, colaboradora en el área de bentos del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

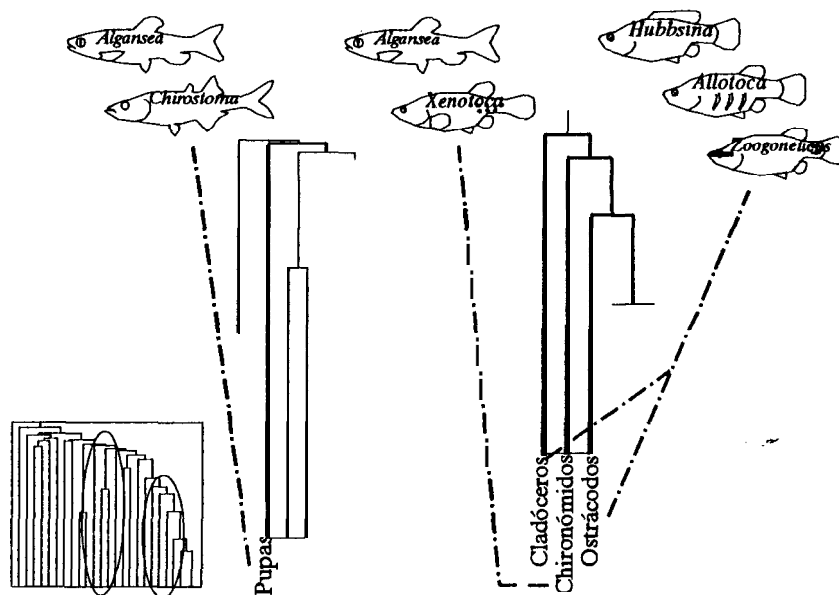


Figura 57. Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, **señalando** a las especies de peces que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.

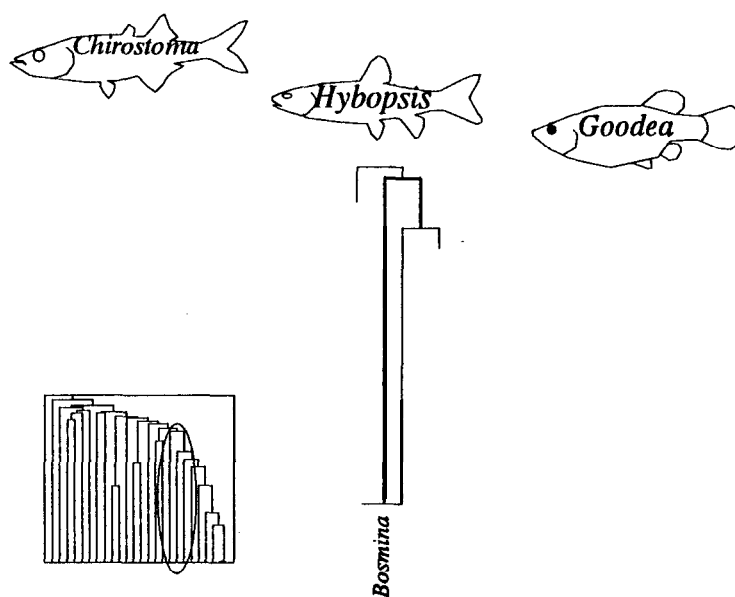


Figura 58. Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.

La otra relación involucra al generalista *X. variata*, situación por la cual comparte varios alimentos sobretodo con *Z. quitzeoensis* e *H. calientis* consumiendo preferentemente *Hyaella azteca*, chironómidos e insectos, aunque diferencialmente durante las épocas del año dependiendo de la abundancia del recurso en el medio. Un aspecto que es importante retornar es la alimentación nocturna de esta especie lo que puede permitir una mejor coexistencia, de acuerdo a la afinidad en la dieta de más del 70% con los otros dos generalistas.

A. lacustris es la siguiente especie que se agrupa, aunque a una distancia mayor, por tener artículos alimenticios equivalentes con *Ch. humboldtianum* así como *H. turneri*, *H. calientis* y *X. variata*, presentando incluso el mayor porcentaje de consumo de copépodos, chironómidos y sus pupas. Es importante señalar que se revisó un número pequeño de ejemplares y los que contenían alimento en el tracto no superaron los 9 cm LT. Sin embargo, en un estudio realizado para el lago de Pátzcuaro con tallas mayores (Rosas, 1976a), se encontró una inclinación por algas filamentosas clorofíceas en las que habitan diferentes organismos que son consumidos junto con las primeras, destacando en orden de importancia los caracoles, copépodos y chironómidos, llegando incluso a presentarse *Cambarellus*. De acuerdo a los copépodos y chironómidos se define una tendencia parecida en Zacapu. Además, a partir de *A. lacustris* y su afinidad con las otras especies, principalmente *X. variata*, se puede explicar el porque se relacionaron los chironómidos en la división de los artículos de mayor consumo, incluso al lado de los cladóceros en el análisis de agrupamientos (figura 57), ya que, aparte de los primeros, este ciprínido tuvo un consumo representativo de los últimos.

Como un elemento adicional, los chironómidos por si mismos fueron importantes auxiliando en determinar hacia donde se direccionó la alimentación de los peces, debido a su gran distribución y a la localización específica que tienen los géneros de estos insectos a una comunidad en particular (Mora y Martínez, 1995¹ com. per-s.). Por ejemplo, *H. calientis* y *X. variata* los capturaron en el bentos puesto que el predominio en su dieta lo tuvo *Tanypus* y *Z. quitzeoensis*, asimismo, se dirigió al fondo pero por su parte consumió *Chironomus*. Adicionalmente, esta última especie junto con *X. variata* obtuvieron organismos del perifiton por la presencia de los géneros *Parachironomus* y *Endochironomus* y en *Ch. humboldtianum* se identificó *Dicrotendipes*, el cual está ubicado hacia la base de las macrofitas.

Por otra parte, *A. lacustris* al ser la especie que en un mayor volumen de su dieta presenta las pupas de chironómidos comparada con las demás (seguida de *Ch. humboldtianum*), determina que estos organismos ocupen el sitio que tienen en el dendograma (figura 57) y por medio de los cuales junto con los restantes artículos en su

¹ P. de B. Idalia Soledad Mora Pineda, colaboradora y tesista en el área de perifiton del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

¹ Biól. María Araceli Martínez Pantoja, colaboradora en el área de bentos del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

alimentación, se le ubique a dicho pez en la columna de agua hacia el litoral en zonas más superficiales, ya que en los últimos procesos de metamorfosis estos insectos tienden a irse a la superficie.

La especie de pez con la que termina el primer subgrupo es el goodeido *A. dugesii*, vinculándose principalmente con *H. turneri*, *Z. quitzeoensis* e *H. calientis* con base en la afinidad, ya comentada, por copépodos, ostrácodos y cladóceros chidóridos, sin embargo se separa por tener el mayor consumo de los insectos perifíticos. Esta situación pudiera explicar en parte el porqué se distribuye más hacia la zona de manantiales, donde hay poblaciones permanentes de macrofitas que proporcionan el hábitat a estas presas.

Con base a lo precedente y retomando la relación de los artículos alimenticios, la afinidad y cercanía que presentan los insectos (larvas de odonatos, efemenopteros y tricópteros) con el anfípodo *Hyaella azteca* (figura 59), se puede deber en que es común su consumo con valores altos o representativos de proporción. Esto a su vez tiene un significado ecológico ya que dichos organismos se presentan simultáneamente en los mismos substratos, predominando en las macrofitas (Mora, 1995¹ com. pers.). Por otra parte, ciertas preferencias individuales por uno u otro recurso depende, en primer lugar, de la época del año, de acuerdo al proceso de desarrollo de las larvas de los insectos y en consecuencia su mayor o menor frecuencia en el medio y en segundo lugar, al momento del ciclo circadiano en que se alimentan los peces, debido a que, por ejemplo, *H. azteca* es fotonegativa. Esto es importante señalarlo porque implica una distribución en el consumo de los recursos disminuyendo la presión por depredación sobre estos organismos permitiendo su permanencia.

Asimismo, para el alimento una agrupación, aunque no tan estrecha, es la de los huevos (de insectos, caracoles y peces sobretodo *Ch. humboldtianum*) con el cladóceros *Daphniu* (figura 60), la cual es determinada en mayor grado por *A. dugesii*, *H. calientis* y *Ch. humboldtianum*. Esto puede representar, en las dos primeras especies, un cambio en la dieta del consumo del plancton en los juveniles al perifiton conforme crecen y además, su colocación superficial puesto que los substratos empleados para la oviposición tanto de invertebrados como vertebrados son las raíces de sauce y las macrofitas, utilizando *Ch. humboldtianum* a *Myriophyllum*, la cual es más abundante en los manantiales (Mora, 1995¹ com. pers.). Por otra parte, a *A. dugesii* también se le puede atribuir principalmente el acomodo un tanto aislado de los nemátodos de vida libre (figura 60), por ser la especie que en mayor grado los consume. Estos organismos son de los más característicos del perifiton y sobre todo son más abundantes en las raíces de sauce que en las macrofitas, de ahí que tenga un valor proporcional al de los huevos en su dieta ya que se presentan juntos en el medio (Mora, 1995' com. pers.).

¹ P. de B. Idalia Soledad Mora Pineda, colaboradora y tesista en el Brea de perifiton del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

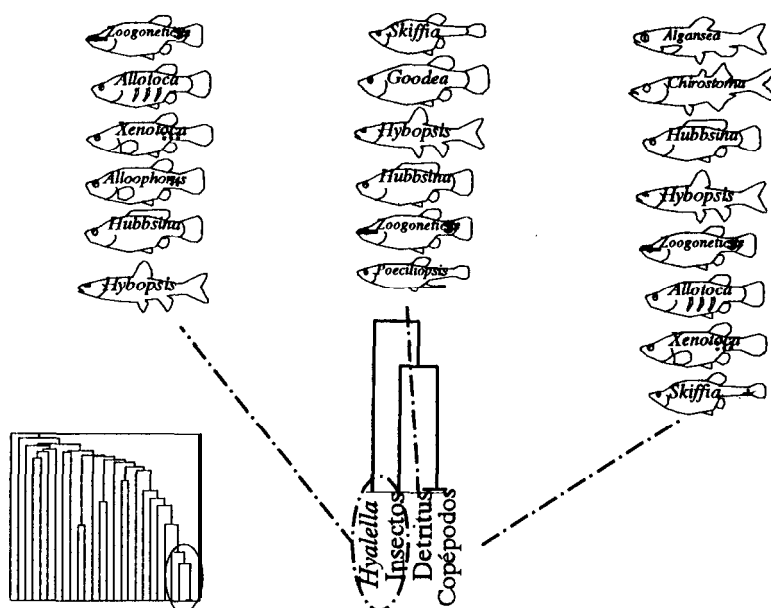


Figura 59. Análisis desglosado del dendrograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.

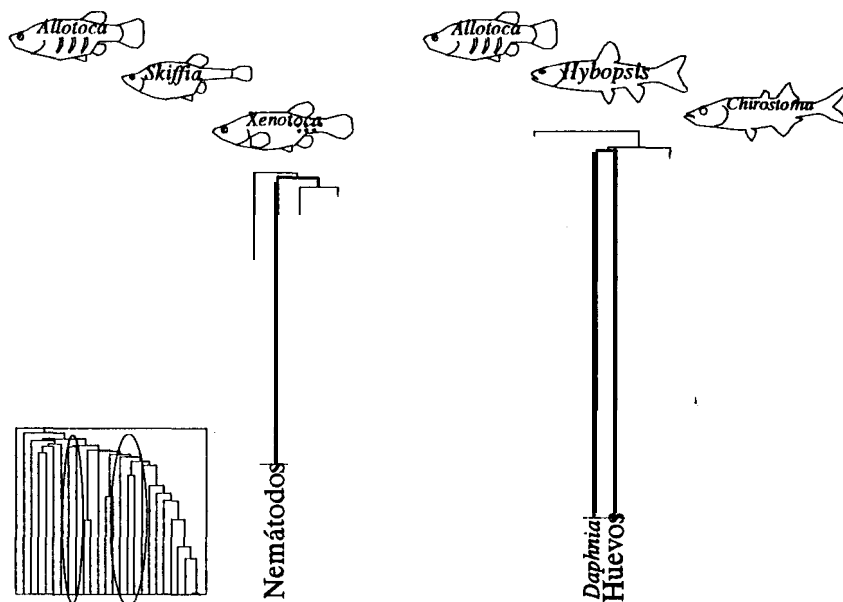


Figura 60. Análisis desglosado del dendrograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.

