

03067

1
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado
del Colegio de Ciencias y Humanidades
Proyecto Académico Especialización, Maestría
y Doctorado en Ciencias del Mar

**"ESTUDIO MICROPALAEONTOLOGICO DE
LA ZONA DE VENTILAS HIDROTERMALES
DE LA CUENCA DE GUAYMAS, MEXICO"**

TESIS QUE PRESENTA

ADRIANA LILIA AYALA LOPEZ

PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR
(ESPECIALIDAD OCEANOGRAFIA BIOLOGICA Y PESQUERA)

TESIS CON
FALTA DE PAGOS

MEXICO, 1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

"ESTUDIO MICROPALEONTOLOGICO DE LA ZONA DE VENTILAS HIDROTERMALES DE LA CUENCA DE GUAYMAS, MEXICO"

C O N T E N I D O

**RESUMEN
ABSTRACT**

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

I) SISTEMAS HIDROTERMALES

- 1.1. Características Geológicas
- 1.2. Características Físico-Químicas
- 1.3. Características Biológicas
- 1.4. Importancia de las Ventilas Hidrotermales

II) AREA DE ESTUDIO

- 2.1. Golfo de California
- 2.2. Cuenca de Guaymas
- 2.2.1. Sistemas Hidrotermales
- 2.2.2. Comunidades asociadas a las Ventilas Hidrotermales

III) ESTUDIOS PREVIOS DE FORAMINIFEROS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

MATERIALES Y METODOS

I) MUESTREO

II) TRABAJO DE LABORATORIO

III) MANEJO DE DATOS

- 1) Análisis Cluster
- 2) Análisis de Factores
- 3) Análisis Multivariado Gráfico

RESULTADOS E INTERPRETACION

I) Muestras Superficiales

- 1.1 Análisis Cluster
- 1.2 Análisis de Factores
- 1.3 Análisis Multivariado Gráfico

II) Muestras Subsuperficiales

CONCLUSIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

TABLAS:

- Tabla 1. Composición de los Flujos Hidrotermales en cuatro sitios de actividad hidrotermal y del agua de mar ambiental (Tomado de Grassle, 1986)
- Tabla 2. Lista de las estaciones estudiadas y niveles de submuestreo.
- Tabla 3. Lista de estaciones que se incluyeron en el análisis estadístico mostrando: a) posición geográfica dada en coordenadas X-Y del Sistema Trisponder; b) Ambiente observado al momento de la colecta.
- Tabla 4. Lista de especies de foraminíferos bentónicos y sus índices de similitud entre biocenosis y tanatocenosis, de acuerdo con el Análisis Cluster Modo R.
- Tabla 5. Lista de especies de foraminíferos bentónicos que muestran afinidad entre su biocenosis y su tanatocenosis de acuerdo al Análisis Cluster modo R. Estas especies son denominadas "especies significativas".
- Tabla 6. Estandarización de los datos obtenidos del análisis de factores modo Q (Anexo 3) para su utilización en el Análisis Multivariado Gráfico.
- Tabla 7. Agrupación de cada estación con los factores obtenidos en el Análisis Matemático para los tres casos estudiados.
- Tabla 8. Resultados del Análisis de Factores en donde se muestra la matriz "varimax" (modo rotacional) de Factores (Estructurada a partir del Anexo 3).
- Tabla 9. Resultados del Análisis de Cluster modo R mostrando el coeficiente de similitud entre las especies y cada agrupación (definida por el Análisis de Factores modo Q).
- Tabla 10. Datos de abundancia (No. de individuos/gr) de foraminíferos bentónicos, ostrácodos, radiolarios y foraminíferos planctónicos por estación; y datos de abundancia relativa (%) de diatomeas por estación.
- Tabla 11. Agrupación de cada estación en los diferentes niveles (superficial, intermedio e inferior) con los factores obtenidos mediante el análisis matemático.

ANEXOS:

Anexo 1. Principales Taxa identificados en los Ambientes Hidrotermales.

Anexo 2. Lista de Especies de Referencia.

Anexo 3. Resultados del Análisis de Factores en donde se muestra la matriz "varimax" (modo rotacional) de Factores para muestras de los niveles superficial, medio (M) e inferior (I).

Anexo 4. Relación de: a) abundancia absoluta (No. de individuos/gr) de foraminíferos bentónicos, ostrácodos, radiolarios y foraminíferos planctónicos; y b) abundancia relativa (%) de diatomeas para las estaciones submuestreadas en los niveles: superficial (S), medio (M) e inferior (I) de los sedimentos.

Anexo 5. Lista de estaciones con pocos foraminíferos (menos de 16) y su localización referida a las coordenadas X-Y del sistema trisponder.

Anexo 6. Lista de las localidades de referencia en el área de estudio y su ubicación referida a las coordenadas X-Y del sistema trisponder.

Anexo 7. Abundancia relativa (%) de *Trochamina* sp, *Bulimina mexicana* y *Bulimina spinosa* para cada estación.

Anexo 8. Índice de diversidad de cada estación en sus dos modalidades: A) considerando sólo individuos vivos y B) considerando individuos vivos y muertos.

FIGURAS:

Figura 1. Esquema que muestra la estructura de las ventilas o chimeneas hidrotermales. El color del fluido dependerá de la concentración de los elementos diluidos.

Figura 2. Diagrama que muestra el proceso químico inorgánico que ocurre en sitios de ventilas calientes y tibias.

Figura 3. Diagrama que ilustra las comunidades que se desarrollan alrededor de los sitios de actividad hidrotermal.

Figura 4. Localización geográfica del Golfo de California y la Cuenca de Guaymas.

Figura 5. a) Mapa de la Cuenca de Guaymas, con la localización de las depresiones norte y sur y los depósitos hidrotermales; b) Mapa batimétrico y estructural de la depresión sur mostrando la distribución de depósitos hidrotermales.

- Figura 6. Localización de las estaciones de muestreo con respecto a las coordenadas geográficas y el sistema de coordenadas X-Y (trispónder).
- Figura 7. Relación de la composición factorial de cada estación con el microambiente asociado al momento de la colecta.
- Figura 8. Relación de la composición factorial de cada estación con el área geográfica (Lutz Town o Angel Rock) y el microambiente asociado.
- Figura 9. Relación de la composición factorial de cada estación con la abundancia (No. total de individuos por gramo) de: a) foraminíferos bentónicos y b) ostrácodos.
- Figura 10. Relación de la composición factorial de cada estación con la abundancia relativa (%) de diatomeas.
- Figura 11. Relación de la composición factorial de cada estación con la abundancia (No. total de individuos por gramo) de: a) radiolarios y b) foraminíferos planctónicos.
- Figura 12. Relación de la composición factorial de cada muestra con la abundancia relativa (%) de *Trochamina* sp.
- Figura 13. Relación de la composición factorial de cada muestra con la abundancia relativa (%) de *Bulimina spinosa*.
- Figura 14. Relación de la composición factorial de cada muestra con la abundancia relativa (%) de *Bulimina mexicana*.
- Figura 15. Relación de la composición factorial de cada estación y el "microambiente" asociado con valores de diversidad para: a) sólo individuos vivos y b) individuos vivos y muertos.
- Figura 16. Diagrama que sugiere la disposición de los "microambientes" en una localidad hidrotermal.
- Figura 17. Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con los microambientes (factores).
- Figura 18. Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia (No. total de individuos por gramo) de foraminíferos bentónicos.
- Figura 19. Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia (No. total de individuos por gramo) de radiolarios.

Figura 20. Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia relativa (%) de diatomeas.

Figura 21. Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia (No. total de individuos por gramo) de foraminíferos planctónicos.

Figura 22. Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia (No. total de individuos por gramo) de ostrácodos.

RESUMEN

"ESTUDIO MICROPALAEONTOLOGICO DE LA ZONA DE VENTILAS HIDROTERMALES DE LA CUENCA DE GUAYMAS, MEXICO"

Para describir "microambientes" en una región hidrotermal en la Cuenca de Guaymas, México, se realizó un análisis micropaleontológico de 40 muestras de sedimentos. Estos microambientes se definieron a través de un análisis matemático de la biocenosis y de la tanatocenosis de foraminíferos bentónicos. Los resultados de este análisis se correlacionaron con la biogeografía de diatomeas, radiolarios, foraminíferos planctónicos y ostrácodos, con base en un análisis multivariado gráfico, para definir detalladamente los microambientes hidrotermales.

Los microambientes definidos son: 1) el "hidrotermal", en el cual los foraminíferos bentónicos *Bulimina mexicana* y *Cassidulina* sp.c.f *C. subglobosa* son capaces de convivir con el molusco *Calyptogena pacifica*; 2) el "bacteriano", en el cual son característicos *Trochamina* sp y *Cornuspira* sp; y 3) el "frío", alejado de la influencia directa del flujo hidrotermal, en el que son característicos los foraminíferos bentónicos: *Bulimina spinosa*, *Cibicides* sp y *Bolivina seminuda*.

Todas estas asociaciones de foraminíferos, son diferentes a otras que viven en la Cuenca de Guaymas, pero que no tienen ninguna influencia hidrotermal. En estas, *Uvigerina peregrina* y *Buliminella tenuata* son especies comunes.

Las muestras subsuperficiales apoyan lo encontrado para las muestras superficiales, las condiciones ambientales más drásticas para la supervivencia y preservación de microfauna son las del "microambiente hidrotermal", luego el "bacteriano" y finalmente el "frío".

ABSTRACT

"MICROPALAEONTOLOGY OF THE HIDROTHERMAL VENTS FROM THE GUAYMAS BASIN, MEXICO"

A micropaleontologic analysis of 40 sedimentary samples from a hydrothermal region, in the Guaymas Basin, Gulf of California, Mexico, was carried out to describe microenvironments. These microenvironments are enhanced through a mathematical analysis of the benthic foraminifera biocenosis and thanatocenosis. The results of such analysis are correlated with a gross biogeography of diatoms, radiolaria, planctonic foraminifera and ostracods through a graphic-multivariate analysis, and a better picture of the "hydrothermal microenvironments" is defined.

The microenvironments defined: 1) "hydrothermal environment" in which the benthic foraminifera *Bulimina mexicana* and *Cassidulina* sp.cf. *C. subglobosa* are able to live together with the mollusk *Calyptogena pacifica*; 2) "bacterial environment" in which *Trochamina* sp and *Cornuspira* sp are characteristic, and 3) "cool environment" further out from the direct hydrothermal influence in which the benthic foraminifera *Bulimina spinosa*, *Cibicides* sp and *Bolivina seminuda* are characteristic.

All these benthic foraminiferal assemblages, are different to other assemblages which live in the Guaymas Basin but do not have any hydrothermal influence: *Uvigerina peregrina* and *Buliminella tenuata* are common here.

Analysis of subbottom samples show the same behavior as superficial samples: the more drastic environmental conditions, for the survival and preservation of microfauna, are those of the "hydrothermal" microenvironment, then the "bacterial" and finally the "cool".

INTRODUCCION

El descubrimiento de las ventilas hidrotermales en 1977, como resultado de las investigaciones realizadas en la Dorsal de las Galápagos (Ballard, 1984), significó el inicio de numerosos estudios interdisciplinarios en diferentes sitios donde se observa dispersión del piso marino (Jannasch y Mottl, 1985).

En particular, las ventilas hidrotermales de la Cuenca de Guaymas, descubiertas en 1980 (Lonsdale et al, 1980), han sido objeto de atención por muchos investigadores, porque ocurren en sitios con un alto aporte de sedimento, resultado de los grandes florecimientos de plancton en la superficie y erosión turbidítica. Esto propicia condiciones ambientales especiales, que contrastan con las encontradas en otros sitios de actividad hidrotermal dentro de centros de dispersión del piso oceánico.

En 1985 se estableció un convenio de colaboración entre el Instituto de Ciencias del Mar (UNAM) y el Instituto Oceanográfico Woods Hole de EUA para el estudio multidisciplinario de las ventilas hidrotermales de la Cuenca de Guaymas, con la participación de investigadores de alto prestigio de Estados Unidos, Canadá, Francia y México.

Las actividades realizadas incluyeron inmersiones a bordo del sumergible "ALVIN" en una zona de ventilas hidrotermales para tomar muestras que fueron estudiadas por los diferentes grupos de trabajo. En particular, se efectuó un primer estudio sobre los foraminíferos bentónicos de las ventilas hidrotermales (Molina-Cruz y Ayala-López, 1988).

Los resultados obtenidos indicaron que hay especies de foraminíferos bentónicos cuya distribución es influenciada por la actividad hidrotermal; sin embargo, la información obtenida fue muy puntual, pues provino de un sólo sitio de actividad hidrotermal, por lo que no fue posible hacer una generalización de la influencia de las ventilas hidrotermales sobre los foraminíferos bentónicos. Respecto a la presencia de restos de otros grupos afines en estos ambientes, aún no se ha reportado nada.

Por tal motivo, ante la posibilidad de estudiar más muestras y tener acceso a mayor información, se plantearon los siguientes objetivos:

- a) Conocer la fauna de foraminíferos asociada a sitios de influencia hidrotermal, considerando varias localidades.
- b) Proporcionar mayor información respecto a la transición de biocenosis a tanatocenosis de los foraminíferos bentónicos encontrados en las inmediaciones del flujo hidrotermal.
- c) Definir y caracterizar "microambientes" alrededor del flujo hidrotermal, mediante la distribución de conjuntos de foraminíferos bentónicos y así inferir sus características.

d) Estudiar la distribución geográfico-local de los restos de otros grupos (foraminíferos planctónicos, radiolarios, diatomeas y ostrácodos) en estos ambientes, para obtener información respecto al efecto de estas ventilas en el carácter deposicional del área.

e) Conocer si la distribución de testas de foraminíferos (tanatocenosis) es influenciada, por procesos de disolución.

f) Describir algunos aspectos de la evolución de las ventilas hidrotermales, mediante el estudio de su influencia sobre los foraminíferos bentónicos.

Con el fin de cubrir estos objetivos se llevó a cabo un nuevo análisis, empleando un mayor número de muestras, extendiendo la cobertura regional y correlacionando los datos con parámetros ambientales y sedimentarios.

Además de los foraminíferos bentónicos, se analizó material planctónico, cuya distribución debe estar más influenciada por aspectos sedimentarios, que por los de tipo ecológico.

Este trabajo permitió analizar la relación entre los microambientes y la abundancia de algunos foraminíferos bentónicos y otros grupos relacionados; y por lo tanto fue también posible complementar la información respecto al comportamiento de algunas especies de foraminíferos bentónicos.

Este estudio forma parte del proyecto "Evolución Oceanográfica del Golfo de California" parte II y tuvo patrocinio parcial de CONACYT, mediante el convenio PCCNCNA-031523.

ANTECEDENTES

1) SISTEMAS HIDROTERMALES

Los sistemas de ventilas hidrotermales se descubrieron en 1977 durante las investigaciones sobre los procesos tectónicos responsables de la formación de nuevo piso oceánico en la Cordillera Meso-oceánica del Pacífico Oriental (Ballard, 1984).

El descubrimiento de las ventilas despertó gran interés entre los investigadores, pues incrementó la información sobre las características del piso marino a lo largo de las grandes cordilleras meso-oceánicas y también sobre la ecología y evolución de los sistemas vivos que habitan a grandes profundidades. Debido a que en estos sistemas complejos, se presentan características geológicas, físico-químicas y biológicas muy particulares (Soto y Molina-Cruz, 1986), se han llevado a cabo numerosas investigaciones, por ejemplo: a) geológicas y geoquímicas (Edmond, 1984; Edmond y von Damm, 1985; Crane, 1985) b) bioquímicas y fisiológicas (Rau, 1985; Felbeck et al, 1985) c) químicas (Campbell y Gieskes, 1984), d) Ecológicas (Grassle, 1984; Grassle et al, 1985; Enright et al, 1981), etc.

Las principales características de estos sistemas se describen a continuación:

1.1 Características Geológicas

Las cordilleras meso-oceánicas son porciones del piso marino en donde emanaciones de magma proveniente del manto forman nueva corteza oceánica. Después de que la nueva corteza se enfría, se desarrollan grietas y fisuras en la roca basáltica (magma solidificado) durante el proceso distensivo continuo de las cordilleras. El agua de mar fría penetra y se filtra a profundidades de varios kilómetros a través de estas aberturas y se calienta por contacto con la roca alcanzando temperaturas de hasta 400 grados centígrados; se vuelve más ligera y emana a través de las aberturas a lo largo de la cordillera (Lutz y Hessler, 1983). Debido a que la emanación al escapar del fondo del mar forma un rasgo morfológico parecido a una ventila o una chimenea, este fenómeno recibe el nombre de ventilas o chimeneas hidrotermales. (Fig. 1)

En los sitios de distensión oceánica es común la actividad hidrotermal; por ejemplo en la Dorsal de las Galápagos, en la Dorsal del Pacífico Oriental, a los 21° N, en la Cuenca de Guaymas, etc. (Kastner, 1982).

En las ventilas hidrotermales, la circulación de soluciones acuosas calientes induce intercambios químicos y térmicos entre el océano y la corteza oceánica: ciertos elementos y compuestos como el magnesio y los sulfatos son removidos del agua y transferidos a la corteza. Otros elementos, como el litio, el potasio, el calcio, el bario y los metales como el cobre, el hierro, el manganeso y el zinc son disueltos de la corteza y transferidos al agua de mar circulante, volviéndola una solución rica en metales. En esta solución se forman

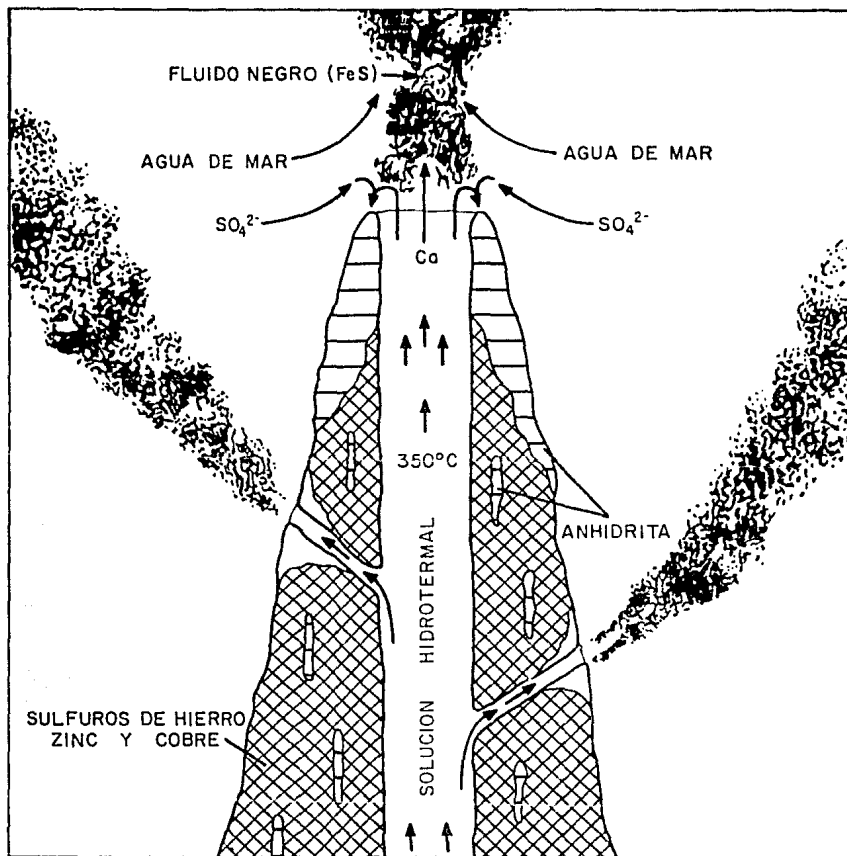


FIGURA 1: Esquema que muestra la estructura de las ventilas o chimeneas hidrotermales. El color del fluido dependerá de la concentración de los elementos diluïdos (Edmond, 1984).

sulfuros, hidróxidos y silicatos de fierro y manganeso que posteriormente se precipitan y por lo tanto, las áreas de chimeneas hidrotermales, se caracterizan por presentar temperaturas y concentraciones de minerales mayores a las del resto de las profundidades submarinas (Rona, 1982).

En estos sistemas el tipo de sedimentos depositados dependerá de la combinación de las fuentes de aporte y la actividad orgánica del lugar; pero todos ellos manifestarán, en común: incremento en temperatura y composición similar del fluido hidrotermal.

