



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

LOS FORAMINÍFEROS RECIENTES DEL CARIBE MEXICANO
(BAHÍA AKUMAL, BAHÍA MEDIA LUNA Y LAGUNA YAL-KU,
Q. ROO, MÉXICO).

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA

P R E S E N T A:
MARÍA ALEJANDRA GUERRERO
HERREJÓN

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. ANTONIO ZOULO MARQUEZ
GARCÍA



2004

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: Los foraminíferos recientes del Caribe mexicano (Bahía Akumal, Bahía Media Luna y Laguna Yal-ku, Q. Roo. México).

realizado por María Alejandra Guerrero Herrejón

con número de cuenta 8613009-3 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biólogo

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario M. en C. Antonio Zoilo Márquez García

Propietario Dra. Silvia Elizabeth Rivera Olmos

Propietario Dra. Rocío de Guadalupe Bernal Ramírez

Suplente M. en C. Gerardo Rivas Lechuga

Suplente Biól. Rebeca María López Rivas

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



CONTENIDO

	Página
Resumen	I
1.Introducción	1
2. Objetivos	
2.1.Objetivo General	2
2.2. Objetivo particular	2
3. Área de Estudio	3
3.1. Clima, precipitación pluvial y vientos	3
3.2. Corrientes, temperatura del agua y salinidad	4
3.3. Geomorfología	5
3.4. Batimetría	6
3.5 Sedimentos	7
3.6. Vegetación	8
4. Antecedentes	9
5. Materiales y Métodos	11
5.1 Actividades de campo	11
5.2 Actividades de laboratorio	12
5.3 Actividades de gabinete	13
6. Resultados	14
6.1. Sistemática	14
6.2. Frecuencia-sedimentos	16
6.3. Riqueza específica	19
6.4. Índice de diversidad	21
6.5. Foraminíferos sedimento	22
6.6. Salinidad	25
6.7. pH	26
6.8 Oxígeno	28
6.9. Batimetría	29
6.10. Abundancia relativa	31
6.11. Caracterización ecológica de las especies	32
6.12. <i>Amphistegina tuberculata</i>	33
6.13. <i>Amphistegina lessonii</i>	37
6.14. <i>Asterigerina carinata</i>	40
6.15. <i>Archaias angulatus</i>	43
7. Discusión	47
8. Conclusiones	51
9. Recomendaciones	53
10. Literatura consultada	54
11. Anexo 1 Sistemática	59

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura 1. Área de estudio.	4
Figura 2. Ubicación de las estaciones en el área de estudio.	11
Figura 3. Indica la riqueza específica (RS) de cada una de las estaciones de la zona submareal (E) del área de Akumal, (Bahía de Media Luna y Laguna Yal-ku).	20
Figura 4. Presenta la distribución de la riqueza específica en el área de Akumal.	20
Figura 5. Diversidad específica en cada una de las estaciones muestreadas del área de Akumal.	21
Figura 6. Mapa de distribución de la diversidad específica en el área de estudio.	22
Figura 7. Distribución de sedimentos. Se le asignó un número a cada uno de los tipos de sedimento para facilitar su representación en el mapa, 1=arena fina; 2=Arena media; 3=arena gruesa y 4=arena muy gruesa.	23
Figura 8. Índice de diversidad promedio por tipo de sedimento para cada zona en las estaciones de la zona submareal.	24
Figura 9. Muestra la diversidad en relación al tipo de sedimento de las estaciones de la zona submareal.	24
Figura 10. Relación de la diversidad específica con la salinidad.	25
Figura 11. Distribución de la concentración salina en el área de Akumal.	26
Figura 12. Relación del índice de diversidad con el pH.	27
Figura 13. Distribución del pH en el área de estudio.	27
Figura 14. Relación de la diversidad y el oxígeno.	28
Figura 15. Mapa de distribución del oxígeno disuelto en el área de Akumal.	29
Figura 16. Muestra la relación de la diversidad con la profundidad del área de Akumal.	30
Figura 17. Mapa de batimetría.	30
Figura 18. Caracterización ecológica de las especies del área de Akumal (Bahía Akumal, Bahía Media Luna y Laguna Yal-ku)	33
Figura 19a. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina tuberculata</i> con el pH.	34
Figura 19b. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina tuberculata</i> con la profundidad.	35
Figura 19c. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina tuberculata</i> con la salinidad.	35
Figura 19d. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina tuberculata</i> con el oxígeno.	36
Figura 19e. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina tuberculata</i> con el sedimento.	36
Figura 20a. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina lessonii</i> con el pH.	37
Figura 20b. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina lessonii</i> con la profundidad.	38
Figura 20c. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina lessonii</i> con la salinidad.	38
Figura 20d. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina lessonii</i> con el oxígeno.	39
Figura 20e. Relación de la abundancia relativa de <i>Amphistegina lessonii</i> con el sedimento	39
Figura 21a. Relación de la abundancia relativa de <i>Asterigerina carinata</i> con el pH.	40
Figura 21b. Relación de la abundancia relativa de <i>Asterigerina carinata</i> con la profundidad.	41
Figura 21c. Relación de la abundancia relativa de <i>Asterigerina carinata</i> con la salinidad.	41
Figura 21d. Relación de la abundancia relativa de <i>Asterigerina carinata</i> con el oxígeno.	42
Figura 21e. Relación de la abundancia relativa de <i>Asterigerina carinata</i> con el sedimento	42
Figura 22a. Relación de la abundancia relativa de <i>Archaias angulatus</i> con el pH.	43
Figura 22b. Relación de la abundancia relativa de <i>Archaias angulatus</i> con la profundidad.	44
Figura 22c. Relación de la abundancia relativa de <i>Archaias angulatus</i> con la salinidad.	44
Figura 22d. Relación de la abundancia relativa de <i>Archaias angulatus</i> con el oxígeno.	45
Figura 22e. Relación de la abundancia relativa de <i>Archaias angulatus</i> con el sedimento.	45
 ÍNDICE DE CUADROS	
Cuadro I. Composición de sedimento en las estaciones del área de Akumal, Q. Roo.	8
Cuadro II. Resumen taxonómico de los ejemplares encontrados en el área de Akumal.	14
Cuadro III. Presencia-ausencia de las especies presentes en cada una de las estaciones del área de estudio; (0= ausente, X= presente).	15
Cuadro IV. Clasificación del sedimento según Wentworth, 1922.	16
Cuadro V. Frecuencia (Pokorný, 1963) con las que se presentan las especies en las estaciones de muestreo y el tipo de sedimento que prevalece en cada una de ellas de Media Luna y Laguna Yal-ku).	18
Cuadro VI. Índices de diversidad y tipo de sedimento por estación.	21
Cuadro VII. Abundancia relativa de foraminíferos bentónicos del área de Akumal, Q. Roo.	31

RESUMEN

Se analizaron 18 muestras de sedimento reciente proporcionadas por el laboratorio de Geología y Limnología de la UAM, colectadas en la zona internareal y submareal en el área de Akumal (Bahía Akumal, Bahía Media Luna y Laguna Yal-ku, Q. Roo). Con el fin de realizar un análisis micropaleontológico y conocer la composición faunística correspondiente a foraminíferos bentónicos; y su relación con el ambiente, para procesar las muestras se empleó la técnica de Newman (1969).

Como resultado se obtuvieron 73 especies y mediante el análisis de Olsmtead-Tukey, se obtuvo la siguiente categorización ecológica: 8 especies dominantes (destacado especialmente *Archaias angulatus*, *Amphistegina tuberculata*, *Amphistegina lessonii* y *Asterigerina carinata*), 19 especies constantes (el 26% de la población), el resto de las especies fueron raras (el 63%) y no hubo ocasionales.

Se encontraron 4 asociaciones; en el grupo de las especies dominantes *Archaias angulatus*, *Amphistegina tuberculata*, *Amphistegina lessonii* y *Asterigerina carinata*, otra asociación dentro de las dominantes fue un grupo de Quinqueoculinas *Q. laevigata*, *Q. poeyana*, *Q. sp4* y *Q. sp 15*, aunque fueron dominantes, su abundancia relativa se separa enormemente de los valores de las especies anteriores. La tercera asociación fue de las especies constantes en ella se encasillaron 19 especies, y la cuarta asociación de las raras a la cual pertenece el resto de las especies por presentar baja abundancia y baja frecuencia. Las condiciones ambientales en el área de Akumal son típicas del ambiente arrecifal, presentando las siguientes características, aguas claras bien oxigenadas (4.5 ml/L), con un pH alcalino (8.10) salinidad constante de 37 ups, ambiente somero (2 a 9 m) y sustrato arenoso; condiciones que favorecen la presencia constante de carbonato de calcio, condición indispensable para el desarrollo de poblaciones de foraminíferos, entre otros grupos cuya composición de su exoesqueleto es de composición calcárea. Los foraminíferos se distribuyen ampliamente en toda el área de estudio encontrando ejemplares en todas las estaciones consideradas en el análisis, presentando mayor diversidad tanto específica como biológica en la zona central del área de Akumal, es decir, al Norte de Bahía de Akumal y en Bahía de Media Luna donde se presentaron las condiciones ambientales estables en comparación con la parte Centro-sur de Bahía de Akumal y en Laguna Yal-ku, donde incluso existe la influencia de agua dulce.

Palabras Clave: Foraminíferos bentónicos Recientes; Akumal, Quintana Roo; sedimentos carbonatados.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, forma parte del proyecto divisional "Caracterización ecológica del sistema arrecifal coralino de Akumal. Caribe Mexicano"; realizado en el Departamento de Hidrobiología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa; con el objeto de efectuar una caracterización de los recursos bióticos; conocer la distribución de los sedimentos marinos recientes, (textura y composición) y las características fisicoquímicas de los diferentes hábitats del sistema ecológico (pastos marinos, barrera coralina, laguna asociada), además de la geomorfología litoral (Márquez-García, *et al.*, 2002 *in* Díaz-Ruiz, 2002).

Considerando que la composición de los sedimentos de la zona prevalece un porcentaje alto de microorganismos cuya concha o testa es de composición calcárea, recibe el nombre de biocalcarenita (Díaz-Ruiz, 2002).

La biocalcarenita, y en general los arrecifes de coral son producidos por una variedad de organismos como foraminíferos, briozoarios y moluscos; son tres grupos de organismos que proveen sustancialmente de carbonato para el crecimiento de los arrecifes además de las algas calcáreas que son consideradas como uno de los mayores aportadores de carbonato (www.grisda.org/origins/06088.htm).

Los foraminíferos son grandes productores de carbonato de calcio contribuyen a la cementación y estabilidad de arrecifes y a la construcción de barreras arrecifales (Larger *et al.*, 1997 *in* www.paleontology.uni-bonn.de/mitarbeiter/LANGER/GLOBAL.HTM 15/12/2003)

Los foraminíferos bénticos de los sedimentos de la región de la Bahía de Akumal están presentes en el área arrecifal, Hohenegger, www.okinawa-conference.uni-bonn.de/Hohenegger.htm 15/12/2003), afirma que este es uno de los grupos de organismos que juegan un papel importante en la formación de arrecifes de coral, siendo extremadamente abundantes en este tipo de ambiente.

También juegan un papel importante en el ciclo global geoquímico de componentes orgánicos e inorgánicos. Su diversidad biológica y su presencia cosmopolita los hace ser bioindicadores potenciales en los diferentes tipos de contaminación. Su testa se puede conservar, y en ella se albergan evidencias que mediante un análisis geoquímico revela un registro ambiental a través del tiempo. Existen otros factores a su favor que los hace buenos bioindicadores: 1) su ubicuidad en los diferentes ambientes marinos, 2) viven en y forman parte de los sedimentos, 3) son sensibles a la contaminación, 4) su talla relativamente pequeña y su abundancia lo que permite realizar análisis estadísticos mediante una colecta relativamente rápida y no tan costosa, 5) son ideales para programas de monitoreo; 6) su corta longevidad hace posible

la comparación con las colonias de coral facilitando la diferenciación a largo plazo sobre la declinación de la calidad de agua y los eventos de estrés; y 7) las estructuras coralinas, los corales zoohermatosarios y los foraminíferos junto con las algas simbiotas requieren de condiciones similares de calidad de agua. Hallock *et al.*, 1995 y Williams *et al.*, 1997.

La testa de los foraminíferos por su composición calcárea permite su conservación y determinación taxonómica de la misma. La presencia o ausencia de ciertas especies indica el tipo de ambiente en el cual se está desarrollando la población así como, la relación que guardan con los parámetros fisicoquímicos siendo significativa esta relación debido a que gracias a ella se puede establecer patrones de distribución de las especies y su comportamiento en el sistema (Sen Gupta, 1980).

Por su abundancia de los foraminíferos bentónicos en los sedimentos del área de la Bahía de Akumal surgió la necesidad de conocer las características de la fauna para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Conocer la composición específica de foraminíferos bentónicos del área de Akumal (Bahía Akumal, Bahía Media Luna y Laguna Yal-ku, Q. Roo) y su relación con los parámetros fisicoquímicos del agua y el tipo de sedimento.

2.2. Objetivos particulares

- a) Conocer la composición y sistemática de la fauna de foraminíferos béticos presentes en el área de estudio.
- b) Determinar la relación de los foraminíferos béticos con los parámetros físico-químicos (salinidad, oxígeno, pH, profundidad y textura de los sedimentos del área de estudio)
- c) Determinar la distribución espacial de los foraminíferos béticos con relación al sedimento y a los parámetros fisicoquímicos del agua.

3. ÁREA DE ESTUDIO

Existen tres tipos principales de arrecifes coralinos. Los arrecifes costeros o bordeantes crecen en aguas someras y bordean una costa, muy cercana a ella o separados por un estrecho brazo de agua; los arrecifes de barrera se disponen paralelamente a la línea de costa, pero están más alejados de ella y son mucho mayores y los atolones son anillos de islas de coral que rodean una laguna central (Goreau *et al.*, 1979 *in* García-Salgado, 1992)

Dentro de los arrecifes se puede incluir una formación arrecifal llamada "De Plataforma" compuesta por 4 zonas (Jordán-Dahlgren, 1980 y Lara, 1989 *in* García-Salgado, 1992), y nueve subzonas que Lara, 1989 *in* García-Salgado, 1992 describe con base en su composición específica, así como a sus características fisiográficas y topográficas más generales; éstas no siempre se encuentran representadas en todos los arrecifes; lo cual depende del grado de desarrollo de las estructuras arrecifales, así como de su ubicación geográfica.

El sistema arrecifal coralino de Akumal se ubica entre los 20° 24' latitud norte y 87° 19' longitud oeste, en la costa oriental de la Península de Yucatán al Sur de Cancún, Q. Roo (Fig.1). Forma parte de la gran barrera arrecifal que se extiende desde Isla Contoy hacia el Sur de Quintana Roo, conectándose con la barrera arrecifal de Belice y Honduras donde su desarrollo es mayor (Díaz-Ruiz, 2002). Los arrecifes de esta región son bordeantes aunque se presentan numerosas lagunas arrecifales, someras y de poca extensión (Chávez e Hidalgo, 1988 *in* Muñoz-Chagín y de la Cruz Agüero, 1993)

Esta barrera arrecifal coralina está considerada como la más importante de la región zoogeográfica del Caribe y la segunda más importante del mundo (Jordán-Dahlgren, 1980)

En la zona prevalecen las condiciones marinas ya que no hay escurrimientos fluviales por la naturaleza de la Península de Yucatán (Nolasco-Montero y Carranza-Edwards, 1988), en general, se puede describir como una comunidad coralina somera donde predominan los corales gorgonáceos, el sustrato es arenoso y el pavimento calcáreo, con manchones de pastos marinos, el agua es cálida, cristalina y bien oxigenada, características propias de una zona arrecifal en donde se puede observar una gran variedad de formas biológicas (Jordán-Dahlgren, 1993)

3.1 Clima, precipitación pluvial y vientos

El clima es del tipo cálido subhúmedo (Aw1 y Aw2). La temperatura media anual es de 27°C y la precipitación anual de 1100 mm (García-Miranda, 1988) y según (Ferre-D'amare, 1985) oscila de 1100 a 2000 mm/año.

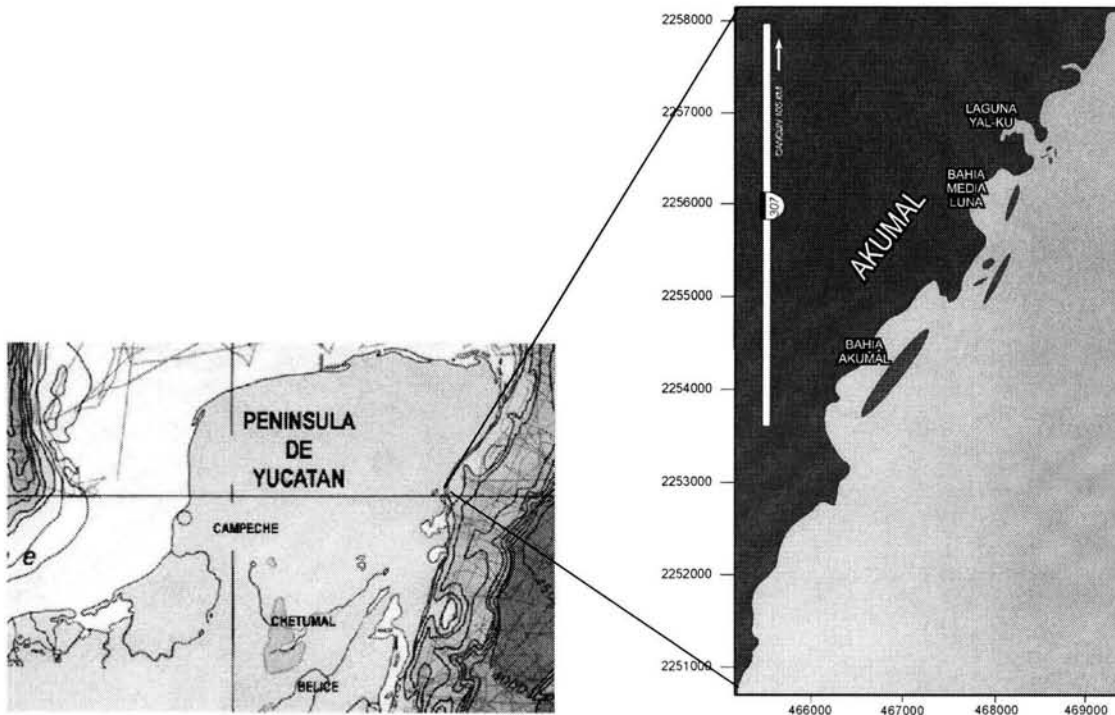


Figura 1. Área de estudio.

La máxima temperatura se presenta en junio-julio y la mínima en el mes de enero (García Miranda, 1988).

Esta región está sujeta a vientos del sureste la mayor parte del año. Sin embargo, durante el otoño e invierno predominan vientos del Noreste que incrementan su fuerza hasta 35 km/h o más (“nortes”). El régimen de mareas es semidiurno de poca amplitud (Jordán 1979b).

3.2. Corrientes, temperatura del agua y salinidad

Las aguas que bañan las costas de Quintana Roo pertenecen a la corriente del Caribe, que se desprende de la corriente ecuatorial y pasa entre la Isla Cozumel y la Península de Yucatán con una dirección N-NE y a una velocidad a veces mayor de 4 nudos (2m/s) frente a Cozumel (Muckelbauer, 1990 in Muñoz-Chagín *et al.*, 1993).

Merino (1986), observó contracorrientes durante el mes de octubre que se desplazan al Sur cerca de la costa. Este flujo se establece entre las puntas costeras más prominentes y junto con el flujo hacia el Norte que existe mar adentro, forman giros alargados.

El área de Akumal se distingue del resto del Caribe mexicano por la salida natural de aguas subterráneas en grandes volúmenes (en esa parte la morfología está determinada por procesos de disolución) Jordán-Dalhgren (comunicación personal).

La temperatura media del agua es alrededor de 27.5°C, siendo máxima en agosto (29.1°C) y mínima en febrero (25.6°C) (Ferre-D'amare, 1985) descendiendo en la época de "nortes" (20.3°C) (Jordán, 1979a). La salinidad media es de 35.6 (Ferre-D'amare, 1985) a 36.7 ups (Jordán, 1989a), de $13.5 \pm 8.9 \mu\text{g-at/l}$ para NO_2 , $0.06 \pm 0.08 \mu\text{g-at/l}$ para NO_3 y $0.46 \pm 0.96 \mu\text{g-at/l}$ para PO_4 .

3.3. Geomorfología

El área de Akumal, a diferencia del resto del Caribe mexicano, la morfología está determinada por procesos de disolución debido a la salida natural de aguas subterráneas en grandes volúmenes (Jordán-Dalhgren, comunicación personal).

La parte del sistema estudiado cubre un área aproximada de 33.25 km² de ambiente costero, está constituido por tres áreas arrecifales con dimensiones diferentes, éstas son:

3.3.1. Bahía de Akumal

Con una laguna asociada de 4.0 km de longitud de 100 a 800 m (de ancho) de la línea de costa a la cresta del arrecife y una profundidad promedio de 3.5 m. Está cubierta por grandes extensiones de pasto marino (*Thalassia testudinum*) con parches aislados; la parte posterior del arrecife está totalmente sumergida a una profundidad de 2 a 3 m. Mientras que la cresta es muy somera 0.5 a 1 m; la parte frontal y la pendiente arrecifal están formados por estructuras onduladas con áreas elevadas de sustrato calcáreo cubiertas principalmente por grupos mixtos de corales (Alcionarios y escleractinios) y áreas bajas formando canales de arena (Díaz-Ruiz, 2002)

3.3.2. Bahía de Media Luna

Con una laguna de 3.0 Km de longitud, ancho de 500-3000 m y una profundidad promedio de 4.0 m. Presenta sustrato arenoso-rocoso y parches de pastos marinos como *T. testudinum* y *Syringodium filiforme*, macroalgas y gorgonias. El arrecife posterior, la cresta y la pendiente arrecifal presentan ambientes que varían desde extensas zonas cubiertas de corales escleractinios a zonas de algas, gorgonias y esponjas incrustantes.

Tanto Bahía de Akumal como Bahía de Media Luna, están limitadas hacia el mar por la cresta arrecifal y las separa un segmento de costa de aproximadamente 0.5 Km, donde el arrecife se inicia desde la orilla, siendo típicamente de borde. En la Media Luna la cresta arrecifal es continua, mientras que en la Bahía de Akumal es más conspicua al Centro y Norte que al Sur. En la parte Norte de la Bahía de Akumal se presenta un canal, aparentemente natural, que interrumpe la continuidad de la cresta y que es utilizado como una de las vías de acceso al interior de la laguna (Muñoz-Chagín *et al.*, 1993).

3.3.3. Laguna Yal-ku

Es un área más pequeña con una longitud aproximada de 800 m, en comparación las anteriores, tiene un importante aporte de agua dulce, presenta sustrato arenoso y áreas rocosas cubiertas de algas y ocasionalmente pastos marinos a una profundidad de 0.8 m. El arrecife posterior está cubierto de corales masivos alcionarios y escleractinios a una profundidad promedio de 3.0 m, la cresta es más somera, la parte frontal y pendiente arrecifal son suaves, ambas cubiertas por una gran variedad de colonias mixtas de coral entre los que destacan *Acropora palmata*, *Agaricia agaricites*, *Porites porites* y *Montastrea annularis* (Díaz-Ruiz, 2002).

3.4. Batimetría

3.4.1. Bahía de Akumal

De acuerdo con Márquez-García *et al.*, 2002, la Bahía de Akumal, presenta en su punta norte un arrecife que tiene una pendiente de 25 grados con un ancho de 150 metros y una profundidad de 8 m. En la parte Centro-Norte presenta un arrecife plano de 100 m de ancho, con profundidades menores a 7 m. A esta profundidad incrementa su pendiente hasta llegar al quiebre a los 7 m de profundidad. Por lo que respecta a la parte Norte-Sur el arrecife contiene una pendiente de 25 grados y profundidad menor a los 9 metros.

La punta Sur de esta Bahía presenta un arrecife plano de más de 200 m de ancho con profundidad máxima de 2 metros; y dos promontorios arrecifales a los 5 y 7 m de profundidad. En la parte interna de la Bahía (zona pre-arrecifal) existe una profundidad no mayor a los 2.5 metros, manteniendo una ligera pendiente de 2 grados hacia la zona arrecifal con ancho aproximado de 200 metros.

Bahía Media Luna

En la Punta Norte se tiene un arrecife plano de unos 50 metros de ancho y 3 metros de profundidad, se presenta un escalón a los 9 metros de profundidad. La parte central de la Bahía presenta un arrecife plano entre 200 metros de ancho y 3 metros de profundidad. La Punta Sur presenta un arrecife de una pendiente de 25 grados y un ancho de 200 metros con 9 metros de profundidad.

3.4.3. Laguna Yal-ku

Frente a la Laguna se encuentra una pendiente del arrecife aproximadamente de 20 grados con un ancho entre 100 y 150 metros y hasta 6 metros de profundidad.

3.5. Sedimentos

3.5.1. Bahía Akumal

Los sedimentos de la zona arrecifal de esta bahía se caracteriza por ser arenas medias a gruesas predominando de mal clasificadas a bien clasificadas, simétricas y muy platicúrticas notándose claramente el comportamiento estacional del clima en las diferencias texturales de la Bahía, las arenas son biocalcarenitas micríticas en marzo, cambiando a biocalcarenitas en julio y septiembre.

Los análisis sedimentológicos muestran una composición que corresponde al tipo de biocalcarenita el cual se compone de más del 50% de bioclastos (restos biógenos calcáreos que corresponden a briozoarios, algas, foraminíferos béticos y planctónicos, coral, equinodermos, micromoluscos, ostrácodos y crustáceos, además de pastos marinos y espículas de esponja (ver cuadro I)).