Las siguientes especies afines que conforman el segundo subgrupo fueron *A. robustus* y *M. salmoides* debido a que ambas tienen un consumo importante y similar de peces y *Cambarellus*, lo que las define como los carnívoros tope de la ictiofauna. Es importante señalar, que la lobina negra en los últimos 20 años se ha difundido en las presas y lagos mexicanos con la variedad de boca grande sin tomar en cuenta algunas veces que, siendo carnívora y extraordinariamente voraz, constituye un depredador peligroso para la supervivencia de otras valiosas especies nativas (pescado blanco y charal) (Rubín, 1987). Además, la lobina negra es un pez incosteable por su alto ángulo de conversión y porque utiliza como peces forrajeros a especies más comerciales -el pescado blanco es el pez que tiene el mayor precio en el mercado nacional (Chacón-Torres y Rosas-Monje, 1995)- a las que llega a exterminar devorando sus crías (Rosas, 1976a). Adicionalmente, en el lago de Pátzcuaro se encontró que esta especie tuvo requerimientos alimenticios en biomasa y frecuencia mayores que el pescado blanco (*Ch. estor estor*), además de presentar una diversidad trófica más amplia, llegando a incluirse la dieta del aterínido en la de la lobina negra (García de León, 1984). Por lo anterior, el último pez utiliza recursos a los que el pescado blanco no tiene acceso, tan solo por la amplitud de su boca (Hambright, 1991).

De acuerdo a las características mencionadas, la lobina negra pasa a ser en forma real un organismo con una acentuada relación competitiva (Anderson, 1984), incluso concluyéndose en Pátzcuaro que fue el causante del desequilibrio piscícola, ya que al disminuir el alimento disponible el pescado blanco era más sensible y no podía soportar un proceso de competencia prolongado (De Buen, 1944; Rosas, 1976a). Sin embargo, quizás lo más problemático no es solo el hecho de competir sino el de depredar, atribuyéndosele a esta causa el decremento de las poblaciones del *Ch. e. estor* lo cual está en relación de lo esbelto del cuerpo de este pez (García de León, 1984). Otro aspecto más es que los piscívoros como la lobina negra tienden a consumir tamaños más pequeños de presas que el máximo posible permitido por la abertura de su boca (Hambright, 1991), lo que implica la captura de juveniles o tallas reducidas del aterínido así como especies menores de goodeidos, por un lado disminuyendo el potencial reproductivo del primero y poniendo en riesgo a las especies con una categoría de susceptibilidad de los últimos.

Adicionalmente, las especies nativas se han visto afectadas y desplazadas por sus incapacidades competitivas al tenerse una extremada profusión de *M. salmoides*, causada por los profundos cambios a partir del deterioro que experimentan los cuerpos de agua (García de León, 1984). En otro sentido, la perspectiva de introducción de este pez es destinada a la pesca deportiva lo que pasa a un segundo plano cuando el fin inmediato es obtener carne para la población, más aún en zonas donde la producción a partir de las especies nativas es regular (Rosas, 1976a).

Con respecto a los artículos alimenticios el segundo grupo del dendograma lo integran el caracol *Physa*, ácaros, *Cambarellus*, peces y sanguijuelas, relacionándose debido a que son consumidos por las especies que se comentaron, así como otros carnívoros de mayores tallas (figura 61). El agrupamiento más estrecho peces -*Cambarellus* puede responder a *A. robustus*, *M. salmoides* y *Ch. humboldtianum*, última que en sus tamaños más

grandes los captura. Es importante enfatizar el papel de los depredadores en el mantenimiento de la diversidad de especies en la comunidad y la presión de depredación como un factor que interviene en su dinámica y organización, ya que las medidas de traslape de nicho evidentemente no tendrán el mismo significado que en las comunidades que solo están reguladas por una competencia interespecífica (Barbault y Celecia, 1981). Así, el análisis de la depredación es necesario evaluarlo en forma más completa incluyendo a otros organismos tal es el caso de los anfibios y las aves, debido a que especies como *Ambystoma andersoni* presentan un consumo constante sobre *H. turneri*, *Z. quitzeoensis* e *H. calientis* en orden de importancia, las cuales también captura *A. robustus*, sin embargo este pez prefiere al igual que *M. salmoides* a *Skiffia* spp, que no aparece en la dieta del anfibio (Juárez, 1995¹ com. pers.). Adicionalmente ya se comentó acerca de la reciente introducción de la rana toro (*Rana catesbeiana*). Entre las aves en un registro puntual de organismos **residentes**, se encontró a la **garcita verde** (*Butorides striatus*), garzón blanco (*Casmerodius albus*), gaviota de Delaware (*Larus delawarensis*), martín pescador azul (*Ceyla alcyon*) (Villaseñor, 1996² com. pers.).

En seguida se unen a los peces y *Cambarellus* los ácaros y *Physa*, elementos asociados en la laguna sobre todo en las raíces de sauce donde el caracol presenta una mayor abundancia que los otros caracoles *Valvata* y *Helisoma*, además, cabe agregar que a *Physa* lo consumen algunas especies como *Ch. humboldtianum* lo cual se puede deber a la forma alargada de su concha y mayor fragilidad (Mora, 1995³ com. pers.). Finalmente, se presentan las sanguijuelas cerrando el conjunto lo que pudiera ser el resultado de una ubicación espacial afín a *Cambarellus*, sin embargo con una menor presión de depredación.

Una particularidad en la aplicación del **índice** de traslape y análisis de agrupamientos en las especies de peces, es la **interrelación** significativa de *Skiffia* spp con *G. atripinnis* ambas selectivas del alimento, sin embargo, su coincidencia consiste en la afinidad elevada por el detritus, elemento muy común en la laguna, ya que los otros recursos alimenticios varían adecuándose al tamaño de cada especie, para *G. atripinnis* con macrofitas, algas y *Plumatella* y *Skiffia* spp con diatomeas y copépodos.

A este nivel se puede concluir acerca de la afinidad más estrecha de los artículos alimenticios en la primera división del primer subconjunto del primer conjunto del primer subgrupo en el primer grupo del dendograma (figura 59), los cuales están relacionados por presentarse en la dieta de un mayor número de especies y particularmente el detritus se une con los copépodos como respuesta a su alto valor (hasta 70%) en las especies anteriormente comentadas.

¹ P. de B. Adriana Juárez Valdez, colaboradora y **tesista** en el Laboratorio de Herpetología de la Universidad Michoacana.

² M. C. Fernando Villaseñor Gómez, integrante del Laboratorio de Investigación en Ornitología de la Universidad Michoacana.

³ P. de B. **Idalia** Soledad Mora Pineda, colaboradora y **tesista** en el área de **perifiton** del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

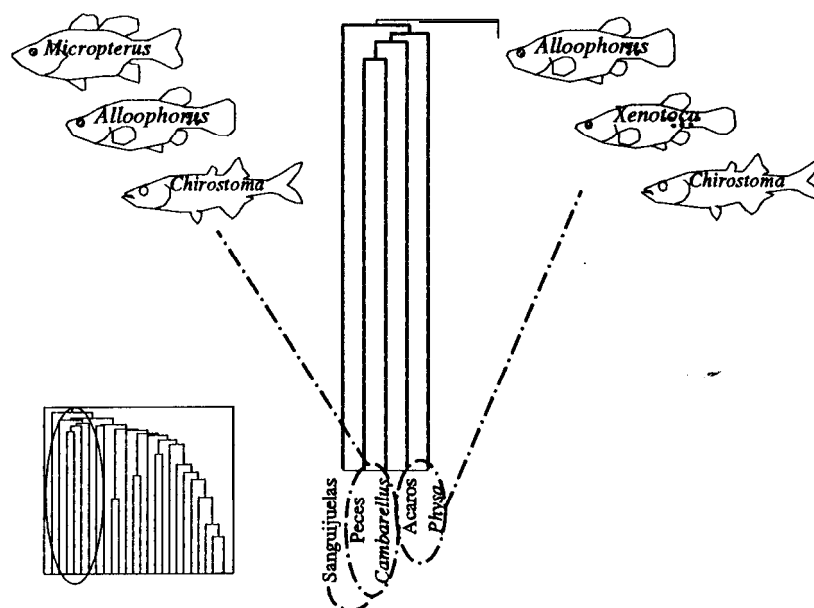


Figura 61. Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.

Enlazada al vínculo *Skiffia* spp - *G. atripinnis* se encuentra la especie *P. infans* por su similitud en la dieta, aunque difiriendo en las cantidades de los porcentajes del detritus, presenta mayor valor en las diatomeas, algas y MONI (materia orgánica no identificada), situación por la cual es de esperarse que ocupe una posición más superficial que las anteriores en la columna de agua, alimentándose sobre todo en el perifiton vegetal.

Para algunos de los alimentos de los peces anteriores, se pudiera entender porque se encuentra agrupado en la primera división del subconjunto la MONI y como la segunda división algunos de los elementos vegetales (figura 62). Dicha segunda división contiene a las algas y diatomeas, las cuales están vinculadas en la laguna ya que las cloroñas filamentosas como *Oscillatoria*, *Spirogyra* y *Nitella* se encuentran comúnmente relacionadas con las diatomeas perifíticas y bénticas como *Cymbella*, *Synedra*, *Fragilaria*, incluso presentándose la asociación específica de *Nitella - Cocconeis placentula* var. *Zineata*. Además, el desarrollo de estos organismos es señal de disponibilidad de nutrientes en el medio, mismos que provee la materia orgánica en descomposición (Alvarado, 1995¹ com. pers.). Por otro lado, el segundo conjunto que está integrado por las macrofitas y *Plumatella* es más

¹ Biól. Reina Alvarado Villanueva colaboradora en el área de fitoplancton y perifiton vegetal del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

representativo en *G. atripinnis*, pero su principal causa de separación se comenta más adelante.

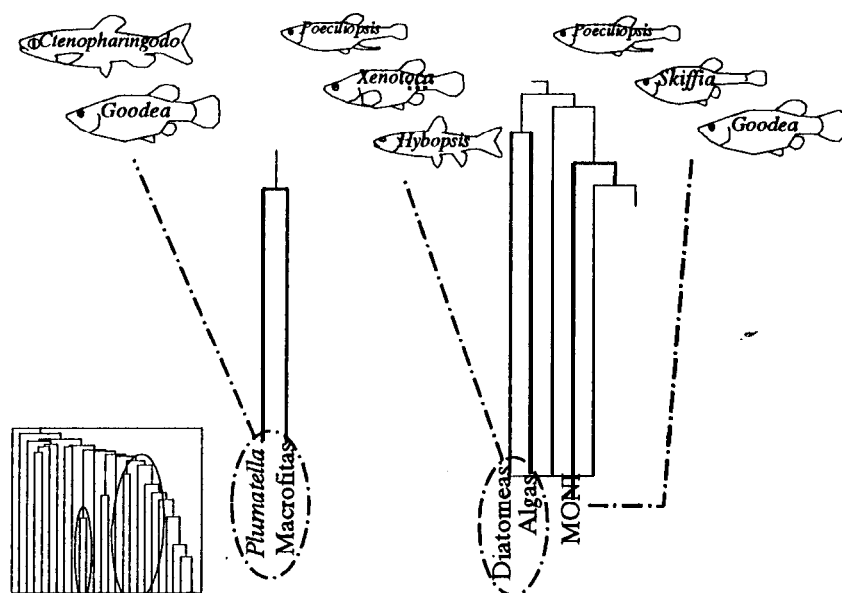


Figura 62. Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.

La primera especie que en forma independiente se unió al resto fue *C. carpio*, debido a que, a pesar de compartir presas en común -sobre todo los caracoles-, las demás especies cuentan con alimentos no consumidos o en proporciones disímiles a las de este ciprínido. Lo más peculiar a este respecto es que se presentaría una mayor afinidad con *A. robustus* en caso de que no estuviera presente *M. salmoides*, reflejando ésto la adecuada situación de la especie en **Zacapu** al estar colocado como consumidor secundario. En el caso de la carpa, por ser una especie introducida, el asumirla como un competidor de las especies nativas es factible, a pesar de que ciertamente no se tiene un análisis previo cuando estaba ausente para evaluar el grado de compresibilidad ecológica que han experimentado los organismos y así poder determinar con más precisión si la dieta y el hábitat o ambos se suelen contraer cuando el competidor está presente (MacArthur y Wilson, 1967; MacArthur, 1968). Se estima que esta interacción se presenta principalmente en tallas menores porque el consumo se **direcciona** hacia los copépodos, los cuales, representan la presa de la mayoría de las especies lo que significa anexar otra más, asimismo, se alimenta de cladóceros chidóridos y de ostrácodos que son artículos preferenciales de *H. turneri*, *A. dugesii* y *Z. quitzeoensis* (figura 57). Esta misma situación la reporta Rosas (1976a) en el lago de Pátzcuaro al comentar que “la carpa espejo es una especie que competirá como cría con todas las especies del lago”, debido a que en las tallas de 1 a 5 cm de longitud encontró un consumo de cladóceros y copépodos.