La actividad hidrotermal en un sitio aparentemente no es siempre perenne. Esta situación provoca la muerte de la comunidad asociada y en consecuencia explica porque hay muchas áreas donde se encuentran conchas vacías del molusco: *Calyptogena* (Ballard et al, 1982). Se deduce que en cada uno de estos sitios, la circulación hidrotermal se detuvo dentro de los últimos 15 años, ya que las conchas de este molusco tardan cerca de 15 años para disolverse (Lutz et al., 1983; Turner y Lutz, 1984). El desvanecimiento del flujo hidrotermal, deducido mediante estimación de la pérdida de calor en las ventilas, a través del tiempo, y la disminución de grandes acumulaciones de precipitados hidrotermales permiten deducir un tiempo de vida media, actualmente calculado, de décadas o menos (Grassle, 1985). El fluido hidrotermal es "ligeramente ácido" ($\text{pH}=3$) (Lutz, 1985), lo que aunado con las altas temperaturas, propicia una disolución de los carbonatos presentes en el ambiente. Esto se ha comprobado de manera experimental en conchas de moluscos embebidas en una resina plástica, que es pulida y colocada en el ambiente hidrotermal por un determinado tiempo, para después ser recuperado y analizar la cantidad de material disuelto (Lutz et al, 1983; Turner y Lutz, 1984). Algo similar se sugiere pudiera estar ocurriendo con los foraminíferos bentónicos (Molina-Cruz y Ayala-López, 1988).

Recientemente, se descubrieron depósitos fósiles de ventilas hidrotermales en Silvermines, Irlanda, identificándose fósiles asociados a montículos y chimeneas, en depósitos sulfurosos, dentro del complejo ofiolítico de Chipre y Omán. Estas formas de vida son similares a las que colonizan ventilas activas en la Dorsal del Pacífico Oriental. Banks (1985) y Haymon et al (1984) reportaron un fósil encontrado en chimeneas de piritita, similar a un gusano, con una edad de 350 millones de años.

1.2 Características Físico-químicas

Cuando el agua de mar pasa a través de los sistemas hidrotermales, algunos de sus iones, como el calcio, el magnesio y los sulfatos se precipitan fuera de la solución, mientras que otras reaccionan con la roca basáltica caliente en las capas exteriores de la corteza, para producir precipitados minerales y una solución hidrotermal metalífera ácida ($\text{pH}=3$). Una reacción de gran importancia para los sistemas biológicos, es la del sulfato del agua de mar circundante con el fierro en la roca, para producir grandes cantidades de ácido sulfhídrico y óxidos de fierro. Estos elementos y compuestos, son transportados hacia el exterior con el agua caliente, la cual se enfría y se mezcla con el agua circundante, resultando una precipitación de sulfuros metálicos y sulfato de calcio. Esto puede ocurrir

tanto en la superficie del piso marino o en las capas subsuperficiales, en donde ocurre una considerable mezcla con las aguas circundantes antes de llegar al piso oceánico.

Hay varios tipos de fumarolas o chimeneas: 1) "fumarolas negras", que se caracterizan porque de ellas emana un fluido negro que está compuesto de partículas finas de sulfuros de hierro que se precipitan posteriormente fuera de la solución. En éstas el fluido hidrotermal sale prácticamente sin diluir, a una temperatura de 350 grados centígrados. El hierro y manganeso, que están en altas concentraciones dentro de estas plumas térmicas, son oxidadas y caen como sedimentos metalíferos sobre grandes áreas del piso oceánico. Además, este fluido es rico en zinc, cobre, níquel, cobalto, cadmio, CO_2 , NH_4 , SiO_2 , y está desprovista de oxígeno y de nitratos. 2) "Fumarolas blancas", también llamadas "difusores", de las que sale un fluido más o menos diluido y cuya temperatura varía entre 150 y 270 grados centígrados.

Además de las "chimeneas", se ha observado que hay fisuras que emiten fluidos muy diluidos y cuya temperatura es de unas pocas decenas de grados (Figura 2). Esta agua es poco turbia, como resultado de su diferente índice de refracción respecto al agua de mar circundante (Laubier y Desbruyeres, 1985).

A pesar de que la composición de estos fluidos es similar en los diferentes sitios de actividad hidrotermal, se observan diferencias tangibles entre un lugar y otro (Tabla 1) (Grassle, 1986). Inclusive, cada sistema hidrotermal individual puede representar un habitat único para el crecimiento y producción de microorganismos y macrofauna parecida. Consecuentemente, cada ventila individual puede variar substancialmente de acuerdo a la temperatura del agua que sale entre 2.5 a 350 °C, contenido de oxígeno de 0 a 500 M, concentración de sulfatos de 0 a 1 mM, biomasa microbiana, actividad metabólica y producción potencial de carbón (Karl, 1985).

1.3 Características Biológicas

Estos ambientes se caracterizan por la presencia de una auténtica comunidad constituida por organismos de talla y morfología características, formando colonias exuberantes alrededor de las fuentes termales; este hecho contrasta de manera notoria con el aspecto casi desértico de los grandes fondos; por tal motivo los primeros observadores (geólogos y geoquímicos) utilizaron en sus descripciones términos como: el horno de conchas, el banco de mejillones, el jardín del Paraíso, y otras expresiones similares.

La presencia de estas comunidades en los sistemas hidrotermales causó gran interés entre los científicos, debido a que las condiciones ambientales son muy particulares: ausencia de luz, temperaturas aproximadas a los 2 grados centígrados, presiones mayores a 1000 bares, y emanaciones de fluidos calientes y generalmente tóxicos para los organismos (ácido sulfhídrico).

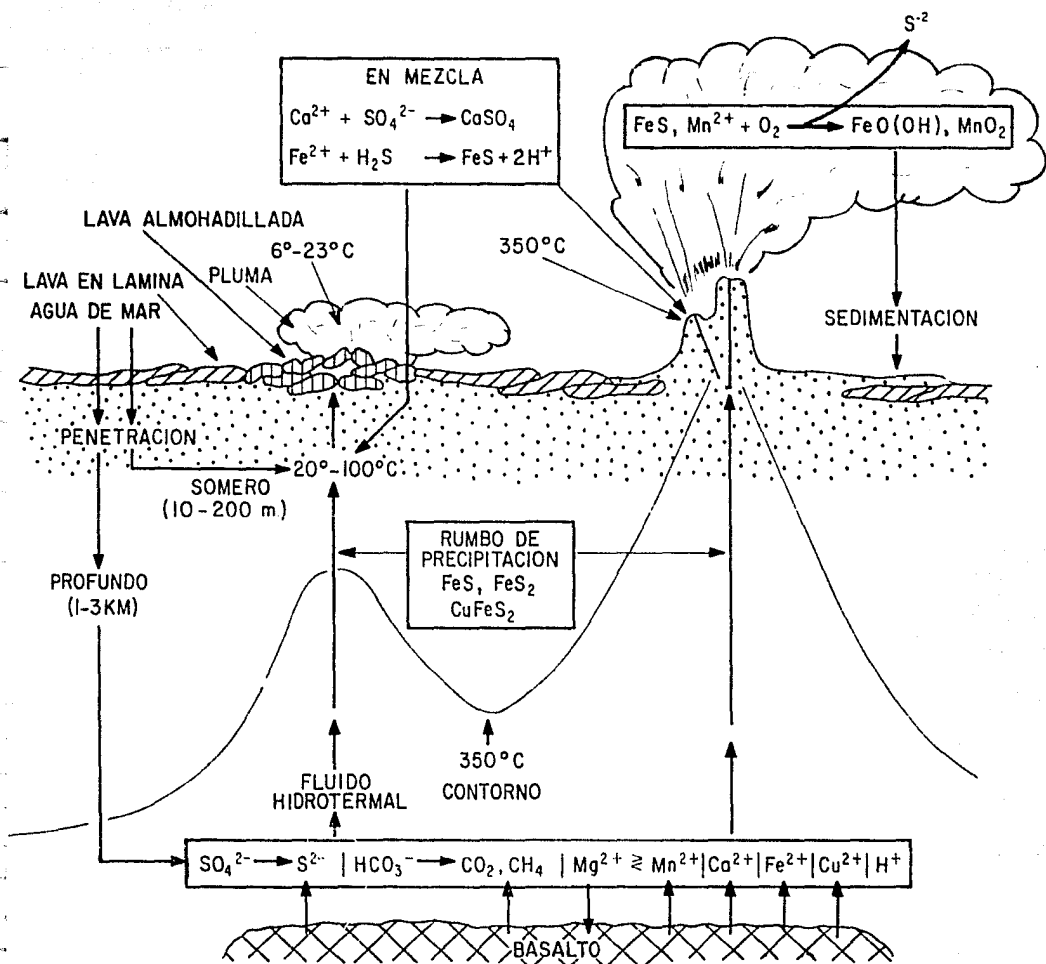


FIGURA 2: Diagrama que muestra el proceso químico inorgánico que ocurre en sitios de ventilas calientes y tibias (Jannasch y Mottl, 1985).

En los ambientes de mar profundo, las poblaciones presentan valores bajos de densidad y biomasa, además de que los procesos metabólicos, como crecimiento y colonización, son lentos comparados con los de ecosistemas de poca profundidad.

En contraste, los organismos de ventilas hidrotermales, que están en ambientes restringidos e inestables presentan altos valores de densidad y biomasa, baja diversidad específica y rápidas tasas de crecimiento y metabolismo.

Estas comunidades formadas por grandes gusanos, almejas, cangrejos, mejillones, etc, presentan un modo de alimentación que depende de la formación de compuestos orgánicos a partir de la actividad quimiosintética de bacterias sulfurosas, capaces de obtener energía química a partir de la oxidación de ácido sulfhídrico (Figura 3).

En la quimiosíntesis, la energía liberada a partir de la oxidación química de ciertos compuestos, como aquellos a base de sulfuros (H_2S , S_2 , S_2O_3) es usada por las bacterias para reducir el dióxido de carbono (CO_2) a carbono orgánico.

En los sistemas hidrotermales se han reconocido por lo menos 3 diferentes comunidades microbianas: a) poblaciones de vida libre, que probablemente viven dentro de las aguas calientes de la ventila y que por consiguiente están asociadas con los fluidos que son descargados. (Karl et al, 1980; Ruby et al, 1981 Ruby y Jannasch, 1982). ; b) carpetas bacterianas, creciendo en las superficies expuestas a las "plumas" (Jannasch y Wirsen, 1981) y c) asociaciones simbióticas de microorganismos y animales de las ventilas hidrotermales, como gusanos vestimentíferos, almejas gigantes y poliquetos (Cavanaugh et al, 1981; Desbruyeres et al, 1983).

Las bacterias proveen de alimento a la densa población de animales de estos sistemas, a partir de la utilización de la energía geotérmica. En algunos casos, la relación es más estrecha, pues se ha encontrado una relación simbiótica entre algunos de los organismos de las ventilas hidrotermales (*Riftia*, *Calyptogena* y mejillones) con las bacterias quimiosintéticas (Grassle, 1985). Aproximadamente el 75% de la biomasa de las ventilas hidrotermales está formada por taxa con bacterias quimioautotróficas en simbiosis.

Este tipo de comunidades, cuya base de la cadena alimenticia es la actividad quimiosintética de las bacterias, es muy interesante porque no depende de la fotosíntesis (Enright, 1981), sino de un fenómeno comparable. Del mismo modo que la luz y la fotosíntesis determinan la presencia y abundancia de vida en los continentes y en las aguas superficiales, la disponibilidad de ciertas fuentes de energía inorgánica y la quimiosíntesis controlan la abundancia de poblaciones en las ventilas hidrotermales de mar profundo (Jannasch, 1984).

A pesar que el descubrimiento de la quimiosíntesis tuvo lugar hace 100 años (Jannasch y Wirsen, 1985), no se había encontrado que este proceso contribuyera de manera importante a la producción primaria de algún sitio de la biósfera; sin embargo, con el

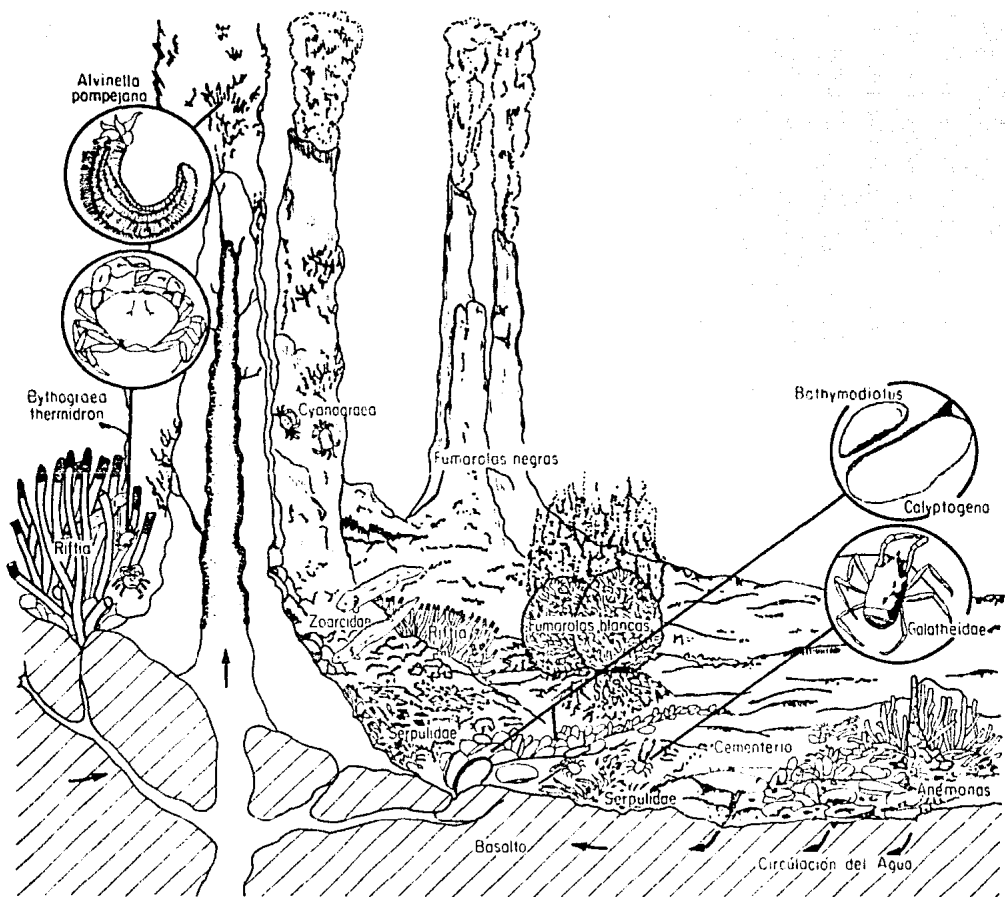


FIGURA 3: Diagrama que ilustra las comunidades que se desarrollan alrededor de los sitios de actividad hidrotermal (Laubier y Desbruyeres, 1985).

estudio de la Tectónica de Placas y dispersión del piso marino, se descubrió que esta quimiosíntesis microbiana puede, de hecho, proveer el soporte primario para ecosistemas completos, como es el caso de los que se encuentran asociados a las ventilas hidrotermales.

La organización general de estas comunidades puede resumirse de la siguiente manera: un conjunto relativamente variado de organismos, que podrían clasificarse como consumidores primarios, puesto que se alimentan de bacterias, forman la base de la cadena alimenticia y son explotados por un grupo relativamente pequeño de especies carnívoras.

Estudiando estas comunidades en diferentes zonas de actividad hidrotermal, se ha definido que tienen en común cinco características fundamentales:

1) poseen una riqueza (biomasa) considerable.

2) están estrechamente relacionadas con la presencia de los fluidos hidrotermales.

Las áreas de distribución de las especies forman como una serie de aureolas concéntricas alrededor de la fuente, en función de su tolerancia a la temperatura y a las características químicas de los fluidos. A unas decenas de metros de la fuente vuelve a presentarse el aspecto casi desértico del fondo oceánico. La existencia de "cementorios" de conchas de bivalvos en zonas en las que la actividad de las ventilas ha cesado, parece confirmar que la supervivencia de estas especies no es posible en ausencia de actividad hidrotermal.

3) Están constituidas por especies frecuentemente nuevas para la ciencia y son de gran tamaño en relación a algunas formas filogenéticamente próximas. Estas especies pertenecen por lo general a grupos actuales conocidos, aunque se han descubierto ejemplos de "Fósiles vivientes" u "Organismos pancrónicos".

4) La diversidad específica es relativamente baja, más baja que la que encontramos en poblaciones habituales a esas profundidades. En general se acepta que una baja diversidad específica revela un ecosistema joven, capaz de elevar su producción aunque esté sometido a condiciones físico-químicas fluctuantes.

5) En los diferentes sitios de actividad hidrotermal, la composición faunística de las poblaciones es relativamente la misma. Como principales componentes se encuentran, según Laubier y Desbruyeres (1985): el gusano Riftia, los anélidos poliquetos Alvinella y Paralvinella, y los moluscos decápodos Munidiopsis, Cynagrea y Bathygraea.

En el Anexo 1. se enlistan los principales taxa identificados en los sistemas hidrotermales.

De todos los animales que viven en las ventilas hidrotermales de mar profundo, sólo algunos pueden vivir directamente en el chorro de agua caliente: el gusano vestimentífera **Riftia pachyptila**, la almeja **Calyptogena magnifica** y un mejillón aún no descrito.

Estas 3 especies viven juntas en los campos hidrotermales, y son competidoras por el espacio en las zonas de salida de flúidos (Hessler et al, 1985). Sin embargo, estudios de ventilas en diferentes etapas, han mostrado que las poblaciones de gusanos requieren de un flujo más fuerte que las almejas y que los mejillones pueden sobrevivir aún en condiciones de flujo más débil.

Los organismos que habitan los sistemas hidrotermales han adoptado ciertas estrategias de adaptación de tipo anatómico, trófico, fisiológico, bioquímico y conductual que les han permitido colonizar en forma exitosa estas áreas. Un ejemplo de esto es el gusano Riftia pachyptila, desprovisto de aparato digestivo y que puede alcanzar hasta dos metros de largo y varios centímetros de diámetro. Este gusano se distribuye alrededor de las ventilas de agua termal de baja temperatura (20-30 °C) y tiene una relación simbiótica con bacterias sulfuro-oxidativas alojadas en sus tejidos (trofosoma). La función que desempeñan las bacterias es análoga a la de las algas zooxantelas que contienen los tejidos de los corales hermatípicos en arrecifes coralinos. Además, contiene una proteína de alto peso molecular, similar a la hemoglobina, que parece ser capaz de combinarse a grandes cantidades de sulfuros; protegiendo así, la acción de éstos sobre las enzimas de las cadenas respiratorias. Presenta además un sistema periférico de defensa contra la toxicidad de los sulfuros.

La almeja gigante Calyptogena magnifica, aloja bacterias simbióticas en sus branquias y al parecer también presenta un sistema periférico de defensa (Somero, 1984). Esta especie vive asociada al chorro de agua caliente debido a que necesita estar expuesta a agua suficientemente rica en sulfatos para soportar la producción primaria de las bacterias simbiotes (Jannasch y Wirsen, 1979). El hecho de encontrar fauna similar en diferentes sitios de actividad hidrotermal, muy alejados entre sí, implica alguna estrategia reproductiva y de dispersión de las especies que asegure la colonización de nuevas fuentes hidrotermales. A este respecto, los estudios sobre las conchas de mejillones, llegaron a la conclusión de que éstos presentan estadios larvarios planctónicos capaces de dispersarse a grandes distancias. Las investigaciones han demostrado que dichas larvas son capaces de permanecer en la columna de agua por períodos que van de varias semanas a varios meses (Lutz et al, 1980). La velocidad de las corrientes abisales observadas en un sitio 50 m arriba de la Dorsal del Pacífico Oriental fue de 18 cm/seg. Otras mediciones en profundidades comparables en el Pacífico fueron tan altas como 33 cm/seg. Asumiendo una existencia planctónica de varias semanas o meses, dichas corrientes son capaces de dispersar las larvas cientos o miles de kilómetros (Lutz et al, 1983).

Se han realizado muchos y muy variados estudios con los diferentes grupos taxonómicos encontrados (Grassle, 1984; Lutz y Hessler, 1983; Enright et al, 1981). Sin embargo, muy pocos investigadores han trabajado con organismos microscópicos, tales como los foraminíferos bentónicos (Molina-Cruz y Ayala-Lopez, 1988; Arnold et al, 1985). Los estudios de éste y otros grupos relacionados (radiolarios, ostrácodos y diatomeas) permitirán conocer aspectos ecológicos, de preservación y sedimentación en estos sistemas, así como de la evolución de los ambientes hidrotermales (paleoceanografía).