3.5.2. Bahía Media Luna

En esta zona prevalecen arenas gruesas bien clasificadas con una simetría de gruesos hacia finos y existe un alto porcentaje entre el 20 y 70% de bioclastos, teniendo una nomenclatura de biocalcarenita.

En la playa durante la época de secas predominan arenas medias bien clasificadas, simétricas, muy leptocúrticas, cambiando en época de lluvias por arenas gruesas moderadamente bien clasificadas, asimétricas hacia gruesos con curtosis variable. Correspondiendo a su nomenclatura son biocalcarenitas.

En la Punta Sur de la Bahía se encontró material antropogénico (producto de la actividad humana) compuesto por hidrocarburos, vidrio y plástico, entre otros.

3.5.3. Laguna Yal-ku

Se tienen arenas finas moderadamente bien clasificadas a mal clasificadas con simetría igual que las otras bahías. Su composición corresponde principalmente a bioclastos (100%), denominado biocalcarenitas.

3.6. Vegetación

Espejel, 1987, menciona que la vegetación costera de Quintana Roo se caracteriza por manglares en la parte posterior de la duna y selva mediana tierra adentro, lo cual le confiere la mayor riqueza vegetal de la Península de Yucatán. La presencia de playas o caletas rocosas así como de cenotes, incrementa su diversidad ambiental y florística.

Cuadro I. Composición de sedimento en las estaciones del área de Akumal, Q. Roo.

ZONA	ESTACIÓN	COMPOSICIÓN SEDIMENTO
Bahía de Akumal	E1	28% micrita, 71% bioclastos (trazas de: espículas, 36% algas 20% esponjas, 8% espículas tubulares, 8% <i>Halimeda</i> 10% moluscos, 10% foraminíferos trazas % ostrácodos y 15% corales) y 1% silicoclastos.
	E2	24% micrita, 63% bioclastos (10% foraminíferos 12% <i>Halimeda</i> , 10% espículas tubulares 15% corales, 15% esponjas, 1% espículas, 10% moluscos y trazas ostrácodos) y 3% silicoclastos.
	E3	34% micrita, 61% bioclastos 15% esponjas, 2% espículas, 7% espículas tubulares 15% corales, 5% foraminíferos, 12 % moluscos, 5% <i>Halimeda</i> 27% algas y restos vegetales) y 5% silicoclastos.
	E4	15% micrita, 82% bioclastos (3% espículas, 15% corales, 7% foraminíferos y 12% moluscos) y 3% silicoclastos.
	E5	56% micrita, 37% bioclastos (2% corales, 3% moluscos 10% foraminíferos, trazas y ostrácodos, 22% algas, 15% esponjas 7% <i>Halimeda</i> , trazas pterópodos) y 7% silicoclastos.
	P1	98% bioclastos (8% espículas tubulares, 5% esponjas, 10% corales, 15% moluscos, 8% de restos vegetales leñosos, 2% desechos antropogénicos (plástico y vidrio) y 50% otros restos vegetales.
	P2	24% micrita, 63% bioclastos (10% foraminíferos 12% <i>Halimeda</i> , 10% espículas tubulares 15% corales, 15% esponjas, 1% espículas, 10% moluscos y trazas ostrácodos) y 3% silicoclastos.
	P3	98% bioclastos (8% espículas tubulares, 5% esponjas, 10% corales, 15% moluscos, 8% de restos vegetales leñosos, 2% desechos antropogénicos (plástico y vidrio) y 50% otros restos vegetales.
	P4	24% micrita, 63% bioclastos (10% espículas, 28% algas 15% moluscos, 5% foraminíferos, trazas ostrácodos y 15% corales) y 3% Silicoclastos.
	P5	11% micrita, 88% bioclastos (15% esponjas, 15% foraminíferos, 10% espículas tubulares, 17% moluscos, 40% algas, 1% ostrácodos 15% corales 15% <i>Halimeda</i>) y 1% silicoclastos.
Bahía de Media Luna	E13	70% micrita, 20% bioclastos (20% algas esponjas 20% esponjas y 10% espículas tubulares) y 10 % silicoclastos.
	E15	52% micrita, 48% bioclastos (5% ostrácodos, 2% foraminíferos, 25% algas, 3% esponjas, 2% espículas tubulares, 20% <i>Halimeda</i> , 15% corales y 1% moluscos) trazas % silicoclastos
	P6	29% micrita, 68% bioclastos (15% <i>Halimeda</i> , 7% espículas tubulares, 5% esponjas, 3% espículas 15% moluscos 20% corales y 3% foraminíferos), 3% Silicoclastos
	P7	56% micrita, 37% bioclastos (2% corales, 3% moluscos 10% foraminíferos, trazas y ostrácodos, 22% algas, 15% esponjas 7% <i>Halimeda</i> , trazas y pterópodos) y 7% silicoclastos.
	P8	98% bioclastos (8% espículas tubulares, 5% esponjas, 10% corales, 15% moluscos, 8% de restos vegetales leñosos, 2% desechos antropogénicos (plástico y vidrio) y 50% otros restos vegetales.
Laguna Ya-ku	E19	100% bioclastos (3% espículas, 23% corales 22% moluscos 11% espículas tubulares 52% algas 20% esponjas y 15% <i>Halimeda</i>).
	E20	100% bioclastos (17% espículas, 5% corales, 3% moluscos, 2% foraminíferos, 1% ostrácodos, 45% algas, 10% esponjas, 15% <i>Halimeda</i> 20% espículas tubulares y 45% arena fina carbonatada)
	P9	50% micrita, 49% bioclastos (trazas espículas, 42% algas 20% esponjas 10% <i>Halimeda</i> y 12% espículas tubulares) y 1% silicoclastos

4. ANTECEDENTES

A nivel mundial, los foraminíferos béticos han sido el objeto de estudio de diversos trabajos destacando entre ellos los de Cushman, 1950 publicó el libro titulado "Foraminifera. Their classification and economic use" y la bioestratigrafía de los foraminíferos bentónicos del sur del Caribe por Bolli, en 1994.

También han sido motivo de realizar el "Foram's", simposium internacional bianual donde se reúne la comunidad de todo el mundo para exponer los resultados de sus investigaciones, derivados del estudio de los foraminíferos.

En México, existen diversos estudios sobre foraminíferos bentónicos, comparado con otros grupos de organismos este número representan una minoría.

Plheger, en 1951 (1951b) realizó un estudio sobre la Ecología de los foraminíferos del noroeste del Golfo de México y Bandy (1953), publica la primera parte sobre la Ecología y Paleoecología de los foraminíferos de California, haciendo énfasis en la distribución de foraminíferos recientes.

Un año más tarde, en 1954 presenta la distribución de foraminíferos de ambiente salobre en el Golfo de México; en el mismo año, Parker, da a conocer la distribución de los foraminíferos en el Noroeste del Golfo de México y dos años después en 1956, Bandy, realiza un trabajo sobre la ecología de los foraminíferos del Noreste del Golfo de México y en 1960 publica el resultado de una investigación sobre la correlación de la estructura de los foraminíferos con su ambiente; el mismo autor en 1961, dió a conocer la distribución de microorganismos marinos en los sedimentos, entre ellos a los foraminíferos.

Ayala-Castañares (1963), presenta la sistemática y distribución de foraminíferos de la Laguna de Términos, Campeche, México, mientras que Plheger en 1964, presenta el patrón de vida de los foraminíferos del Golfo de California.

Ekdale, en la Universidad de Houston, en 1974 realiza estudios de maestría sobre las asociaciones de foraminíferos recientes del noreste de Quintana Roo; y en 1976, Avelarde Gómez, se titula con un trabajo sobre los foraminíferos recientes de la plataforma continental de Quintana Roo. Siendo hasta la fecha los dos únicos trabajos sobre foraminíferos bentónicos recientes en áreas cercanas a Akumal.

En 1980, Mata-Mendoza, elabora la tesis de licenciatura, titulada "Distribución de los foraminíferos bentónicos de la parte sudeste del Golfo de Tehuantepec, México"; y en 1987 presentan la tesis doctoral en la cual estudia las asociaciones de foraminíferos bentónicos en la plataforma continental de México.

Posteriormente, Pérez-Cruz, (1989), estudia a los foraminíferos bentónicos como indicadores de la zona de oxígeno mínimo en el Golfo de Tehuantepec.

Actualmente en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, la Dra. Ma. Luisa Machain-Castillo, es responsable de los proyectos “Evolución Oceanográfica del Golfo de México y del Pacífico mexicano, respectivamente; estudios basados en la ecología y distribución de foraminíferos bentónicos recientes.

El área de la Bahía de Akumal ha sido muy poco estudiada encontrándose los siguientes trabajos geológicos que hacen referencia a la zona:

Castro (1976); describe las arenas carbonatadas y de su ámbito submarino al noreste de la Península de Yucatán y Nolasco Montero y Carranza Edwards (1989), realizaron un estudio sedimentológico regional de las playas de Yucatán y Quintana Roo.

Merino-Ibarra y Otero-Dávalos (1991) en el Atlas Ambiental Costero. Puerto-Morelos presentan la Geología superficial de la Península de Yucatán.

Jordan-Dahlgren (1993) publica el “Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe mexicano”. Parte I. En la cual hace una caracterización ecológica y sedimentológica de la barrera arrecifal incluyendo el área de Akumal.

Desde el año 2000, el Departamento de Hidrobiología de la UAM-I ha realizado estudios en la Bahía de Akumal con el fin de caracterizar ecológicamente el sistema arrecifal coralino.

Recientemente el “Centro Ecológico Akumal” ha promovido proyectos de investigación en la zona cuyo objetivo es conocer los recursos naturales y monitoreo del área, todos estos con un mismo fin, el de hacer un manejo sustentable de sus recursos naturales y su conservación, la UNAM y la UAM son las principales instituciones que realizan estudios en el área, además de instituciones extranjeras que también han aprovechado la oportunidad de involucrarse en el estudio de la región en diferentes aspectos.

Por otro lado el municipio de Solidaridad en conjunto con la UAM, en el 2003, promovió estudios sobre dinámica costera, desde Puerto Morelos a Tulum.

Como se vió en la revisión bibliográfica, no existen estudios realizados en el área de Akumal por lo cual ésta contribución sobre los foraminíferos bentónicos, forma parte de un grupo de trabajos pioneros de los cuales sus resultados han despertado el interés para continuar estudiando la zona.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Actividades de campo

Se analizaron 18 muestras de sedimento de la zona intermareal de Akumal, Q. Roo.(ver Fig. 2) proporcionadas por el Laboratorio de Geología y Limnología de la UAM-Iztapalapa; 9 de ellas fueron de la parte de playa (intermareal) su ubicación se registró utilizando un geoposicionador portátil; éstas fueron, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 y P9. El resto de las muestras (E1,E2, E3, E4, E5, E13, E15, E19, E20) pertenecen a la zona submareal y se tomaron con una draga van Veen de 3 litros de capacidad. El sedimento se colocó en una bolsa de polietileno con ayuda de una espátula, se etiquetaron con los datos básicos requeridos (fecha, lugar de muestreo, no. de estación, ubicación geográfica, datos ambientales y nombre del colector) y posteriormente se vaciaron los datos en una libreta de campo; también se tomaron otros parámetros físico-químicos, salinidad y oxígeno.

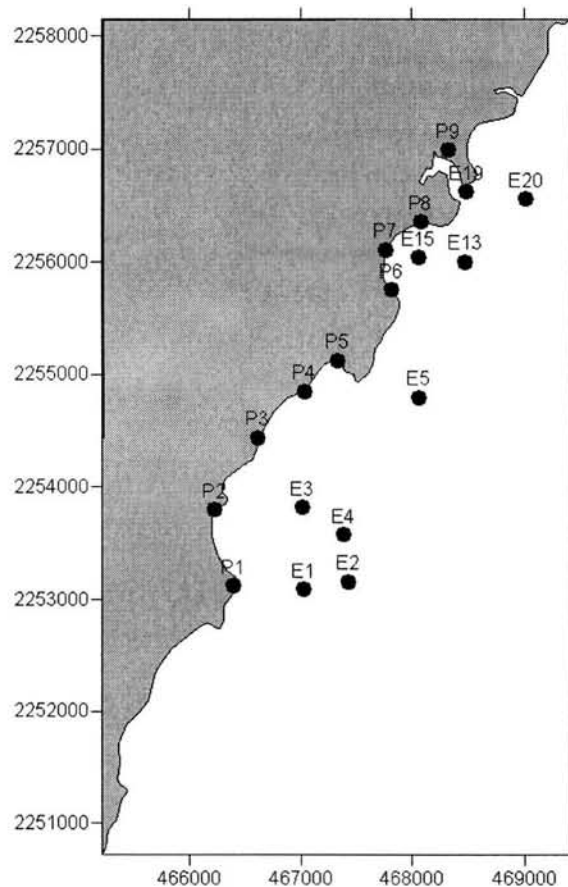


Figura 2. Ubicación de las estaciones en el área de estudio.

5.2. Actividades de Laboratorio

Se secaron las muestras a temperatura ambiente en cápsulas de porcelana, una vez secas se pesaron 50 grs. de cada una de ellas y ésta fracción se hidrató con agua corriente con el fin de separar el sedimento entre sí y facilitar el tamizado en húmedo lo cual se hizo siguiendo la técnica de Newman (1969) la cual se describe a continuación:

Se tamizaron cada una de las muestras por separado a través de un tamiz con abertura de malla del no. 0.63 μ y agua corriente a presión moderada evitando salpicar ya que esto ocasiona que en las gotas de agua se vayan testas de foraminíferos. Al lavar las muestras, no sólo se separó la fracción fina $< 0.63 \mu$ de la gruesa $> 0.63 \mu$ sino que también se disolvieron las sales que al precipitarse juegan el papel de cemento en el sedimento.

Una vez lavadas se dejaron secar nuevamente, se pesaron ya secas, para determinar el porcentaje de lodos y arenas. Para prevenir la contaminación de muestras, antes de comenzar y después de realizar un tamizado, se debe hundir el tamiz en una solución de azul de metileno durante unos segundos, (con ello las partículas que llegasen a quedar en él; se tiñen de azul y al analizar la muestra a través del microscopio, todas las partículas teñidas nos indicarán que no pertenecen al sedimento que se esté analizando en ese momento); después se enjuaga en el chorro de con agua corriente hasta que se vea el agua completamente incolora, para evitar que al vaciar una muestra en él, ésta se tiña.

Una vez seco el sedimento, se fraccionaron las muestras con cuarteador llamado "fraccionador de Otto" el cual divide por partes iguales en, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, así sucesivamente hasta obtener la alícuota deseada, en la cual estén como mínimo 300 ejemplares en este caso foraminíferos, ya que este número es representativo para realizar estudios estadísticos de la población.

Una vez fraccionada, se procedió a pizcar, es decir separamos los organismos del sedimento con ayuda de un microscopio estereoscópico, un pincel delgado del no. 000 mojado con agua. Los foraminíferos se colocaron en una placa micropaleontológica, previamente untada en la base con goma de tragacanto para que al colocar las testas se peguen, facilitando su estudio y evitando así el juego de los mismos y como consecuencia su pérdida.

Se colocaron las testas por formas y de 10 en 10 en cada cuadro de la placa para facilitar el conteo y la determinación taxonómica; para lo cual se utilizó bibliografía especializada.

5.3. Actividades de Gabinete

Con los ejemplares presentes se calculó la abundancia absoluta y relativa, sumando el número total de ejemplares de cada especie y en caso de haberse fraccionado, se multiplicó la fracción obtenida con el cuarteador por el valor obtenido de cada especie para así tener la cantidad de organismos total por estación y estandarizó a número de organismos por gramo de sedimento, utilizando el peso total de la muestra. Se calculó la riqueza de especies (R1) de Margalef (1958) con:

$$R1 = \frac{S-1}{Ln(n)}$$

Este índice se basa en la relación entre el número total de especies en una comunidad S y el número total de individuos observados n . Además se utilizó el Índice de diversidad (H') de Shannon y Wiener (Washington 1984) con:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S^*} (PiLnPi)$$

H' se refiere al promedio incierto por especie en una comunidad infinita de S^* especies con abundancias proporcionales conocidas $p_1, p_2, p_3, \dots, p_s$.

Este promedio de incertidumbre aumenta a medida que el número de especies se incrementa o cuando la distribución de individuos entre las especies se vuelve uniforme.

H' tiene dos propiedades:

- a) $H=0$ sólo si hay una especie en la muestra,
- b) $H=1$ es máximo sólo cuando todas las S especies están representados en/o por el mismo número de individuos, esto es una distribución perfectamente uniforme de abundancia. Se graficaron ambos índices contra los valores de los parámetros fisicoquímicos en Excel 2000

Se aplicó el método de Olmstead-Tukey *in* (Sokal y Rohlf, 1969) con objeto de formar asociaciones biológicas; se presentan la abundancia y la frecuencia relativa en una gráfica bidimensional, donde se muestran cuatro cuadrantes, partiendo de la media, en cada uno de ellos nos indica las especies dominantes, constantes y raras. Para el análisis estadístico se utilizó el software statistical 99. Se analizaron los datos al igual que se interpretó su posible relación con los parámetros ambientales.

Los mapas se realizaron con los programas de computación GeoMedia y Surfer. Ver. 8.

6. RESULTADOS

La presencia constante y abundante de foraminíferos béticos en todas las muestras, permitió realizar un estudio prospectivo sobre los foraminíferos béticos en las tres localidades contempladas en este proyecto las cuales son: Bahía Akumal, Bahía Media Luna y Laguna Yal-ku.

6.1. Sistemática

Se encontraron 5719 testas de foraminíferos béticos correspondientes a 73 especies de las cuales 26 fueron determinadas a nivel especie y 47 a nivel de género, cuya ubicación taxonómica se muestra en el Anexo I.

-El suborden Allogromina está representado en este estudio por 4 familias y 4 géneros; el suborden Miliolina por 5 familias y 13 géneros; el suborden Robertinina por 1 familia y un género y finalmente el suborden Rotalina con 12 familias y 16 géneros (ver Cuadro II)

El suborden Rotalina es el que presenta mayor diversidad biológica asimismo presenta mayor porcentaje del total de la población estudiada de foraminíferos con el 55% mientras que en 45% el resto de los ejemplares se localizan en los otros tres subórdenes.

Cabe destacar que a este suborden y dos familias diferentes pertenecen tres especies de las cuales presentan un porcentaje significativo de la población total y un amplio registro en el área de estudio, a *Amphistegina tuberculata* con 18%, presente en 17 estaciones, *Amphistegina lessonii* con 14% y ésta estuvo presente en todas las estaciones y *Asterigerina carinata* con 10.36% y presente en 16 de los 18 puntos de muestreo (Cuadro III)

Dichas especies son cosmopolitas y datan del Eoceno al Reciente. Existe otra especie *Archaias angulatus* que pertenece al suborden Miliolina y la familia Soritidae, tiene un número considerable de ejemplares que suman el 26% de la población total y está presente en 17 de las 18 estaciones muestreadas. El resto de las especies que no tienen un número de ejemplares considerable para el análisis estadístico sumaron el 32%.

Cuadro II. Resumen taxonómico de los ejemplares encontrados en el área de Akumal.

Suborden	No. de Familias	No. de Géneros
Allogromina	4	4
Miliolina	4	13
Robertinina	4	1
Rotalina	12	16

Cuadro III. Presencia-ausencia de las especies presentes en cada una de las estaciones del área de estudio; (0= ausente, X= presente).

ZONAS ESPECIES/ESTACIONES	BAHÍA AKUMAL										BAHÍA MEDIA LUNA					LAGUNA YAL-KU		
	P1	P2	P3	P4	P5	E1	E2	E3	E4	E5	P6	P7	P8	E13	E15	P9	E19	E20
<i>Amonia becarii</i>	0	X	X	0	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0	X
<i>Amphistegina lessonii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Amphistegina sp</i>	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphistegina tuberculata</i>	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Archaias angulatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Articulina maoensis</i>	0	0	X	X	X	0	0	0	X	X	0	0	0	X	X	0	0	0
<i>Astigerina carinata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	X	X	X	X	X	X
<i>Cassidulinae</i>	0	0	0	X	X	0	0	0	0	X	0	0	0	X	X	X	0	X
<i>Cibicides sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X	0	0
<i>Clavulina sp</i>	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Criboelphidium sp</i>	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	X	0
<i>Cyclogira sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0
<i>Cyclorbiculina compresa</i>	0	0	0	0	0	X	X	X	0	X	0	0	0	0	X	X	X	X
<i>Cymbaloporetta sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0
<i>Cymbaloporetta squamosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	0	X	X	0	0	0
<i>Discorbis orbicularis</i>	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Discospirina tenuisima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eggerellina sp. Cf</i>	0	0	X	X	X	0	X	X	X	X	X	0	0	0	X	0	X	X
<i>Elphidiella arctica</i>	X	0	X	X	X	0	0	0	X	X	0	0	0	X	X	0	0	0
<i>Elphidium crespum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0	0	0	X	0	0	0
<i>Elphidium puertoricenses</i>	X	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0	0	X	X	X	0	0
<i>Elphidium semiinvoluta</i>	X	X	X	X	0	0	0	0	X	X	0	0	0	X	X	X	0	X
<i>Elphidium sp 1</i>	0	0	0	X	0	0	0	0	X	X	0	0	0	X	0	0	0	0
<i>Elphidium sp 2</i>	0	0	0	0	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elphidium sp3</i>	X	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	X
<i>Ephidiella sp.</i>	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	X	0	X	0	0
<i>Epistominella</i>	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0
<i>Flintia robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0
<i>Hoeglundina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X	0
<i>Massilina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	X	0	0	X
<i>Nonionella sp</i>	0	X	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peneroplis planatus</i>	0	0	X	0	0	0	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peneroplis proteus</i>	0	0	X	X	0	0	X	0	X	0	0	0	0	X	0	0	0	0
<i>Pyrgo cf. Nasutus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	X	X	X	0	0
<i>Pyrgo sp1</i>	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	X	0	0	0	X
<i>Q.sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0
<i>Q. laevigata</i>	X	0	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X	0	0
<i>Q. poeyana</i>	0	X	X	X	X	0	X	0	X	X	0	0	0	X	X	X	0	X
<i>Q. rhodiensis</i>	0	0	0	X	X	X	0	0	X	X	0	0	X	X	X	X	0	0
<i>Q. sp</i>	0	0	0	X	X	0	0	0	0	X	0	0	0	X	0	X	0	0
<i>Q. sp 15</i>	0	0	0	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	X

Cuadro III. Continuación.....

Q. sp10)	0	0	0	X	X	0	0	0	X	X	0	0	0	X	X	X	0	X
Q. sp11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0
Q. sp12	0	X	0	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q. sp13	0	0	0	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	X	0	X	0	0
Q. sp14	X	X	X	X	X	0	X	0	X	X	0	0	0	X	X	X	0	X
Q. sp16	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0
Q. sp2	0	0	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0	0
Q. sp3	0	0	0	X	X	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0
Q. sp4	X	0	X	X	X	0	0	0	X	X	0	0	0	X	X	X	0	0
Q. sp5	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q. sp6	X	X	X	X	X	0	0	0	0	X	0	0	X	0	X	X	0	0
Q. sp7	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	X	X	0	0	X	X
Q. sp8	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X
Q. sp9	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0	X
<i>Quinqueloculina bicostata</i>	0	0	X	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	X	0	0	0	0
<i>Quinqueloculina horrida</i>	X	0	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X
<i>Reusella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0	0
<i>Semitextularia sp</i>	0	0	0	0	0	0	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigmoilopsis (Q. Sp1</i>	0	0	0	0	X	X	X	0	0	X	0	0	X	X	X	X	X	X
<i>Siphonina sp.</i>	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0
<i>Sorites marginalis</i>	X	0	X	X	X	0	X	0	X	X	0	0	X	X	X	X	X	0
<i>Spiroloculina antillarum</i>	0	0	0	0	0	X	0	0	X	0	0	0	X	X	X	X	0	X
<i>Spiroloculina sp</i>	0	0	0	X	X	0	0	0	X	X	0	0	0	0	X	X	0	0
<i>Streblus sp.</i>	X	0	X	X	0	0	0	0	X	0	X	0	X	0	0	0	0	0
<i>Textularia flintii</i>	0	0	0	X	0	0	X	0	X	0	0	0	0	X	X	0	0	0
<i>Textularia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0
<i>Textularia sp1</i>	0	0	X	X	0	0	X	X	X	X	X	0	0	0	0	X	0	X
<i>Textularia sp3</i>	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triloculina sp</i>	0	X	X	X	X	0	X	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	X
<i>Triloculina sp1</i>	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina sp.</i>	0	0	0	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Valvulineria</i>	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	0	0	0	X	X	X	X	X

6.2. Frecuencia-Sedimentos

En el área de Akumal, los sedimentos varían de arenas finas, medianas y gruesas por lo que se hace referencia a la clasificación de Wentworth, 1922, que se basa en el tamaño de grano como se muestra en el Cuadro IV.

Cuadro IV. Clasificación del sedimento según Wentworth, 1922.

TIPO DE SEDIMENTO	TAMAÑO DEL GRANO (mm)
Arena fina	0.125-0.25
Arena media	0.25-0.5
Arena gruesa	0.5 -1

Al relacionar la frecuencia de las especies de foraminíferos con la distribución del sedimento tenemos las siguientes observaciones, se refiriere en este caso a Bahía de Akumal como BA, Bahía Media Luna como BML y Laguna Ya-lku como LY. (Ver Cuadro V)

-*A. tuberculata* se presentó de manera muy frecuente en P1, P2, E1, E2, E4, E5, (BA) P7, P8, E13, (BML), E19 y E20, (LY) 11 estaciones donde el sedimento tiende a ser de mediano a grueso y en P4, P5,(BA); P6 (BML) y P9 (LY) como muy rara; tres de estas estaciones presentan sedimento del tipo de arena fina y P6 es de arena gruesa, al igual que en E3 (BA) donde no se encontró ningún ejemplar de esta especie. En otras estaciones como son P2, E1, E2, E4 (BA); P7 (BML), y E19 (LY) con sedimento grueso está considerada como una especie muy frecuente en el área de estudio y su mayor abundancia la tiene en las estaciones de arena gruesa.