Por un lado, no obstante a que los copépodos son de los organismos más representativos de la laguna (Calderón, 1995¹ *com. pers.*) y se espera que estén distribuidos en manchas o parches dentro de cada hábitat a manera de un mosaico (Infante, 1988), al presentarse una siembra constante sin control en tallas pequeñas de esta especie exótica, se tendrá una mayor interacción con aquella especie local que acostumbre alimentarse en el sitio donde se dirija la carpa (en el principio de que la frecuencia de ocurrencia en un hábitat para dos especies que presentan un consumo similar, puede estar cercanamente proporcional a la probabilidad relativa de comer un recurso en ese hábitat [Schoener, 1974]). Esta última puede reducir la densidad de las presas en los parches de grano fino, con la posibilidad de disminuir el hábitat y llegar a desplazar o excluir por interferencia directa a la nativa, en el caso de que estuviera en equilibrio con dicho recurso el cual implique un aporte sustancial en la dieta, lo que restaría su proporción en la misma (MacArthur, 1968). Asimismo, podría causar el recurrir a otros artículos alimenticios por un cambio en la estrategia de alimentación y derivar un contacto con las demás especies (Schoener, 1974). Por el otro lado, una particularidad de este ciprínido, como se ha venido comentando, es que conforme aumenta su tamaño cambia los recursos sobre los que se alimenta lo que en consecuencia la hace empalmarse con diferentes especies, encontrando Rosas (1976a) en Pátzcuaro para organismos de 5 a 15 cm el consumo de insectos y anfípodos, al igual como ocurre en **Zacapu**, presas que por su parte prefieren las especies *Z. quitzeoensis* y *X. variata*, hasta que ya más grande tiende a especializarse en el consumo de caracoles y el mismo autor a encontrado *Cambarellus*.

A pesar de que desde hace diez años se realiza la introducción y constante resiembra del ciprínido, para entender la competencia que de éste se deriva y constancia en la diversidad de las especies, se pudiera considerar que la coexistencia de los peces ha diferido en sus requerimientos ecológicos al menos en una mínima cantidad (subdivisión de los recursos) para evitar la exclusión competitiva entre varias distribuciones traslapadas de especies que son competidores parciales (*sensu* MacArthur, 1968; Whittaker, Levin y Root, 1973; **Pianka**, 1974). Sin embargo, no se descarta el incremento en la vulnerabilidad de las especies nativas como consecuencia de una substitución de elementos y fragmentación de nichos, los cuales se deben esencialmente a la competencia interespecífica. Además, que de antemano la comunidad está en equilibrio dinámico y sus componentes se encuentran en proceso evolutivo, de ahí que las presiones selectivas que por competencia ejercen las especies entre sí están continuamente modificándose (**Lluch**, 1978). Otro aspecto adicional, es la conducta alimentaria del ciprínido removiendo el sedimento lo que tiende a modificar su entorno (Lammens y Hoogenboezen, 1991). Cabe agregar un detalle particular que se deriva de una afirmación hecha por Rosas (1976a): “como adulto, [la carpa competirá] con la especie omnívora que hay, la **Acúmara** [*A. lacustris*]; pero la carpa es una especie de rápido crecimiento y muy prolífera, por lo que en poco tiempo será dominante en el Lago de Pátzcuaro”.

¹ Biól Jaqueline Beatriz Calderón Arreola, colaboradora en el área de plancton del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

Lo anterior puede significar que con la reciente siembra de *A. lacustris* (1990) se han introducido a **Zacapu** dos especies potencialmente competitivas entre si mismas, situación que es posible que ocasione, primero, una disminución de las presas preferenciales como caracoles los cuales por alimentarse ramoneando y controlando las poblaciones de algas y diatomeas, propiciarían un probable desequilibrio por la proliferación de estas últimas y, segundo, el desplazamiento de una por la otra, causando la búsqueda y alimentación hacia diferentes parches de recursos no comunes o regulares, lo que pudiera incrementar la competencia con las especies nativas (*sensu* MacArthur y Wilson, 1967). Para lo último se tendría una relación más estrecha, con base a su valor de traslape y tipo de presas, con *H. turneri* que es una de las especies sensibles y que no se presenta en condiciones naturales con la **acúmara** en el lago de Pátzcuaro, y lo mismo sucedería con *X. variata*, sin embargo este goodeido como generalista podría aprovechar otros recursos. **No hay** que olvidar que la tendencia en todo proceso evolutivo va de lo general a lo particular, de la eurifagia a la estenofagia, en vista de la diversificación y fragmentación de los nichos ecológicos porque son aprovechados por un creciente número de poblaciones (**Lluch, 1978**), pero en este caso es la exposición repentina de un intruso lo cual no pudiera dar el tiempo suficiente para este ajuste.

Con base a la afinidad de dietas precedentes, se formó para los artículos alimenticios un subgrupo cuyo segundo subconjunto incluye a los caracoles *Helisoma* y *Valvata* (figura 63), organismos que coinciden en substratos comunes a manera de asociaciones en la laguna, siendo más **abundante** el segundo y además presentan una morfología de concha parecida, aunque *Helisoma* alcanza mayores tallas (Mora, 1995¹ *com. pers.*). De igual forma el completo aislamiento de las almejas (*Sphaerium*) **se** pudiera atribuir a que es un artículo de consumo preferencial de la carpa, situación que no se detectó en las demás especies (figura 63)

La carpa herbívora queda también independiente, pudiéndose esto explicar con base a que su dieta no presenta una **interrelación** significativa con el resto de las especies y en lo que respecta a los artículos alimenticios, pasaría a definir la segunda relación más estrecha entre dos recursos como es el caso de *Plumatella* con las macrofitas (figura 62). Cabe agregar que dicha preferencia alimentaria determina, en parte, la distribución de este ciprínido, ya que en una recolecta exploratoria se capturaron un gran número de carpas herbívoras hacia la desembocadura, lugar en el que *Plumatella es* abundante por su relación con las macrofitas emergentes como el tule y donde también se presentan en forma abundante las macrofitas sumergidas.

Para los peces, en cuanto a las afinidades alimenticias de *O. aureus*, el mayor valor lo obtiene en Cuitzeo con *P. infans* (Zubieta, 1985) y en el caso de **Zacapu** se estima que

¹ P. de B. Idalia Soledad Mora Pineda, colaboradora y tesista en el área de perifiton del Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana.

se relacionaría con aquellas especies mencionadas para la amplitud de nicho, siendo principalmente *G. atripinnis* y *X. variata* y a pesar de que se le atribuyó el término de fitoplanctófaga, a juzgar por los recursos es más bien perifitófaga a bentófaga.

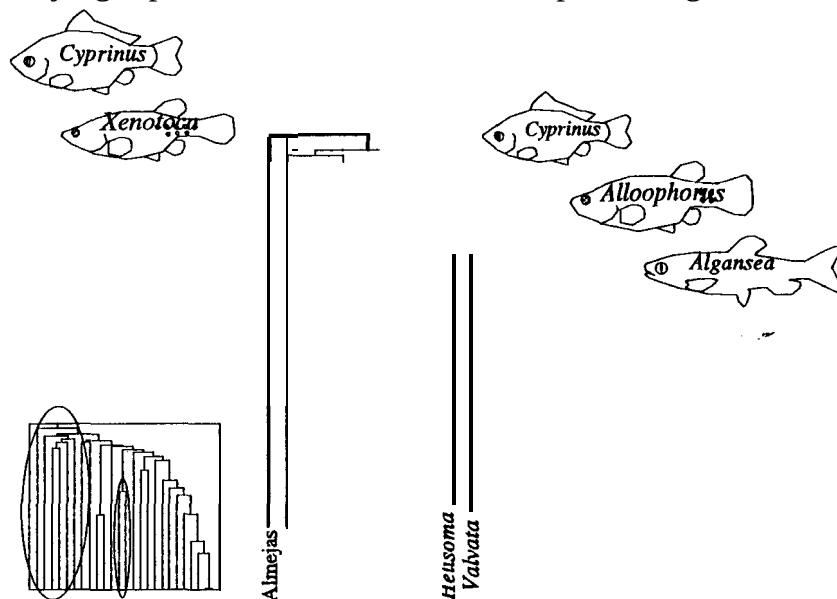


Figura 63. Análisis desglosado del dendograma de los artículos alimenticios, señalando a las especies que los consumen preferentemente de un mayor a menor grado, de la parte superior a la inferior respectivamente.

Finalmente, para evaluar con otra perspectiva la intensidad de la relación se aplicó el índice de traslape de Hulbert que involucra la abundancia de las presas en el medio, lo cual es importante para dar otra visión de las interacciones de las especies (Petraitis, 1979). Es importante aclarar que esta evaluación se hizo con los datos de invierno, ya que fue la época donde se contó con la información de las diferentes comunidades donde se encuentran los artículos alimenticios de los peces, las cuales no se pueden procesar simultáneamente por las dificultades metodológicas implícitas.

En esta época se sigue manteniendo vigente la relación *H. calientis*-*Ch. humboldtianum* y en particular se tiene también a *G. atripinnis* que presenta valores altos con ambas, lo cual se puede deber a la presencia del cladóceros *Bosmina longirostris* en la dieta de todas ellas. Esto implica una depredación importante sobre el cladóceros, la cual se mantiene hasta la primavera e involucra a las tres especies de peces por tener accesibilidad al mismo, si consideramos los movimientos verticales del plancton y a que este microcrustáceo se encuentra también asociado a las orillas. Lo anterior, de igual manera responde a que se tiene un máximo de incremento poblacional de *B. longirostris* en esta época a consecuencia del máximo de fitoplancton (Hutchinson, 1967). A partir de este proceso, en el verano y otoño cambia la preferencia de los alimentos en la dieta de los peces y decae la importancia de dicho cladóceros al disminuir su abundancia en la laguna, mostrando así la variabilidad de las características del nicho trófico, debido a que el

alimento de un depredador depende de la abundancia y frecuencia relativa de las presas disponibles, de un biotopo a otro o de un período de tiempo a otro, es decir, lo que es reflejo del aprovechamiento de las presas más abundantes y no una selectividad específica hacia un organismo en particular (Petraitis, 1979; Barbault y Celecia, 1981).

Otro valor alto del **índice** de Hulbert que involucra tres especies se tiene entre *H. turneri*, *Skiffia* spp y *A. lacustris* relacionándose de nueva cuenta con los copépodos, además cabe hacer notar que de los artículos preferenciales de estos peces existen varios no cuantificables como el detritus y las diatomeas del perifiton, por lo que no se consideraron en este **índice**. Ésto expone claramente que el análisis del traslape de nicho, por si mismo, no necesariamente tiene que representar competencia en sus resultados, de antemano, es posible que exista una relación inversa entre ambos conceptos. Así, **un** traslape de nicho alimentario alto puede en un momento dado ser correlacionado con reducción en la competencia, ya que si los recursos son abundantes, dos o más organismos los pueden compartir sin ir en detrimento del otro, determinándose las dimensiones críticas del nicho por otros factores limitantes (Levin, 1970; Zaret y Rand, 1971; **Pianka**, 1974). Adicionalmente, las especies se desarrollan dispersándose a partir de sus centros tanto de población en el hábitat y del nicho, y estas agrupaciones poblacionales normalmente se traslapan ampliamente si sus centros están cercanos y solamente son excepcionales las especies con límites marcados en discontinuidades de exclusión (Whittaker, Levin y Root, 1973).

Por último, se encuentran interrelacionados *A. robustus* y *C. carpio* por su especificidad en el consumo del caracol *Helisoma*, ya que este molusco presenta mayores tamaños que los otros caracoles y ambos peces son también grandes. A pesar de esto, dichos peces cuentan con otros recursos alimenticios en sus dietas, es decir, que presentan un alto valor de traslape a lo largo de un recurso (*Helisoma* y *Valvata*) pero un bajo valor en otros (peces e insectos para *A. robustus*) reduciendo el traslape de nicho efectivo total (**Pianka**, 1974).

Al recapitular el análisis de los artículos alimenticios (figuras 57 a 63), se puede observar que la mayoría de las especies de peces en forma distinta encabezan uno o varios de ellos debido a una preferencia particular y solo las generalistas no sobresalen, sin embargo se distribuyen a lo largo de diferentes recursos. Esto pudiera, en parte, ser respuesta de que el tiempo gastado dirigiéndose a través de diferentes tipos de parches (implícitamente aquellos de pocos recursos) puede por mucho compensar a la alimentación especializada, colocándolas en una situación de no competencia con las especies selectivas localizadas en parches más bastos (MacArthur, 1968). El caso de *G. atripinnis* al no sobresalir, probablemente se da porque consume de los alimentos más característicos en el medio (detritus) o selectivos a pocas especies (macrofitas y *Plumatella*). Además, cabe agregar que las especies introducidas *C. carpio* y *A. lacustris* encabezaron su mayor predilección hacia dos presas la primera y tres la segunda, lo que si bien pudiera derivar de como se clasificaron éstas, también puede implicar su adaptación y desarrollo adecuado en la laguna.

A este respecto, destaca que la alimentación se realiza principalmente en los organismos asociados a los elementos vegetales acuáticos (el perifiton animal) por ser, de las comunidades, quizás la más representativa en la laguna, teniéndose como aspecto fundamental un aprovechamiento integral de los diferentes **hábitats** (**macrofitas** sumergidas, flotantes, emergentes, raíces de sauce, entre otros) e incluso la posibilidad de una subdivisión de los mismos (parte apical, media o basal) (MacArthur, 1968), dependiendo de su permanencia, distribución, crecimiento, morfología y otros gradientes del nicho propio de los organismos que soportan esta comunidad (Whittaker, 1970). Adicionalmente, es evidente una relación estrecha entre las características de los tipos de recursos que una especie dada puede utilizar y sus propias características morfológicas y **etológicas** en su proceso ontogénico. Diferentes ejemplos se han citado y estas son unas de las estrategias que permiten que la segregación ecológica tome lugar entre las especies potencialmente competitivas y por lo tanto se presente su coexistencia (Barbault y Celecia, 1981).