1.4 Importancia de las Ventilas Hidrotermales

Del estudio global de las ventilas hidrotermales, se resume que los descubrimientos más significativos son:

- 1) Las ventilas y los constituyentes químicos asociados proveen una fuente de energía para las bacterias quimiosintéticas, las cuales, a su vez, son los productores primarios que sostienen las exuberantes comunidades biológicas en los sitios hidrotermales.
- 2) Las ventilas son fuente importante de sedimentos y nódulos ricos en metales que cubren el piso oceánico; por consiguiente, también pudieron serlo de muchos depósitos minerales valiosos que se encuentran actualmente en los continentes debido a movimientos de las "placas tectónicas".
- 3) El contenido químico de los fluidos hidrotermales contribuye, aunque localmente y en baja proporción (aproximadamente 10%) a la composición química de los océanos y los sedimentos (Lutz, 1985).

Las comunidades de las ventilas hidrotermales son interesantes entre otras razones por lo siguiente: usan la energía geotermal como fuente principal para la producción primaria; se han encontrado muchas familias nuevas de animales y diferentes tipos de microorganismos (Grassle, 1986); se han descubierto procesos fisiológicos y bioquímicos en animales con simbiontes bacterianos; se ha observado que los animales de estos sitios tienen tasas de metabolismo, crecimiento y reproducción que contrastan con respecto a animales de otros sitios de mar profundo, y por las interacciones de especies que se da, en un sistema basado en bacterias. Estas comunidades ocupan puntos discretos, separados por grandes distancias a lo largo de sistemas de cordilleras que envuelven al globo. Estudios iniciales de genética de poblaciones, en algunas especies, indican poblaciones bien definidas conectadas por dispersión pasiva de larvas. Estos hallazgos sugieren que los oasis de ventilas hidrotermales son excelente material para estudios de ecología, genética, evolución y zoogeografía.

El descubrimiento de fuentes calientes, ricas en metales, en los centros de dispersión del piso oceánico, permiten conocer los procesos que han dado lugar a la formación de muchos depósitos hidrotermales antiguos encontrados ahora en tierra. Además, estos sitios son laboratorios naturales en donde los procesos de formación de minerales pueden ser observados directamente (Rona, 1982). En la Cuenca de Guaymas ha sido posible observar el proceso de formación de hidrocarburos (Lutz, 1985; Simmoneit, 1982).

El descubrimiento de estos sistemas complicados ha representado todo un reto de estudio para la ciencia en general, y en particular para la oceanografía; es un fenómeno cuyo estudio y comprensión es necesariamente de tipo interdisciplinario.

II) AREA DE ESTUDIO

2.1 GOLFO DE CALIFORNIA

El Golfo de California, en el cual se sitúa la Cuenca de Guaymas, se localiza en el noroeste de México, entre los 23° y 32° de latitud norte y los 107° y 117° de longitud oeste. Es un mar adyacente que está limitado al NW por la Península de Baja California y al SE por los estados de Sonora y Sinaloa. Su longitud aproximada es de 1400 km y su anchura promedio entre 100 y 150 km (Fig 4).

A través del Golfo de California se describe la frontera entre las placas de América del Norte y del Pacífico. La Península de Baja California se ha desplazado, junto con la placa del Pacífico, a una velocidad aproximada de 6 cm al año, durante los últimos 5 millones de años; por lo que se estima que desde que comenzó a formarse el Golfo, la península se ha desplazado 300 km hacia el noroeste a partir del lugar donde se separó del continente (Podrazhanski et al, 1990). La mayoría de los rasgos tectónicos y magnéticos del Golfo de California están cubiertos por sedimentos, debido a que en él desembocan el río Colorado y otros ríos que arrastran enorme cantidad de material sedimentario (Larson et al, 1968; Lawver et al, 1975).

A lo largo del Golfo, se encuentran una serie de fallas transformadas entre las que se encuentra la falla de San Andrés. En la desembocadura del Golfo, se observa la terminal septentrional de la Dorsal del Pacífico Oriental. De este modo, la estructura del Golfo, junto con la falla de San Andrés, forma la zona transfórmica general, por la que los desplazamientos relativos de las placas de América del Norte y del Pacífico se describen entre la Dorsal del Pacífico Oriental y la Dorsal de Juan de Fuca. Las fracturas en el fondo están representadas por escarpes o por profundos surcos. Entre las terminales de las fracturas se encuentran las profundas cuencas: Guaymas, Carmen, Farallón y Pescadero, que van sumergiéndose paulatinamente de norte a sur, de los 2000 a los 4000 metros. Bajo cada una de las cuencas yace corteza oceánica y cada una de ellas se originó durante los últimos 5 millones de años, a costa de la dispersión del basamento oceánico. Las fallas geológicas transformadas perpendiculares a los centros de dispersión, están dispuestas escalonadamente (en "echelon") (Larson et al, 1968; Vine, 1965; Moore, 1973; Henyey y Bischoff, 1973).

En el Golfo de California, a diferencia de lo observado en las dorsales oceánicas, las erupciones del piso marino son sepultadas por un rápido depósito de sedimentos de baja densidad; por lo tanto, la intrusión de diques y "sills" en lodos recientes, es un tipo de actividad ígnea comúnmente observada en las depresiones estructurales que corresponden a ejes de dispersión, en la mayoría de las cuencas (Lonsdale y Becker, 1985).

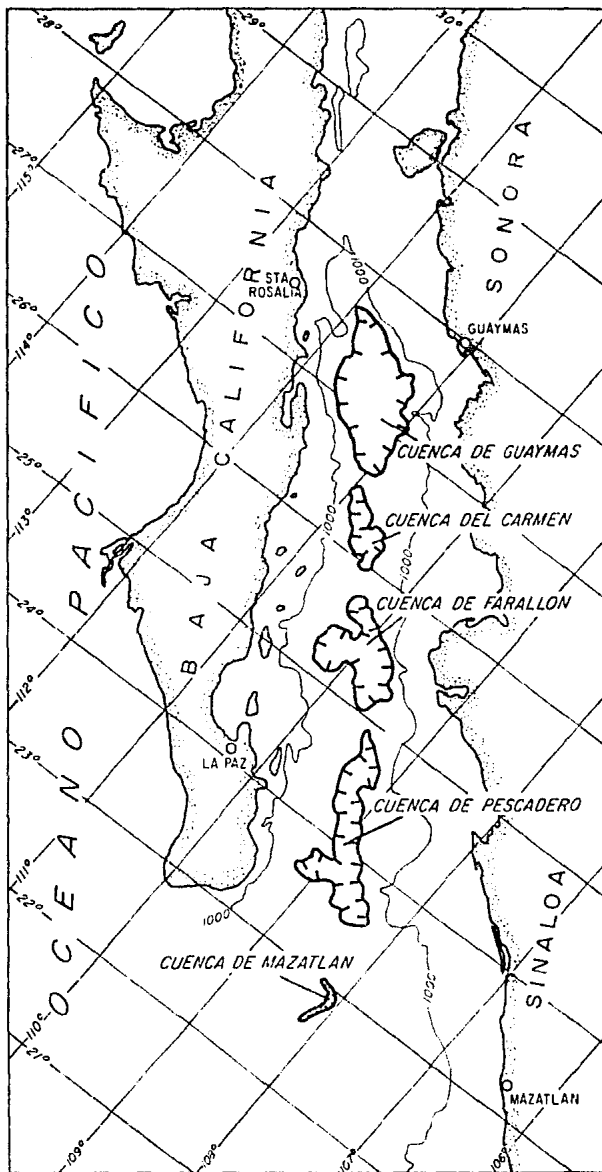


FIGURA 4: Localización geográfica del Golfo de California y la Cuenca de Guaymas (Campbell y Gieskes, 1984).

2.2 CUENCA DE GUAYMAS

La Cuenca de Guaymas, situada en el centro del Golfo, aproximadamente a los 27 grados de latitud norte, forma parte de este complejo sistema de dispersión y es una zona muy joven; ya que se formó durante los últimos 3.5 millones de años (Einsle et al, 1980). Esta cuenca se encuentra en proceso inicial de ruptura, lo que se manifiesta por la presencia de ventilas hidrotermales intrasedimentarias (Soto y Molina-Cruz, 1986).

La Cuenca de Guaymas tiene aproximadamente 240 km de largo por 60 km de ancho, una profundidad promedio de 2 km y contiene dos depresiones o trincheras en escalón sobrelapadas: la "Norte" y "Sur", que son centros de dispersión y que están separadas por una falla transformada central (Lonsdale et al, 1980; Lonsdale y Lawver, 1980) (Figura 5a).

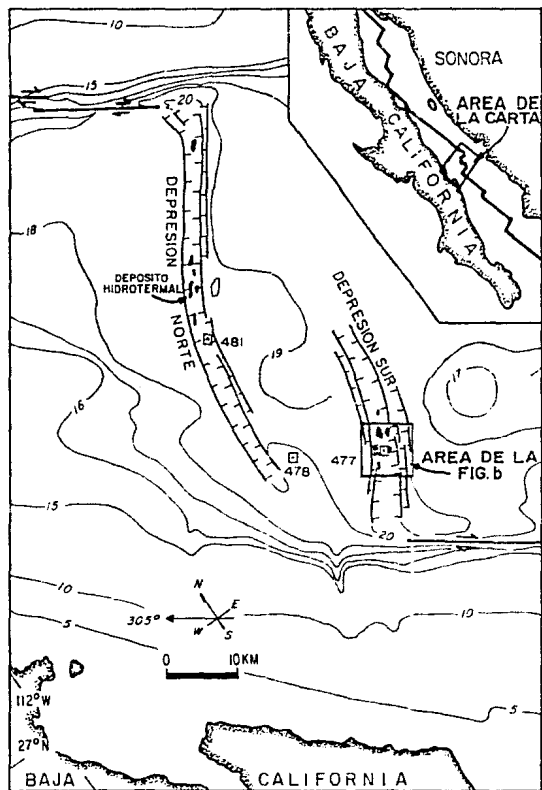
Ambas depresiones tienen valles de "fractura por acreción" de 3 a 5 km de ancho y están cubiertas por gruesas secciones de lodo turbidítico, compuesto por intercalaciones de ooos constituidos por diatomeas y lodos terrígenos (Koski et al, 1985). Estos materiales son depositados a una tasa de sedimentación muy rápida: 1 a 4m/1000 años (Personal Científico, DSDP, Leg 64, 1979), debido a la alta productividad biológica en las aguas superficiales y a la considerable afluencia de detritus terrígenos.

El agua de fondo que llena estos valles de "fractura por acreción" tiene una temperatura potencial de 2.75 grados centígrados y una concentración de oxígeno disuelto de 0.6 a 0.7 ml/l. Esta concentración es mucho menor que en profundidades comparables en el Océano Pacífico abierto, pero mayor que en el agua de fondo, que está sobre sedimentos laminados recientes y ricos en materia orgánica, dentro del Golfo de California (Calvert, 1964).

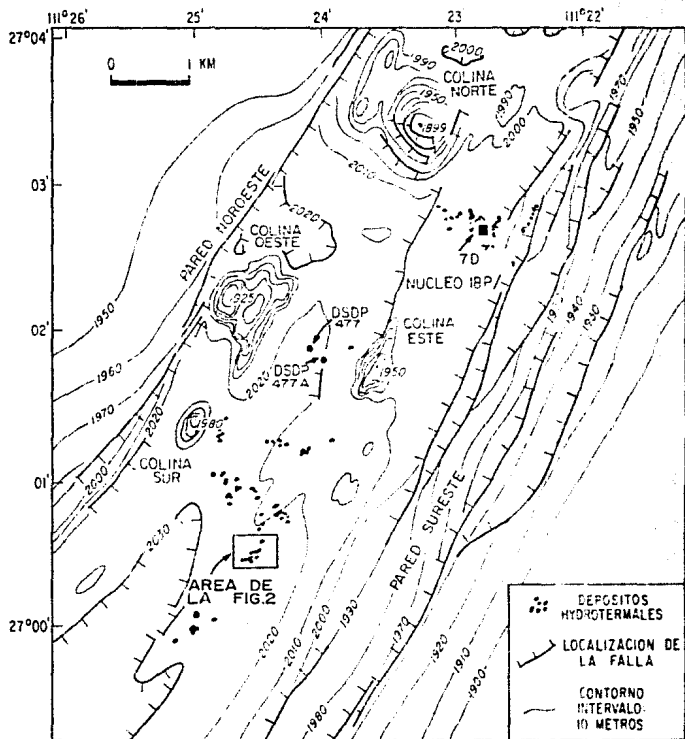
2.2.1 Sistema Hidrotermal

La descarga hidrotermal a través del piso de ambas depresiones en la Cuenca de Guaymas, fue descubierta por estudios de flujo de calor (Williams et al, 1979; Lawver et al, 1975; Lawver y Williams, 1979; von Helzen, 1963;), por estudios de anomalías magnéticas (Larson, 1972; Klitgord et al, 1974; Larson et al, 1968) y por estudios de la química del agua de fondo (Lupton, 1979; Campbell y Gieskes, 1984).

Mediante estudios de conductividad de flujo de calor y de contenido de helio en el agua de fondo, en las depresiones que marcan los ejes de dispersión en la Cuenca de Guaymas, se concluyó que ahí existen intrusiones de lava basáltica que forman el nuevo basamento oceánico y que éstas son enfriadas por una circulación hidrotermal que sale localmente, a través de una cubierta de sedimentos. Este fenómeno tiene un efecto pronunciado en la química de los fluidos hidrotermales que reaccionan con el basalto y los sedimentos (Gieskes et al, 1982; Von Damm y Edmond, 1982). Así, la interacción entre las intrusiones calientes y los sedimentos da como resultado: 1) grandes cambios en la



a)



b)

FIGURA 5: a) Mapa de la Cuenca de Guaymas, con la localización de las depresiones norte y sur y los depósitos hidrotermales (Lonsdale et al, 1980); b) Mapa batimétrico y estructural de la depresión sur mostrando la distribución de depósitos hidrotermales (Lonsdale y Lawver, 1980).

composición de los fluidos intersticiales produciendo un incremento de litio disuelto, cloruros, y magnesio; 2) alteración de la materia orgánica; 3) formación de minerales hidrotermales y 4) una gran reducción de la porosidad en las zonas de contacto entre los sedimentos y los diquestratos. El gran decremento en la porosidad, implica una migración importante de los fluidos intersticiales calientes fuera de los sedimentos.

Los constituyentes disueltos de los fluidos intersticiales que migran hacia arriba en los sedimentos, liberan suficiente material para la precipitación de grandes cantidades de silicatos de magnesio (como talco) y menores cantidades de compuestos de hierro y manganeso como óxidos o sulfatos, así como bajas proporciones de fosfatos y metales traza. Mientras las intrusiones se enfrían, la expulsión de las aguas intersticiales disminuye y finalmente cesa. Los depósitos hidrotermales formados en el piso marino son rápidamente enterrados por sedimentos más jóvenes y empieza una nueva actividad hidrotermal con intrusiones de magma más jóvenes que afectan a las secciones de sedimentos inalterados. Estas nuevas intrusiones tienden a desarrollarse en la superficie de las intrusiones más antiguas pues el magma penetra más fácilmente en sedimentos suaves que en los compactados por intrusiones antiguas (Einsele et al, 1980).

La presencia de las intrusiones subsuperficiales desvía la circulación hidrotermal, haciendo que el flujo hidrotermal ascendente se difunda y produzca así, diferentes ventilas que se distribuyen no precisamente en el eje central de dispersión. Las fuentes de fluidos hidrotermales en la Cuenca de Guaymas son de varios tipos, con diferentes temperaturas: chimeneas con orificios abiertos, chimeneas tapadas, montículos huecos o hundidos, cimas porosas y zonas de filtración de baja temperatura sin construcciones minerales. (Lonsdale y Becker, 1985).

Sin embargo, se definen 2 principales clases de sistemas hidrotermales en la fosa de Guaymas que son:

1) Aquella en la cual a través de las fisuras que contornean a la "fractura por acreción" ("rift"), el agua de mar desciende a una profundidad, donde se calienta al interactuar con las rocas circundantes. La composición de las soluciones que emergen a la superficie del fondo, así como las formaciones minerales que surgen bajo la influencia de ellas, en las rocas volcánicas, sedimentos y construcciones hidrotermales, indican que esas soluciones se elevaron a través de todo el espesor sedimentario, desde las profundidades de la base basáltica. Allí, a casi medio kilómetro de profundidad del espesor basáltico, al agua de mar, calentada hasta más de 300°, disuelve activamente muchos elementos químicos y se convierte en una solución metalífera.

El calentamiento posterior y la presión conducen a la reducción de la densidad, a la ebullición y la solución metalífera, saturada de elementos químicos y de vapor se precipita posteriormente en la superficie del fondo. Al pasar del espesor basáltico a la capa de sedimento, cambian las condiciones externas y aquí, en el límite basalto-sedimento, la solución precipita hierro, cobre, zinc y plomo, formando un depósito mineral

constantemente creciente. Aquí no termina el proceso convectivo, ya que las aguas hidrotermales, elevándose más arriba, se infiltran a través del espesor de los sedimentos, enriqueciéndose con elementos tales como K, Rb, Ca, Sr, Ba, y con hidrocarburos disueltos, formados de los restos orgánicos que se contienen en el grosor sedimentario. En el proceso de migración a través de los sedimentos, las aguas hidrotermales cambian su composición y, por último, después de perder considerable cantidad de metales y de enriquecerse con nuevos elementos, brotan a la superficie del fondo en forma de un chorro anómalo por su composición y característico para las depresiones cubiertas de sedimentos. En las formaciones hidrotermales de la superficie del fondo, se ha descubierto también un elevado contenido de ópalo, constituido principalmente por el sílice biogénico-pelágico disuelto y en menor proporción por el de origen cinerítico a partir de esquizilas de vidrio volcánico por la disolución parcial de partículas de cuarzo (Aguayo, 1984).

2) La segunda clase de sistemas hidrotermales está relacionada no tanto con la irrupción directa de las soluciones hipogénicas a la superficie, sino con el calentamiento de los sedimentos del fondo. En este caso, el calor que ingresa por abajo y que calienta el espesor sedimentario, altera el estado de equilibrio entre las fases líquida y sólida de los sedimentos, modificando también sus características químicas.

Los poros entre las partículas sólidas de los sedimentos de granos relativamente finos de la "fractura por acreción", son rellenados por agua intersticial en estado iónico, representando aproximadamente, el 50 % de su composición. El contenido de los elementos químicos en las aguas ionizadas, refleja cierto grado de equilibrio de esas dos fases: al calentarse los sedimentos, crece el contenido de muchos elementos químicos en las aguas intersticiales, ya que éstas se mineralizan más a costa de las partículas sólidas. Al mismo tiempo, los sedimentos se compactan y las aguas se exprimen y se trasladan a los horizontes superiores del espesor sedimentario, donde pueden encontrar salida a la superficie del fondo. La capa de sedimentos en la Cuenca de Guaymas llega a 500 metros. (Podrazhanski et al, 1990). Al conectarse el basalto fundido con los sedimentos surgen precisamente las soluciones hidrotermales de la segunda clase.

En las inmersiones realizadas con el sumergible ALVIN, en la depresión Sur, se han encontrado montículos hidrotermales que sobresalen cerca de 30 m por encima del sedimento plano.

2.2.2 Comunidades de las Ventilas Hidrotermales de la Cuenca de Guaymas

Desde el punto de vista biológico, la presencia de sedimentos suaves en la Cuenca de Guaymas, hace que las condiciones ambientales y la fauna asociada sean diferentes. Es común encontrar sedimentos superficiales diferentes en su aspecto visual como en su contenido faunístico; es decir, que las comunidades biológicas varíen mucho en distancias cortas (Grassle et al, 1985).

Los sedimentos suaves se caracterizan por la ocurrencia de gradientes ambientales verticales y horizontales agudos, en distancias cortas. En áreas cubiertas por sulfuros abundantes, se encuentran 3 especies de bivalvos, 2 especies de gasterópodos y 6 especies de poliquetos. El bivalvo más común es, *Calyptogena pacifica* (Cavanaugh, 1983; Childress y Mickel, 1982; Felback et al, 1981) y una especie de bivalvo "protobranquio", aún no descrita que se presenta en altas densidades en algunos parches sulfurosos. También hay grandes regiones cubiertas por carpetas bacterianas filamentosas, del género *Beggiatoa*. Estas se disponen sobre sedimentos, a través de los cuales fluyen los sulfuros. En estos sedimentos ocurren especies de poliquetos comunes a otras facies de las ventilas.