-*A. lessoni* también es muy frecuente en el área con excepción de tres estaciones en donde se presenta como una especie rara, estas son P4 y P5 (BA) y P9 (LY), donde el arena fina está presente, sin embargo en E13 (BML) también es el mismo tipo de sustrato y es muy frecuente encontrarla en esta estación.

-*A. carinata*, es otra de las especies que se presentan muy frecuentemente con excepción de seis estaciones que son P2 y E3 (BA), considerada muy rara, E1 (BA) y E19 (LY), donde se considera una especie rara y en P6 y P7 (BML) no está presente, el tipo de sedimento en estas seis estaciones coincide en arenas gruesas, sin embargo en E2 (BA) se considera como una especie común y en E4 (BA) como una especie muy frecuente y estas dos últimas estaciones también muestran arena gruesa. Se observa un punto medio en las estaciones donde el sedimento es arena mediana y el máximo en las estaciones que presentan el sedimento fino.

-*Archaias angulatus*. No se presenta en P7 (BML), es muy rara encontrarla en P5 (BA) y rara vez se encuentra en P9 (LY) y E13 (BML) las últimas tres estaciones coinciden en el tipo de sedimento el cual es fino.

Cabe mencionar que a pesar de que en las estaciones con sedimento grueso *A. angulatus* muestra los valores más altos en cuanto a abundancia, en las estaciones con sedimento de tamaño mediano también se presenta como una especie muy frecuente.

El Cuadro V, proporciona información sobre las especies *A. tuberculata*, *A. lessoni*, *Asterigerina carinata* y *Archaias angulatus*, las cuales se presentan en la mayoría de las estaciones, lo que significa que son típicas del área de Akumal, siendo este hábitat del tipo arrecifal.

Muestra la frecuencia con la que se presentan las especies en el área de estudio basado en la propuesta hecha por Pokorný (1963) donde marca rangos dependiendo de la cantidad de ejemplares por especie encontrados en cada una de las muestra: con 1 ejemplar se considera como muy raro (MR); de 2 a 5, raro (R); de 6 a 10, común (C); de 11 a 25, frecuente (F) y más de 25 muy frecuente(MF).

Cuadro V. Frecuencia (Pokorný, 1963) con las que se presentan las especies en las estaciones de muestreo y el tipo de sedimento que prevalece en cada una de ellas.

ZONAS	BAHÍA AKUMAL										BAHÍA MEDIA LUNA					LAGUNA YAL-KU		
Estaciones	P1	P2	P3	P4	P5	E1	E2	E3	E4	E5	P6	P7	P8	E13	E15	P9	E19	E20
Especies / Tipo de Sedimento	Am	Ag	Am	AF	Af	Ag	Ag	Am	Af	Am	Ag	Am	Am	Af	Am	Af	Ag	Am
<i>Amonia becarii</i>	0	R	C	0	R	0	0	MF	0	0	0	0	0	0	0	C	0	C
<i>Amphistegina lessonii</i>	MF	MF	F	R	R	MF	MF	C	F	F	MF	MF	MF	MF	F	R	MF	MF
<i>Amphistegina sp</i>	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphistegina tuberculata</i>	MF	MF	F	MR	R	MF	MF	0	MF	MF	R	MF	MF	MF	F	MR	MF	MF
<i>Archaias angulatus</i>	MF	MF	MF	MF	MR	MF	MF	MF	F	C	MF	0	MF	R	C	R	MF	MF
<i>Articulina maoensis</i>	0	0	R	R	C	0	0	0	R	C	0	0	0	F	C	0	0	0
<i>Astigerina carinata</i>	F	MR	MF	MF	MF	R	C	MR	MF	MF	0	0	C	MF	MF	MF	R	C
<i>Cassidulinae</i>	0	0	0	MR	R	0	0	0	0	MR	0	0	0	C	MR	MR	0	MR
<i>Cibicides sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	MR	C	0	0
<i>Clavulina sp</i>	0	0	0	0	0	0	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Criboelphidium sp</i>	0	0	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	MR	0	MR	0
<i>Cyclogira sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	0	0
<i>Cyclorbiculina compresa</i>	0	0	0	0	0	MR	F	MF	0	R	0	0	0	0	R	MR	F	MR
<i>Cymbaloporeta sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	0	0
<i>Cymbaloporeta squamosa</i>	MR	R	C	R	R	R	MR	0	F	R	R	R	0	MR	C	0	0	0
<i>Discorbis orbicularis</i>	0	0	R	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Discospirina tenuisima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eggerellina sp. Cf</i>	0	0	R	MR	0	0	MR	R	R	F	R	0	0	0	R	0	R	F
<i>Elphidiella arctica</i>	R	0	R	F	F	0	0	0	R	C	0	0	0	R	R	0	0	0
<i>Elphidium crespum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	MR	0	0	0	0	MR	0	0	0
<i>Elphidium puerторicensis</i>	MR	0	0	0	0	0	0	0	C	R	0	0	0	F	F	R	0	0
<i>Elphidium semiinvoluta</i>	MR	R	C	C	0	0	0	0	MR	C	0	0	0	F	F	R	0	R
<i>Elphidium sp 1</i>	0	0	0	R	0	0	0	0	R	R	0	0	0	R	0	0	0	0
<i>Elphidium sp 2</i>	0	0	0	0	F	0	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elphidium sp3 (roto)</i>	R	0	0	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	0	0	R
<i>Ephidiella sp.</i>	0	0	MR	0	0	0	0	0	MR	0	0	0	0	MR	0	C	0	0
<i>Epistominella</i>	0	0	MR	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	0	0	0
<i>Flintia robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	0	0	0
<i>Hoeglundina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	MR	MR	0
<i>Massilina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	0	0	0	0	MR	0	0	R
<i>Nonionella sp</i>	0	R	0	0	0	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peneroplis planatus</i>	0	0	MR	0	0	0	MR	0	0	R	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peneroplis proteus</i>	0	0	R	R	0	0	R	0	R	0	0	0	0	C	0	0	0	0
<i>Pyrgo cf. Nasutus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	R	0	0	0	0	MR	C	MR	0	0
<i>Pyrgo sp1</i>	0	0	MR	0	0	0	0	0	R	0	0	0	0	MR	0	0	0	MR
<i>Q sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	0	0
<i>Q. laevigata</i>	R	0	F	0	C	0	0	0	0	0	0	0	0	R	R	MF	0	0
<i>Q. poeyana</i>	0	R	0	F	F	0	R	0	C	F	0	0	0	R	C	F	0	MR
<i>Q. rhodiensis</i>	0	0	0	MR	R	MR	0	0	R	C	0	0	R	MR	R	R	0	0
<i>Q. sp</i>	0	0	0	R	R	0	0	0	0	MR	0	0	0	MR	0	F	0	0
<i>Q. sp 15</i>	0	0	0	MR	MR	MR	C	0	0	0	0	0	R	R	MF	R	R	R
<i>Q. sp10</i>	0	0	0	MR	R	0	0	0	C	MR	0	0	0	R	C	R	0	R
<i>Q. sp11</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro V. Continuación....

Q. sp12	0	MR	0	R	0	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q. sp13	0	0	0	MR	0	0	MR	0	0	0	0	0	0	R	0	C	0
Q. sp14	R	MR	F	F	MF	0	MR	0	MR	F	0	0	0	F	F	F	0
Q. sp16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	0
Q. sp2	0	0	R	MR	MR	0	0	0	0	0	0	0	0	R	MR	0	0
Q. sp3	0	0	0	C	R	0	0	0	0	R	0	0	0	0	0	0	0
Q. sp4	R	0	F	MF	MF	0	0	0	MR	F	0	0	0	C	C	R	0
Q. sp5	0	0	0	0	0	0	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q. sp6	MR	MR	F	C	MR	0	0	0	0	C	0	0	MR	0	R	F	0
Q. sp7	0	0	0	0	0	0	F	0	0	0	0	0	MR	MR	0	0	R
Q. sp8	0	0	0	0	0	0	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R
Q. sp9	0	0	0	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	MR	0	MR
<i>Quinqueloculina bicostata</i>	0	0	R	0	0	0	0	0	0	R	0	0	0	R	0	0	0
<i>Quinqueloculina horrida</i>	R	0	R	R	MR	MR	C	C	0	0	0	0	R	R	MR	C	R
<i>Reusella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	MR	0	0
<i>Semitextularia sp</i>	0	0	0	0	0	0	MR	0	0	MR	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigmoilopsis (Q. Sp1)</i>	0	0	0	0	R	0	MR	0	0	C	0	0	MR	R	MR	R	MR
<i>Siphonina sp.</i>	0	0	MR	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R	0	0	0
<i>Sorites marginalis</i>	MR	0	F	C	C	0	MR	0	C	C	0	0	MR	C	C	F	MR
<i>Spiroloculina antillarum</i>	0	0	0	0	0	MR	0	0	C	0	0	0	C	MR	MR	C	0
<i>Spiroloculina sp</i>	0	0	0	F	R	0	0	0	R	MR	0	0	0	0	R	R	0
<i>Streblus sp.</i>	R	0	MR	R	0	0	0	0	MR	0	R	0	R	0	0	0	0
<i>Textularia flintii</i>	0	0	0	R	0	0	C	0	R	0	0	0	0	R	F	0	0
<i>Textularia sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MR	0	0	0
<i>Textularia sp1</i>	0	0	R	MR	0	0	MR	R	R	MF	R	0	0	0	R	0	MF
<i>Textularia sp3</i>	0	0	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triloculina sp</i>	0	R	R	MR	R	0	C	0	0	R	0	0	0	0	0	F	0
<i>Triloculina sp1</i>	0	0	0	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Uvigerina sp.</i>	0	0	0	F	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Valvulinera sp</i>	R	R	R	F	F	0	MR	R	R	R	0	0	0	R	R	C	MR

Ag = arena gruesa, Am = arena media, y Af = arena fina.

6.3. Riqueza específica

En la figura 3 se muestra los valores de la riqueza específica para cada una de las estaciones, tanto de la zona intermareal (P) como de la submareal (E), donde se observa claramente mayor riqueza específica en las muestras de la zona submareal. En éstas muestras se encontraron seis valores por encima del 4 que indican mayor riqueza de especies, mientras que de playa solamente cuatro valores máximos, 5 valores por debajo de ese índice para playa y 3 mínimos para las muestras de agua. Observándose claramente que el mayor número de especies se localiza en las estaciones de la zona submareal, sobretodo en donde el sedimento tiende a ser más fino y menor riqueza de especies en las estaciones con sedimento grueso. (Ver Fig. 4)

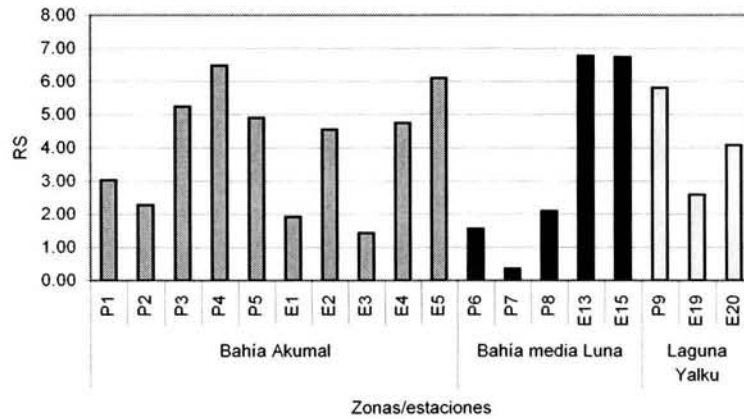


Figura 3. Indica la riqueza específica (RS) de cada una de las estaciones de la zona submareal (E) del área de Akumal, (Bahía de Media Luna y Laguna Yal-ku).

En la zona que existe mayor riqueza específica es en la Bahía Media Luna en las estaciones (E13 y E15), tiende a disminuir hacia Bahía de Akumal y Laguna Yal-ku.

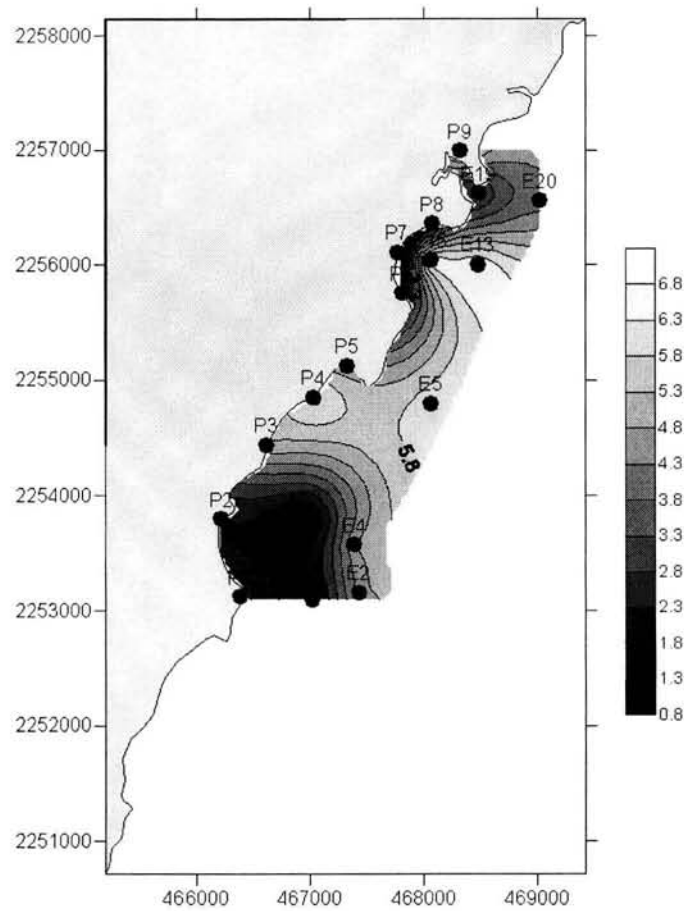


Figura 4. Presenta la distribución de la riqueza específica en el área de Akumal.

6.4. Índice de diversidad

Los valores más altos del índice de diversidad, se presentan en P4, E5 (BA), E15 (BML) y P9 (LY), les siguen P3, P5, E4 (BA) y E13 (BML), siendo mayor el número de estaciones de la zona submareal en las de la zona intermareal (ver Cuadro VI y Fig. 5)

Cuadro VI. Índices de diversidad y tipo de sedimento por estación.

ZONA	ESTACIÓN	H	SUSTRATO
Bahía Akumal	P1	1.88	Am
	P2	1.87	Ag
	P3	3.61	Am
	P4	4.34	Af
	P5	3.76	Af
	E1	1.98	Ag
	E2	2.46	Ag
	E3	1.13	Ag
	E4	3.17	Ag
Bahía media Luna	E5	4.38	Am
	P6	2.03	Ag
	P7	1.05	Am
	P8	1.84	Am
	E13	3.87	Af
Laguna Yal-ku	E15	4.14	Am
	P9	4.07	Af
	E19	1.77	Ag
	E20	2.66	Am

Af=arena fina, Am=arena media y Ag=arena gruesa

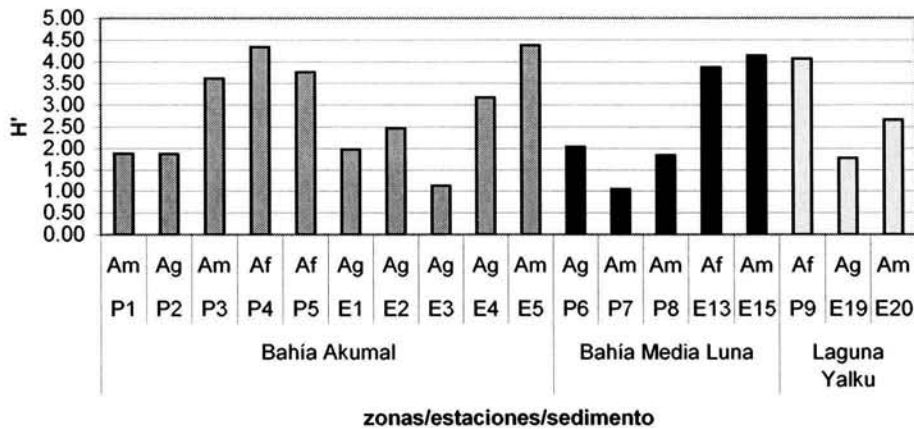


Figura 5. Diversidad específica en cada una de las estaciones muestreadas del área de Akumal.

En el mapa de distribución de la diversidad específica, se observa que los valores más altos, es decir, la mayor diversidad se localiza hacia la parte central que es Bahía Media Luna sobre todo en las estaciones de la zona submareal, incrementándose un poco en las estaciones del norte de Bahía Akumal y disminuyendo hacia Laguna de Yal-ku (ver Fig.6).

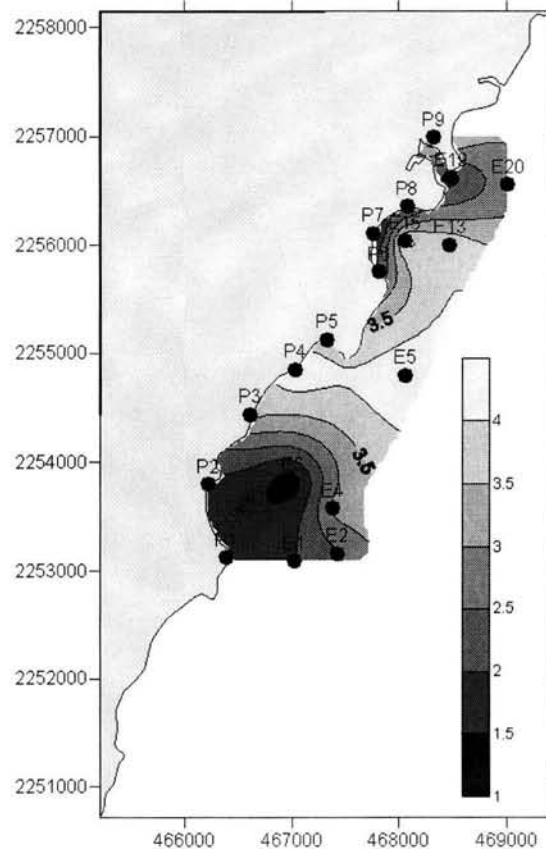


Figura 6. Mapa de distribución de la diversidad específica en el área de estudio.

Los foraminíferos mantienen una estrecha relación con las condiciones ambientales de su hábitat, reflejándose éstas sólo con la presencia o ausencia de ellos (Sen Gupta, 1980), es por eso que se hace un análisis de ello, observando lo siguiente.

6.5. Foraminíferos-sedimento

El tamaño de grano proporciona información sobre el tipo de energía del ambiente, siendo que el sedimento de grano fino se presenta en ambientes de baja energía como en la laguna Yal-ku y al norte de Bahía Akumal; en Bahía de Media Luna y en las estaciones 3 y 4 de Bahía Akumal, el sedimento tiende a ser de mayor tamaño (ver Fig. 7), lo que indica un ambiente de alta energía. En la estación E5 (BA), el sustrato es arena media y presenta mayor diversidad, posteriormente los valores más altos se localizan en

el sedimento es de grano fino y van disminuyendo los valores del índice conforme el tamaño del grano va en aumento.

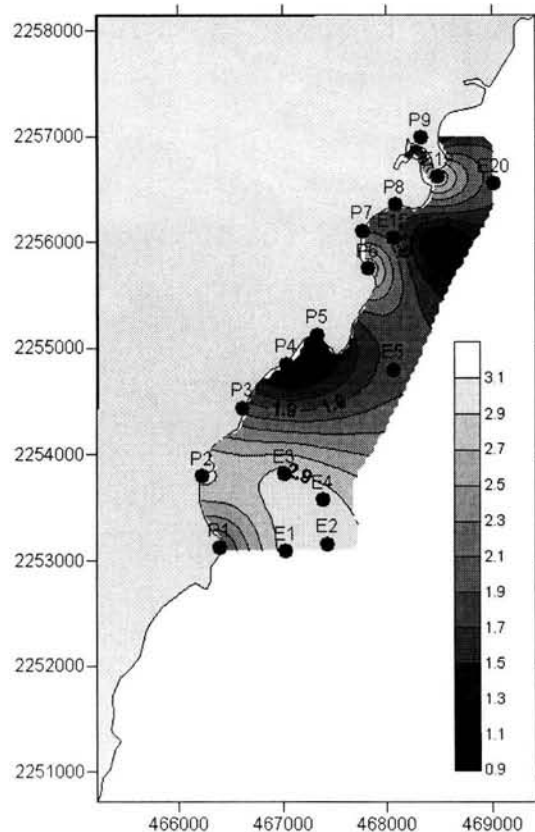


Figura 7. Distribución de sedimentos. Se le asignó un número a cada uno de los tipos de sedimento para facilitar su representación en el mapa, 1=arena fina; 2=Arena media; 3=arena gruesa y 4=arena muy gruesa.

Haciendo un promedio de la diversidad para cada uno de los tipos de sedimento por zona, se encontraron en el sedimento fino los valores promedio más altos del índice de diversidad. Le continúan los índices localizados en arena media, así entonces los sedimentos gruesos son los que presentan los valores promedio más pequeños; existe una excepción que es en la Bahía de Media Luna, el valor promedio más pequeño fue en sedimento de grano mediano y el valor promedio más alto fue en el sedimento más grueso pero no hubo sedimento de grano fino en esta localidad (Ver Fig. 8).

Observando el índice promedio de diversidad se tiene el valor máximo está presente en las estaciones con sedimento fino; en orden ascendente arena gruesa con 2.05, arena media con 2.79 y arena fina con 4.01. La figura 8, muestra el patrón que sigue el índice de diversidad promedio en relación al tamaño del sedimento siendo así el sedimento más fino donde se presenta el mayor índice de diversidad y los valores se van haciendo más pequeños conforme aumenta el tamaño del grano.

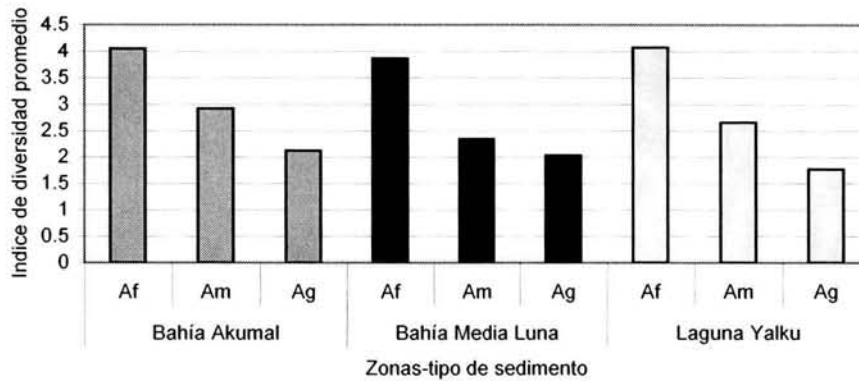


Figura 8. Índice de diversidad promedio por tipo de sedimento para cada zona en las estaciones de la zona submareal.

En las estaciones de la zona submareal, las que presentan mayor índice de diversidad son E5 (BA) con 4.38; y E15; de Bahía de Media Luna con 4.14, en ambas zonas el sustrato es de tipo arenoso de grano medio, solamente una estación presentó arena fina de la Bahía de Media Luna con 3.87; posteriormente las que presentaron menor índice de diversidad son las que tienen arena gruesa y entre ellas una estación de Laguna de Yal-ku con arena media (ver Fig. 9).

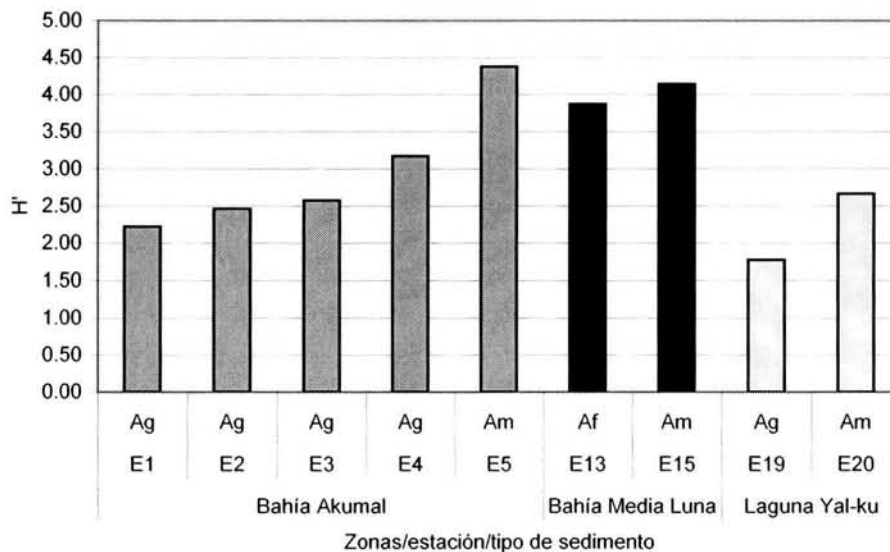


Figura 9. Muestra la diversidad en relación al tipo de sedimento de las estaciones de la zona submareal.