Es importante señalar la relación que tienen el origen y las características morfométricas e hidrodinámicas de un cuerpo de agua con respecto a la productividad y el tipo y cantidad de alimento que en ellos se puede encontrar (Torre-Orozco y **García-Calderón**, 1995), así como la distribución e interacción de sus comunidades motivada principalmente por la heterogeneidad de **hábitats** (Power, 1992). En lo que corresponde a los peces, para **lagos** someros como es el caso de **Zacapu**, Cuitzeo (Duarte, 1981) y Pátzcuaro (Rosas, 1976a), la alimentación está basada fundamentalmente en organismos de comunidades del perifiton y bentos, esto en respuesta a la profusión de los elementos vegetales ya que son sitios de una intensa producción secundaria debido a que ofrecen mayor diversidad de microhábitats permitiendo una compleja relación de dichos organismos (Brönmark, 1994); lo mismo ocurre para las zonas litorales de **lagos** profundos en donde se ha encontrado una correlación significativa entre la biomasa de los peces y la de los invertebrados (**Pierce et al.**, 1994). Asimismo, dentro del origen y evolución de un lago, el factor desarrollo y cambio a través del tiempo propicia una amplia radiación adaptativa en donde una simple familia puede ocupar gran parte de los nichos alimentarios (goodeidos [Turner y **Grosse**, 1980]) o incluso el total (**cíclidos** [Wootton, 1991]), mientras que en embalses es menor la riqueza de taxas (generalmente con especies introducidas) y muchas veces la reducida cantidad de recursos disponibles, propician situaciones de competencia importante (Schneidervin y Hurbert, 1987) o de afinidad de dietas sobre todo con especies generalistas o bien especialistas zooplancatófagas (López-López y Díaz-Pardo, 1989). Finalmente, otro aspecto es el grado de eutrofía, porque aún en **lagos** jóvenes oligotróficos con grandes profundidades como Zirahuén es reducido el número de especies y algunas están circunscritas a determinadas zonas, mientras que en **lagos** tendientes a una eutroficación como hay varios ejemplos en el Altiplano Mexicano y otros lugares (**Abdel-Malek**, 1980), ocurre lo contrario.

De acuerdo a los resultados en los **índices** aplicados, la diversidad de la dieta de las diferentes especies, así como la disponibilidad de los recursos en el medio y sus cambios estacionales, se puede presentar, considerando a las especies exóticas, una situación de competencia importante en algunos peces y parcial más no ausente para otras. Esto último

porque no se cuenta con un trabajo previo que explique como era el equilibrio antes de su introducción, no se tiene un seguimiento de las diferentes tallas y de un ciclo anual para las recientemente introducidas y además no hay un control de su siembra con respecto a la capacidad de carga de la laguna y las comunidades que la integran, por lo que esto podría inducir a un desequilibrio. Además, de acuerdo a lo establecido acerca de que en general no hay más especies que recursos en un ecosistema (MacArthur y Wilson, 1967; **Levin, 1970**), la introducción de otros organismos ocasiona una inestabilidad, con la posibilidad de que se ejerza una presión tal sobre el recurso llegando a agotarlo y poniendo a competir a las especies.

A pesar de que se han eliminado impactos directos a la laguna y a que se ejerce un control sobre las especies introducidas por medio de la pesca, esto **no quiere** decir que se continúen resembrando indiscriminadamente, por lo que es importante hacer una evaluación de la siembra y captura. Por otra parte, dicha introducción descontrolada trajo consigo la presencia de parásitos alóctonos tal es el caso de *Bothriocephalus acheilognathi* en cinco especies (**Ch. humboldtianum**, **H. calientis**, **A. robustus**, **A. lacustris** y **C. carpio**), encontrándose en algunas un alto grado de parasitismo (en muestras de **H. calientis** hasta el 50% de los individuos) y poniendo en riesgo de infección de menos a otros dos organismos más (García-Prieto y Osorio-Sarabia, 1991). Por lo tanto, es determinante que se realice un estricto control sanitario antes de incorporar alguna especie.

VIII. CONCLUSIONES.

1. La ictiofauna de la laguna de **Zacapu** está representada por 5 familias, con 14 géneros y 14 especies de las cuales 4 son introducidas y 10 nativas. Entre las nativas 7 pertenecen a la familia Goodeidae, endémica de México. Las especies que obtuvieron mayor valor de dominancia fueron 5, mientras que *Poeciliopsis infans*, *Allotoca dugesii* y *Ctenopharingodon idella* solo se presentaron en una época de recolecta. En el caso de la última especie debido a su reciente introducción.

2. **Se** encontró una mayor riqueza específica y cambios en algunos atributos comunitarios al comparar el presente estudio con los trabajos previos realizados en la laguna, lo que resulta con base al arte de pesca empleado, un mayor esfuerzo de muestreo y la introducción de varias especies de ciprínidos y un centrárquido. Asimismo, se tuvieron cambios en la dominancia de las especies a través de las diferentes épocas del año como respuesta de los patrones conductuales en la alimentación y reproducción principalmente, tal es el caso de *H. calientis* y *Ch. humboldtianum* para la primavera y en el otoño para los goodeidos.

3. Quedan descritos patrones de comportamiento antagónicos en cuanto a la presencia de las especies en un momento determinado del ciclo circadiano: como *Ch. humboldtianum* en el día y *X. variata* durante la noche; en la conducta reproductiva, particularmente la oviposición, para el *H. calientis* (día) y *Ch. humboldtianum* (noche), o bien, entre diferentes tallas de una misma especie (*Ch. humboldtianum* y *G. atripinnis*). Además se definen 3 especies preferentemente diurnas, dentro de las nocturnas se incluyeron 6 y finalmente las indiferentes a un momento particular del día fueron 4.

4. La distribución de las especies en los sitios de muestreo es en forma general homogénea, sin embargo hay preferencia hacia algún lugar en particular, lo que obedece a la disponibilidad de alimento, por ser zonas de reproducción o refugio, incluso al desplazamiento espacial de una especie por otra. En caso particulares como el de *Hubbsina turneri* por estar restringida a la laguna y aparte con el status de en peligro de extinción y su distribución preferente por el sitio 3 (Ojo de Agua), se le pudiera considerar como un indicador indirecto de la salud del cuerpo de agua.

5. Las **macrofitas** sumergidas son elementos muy importantes, ya que brindan refugio y alimento a los peces, por lo tanto, se ha encontrado que los ciclos anuales de estos elementos vegetales coordinan su distribución a través de las épocas del año. En vista de esto, cualquier acción que afecte el desarrollo normal de la vegetación conllevaría a un desequilibrio importante en la estructura y función de la comunidad íctica.

6. Se determinó que la comunidad íctica de **Zacapu** pudiera brindar la posibilidad de establecer análisis taxonómicos, con el fin de tratar de aclarar las confusiones prevalecientes para la separación de las especies de algunos géneros, como en *Skiffia*, *Chirostoma* y *Goodea*.

7. Se presenta una probable homogeneidad en la distribución horizontal de los parámetros físicos y químicos de la laguna, sugiriendo así una circulación continua y una **zonificación** baja, basados en lo somero del cuerpo de agua, su gran capacidad de renovación hidráulica y a sus dimensiones. Esto permite concluir que el efecto espacial en la distribución de los peces es afectado más por las características biológicas del hábitat y los procesos conductuales. Sin embargo, no deja de existir una relación hacia determinadas influencias, como en el caso de los afluentes y el efluente, el tipo de los componentes de la orilla y los impactos ocasionados por las actividades humanas, entre otros. No se presenta así en el sentido temporal, por la diferencia en los parámetros entre el día y la noche y la tendencia estacional como respuesta a las fluctuaciones normales del oxígeno y la temperatura y la conductividad eléctrica, y tampoco en la distribución vertical debido a una sobresaturación de oxígeno en el día en los primeros metros de la columna de agua, originada probablemente por varias causas combinadas.

8. El análisis canónico de correspondencias destacó, como un estadístico que hace una buena síntesis de los diferentes eventos que se presentan a lo largo del año, según lo descrito por épocas en la estructura de la comunidad, además de confirmar los resultados de otros análisis.

9. El análisis del contenido estomacal permitió definir los hábitos y el comportamiento alimentario de la ictiofauna de la laguna de la siguiente manera:

Herbívoro especializado

Ct. idella

Omnívoro con tendencia herbívora

Skiffia spp (detritófago)

P. infans (perifitófago)

G. atripinnis (detritófago)

Omnívoro con tendencia carnívora

X. variata (perifitófago)

A. lacustris (perifitófago)

C. carpio (perifitófago)

Carnívoro no especializado

H. turneri (perifitófago-epibentófago)

A. dugesii (perifitófago)

H. calientis (perifitófago)

Z. quitzeoensis (perifitófago-epibentófago)

Carnívoro especializado

Ch. humboldtianum tallas chicas (planctófago)

Ch. humboldtianum tallas grandes (ictiófago)

A. robustus (ictiófago)

M. salmoides (ictiófago)

10. Con base a la definición alimentaria se establecieron las características tróficas de las especies de la siguiente manera:

- a) Detritívoros, *Skiffia* spp y *G. atripinnis*
- b) Consumidores primarios, *Ct. idella* y *P. infans*
- c) Consumidores secundarios, *X. variata*, *A. lacustris*, *C. carpio*, *H. turnen'*, *A. dugesii*, *H. caliente*, *Z. quitzeoensis* y *Ch. humboldtianum*.
- d) Consumidores terciarios, *Ch. humboldtianum* en tallas grandes, *A. robustus*. y *M. salmoides*

11. En cuanto a las variaciones que la dieta experimenta se detectaron en relación con la talla en la mayoría de las especies y el cambio con respecto a la época por fluctuaciones de las presas. Asimismo, al momento del ciclo diario en que se alimentan las especies, teniéndose 4 que lo hacen en el día, particularmente está el caso de *Ch. humboldtianum*, el cual se alimenta al amanecer y atardecer por ser el momento de mayor acceso visual al zooplankton. Las especies que lo hacen por la noche son 4 también. Finalmente, aquellas que se alimentan indistintamente son 2.

12. Para la amplitud de nicho destacaron tres grupos, las especies generalistas, las de un término medio de selectividad y las selectivas, que a su vez se dividieron en las que consumen artículos alimenticios bien representados en el medio y las que se alimentan sobre organismos circunscritos a una comunidad. El cambio de la amplitud de nicho en las épocas resulta de la incorporación de tallas menores por una mayor representatividad de crías y juveniles y otras conductas como la reproductiva, en donde se homogenizan los tamaños por la presencia principalmente de adultos.

13. La medida de traslape de nicho de Horn y su representación gráfica por medio del análisis de agrupamientos, manifestó una relación de valores más altos en aquellas especies que obtuvieron una amplitud de nicho mayor, o bien principalmente las que compartían artículos alimenticios bien representados en la laguna. Adicionalmente, el análisis de agrupamientos para los artículos alimenticios relacionó, por un lado, aquellos recursos que consumieron la mayoría de las especies o fueron específicas para algunas y, por el otro, se tuvo que la afinidad por determinadas presas se puede deber a que comparten **hábitats** similares en la laguna. Por su parte, con el análisis de sobreposición de Hulbert en la época de invierno se confirma el consumo de los artículos alimenticios de acuerdo a su disponibilidad con base a los cambios anuales de la abundancia de sus individuos.

14. Con respecto a las especies exóticas, se encontró una interacción con las nativas que puede estar ocasionando una competencia importante por parte de los carnívoros tope y una parcial por los omnívoros, principalmente a determinadas tallas. Por otra parte, se encuentran simultáneamente incorporadas dos especies potencialmente competidoras con ellas mismas. Finalmente, las especies introducidas al tener una situación ventajosa a partir de su conducta alimentaria y el tipo de artículos alimenticios consumidos, hace más vulnerables a las nativas a cualquier cambio o modificación en el medio.

15. De acuerdo al análisis funcional por medio de la alimentación existe un aprovechamiento integral de los recursos alimenticios en el área de estudio por los peces que ahí habitan, motivo por el cual se debe evitar completamente la resiembra de especies exóticas en forma indiscriminada y prohibir la introducción de nuevas, porque pudieran propiciar la competencia así como la introducción de parásitos.

16. La constancia y aún el incremento de la riqueza específica de los peces de la laguna; la condición, talla y abundancia de los individuos en las diferentes especies; la presencia de las que son sensibles; las interacciones tróficas en el aprovechamiento y la distribución de los recursos de la laguna y los resultados del análisis físico y químico del agua de **Zacapu**, permiten concluir en forma global que el estado de salud de la laguna de **Zacapu** es bueno al momento, pero vulnerable en vista a la gran presión ocasionada por la ciudad.