En las áreas en donde los sedimentos están saturados con hidrocarburos se encuentran dos nuevas especies de poliquetos: *Ophyrotrocha akessoni* Blake y *Ophyrotrocha platycephale* (Grassle, 1985; Laubier y Desbruyeres, 1985). La primera se encuentra también en la Dorsal de Galápagos y a 21° N en la Dorsal del Pacífico Oriental; mientras que la segunda especie sólo se ha encontrado en la Cuenca de Guaymas.

Estudios de densidad y abundancia de macrobiota en la Cuenca de Guaymas, indican reducción en densidad de especies, para muestras "control"; alejadas del flujo hidrotermal, sin petróleo, sin carpetas bacterianas y sin sulfatos. Para muestras tomadas en sedimentos con carpetas bacterianas y sulfuros los valores son más altos (Grassle, 1985). Los ambientes sulfurosos o con petróleo en la Cuenca de Guaymas, junto con las comunidades en la Dorsal Pacífica, 21° N, asociadas a sedimentos ricos en minerales, deben ser incluidos en la lista de los ambientes de mar profundo con un número reducido de especies. En estos ambientes, las perturbaciones inesperadas, poco frecuentes, pueden ser las responsables de la reducción del número de especies (Grassle, 1985).

La pequeña superficie-área ocupada por las comunidades de las ventilas, en relación con el área sin ventilas del fondo marino, a profundidades similares, puede también inhibir la evolución de grupos de diversas especies.

En Guaymas, es común observar grandes montículos con ventilas hidrotermales y densas agrupaciones del gusano *Riftia*. El sedimento alrededor de estos montículos, está moteado con parches cremosos de carpetas bacterianas y parches grises saturadas con petróleo (Grassle, 1984). Estos parches cremosos de carpetas bacterianas "filamentosas" (en su mayoría formadas de *Beggiatoa*), ocurren sobre los sedimentos suaves que huelen fuertemente a ácido sulfhídrico, mientras que los parches grises de petróleo, resultan de hidrocarburos formados por el calentamiento de los restos de organismos planctónicos en los sedimentos, a temperaturas de hasta 400° C. Se conoce poco sobre ciclos de vida, actividad microbiana, recursos y hábitos alimenticios de las comunidades de las regiones hidrotermales.

Estudios futuros de parámetros ambientales y ciclos de vida permitirán entender los procesos que intervienen en la estructuración de estas comunidades tan particulares (Grassle, 1985). Hay incluso algunos grupos, como los foraminíferos, cuyo estudio apenas

se inicia en estos complejos sistemas. Ayala-López (1987) y Molina-Cruz y Ayala López (1988) reportaron los resultados de un primer estudio en esta zona, empleando foraminíferos bentónicos.

Las ventilas hidrotermales de la Cuenca de Guaymas, son regiones con gran diversidad de ambientes y con gradientes ambientales verticales y horizontales muy marcados. A pesar de la gran variedad de estudios que ya se han llevado a cabo en esta región, aún quedan muchas preguntas sin responder.

III) ESTUDIOS PREVIOS DE FORAMINIFEROS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA

Los foraminíferos bentónicos se han utilizado para diversos estudios en el Golfo de California, México: Bandy (1961) estudió la distribución de foraminíferos, radiolarios y diatomeas en los sedimentos del Golfo de California. Brenner (1962) realizó estudios de zoogeografía de foraminíferos de aguas someras. Walton (1955) también trabajó con foraminíferos bentónicos. Phleger (1964) estudió los foraminíferos vivos del Golfo de California. Streeter en 1972 hizo una revisión de los trabajos de Phleger con foraminíferos bentónicos en el Golfo de California. Murray (1973) publicó un libro sobre distribución y Ecología de los foraminíferos bentónicos vivos e incluye un apartado sobre el Golfo de California. Rozo (1988) reconoció cambios paleoclimático-oceanográficos en la Boca del Golfo mediante el empleo de foraminíferos bentónicos. Diego y Molina-Cruz (1987) trabajaron "microfacies" bentónicas del Golfo de California.

En particular Matoba y Yamaguchi (1979), estudiaron los foraminíferos bentónicos en la Cuenca de Guaymas, aprovechando las perforaciones del Deep Sea Drilling Project. Los foraminíferos bentónicos de las ventilas hidrotermales de la Cuenca de Guaymas fueron estudiados por Ayala-López (1987) y por Molina-Cruz y Ayala-López (1988).

MATERIALES Y METODOS

La metodología empleada para este estudio se divide en 3 etapas:

- 1) muestreo
- 2) trabajo de laboratorio
- 3) manejo de datos

I. MUESTREO

Las muestras utilizadas en este trabajo fueron colectadas en la Cuenca de Guaymas, Golfo de California (Figura 4). El estudio comprendió 2 áreas: 1) área hidrotermal dentro de la Trinchera sur de la Cuenca de Guaymas (Figura 5a y b) y 2) área alejada del hidrotermalismo.

Las muestras en el área hidrotermal (Figura 6) fueron colectadas durante enero y febrero de 1988; utilizando para ello el B/O Atlantis II y el sumergible ALVIN, del Instituto Oceanográfico Woods Hole. En esta campaña participaron investigadores de diferentes instituciones de los Estados Unidos, Canadá y Francia; así como investigadores mexicanos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

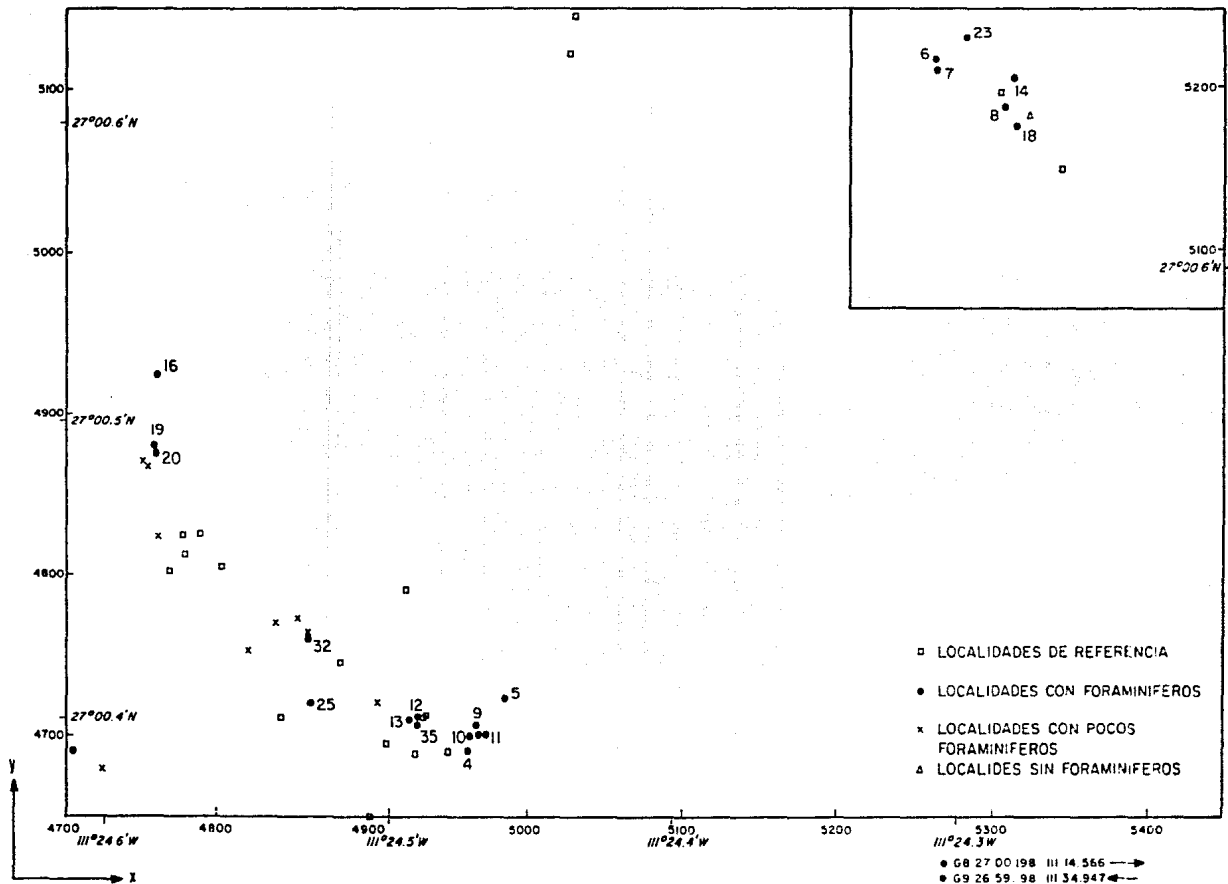
La autora de este trabajo participó en esta campaña oceanográfica y en una inmersión al área de estudio a bordo del sumergible ALVIN, para la recuperación de material sedimentario y control de experimentos de disolución que se llevaron a cabo "in situ".

Los núcleos de sedimentos fueron colectados por las personas que participaban en cada inmersión. Para ello se utilizaron tubos de plástico y un nucleador de Ekman de 225 cm³ modificado, conteniendo 4 subnúcleos (Grassle, 1985).

Los núcleos obtenidos se submuestrearon en todos los casos, obteniendo una muestra superficial (0 a 5 cm) y en algunos casos muestras de los niveles intermedio (10 a 15 cm) e inferior (20 a 25 cm), de aproximadamente 40 cm³.

Esta diferencia en el submuestreo, se debió a que en cada inmersión la persona responsable de tomar la muestra era diferente y no en todos los casos se siguieron las instrucciones que se habían dado para ello; por atender otras necesidades.

La Tabla 2 muestra la lista de estaciones y los niveles dentro del sedimento que se tomaron en cada caso. Fueron 40 muestras superficiales (0-5 cm), 23 "intermedias" (10-15 cm) y 9 del "nivel inferior" (20-25 cm).



22
 FIGURA 6: Localización de las estaciones de muestreo con respecto a las coordenadas geográficas y el sistema de coordenadas X-Y (trilaterado) (Estructurada a partir de la Tabla 3 y Anexos 5 y 6).

El muestreo sedimentario en el área hidrotermal, se incluyó como una actividad adicional a un plan prediseñado por el grupo extranjero, en el cual los objetivos de estudio fueron otros (geoquímicos y biológicos). En consecuencia, fue necesario utilizar el material disponible, el cual no siempre corresponde adecuadamente a los objetivos centrales de este trabajo.

Las muestras obtenidas fuera del área hidrotermal, pero dentro de la misma Cuenca de Guaymas, fueron colectadas con la finalidad de tener un punto de comparación en una región alejada de la influencia hidrotermal. En dicha área, se tomaron 2 núcleos sedimentarios, utilizando un nucleador de gravedad, a bordo del B/O "EL PUMA" de ICMYL-UNAM en febrero de 1991. (Tabla 2). El submuestreo se hizo de la misma manera que en el caso de las muestras del área hidrotermal. En ambos casos, las muestras superficiales (0-5 cm) se preservaron a bordo con formol al 4% y se tiñeron con el colorante Rosa de Bengala, agregándoseles también borato con el fin de neutralizar el formol.

El formol al 4% y el colorante Rosa de Bengala se agregaron con la finalidad de preservar y teñir el citoplasma de los ejemplares que estaban vivos en el momento de la colecta.

A las muestras de 10 a 15 y 20 a 25 cm no se les agregó nada. Todas las muestras se mantuvieron en el refrigerador a 4° C, hasta el momento de ser lavadas y estudiadas en el laboratorio.

II. TRABAJO DE LABORATORIO

El trabajo de laboratorio incluyó el estudio de los foraminíferos bentónicos presentes en los sedimentos recientes de la Cuenca de Guaymas. Se estudiaron poblaciones vivas (Biocenosis) y poblaciones muertas (Tanatocenosis), lo cual es necesario para hacer interpretaciones ecológicas entre cualquier grupo y el ambiente.

Adicional a esto, se consideró la abundancia total de testas de foraminíferos planctónicos, radiolarios, ostrácodos y diatomeas, para conocer algo de los principales procesos sedimentarios del área de estudio. Esto debido a que cuando los individuos mueren o se reproducen, las testas de estos microorganismos, ya sean planctónicos o bentónicos, se incorporan a los detritos que se acumulan en el fondo y se vuelven parte integral de los sedimentos, comportándose como un grano más sujeto a procesos sedimentarios y erosivos. Tales procesos se caracterizaran por las condiciones climático-sedimentarias presentes en una área determinada (Phleger, 1960).

Comúnmente, los restos de los grupos mencionados se acumulan en los sedimentos, ya que por tener testas de calcita (o aragonita) o sílice opalino, tienen la capacidad de preservarse a través de procesos de fosilización. Por otra parte, su importancia también radica en que son muy abundantes en sedimentos y rocas sedimentarias de casi todos los

ambientes marinos, desde el Precámbrico hasta el Reciente. Esto ha permitido su utilización para interpretaciones micropaleontológicas, paleoecológicas, bioestratigráficas y paleoceanográficas.

En este trabajo los términos "microfósiles" y micropaleontología" se emplean de manera convencional para hacer referencia a los grupos estudiados: foraminíferos, radiolarios, ostrácodos y diatomeas, a pesar de que se estudiaron sólo sedimentos recientes. Sin embargo para estudios futuros se pretende utilizarlos en interpretaciones paleoecológicas y paleoceanográficas.

El trabajo de rutina en el laboratorio fue el siguiente:

Las muestras fueron lavadas con agua corriente a través de un tamíz, con abertura de malla de 625 micras (0.0625 mm), con el propósito de eliminar el formol, el exceso de colorante, y las arcillas. Posteriormente, fueron vaciadas en una cápsula de porcelana y secadas en un horno a temperatura aproximada de 60° C.

Una vez seca la muestra, se procedió a su estudio en el microscopio estereoscópico de la siguiente manera:

a) se vació la muestra en portaobjetos de cartón especiales para estudios micropaleontológicos y se calculó que porcentaje de la muestra era ocupado por frústulas de diatomeas.

b) la muestra se fraccionó por medio de un cuarteador de Otto hasta obtener una alícuota con aproximadamente 300 ejemplares de foraminíferos bentónicos.

c) los ejemplares de foraminíferos bentónicos, foraminíferos planctónicos, ostrácodos y radiolarios fueron separados y colocados en los portaobjetos especiales.

d) se analizó el contenido de géneros y especies de foraminíferos bentónicos, utilizando para ello una lista de especies de referencia (Anexo 2), creada a partir de los trabajos de Ayala-López (1987) y Molina-Cruz y Ayala-López (1988) para el área de estudio. Con base en ella, se llevó a cabo el recuento y cálculo del porcentaje de individuos en una población total, para cada especie. A los ejemplares no identificados se les consideró en un sólo grupo. En cada caso se analizó el contenido de individuos vivos (teñidos) y muertos (no teñidos).

e) se hizo un recuento del número total de individuos de foraminíferos planctónicos, radiolarios y ostrácodos que se presentaban en cada muestra (No. de individuos por gramo).

Para estimar el número de individuos por gramo de sedimento (> a 62 micras), se tomó en cuenta la cantidad de muestra que se revisó respecto al peso total de la muestra y el número de individuos contados por fracción. Con estos datos, se calculó mediante reglas de tres, la cantidad de individuos por gramo de sedimento (> a 62 micras).

III. MANEJO DE DATOS

Con los datos cuantitativos, en particular las abundancias relativas de foraminíferos bentónicos, se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

3.1 Análisis Cluster.

Mediante este análisis se hacen mediciones de distancia o similitud entre todas las posibles parejas de variables. Aquellas variables que tengan el mayor grado de similitud se agrupan primero, luego las demás, hasta que todas las variables se apareen (Buzas, 1979).

Este método se utilizó en la forma R; es decir, comparando comportamiento de variables (en este caso especies), y no de estaciones de muestreo. En este estudio se consideraron a los individuos vivos como variables separadas de los muertos, con el fin de inferir que especies de foraminíferos bentónicos cambian significativamente su abundancia y comportamiento al transferirse de la biocenosis a la tanatocenosis. Cuatro de las especies (*Bolivina subadvena*, *Chilostomella ovidea*, *Fissurina* sp y *Lagena* spp) de la lista original de 40 especies, no se consideraron debido a que su abundancia relativa es menor de 2% y se encuentran en menos de 5 estaciones.

Respecto a las muestras, sólo se consideraron aquellas con más de 40 individuos, esto debido a que se tomó como número total mínimo aceptable, el número de especies identificadas para el estudio que fue de 40. Esto para dar oportunidad de que cada especie se presente al menos una vez en las muestras (Ver tabla 3).

En el análisis se incluyó a 37 especies y un total de 23 estaciones dentro del área hidrotermal, más 2 estaciones fuera del área hidrotermal (pero dentro de la Cuenca de Guaymas). Los índices de similitud destacaron a aquellas especies cuyo comportamiento es similar entre el individuo vivo (biocenosis) y sus restos (tanatocenosis); a estas especies se les denominó "especies significativas".

Los resultados se presentan en la Tabla 4. Para análisis posteriores se consideraron sólo aquellas especies con índice de similitud mayor a 0.6, debido a que se pretendía destacar el aspecto ecológico sobre el aspecto sedimentario. De este modo la lista de especies se redujo a 20 (Tabla 5). Las testas de estas 20 especies, no muestran grandes diferencias en su distribución y abundancia con respecto a la de sus individuos vivos; lo que proporciona mayor confianza al utilizarlas con fines paleoceanográficos; como por ejemplo, para inferir la evolución de las ventilas hidrotermales.

3.2 Análisis de Factores

El análisis de factores modo Q o muestra contra muestra, es uno de las muchas técnicas estadísticas multivariadas usadas en estudios geológicos y biológicos (Streeter,

1972). Por lo general ha sido empleado para agrupar muestras en base al grado de "similitud" en su composición faunística y/o mineralógica, y se han publicado una gran variedad de trabajos sobre su uso y aplicaciones; por ejemplo: Imbrie y Purdy, 1962; Imbrie y van Andel, 1964; Howarth y Murray, 1969, Molina-Cruz y Ayala-López, 1988; Molina-Cruz, 1984; Molina-Cruz, 1986.

El análisis de factores es un método multivariado, destinado a explicar las relaciones entre muchas variables, en base a unos pocos factores conceptualmente significativos y relativamente independientes. Por lo tanto realza conceptualmente lo que los datos están midiendo. Idealmente, se busca que un gran número de variables se modelen esencialmente a través de un pequeño número de "dimensiones"; es decir, el análisis de factores efectúa una reducción de variables. Usando este método de análisis, el investigador puede entender lo que está siendo medido y, al mismo tiempo, reducir el número de variables originales a factores más básicos (Kleinbaum et al, 1978).

Así, para un grupo específico de datos, la meta de emplear el análisis de factores es generalmente crear un modelo de interrelación, un reemplazamiento de variables o ambas. Por reemplazamiento de variables se entiende el reemplazamiento de las variables originales por otras que reducen o resumen más fácilmente los datos.

En este estudio se utilizó este método con el fin de "agrupar" estaciones con contenidos faunísticos similares, para lo cual el programa incluyó 3 modalidades:

- a) considerando las abundancias relativas de todas las especies (significativas y no significativas); incluyendo ejemplares vivos y muertos
- b) considerando abundancias relativas de las especies significativas y no significativas, cuyos individuos estaban vivos
- c) considerando abundancias relativas sólo de las especies "significativas". En este caso se consideraron individuos vivos y muertos (Tabla 5), excepto el grupo de especies "no identificadas", pues en este grupo quedan incluidos muchos individuos diferentes no identificados taxonómicamente.

Para definir qué especies conforman significativamente cada factor modo Q se empleo nuevamente el análisis cluster modo R, incluyendo los valores de los factores obtenidos en el análisis anterior; es decir que en este nuevo análisis se incluyó como variables a los factores obtenidos mediante el modo Q.

Los programas computacionales se corrieron empleando el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales: SPSS (Kim,1978; Klován e Imbrie, 1971; Rummel,1970), en las computadoras AT-386 UNYSIS de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, UNAM.

3.3 Análisis Multivariado Gráfico

Este análisis consistió en utilizar una gráfica en forma de triángulo, similar al denominado "triángulo sedimentario" de Shepard (1954), utilizado en geología para estudiar la composición de los sedimentos. En él, una mezcla de 3 componentes sedimentarios se puede mostrar mediante un diagrama triangular, en el que los puntos que se coloquen en su interior corresponden a la parte proporcional de cada componente (Pettijohn, 1957).