Así que la mayor diversidad se presentó en la Bahía de Media Luna y en la estación más cercana (E5) correspondiente a la Bahía de Akumal y descendiendo paulatinamente hacia el área de ésta bahía, mientras que baja precipitadamente hacia Laguna de Yal-ku. Debido a este comportamiento se analizó la diversidad con relación a otros parámetros fisicoquímicos como son salinidad, pH y oxígeno (figuras 10, 12 y 14). Como se puede ver en la figura 10 siguen una trayectoria similar, uniéndose en los puntos de las estaciones E4, E5 (BA) y E15 (BML). Conforme hay mayor concentración salina, los valores de diversidad son mayores y al disminuir ésta también bajan los valores del índice de diversidad.

6.6. Salinidad

Los valores más altos de diversidad se presentan en concentraciones de salinidad que van de 37-37.5 ups y los valores más bajos entre los 36 y 34.5 ups. La distribución de la salinidad es casi homogénea en el área de estudio a excepción de dos estaciones con los valores más pequeños, éstas son E4 (BA) y E15 (BML) ambas estaciones son las más alejadas de la costa (ver Fig. 11).

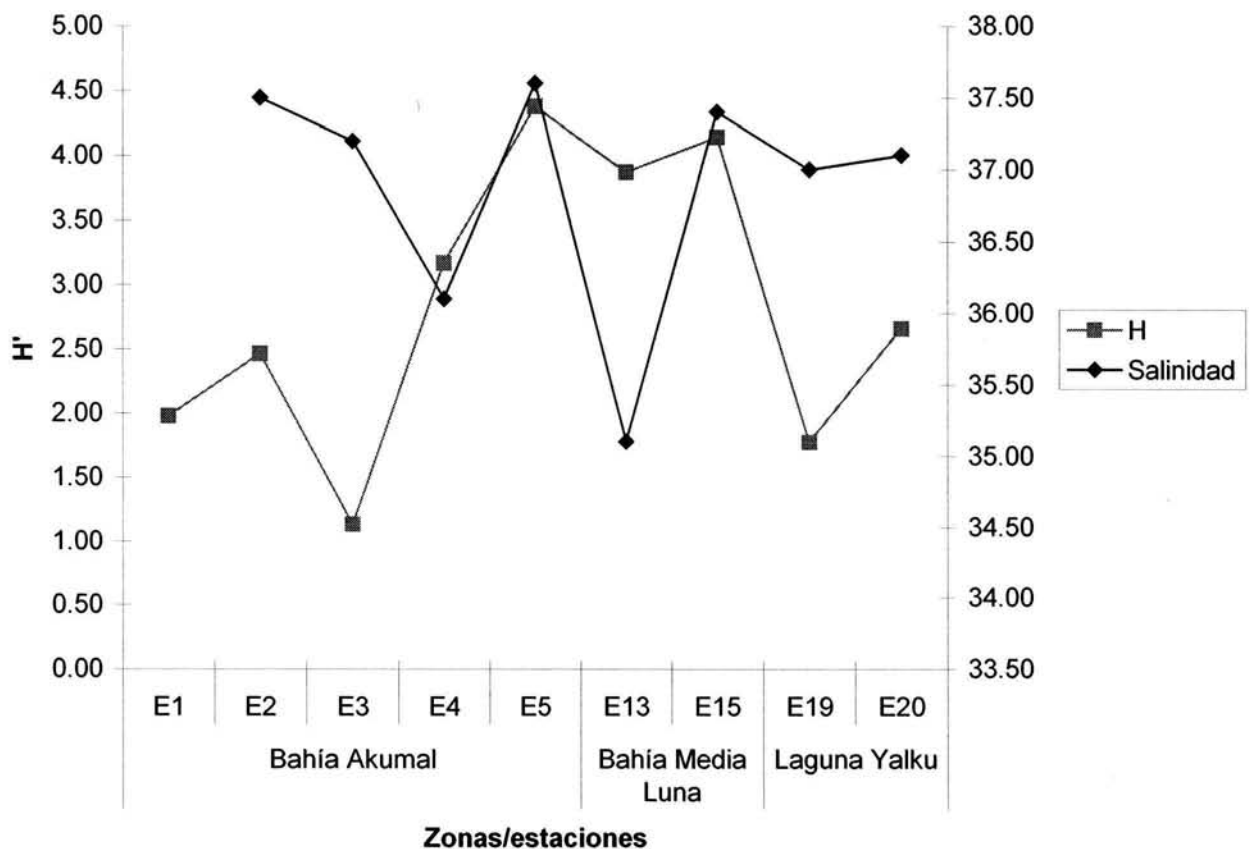


Figura 10. Relación de la diversidad específica con la salinidad.

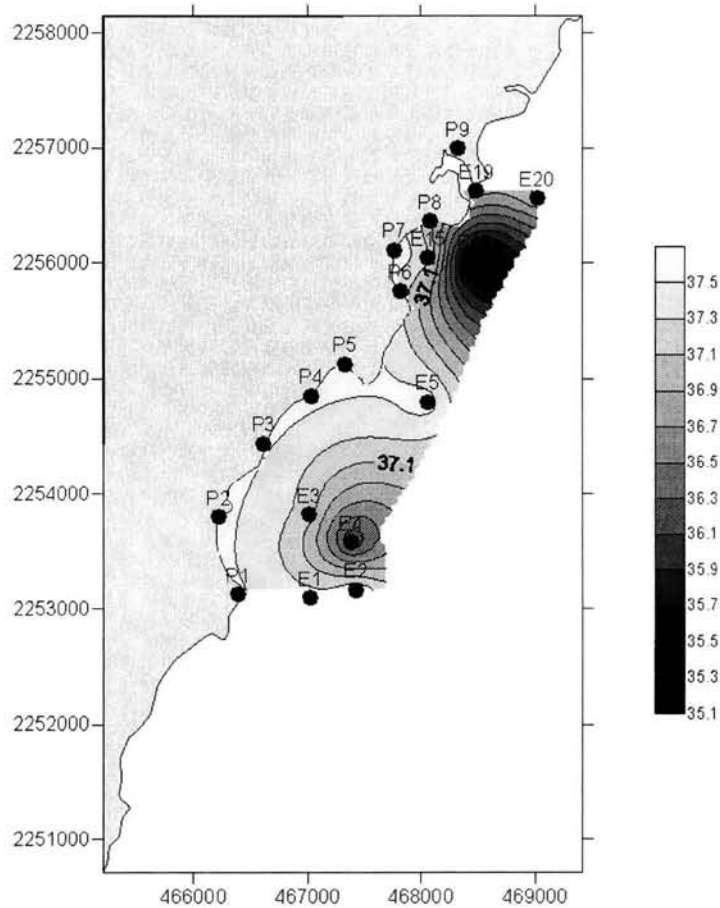


Figura 11. Distribución de la concentración salina en el área de Akumal.

El mayor índice de diversidad se localiza en la Bahía de Media Luna y es en donde los valores de pH son más altos, quedando en el rango de 8.10 a 8.20, esto se da en tres estaciones, E5 al norte de Bahía Akumal, E 13 y E15 (BML), esto quizá sea causa de ser una zona protegida por una formación coralina a manera de barrera paralela a la costa y por lo tanto la influencia de corrientes es menor que en otros puntos como lo es en Laguna Yal-ku y la parte Sur de Bahía de Akumal donde hay entrada de agua dulce. Las condiciones son similares en la Bahía de Media Luna (E15) y E5 al norte de Bahía Akumal, mientras que hacia las estaciones del sur de Bahía de Akumal hay más variación y al igual que en laguna Yal-ku se observó un pH más ácido sobretodo en las estaciones que se ubican cerca de la línea de costa.

6.7. pH

El pH en el área de estudio va de 7.70 a 8.20, como muestra el mapa de distribución de pH (Fig. 13) los valores más altos cercanos al 8.20 en la parte norte de la Bahía de Akumal y Bahía Media Luna y hacia los extremos valores que se acercan a un pH neutro sobre todo en las estaciones más cercanas a la costa

que son E19 y E1, 8.1 y 7.8 respectivamente; ambas zonas el aporte de agua dulce es la causa principal de este cambio. La relación de la diversidad con el pH muestra también una dependencia entre más alcalino sea el ambiente mayor es el índice de diversidad y viceversa. (ver Fig. 12)

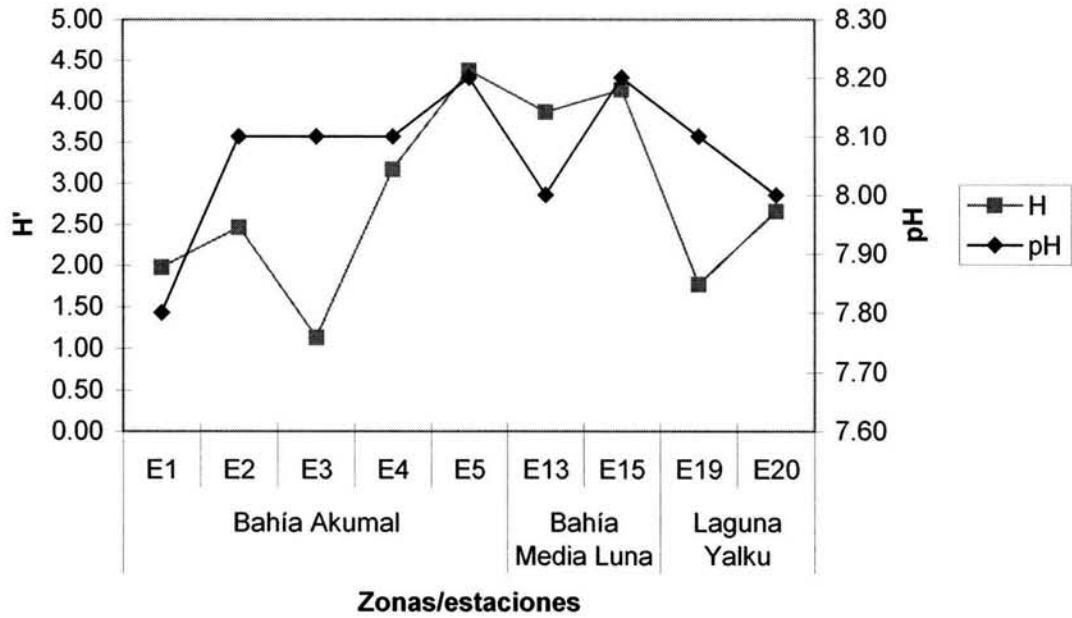


Figura 12. Relación del índice de diversidad con el pH.

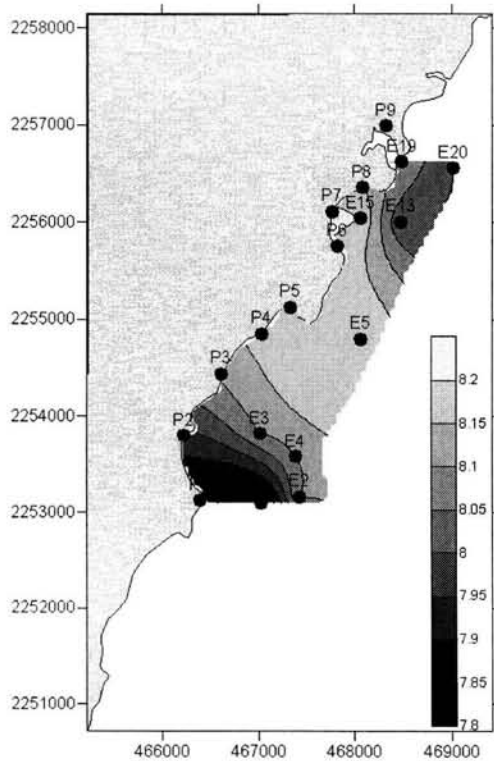


Figura 13. Distribución del pH en el área de estudio.

6.8. Oxígeno disuelto

El oxígeno, en Bahía Akumal presenta una clara relación inversa con la diversidad, cuando los valores de este parámetro bajan, los valores de diversidad suben y viceversa, sólo en la Laguna Yal-ku esta relación sigue una dirección paralela. En la Bahía de Media Luna donde los valores de diversidad son los más altos, también son los valores más altos de oxígeno, oscilando alrededor del 4 mg/L. (ver Fig. 14)

En la figura 15 se muestra la distribución de oxígeno disuelto, se observa que la mayor concentración de oxígeno se localiza hacia la Bahía Akumal y va disminuyendo al alejarse de la costa no así en la Bahía de Media Luna en donde la concentración es menor en las estaciones cercanas a la costa, al igual que en Laguna Yal-ku.

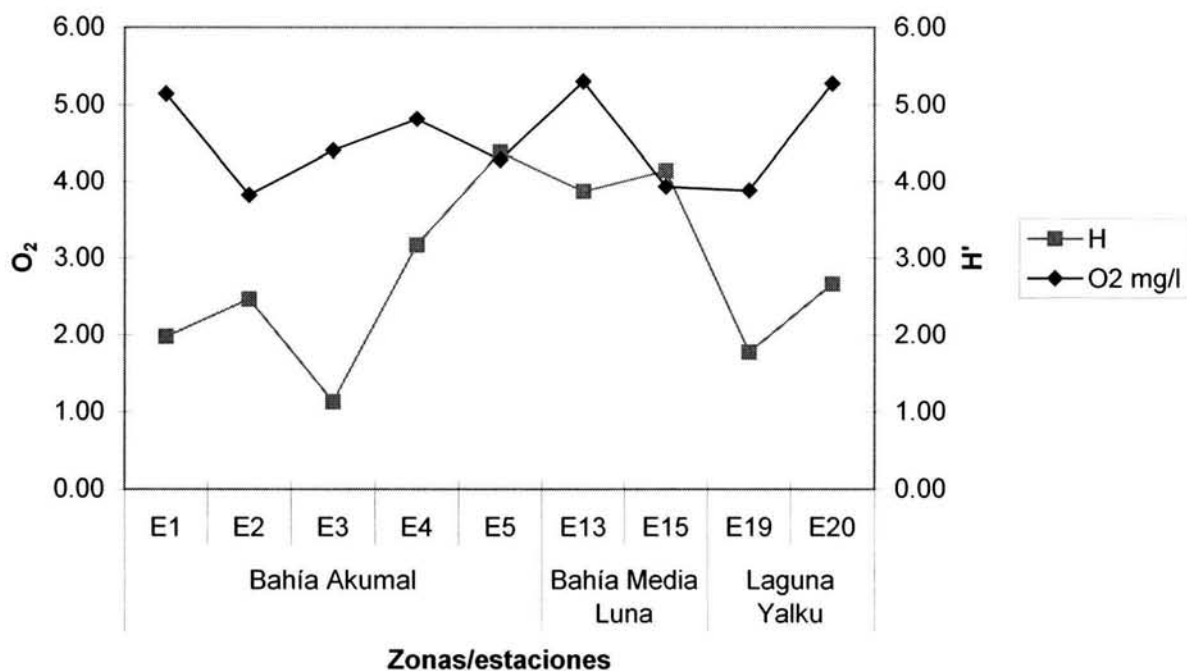


Figura 14. Relación de la diversidad y el oxígeno.

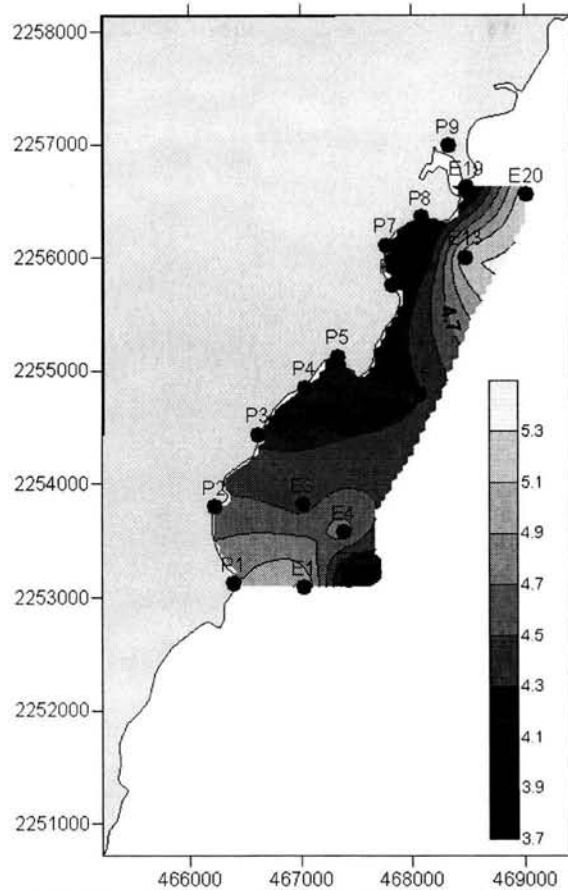


Figura 15. Mapa de distribución del oxígeno disuelto en el área de Akumal.

6.9. Batimetría

Con relación a la profundidad y teniendo en cuenta que es una zona somera con profundidad máxima de 9 metros, y la mínima de 2 m, se observa una clara dependencia de la diversidad con este parámetro; entre mayor es la profundidad los valores de diversidad también aumentan a excepción de E5 (BA) y E15 (BML) donde la profundidad no rebasa los 2 m y presenta los valores más altos de diversidad de toda el área de estudio. Ver figuras 16 y 17.

La información de las gráficas y de los mapas, indica que las condiciones ambientales en la parte central del área de Akumal, es decir en la Bahía de Media Luna, difieren con los valores de los extremos del área, hacia el sur de la Bahía de Akumal y en Laguna Yal-ku, en estas dos zonas, se presenta valores de pH más bajos, el oxígeno disuelto varía de 7.80 a 8.10 ml/l mientras que en el área central la variación es menor y el sustrato tiende a ser de grano medio, mientras que en los extremos tiende a ser de grano grueso y para definir mejor estas condiciones se grafican con las especies más abundantes del área de acuerdo a la abundancia relativa.

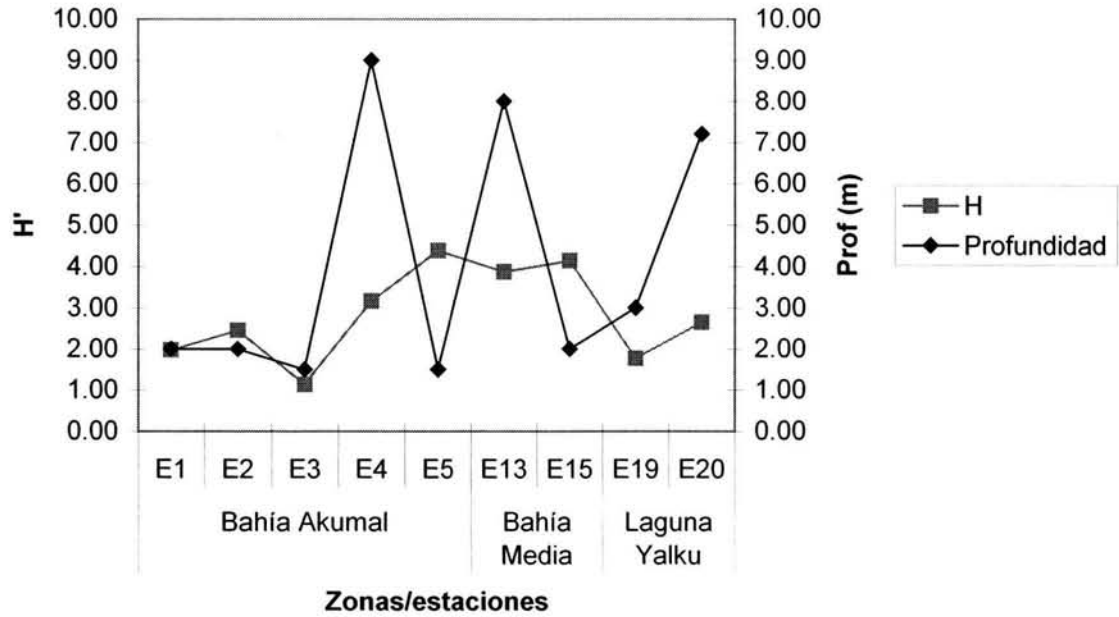


Figura 16. Muestra la relación de la diversidad con la profundidad del área de Akumal.

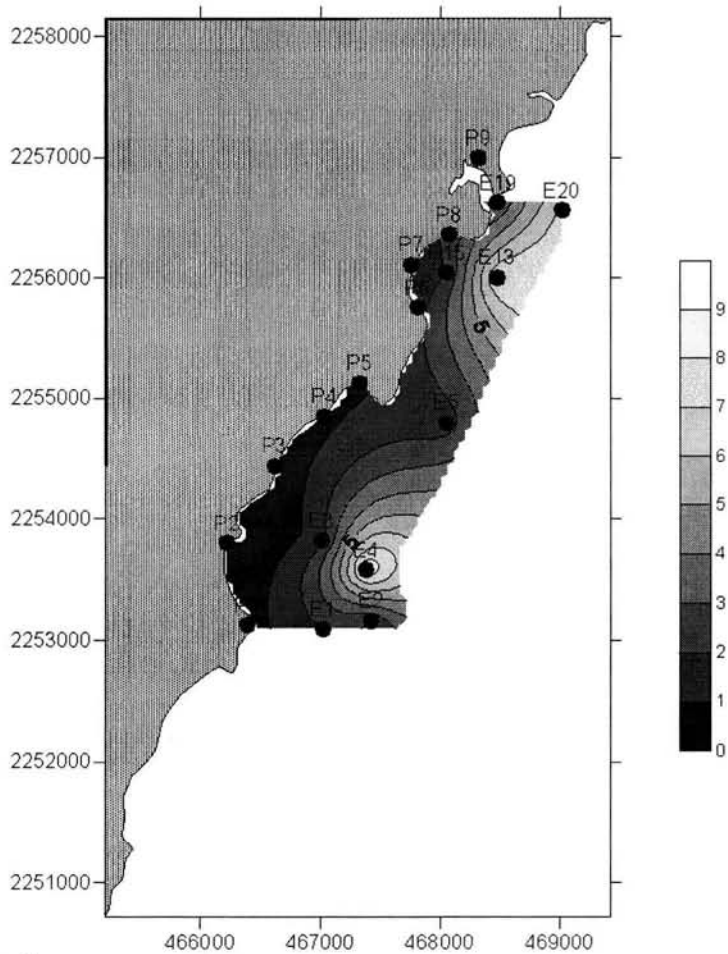


Figura 17. Mapa de batimetría.

6.10. Abundancia relativa

El cuadro VII muestra la abundancia relativa de las especies de foraminíferos bentónicos encontradas en los sedimentos del área de Akumal, las especies asociadas por su abundancia con el 66.22% del total de la población fueron *Amphistegina lessonii* (14.15%), *Amphistegina tuberculata* (17.66%), *Archaias angulatus* (24.04%) y *Asterigerina carinata* (10.37%). Posteriormente otra asociación de especies que suman el 12.31% son *Elphidium semiinvoluta* (1.26%), *Quinqueloculina laevigata* (1.85%), *Quinqueloculina* sp 15 (1.05%), *Quinqueloculina* sp 14 (2.73%), *Sorites marginalis* (1.26%) *Textularia* sp. (1.35%) y *Valvulineria* sp (1.24%). El resto de las especies tienen valores menores al 1% y todas juntas suman el 21.47% restante.

Cuadro VII. Abundancia relativa de foraminíferos bentónicos del área de Akumal, Q. Roo.