IX. RECOMENDACIONES

PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE MANEJO DE LA LAGUNA DE ZACAPU

A raíz de un prevaleciente interés y preocupación de la ciudadanía y la iniciativa por parte de las autoridades locales para declarar a la laguna de **Zacapu** como “Reserva Ecológica”, se ha visto la necesidad de procurar conformar un Plan de Manejo del área con miras a la conservación. Lo anterior lo podemos justificar desde varios puntos de vista:

Biológico: esto es debido a que presenta en sus diferentes comunidades una riqueza y diversidad muy grande; en la laguna se encuentran especies de diferentes grupos de organismos, como los peces, los anfibios y las aves, que son endémicas o bien están restringidas a este cuerpo de agua e incluso algunas de ellas tienen el status de en peligro de extinción; también es sitio de afluencia de aves migratorias; el estudio de las interacciones dentro del biotopo expone situaciones especiales, que requieren de la implementación de nuevas metodologías para su análisis; sus características hidrodinámicas y de calidad del agua presentan aspectos muy peculiares; de acuerdo a su estado actual puede servir como modelo para la restauración de cuerpos de agua deteriorados.

Económico: varias familias tienen una fuente de ingreso alternativa a partir de la captura y comercialización de aquellos organismos de gran apreciación; en el encauce de las aguas del río que de ésta se origina se tiene el riego en campos de cultivo; es la materia prima de procesos industriales.

Social y cultural: la laguna implica una fuente de alimentación directa y un lugar de abastecimiento de agua a varias colonias; un área donde se llevan a cabo actividades domésticas; es un escenario de la vida recreativa de los lugareños por su belleza escénica; cuenta con un acervo histórico importante teniéndose registros de la presencia de los predecesores de los Purépecha y por lo tanto representa una identidad cultural que se remonta a épocas prehispánicas.

A partir de la propuesta de un plan de conservación para la cherehuita *Hubbsina turneri* en **Zacapu** (Moncayo, 1993), dando continuidad a los trabajos ahí sugeridos, se desarrollaron simultáneamente con el presente análisis los estudios de otras comunidades bajo los siguientes títulos’:

- *Análisis de la comunidad del zooplancton de la laguna de Zacapu, Michoacán*

†Otros estudios que se desarrollaron y siguen desarrollándose en el sitio son:

- Evaluación de la contaminación de origen fecal utilizando como indicadoras a las bacterias coliformes (Cortés, 1996).
- Biología y ecología del Achoque *Ambystoma andersoni* en la Laguna de Zacapu (Huacuz, 1996 com. pers. Directora del Laboratorio de Herpetología de la Universidad Michoacana)

- **Estructura de la comunidad del perifiton animal de la laguna de Zacapu, Michoacán**
- **Estudio de la comunidad bentónica de la laguna de Zacapu, Michoacán**

El objetivo general es proponer a partir del análisis y la integración de la información, líneas de investigación con la finalidad de conformar adecuadamente un Plan de Manejo para la Laguna de **Zacapu**. Se recomienda que dichas líneas de investigación sean las siguientes:

PROPUESTAS DE ESTUDIOS ENCAMINADAS A LA OBTENCIÓN DE UN MAYOR CONOCIMIENTO PARA EL MANEJO DE LA LAGUNA DE **ZACAPU, MICH**¹.

1. Estudio integral que incluya mínimamente la microcuenca de **Zacapu**, analizando el balance hídrico, flujo de energía y nutrientes y las tasas de erosión, como un elementos básicos en el análisis del ambiente, ya que proporciona información para la evaluación de potencial agrícola, forestal y pesquero de la región y las restricciones que limitan la producción.
2. Conformar un plan de monitoreo continuando las recolectas periódicas de las diferentes comunidades biológicas y de parámetros físico-químicos para determinar sus tendencias.
3. Análisis detallado del fondo de la laguna, para evaluar los nutrientes y entender los procesos relacionados con la generación de la energía del cuerpo de agua.
4. Estudio de los factores climáticos y los procesos relacionados con la hidrodinámica de la laguna evaluando los aportes de los manantiales en agua y elementos y la desembocadura para comprender su efecto sobre las características del agua y las comunidades biológicas.
5. Análisis por medio de bacterias nitrificantes para determinar la entrada de los nutrientes y calcular como cambian las condiciones de la laguna.
6. Estudios de la autoecología de especies, principalmente raras o decadentes identificando las necesidades de los individuos y las poblaciones. Además hacer trabajos sobre el uso y aprovechamiento de los recursos que incluya tanto flora y fauna en actividades medicinales, recreativas (cultivo de especies de ornato como es el caso de **Hubbsina turneri**, **Skiffia** spp, etc., estableciendo contacto con grupos extranjeros que están interesados en las especies endémicas, para de esta manera se impida su saqueo y al contrario se procure un beneficio bajo un manejo adecuado), como indicadores de la degradación ambiental y para alternativas de alimentación en la acuicultura (rotíferos, copépodos, cladóceros, el anfípodo **Hyalella azteca** y el bivalvo **Sphaerium**, peces, anfibios, etc.).

¹No se propone el estudio de la morfometría, calidad del agua, grado de productividad y balance de nutrientes, ya que se está elaborando por parte de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN (Díaz, 1995 com. *pers.*, estudiante de maestría en el laboratorio de Ictiología y Limnología ENCB-IPN).

7. Para algunas especies se requiere implementar una mayor frecuencia en el análisis incrementando el número de individuos, para concretar detalles al respecto en este cuerpo de agua. Además, realizar estudios de la dinámica poblacional y biología pesquera para tener un conocimiento cabal y hacer una evaluación apropiada de los recursos pesqueros [*Chirostoma humboldtianum* (pescado blanco de Zacapu), *Cyprinus carpio* (carpa común), *Algansea lacustris* (acúmara), *Anodonta* (almeja) y el anfibio *Ambystoma andersoni* (Achoque)], fomentando las actividades pesqueras secundarias como acopio, procesamiento y comercialización.

8. Definir y mantener las zonas de desove como áreas de atención especial y además aprovechar esos lugares que en forma natural o ya transformada permitan el cautiverio de estas especies a manera de una acuicultura extensiva que dejara una reserva segura y un principio de manejo integral del espacio. Además, la presencia y captura de especies nativas requiere de su constante siembra por parte de los pescadores del sitio.

9. Análisis de los aspectos generales del ecosistema dando continuidad y estableciendo estudios donde se abarquen detenidamente las diferentes dimensiones del nicho (trófico, espacial y temporal) a partir de las relaciones entre las distintas especies que componen la laguna. Lo anterior bajo el entendimiento que para comprender la comunidad no solo hay que caracterizar su densidad, riqueza específica o diversidad de especies, sino también sus interacciones y organización fuera del nivel taxonómico que tengan los organismos. Se deben establecer como metas necesarias el alcanzar el más completo entendimiento de la funcionalidad del ecosistema y de la evolución de las estrategias adaptativas de las especies (Barbault y Celecia, 1981).

10. También se recomienda el establecimiento de una ESTACIÓN BIOLÓGICA, que sirva de base para la mejor dirección y desarrollo de las propuestas de investigación y demás alternativas en el manejo de la laguna de Zacapu afluentes y efluentes, para su protección y conservación. Esta estación, representa un espacio físico en un lugar accesible dentro del mismo sitio, el cual es conveniente debido a las características que se presentan en la elaboración de los estudios.

Los requisitos mínimos que debe cubrir la estación biológica son:

- a) Acceso directo a la laguna
- b) Un lugar para dejar la lancha
- c) Agua y fregadero
- d) Servicio de energía eléctrica
- e) Drenaje y baño completo
- f) Mesa de trabajo
- g) Un pequeño almacén
- h) Un gabinete para dejar material
- i) Entrepuestos
- j) Un dormitorio

II. RESTRICCIONES. Algunas restricciones que se creen convenientes mencionar con respecto a ciertas actividades que pudieran realizarse en la laguna son (Moncayo *et al.* en preparación):

a) Es importante señalar que no se debe realizar la introducción de más especies exóticas, sobre todo las carnívoras tope, tanto de peces como de otros grupos (por ejemplo anfibios), en vista de la relación estrecha de las ya presentes, considerando su situación de confinamiento a un pequeño cuerpo de agua como es la laguna de **Zacapu**. Lo anterior parte de que las especies nativas tienen una mayor apreciación local y valor comercial y de que no existe la necesidad de postular la existencia de nichos vacíos, ya que el nicho es un registro de las relaciones de una población de especies en **particular para** una comunidad dada, es decir, la estructura del hiperespacio es inseparable de la comunidad de la cual esta estructura es una abstracción, por lo tanto no hay vacantes de nichos esperando por el arribo de más especies (trucha arcoiris, otras especies de carpas, etc.) (Whittaker, **Levin** y Root, 1973). No se debe permitir la repoblación de las ya existentes sin antes realizarse un análisis estricto de parásitos y enfermedades

b) Se recomienda NO INTRODUCIR ningún otro arte de pesca diferente a los que tradicionalmente se han venido usando dentro de la laguna. Ya que estos primeramente aumentarían la presión sobre el recurso y, por otro lado, podrían alterar el medioambiente.

c) No se debe de dragar ya que esta actividad alteraría todo el ecosistema de la laguna por su pequeño tamaño e hidrodinámica, incrementando la turbidez y la resuspensión de sólidos, que a su vez causan abatimiento de oxígeno, severas irritaciones branquiales en los peces y una disminución en la productividad acuática natural.

d) No debe tirarse basura ni desechos sólidos como la tierra, estiércol y escombros a orillas de la laguna con el fin de procurar la disminución de su espejo de agua.

e) No se deben tener descargas de agua de tipo doméstico e industrial en la laguna, ya que estas alteran las condiciones físicas y químicas del agua (aumento en la temperatura y otras sustancias tóxicas, disminución de oxígeno, elevada concentración de materia orgánica, microorganismos patógenos como bacterias, amibas y virus, entre otros) repercutiendo en una baja calidad del agua que puede provocar problemas en los organismos que viven en la laguna y por lo tanto pérdidas económicas, enfermedades serias en el hombre, **tales** como cólera, salmonelosis, etc.

X. BIBLIOGRAFÍA.

- Abdel-Malek, S. A. 1980. The Food and Feeding Interrelationships of Fish in Lake **Qârûn** (Egypt). *JITHAZ*. 20(2):62-66
- Aceves** M., L. 1989. Estudio Bio-Ecológico del Pescado **Blanco** (*Chirostoma*) en el Lago de **Chapala**, Jal. Tesis Profesional, **U de G** (Inédita). 71 pp.
- Aguirre J., M. L. 1975. Contribución al Conocimiento de la Fauna **Íctica** del Lago de Cuitzeo, **Mich.** Tesis Profesional, ENCB-IPN, **México** (Inédita). 114 pp.
- Alvarado D., J. y T. Zubieta R. 1980. Evaluación de la Competencia Alimenticia de *Sarotherodon niloticus* (Cichlidae) y Algunas Especies Nativas de Goodeidos en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Resúmenes del Congreso Nacional de Zoología, Ensenada, Baja California, México. --
- Alvarado D., J., T. Zubieta R., R. Ortega M., A. Chacón T. y R. Espinoza. 1984. Hipereutroficación en un Lago Tropical Somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México). *Biológicas* No. 1, Revista de la Escuela de Biología UMSNH. **Morelia**, Michoacán, **México**. 20 pp.
- ¹ Alvarez, J. 20 de noviembre de 1962. (P729) Laguna de **Zacapu** *Goodea atripinnis* y *Xenotoca variata*.
- ² Alvarez, J. 20 de noviembre de 1962. Laguna de **Zacapu**. *Chirostoma* spp (UMMZ 180072).
- Alvarez, J. 1963. Ictiología Mexicana II. El Pez **Blanco** de **Zacapu**, Nueva Especie Para la Ciencia. *Ciencia* (Méx.) **XXII** (6):197-200.
- ¹ Alvarez, J. 15 de julio de 1963a. (P738) Laguna de **Zacapu** *Xenotoca variata*.
- Alvarez, J. 1970. Peces Mexicanos (claves). Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. 166 pp.
- Alvarez, J. 1972. Ictiología Michoacana V. Origen y Distribución de la Ictiofauna Dulceacuícola Michoacana. *An. Esc. nac. Cienc. biol. Méx.* **19**:155-161.
- Anderson, O. 1984. Optimal Foraging by **Largemouth** Bass in Structured Environments. *Ecology*. **65**:851-861.
- Andrade T., E. 1990. Desarrollo Embrionario y Larval de *Chirostoma patzcuaro* Meek 1902 y de los Híbridos obtenidos por fecundación artificial con *Chirostoma grandocule* Steindachner 1894 (Pisces: Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, **Mich.** Méx. Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 62 pp.
- Angermeier, P. L. and I. J. Schlosser. 1989. Species Area Relationships for Stream **Fishes**. *Ecology*. **70**(5):1450-1462.
- Arnould, Ch., P. Carot y M.-F. Fauvet-Berthelot. 1994. Introducción. En: P. Pétrequin, 8000 Años de la Cuenca de **Zacapu**, Evolución de los Paisajes y Primeros Desmontes, Centre **D'Études** Mexicaines et Centraméricaines, México. :9-28.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y M. Guzmán-Arroyo. 1986. Actual Situación Taxonómica de las Especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) Introducidas en México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx., Ser. Zool.* (2):555-572.