En los triángulos utilizados en este trabajo, se colocaron los 3 factores definidos mediante el análisis de factores para el área con influencia hidrotermal: F1, F2 y F4. La posición de las estaciones dentro del triángulo, se hizo a través de ubicar el valor (o peso) "estandarizado" que cada una tenía para los 3 factores mencionados. La estandarización consistió en sumar el valor que cada estación tenía para los 3 factores y ese dato considerarlo 100%, con esta base se calculó el porcentaje o proporción de cada una para cada factor (ver Tabla 6).

Una vez ubicadas las estaciones dentro del triángulo, para cada una se vació la siguiente información:

- 1) ambiente asociado
- 2) posición geográfica
- 3) abundancia total de foraminíferos bentónicos por gramo de sedimento
- 4) abundancia total de ostrácodos por gramo de sedimento
- 5) abundancia total de foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento
- 6) abundancia total de radiolarios por gramo de sedimento
- 7) abundancia relativa de diatomeas
- 8) valores del índice de diversidad Shannon-Wiener para cada estación, considerando sólo individuos vivos
- 9) valores del índice de diversidad Shannon-Wiener para cada estación, considerando individuos vivos y muertos

Todos estos valores fueron contorneados dentro de los triángulos para definir relaciones o "tendencias".

RESULTADOS E INTERPRETACION

1) Muestras Superficiales

1.1 Análisis Cluster

Los resultados obtenidos del Análisis Cluster modo R se presentan en la Tabla 4. Las 20 especies cuyo índice de similitud fue mayor a 0.6 se consideraron "especies significativas" (Tabla 5), debido a que el individuo vivo (biocenosis) tiene el mismo comportamiento que sus restos (tanatocenosis).

1.2 Análisis de Factores

Los resultados obtenidos del Análisis de Factores modo Q en sus 3 modalidades fueron los siguientes:

a) Utilizando conjuntamente la abundancia relativa de individuos vivos y muertos, de cada una de las especies "significativas" y "no significativas" consideradas en la base de datos, se obtuvieron 4 factores y en consecuencia, en forma ponderada, 4 grupos de estaciones (Tabla 7).

b) Utilizando las abundancias relativas, sólo de individuos vivos, el número de factores fue de 4 y la agrupación de estaciones fue muy parecida al caso anterior (Tabla 7).

c) Utilizando las abundancias relativas de especies "significativas" (según el análisis cluster), se obtuvieron 4 factores. En este caso se emplearon conjuntamente los individuos vivos y muertos, con el fin de incluir las muestras del subsuelo en el análisis; sin embargo desafortunadamente en estas no hubo manera de cuantificar la presencia de individuos vivos.

En el último caso (c) se incluyeron además, muestras de la Cuenca de Guaymas, alejadas del sitio hidrotermal, como punto de comparación.

La similitud de resultados entre los casos anteriores (Tabla 7) sugiere que no hay una alteración faunística muy relevante entre la biocenosis y la tanatocenosis. No obstante, en este estudio, para hacer las inferencias paleoecológico-sedimentarias, se utilizó el caso c, porque esta modalidad diluye cualquier alteración faunística, al considerar sólo "especies significativas". El resto de las especies al presentar diferencias en la abundancia relativa entre la población viva y la muerta, indican que fueron afectadas tal vez por procesos de alteración como transporte, bioturbación, predación, etc y el utilizarlas puede ocasionar interpretaciones erróneas.

Las estaciones que se encuentran fuera de la zona de influencia hidrotermal (G8 y G9), se agruparon en el Factor 3: denominado "Cuenca de Guaymas" (Tabla 8). Los factores 1, 2 y 4 incluyeron estaciones que se encuentran dentro de la región hidrotermal de la Cuenca de Guaymas (Tabla 8).

1.3 Análisis Multivariado Gráfico

Con el fin de conocer e interpretar la relación entre las estaciones agrupadas y estos 3 factores obtenidos del análisis de factores para la zona de influencia hidrotermal, se hizo lo siguiente:

En una representación ternaria se ubicaron las estaciones en función a su proporción o afinidad con cada uno de los 3 factores considerados. A estas se les adicionó el tipo de ambiente observado al momento de la colecta (Figura 7) y su situación geográfica (Figura 8).

Al analizar la relación entre el "ambiente" y los factores (Figura 7) se observa lo siguiente:

- 1) Las estaciones que se asocian al Factor 1, son aquellas cuyo ambiente es de carpetas bacterianas de color amarillo y blanco.
- 2) Las estaciones localizadas en "sedimento normal" o frío se asocian al Factor 2 y
- 3) El factor 4 se manifiesta relativamente, en las estaciones cuyos sedimentos, asociados con almejas, están más directamente influenciado por el flujo hidrotermal.

Al analizar la posición geográfica de las muestras dentro del área de estudio (Figura 8) se observa que los factores 1 y 2 se manifiestan en las 2 áreas hidrotermales consideradas en este estudio: Lutz Town y Angel Rock, mientras que las muestras que se asocian al factor 4 corresponden sólo al área de Lutz Town. Esto indica que la relación de las estaciones con los factores no es resultado de la situación geográfica de las mismas.

Los microambientes frío y bacteriano se encuentran en Lutz Town y Angel Rock, mientras que el microambiente hidrotermal o de almejas sólo se presenta en Lutz Town. Esto se debe a que este "microambiente" no fue muestreado en Angel Rock.

Consecuentemente, se sugiere que la relación entre las estaciones y los factores se debe al ambiente presente en ellas, y no a su localización geográfica; es decir, que los factores permiten reconocer "microfacies" dentro de la región hidrotermal.

Para conocer la afinidad entre las especies y los factores (o grupos), se hizo un segundo análisis cluster modo R, del cual se obtuvo el índice de similitud de cada especie para cada uno de los 4 factores resultantes del análisis de factores modo Q. De esta manera se consideró que las especies asociadas de manera ponderada a cada factor, son aquellas con alto índice de similitud (Tabla 9)

Factor 1: ("sedimento bacteriano")

Trochamina sp
Cornuspira sp
Oridorsalis sp

- "MICROAMBIENTE FRIO"
- ▲ "MICROAMBIENTE BACTERIANO"
- "MICROAMBIENTE HIDROTHERMAL"

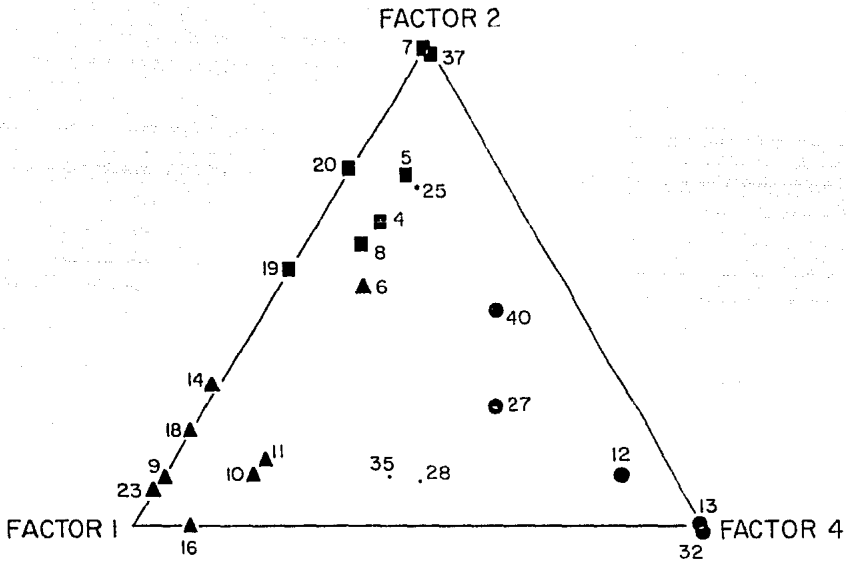
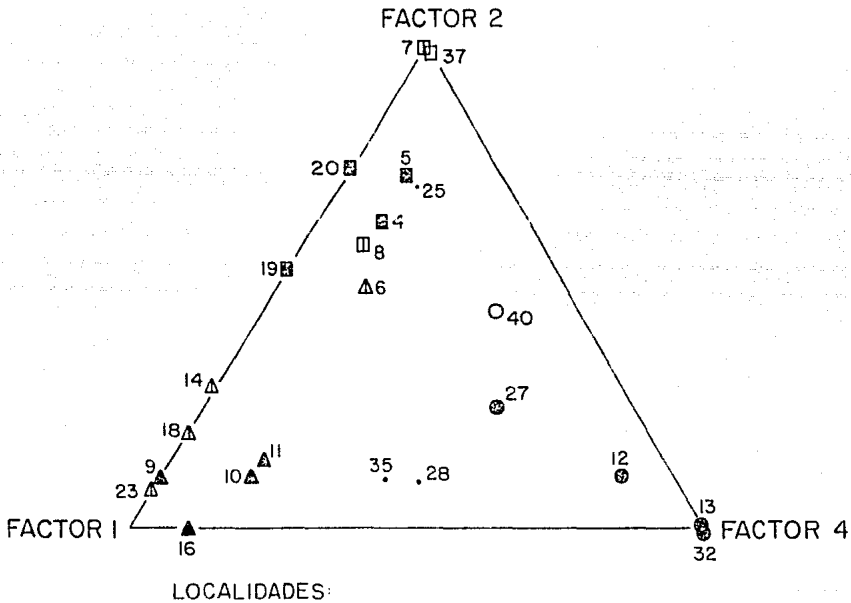


FIGURA 7: Relación de la composición factorial de cada estación con el microambiente asociado al momento de la colecta.

- "MICROAMBIENTE FRIO"
- △ "MICROAMBIENTE BACTERIANO"
- "MICROAMBIENTE HIDROTHERMAL"



LOCALIDADES:

- "ANGEL ROCK"
- ▣ "LUTZ TOWN"
- FUERA DEL AREA DE MUESTREO

FIGURA 8: Relación de la composición factorial de cada estación con el área geográfica (Lutz Town o Angel Rock) y el microambiente asociado.

Factor 2: (ambiente "frío")

Bulimina spinosa
Cibicides sp
Bolivina seminuda
Fursenkoina rotundata
Bolivina translucens

Factor 3 (alejado del ambiente hidrotermal)

Uvigerina peregrina
Buliminella tenuata

Factor 4 ("ventilas hidrotermales" o "almejas")

Bulimina mexicana
Cassidulina sp. cf. C. subglobosa
Forma "A"

Con el fin de entender más de estos "microambientes", reconocidos mediante el análisis matemático de los foraminíferos bentónicos, se llevó a cabo un análisis multivariado gráfico que incluyó, además del ambiente asociado para cada estación, el número de foraminíferos bentónicos, el de ostrácodos, el de radiolarios y el de foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento y la abundancia relativa (% de clásticos observados al microscopio) de diatomeas. Cada representación gráfica incluye 5 variables y se denomina pentagonaria.

El análisis de la representación multivariada-gráfica (pentagonaria) que incluye al número de foraminíferos bentónicos por gramo en cada estación (Figura 9a), muestra que: las estaciones con mayor número de foraminíferos se encuentran asociadas al "sedimento frío" (factor 2), tienden a decrecer hacia el microambiente bacteriano (Factor 1) y ocurren con abundancias bajas al estar bajo la influencia más directa del flujo hidrotermal (factor 4).

La distribución y abundancia de los foraminíferos bentónicos en los sedimentos del fondo marino depende principalmente de las condiciones ambientales presentes en cada área, es decir, su abundancia y distribución es una consecuencia principalmente ecológica. En el ambiente más hostil (de influencia hidrotermal más directa) es donde se presenta menos abundancia, pues seguramente la temperatura, la composición de los fluidos y tal vez la falta de alimento adecuado, lo hacen un sitio poco "atractivo" para la supervivencia de los foraminíferos, y sólo unos cuantos han podido adaptarse a estas condiciones. Tal hecho se apoya con el comportamiento de los foraminíferos bentónicos en el "sedimento frío", pues estos son abundantes relativamente, tal vez porque la influencia hidrotermal no es muy directa y tal vez la disponibilidad de alimento adecuado es mayor. El ambiente "bacteriano"

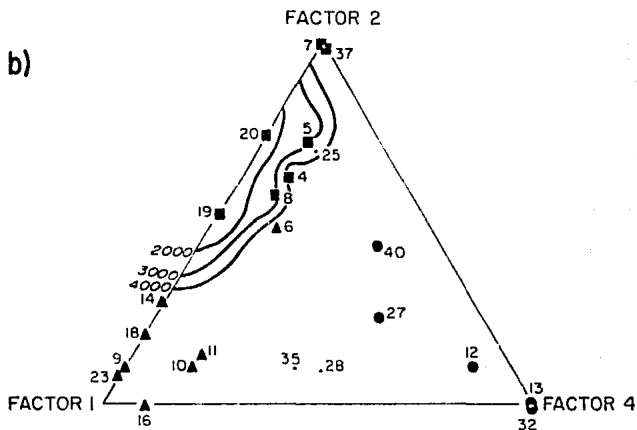
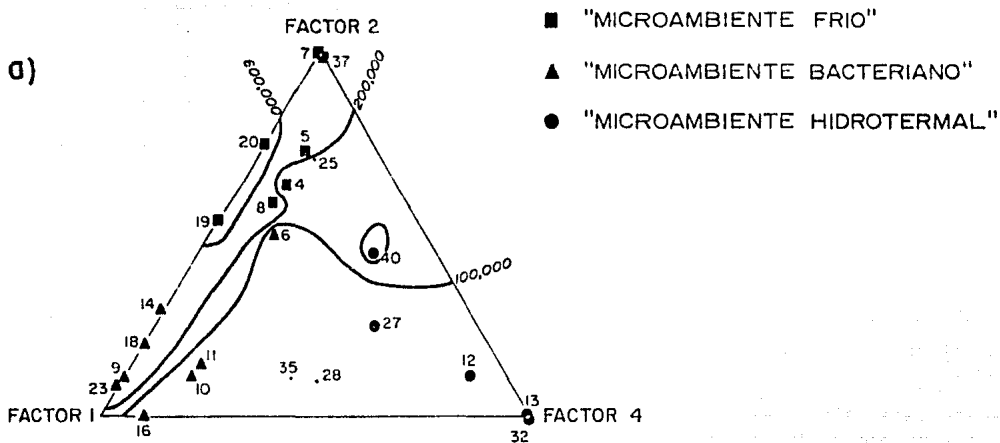


FIGURA 9: Relación de la composición factorial de cada estación con la abundancia (No. total de individuos por gramo) de: a) foraminíferos bentónicos y b) ostrácodos (Utilizando los datos de la tabla 10).

se presenta como un ambiente intermedio, ya que la abundancia es un poco mayor que en el ambiente de influencia directa, quizá porque las condiciones ambientales son menos adversas.

El análisis de la abundancia de ostrácodos, también microorganismos bentónicos, (Figura 9b), muestra prácticamente sólo la presencia de éstos en el microambiente frío (Factor 2); lo que sugiere que estos microorganismos tienden a no presentarse en las microfacies con flujo hidrotermal muy directo; como en la zona de almejas (hidrotermal) o de bacterias.

Al analizar, por medio de esta misma representación la abundancia de las diatomeas (Figura 10) se observa, en general, una congruencia con la tendencia distributaria de los foraminíferos bentónicos; es decir, mayor abundancia en sedimentos frío-bacterianos y prácticamente ausentes bajo la influencia del flujo hidrotermal. Puesto que el aporte de las diatomeas es pelágico, y en consecuencia debe ocurrir en toda el área de estudio, puede sospecharse que a mayor influencia del flujo hidrotermal hay una menor preservación de las frústulas de éstas.

Tal condición, también puede aplicarse para el caso de los radiolarios (Figura 11a), que tienen sus mayores abundancias en el factor 1 (bacteriano) y factor 2 (Frío) y cuyos valores más bajos se encuentran en el Factor 4 (hidrotermal). Los foraminíferos planctónicos se presentan al igual que los otros microorganismos, más abundantemente en las microfacies frías (Figura 11b); sin embargo llama la atención que éstos sean más raros en las microfacies bacterianas (Factor 1) que en las microfacies hidrotermales (Factor 4).

En la tabla 10 se resume esta información sugiriendo que los restos de los microorganismos en la región hidrotermal definen un patrón sedimentario-ambiental. Los microorganismos planctónicos revelan patrones de preservación; mientras que los bentónicos muestran aspectos ecológicos, en los que sobresale su productividad.

Las mayores abundancias de los diferentes grupos en el sedimento frío (Factor 2), indica que cuando la influencia hidrotermal no es tan directa, no sólo se incrementa la preservación de los restos de los microorganismos en general, sino también que es probable, que en consecuencia, se incremente la productividad de los microorganismos bentónicos, siendo un ambiente con mejores condiciones de preservación y supervivencia.

La preservación de restos de microfósiles planctónicos (foraminíferos planctónicos, radiolarios y diatomeas) es posible tanto en el sedimento frío (factor 2) como en el sedimento bacteriano, pero es comparativamente mejor en el primero.

- "MICROAMBIENTE FRIO"
- ▲ "MICROAMBIENTE BACTERIANO"
- "MICROAMBIENTE HIDROTHERMAL"

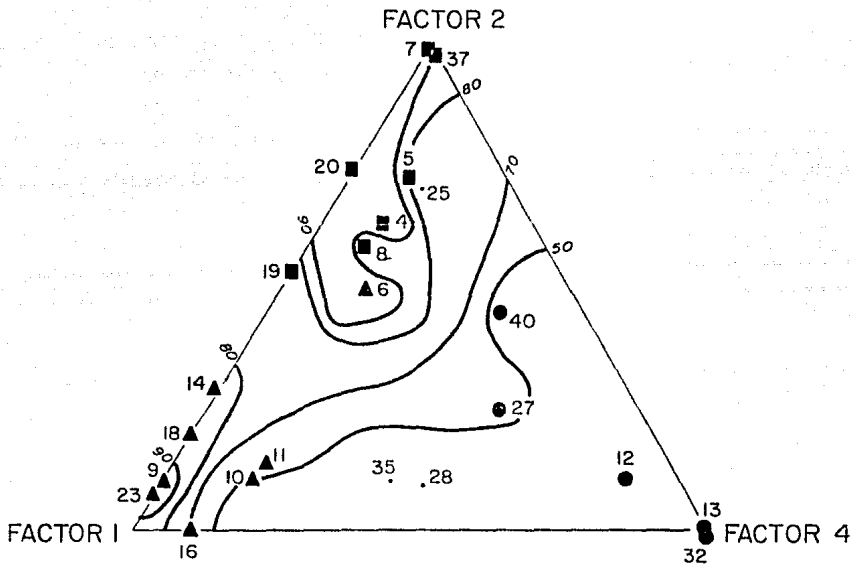


FIGURA 10: Relación de la composición factorial de cada estación con la abundancia relativa (%) de diatomeas (Utilizando los datos de la tabla 10).

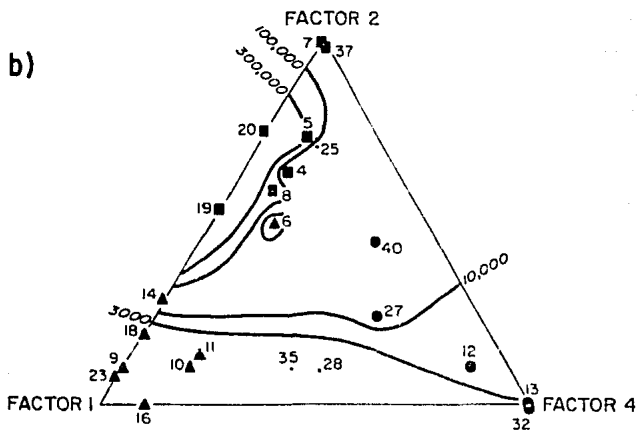
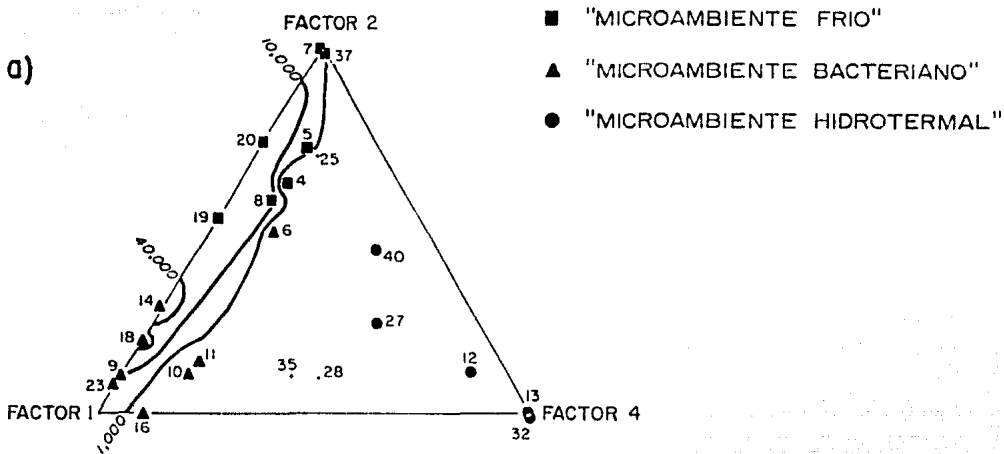


FIGURA 11: Relación de la composición factorial de cada estación con la abundancia (No. total de individuos por gramo) de: a) radiolarios y b) foraminíferos planctónicos (Utilizando los datos de la tabla 10).