No. de especie	Especie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	E1	E2	E3	E4	E5	E13	E15	E19	E20	Total %Población
1.	<i>Amonia becarii</i>	0.00	0.99	1.95	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	1.98	0.00	0.00	9.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57	0.94
2.	<i>Amphistegina lessonii</i>	15.81	10.86	5.52	1.65	0.99	9.17	37.70	17.85	0.66	8.95	47.59	1.91	5.57	6.63	10.03	5.33	22.15	40.84	14.15
3.	<i>Amphistegina</i> sp	1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1
4.	<i>Amphistegina tuberculata</i>	57.74	24.34	6.82	0.33	0.66	0.61	60.98	58.77	0.33	30.03	8.68	0.00	32.13	8.43	9.40	5.33	9.49	7.33	17.66
5.	<i>Archaias angulatus</i>	12.90	56.58	36.04	11.88	0.33	85.63	0.00	11.69	0.66	49.52	12.86	68.79	3.93	1.81	1.25	2.07	49.68	25.65	24.04
6.	<i>Articulina maoensis</i>	0.00	0.00	0.97	1.65	1.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	3.01	3.45	2.66	0.00	0.00	0.86
7.	<i>Asterigerina carinata</i>	3.55	0.33	8.44	12.54	27.30	0.00	0.00	1.85	10.89	1.60	3.22	0.32	27.87	31.02	29.15	25.44	0.63	2.62	10.37
8.	<i>Cassidulinae</i>	0.00	0.00	0.00	0.33	1.64	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	3.13	0.30	0.00	0.26	0.35
9.	<i>Cibicides</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.30	0.00	0.00	0.21
10.	<i>Clavulina</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
11.	<i>Criboelphidium</i> sp	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	0.30	0.32	0.00	0.10
12.	<i>Cyclogira</i> sp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
13.	<i>Cyclorbiculina compresa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.32	3.54	12.74	0.00	0.90	0.00	0.59	3.48	0.26	1.22
14.	<i>Cymbaloporetta sp1</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
15.	<i>Cymbaloporetta squamosa</i>	0.32	1.64	2.60	0.99	0.99	1.53	1.31	0.00	0.00	0.96	0.32	0.00	4.26	1.51	0.31	2.37	0.00	0.00	1.05
16.	<i>Discorbis orbicularis</i>	0.00	0.00	0.97	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
17.	<i>Discospirina tenuisima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
18.	<i>Eggerellina</i> sp. cf	0.00	0.00	0.65	0.33	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	1.27	0.66	6.33	0.00	0.59	0.95	3.40	0.91
19.	<i>Elphidiella arctica</i>	0.65	0.00	0.97	5.61	3.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	2.71	1.57	1.48	0.00	0.00	0.96
20.	<i>Elphidium crespum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	0.05
21.	<i>Elphidium puertoricenses</i>	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	2.62	0.60	5.33	7.40	0.00	0.00	0.98
22.	<i>Elphidium semiinvoluta</i>	0.32	0.66	1.95	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.33	2.11	5.96	7.40	0.00	0.52	1.26
23.	<i>Elphidium</i> sp 1	0.00	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	1.20	1.25	0.00	0.00	0.00	0.26
24.	<i>Elphidium</i> sp 2	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
25.	<i>Elphidium</i> sp3	0.65	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.52	0.21
26.	<i>Elphidiella</i> sp.	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.16
27.	<i>Epistominella</i>	0.00	0.00	0.32	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.10
28.	<i>Flintia robusta</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.03
29.	<i>Hoeglundina</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.32	0.00	0.05
30.	<i>Massilina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.30	0.00	0.79	0.09
31.	<i>Nonionella</i> sp	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30

32.	<i>Peneroplis planatus</i>	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
33.	<i>Peneroplis proteus</i>	0.00	0.00	0.65	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	1.31	0.00	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31
34.	<i>Pyrgo cf. Nasutus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.31	2.07	0.00	0.00	0.19
35.	<i>Pyrgo sp1</i>	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.26	0.09
36.	<i>Q. sp</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
37.	<i>Q. laevigata</i>	0.65	0.00	3.90	0.00	2.63	0.00	0.00	0.00	25.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	1.48	0.00	0.00	0.00	1.85
38.	<i>Q. poeyana</i>	0.00	0.66	0.00	3.96	6.25	0.00	0.00	0.00	7.92	0.00	0.64	0.00	1.97	3.61	1.57	2.07	0.00	0.26	1.57
39.	<i>Q. rhodiensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.33	1.32	0.00	0.00	1.54	1.65	0.32	0.00	0.00	0.98	1.81	0.31	0.89	0.00	0.00	0.51
40.	<i>Q. sp</i>	0.00	0.00	0.00	1.32	0.99	0.00	0.00	0.00	5.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.31	0.00	0.00	0.00	0.45
41.	<i>Q. sp 15</i>	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.00	1.23	1.65	0.32	3.22	0.00	0.00	0.00	1.25	7.69	0.95	1.31	1.05
42.	<i>Q. sp10</i>	0.00	0.00	0.00	0.33	1.64	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00	2.62	0.30	1.25	2.37	0.00	0.52	0.59
43.	<i>Q. sp11</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
44.	<i>Q. sp12</i>	0.00	0.33	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
45.	<i>Q. sp13</i>	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.17
46.	<i>Q. sp14</i>	0.97	0.33	7.47	7.92	14.47	0.00	0.00	0.00	4.95	0.00	0.32	0.00	0.33	3.31	4.08	5.33	0.00	0.52	2.73
47.	<i>Q. sp16</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
48.	<i>Q. sp2</i>	0.00	0.00	0.65	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.30	0.00	0.00	0.00	0.12
49.	<i>Q. sp3</i>	0.00	0.00	0.00	2.31	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
50.	<i>Q. sp4</i>	0.65	0.00	3.90	13.86	9.54	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.33	3.92	3.13	2.96	0.00	0.00	2.12
51.	<i>Q. sp5</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
52.	<i>Q. sp6</i>	0.32	0.33	5.52	2.97	0.33	0.00	0.00	0.31	3.63	0.00	0.00	0.00	0.00	1.81	0.00	1.18	0.00	0.00	0.89
53.	<i>Q. sp7</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	3.86	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	1.27	3.66	0.56
54.	<i>Q. sp8</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.10
55.	<i>Q. sp9</i>	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.30	0.00	0.26	0.10	0.10
56.	<i>Quinqueloculina bicostata</i>	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.25	0.00	0.00	0.00	0.19
57.	<i>Quinqueloculina horrida</i>	0.65	0.00	0.97	0.99	0.33	0.00	0.00	1.23	2.97	0.32	3.22	3.18	0.00	0.00	1.25	0.30	0.95	1.31	0.98
58.	<i>Reusella</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.30	0.00	0.00	0.00	0.03
59.	<i>Semitextularia sp</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
60.	<i>Sigmoilopsis sp</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.31	1.65	0.00	0.32	0.00	0.00	3.01	0.63	0.30	0.32	0.79	0.45
61.	<i>Siphonina sp.</i>	0.00	0.00	0.32	4.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33
62.	<i>Sorites marginalis</i>	0.32	0.00	3.57	1.98	2.96	0.00	0.00	0.31	3.63	0.00	0.32	0.00	1.97	2.71	2.51	2.37	0.32	0.00	1.26
63.	<i>Spiroloculina antillarum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.08	1.98	0.32	0.00	0.00	3.28	0.00	0.31	0.30	0.00	2.62	0.68
64.	<i>Spiroloculina sp</i>	0.00	0.00	0.00	3.96	0.99	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.98	0.30	0.00	0.89	0.00	0.00	0.44
65.	<i>Streblus sp.</i>	1.61	0.00	0.32	0.99	0.00	1.22	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33
66.	<i>Textularia flintii</i>	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.57	0.00	1.31	0.00	0.94	3.25	0.00	0.00	0.49
67.	<i>Textularia sp</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
68.	<i>Textularia sp1</i>	0.00	0.00	0.65	0.33	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	1.27	0.66	6.33	0.00	0.59	8.86	3.40	1.35
69.	<i>Textularia sp3</i>	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
70.	<i>Triloculina sp</i>	0.00	0.66	0.65	0.33	0.66	0.00	0.00	0.00	5.28	0.00	2.89	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.52	0.65
71.	<i>Triloculina sp1</i>	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
72.	<i>Uvigerina sp.</i>	0.00	0.00	0.00	3.63	3.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
73.	<i>Valvulinera sp</i>	0.65	0.66	0.97	4.95	7.24	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00	0.32	0.96	0.98	0.90	0.94	1.18	0.32	0.26	1.24

6.11. Caracterización ecológica de las especies

Con la abundancia y frecuencia de aparición de las 73 especies se elaboró una gráfica de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1969). A partir de dicho análisis (Fig. 18), se obtuvieron 8 especies dominantes (abundancia y frecuencia altas): *Archaias angulatus*, *Amphistegina tuberculata*, *Amphistegina lessonii*, *Asterigerina carinata*, *Quinqueloculina sp 14*, *Quinqueloculina sp 4*, *Quinqueloculina laevigata* y *Quinqueloculina poeyana*, destacando particularmente las cuatro primeras tal como se observa el cúmulo que forman en su

respectivo cuadrante. Estas especies tienen características ecológicas en común (un hábitat común reportadas en distintas localidades del mar Caribe, (Logan *et al.*, 1969, Cebulsky, 1961, Javaux *et al.*, 2003, Abelarde, 1977 y Rose *et al.*, 1977) a excepción de *A. tuberculata* que no se reporta en la bibliografía.

Las especies constantes (baja abundancia y alta frecuencia) fueron 19 especies, *Valvulinera* sp, Cassidulinae Gén 1 sp1, *Sigmoilopsis* sp, *Quinqueloculina rhodiensis*, *Triloculina* sp, *Cymbaloporeta squamosa*, *Articulina maoensis*, Q. Sp 15 *Quinqueloculina* sp, *Spiroloculina antillarum*, *Elphidiella artica*, *Cyclorbiculina* sp., *Elphidium* sp, *Streblus* sp, *Sorites marginalis*, *Cyclorbiculina compressa* y *Textularia* sp. El resto de las especies resultaron raras (abundancia y frecuencia baja), por lo cual no son representativas a considerarse para analizar su relación con los parámetros fisicoquímicos. No hubo especies ocasionales.

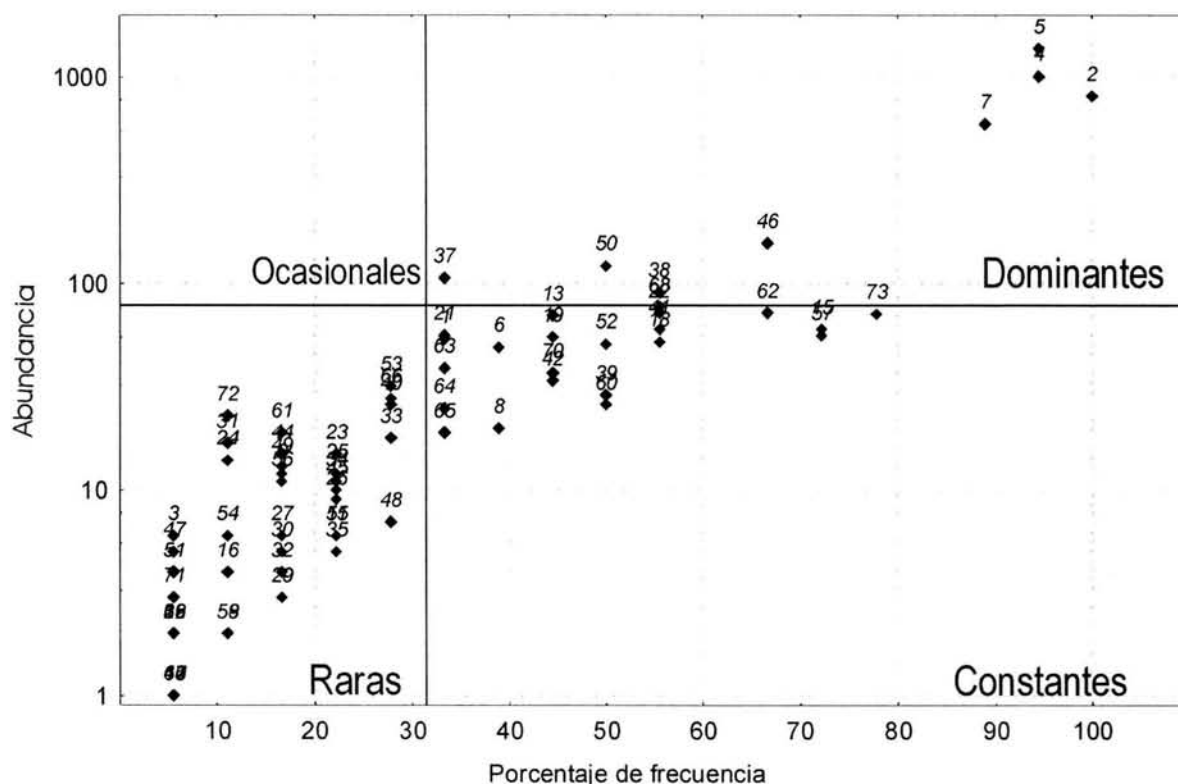


Figura 18. Caracterización ecológica de las especies del área de Akumal (Bahía Akumal, Bahía Media Luna y Laguna Yal-ku). El número de la gráfica corresponde al nombre de la especie, que se indica en el cuadro VII.

6.12. *Amphistegina tuberculata*

Las especies de *Amphistegina* son característico de ambientes tropicales Javaux *et al.*, (palaeo-electronica.org/2003-1benthic/amphist.htm 15/12/2003), en el área de Akumal se presenta de manera abundante.

Su presencia no es bien definida en cuanto al pH (Fig. 19a) que aquí se presenta en el área de estudio, pero si se observa dependencia con la profundidad (Fig. 19b), ya que a mayor profundidad aumenta el número de ejemplares, el mayor número de organismos se presenta a los 8 m.

En cuanto a la salinidad, a menor concentración salina aumenta el número de ejemplares y viceversa Fig. 19c), no así con el oxígeno, a mayor cantidad de oxígeno disuelto mayor es la abundancia de foraminíferos bentónicos presentando su mayor abundancia con 98 ejemplares en E4 (BA) con 5 ml/L de oxígeno(Fig. 19 d)

En cuanto al tipo de sedimento su mayor abundancia la presenta en las arenas gruesas disminuyendo en arenas medias y arenas finas finalmente, pero el menor número de ejemplares se localizaron en la Laguna de Yal-ku (Fig. 19e).

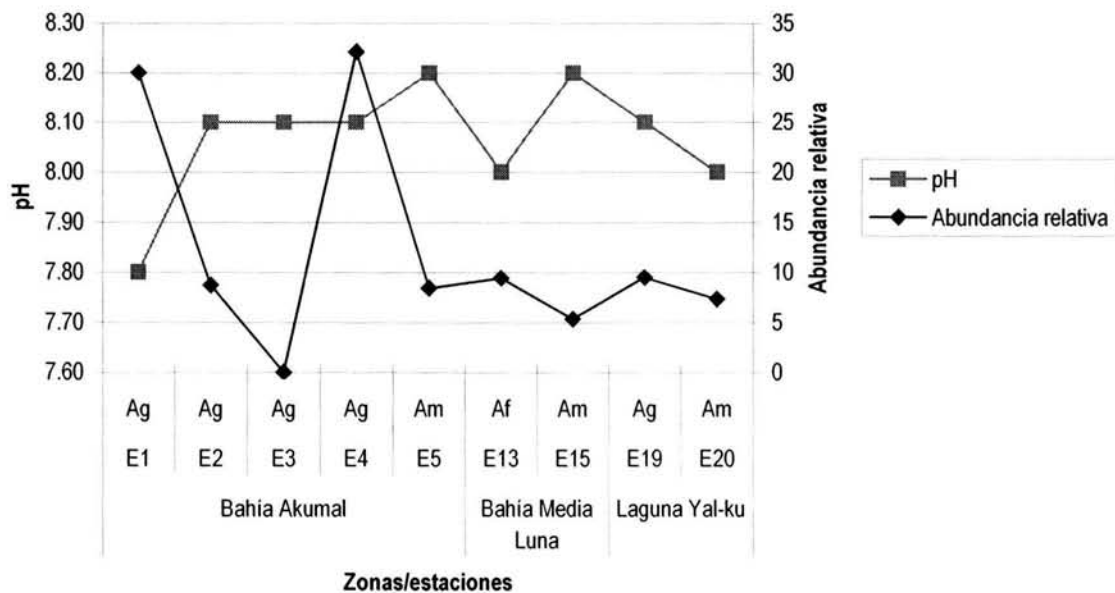


Figura 19a. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina tuberculata* con el pH.

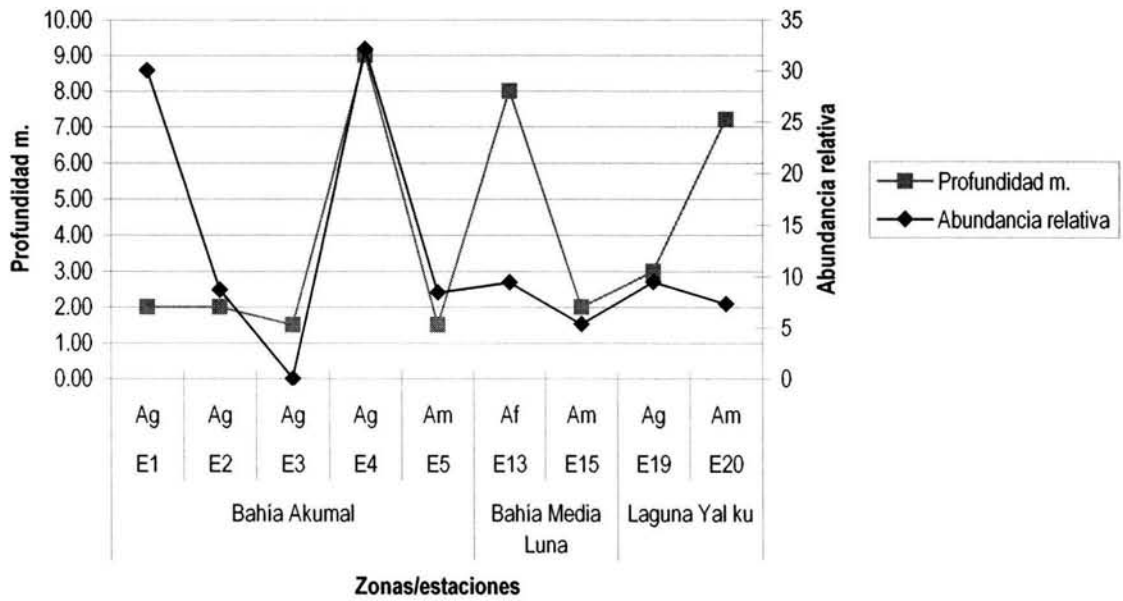


Figura 19b. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina tuberculata* con la profundidad.

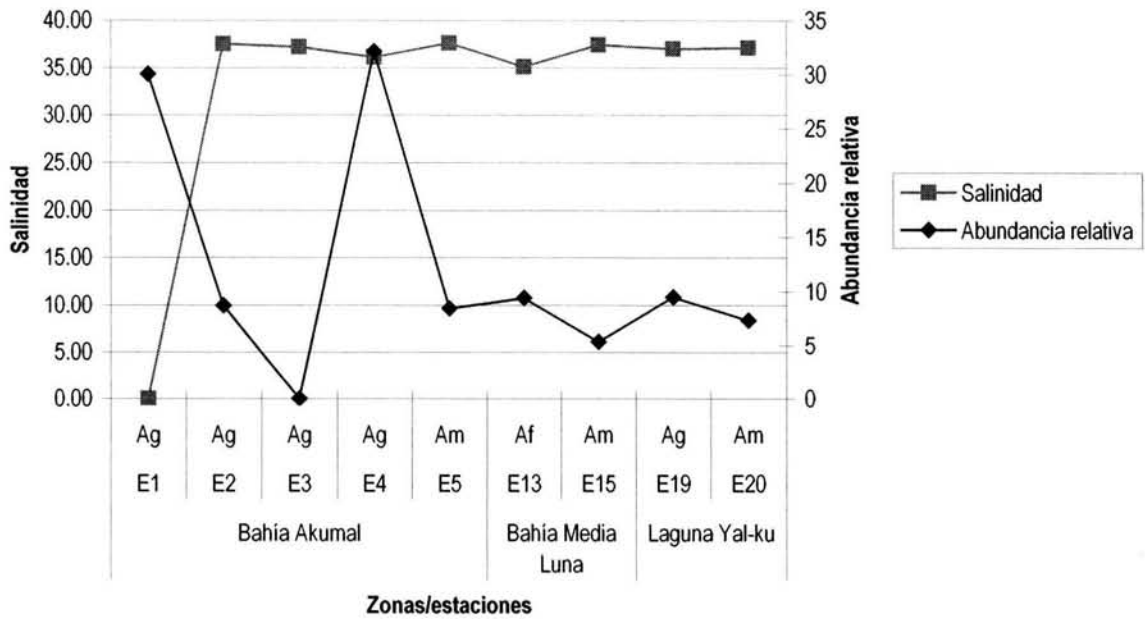


Figura 19c. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina tuberculata* con la salinidad.

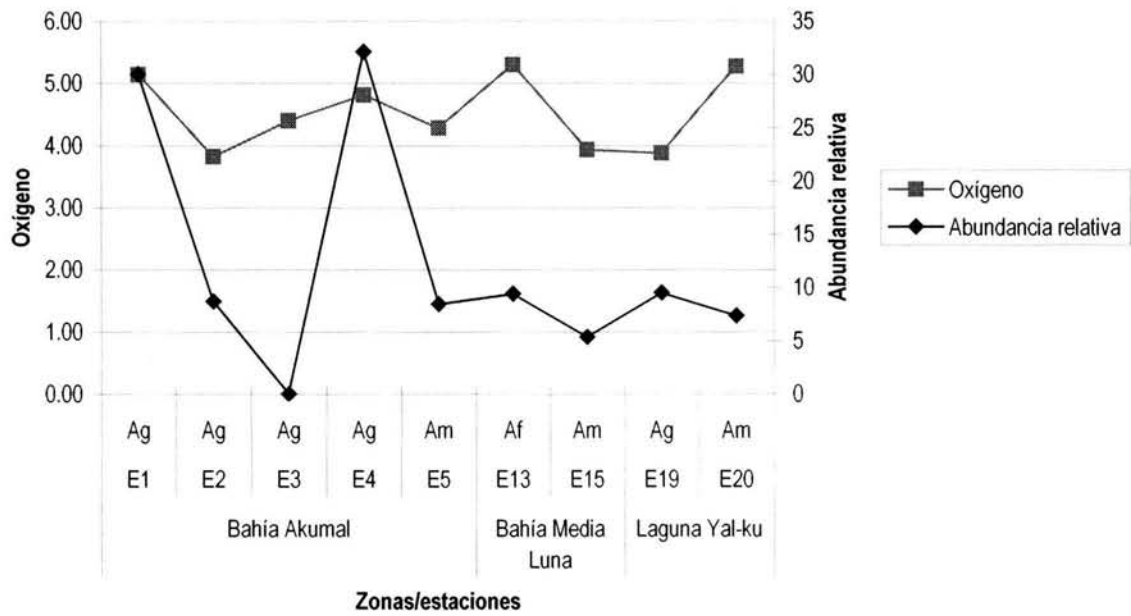


Figura 19d. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina tuberculata* con el oxígeno.

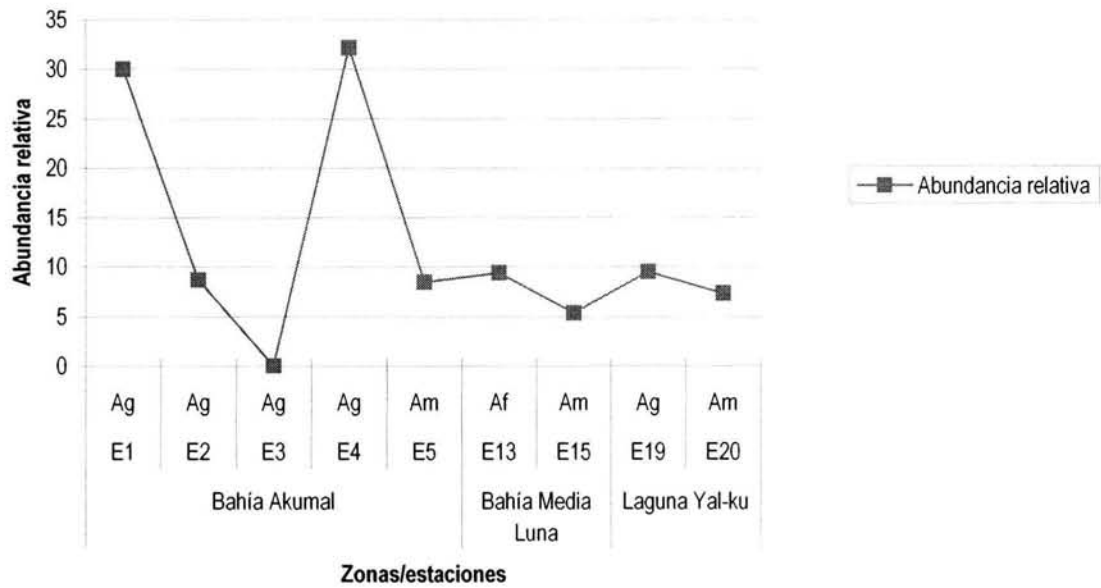


Figura 19e. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina tuberculata* con el sedimento.

6.13. *Amphistegina lessonii*

La abundancia de esta especie sigue una trayectoria similar al comportamiento del pH en Bahía Akumal conforme aumenta el pH aumenta la abundancia y viceversa, pero, en Bahía Media Luna y Laguna Yal-ku es lo contrario a Bahía Akumal (Fig. 20a), en cuanto al oxígeno, en concentraciones altas la abundancia fue menor que en concentraciones bajas de oxígeno con tendencia a aumentar su abundancia en Laguna Yal-ku cuando el oxígeno también aumentó, (Fig. 20b).

Su relación con la profundidad no es muy clara ya que en E2 (BA) con profundidad de 2 m la abundancia fue alta y sin embargo en Laguna Yal-ku donde la profundidad fue de 8 m también presentó un alto número de ejemplares, mientras que en la zona centro del área de estudio la profundidad que no rebasó los 2 m. La abundancia fue menor. Solo en Laguna Yal-ku, la abundancia de esta especie aumenta conforme la profundidad es mayor, (Fig. 20c); en cuanto a la salinidad el mayor número de organismos se presentó a los 37.5 y 37.1 de salinidad, que no fue ni el máximo ni el mínimo valor de la concentración de salinidad (Fig 20d).

En relación con el sedimento no presenta una preferencia marcada por ningún tipo de sedimento, al hacer promedio prefiere el sustrato de arenoso de grano grueso con inclinación hacia el de grano medio (Fig. 20e)

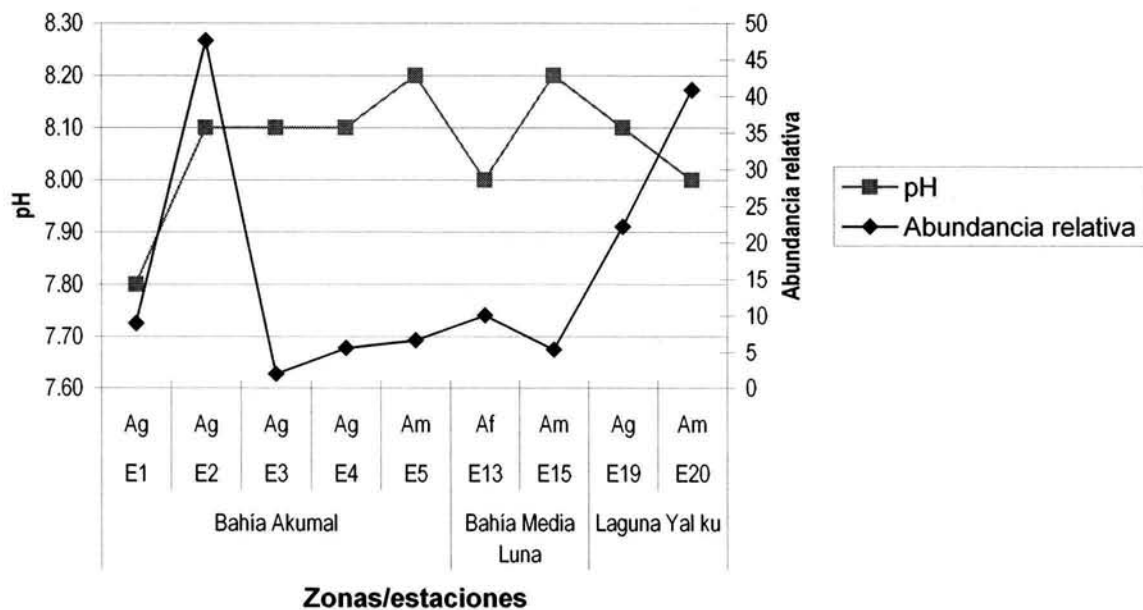


Figura 20a. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina lessonii* con el pH.