- Arthur, W. 1987. The **Niche in** Competition and Evolution. John Wiley & Sons Ltd., New York. 175 pp.
- Barbault, R. y J. Celecia. 1981. The Notion of Guild: Theoretical and Methodological **Aspects**. In R Barbault y A. Gonzalo (Edts.). Ecology of the Chihuahuan Desert. Organization of **Some** Vertebrate Communities. Instituto de **Ecología** A. C., México. Publicación 8, 167 pp.
- Barbour, C. D. 1973. A Biogeographical **History** of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): A **Species** Flock from the **Mexican Plateau**. Copeia. **1973**(3):533-556.
- ¹ Barbour, C. D. y S. Contreras. 26 de julio de 1963b. (P1539=1588) Laguna de **Zacapu** *Skiffia* spp y *Goodea atripinnis*.
- ¹ Barbour, C. D. y S. Contreras. 27 de julio de 1963b. (P1537) Laguna de **Zacapu** *Skiffia* spp
- ³ Barbour, C. D. y R. J. Douglass 27 de mayo de 1969. Laguna de **Zacapu**. *Notropis calientis* (UMMZ 192417); *Goodea atripinnis* (UMMZ 192418); *Skiff letmae* (UMMZ 192419); *Xenotoca variata* (UMMZ 192420); *Zoogoneticus quitzeoensis* (UMMZ 192421) y *Chirostoma humboldtianum* (UMMZ 197639).
- Bardach, J. E., J. H. Ryther y W. O. McLarney. 1972. Aquaculture. The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine **Organisms**. Wiley-Interscience, New York. 868 pp.
- Barragán, J. y S. Magallón B. 1994. Peces Dulceacuícolas Mexicanos X. *Goodea atripinnis* (Cyprinodontiformes: Goodeidae). Zoología Informa ENCB-IPN. **28**:27-36.
- Benítez O., A. 1995. Ictiofauna de la Laguna de Naranja de Tapia, Municipio de **Zacapu**, Michoacán, Durante el Período Otoño - Invierno. Memoria de Actualización Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 54 pp.
- Bowen, S. H. 1989. Quantitative Description of the Diet, Chapter 17. In **Nielsen** and Johnson, **Editors**. Fisheries **Techniques**. American Fisheries Society. :325-336.
- Bravo S., A. 1983. Contribución al Conocimiento de la Biología de *Goodea atripinnis* (Jordan) en el Lago de Cuitzeo, **Mich.** Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 69 pp.
- Brönmark, Ch. 1994. Effects of **Tench** and **Perch on** Interactions **in** a Freshwater, Benthic Food Chain. Ecology. **75**(6):1818-1828.
- Brown, K. M. 1991. Mollusca: Gastropoda, Part 10. In J. II. Thorp and P. P. **Covich** **Editors**. Ecology and Classification of North **American** Freshwater Invertebrates. **Academic** Press, Inc. :285-314.
- Campos P., S., E. González L., M. Medina N. y J. A. Ortega V. 1985. Ictiofauna de la Cuenca del **Lago** de Cuitzeo, Michoacán, México. Universidad Michoacana de San **Nicolas** de Hidalgo. Presentado en el II Congreso Nacional de **Ictiología**, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Ceballos C., G., R. Moncayo, G. Contreras y M. A. Cortés. 1992. Estudio **Limnológico** de la Laguna de **Zacapu**, Michoacán, México. Presentado en el Segundo Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- CETENAL. 1981. Carta Topográfica El4 **A11** Michoacán.

- Coffman, W. P. 1984. Chironomidae, **Chapter** 22. In R. W. Merrit and K. W. Cummins, **An** Introduction to the Aquatic **Insects** of North **America**. **Kendall/Humt** Publishing Co., Iowa, U. S. A. :345-376.
- Colwell, R. L. y D. J. Futuyma. 1971. **On** Measurement of **Niche** Bread and Overlap. *Ecology*. **52(4):567-576**.
- Contreras B., S. 1975. Niveles Tróficos, Hábitat y Morfología Asociada en Peces. En: J. Alvarez (Ed.): Problemas de Investigación en Zoología. **(38):168-173**.
- Contreras-Macbeth, T. 1990. Algunos Aspectos Reproductivos de *Notropis boucardi* (**Pisces: Cyprinidae**). Universidad: Ciencia y Tecnología. **1(1):33-36**.
- Correa P., G., T. Vargas F., H. Hernández F., C. **Arreola** J., N. Corona J., R. L. Maderey E., M. Cervantes de Valdés y C. Reyna F. 1974. Geografía del Estado de Michoacán. 1 Geografía Física. Gobierno del Estado de Michoacán, EDISA, México. 454 pp.
- Cortés R., M. A. 1996. Evaluación de la Contaminación de Origen Fecal en la Laguna de **Zacapu, Mich.**; Utilizando como Indicadores a las Bacterias Coliformes. Tesis Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 67 pp.
- Covich**, A. P. y J. H. Thorp. 1991. **Crustacea**: Introduction and Peracarida, Part 18. In J. H. Thorp and P. P. **Covich** **Editors**. Ecology and Classification of North **American** Freshwater Invertebrates. **Academic** Press. Inc. :665-690.
- Crisci, J. V. y M. F. López A. 1983. Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie de Biología, Monografía No. 26. 132 pp.
- Chacón-Torres, A. 1980. Contribución Al Conocimiento de la Ecología y Composición de la Ictiofauna del Lago de Cuitzeo, **Mich**. Tesis Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 75 pp.
- Chacón-Torres, A. 1993. Pátzcuaro un Lago Amenazado. Bosquejo Limnológico. **Sría**. de Difusión Cultural, Editorial Universitaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 144 pp y 5 Apéndices.
- Chacón-Torres, A., R. Pérez M. y E. Múzquiz U. 1991. Síntesis Limnológica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Biología Acuática 1. **Sría** de Difusión Cultural. Editorial Universitaria. Universidad Michoacana. 30 pp.
- Chacón-Torres, A. y C. Rosas-Monge. 1995. A Restoration Plan for Pez Blanco **in** Lake Patzcuaro, **Mexico**. **American** Fisheries Society Symposium. **15:122-126**.
- Chapman**, G. y C. H. Fernando. 1994. The Diets and Related **Aspects** of Feeding of **Nile Tilapia** (*Oreochromis niloticus* L.) and Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) **in** Lowland Rice Fields **in** Northeast **Thailand**. *Aquaculture* **123:281-307**.
- Chernoff, B., y R. R. Miller. 1986. **Fishes** of the *Notropis calientis* Complex with a Key to the Southern Shiners of **Mexico**. *Copeia*. **(1):170-183**.
- Daniel, W. D. 1991. Bioestadística. Base Para el Análisis de las Ciencias de la Salud. Noriega LIMUSA 3a. Edición, México 667 pp.

- De Buen, F. 1940a. Pescado Blanco, Chacnami y Charari del Lago de Pátzcuaro. Invest. **Est. Limn. Pátzcuaro**. (10):1-26.
- De Buen, F. 1940b. Sobre una **Colección** de Peces de los Lagos de Patzcuaro y Cuitzeo. **Ciencia**. **1(7):306-308**.
- De Buen, F. 1941a. Temas de **Limnología**. La Piscicultura en el Lago de Pátzcuaro. **Rev. Gral. de Marina**, 2a. ep. **(5):46-49**.
- De Buen, F. 1941b. Un nuevo Género de la Familia Goodeidae Perteneciente a la Fauna Ictiológica Mexicana. **An. Esc. nac. Cienc. biol. Méx.** **2:133-140**.
- De Buen, F. **1941c**. El *Micropterus* (Huro) *salmoides* y los resultados de su aclimatación en el lago de Pátzcuaro. **Rev. Soc. Mex. de Hist. Nat.** **11(1):69-78**.
- De Buen, F. 1942-43. Los Peces de Agua Dulce de la Familia Goodeidae. **Bol. biol., Univ. Puebla**. **2(3):111-148**.
- De Buen, F. 1944. Limnobiología de Pátzcuaro. **An. del Inst. Biol. UNAM, Méx.** **XV (1):261-312**.
- De Buen, F. 1947. Ictiogeografía Continental Mexicana. 1, II, III. **Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.** **7(1-4):87-138**.
- De La Cruz A., J. 1992. Composición, Distribución y Estructura de la Ictiofauna Mesopelágica de Aguas Adyacentes a la Costa Occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN (Inédita). 99 pp.
- De La Cruz A., G. 1994. ANACOM Versión 3.0 Sistema para el Análisis de Comunidades. Departamento de Recursos del Mar CINVESTAV-IPN Unidad Merida. 99 pp.
- Díaz-Pardo, E., M. A. **Godínez-Rodríguez** y C. Guerra-Magaña. 1989. Peces Dulceacuícolas Mexicanos III: *Xenotoca variata* (Cyprinodontiformes : Goodeidae). **Zoología Informa ENCB-IPN**. **(14):33-44**.
- Díaz-Pardo., M. A. Godínez-Rodríguez, E. López-López y E. Soto-Galera. 1993. Ecología de los Peces de la Cuenca del Río Lerma, México. **An. Esc. nac. Cienc. biol., Méx.** **39:103-127**.
- Digby, P. G. N. y R. A. Kempton. 1994. Multivariate Analysis of Ecological Communities. Population and Community Biology Series. **Chapman & Hall**, London. 206 pp.
- Dodson, S. 1. y D. G. Frey. 1991. Cladocera and Other Branchiopoda, Part 20. In J. H. Thorp and P. P. **Covich Editors**. Ecology and Classification of North **American** Freshwater Invertebrates. **Academic Press, Inc.** **:723-786**.
- Duarte S., P. 1981. Contribución al Conocimiento de los Hábitos Alimentarios de 12 Especies de Peces del Lago de Cuitzeo, **Mich.** Tesis Profesional, ENCB-IPN, México (Inédita). 63 pp.
- Eberhardt, L. L. y J. M. Thomas. 1991. Designing Environmental **Field** Studies. Ecological Monographs. **61(1):53-73**.
- Eckblad**, J. M. 1980. Laboratory Manual of Aquatic Biology. Wm. C. Brown Co. **Publishers** (WCB). Dubuque, Iowa. 231 pp.
- Edmondson, W. T. 1959. Fresh-Water Biology. New York, John Wiley **& Sons**, Inc. 2nd Edition. 1248 pp.

- Engel, S. 1976. Food Habits and Prey Selection of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and Cisco (*Coregonus artedii*) in Relation to Zooplankton Dynamics in Pallette Lake, Wisconsin. Trans. Am. Fish. Soc. 105 :607-608.
- Escalera-Gallardo, C. 1988. Análisis Tróficos de *Chirostoma jordani* (Woolman) en el embalse de Requena del Estado de Hidalgo. Presentado en el 1 Congreso Nacional de Ictiología. UABCS, La Paz, B. C. S.
- Espinosa P., H., M. T. Gaspar D. y P. Fuentes M. 1993. Listado Faunístico de México. III. Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM. 99 pp.
- Fausch, K. D., J. Lyons, J. M. Karr y P. L. Angermeier. 1990. Fish Communities as Indicators of Environmental Degradation. American Fisheries Society Symposium. 8:123-144.
- ⁴ Figueroa L., A., E. González L., S. Campos P. y J. L. Chávez V. 19 de junio de 1982. Laguna de Zacapu. *Chirostoma humboldtianum* (CPUMSNH 571). *Notropis calientis* (CPUMSNH 572); *Allophorus robustus* (CPUMSNH 573); *Goodea atripinnis* (CPUMSNH 574); *Hubbsina tumeri* (CPUMSNH 575); *Skiffia lermæ* (CPUMSNH 576); *Xenotoca variata* (CPUMSNH 577); *Zoogoneticus quitzeensis* (CPUMSNH 578) y *Poeciliopsis infans* (CPUMSNH 579).
- Fitzsimons, J. M. 1974. Morphological and Behavioral Intermediacy in Hybrids of Two Species of Goodeid Fishes (Cyprinodontiformes: Osteichthyes) from México. Copeia. (4):848-855.
- Fitzsimons, J. M. 1981. Sensory Head Pores and Canals in Goodeid Fishes. Occ. Pap. Mus. Zool. Louisiana St. Univ. 60:1-10.
- Franco L., J.; G. de la Cruz A.; A. Cruz G.; A. Rocha R.; N. Navarrete S.; G. Flores M.; E. Kato M.; S. Sánchez C.; L. G. Abarca A.; C. M. Bedia S. e I. Winfield A. 1985. Manual de Ecología. Editorial Trillas S.A. de C.V., México. 266 pp.
- Fuentes R., D., J. M. Cisneros P., M. Cervantez A., L. Ramírez S. y C. E. Corona F. 1993. Proyecto para Declarar la Laguna de Zacapu Zona de Reserva Ecológica. H. Ayuntamiento Democrático de Zacapu. 42 pp. y dos anexos.
- Gammon, J. R. 1980. The Use of Community Parameters Derived from Electrofishing Catches of River Fish as Indicators of Environmental Quality. Seminar on Water Quality Management Tradeoffs. U. S. Environmental Protection Agency. EPA-905/9-80-009, Washington, D. C. :335-363.
- García de León, F. J. 1984. Ecología Pesquera, Alimentación y Ciclo Gonádico de *Chirostoma estor* Jordan y *Micropterus salmoides* Lacépède, en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). México. 134 pp.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, México. 243 pp.
- García O., R. 1990. Relaciones Alimenticias Entre Cuatro Especies Simpátricas de Peces de la Familia Atherinidae, en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 82 pp.
- García-Prieto, L. y D. Osorio-Sarabia. 1991. Distribución Actual de *Bothriocephalus acheilognathi* en México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool. 62(3):523-526