Esto no sucede en las microfácies hidrotermales (factor 4), donde la preservación es consistentemente baja. Esto puede deberse:

- 1) a que la influencia hidrotermal ahí es muy "grande" y por lo tanto impide la buena preservación de los restos, como resultado de las altas temperaturas y de la composición de los fluidos que emanan de estas ventilas hidrotermales y
- 2) a que existe menor productividad de microorganismos bentónicos.

En el ambiente bacteriano, la abundancia tanto de restos bentónicos como planctónicos es intermedia en relación a los otros dos ambientes, lo que puede significar que represente características ecológico-sedimentarias intermedias entre el ambiente hidrotermal directo y el sedimento frío; es decir: aunque no es muy caliente tiene importante influencia hidrotermal. En el caso de los foraminíferos planctónicos su abundancia en este ambiente es la más baja, quizá porque resulta más agresivo para las conchas vacías de carbonato de calcio. Sin embargo, esto no se aplica para los foraminíferos bentónicos, los cuales por vivir en los sedimentos asociados a este ambiente tal vez presentan mecanismos de respuesta (movimiento, metabólicos, etc) que les permiten contrarrestar el efecto agresivo del ambiente.

En particular, respecto a los foraminíferos bentónicos, al hacer el análisis multivariado gráfico (pentagonario) para cada especie, se observa que los resultados confirman lo obtenido mediante el análisis de factores; es decir, que las mayores abundancias se presentan asociadas al factor al cual representan o del que forman parte significativamente. Por ejemplo: *Trochamina* sp, *Oridorsalis* sp y *Cornuspira* sp. son importantes en el Factor 1 (bacterias) (Figura 12).

Bulimina spinosa, *Cibicides* sp y *Bolivina seminuda* son importantes en el Factor 2 (sedimento frío) (Figura 13).

Bulimina mexicana, *Cassidulina* sp.cf.*C.subglobosa*, y Forma A, son importantes en el Factor 4 (hidrotermal).(Figura 14).

Es importante tomar en cuenta que un ambiente se reconoce mejor no con una sola especie, sino con una asociación de especies que responden a condiciones ambientales particulares.

Los resultados indican que los 4 factores obtenidos a través del análisis matemático, representan 3 "microambientes" existentes en los sitios de hidrotermalismo en la Cuenca de Guaymas y uno fuera de la influencia hidrotermal. Estos "microambientes" tienen características físico-químicas y biológicas diferentes entre sí, lo que puede explicar la presencia o ausencia significativa de asociaciones de foraminíferos bentónicos y la preservación de restos de microfósiles, tanto bentónicos como planctónicos, en esta área.

- "MICROAMBIENTE FRIO"
- ▲ "MICROAMBIENTE BACTERIANO"
- "MICROAMBIENTE HIDROTHERMAL"

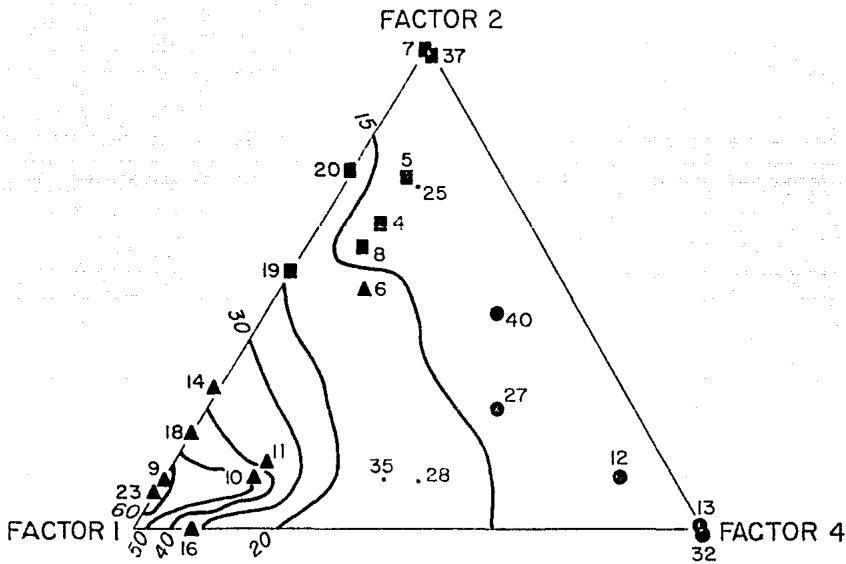


FIGURA 12: Relación de la composición factorial de cada muestra con la abundancia relativa (%) de *Trochammina* sp (Estructurada a partir del anexo 7).

- "MICROAMBIENTE FRIO"
- ▲ "MICROAMBIENTE BACTERIANO"
- "MICROAMBIENTE HIDROTERMAL"

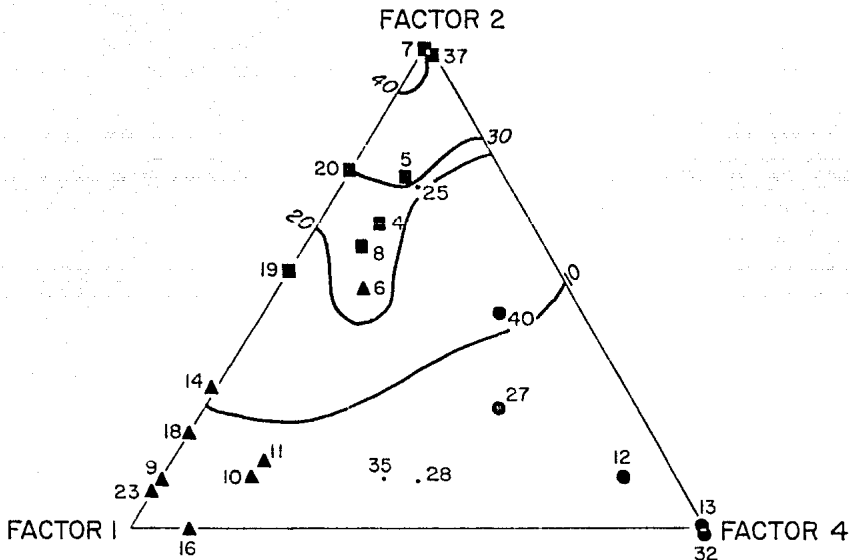


FIGURA 13: Relación de la composición factorial de cada muestra con la abundancia relativa (%) de *Bulimina spinosa* (Estructurada a partir del anexo 7).

- "MICROAMBIENTE FRIO"
- ▲ "MICROAMBIENTE BACTERIANO"
- "MICROAMBIENTE HIDROTERMAL"

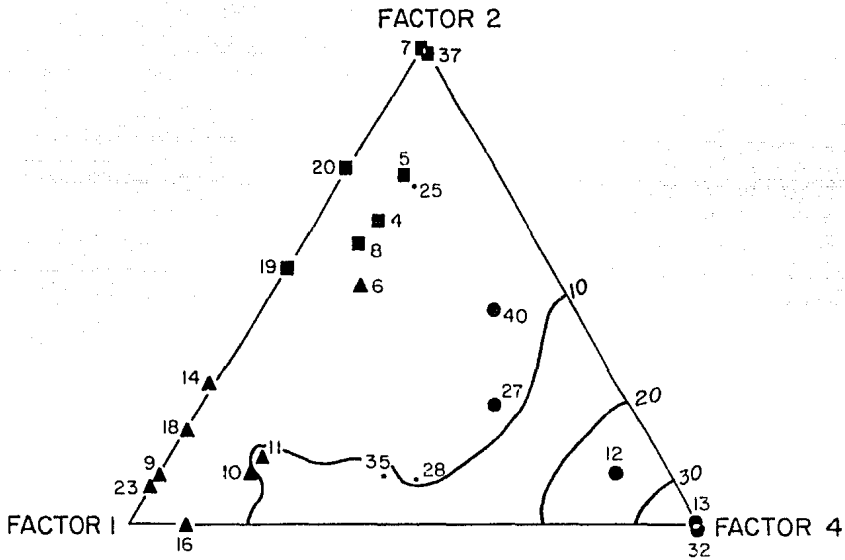


FIGURA 14: Relación de la composición factorial de cada muestra con la abundancia relativa (%) de *Bulimina mexicana* (Estructurada a partir del anexo 7).

Los microambientes definidos son:

- 1) "hidrotermal", en donde la influencia hidrotermal es practicamente directa;
- 2) "bacteriano", en donde la influencia es "medianamente" directa, habiendo mezcla de aguas;
- 3) "Frío", en donde la influencia es menos directa, relativamente, a los otros dos ambientes;
- y 4) "Cuenca de Guaymas" el cual está fuera de la región hidrotermal y por lo tanto no tiene ninguna influencia.

No hay una diferencia muy notable entre las 2 zonas geográficas de hidrotermalismo consideradas en este estudio: "Angel Rock" y "Lutz Town", aunque con la información con que se cuenta actualmente no es posible asegurarlo, debido a que el muestreo realizado no fue diseñado para estudiar esta posible diferencia. En el caso del ambiente de almejas, sólo se tienen muestras del área de Lutz Town, a pesar de que existe en Angel Rock, según los reportes de campo de las expediciones.

El microambiente "hidrotermal" se considera con una influencia hidrotermal prácticamente directa, y se caracteriza por la presencia de agrupaciones de almejas de la especie **Calyptogena pacifica**. Investigaciones realizadas en otros sitios hidrotermales, muestran que entre los grupos de organismos que toleran vivir directamente en contacto con el fluido hidrotermal están el gusano **Riftia pachyptila** y el molusco **Calyptogena magnifica**. En Guaymas no está presente este molusco, pero al parecer la especie que se encuentra, **Calyptogena pacifica**, tiene el mismo comportamiento (Turner y Lutz, 1984). Esto apoya nuestra conclusión de que en este microambiente los individuos viven bajo la influencia casi directa del fluido hidrotermal.

Los resultados obtenidos al estudiar la abundancia de restos de microfósiles planctónicos y bentónicos, muestran que en el "microambiente hidrotermal", en donde se encuentran las almejas, es muy baja la preservación de restos microfósiles.

Experimentos realizados "in situ", en diferentes microambientes, en la Cuenca de Guaymas, enterrando estacas con bloques de resina plástica con fragmentos de conchas de moluscos y testas de foraminíferos en su interior, muestran procesos de disolución en las áreas hidrotermales. Los resultados obtenidos, de manera cualitativa, muestran que las estacas colocadas en el área denominada de "almejas" presentan mayor grado de disolución, tanto de las conchas de molusco, como de las testas de los foraminíferos bentónicos. El efecto de las altas temperaturas fundió el material de las estacas en algunas partes e incluso lo rompió.

Todo esto apoya el hecho de que en el "microambiente hidrotermal" el fluido no sólo condiciona las formas de vida presentes en él, sino también la preservación de restos de macro y microorganismos.

El factor que favorece el crecimiento de los moluscos en estos ambientes es su alimentación, pues viven en simbiosis con bacterias capaces de tolerar altas temperaturas y de transformar compuestos químicos tóxicos que vienen disueltos en las soluciones hidrotermales y a través de la quimiosíntesis producir alimento.

En el caso de los foraminíferos se podría pensar tal vez en un fenómeno similar que les permite sobrevivir en estos sitios.

Al analizar las especies que se asocian a cada ambiente (factor), es importante destacar: para el caso del "microambiente bacteriano", que las formas significativas **Trochammina** sp y **Cornuspira** sp son formas aglutinadas; es decir que forman su testa aglutinando material que encuentran a su alrededor. El encontrar foraminíferos bentónicos asociados claramente a ambientes bacterianos, podría sugerir una estrecha relación entre ambos grupos, tal vez de tipo alimenticio. Esta relación podría ser que los foraminíferos se alimentaran de las bacterias o que existe una relación simbiótica entre ellos, como es el caso de algunas asociaciones reportadas entre foraminíferos planctónicos y algas zooxantelas en la superficie de los océanos (Lipps, 1982).

En el caso de las especies del "microambiente hidrotermal" los ejemplares son hialinos y de tamaño variado, aunque muchas veces de morfología robusta, como es el caso de **Bulimina mexicana**.

En el "microambiente frío" las especies son en general de tamaño pequeño y más frágiles, como **Bulimina spinosa**, **Bolivina seminuda** y **Cibicides** sp.

En las muestras alejadas del área de ventilas hidrotermales, son comunes especies grandes como **Uvigerina peregrina** y medianas a pequeñas como **Buliminella tenuata**, pero en general de morfología robusta.

Esto tal vez pueda explicarse al considerar la estabilidad del ambiente, para los casos del Factor 4 ("hidrotermal"), Factor 2 ("frío") y Factor 3 ("Cuenca de Guaymas" o alejado de las ventilas) se puede argumentar que la disponibilidad de elementos para conformar la testa es más constante; mientras que en el "ambiente bacteriano" (más inestable), resultado de la mezcla del agua hidrotermal con el agua fría circundante, necesita utilizar material del medio para formar las testas, como respuesta a la inestabilidad y como un mecanismo de adaptación. Por ello, predominan las formas aglutinantes.

La existencia de formas pequeñas en el denominado "microambiente frío" se puede explicar como una respuesta adaptativa a las condiciones ambientales. Estos lugares aunque no tienen una influencia directa del fluido hidrotermal, son sitios cuyas condiciones ambientales son el resultado de la mezcla de los fluidos con el agua circundante. Estos tamaños más pequeños de lo normal, pueden significar que estas formas alcanzan la madurez sexual más rápido y esto tal vez implique una ventaja de colonización y diversificación.

Por otra parte, algunas de las especies asociadas a este microambiente han sido reportadas como especies comunes en otros sitios con mínimo de oxígeno (Phleger and Soutar, 1973; Ingle et al, 1980).

Para apoyar que la abundancia y biogeografía de los foraminíferos bentónicos responde principalmente a cuestiones ecológicas, y en menor grado a factores sedimentológicos, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Krebs, 1985), que sirve para comparar 2 ó más sitios, en función de la riqueza de especies y la abundancia de las mismas.

En general, el número de especies aumenta conforme lo hace la estabilidad de los parámetros ambientales. Según este concepto, las regiones con climas estables permitirán la evolución de adaptaciones y especializaciones más finas que las correspondientes a áreas con climas variables (Krebs, 1985). Ello da como resultado nichos "más pequeños" y la ocupación de una unidad de espacio de hábitat por un mayor número de especies. En los ambientes estables, la diversidad tiende a aumentar pues las especies tienen tiempo suficiente para diversificarse y especializarse en función del ambiente, en cambio en un ambiente poco estable son pocas las que pueden adaptarse y no hay tiempo para que se propicie una diversidad importante.

Los hábitats de baja diversidad suelen ser inclementes, impredecibles o ambas cosas. Los ambientes inclementes, como las aguas termales, suelen ser predecibles de baja diversidad.

La heterogeneidad espacial es un factor importante que también afecta la diversidad. Al aumentar la heterogeneidad y la complejidad del ambiente físico, ocurre lo mismo con la complejidad de las comunidades y la diversidad de especies.

La diversidad obtenida, para ejemplares vivos, mediante el cálculo del índice de Shannon-Wiener (Figura 15a) y analizada a través de la representación multivariada gráfica, indica que no hay una diferencia marcada en los valores presentes entre los 3 microambientes, (las medias no son significativamente diferentes), de acuerdo a un "f test" (Remington y Schork, 1970). Sin embargo, si la hay respecto a las muestras fuera de las ventilas hidrotermales, en donde los valores son claramente más bajos. Hay que considerar que los valores de diversidad obtenidos en todas las muestras no son altos, pues el valor de máxima diversidad que se obtuvo fue de 1.6.

La diferencia entre los 2 sitios (hidrotermal y alejado del hidrotermalismo) al ser significativa, está indicando que los ambientes son distintos entre sí, pues la abundancia y riqueza de especies es un reflejo de la relación de los organismos con su ambiente. La existencia de valores de diversidad más bajos en el área alejada de las ventilas que en el de influencia hidrotermal requiere de una explicación. Esta pudiera ser debido a que, como se mencionó anteriormente, la heterogeneidad espacial es un factor que favorece el incremento en la diversidad, pues al haber diferentes hábitats, la comunidad se vuelve más

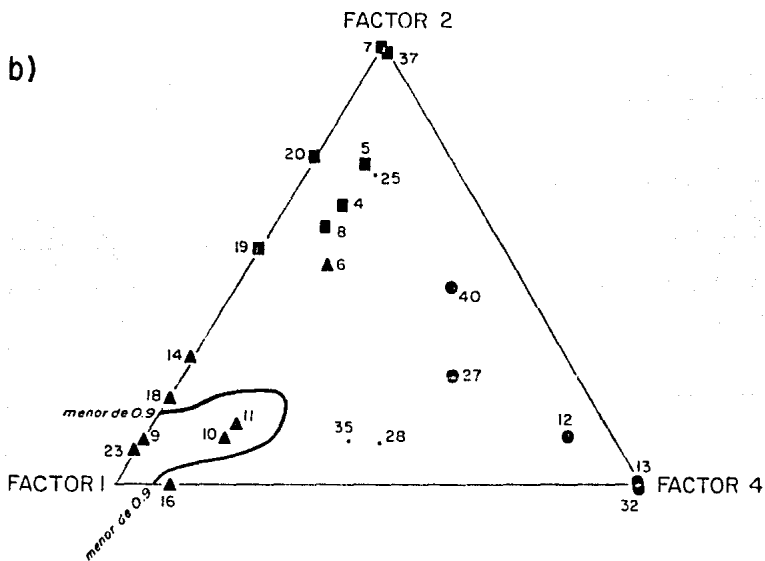
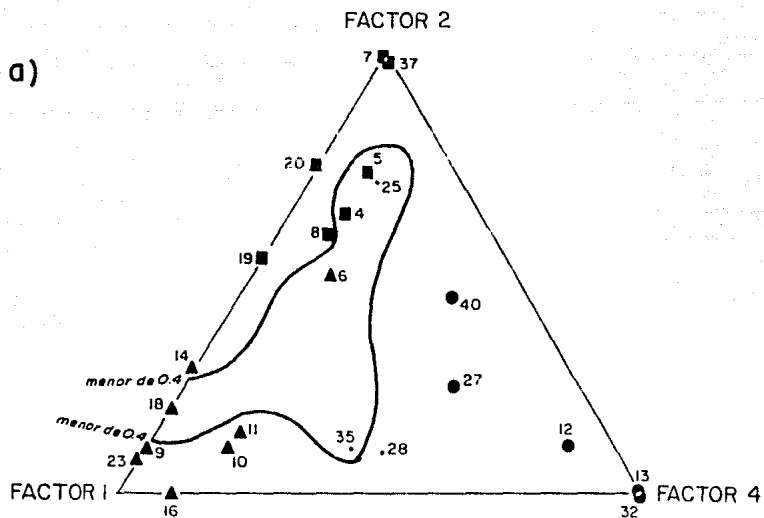


FIGURA 15: Relación de la composición factorial de cada estación y el "microambiente" asociado con valores de diversidad para: a) sólo individuos vivos y b) individuos vivos y muertos (Estructurada a partir del anexo 8).

compleja y requiere diversificarse para colonizar estos nuevos sitios, como sucede en las regiones hidrotermales. En el caso de las áreas de espacios muy homogéneos, como serían los fondos "normales" a 2000 m de profundidad, no es necesaria la diversificación de formas.

El ambiente hidrotermal se puede considerar estable mientras el fluido sea constante, (en promedio alrededor de unas decenas de años), pero una vez que éste disminuye o cese, el ambiente tiende a ser inestable y la fauna asociada desaparece. En el caso de los sedimentos alejados del hidrotermalismo, en general las condiciones son más estables. Lo anterior no explica muy bien la presencia de valores altos en las zonas de hidrotermalismo contra las de ambientes alejados; sin embargo tal vez el factor importante a considerar sea más la heterogeneidad, que la estabilidad, o bien que el factor tiempo juegue un papel importante.