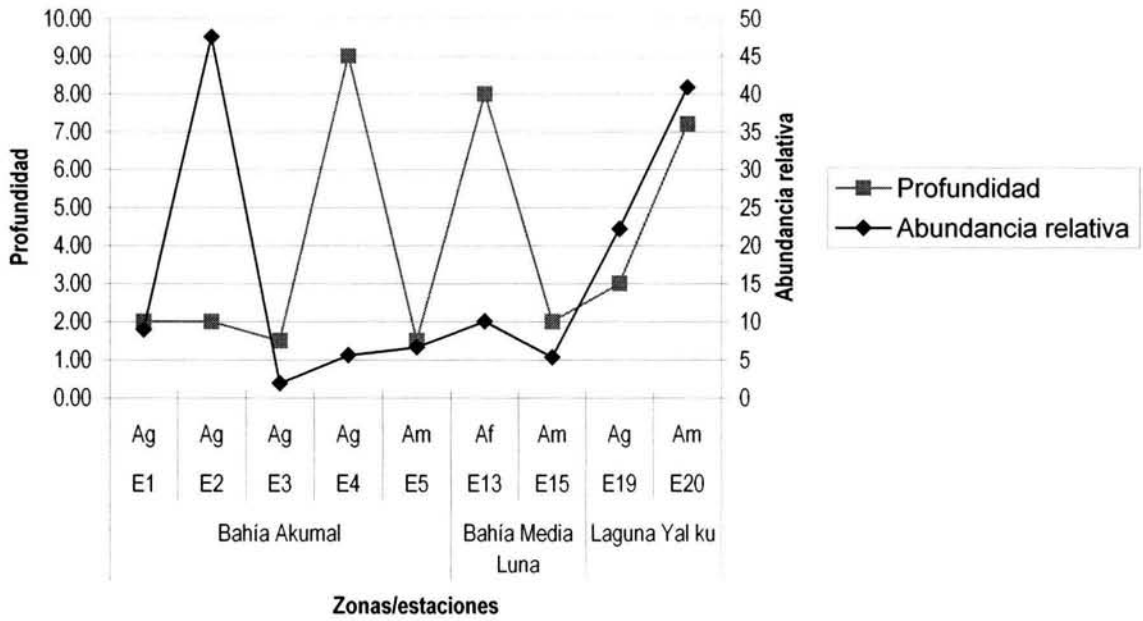


Figura 20b. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina lessonii* con la profundidad.

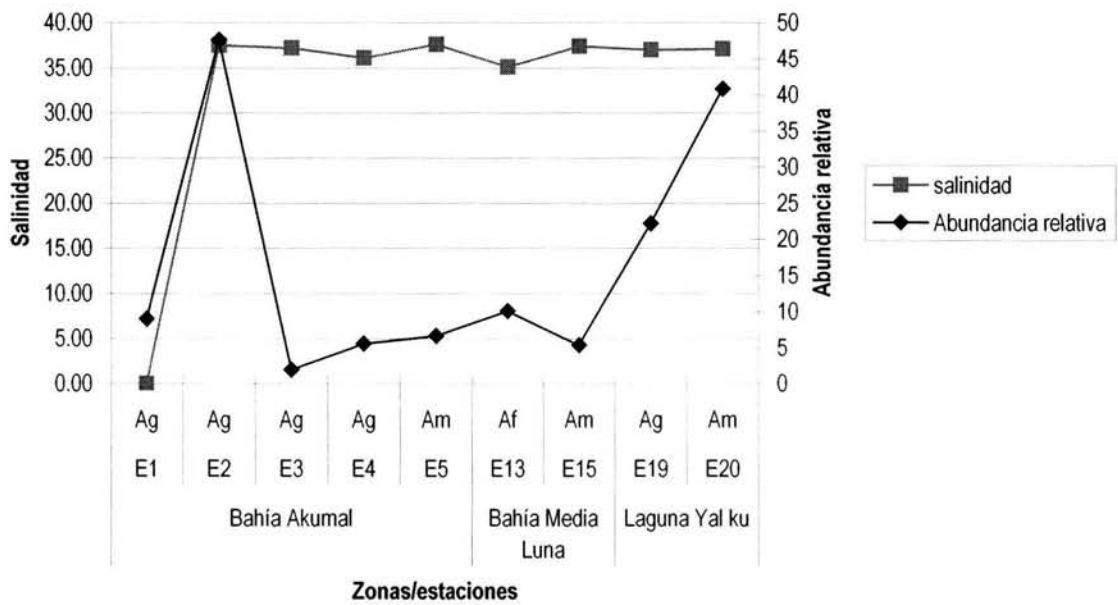


Figura 20c. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina lessonii* con la salinidad.

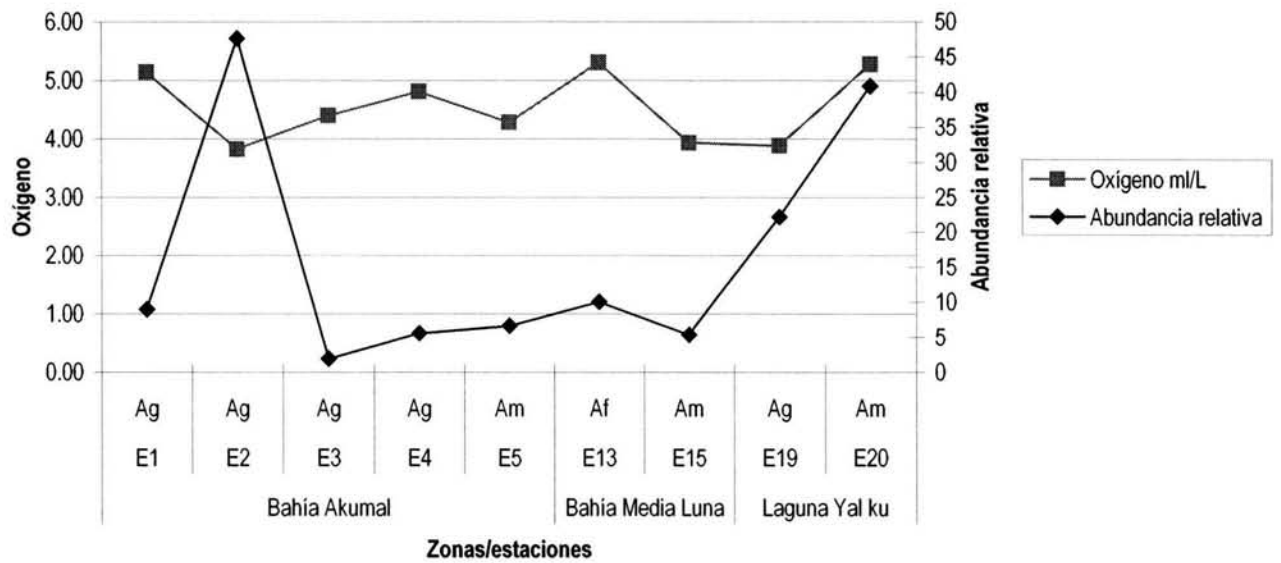


Figura 20d. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina lessonii* con el oxígeno.

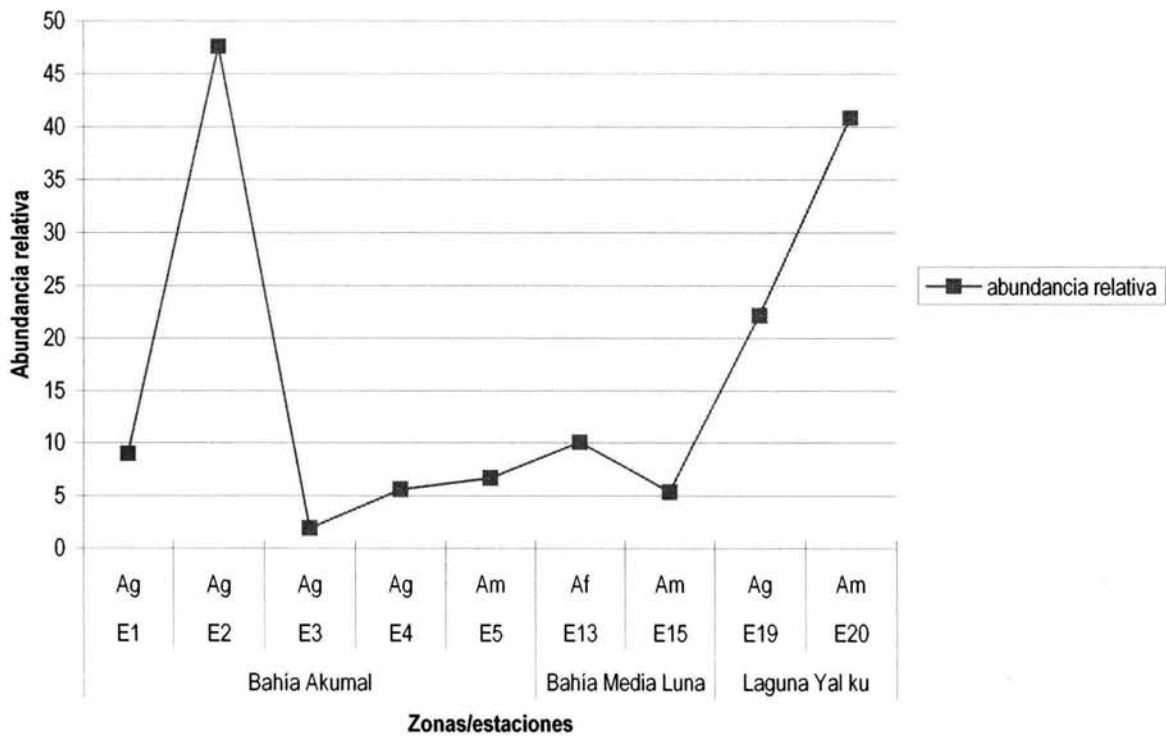


Figura 20e. Relación de la abundancia relativa de *Amphistegina lessonii* con el sedimento

6.14. *Asterigerina carinata*

Esta especie es frecuente localizarla en áreas de alta energía de zonas arrecifales para Bahamas, Jamaica y Cuba (Javaux *et al.*, 2003).

Muestra preferencia por un ambiente con características ambientales más estables siendo así que su mayor abundancia la presenta al norte de Bahía de Akumal y sur de Bahía de Media Luna, y en el área lejana a la costa con relación a los puntos de muestreo de este estudio. En cuanto al pH, su mayor abundancia la presentó en un rango de 8.00 a 8.20 (ver Fig.21a). Con relación a la profundidad muestra una cierta dependencia en las estaciones al Sur de Bahía Akumal y Laguna Yal-ku pero no así en la parte norte de Bahía Akumal y Sur de Bahía Media Luna (ver Fig. 21b). Con el oxígeno su abundancia aumenta conforme descende la concentración de oxígeno y viceversa presentando su mayor abundancia en el rango de 4 a 5 ml/L sin embargo hay valores de oxígeno disuelto al sur de Bahía de Akumal y la abundancia de *Asterigerina carinata* no presenta sus valores máximos sino por el contrario, éstos son bajos. Con la salinidad no se observa ninguna relación, sin embargo para el tipo de sedimento, muestra preferencia por un sedimento de grano medio hacia fino y poca afinidad por el de grano grueso (ver Fig. 21e)

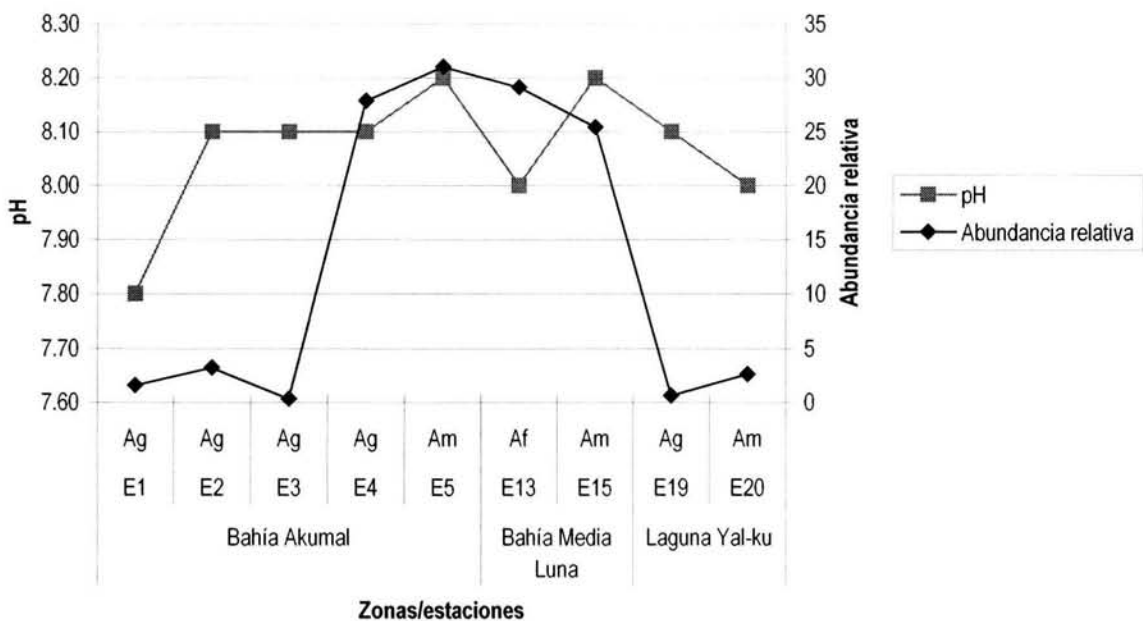


Figura 21a. Relación de la abundancia relativa de *Asterigerina carinata* con el pH.

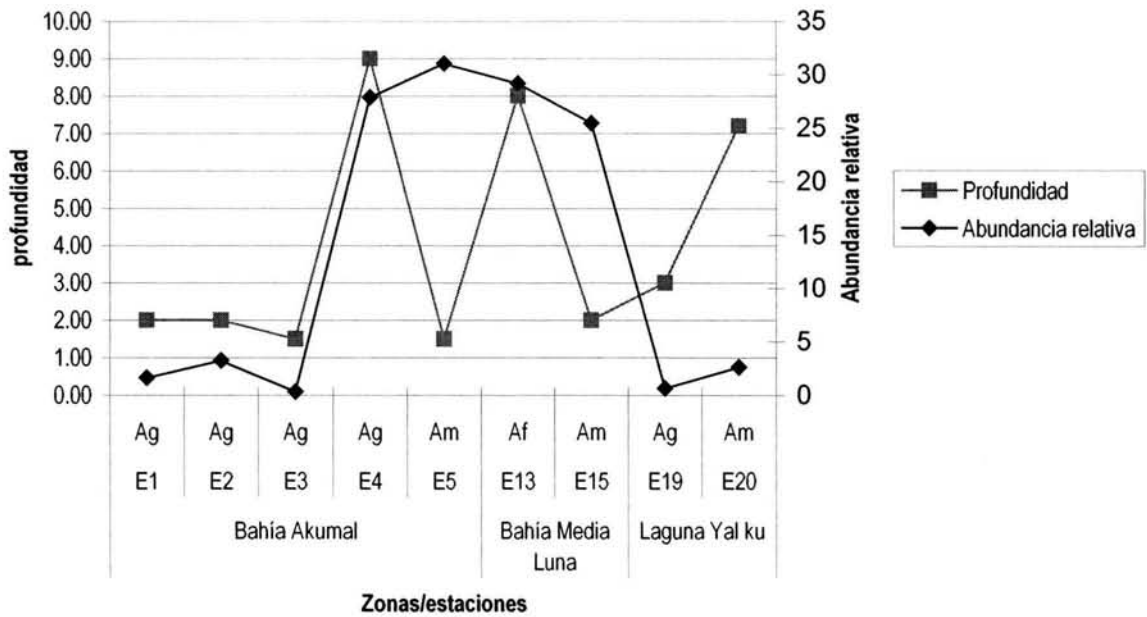


Figura 21b. Relación de la abundancia relativa de *Asterigerina carinata* con la profundidad.

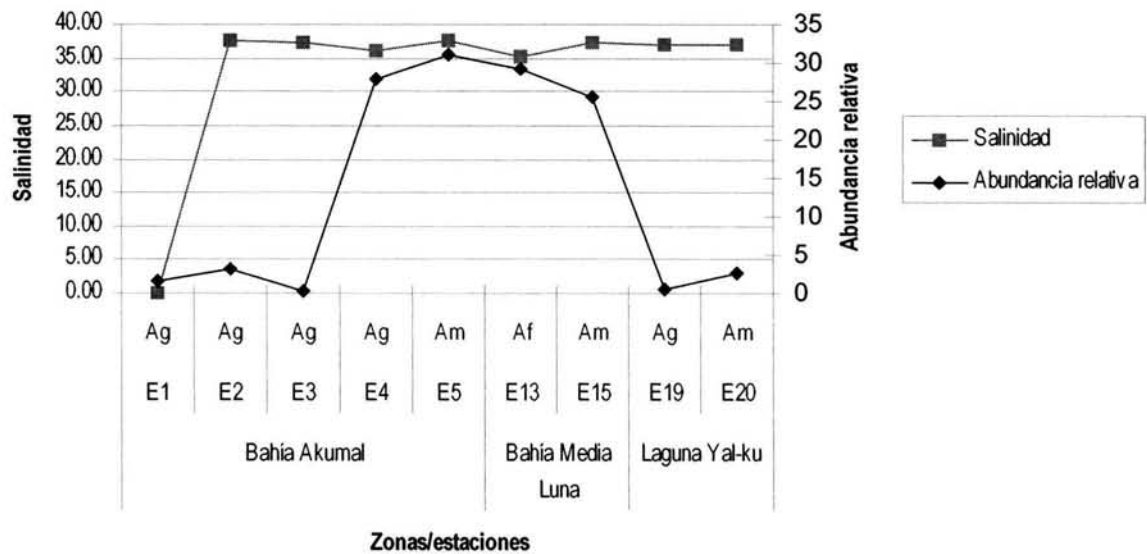


Figura 21c. Relación de la abundancia relativa de *Asterigerina carinata* con la salinidad.

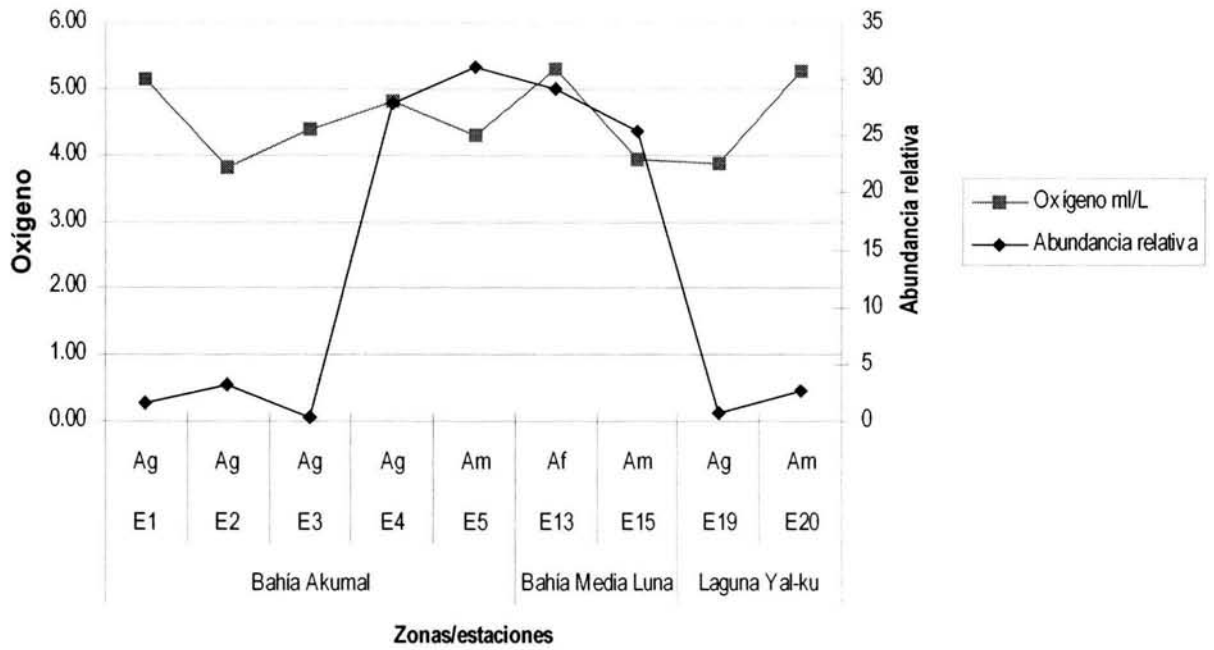


Figura 21d. Relación de la abundancia relativa de *Asterigerina carinata* con el oxígeno.

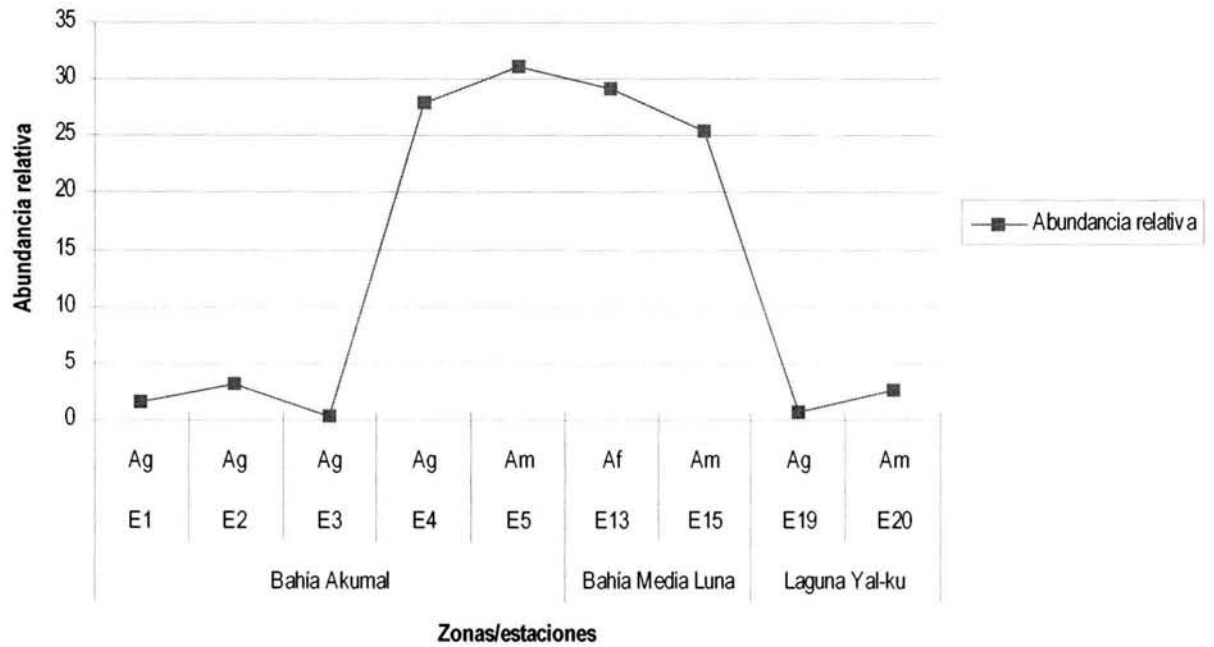


Figura 21e. Relación de la abundancia relativa de *Asterigerina carinata* con el sedimento

6.15. *Archaias angulatus*

Su abundancia relativa es menor en la parte central (norte de Bahía de Akumal y Bahía de Media Luna) que en los extremos del área donde los valores de pH son más bajos (Fig. 22a), su relación con la profundidad es inversa, a mayor profundidad disminuye la abundancia y viceversa (Fig. 22b); (ver Fig. 22c). La concentración de salinidad tuvo poca variación en el área, *Archaias angulatus* siempre se mantuvo con valores bajos a excepción de tres estaciones, E1 (donde no se tuvo registro de salinidad), en E3, E19 y menor abundancia en E20 (ver Fig. 22c), con el oxígeno se relaciona favorablemente en Bahía Akumal pero y un poco menos en Laguna Yal-ku; no así en la Bahía Media Luna donde no muestra un patrón muy definido pero se muestra con menor abundancia que en las otras dos localidades (Fig. 22d). Esta especie mostró cierta afinidad por arenas de grano grueso en segundo plano por arenas de grano medio y finalmente por las de grano fino (Fig. 22e).