- García P., H. M., A. Chacón T., A. González de I. y J. B. Calderón A. Reconocimiento Invernal de la Comunidad del Zooplancton en los Lagos Michoacanos. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. **Morelia**, Michoacán, México. (en preparación).
- Garduño M., V. H. y L. Negrín. 1992. Magmatismo, Hiatus y Tectonismo de la Sierra Madre Occidental y del Cinturón Volcánico Mexicano. *Geofísica Internacional*, **31(4):417-429**.
- Godínez-Rodríguez, M. A. 1989. Aspectos Biológicos y Ecológicos de *Xenotoca variata* (Pisces:Goodeidae). Tesis Profesional. **Esc. nac. Cienc. biol. Méx. IPN** (Inédita). 50 pp.
- González S., S., H. M. García P., A. Chacón T. y C. González R. 1993. Conceptos Básicos para el Estudio del Zooplancton Dulceacuñwla. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Escuela de Biología, Laboratorio de Biología Acuática. 52 pp.
- ² Grudzien, T. y G. Carmichael. 22 de marzo de 1981. Laguna de **Zacapu** *Chirostoma humboldtianum* (UMMZ 212333).
- Grudzien T. A., M. M. White. y B. J. Turner. 1991. Biochemical Systematics of the Viviparous Fish Family Goodeidae. *J. Fish. Biol.* **40:801-814**.
- Guzmán A., J. N. 1985. La Desección de la Ciénega de **Zacapu**: Orígenes y Consecuencias. Tzintzun, Organo de Información del Departamento de Historia, Miembros de la Asociación de Historiadores Latinoamericanos y del Caribe, A. C. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). **Morelia, Mich., México. :26-37**.
- Hambricht, K. D. 1991. Experimental Analysis of Prey Selection by Largemouth Bass: Role of Predator Mouth Width and Prey Body Depth. *Transactions of the American Fisheries Society*. **120:500-508**.
- Harris**, P. G. 1986. Phytoplankton Ecology. **Structure**, Function and Fluctuation. **Chapman & Hall**, London. 384 pp.
- Hernández-Jiménez, L. 1991. Variaciones de la Dieta en *Chirostoma jordani* (Pisces: Atherinidae) y *Yuriria alta* (Pisces: Cyprinidae) en la Presa Begonias, Gto. Tesis Profesional, UNAM (Inédita). 63 pp.
- Hilsenhoff, W. L. 1991. Diversity and Classification of **Insects** and Collembola, Part 17. In J. II. Thorp and P. P. **Covich Editors**. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. **Academic Press, Inc. :624-664**.
- Hubbs**, C. L. y C. L. Turner. 1939. Studies of the **Fishes** of the Order Cyprinodontes. XVI. A Revision of the Goodeidae. **Misc. Publ.Mus. Zool. Univ. Mich. 42:90** pp.
- Hutchinson, G. E. 1967. A Treatise **on** Limnology. Vol. 2 Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. J. Wiley, New York. 1115 pp.
- Hutchinson, G. E. 1975. A Treatise **on** Limnology. Vol. 1, Part 2. Chemistry of **Lakes**. J. Wiley, New York. 1015 pp.
- Hyslop, E. J. 1980. **Stomach** Contents Analysis-A Review of Methods and Their Application. *J. Fish. Biol.* **17:411-429**.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) México. 1990. XI Censo General de Población y Vivienda.
- Infante G., A. 1988. El Plancton de las Aguas Continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D. C. 130 pp.
- Infante, O. 1984. Aspectos Bio-ecológicos de la *Tilapia Sarotherodon mossambicus* (Peters) 1852 (Teleostei, Perciformes, Cichlidae) en el Lago Valencia, Venezuela. Acta Cient. Venez. **36:68-76**.
- Johnson, D. L. y L. A. **Nielsen**. 1989. Chapter 1. Sampling Considerations. In L. A. **Nielsen** and D. L. Johnson, **Editors**. Fisheries Techniques. **American Fisheries Society**. :1-21.
- Karr, J. R. y D. R. Dudley. 1981. Ecological **Perspective on water quality Goals**. **Environmental Management**. **5:55-68**.
- Kornfield**, I. 1991. Genetics, Chapter Five. In M. H. A. **Keenleyside** Editor, **Cichlid Fishes** Behaviour, Ecology and **Evolution**. **Chapman & Hall**, Fish and Fisheries Series 2 :**103-128**.
- Krebs, C. J. 1985. Ecología, Estudio de la Distribución y la Abundancia. 2a Edición, Ed. **Harla**, México. 753 pp.
- Krebs, C. J. 1989. Ecological **Methodology**. **Harpes Collins Publishers**. 654 pp.
- Krebs, S. L. y R. A. Brandon. 1984. A New **Species of Salamander** (Family Ambystomatidae) from Michoacan, **Mexico**. **Herpetologica**. **40(3):238-245**.
- Lagler**, K. F. 1956. Freshwater Fishery Biology. Second Edition. M. C. Brown Co. Publishers, Dubuque, U.S.A. 421 pp.
- Lambert**, D. 1990. The Sawfin Goodeid. (manuscrito).
- Lammens, E. H. R. R. y W. Hoogenboezen. 1991. Diets and Feeding Behaviour. Chapter **Twelve**. En I. J. Winfield y J. S. Nelson **Editors**. Cyprinid **Fishes** Systematics, Biology and Exploitation. **Chapman and Hall**, Fish and Fisheries Series 3 :**353-376**.
- Ledesma-Ayala, C. L. 1987. Estudio Ictiológico del Río Duero, Michoacán. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Nuevo León (Inédita). 102 pp y apéndice.
- Leibold**, M. A. 1995. The **Niche Concept Revised: Mechanistic Models** and Community Context. **Ecology**. **76(5):1371-1382**.
- Levin, S. A. 1970. Community **Equilibria** and Stability, and **an** Extension of the Competitive **Exclusion Principle**. **The American Natural**. **104(938):413-423**.
- Lluch**, D. 1978. Nicho Ecológico. (manuscrito).
- López, E. S. 1988. Ecología y Biología de *Goodea atripinnis* en el Río Duero, **Mich.** Tesis Profesional, Universidad Nacional Autónoma de México (Inédita). 70 pp.

- López-López, E. y E. Díaz-Pardo. 1989. Estudios Biológicos y Ecológicos de la Ictiofauna de la Presa Begonias, Guanajuato. *Zoología Informa ENCB-IPN.* (12):7-12.
- López-López, E. y E. Díaz-Pardo. 1991. Cambios Distribucionales en los Peces del Río de La Laja (Cuenca Río Lerma), por Efecto de Disturbios Ecológicos. *An. Esc. nac. Cienc. biol. Méx.* 35:91-116.
- López-López, E. y P. Vallejo de Aquino. Peces Dulceacuícolas Mexicanos VIII. *Notropis sallei* (Cypriniformes: Cyprinidae). *Zoología Informa ENCB-IPN.* (25):12-23.
- Lowe-McConnell, R. H. 1991. Ecology of Cichlids in South America and African Great Lakes, Chapter Three. In M. H. A. Keenleyside Editor, *Cichlid Fishes Behaviour, Ecology and Evolution.* Chapman & Hall, Fish and Fisheries Series 2 :60-85.
- Loya-Salinas, D. H. y Escofet, A. 1990. Aportaciones al Cálculo del Índice de Valor Biológico (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas.* 16(2):97-115.
- Ludwing, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology.* John Wiley and Sons. New York, N. Y. 337 pp.
- Lyons, J., S. Navarro-Pérez. P. A. Cochran, E. Santana C. y M. Guzmán-Arroyo. 1995. Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. *Conservation Biology.* 9(3):569-584.
- Macan, T. T. y E. B. Worthington. 1977. *Life in Lakes and Rivers.* Fifth impression. The Fontana New Naturalist. 320 pp.
- MacArthur, R. H. 1955. Fluctuations of Animal Populations and a Measure of Community Stability. *Ecology.* 36:533-536.
- MacArthur, R. I-I. 1968. *Population Biology and Evolution.* R. C. Lweontin, ed., Syracuse University Press, Syracuse, N. Y. :159-176.
- MacArthur, R. H. 1972. *Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species.* Harper & Row, New York. 269 pp.
- MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography.* Princeton University Press, Princeton, N. J. 105-108 pp.
- McNaughton, S. J. y L. L. Wolf. 1970. Dominance and the Niche in Ecological Systems. *Science* 167: 131-139.
- Margalef, R. 1980. *Ecología.* Ediciones Omega S. A. Barcelona, España. 951 pp.
- Margalef, R. 1983. *Limnología.* Ediciones Omega S. A. Barcelona, España. 1010 pp.
- Martínez, M. 1959. *Plantas Medicinales de México.* 4a. Edición, Ediciones Botas, México. 656 pp.
- Martínez P., M. A. 1994. *Macroinvertebrados Bentónicos del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.* Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 67 pp.

- Mayden, R. L., B. M. Burr, L. M. Page, and R. R. Miller. 1992. The Native Freshwater **Fishes** of North **America**. In R. L. Mayden, editor. Systematics, **Historical** ecology, and North **American** Freshwater **Fishes**. Stanford University Press, Stanford California. :827-863.
- Medina N., M. 1993. Ictiofauna de la Subcuenca del Río Angulo Cuenca Lerma-Chapala, Michoacán. Tesis Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 146 pp.
- Medina N., M. y S. Campos. 1991. Listado y Distribución de la Ictiofauna de la Subcuenca del Río Angulo, Michoacán, México. Universidad Michoacana de San **Nicolas** de Hidalgo. Presentado en el II Congreso Nacional de Ictiología, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Medina N., M., R. Moncayo E. y M. Gallegos C. 1992a. Estado Actual de la Ictiofauna de la Ribera Este del Lago de Cuitzeo, **Mich.** Universidad Michoacana de San **Nicolas** de Hidalgo. Presentado en el III Congreso Nacional de Ictiología. Universidad Autónoma del Estado **de Morelos**. Resúmenes.
- Medina N., M., R. Moncayo E. y M. Gallegos C. 1992b. Estado Actual de la Ictiofauna de la Cuenca del Lago de Cuitzeo, **Mich.** Universidad Michoacana de San **Nicolas** de Hidalgo. Presentado en el III Congreso Nacional de Ictiología. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Resúmenes.
- Mendoza, G. 1956. Adaptations During Gestation **in** the Viviparous Cyprinodont Teleost, *Hubbsina turneri*. **J. Morph.** **99**:73-96.
- Mendoza, G. 1962. The **Reproductive Cycles** of Three Viviparous Teleosts, *Allophorus robustus*, *Goodea luitpoldii* and *Neophorus diazi*. **Biol. Bull.** **123** (2):351-365.
- Metcalf, S. E. 1992. Changing Environments of the **Zacapu Basin**, Central, Mexico: a Diatom-Based History Spanning the Last 30,000 Years. (inédito).
- Metcalf S. E. y S. L. **O'Hara**. 1992. **Sensibilidad** de Lagos Mexicanos a Alteraciones en el Medio Ambiente: Ejemplos del Eje Neovolcánico. Ingeniería Hidráulica en México. **7**(2-3):107-121.
- Miller, R. R. 1986. Composition and Derivation of the Freshwater Fish Fauna of Mexico. **An. Esc. nac. Cienc. biol. Méx.** **30**:121-153.
- Miller, R. R. y J. M. Fitzsimons. 1971. *Ameca splendens*, A New Genus and **Species** of Goodeid Fish from Western México, with Remarks **on** the Classification of the Goodeidae. *Copeia*. (1):1-13.
- Miller R. R. y M. L. Smith. 1986. Origen and **Geography** of the **Fish** Fauna Central Mexico. In **The** Zoogeography of Nort **American** Freshwater **Fishes**. C. R. Howtt and E. O. Wiley Interscience, New York. :491-519.
- Moncayo E., R. 1993. Aspectos Taxonómicos y Bioecológicos de *Hubbsina turneri* De Buen (1941) (Pisces:Goodeidae) en Michoacán. Tesis Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 116 pp.
- Moncayo E., R., **J. B. Calderón A.**, A. R. Santos M., M. A. Martínez P., I. S. Mora P. y **J. P. Duarte M.** Propuesta de Acciones y Actividades a Desarrollar para la Conservación de la Laguna de **Zacapu**, Michoacán, México. (en preparación).