A pesar de que la diferencia de las medias no es significativa entre los 3 microambientes, incluidos en la región hidrotermal, es interesante observar la tendencia: los valores bajos se encuentren hacia el "microambiente bacteriano", los medios hacia el "microambiente frío" y los valores altos hacia el "ambiente hidrotermal".

Desde este punto de vista, el "microambiente hidrotermal" se puede considerar un ambiente constante, en el sentido de que el fluido es continuo, mientras que el ambiente bacteriano, más alejado de la influencia hidrotermal directa, depende de la temperatura e intensidad de los fluidos hidrotermales al estar en contacto con el agua fría y tal vez de la dirección de las corrientes del fondo.

El "microambiente frío", presenta condiciones un poco más estables que el anterior, dado que se encuentra más alejado de la influencia directa.

Con base en lo anterior para explicar estos resultados, se hace un esquema de la disposición de los 3 ambientes (Figura 16).

El análisis multivariado gráfico así como la comparación matemática: "f test", considerando conjuntamente ejemplares vivos y muertos (Figura 15b), muestran que no hay diferencias significativas en diversidad entre el área hidrotermal y el área alejada de su influencia. Así mismo, que no hay diferencia entre los 3 "microambientes" dentro del área hidrotermal.

Estos resultados llevan a concluir que la diferencia entre ambas áreas esta dada principalmente por las condiciones ambientales y no sedimentarias, puesto que si se considera sólo la fauna viva presente (ejemplares teñidos), la diferencia si es significativa. Al considerar además a los restos, la diferencia es menos notoria. Esto se debe a que están sujetos a procesos sedimentarios (dilución, disolución, transporte, etc) que alteran el patrón de distribución de los foraminíferos vivos; es decir, el redépósito enmascara el aspecto ecológico.

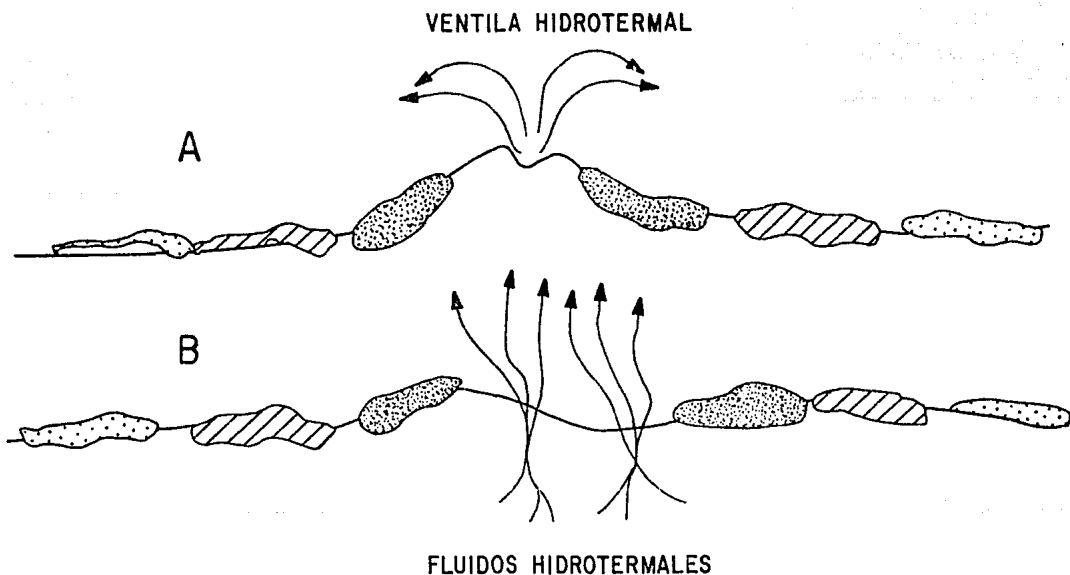
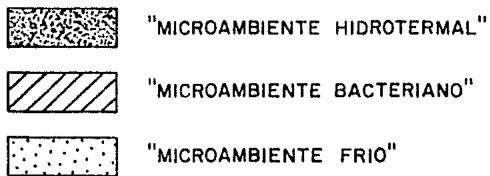


FIGURA 16: Diagrama que sugiere la disposición de los "microambientes" en una localidad hidrotermal.

Para evitar interpretaciones erróneas, en cualquier estudio, es recomendable considerar tanto biocenosis como tanatocenosis y sus diferencias.

II) Muestras Subsuperficiales

Como se mencionó en la metodología, además de las muestras superficiales (0-5 cm), para algunos sitios, se contó con muestras intermedias (10-15 cm) e inferiores (20-25cm) dentro del sedimento (Tabla 2).

En las estaciones 4, 9, 14, 28, 32, 35, 37 y 40 se encontraron foraminíferos bentónicos en el nivel superficial pero no en los niveles intermedio e inferior. Esto sugiere que en el pasado reciente, debido a que probablemente la temperatura fue muy elevada en dichos sitios, la supervivencia de la microfauna se vio afectada, o bien que la disolución de las testas fue tan grande que destruyó completamente los restos. Ambas situaciones implican que las regiones hidrotermales son sitios de grandes cambios espaciales y temporales; con áreas de gran dinamismo ecológico-sedimentario.

En la tabla 11 se enlistan las estaciones que presentaron foraminíferos bentónicos en alguno de los 2 niveles subsuperficiales considerados y su asociación con los 4 factores obtenidos mediante el análisis de factores, modo Q. La figura 17 muestra una representación multivariada gráfica de esta tabla.

Las muestras superficiales, intermedias e inferiores de las estaciones de Guaymas, alejadas del hidrotermalismo (G8 y G9), se agruparon siempre al factor 3. Esto significa que las condiciones ambientales y la microfauna asociada en estos 2 sitios no han cambiado con el tiempo.

En la estación 5, las muestras de los tres niveles: superficial, intermedio e inferior se agruparon en el "microambiente frío" (factor 2). Esto sugiere que no han existido variaciones ambientales y faunísticas importantes en el tiempo.

En las demás estaciones no sucede lo mismo. En el caso de las estaciones 7 y 8, el nivel intermedio (10 a 15 cm) se sitúa en el factor 1 ("microambiente bacteriano"); mientras que el nivel superficial se sitúa en el factor 2 ("microambiente frío"). Ese cambio a través del tiempo, en estos 2 sitios, se debe probablemente a fluctuaciones de la influencia hidrotermal; a tal grado, que puede considerarse que el microambiente bacteriano es relativamente frágil, por estar sujeto al aporte de agua hidrotermal.

En la estación 12, en el nivel intermedio se presenta el factor 1 ("microambiente bacteriano") y en el nivel superficial el factor 4 ("microambiente hidrotermal"). Esto refleja aparentemente que la temperatura aumentó al ser más evidente la influencia hidrotermal.

MUESTRAS:

- SUPERFICIALES (0-5) cm.
- ▲ INTERMEDIAS (10-15) cm.
- INFERIORES (20-25) cm.

FACTOR 2: "MICROAMBIENTE FRIO"

FACTOR 1: "MICROAMBIENTE BACTERIANO"

FACTOR 4: "MICROAMBIENTE HIDROTHERMAL"

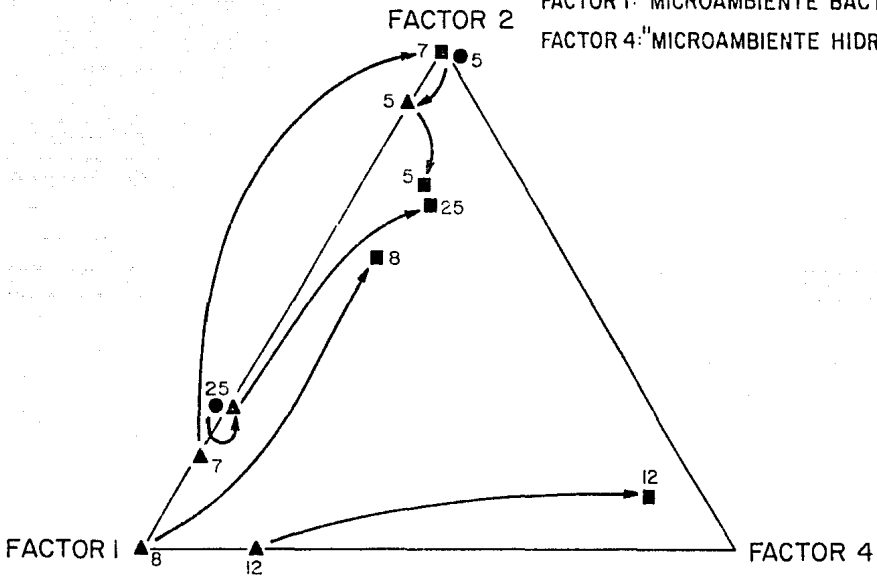


FIGURA 17: Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con los microambientes (factores). Las flechas indican el desplazamiento cronológico, siendo la punta de la flecha la parte más reciente (Estructurada a partir del anexo 3).

La estación 25, presenta sus niveles inferior (20-25 cm) e intermedio (10-15) en el factor 1 ("microambiente bacteriano") y el superficial en el factor 2 ("microambiente frío"); en consecuencia tiene un comportamiento similar al de las estaciones 7 y 8. No se hace comparación entre estaciones (correlación), porque no se tiene control de la tasa de sedimentación. En las regiones hidrotermales hay mucha variación espacial y temporal del aporte y distribución de materiales, pues depende de la cercanía y aporte de la fuente de expulsión, procesos disolutivos, bioturbación, etc.

La representación gráfica, de la abundancia de foraminíferos bentónicos por gramo de sedimento (Figura 18), muestra que en las estaciones 7, 8 y 25, el número de individuos aumenta de los niveles inferior y medio (asociados al factor 1) al nivel superficial (asociado al factor 2).

Esto es coherente con lo observado en el análisis de todas las muestras superficiales, en donde el factor 2 ("microambiente frío") presenta las mayores abundancias, seguido del factor 1 ("microambiente bacteriano") con abundancias intermedias (Figura 9a).

En el caso de la estación 12, la abundancia en la superficie (asociada al factor 4 o "microambiente hidrotermal") disminuye respecto al nivel medio (asociado al factor 1 o "microambiente bacteriano"). Esto es similar a lo que sucede con las muestras superficiales, donde el número de foraminíferos bentónicos disminuye en el microambiente hidrotermal ya que las condiciones ambientales son más drásticas para su supervivencia.

La estación 5 se mantuvo dentro del mismo factor y en consecuencia del mismo ambiente. De igual forma, la abundancia de radiolarios (figura 19) muestra una tendencia en la cual de los niveles intermedios a los superficiales hay un incremento en el número de individuos, excepto en la estación 25. Esto sugiere que las condiciones de preservación han cambiado en el tiempo, conforme cambian las condiciones ambientales del lugar; así la preservación de estos restos es mejor bajo el microambiente actual (frío) que en el que se encontraban en el tiempo pasado ("microambiente bacteriano"); apoyando en consecuencia lo encontrado en las muestras superficiales (Figura 11a).

En la estación 12 se presenta un incremento al pasar del nivel intermedio (asociado al "microambiente bacteriano") al nivel superior (asociado al "microambiente hidrotermal"); lo que no es coherente con lo observado en la superficie. Aún no tenemos una explicación a este fenómeno.

En el caso de las diatomeas (Figura 20), no hay mucha variación en la abundancia relativa de los niveles intermedios respecto a los superficiales, excepto para las muestras 12 y 25, donde se presenta una clara disminución. Esto sugiere como sucede con los radiolarios que el aporte no haya cambiado significativamente en el tiempo y que no hay mucha variación.

En el caso de los foraminíferos planctónicos (Figura 21), al igual que con los radiolarios, hay un incremento en su abundancia de niveles intermedios, asociados al

MUESTRAS:

- SUPERFICIALES (0-5)cm.
- ▲ INTERMEDIAS (10-15)cm.
- INFERIORES (20-25)cm.

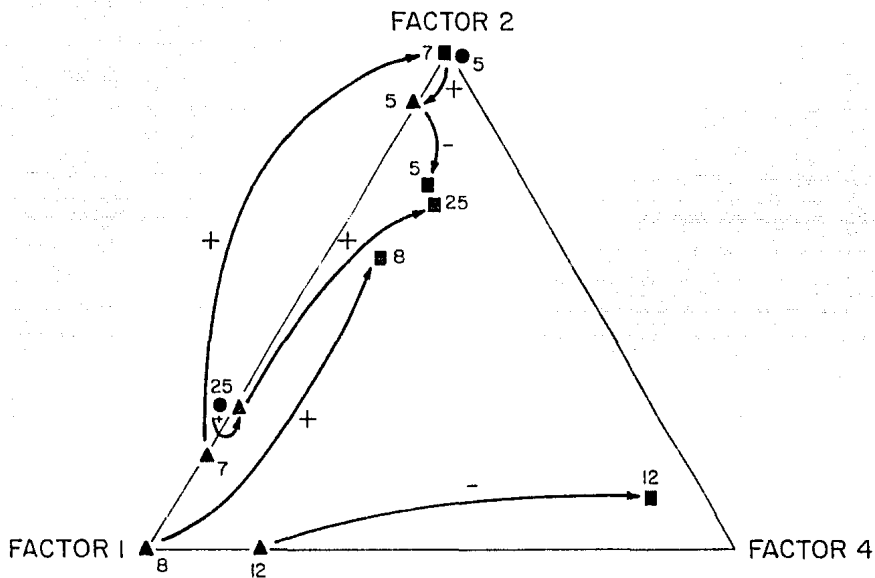


FIGURA 18: Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia (No. total de individuos por gramo) de foraminíferos bentónicos. Las flechas indican el desplazamiento cronológico, siendo la punta de la flecha la parte más reciente (Estructurada a partir del anexo 4).

MUESTRAS:

- SUPERFICIALES (0-5)cm.
- ▲ INTERMEDIAS (10-15)cm
- INFERIORES (20-25)cm.

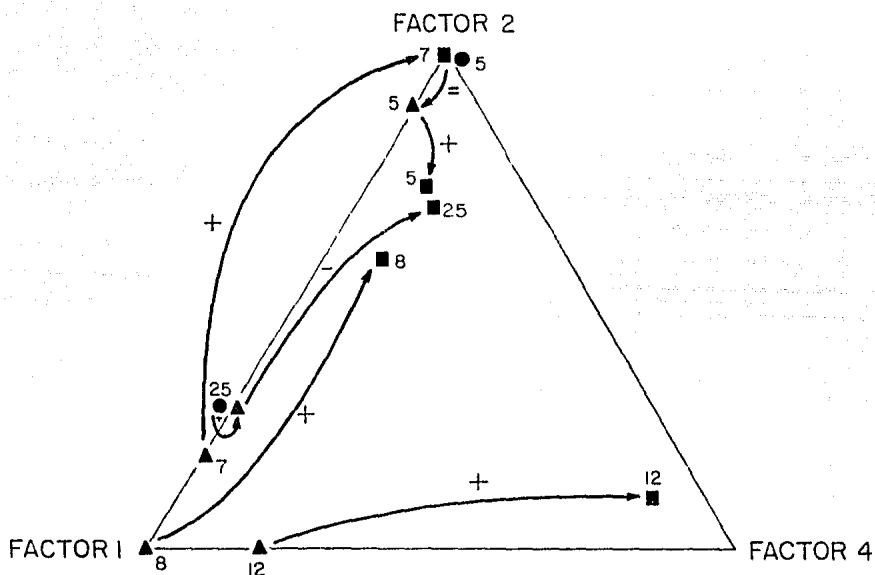


Figura 19: Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia (No. total de individuos por gramo) de radiolarios. Las flechas indican el desplazamiento cronológico, siendo la punta de la flecha la parte más reciente (Estructurada a partir del anexo 4).

MUESTRAS:

- SUPERFICIALES (0-5)cm.
- ▲ INTERMEDIAS (10-15)cm.
- INFERIORES (20-25)cm.

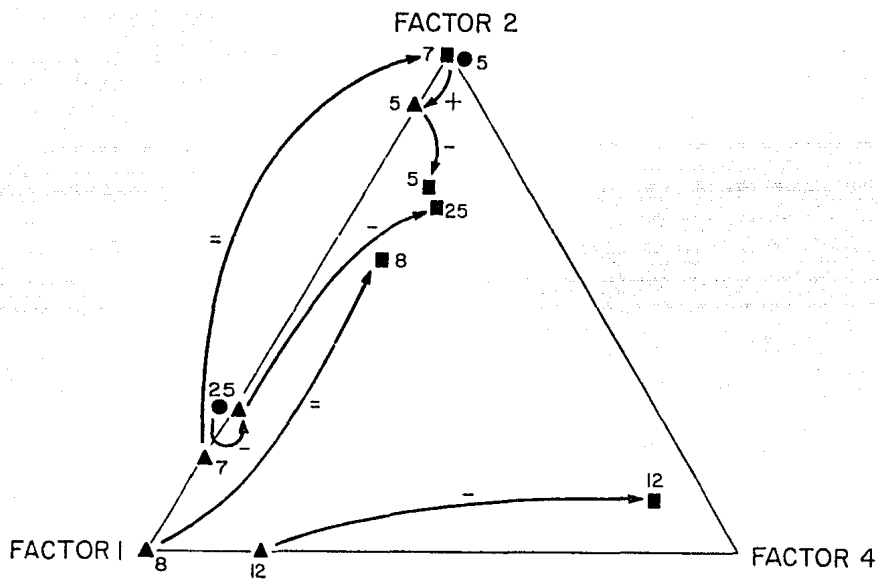


FIGURA 20: Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia relativa (%) de diatomeas.

Las flechas indican el desplazamiento cronológico, siendo la punta de la flecha la parte más reciente (Estructurada a partir del anexo 4).

MUESTRAS:

- SUPERFICIALES (0-5)cm
- ▲ INTERMEDIAS (10-15)cm.
- INFERIORES (20-25)cm

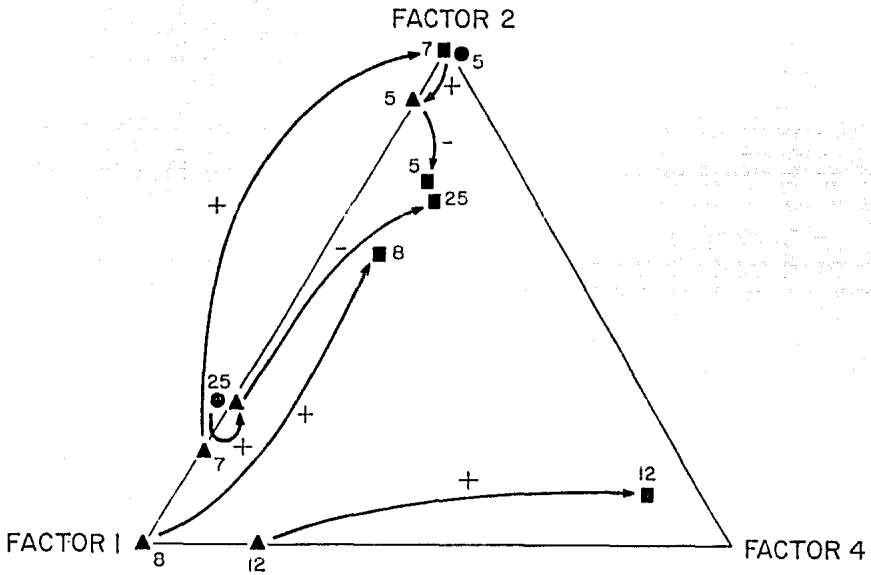


FIGURA 21: Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia (No. total de individuos por gramo) de foraminíferos planctónicos. Las flechas indican el desplazamiento cronológico, siendo la punta de la flecha la parte más reciente (Estructurada a partir del anexo 4).

factor 1 ("microambiente bacteriano") a niveles superficiales, asociados al factor 2 ("microambiente frío"). Esto apoya lo encontrado sobre la preservación en los diferentes microambiente en las muestras superficiales. El caso de la estación 12, es el mismo que para los radiolarios.

En el caso de los ostrácodos (Figura 22), no hay un patrón definido. Por ejemplo: en la estación 12 hay una disminución en la abundancia del nivel intermedio al superior como sucede con los foraminíferos bentónicos. Esto apoya que el "microambiente hidrotermal" tiene condiciones ambientales más drásticas, para la supervivencia de la microfauna bentónica, que los otros 2 microambientes.

En el caso de la estación 25, la abundancia de ostrácodos aumentó al pasar del nivel intermedio, asociado al Factor 1 ("microambiente bacteriano"), al nivel superficial, asociado al factor 2 ("frío"); sin embargo hay muestras, como las estaciones 7 y 8 con comportamiento diferente.