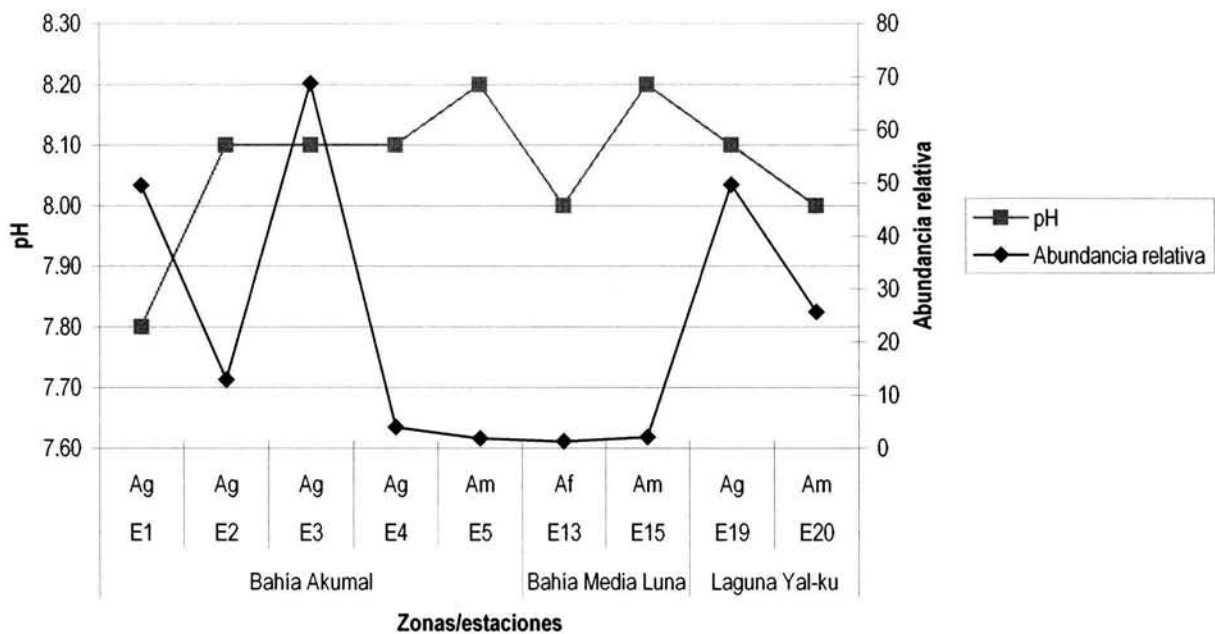


Figura 22a. Relación de la abundancia relativa de *Archaias angulatus* con el pH.

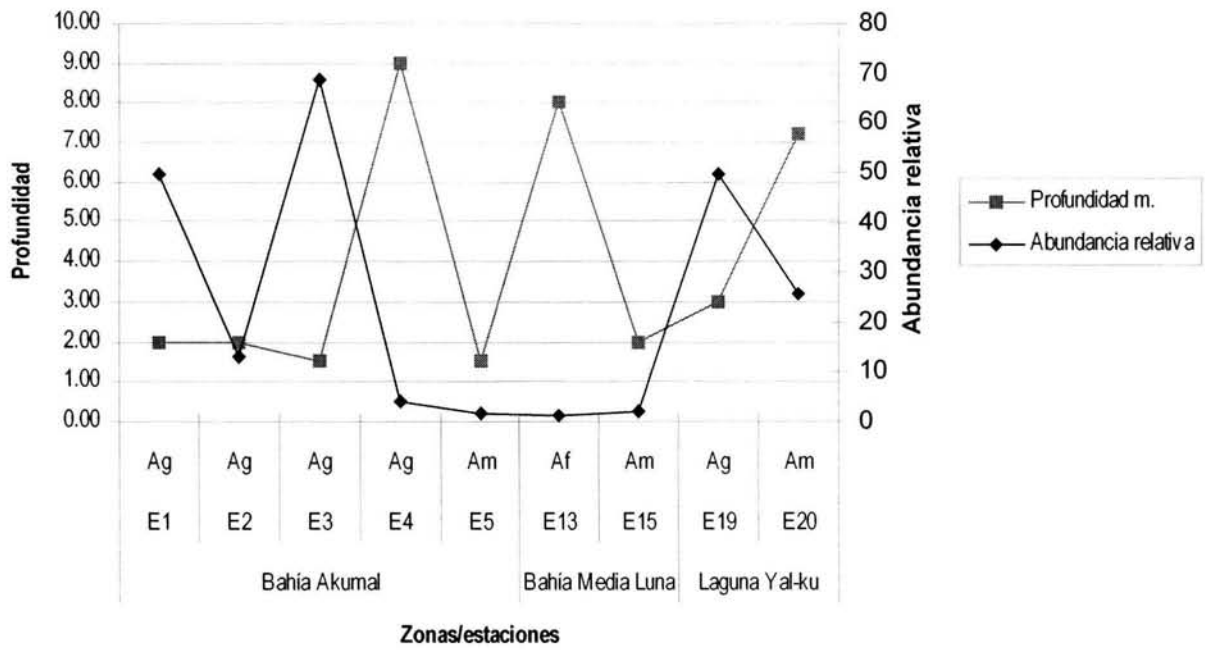


Figura 22b. Relación de la abundancia relativa de *Archaia angulatus* con la profundidad.

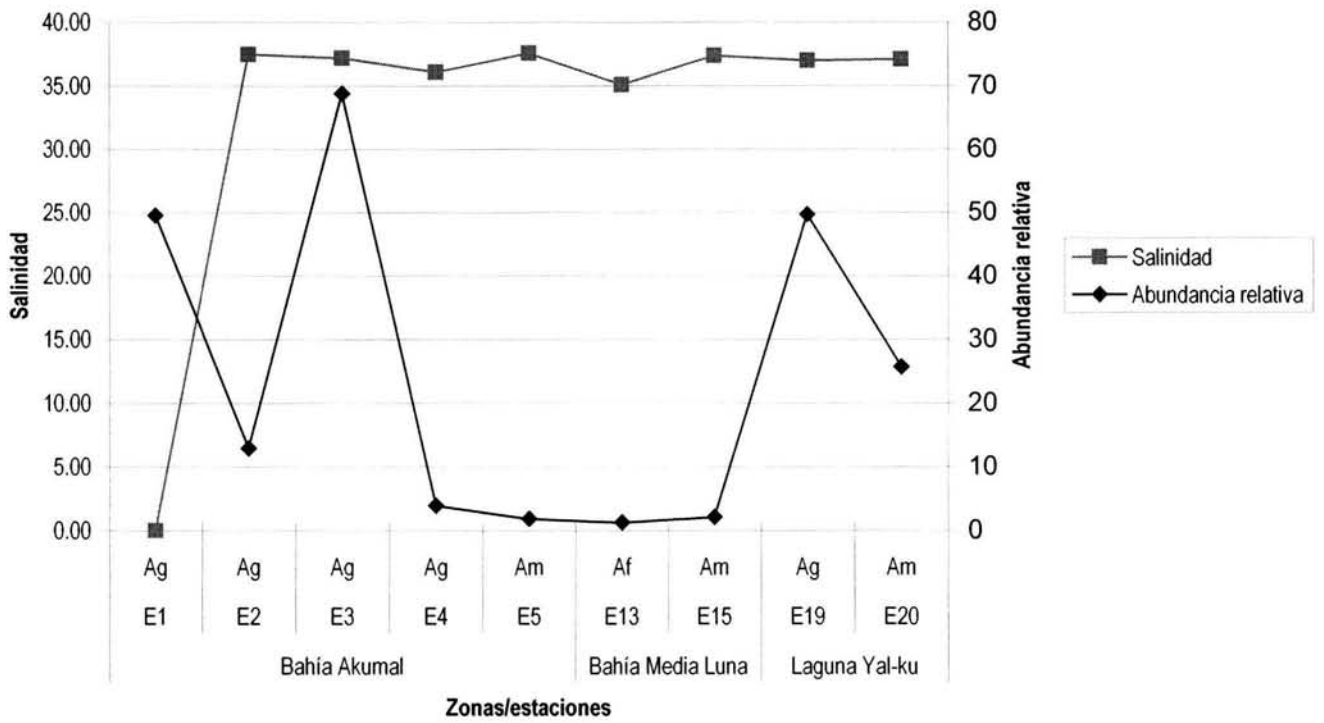


Figura 22c. Relación de la abundancia relativa de *Archaia angulatus* con la salinidad.

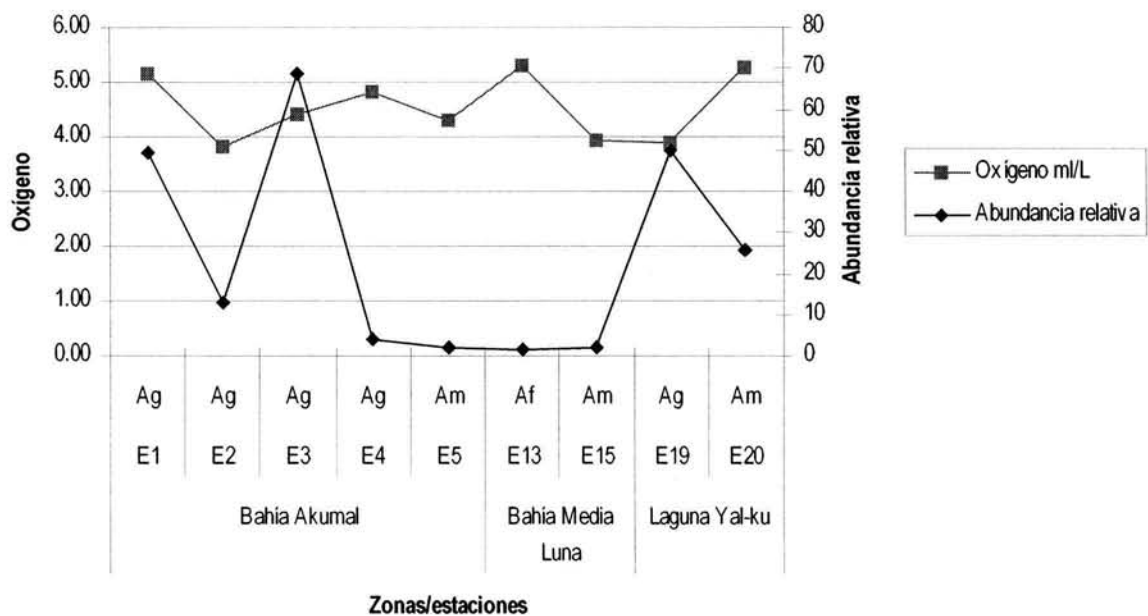


Figura 22d. Relación de la abundancia relativa de *Archaia angulatus* con el oxígeno.

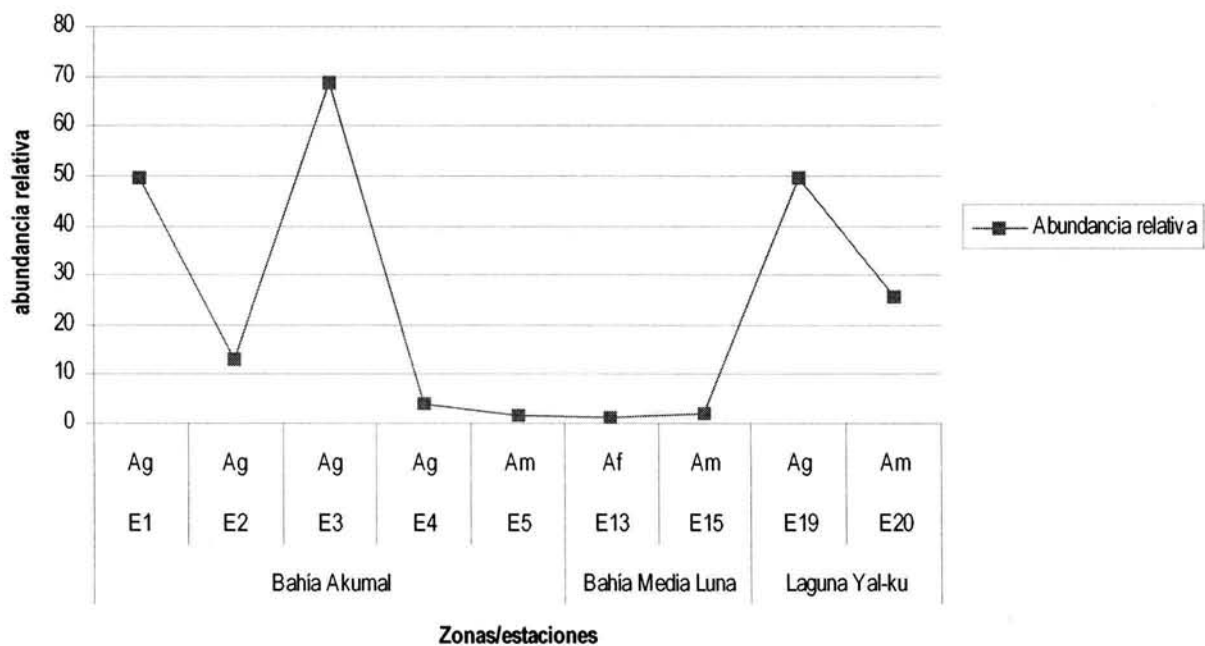


Figura 22e. Relación de la abundancia relativa de *Archaia angulatus* con el sedimento.

7. DISCUSIÓN

Debido a los alcances y objetivos iniciales del proyecto del cual se derivó este trabajo, las técnicas de colecta no se enfocaron a la conservación de microfauna viva en el momento del muestreo, sin embargo al hacer la revisión de las muestras para determinar la composición del sedimento, se detectó la presencia constante y abundante de ciertas especies de foraminíferos béticos por lo que se decidió ampliar las metas del proyecto y realizar un estudio prospectivo en el que se incluyera por su importancia como indicadores ambientales el conocimiento de los foraminíferos béticos, su distribución y abundancia.

Se encontraron 5179 testas de foraminíferos béticos, con base en su abundancia relativa se identificaron las especies representativas, *Amphistegina lessonii* (14.15%), *Amphistegina tuberculata* (17.66%), *Asterigerina carinata* (10.37%) y *Archaias angulatus* (24.04%)

Seiglie (1968), reporta a *Amphistegina lessonii* como fauna asociada a los arrecifes del Oeste de Puerto Rico y algunos del Golfo de México al mismo tiempo se asocia con sedimentos pleistocénicos. Indicando que las asociaciones de *Amphistegina* con los arrecifes son de mucho tiempo atrás. Sen Gupta (1973), afirma lo dicho por Seiglie y además él menciona su registro para la región caribeña de Florida y para Cabo Hateras, zona derivada de arrecifes pleistocénicos. (Schitker, 1971 in Sen Gupta, 1973).

Abelarde (1977), reporta para la plataforma continental del área oriente de la península de Yucatán a dos géneros, *Amphistegina* y *Asterigerina* como los géneros que tuvieron un mayor número de ejemplares y que su abundancia tiende a aumentar conforme a la profundidad. Lo cual coincidió con lo registrado del total de ejemplares para *A. lessonii* el 38.57% corresponde a las estaciones de playa y el 61.43% a las estaciones más profundas. Mientras que *Asterigerina carinata* 33.39% corresponde a las estaciones de playa mientras que el 66.61% a las estaciones sumergidas.

En cuanto a *A. carinata* se presentó en 16 estaciones las dos faltantes fueron de playa; con 33.4% ejemplares en las estaciones sumergidas y 66.6% en las estaciones de playa. (Ver Cuadro III).

Asterigerina carinata está reportada para el área de Q. Roo a profundidades de 6.5 hasta 269.0 m. Siendo más abundante en las estaciones someras que en las profundas según Abelarde (1977).

Bandy (1964) menciona que la especie de *Amphistegina lessonii*, es característica del área arrecifal y es común encontrarla asociada con *Asterigerina carinata* y *Archaias angulatus*, como se encontraron en este estudio además para el área del Golfo Batabano, Cuba, reporta que esta asociación se presenta comúnmente en sedimento del tipo arenoso, en aguas bien oxigenadas que oscilan entre 2.5 y 4.7 ml/l y en salinidades de 35-36 ups y que en zonas de mayor evaporación alcanzan las 37 ups; los valores de pH varían de 8.1 a 8.7 y la temperatura de 28.5 a 32.5° C.

Como fauna representativa de ambientes tropicales se considera en la bibliografía como fauna representativa de ambiente arrecifal: *Sorites marginalis*, *Cyclorbiculina compresa*, *Peneroplis sp* y *Elphidium sp*. las cuales son comunes en el área de estudio (ver Cuadro III), y pertenecen a la fauna representativa de un ambiente arrecifal; son consideradas por Sen Gupta, 1973 dentro de la provincia caribeña. Bandy (1964), también las considera como fauna arrecifal secundaria ya que siempre están presentes pero en menor porcentaje que la asociación de *A. lessonii*, *-A. angulatus*-*A. carinata*.

Otros foraminíferos que son característicos del ambiente arrecifal, tenemos a varias especies del género *Quinqueloculina*

Mediante el análisis de Olsmen-Tukey *in* (Socal y Rohlf, 1969), se detectaron a las especies dominantes del área de estudio, estas fueron 8, *Amphistegina lessonii*, *Amphistegina tuberculata*, *Archaias angulatus*, *Asterigerina carinata*, *Quinqueloculina laevigata*, *Quinqueloculina poeyana*, *Quinqueloculina sp 15*, *Quinqueloculina sp 4*.

En cuanto a los valores de los parámetros fisicoquímicos como son pH y salinidad, se muestran constantes y además son altos, en las tres localidades; la concentración salina oscila alrededor de 37 ups y para el pH de 8.10 en promedio, según Hohenegger, www.okinawa-conference.uni.bonn.de/Hohenegger.htm 15/12/2003, estos valores corresponden a un ambiente marino de aguas tropicales y subtropicales ricos en carbonato de calcio que es utilizado por varios organismos para la formación de su concha o esqueleto.

De acuerdo con estos dos parámetros se puede decir que de las tres zonas muestreadas la más estable y en la cual se puede hacer una relación de la diversidad con los parámetros fisicoquímicos es en la Bahía de Media Luna, las otras dos localidades quizás tengan la influencia de otros factores como son la contaminación en Bahía Akumal por basura inorgánica (vidrio y plástico principalmente), que alteran el ambiente y por lo tanto impiden tener valores constantes, y en la Laguna de Yal-ku tiene influencia de agua dulce.

Con base en los resultados de los cuadros de frecuencia y las gráficas, las especies dominantes del área de Akumal, el mayor número de ejemplares ocurre en los sedimentos de tamaño de grano grueso que en el sedimento de grano fino.

Por percepción visual se observó que el tamaño de los foraminíferos depende del tamaño de grano del sedimento ya que en sedimento grueso los foraminíferos fueron en su mayoría de talla grande y en las arenas de menor tamaño se presentaron foraminíferos de talla más pequeña con respecto a los anteriores; esta reacción por parte de los foraminíferos corresponde al tipo de energía del ambiente, en un ambiente de alta energía las partículas removidas son de tamaño mayor y las testas de foraminíferos tienden a ser

"grandes" y de pared gruesa, incluso la ornamentación es burda, en comparación con las especies de un ambiente de baja energía, éstas son de tamaño menor que las anteriores, su ornamentación es más delicada y las paredes de sus cámaras más delgadas llegando a ser hialinas en algunas especies.

8. CONCLUSIONES

Este trabajo forma parte de una serie de estudios pioneros en el área, y su importancia radica en la contribución a la Biología en el conocimiento faunístico al describir la composición de foraminíferos bentónicos recientes.

- Se encontraron un total de 5179 ejemplares de foraminíferos béticos recientes, que forman parte de 4 subórdenes, 22 familias y 34 géneros, de las cuales se determinaron hasta especie 26 y el resto hasta género.
- A partir del análisis de Oltead-Tukey, se obtuvo la siguiente categorización ecológica: 8 especies dominantes (destacado especialmente *Archaias angulatus*, *Amphistegina tuberculata* *Amphistegina lessonii* y *Asterigerina carinata*), 19 especies constantes (el 26% de la población), el resto de las especies fueron raras (el 63%) y no hubo ocasionales.
- Se definieron 4 asociaciones en el grupo de las especies dominantes *Archaias angulatus*, *Amphistegina tuberculata*, *Amphistegina lessonii* y *Asterigerina carinata*, con abundancia y frecuencia altas; otra asociación dentro de las dominantes fue un grupo de quinqueoculinas *Q. laevigata*, *Q. poeyana*, *Q. sp4* y *Q. sp 15*, aunque fueron dominantes, su abundancia relativa se separa enormemente de los valores de las especies de la asociación anterior.
- La tercera asociación fue de las especies constantes quienes tuvieron alta abundancia y baja frecuencia en ella se encasillaron 19 especies: *Valvulineria* sp, *Cassidulinae* Gén 1 sp1, *Sigmoilopsis* sp, *Quinqueloculina rhodiensis*, *Triloculina* sp, *Cymbaloporetta squamosa*, *Articulina maoensis*, *Q. Sp 15* *Quinqueloculina* sp, *Spiroloculina antillarum*, *Elphidiella artica*, *Cyclorbiculina* sp., *Elphidium* sp, *Streblus* sp, *Sorites marginalis*, *Cyclorbiculina compressa* y *Textularia* sp.
- Y la cuarta asociación de las especies raras a la cual pertenece el resto de las especies por presentar baja abundancia y baja frecuencia.
- Las condiciones ambientales en el área de Akumal son típicas del ambiente arrecifal, presentando las siguientes condiciones promedio, aguas claras bien oxigenadas (4.5 ml/L), con un pH alcalino (8.10) salinidad constante de 37 ups, ambiente somero (2 a 9 m) y sustrato arenoso; condiciones que favorecen la presencia constante de carbonato de calcio, condición indispensable para el desarrollo de poblaciones de foraminíferos, entre otros grupos cuya composición de su exoesqueleto es de

composición calcárea.

- Los foraminíferos se distribuyen ampliamente en toda el área de estudio encontrando ejemplares en todas las estaciones consideradas, presentando mayor diversidad tanto específica como biológica en la zona central del área de Akumal, es decir, al Norte de Bahía de Akumal y en Bahía de Media Luna donde se presentaron las condiciones ambientales estables en comparación con la parte Centro-sur de Bahía de Akumal y en Laguna Yal-ku, donde incluso existe la influencia de agua dulce.
- La presencia o ausencia de ciertas especies de foraminíferos béticos, sus características ecológicas y su relación con los parámetros fisicoquímicos reflejan características típicas del ambiente que habitan en este caso: un ambiente arrecifal y se determina que las poblaciones de foraminíferos están íntimamente relacionados al medio que habitan.

9. RECOMENDACIONES

- Hacer un muestreo específico para micropaleontología en la zona para analizar la población de foraminíferos béticos mediante un análisis multivariado que permita determinar de manera más objetiva tanto correlaciones como asociaciones.
- Aplicar la técnica de tinción con rosa de bengala para teñir el protoplasma de los organismos vivos en el momento de la colecta. Con ello se podrá discernir organismos que viven *in situ* de fauna acarreada.

10. LITERATURA CONSULTADA

- Abelarde Gómez, Ma. De la Luz S. 1977. Los foraminíferos recientes de la plataforma continental de Quintana Roo, México. Tesis Licenciatura (Biólogo) Facultad de Ciencias, UNAM. 54 p.
- Ayala-Castañares, A. 1963. Sistemática y distribución de los foraminíferos recientes de la laguna de Términos, Campeche, México: Univ. Nacional Autónoma de México, Inst. de Geología, Bol. 67,pt. 3, 133 p., 11 pls.
- Bandy, O.L. 1953. Ecology and palaeoecology of some California foraminifera Parte I. The frequency distribution of Recent foraminifera Parte I. Jour. Paleontol., 27:161-182.
- Bandy, O.L. 1954. Distribution of some shallow-water foraminifera in the Gulf of Mexico. United States Geological Survey, Professional Paper No. 254-F:125-140.
- Bandy, O.L. 1964. Foraminiferal biofacies in sediments of gulf of Batabano, Cuba and their geologic significance. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist. Vol. 48. no. 10 pp. 1666-1679.
- Bolli, Hans. M. 1994. Benthic foraminiferal biostratigraphy of the South Caribbean region/Jean Pierre Beckman, John saunders. Cambridge University.
- Boltovskoy, E. 1965. Ecología de los Foraminíferos recientes. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 510 pp.
- Brasier, M. D. 1980. Microfossils. George Allen & Unwin, London. 193 p. Brief overview of major groups of microfossils. Simple drawings of each kind of microfossil.
- Carranza-Edwards, A. 1986. Estudio sedimentológico de playas del Estado de Chiapas. An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13(1):331-344.
- Castro, R.A. 1976 Descripción de las arenas carbonatadas y de su ámbito submarino al noreste de la Península de Yucatán, México. Tesis licenciatura, IPN. 74 p.
- Cebulski, D.E. 1961. Distribution of foraminifera in the barrier reef and lagoon of British Honduras. Texas A & M Coll. Dept. Oceanogr. & Meteorol.
- Colom, G. 1946. Introducción al estudio de los microforaminíferos fósiles. Madrid, España. 376 pp. 26 láminas.
- Cushman, J. A. 1950. Foraminifera their classification and economic use. Harvard University Press Cambridge Massachusetts, USA. 605 pp. 1-55 plates.
- De Rivero, F. Ch. y Pedro Joaquín Bermúdez, 1963. Micropaleontología General. Ediciones GEA., Barcelona España. 355-447 p.

Díaz-Ruiz, S. 2002. Caracterización ecológica del sistema arrecifal coralino de Akumal, Caribe mexicano 2ª etapa (LIEC/CBS/UAM-I, 2001-2002). Informe Final.

Ekdale, S.F., 1974. Recent foraminiferal associations from northeastern Quintana Roo, México. Tesis de maestría, Houston, Rice University.

Ferre-D'amare, A.R. 1985. Coral reefs of the mexican Atlantic: a review. Proc 5th Int. Coral reefs congr. Tahiti. 6:349-354.

García Miranda, E. 1988. Modificación al sistema de Clasificación climática de Köppen. Inst. Geogr.. Univ. Nal. Autón. México. 386 pp.

García Salgado, M.A. 1992. Moluscos bentónicos del arrecife coralino Anegada de Adentro. Veracruz, México. Tesis de Biólogo (Licenciatura) Facultad de Ciencias, UNAM. 65 pp.

Galloway, J.J. 1933. A manual of foraminifera the principia. Press, Inc. Bloomington Indiana. 483 pp.