- Morelos L., M. 1987. Contribución al Conocimiento de la Biología del “Charal Prieto”, *Chirostoma attenuatum*, Meek 1902 (**Pisces**: Atherinidae), del Lago de Pátzcuaro, **Mich.**, México. Tesis Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 110 pp.
- Moyle, P. B. y **Cech**, J. J., Jr. 1988. **Fishes. An** Introduction to Ichthyology. 2nd Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J. USA. 559 pp.
- Navarrete, S. 1981. **Contribución** a la Biología del Charal (*Chirostoma jordani*) de la Presa Taxhimay, México. Tesis Profesional, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM (Inédita). 86 pp.
- Nelson, J. S. 1994. **Fishes** of the World. Third Edition John Wiley & Sons, Inc., N. Y. 600 pp.
- Nepita V., R. 1993. Hábitos Alimenticios de Tres Especies de Godeidos del Lago de Pátzcuaro, **Mich.**, Méx. Tesis. Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita) 43 pp.
- Nikolsky, G. V. 1963. The Ecology of **Fishes**. **Academic Press**. London and New York. 352 pp.
- Oseguera F., M. 1990. Caracterización Morfológica de los Estadios Embrionarios y Juveniles de *Chirostoma grandocule*, Steindachner 1896 y Verificación del Híbrido con *Chirostoma attenuatum* Meek 1902 del Lago de Pátzcuaro, **Mich.**, Méx. Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 108 pp.
- Odum, E. P. 1972. Ecología. 3a. Edición, Ed. Interamericana, México. 639 pp.
- Pedraza B., A. 1994. Comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos del Lago de Pátzcuaro Michoacán, México. Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 58 pp.
- Pennak, W. 1978. Fresh Water Invertebrates of the United States. 2nd. Edition. Ed. John Willey and Sons, USA. 803 pp.
- Pérez M., R. 1986. Perifiton Animal del Litoral del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 54 pp.
- Petraitis, P. S. 1979. Likelihood **Measures** of **Niche** Breadth and Overlap. Ecology. **60(4):703-710**.
- Pfeiffer, R. A. 1955. Studies on the Life History of the Rosyface Shiner, *Notropis rubellus*. Copeia. **(2):93-104**.
- Pianka**, E. R. 1974. **Niche** Overlap and Diffuse Competition (Desert Lizards / Resource Partitioning / Community **Structure** / **Species** Diversity). **Proc. Natl. Acad. Sci. USA.** **71(5):2141-2145**.
- Pierce**, C. L., J. B. Rasmussen y W. C. Leggett 1994. Littoral **Fish** Communities in Southern Quebec Lakes: Relationships with Limnological and Prey Resource Variables. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **51:1128-1138**.
- Polhemus, J. T. 1984. Aquatic and Semiaquatic Hemiptera, Chapter 12. In R. W. Merritt and K. W. **Cummins**, an Introduction to the Aquatic **Insects** of North **America**. **Kendall/Hunt** Publishing Co., Iowa, U. S. A. :**119-131**.
- Pompa L., Y. 1990. Composición y Estructura del Perifiton Animal del Lago de Cuitzeo Michoacán, México. Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 81 pp.

- Portilla G., E. y A. Zavala H. 1990. Oikos. Uu Diccionario de Ecología. 1a. Edición, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. 102 pp, II Apéndices.
- Power, M. E. 1992. Habitat Heterogeneity and **Functional** Significance of Fish in River Food Webs. *Ewlogy*. **73(5):1675-1688**.
- Pullin, R. S. V. 1991. Cichlids in Aquaculture, Chapter Fourteen. In M. H. A. Keenleyside Editor, Cichlid **Fishes** Behaviour, Ewlogy and Evolution. **Chapman & Hall**, Fish and Fisheries Series 2 :**280-309**.
- Ramírez S., L.** 1996. La Protección de Nuestra Laguna, Más Allá de los Discursos. Municipio **Libre**, Publicación Mensual - Órgano Oficial del H. Ayuntamiento Constitucional de **Zacapu, Mich.** (1996-1998). Año 1 **(2):7 y 12**.
- Rangel C., **J.** 1991. "Estudio de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río **Angülo**". Comisión Nacional del Agua, Michoacán, México.
- Rauda O. **J.** 1987. Contribución al Conocimiento de la Biología Pesquera del Charal Pinto *Chirostoma patzcuaro* Meek 1902, (Pisces:Atherinidae) del Lago de Pátzcuaro, **Mich.** Méx. Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 77 pp.
- Reyment, R. A. 1991. Multidimensional Paleobiology. Pergamon Press, London. 377 pp, 1 Supplement and 3 Appendix.
- Rohlf, F. J. 1993. NTSYS-pc, Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Version 1.80. Exerte Software, New York.
- Rosas M., M. 1976a. Datos Biológicos de la Ictiofauna del Lago de Pátzcuaro, con Especial Énfasis en la Alimentación de sus Especies. Memorias del Simposio Sobre **Pesquerías** en Aguas Continentales, Tuxtla Gtz. Chis. :**299-366**.
- Rosas M., **M.** 1976b. Peces Dulceacuícolas que se Explotan en México y Datos Sobre su Cultivo. Edit. Tercer Mundo. Instituto Nacional de Pesca. 135 pp.
- Rosen, D. E.** y R. M. **Bailey.** 1963. The Poeciliid **Fishes** (Cyprinodontiformes), Their **Structure**, Zoogeography, and Systematics. **Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.** **126(1): 176 pp**.
- Rubín R., R. 1987. La Piscifactoría. Cría Industrial de los Peces de Agua Dulce. CECSA, Octava Impresión. 191 pp.
- Salvat. 1971. Enciclopedia Salvat Diccionario. Salvat Editores, S. A. Barcelona. **Vol 1 -12**.
- Sánchez P., M. O. 1992. Biología Reproductiva del Charal **Blanco Chirostoma grandocule** (Steindachner, 1894 - **Pisces:Atherinidae**), del Lago de Pátzcuaro, **Mich.**, México. Tesis Profesional Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita). 62 pp.
- Sanders, **H. L.** 1960. Benthic Studies in Buzzard Bay III. The **Structure** of Soft Bottom Communities. *Limnol. Oceanogr.* **5:138-153**
- Schneidervin, R. W. y W. A. Hubert. 1987. Diet Overlap Among Zooplanktophagous **Fishes in** Flaming Gorge Reservoir, Wyoming-Utah. North **American** Journal of Fisheries Management. **7:379-385**.

- Schoener, T. W. 1974. Some Methods for Calculating Competition Coefficients from Resource-Utilization Spectra. *The American Naturalist*. 108(961):332-340.
- SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología). 1990. Acuerdo por el que se Establecen los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua. CE-CAA-001/89 Gaceta Ecológica. Enero 1990 México.
- Shaffer, H. B. 1990. Natural History, Ecology, and Evolution of the Mexican "Axolotls". Dept. of Zool. Univ. of Calif.
- Shapiro, J. 1982. Biomanipulation. Univ. of Minnesota Publication. 6 pp.
- Shapiro, J. y D. I. Wrigth. 1984. Lake Restoration by Biomanipulation: Round Lake, Minesota, the First Two Years. *Freshwater Biology*. 14:371-383.
- Smith, E. P. y T. M. Zaret. 1982. Bias in Estimating Niche Overlap. *Ecology*. 63(5):1248-1253.
- Sogard, S. M. 1994. Use of Suboptimal Foraging Habitats by Fishes: Consequences to Growth and Survival. Section Habitat Gradients and Landscape Ecology. :103-131.
- Solórzano P., A. 1961. Contribución al Conocimiento de la Biología del Charal Prieto del Lago de Pátzcuaro, Mich. (*Chirostoma bartoni*, Jordan y Evermann, 1896). Secretaría de Industria y Comercio, Dirección Gral. de Pesca e Industrias Conexas. Talleres Gráficos de la Nación-México. 35-42.
- Solórzano P., A.. 1963. Algunos Aspectos Biológicos del Pescado Blanco del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Sría de Ind. y Com. Direcc. Gral. de Pesca. 15 pp.
- Soto-Galera, E. 1993. Depredación Selectiva de *Chirostoma jordani* Sobre el Zooplancton en el Embalse Ignacio Allende, Gto. Tesis de Maestría, ENCB-IPN (Inédita). 101 pp.
- Soto-Galera, E., E. Díaz-Pardo y C. Guerra-Magaña. 1990. Peces Dulceacuícolas Mexicanos III: *Alloophorus robustus* (Cyprinodontiformes : Goodeidae). *Zoología Informa Boletín Informativo del Departamento de Zoología ENCB-IPN*, (19-20):21-28.
- Soto-Galera, E., J. Barragán y E. López-López. 1991. Efectos del Deterioro Ambiental en la Distribución de la Fauna Lermense. Universidad: Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. 1(4):61-68.
- Spataru, P. y M. Zorn. 1978. Food and Feeding Habits of *Tilapia aurea* (Steindachner) in Lake Kinneret (Israel). *Aquaculture*. 13:67-79.
- SPP e INEGI (Secretaría de Programación y Presupuesto e Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. SPP 316 pp.
- SRI-I (Secretaría de Recursos Hidráulicos). 1968. Información Regional, Plan Lerma, Asistencia Técnica. Guadalajara, Jalisco, México. 91 pp.
- Téllez R., C. 1976. Alimentación, Hábitos Alimentarios y su Relación entre *Cyprinus carpio* L. y *Carassius auratus* (L.) en 13 Cuerpos de Agua de la Parte Central de México. *DERP* 3:1, FIDEFA. Serie Técnica No. 4.

- Ter Braak, C. J. F. 1983. Principal Components Biplots and Alpha and Beta Diversity. *Ecology*. **64**:454-462.
- Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigen Vector Technique for Multivariate **Direct** Gradient Analysis. *Ecology*. **67**(5):1167-1179.
- Torres-Orozco, R. y J. L. García-Calderón. 1995. Introducción al Manejo de Datos Limnológicos, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. 130 pp.
- Turner B. J. y D. J. Grosse. 1980. Trophic Differentiation in Ilyodon, a Genus of Stream-Dwelling Goodeid **Fishes**: Speciation **Versus** Ecological Polymorphism. *Evolution*. **14**(2):259-270.
- Underwood, A. J. 1981. Techniques of Analysis of **Variance** in Experimental Marine Biology and Ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 19: 513-605.
- Uyeno, T., R. R. Miller, y J. M. Fitzsimons. 1983. Karyology of the Cyprinodontoid **Fishes** of the Mexican Family Goodeidae. *Copeia*. **(2)**:88-91.
- Westfall, M. J., Jr. 1984. Odonata, Chapter 9. In R. W. Merritt and K. W. Cummins, **an** Introduction to the Aquatic **Insects** of North **America**. **Kendall/Hunt** Publishing Co., Iowa, U. S. A. :81-98.
- Wetzel, R. G. 1981. Limnologia. Ediciones Omega, **S. A.**, Barcelona. 678 pp.
- Wetzel, R. G. y G. E. Likens. 1979. Limnological Analysis. W. B. Sanders Company, Philadelphia, PA. 357 pp.
- White M. M. y B. J. Turner. 1985. Intralacustrine Differentiation in Two **Species** of Goodeid **Fishes**. *Copeia*. **(1)**:112-118.
- Whittaker, R. H. 1970. Communities and Ecosystems. Macmillan, New York. :21-23.
- Whittaker, R. H., S. A. Levin y R. B. Root. 1973. **Niche**, Habitat, and **Ecotope**. *The American Naturalist*. **107**(955):321-338.
- Wilhm, J. L. 1968. Use of Biomass Units in Shannon's Formula. *Ecology*. **49**:153-156.
- Williams, J. E., J. E. Johnson, D. A. Hendrickson, S. Contreras-Balderas, J. D. Williams, M. Navarro Mendoza, D.E. **McAllister**, y J. A. Deacon. 1989. **Fishes** of North **America** Endangered, **Threatened**, or of **Special** Concern: 1989. *Bull. Am. Fish. Soc.* **14**(6):2-19.
- Williamson, C. 1991. Copepoda, Part 21. In J. H. Thorp and P. P. **Covich** **Editors**. Ecology and Classification of North **American** Freshwater Invertebrates. **Academic** Press, Inc. :790-822.
- Wootton, R. J. 1991. Ecology of Teleost **Fishes**, Chapter three. Fish and Fisheries Series 1, **Chapman & Hall**. :32-72.
- Yáñez-Arancibia, A. 1976. Observación sobre *Mugil curema* Valenciennes, en **Áreas** Naturales de Crianza, México. Alimentación, Crecimiento, Madurez y Relaciones Ecológicas. *An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*. **3**(1):92-124.

- Yáñez-Arancibia, A., G. Curiel y V. L. de Yáñez. 1976. Prospección Biológica y Ecológica del Bagre Marino *Galeichthys caeruleus* (Gunther) en el Sistema Lagunar Costero de Guerrero, México (Pisces:Ariidae) **An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.** 3(1):125-180.
- Zabi, S. G. 1984. Role de la Biomasse **Dans** la Determination de **L'Importance** Value” Pour la **Mise en Evidence** des Unites de Peuplements Benthiques en **Lagune** Ebrie (Cote D' Ivoire). Centre de Recherches **Océanographiques.** Vol XV, No. 1 et 2, Année :55-87.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall Inc. Press (2nd Ed.). 718 pp.
- Zaret, T. M. y A. S. Rand. 1971. Competition in Tropical Stream **Fishes:** Support for the Competitive **Exclusion Principle.** Ecology. 52(2):336-342.
- Zaret, T. M. y C. Kerfoot. 1975. Fish Predation on *Bosmina longirostris*: **Body-Size** Selection versus Visibility Selection. Ecology. 56:232-237
- Zubieta R., T. 1985. Estudio Sobre los Hábitos Alimenticios de Seis Especies de Peces del Lago de Cuitzeo, **Mich.** Tesis Profesional. Universidad Michoacana (UMSNH) (Inédita) México. 55 pp.