Hallock, P., Talge, H.K., Cockey, E.M., and Muller, R.G. 1995. A new disease in reef-welling foraminifera: implications for coastal sediment. Journal of Foraminiferal Research, v. 25: 280-286.

Hohenegger, in www.okinawa-conference.uni.bonn.de/Hohenegger.htm 15/12/2003.

International Symposium on benthic foraminifera. 1992 Studies in benthic foraminifera: Proceedings of the fourth international symposium on benthic foraminifera, Sendai, 1990/ed. by Y. Takayaneg; T. saito. Tokio: Tokai university, c1992. 440 pp.

Jordán-Dahlgren, E. 1979b. Efecto de la morfología del sustrato en el desarrollo de la comunidad coralina. An. Inst. Cienc. Mar. Limnol. UNAM 16(1):68-86.

Jordán-Dahlgren, E. 1980. Arrecifes coralinos del Noreste de la península de Yucatán: estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. CCH-UACPyP. Tesis de doctorado. 117 pág.

Jordan-Dahlgren, E. 1993. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe mexicano. Parte I, El sector continental. Editado por CIQRO e ICML, UNAM.

Larger *et al.*, 1997 in www.paleontology.uni-bonn.de/LANGER/GLOBAL.HTM 15/12/2003

Loeblich, Jr Alfred R. and Helen Tappan. 1998 Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold, N.Y. UNR. New York 970 p. 847 plates.

Logan, B.W., J.H. Hording, W.H. Ahr, J.D. Williams and R.G. Snead. 1969. Carbonate sediments and reef, Yucatan shelf, México. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 11:5-128.

Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. General Systematics. 3: 36-71.

- Márquez García, A.Z., Guerrero Herrejón, Ma. A., Pérez Aguilar, V. y Zepeda Carrión S. 2002. Morfometría y sedimentología. *In* Díaz-Ruiz, S. Caracterización ecológica del sistema arrecifal coralino de Akumal, Caribe mexicano 2ª etapa (LIEC/CBS/UAM-I, 2001-2002). Informe Final.
- Mata-Mendoza, M. L. 1980. Distribución de los foraminíferos bentónicos de la parte sureste del Golfo de Tehuantepec, México. Tesis Prof. Fac. Ciencias, Univ. Nal. Autón. México. 11 p.
- Mata-Mendoza, M. L. 1987. Benthic foraminiferal assemblages from Mexican continental shelves. Louisiana State University, Baton Rouge, M.S. Thesis. 207 p.
- Merino Ibarra, M. y L. Otero Dávalos, 1991. Atlas ambiental costero. Puerto Morelos, Quintana Roo. Fondo de publicaciones y ediciones del Gobierno del Estado de Q. Roo. 80 pp.
- Moore, Raymond C. (Ed.) 1964. Treatise on invertebrate Paleontology. Part. C Protista 2 Vol. 1 y 2 Geological Society of America and The University of Kansas Press. 900 pp.
- Muñoz-Chagín, R.F. y G. de la Cruz-Agüero, 1993. Corales del arrecife de Akumal, Quintana Roo. Pp 761-771. *In* Biodiversidad Marina y costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
- Nolasco Montero, E. y A. Carranza-Edwards. 1989. Estudio sedimentológico regional de playas de Yucatán y Quintana Roo, México. *In*: Anales del Instituto de Cien. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 15(2): 44-66.
- Newman, M. 1969. Manuel de Micropaleontologie des foraminiferes. Gautjier-Villars, Paris, 297 pp.
- Parker, F.L. 1954. of the Distribution foraminifera in the northeast Gulf of Mexico. Harvard University, Mus. Comp. Zoology, Bull., 111(10):453-588.
- Pérez Cruz, L. L. 1989. Foraminíferos bentónicos como indicadores de la zona de oxígeno mínimo en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Maestría Colegio de Ciencias y Humanidades. Unidad Académica de los ciclos Profesional y de Posgrado Esp., Maest. y Doc. en Ciencias del Mar. pp.
- Phleger, F. B. y F.L. Parker, 1951. Ecology of foraminifera of northwest Gulf of Mexico. Geol. Soc. Amer. Mem., 46(2):159-184.
- Phleger, F.B.1960. Ecology and distribution of recent foraminifera. Johns Hopkins Press, Baltimore, USA 297 pp.
- Pokorný, V. 1963. Principles of zoological. Micropaleontology 1. International Series of Monographs on Earth sciences. Traducción: .K. A. Allen. The Macmillan Company, N. Y. 652 pp.
- Rose, P.R. and B. Lidz. 1977. Diagnostic foraminiferal assemblages of shallow water modern environments: south Florida and the Bahamas. Sedimenta VI. 55 pp.
- Seiglie, George A. 1968. Relationships between the distribution of *Amphistegina* and the submerged

Pleistocene reefs off western Puerto Rico. *Tulane Studies in Geology*. Vol 6. No. 4. p. 139-147.

Sen Gupta, B.K. 1980. Benthic foraminifera. *In*: Gío Argáez, R. and N. Escalante. (Eds.) *Curso de micropaleontología aplicada*. Instituto de Geología, UNAM. 23 p.

Sokal, R.R. y J.F. Rohlf. 1969. *Biometría, principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Cap. 15, ed. Blume. España. p. 832.

Williams, D.E., Hallocks, O., Talge, H.K., Harney, J. N. and McRae, G., 1997. Responses of *Amphistegina gibbosa* populations in the Florida Keys (USA) to a multi-year stress event (1991-1996) *Journal of Foraminiferal Research*, v. 27:264-269.

www.grisda.org/origins/06088.htm 15/12/2003

11. ANEXO 1

Ubicación taxonómica

Las 73 especies de foraminíferos béticos pertenecen a 4 subórdenes 23 ó 22 familias y 34 géneros, cuya sistemática se describe siguiendo a Loeblich y Tappan (1998)

Orden FORAMINIFERIDA

Suborden ALLOGROMIINA

Superfamilia Verneulinacea, Cushman, 1911

Familia Verneulinidae Cushman, 1911

Subfamilia Verneulinoidinae Suleymanov, 1973

Género *Eggerellina* Marie, 1941

***Eggerellina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Bulimina brevis* d'Orbigny, 1840.

Eggerellina Marie, 1941.

Superfamilia Textulariacea Ehrenberg, 1838

Familia Textulariidae Ehrenberg, 1838

Subfamilia Textulariinae Ehrenberg, 1838

Género *Textularia*, DeFrance, 1824

***Textularia* sp.**

Sinonimia: *Textularia* DeFrance in de Blainville, 1824.

Textilaria Ehrenberg, 1839 (err. emend.)

Textilina Nørvang 1966; type species: *Textularia stricta* Cushman, 1911.

Vulvulinella Saidova, 1975. (Err. cit as *Valvulinella* on pl. 39, fig. 8, non *Valvulinella* Schubert, 1907); type species: *Textularia milletti* Cushman, 1911.

Familia Valvulinidae Berthelin, 1880

Subfamilia Valvulininae Berthelin, 1880

Género *Clavulina* d'Orbigny, 1826

***Clavulina* sp**

Superfamilia Palaeotextulariacea Galloway, 1933

Familia Semitextulariidae Pokorný, 1956

Subfamilia Semitextulariinae Pokorný, 1956

Género *Semitextularia* A.K. Miller and Carmer, 1933

***Semitextularia* sp.**

Suborden Miliolina Delage and Hérouard, 1896

Superfamilia Cornuspiracea Schultze, 1854

Familia Discospirinidae Wiesner, 1931

Género *Discospirina* Munier-Chalmas, 1902

***Discospirina* sp.**

Sinonimia: Type species *Orbitolites tenuissimus* Carpenter, 1870= *Pavonina italica* Costa, 1856.

Discospirina Munier-Chalmas, 1902.

Cylophthalmidium Lister, in Lankester, 1903.

Krumbachina Wiesner, 1920.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Superfamilia Miliolacea Ehrenberg, 1839

Familia Spiroloculinidae

Género *Flintia* Schubert, 1911

***Flintia* sp.**

Sinonimia: Type species: *Spiroloculina robusta* Brady, 1884
Flintia Schubert, 1911.

Género *Spiroloculina* d'Orbigny, 1826.

***Spiroloculina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Spiroloculina depressa* d'Orbigny, 182; *SD Cushman*, 1917
Spiroloculina d'Orbigny, 1826.

Familia Hauerinidae Schwager, 1876

Subfamilia Hauerininae Schwager, 1876

Género *Massilina* Schlumberger, 1893

***Massilina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Quinqueloculina secans* d'Orbigny 1926 *SD Cushman*, 1917.
Massilina Schlumberger, 1893.
Decussoloculina Neagu, 1984; type species:
Decussoloculina mirceai Neagu, 1984; OD.

Género *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

***Quinqueloculina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Serpula seminulum* Linné, 1758, p.786; *SD Parker and Jones*, 1859, p. 480
Quinqueloculina d'Orbigny, 1826, p.301 (on Oficial list of Generic names in zoolog, ICZN Op. 692, China, 1964, *587, p. 26).
Frummentarium Fichtel and Moll, 1798, p. 16 (nom. reject., ICZN Op. 692, China, 1964, p.26).
Multiloculina Abich, 1859, p. 105, 150; type species:
Serpula seminulum Linné, 1758, *SD Loeblich and Tappan*, 1964, p. C458.
Trillina Munier-Chalmas, 1882, p. 424; type species: *Triloculina strigilata* d'Orbigny, 1850, p. 566; OD.

Subfamilia Miliolinellinae Vella, 1957

Género *Pyrgo* DeFrance, 1824

***Pyrgo* sp.**

Sinonimia: Type species: *Pyrgo lavéis* DeFrance, 1824; OD(M).
Pyrgo DeFrance, 1824, p. 273.
Biloculina d'Orbigny, 1826; *SD Cushman*, 1917 p. 73.
Pseudobiloculina Cherif, 1970, p. 297; Type species:
Biloculina bulloides d'Orbigny, 1826; *SD Cushman*, 1917, p. 73.
Paseudobiloculina Cherif, 1970, p. 131; type species:
Biloculina oblonga d'Orbigny, 1839, p. 163; OD.
Pyrgoides Hofker, 1976, p. 115; type species:
Biloculina ringens (Lamarck) var. *denticulata* Brady, 1884, p. 143; OD.

Género *Triloculina* d'Orbigny, 1826

***Triloculina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Miliolites trigonula* Lamarck, SD Cushman, 1917

Triloculina d'Orbigny, 1826.

Spidestomella O.G. Costa, 1856 type species: *Spidestomella globulifera* costa, 1856.

Miliolina Williamson, 1858; type species: obj.; SD Galloway, 1933.

Subfamilia Sigmoidopsinae Vella, 1957

Género *Sigmoidopsis* Finlay, 1947

***Sigmoidopsis* sp.**

Sinonimia: Type species *Sigmoidolina schlumbergeri* Silvestri, 1904.

Sigmoidopsis Finlay, 1947.

Subfamilia Tubinellinae Rhumbler, 1906

Género *Articulina* d'Orbigny, 1826

Articulina sagra

***Articulina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Articulina nitida* d'Orbigny, 1826; OD(M).

Articulina d'Orbigny, 1826.

Ceratospirulina Ehrenberg, 1858; type species: *Ceratospirulina sprattii* Ehrenberg, 1858; OD(M).

Ceratolocolina Ehrenberg, 1857.

Familia Peneroplidae Schultze, 1854

Género *Peneroplis* de Montfort, 1808

Peneroplis planatus

Peneroplis proteus

Sinonimia: Type species: *Nautilus planatus* Fitchel and Moll, 1798; OD.

Peneroplis de Montfort, 1808.

Cristellaria Lamarck, 1816; type species:

Cristellaria squammula Lamarck, 1822. nom. Superfl., = *Nautilus planatus* Fitchel and Moll, 1798, obj.; SD Children, 1823.

Familia Soritidae ehrenberg, 1839

Subfamilia Archaiasinae Cushman, 1927

Género *Archaias* de Montfort, 1808

Archaias angulatus

Sinonimia: Type species: *Archaias spirans* de Montfort, 1808 = *Nautilus angulatus* Fitchell and Moll, 1798; OD.

Archaias de Montfort, 1808.

Helenis de Montfort, 1808; type species:

Helenis spatosus de Montfort, 1808 = *Nautilus aduncus* Fitchell and Moll, 1798 = *Archaias angulatus* (Fitchell and Mol, 1798); OD (M).

Ilotes de Montfort, 1808; type species:

Ilotes rotalitus de Montfort, 1808 = *Nautilus orbiculus* Fitchell and Moll, 1798, (non *Nautilus*) *orbiculus* Forskål, 1775) = *Archaias angulatus* (Fitchel and Moll, 1798) ;

Orbiculina Lamarck, 1816; Type species :

Orbiculina nummismalis Lamarck, 1822,
No. 1 = *Nautilus orbiculus* Fitchel and Moll, 1798,
Nemophora Conrad, 1865 (non *Neophora* Illiger, 1798, nec Huebner, 1825, nec Dahlbom, 1854);
1846, OD(M).
Puteolina (*Archaias*) Hofker, 1952, (nom. Transl.).

Género *Cyclorbiculina* A. Silvestri, 1937

***Cyclorbiculina* sp.**

Type species: *Orbiculina compressa* d'Orbigny, 1839, OD(M).
Cyclorbiculina A. Silvestri, 1937.

Género *Sorites* Ehrenberg, 1839.

Sorites marginalis

Sinonimia: Type species: *Nautilus orbiculus* Forskål, 1775.
Sorites Ehrenberg, 1839, chart opp.
Taramellina Munier-Chalmas, 1902 type species: *Sorites dominicensis* Ehrenberg, 1839; Loeblich and Tappan, 1964
Orbitolites (*Sorites*) Yabe and Hanzawa, 1929 (nom trsanl.)
Puteolina (*Sorites*?) Hofker, 1971 (nom transl.)

Suborden Robertinina Loeblich and Tappan, 1984
Superfamilia Ceratobuliminacea Cushman, 1927
Familia Epistominidae Wedekind, 1937
Subfamilia Epistomininae Wedekind, 1937
Género *Hoeglundina* Brotzen, 1948

***Hoeglundina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Rotalia elegans* d'Orbigny, 1826 OD.
Hoeglundina Brotzen, 1948.
Epistomina (*Hoeglundina*) Salaj, 1984 (nom transl.).

Suborden Rotalina Delage and Hérouard, 1896
Superfamilia Cassidulinacea d'Orbigny, 1839
Familia Cassidulinidae d'Orbigny, 1839
Subfamilia Cassidulininae d'Orbigny, 1839
Género *Cassidulina* d'Orbigny, 1826

***Cassidulina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Cassidulina laevigata* d'Orbigny, 1826; OD(M)
Cassidulina d'Orbigny, 1826.
Entrochus septatus Ehrenberg, 1843;
Type species: *Entrochus septatus* Ehrenberg, 1843; OD(M).
Selenostomum Ehrenberg, 1858; type species: not designed, two species named, neither ever figured (= *Cassidulina*, FIDE
Cushman, 1944, after examination of type specimens).

Superfamilia Buliminacea Jones, 1875
Familia Uvigerinidae Haeckel, 1894
Subfamilia Uvigerininae Haeckel, 1894
Género *Uvigerina* d'Orbigny, 1826

***Uvigerina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Uvigerina pygmaea* d'Orbigny, 1826. SD parker, Jones and Brady, 1865.
Uvigerina d'Orbigny, 1826
Uvigerina (*Uhligena*) Schubert, 1899; OD(M).
Aluvigerina Hofker, 1951 (name not available, ICZN Art. 13 (b), type not designated).
Aluvigerina Thalmann, 1952; type species: *Uvigerina pygmaea* d'Orbigny, 1826, obj.; OD.
Uvigerina (*Uvigerinoides*) N.K. Bykova, 1959, text. Fig. 3 (name not available, Art.13 (a)(i), no description).
Nouviuva Vella, 1963; type species: *Uvigerina peregrina* Cushman, 1923; OD.

Subfamilia Angulogerininae Galloway, 1933
Género *Reusella* Galloway, 1933

***Reusella* sp.**

Sinonimia: Type species: *Verneuilina spinulosa* Reuss, 1850; OD.
Reusella Galloway, 1933(nom. subst. Pro *Reussia* Schwager, 1877).
Reussia Schwager, 1877 (non *Reussia* McCoy, 1854); type species obj.; OD(M).

Superfamilia Discorbacea Ehrenberg, 1838
Familia Bagginidae Cushman, 1927
Subfamilia Baggininae Cushman, 1927
Género *Valvulineria* Cushman, 1926

***Valvulineria* sp.**

Sinonimia: Type species: *Valvulineria californica* Cushman, 1926; OD.
Valvulineria Cushman, 1926.

Familia Discorbidae Ehrenberg, 1838
Género *Discorbis* Lamarck, 1804

***Discorbis* sp.**

Sinonimia: Type species: *Discorbites vesicularis* Lamarck, 1804; OD(M).
Discorbis Lamarck, 1804.
Discorbites Lamarck, 1804; type species: obj., OD(M)
Cyclodiscus Ehrenberg, 1839, chart opp. (err. Nom. Subst. Pro *Discorbis*); type species: obj.

Superfamilia Glabratellacea Loeblich and Tappan, 1964
Familia Siphoninidae Cushman, 1927
Subfamilia Siphonininae Cushman, 1927
Género *Siphonina* Reuss, 1850

***Sphonina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Siphonina fimbriata* Reuss, 1850=*Rotalia reticulata* Cžžek, 1848.; OD(M).
Siphonina Reuss, 1850.

Superfamilia Discorbinellacea Sigal, 1952
Familia Pseudoparrellidae Voloshinova, 1952
Subfamilia Pseudoparrellinae Voloshinova, 1952
Género *Epistominella* Husezima and Maruhasi, 1944

***Epistominella* sp.**

Sinonimia: Type species: *Epistominella pulchella* Husezima and Maruhasi, 1944; OD.
Epistominella Husezima and Maruhasi, 1944, p. 397.

Superfamilia Planorbulinacea Schwager, 1877
Familia Cibicididae Cushman, 1927
Subfamilia Cibiciinae Cushman, 1927
Género *Cibicides* de Montfort, 1808

***Cibicides* sp.**

Sinonimia: Type species: *Cibicides refulgens* de Montfort, 1808; OD.
Cibicides de Montfort, 1808, p. 122.
Storilus de Montfort, 1808, p. 130; type species: *Storilus radiatus* de Montfort, 1808; OD(M).
Truncatulina d'Orbigny, 1826, p. 278; type species: obj.; SD Galloway and Wissler, 1927, p. 113 (nom. transl.).
Truncalina (*Cibicides*) Yabe and Hanzawa, 1929, p. 142 (nom. transl.).

Superfamilia Planorbulinacea Schwager, 1877
Familia Cymbaloporidae Cushman, 1927
Subfamilia Cymbaloporinae Cushman, 1927
Género *Cymbaloporetta* Cushman, 1928

Cymbaloporetta squamosa

***Cymbaloporetta* sp.**

Sinonimia: Type species: *Rosalina squamosa* d'Orbigny, 1839; OD.
Cymbaloporetta Cushman, 1928.
Pseudotretomphalus Hofker, 1979; type species: *Tretomphalus bulloides* (d'Orbigny) var. *plana* Cushman, 1924.

Superfamilia Asterigerinacea d'Orbigny, 1839
Familia Asterigerinidae d'orbigny, 1839
Género *Asterigerina* d'Orbigny, 1839

Asterigerina carinata

Type species: *Asterigerina carinata* d'Orbigny, 1839; SD Cushman, 1927.
Asterigerina d'Orbigny, 1839.

Familia Amphisteginidae Cushman, 1927
Género *Amphistegina* d'Orbigny

Amphistegina lessonii

Amphistegina tuberculata

***Amphistegina* sp.**

Sinonimia: Type species: *Amphistegina quoyii* d'Orbigny, 1826. = *Nautilus radiatus* Fitchel and Moll, 1798; OD (M).
Amphistegina d'Orbigny, 1826
Omphalophacus Ehrenberg, 1839, chart opp, type species *Omphalophacus hemprichii* Ehrenberg, 1840.

Superfamilia Nonionacea Schultze, 1854
Familia Nonionidae Schultze, 1854
Subfamilia Nonioninae Schultze, 1854
Género *Nonionella* Cushman, 1926

***Nonionella* sp.**

Sinonimia: Type species: *Nonionella miocenica* Cushman, 1926; OD.
Nonionella Cushman, 1926.
Ziesenhenneia McCulloch, 1977; type species: *Ziesenhenneia simplex* McCulloch, 1977; OD.

Superfamilia Rotaliacea Ehrenberg, 1839
Familia Rotaliidae Ehrenberg, 1839
Subfamilia Ammoniinae Saidova, 1981
Género *Ammonia* Brünnich, 1772

Sinonimia: Type species: *Nautilus beccarii* Linné, 1758
SD Frizzel and Keen, 1949
Ammonia Brünnich, 1772
Hammonia Soldani, 1789 (err. emend.).
Streblus Fischer de Waldheim, 1817. type species: obj.; OD(M).
Rotalia (les *Turbinulines*) d'Orbigny, 1826 (name not available, ICZN Art. 11 (b)(i); 11 (g); vernacular).
Turbinulina Risso, 1826; type species:
Turbinulina italica = *Rotalia* (les *Turbinulines*) *italica* d'Orbigny, 1826 = *Nautilus beccarii* Lineé, 1758, SD herein.
Rolshausenia Bermúdez, 1952, type species:
Rotalia rolshauseni Cushman and Bermúdez. 1946, OD.

Familia Elphidiidae Galloway, 1933
Subfamilia Elphidiinae Galloway, 1933
Género *Criboelphidium* Cushman and Brönnimann, 1948

***Criboelphidium* sp.**

Sinonimia: Type species: *Criboelphidium vadescens* Cushman and Brönnimann, 1948.
Elphidiononion Hofker, 1951; type species: *Polystomella poeyana* d'Orbigny, 1839; OD.
Porosononion Putrya, in Voloshinova, 1958 type species: *Nonionina subgranosa* Egger, 1857, OD.
Criboelphidium (*Rimelphidium*) Voloshinova, 1958; type species: *Elphidium vulgare* var. *vulgare* Voloshinova, in Voloshinova and Dain, 1952, OD.

Canalifera (*Criptocanalifera*) Krasheninnikov, 1960; type species: *Canalifera* (*Criptocanalifera*) *clara* Krasheninnikov, OD.
Retroelphidium Voloshinova, in Voloshinova et al., 1970; type species: *Elphidium longipontis* Schedrina, 1962; OD.
Toddinela Gudina and Levchuk, 1983, type species: *Elphidium?* *Ustulatum* Todd, 1957; OD.

Género *Elphidiella* Cushman, 1936

***Elphidiella* sp.**

Sinonimia: Type species: *Polystomella arctica* Parker and Jones, in Brady, 1864; OD.
Elphidiella Cushman, 1936. *Saidovella* Voloshinova and Kunetsova, in Voloshinova et al., 1970; type species: *Saidovella okhotica* Voloshinova and Kuznetsova, in Voloshinova et al., 1970; type species: *Elphidium gorbunovi* Schedrina, 1946; OD.
¿ *Cryptoelphidiella* Feyling-Hansen, in Feyling-Hansen et al., 1971; type species: *Cryptoelphidiella itriaensis* Feyling-Hansen, 1971; OD.

Género *Elphidium* de Montfort, 1808

***Elphidium* sp.**

Sinonimia: Type species: *Nautilus macellus* var. β Fitchel and Moll, 1798 (OD).
Elphidium de Montfort, 1808
Andromedes de Montfort, 1808, type species: *Nautilus strigillatus* var. α Fitchel and Moll; OD.
Geophonus de Montfort, 1808; type species: *Nautilus macellus* var. γ Fitchel and Moll, 1798, OD (M).
Sporilus de Montfort, 1808; type species:
Nautilus strigillatus var. β Fitchel and Moll, 1798= *Nautilus macellus* Fitchel and Moll; OD(M).
Themeon de Montfort, 1808; type species: *Themeon rigatus* de Montfort, 1808= *Nautilus crispus* Linné, 1758 OD (M).
Cellanthus de Montfort, 1808; type species: *Nautilus craticulatus* Fitchel and Moll, 1798. OD.
Vorticialis Lamarck, 1812; type species: *Nautilus craticulatus* Fitchel and Moll, 1798; SD Galloway and Wissler, 1927.
Polystomella Lamarck, 1822; type species: *Nautilus crispus* Linné, 1758; SD Children, 1823.
Polystomatium Ehrenberg, 1839, type species: *Nautilus strigillatus* Fitchel and Moll, 1798; Ehrenberg, 1840.
Cellulia Agassiz, 1884 (err. emend.).
Helicoza Möbius, 1880; type species: *Nautilus craticulatus* Fitchel and Moll, 1798;
Polystomela (*Elphidium*) Yabe and Hanzawa, 1929, (nom. transl.).
Carpenterella Krashenninikov, 1953 (non *Carpenterella* Collenette, 1933, nec Bermúdez, 1949); type species: *Nautilus craticulatus* Fitchel and Moll, 1798, OD.
Canalifera Krasheninnikov, 1953 (name not available, ICZN Art. 13 (a) (i); no description).
Faujasinella Voloshinova, 1958.; type species: *Elphidium semiinvolutum* Myatlyuk, in Dabagyan, Myatlyuk and Pishvanova, 1956 (as *semiinvoluta*); OD.
Planoelphidium Voloshinova, 1958, type species: *Polystomella laminata* Terquem, 1878, OD.
Canalifera Krasheninnikov, 1960; type species: *Elphidium eichwaldi* Bogdanovich, in Serova, 1955; OD.
Perfectononion Voloshinova and Leonenko, in Voloshinova et al., 1970; type species: *Elphidium incertum* (Williamson) var. *obscurum* Voloshinova, in Voloshinova and Petrov, 1939 (as var. *obscura*); OD