El análisis de la abundancia de los restos fósiles, a través de los diferentes niveles, apoya lo encontrado en las muestras superficiales, respecto a las condiciones ambientales; es decir, son más drásticas para la supervivencia y preservación de microorganismos en el "microambiente hidrotermal" y más "benignas" en el ambiente frío. El "microambiente bacteriano" es inestable ya que con cualquier cambio mínimo del flujo hidrotermal, se alteran las condiciones existentes y por lo tanto la composición faunística.

Las muestras intermedias e inferiores que se obtuvieron para este estudio fueron pocas, por lo que la información es pobre y dispersa. Para investigaciones posteriores, sería recomendable muestrear cubriendo áreas más extensas y en forma concéntrica, a partir de la salida hidrotermal hacia el exterior, cubriendo los diferentes microambientes. Respecto al muestreo estratigráfico sería muy conveniente hacerlo cada centímetro, para definir detalles y separar infauna de epifauna.

Por otra parte, la interpretación se enriquecerá si se tiene un buen control cronológico, pues esto permitiría hacer interpretaciones paleoecológicas regionales y entender la dinámica y evolución de los sistemas hidrotermales.

MUESTRAS:

- SUPERFICIALES (0-5)cm.
- ▲ INTERMEDIAS (10-15)cm.
- INFERIORES (20-25)cm.

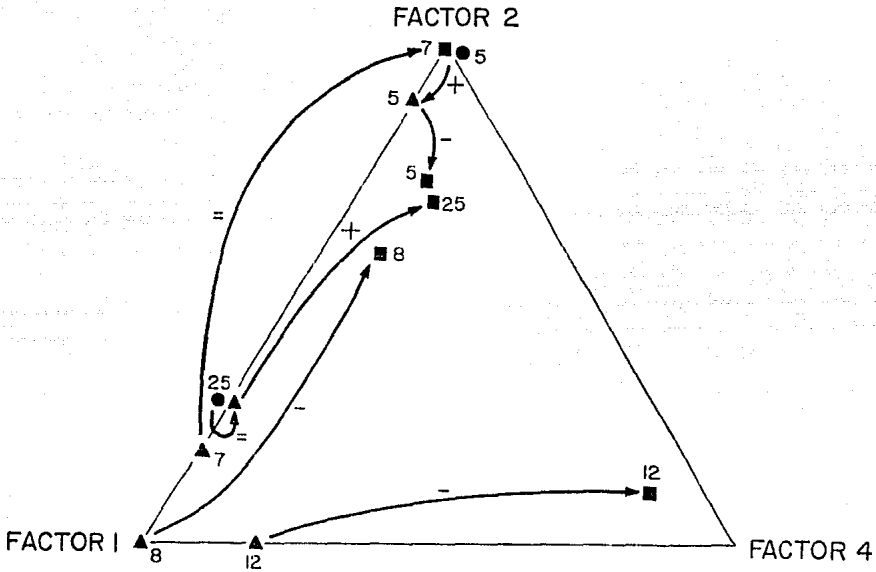


Figura 22. Relación de la composición factorial de muestras superficiales y subsuperficiales (niveles medio e inferior) con el incremento (+) o disminución (-) en la abundancia (No. total de individuos por gramo) de ostrácodos. Las flechas indican el desplazamiento cronológico, siendo la punta de la flecha la parte más reciente (Estructurada a partir del anexo 4).

CONCLUSIONES

Mediante el análisis matemático de la biocenosis y tanatocenosis de foraminíferos bentónicos fueron reconocidos 4 "microambientes": 3 dentro de la región hidrotermal de la Cuenca de Guaymas: a) "hidrotermal"; b) "bacteriano" y c) "frío" y uno alejado de la influencia hidrotermal.

Las características sedimentarias y ecológicas, diferentes entre los 3 "microambientes" de la región hidrotermal, se reconocieron utilizando un análisis multivariado gráfico; en el cual se consideraron la abundancia de foraminíferos bentónicos, ostrácodos, radiolarios y foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento y la abundancia relativa de diatomeas.

a) El "Microambiente Hidrotermal" (factor 4) tiene una influencia directa de los fluidos hidrotermales en los sedimentos circundantes. Esto reduce drásticamente la presencia de restos de microfósiles; es decir, que la preservación de la tanatocenosis planctónica en este microambiente es muy pobre. En este microambiente los foraminíferos bentónicos, **Bulimina mexicana** y **Cassidulina sp. cf. C. subglobosa**, entre otros, son capaces de vivir, en este ambiente junto con el molusco **Calyptogena pacifica**.

b) El "Microambiente bacteriano" (factor 1), caracterizado por la presencia de carpetas bacterianas y en el que son importantes **Trochammina sp** y **Cornuspira sp.**, es de transición o intermedio entre el ambiente frío y el hidrotermal; tanto en el aspecto ecológico como en el de preservación, y corresponde a un microambiente que es el resultado de la mezcla del agua fría del fondo y los fluidos hidrotermales.

c) El "Microambiente Frío" (factor 2), está alejado de la influencia directa del hidrotermalismo. Este microambiente ofrece condiciones mejores para la supervivencia de formas bentónicas: foraminíferos y ostrácodos, y para la preservación de los restos planctónicos. **Bulimina spinosa**, **Cibicides sp** y **Bolivina seminuda** son las especies de foraminíferos bentónicos asociados a él.

Estos 3 grupos de foraminíferos bentónicos asociados a los microambientes de la región hidrotermal de la Cuenca de Guaymas, son claramente diferentes de aquellos foraminíferos que viven en otras regiones de la misma Cuenca, pero que no tienen ninguna influencia hidrotermal. En este último grupo (Factor 3 o "Cuenca de Guaymas") las especies asociadas son: **Uvigerina peregrina** y **Buliminella tenuata**. En cuanto a diversidad, este grupo es claramente diferente de aquellos de la región hidrotermal de la Cuenca. La diversidad es menor en los sedimentos sin hidrotermalismo que en los que lo presentan, sugiriéndose que esto se debe a que en las regiones de actividad hidrotermal hay mayor heterogeneidad.

Los resultados obtenidos para las muestras subsuperficiales apoyan lo encontrado en las muestras superficiales: las condiciones ambientales más drásticas para la supervivencia y preservación de restos de microorganismos son las del "microambiente hidrotermal", luego el "bacteriano" y finalmente el "frío". En algunos sitios se pudieron observar cambios en las condiciones ambientales a través del tiempo, por ejemplo de las microfacies hidrotermales a las microfacies frías o viceversa. Esto indica que los sitios de actividad hidrotermal se caracterizan por presentar gran variación espacial y temporal, lo que se refleja claramente en la abundancia y preservación de la microfauna asociada.

El presente estudio constituye una aportación más al conocimiento de las regiones hidrotermales de la Cuenca de Guaymas. El enfoque micropaleontológico es novedoso y su aplicación al conocimiento de la evolución de las ventilas y las comunidades asociadas será importante para trabajos posteriores.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las siguientes personas e instituciones que de una u otra manera contribuyeron a mi preparación académica:

- Muy especialmente al Dr. Adolfo Molina Cruz, director de esta tesis, por su amistad, constante estímulo, orientación y confianza durante mis estudios de maestría y la elaboración de esta tesis.

- Al Dr. Eduardo Aguayo Camargo, asesor de mi maestría y revisor de este trabajo, por su valiosa orientación y constante apoyo.

- A la Dra. Adela Monreal, Dr. Felipe Vázquez y Dr. Alfonso Vázquez Botello por la revisión crítica de este manuscrito y sus valiosos comentarios.

- Al Dr. Agustín Ayala-Castañares, a la Lic. en IBB Alma Ayala de Calva y al Dr. Edmundo Calva Mercado por sus aportaciones para enriquecer este trabajo.

- Al Dr. Richard Lutz de la Universidad Rutgers de Estados Unidos por su invitación a colaborar en los estudios de las ventilas hidrotermales de la Cuenca de Guaymas.

- Al Instituto Oceanográfico Woods Hole, porque sin el empleo del B/O ATLANTIS II y el sumergible ALVIN para la obtención de muestras, este trabajo no hubiera sido posible.

- Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM por las facilidades brindadas y a la tripulación del B/O EL PUMA por su apoyo y profesionalismo de siempre.

- A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM por el apoyo recibido durante mis estudios de maestría.

- Al Lic. Ernesto Schettino, director de la Escuela Nacional Preparatoria y al Biol. Daniel Gleason, director auxiliar del Plantel 8, por su constante estímulo y apoyo, indispensables para mi superación académica.

- A mis profesores de la maestría en Ciencias del Mar de la UACPyP-CCH de quienes obtuve la información y formación necesaria para mi preparación.

- A mis amigos de la maestría, en especial a César Fuentes Yaco, Julián Díaz y Antonio Márquez con quienes compartí este reto.

- A mis amigos y compañeros del laboratorio de Ecología de Foraminíferos y Micropaleontología por su constante apoyo: Roberto, Alejandro, Mary, Ligia, Marcela, Gloria, Rocío, Lulú, Toño y Lidia.

- **A mis amigos de la Preparatoria 8 por su apoyo incondicional.**
- **Al dibujante Fernando Vega López, por su ayuda en la elaboración de las figuras de esta tesis.**
- **A Hilda y Alejandro Floresmeyer por su valiosa ayuda.**
- **A todas aquellas personas que contribuyeron a la realización de mi trabajo.**

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUAYO, C.J.E., 1984. Estudio de los sedimentos terrígenos de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California, Noroeste de México. Rev.Inst.Mex.Petrol., 16(4):5-35.
- ARNOLD, A.J., D'ESCRIVAN, and PARKER, W.C., 1985. Predation and avoidance responses in the foraminifera of the Galapagos Hydrothermal mounds. Jour.Foram.Res., 15(1):38-42.
- AYALA-LOPEZ, A., 1987. Influencia de las ventilas hidrotermales sobre los foraminíferos bentónicos de la Cuenca de Guaymas, México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. 96 pp.
- BALLARD, R.D., VAN ANDEL, T.H., and HOLOCOMB, R.T., 1982. The Galapagos Rift at 86 W:5 Variations in volcanisms structure and hydrothermal activity along a 30 kilometer segment of the rift valley. Journal of Geophysical Research, 87:1149-1161.
- BALLARD, R.D., 1984. The Exploits of Alvin and Angus: Exploring the East Pacific Rise. Oceanus, 27(3):7-14.
- BANDY, O.L., 1961. Distribution of foraminifera, radiolaria and diatoms in sediments of the Gulf of California. Micropaleontology, 7(1):1-26.
- BANKS, D.A., 1985. A fossil hydrothermal worm assemblage from the Tynagh lead-zinc deposit in Ireland. Nature, 313:128-131.
- BRADLEY, H.B., 1881. Notes on some of the reticularian Rhizopoda of the "Challenger" expedition: Part III. Qurt.Jour.Micros.Sci., 21:31-71.
- BRENNER, G.L., 1962. A zoogeographic analysis of some shallow-water foraminifera in the Gulf of California. Am.Mus.Nat.History Bull., 123(5):253-297.
- BUZAS, M.A., 1979. Quantitative Biofacies Analysis. In: Lipps, J.H., Berger, W.H., Buzas, M.A., Douglas, R.G. and Ross, C.A. (Eds). Foraminiferal Ecology and Paleocology. SEPM Short Course.No.6., U.S.A. p11-20.
- CALVERT, S.E., 1964. Factors affecting the distribution of laminated diatomeaceous sediments in Gulf of California. In: van Anandel, T.H. and Shor, G.G. (eds). Marine Geology of the Gulf of California. A symposium. Am.Assoc.Pet.Geol.Mem., 3:311-330.
- CAMPBELL, A.C. and GIESKES, J.M., 1984. Water column anomalies associated with hydrothermal activity in the Guaymas Basin, Gulf of California. Earth and Planetary Science Letters, 68:57-72.

- CAVANAUGH, C.M., 1983. Symbiotic chemoautotrophic bacteria in marine invertebrate from sulphide-rich habitats. Nature, 302:58-61.
- CAVANAUGH, C.M, GARDINER, S.L., JONES, M.L., JANNASCH, H.W. and WATERBURY, J.B., 1981. Prokaryotic cells in the hydrothermal tubeworm *Riftia pachyptila*. Jones: Possible chemoautotrophic symbionts, Science, 213:340-342.
- CHILDRESS, J.J. and MICKEL, T.J., 1985. Metabolic rates of animals from the hydrothermal vents and other deep-sea habitats. In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull. Biol. Soc. Washington, 6:249-260.
- CRANE, K., 1985. The distribution of Geothermal Fields along the Mid-Ocean Ridge: An Overview. In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull. Biol. Soc. Washington, 6:3-18.
- CUSHMAN, J.A., 1911. A monograph of the foraminifera of the North Pacific Ocean. U.S. Natl. Museum Bull., 71. 108pp.
- CUSHMAN, J.A., 1913. New Textulariidae and other arenaceous foraminifera from the Philippine Islands and contiguous waters. Proc. U.S. Nat. Mus 44:633-638.
- CUSHMAN, J.A., 1944. Foraminifera from the Shallow Water of the New England Coast. Cushman Lab. Foram. Res. Spec. Publ., no. 12.
- CUSHMAN, J.A., 1926. Some Pliocene Bolivinas from California. Contr. Cushman Found Lab. Foram. Res., 1:29-35.
- CUSHMAN, J.A., 1927. An outline of a re-classification of the foraminifera. Contr. Cushman Found. Lab. Foram. Res., 3:1-105.
- d'ORBIGNY, A.D., 1839a. Historic Physique, Politique et Naturelle de l'Île de Cuba. 224 p.
- d'ORBIGNY, A.D., 1839b. Voyage dans l'Amerique Meridionale-Foraminiferes 5,86 p. V. Levrault (Strasbourg).
- DESBROYERES, D., GAILL, F., LAUBIER, L. and FOUQUET, Y., 1985. Polychaetous annelids from hydrothermal vent ecosystems: an ecological overview. In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull. Biol. Soc. Washington, 6:103-116.
- DIEGO C., G. Y MOLINA-CRUZ, A., 1987. Definición matemática de "microfacies" bentónicas en el Noreste de Cuenca Pescadero, Golfo de California. Bol. Soc. Geol. Mex., 48(2):1-14.

- EDMOND, J.M., 1984. Marine geochemists are gaining new insights into how ore is formed. Oceanus, 27(3):15-20.
- EDMOND, J.M. and VON DAMM, K.L., 1985. Chemistry of Rodeg Crest Hot Springs. In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull.Biol.Soc.Washington, 6:43-48.
- EINSELE, G., GIESKES, J.M., CURRAY, J., MOORE, D.M., AGUAYO, E., AUBRY, M. P., FORNARI, D., GUERRERO, J., KASTNER, M., KELTS, K., LYLE, M., MATOBA, Y., MOLINA-CRUZ, A., NIEMITZ, J., RUEDA, J., SAUNDERS, A., SCHRADER, H., SIMONEIT, B. and VACQUIER, V., 1980. Intrusion of basaltic sills into highly porous sediments, and resulting hydrothermal activity. Nature, 283:441-445.
- ENRIGHT, J.T., NEWMAN, W.A., HESSLER, R.R. and Mc.GOWAN, J.A., 1981. Deep-Ocean hydrothermal communities. Nature, 289:219-221.
- FELBECK, H., CHILDRESS, J.J. and SOMERO, G.N., 1981. Calvin-Benson Cycle and Sulphide oxidation enzymes in animals from sulphide rich habitats. Nature, (London), 293:291-293.
- FELBECK, H., POWELL, M.A., HAND, S.C. and SOMERO, G.N., 1985. Metabolic Adaptations of Hydrothermal Vent Animals. In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull.Biol.Soc.Washington, 6:261-272.
- GIESKES, J., KASTNER, M., EINSELE, G., KELTS, K. and NIEMITZ, J., 1982. Hydrothermal activity in the Guaymas Basin, Gulf of California: a synthesis. In: Blakeslee, J., Platt, L.W. and Stout, L. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. 64:1169-1178. U.S. Government Printing Office, U.S.A.
- GRASSLE, J.F., 1984. Animals in the soft sediments near the hydrothermal vents. Oceanus, 27(3):63-66.
- GRASSLE, J.F., 1985. Hydrothermal vent animals: distribution and biology. Science, 229:713-717.
- GRASSLE, J.F., BROWN-LEGER, L.S., MORSE-PORTEOUS, L., PETRECCA, R. and WILLIAMS, I., 1985. Deep-Sea Fauna of Sediments in the Vicinity of Hydrothermal Vents. In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull.Biol.Soc.Washington, 6:443-452.
- GRASSLE, J.F., 1986. The Ecology of Deep-Sea Hydrothermal Vent Communities. Advances in Marine Biology, 23:301-362.

- HAYMON, R.M., KOSKI, R.A. and SINCLAIR, C., 1984. Hydrothermal vent worms from Cretaceous Sulfide Ores of the Samail Pphiolite, Oman. Science,223:1407-1409.
- HENYEY, T.L. and BISCHOFF, J.L., 1973. Tectonic elements of the northern part of the Gulf of California. Geol.Soc.Am.Bull.,84:315-330.
- HESSLER, R.R. and SMITHEY, W.M.Jr., 1983. The distribution and community structure of megafauna at the Galapagos Rift hydrothermal vents. In: "Hydrothermal Processes at seafloor spreading centers". Rona, A., Bostrom, K., Laubier, L. and Smith, K.L. (eds).NATO Conference Series IV, 735-770. Plenum Press, New York.
- HESSLER, R.R., SMITHEY, W.M.Jr. and KELLER, C.H., 1985. Spatial and Temporal variation of giant clams,tube worms and mussels at deep-sea hydrothermal vents.In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull.Biol.Soc.Washington,6:411-428.
- HOWARTH, R.J. and MURRAY, J.W., 1969. The Foraminiferida of Chrischurch Harbour, England: A reappraisal using multivariate techniques. Jour.Pal.,43(3):660-675.
- IMBRIE, J. and PURDY, E.G., 1962. Classification of Modern Bahamian Carbonate sediments. In:Ham, W.E. (ed). Classification of Carbonate rocks. Am.Assoc. Petr.Geol.,Mem.,(1), p. 253-272.
- IMBRIE, J. and van ANDEL, T.H., 1964. Vector Analysisi of heavy-minerla data. Geol.Soc.Amer.Bull,75(11):1131-1156.
- INGLE, J.C.Jr. and KELLER, G., 1980. Benthic Foraminiferal biofacies of the Eastern Pacific Margin between 40S and 32N. In:Field, M.D. et al (Eds). Quaternary depositional environments of the Pacific Coast.Pacific Paleogeography symposium 4 Soc.Econ.Paleontol.Miner.Pacific.Section.,U.S.A., p.341-355.
- JANNASCH, H.W. and MOTTL, H., 1985. Geomicrobiology of Deep-Sea Hydrothermal Vents. Science,229:717-725.
- JANNASCH, H.W. and WIRSEN, C., 1979. Chemosynthetic primary production at East Pacific Seafloor Spreading Centers. Bioscience, 29:592-598.
- JANNASCH, H.W. and WIRSEN, C., 1981. Morphological Survey of Microbial mats near deep-sea thermal vents. Applied and Environmental Microbiology,41:528-538.
- JANNASCH, H.W. and WIRSEN, C., 1985. The Biochemical Versatility of Chemosynthetic Bacteria at Deep-Sea Hydrothermal Vents.In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull.Biol.Soc.Washington,6:325-334.

- KARL, D., WIRSEN, C., AND JANNASCH, H., 1980. Deep-Sea primary production at the Galapagos Hydrothermal Vents. Science,207:1345-1347.
- KARL, D.M., 1985. Effects of Temperature in the Growth and viability of Hydrothermal Vent Microbial Communities.In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull.Biol.Soc.Washington,6:345-354.
- KASTNER, M., 1982. Evidence for two distinct hydrothermal systems in the Guaymas Basin. In: Blakeslee,J.,Platt,L.W., and Stout,L. (Eds). Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project.64:1143-1158. U.S.Government Printing Office,U.S.A.
- KIM, J.O., 1978. Factor Analysis. In: Nie, N. et al (Eds).Statistical Package for the Social Science, U.S.A., p. 468-514.
- KLEINBAUM, D.G., KUPPER, L.L. and KEITH, M., 1978. Applied regression analysis and other multivariable methods.Puls-Kent Publ.Co.,U.S.A., 718pp.
- KLITGORD, K.D. and BISCHOFF, J.L., 1984. Magnetic Anomalies in the Northern and Central Gulf of California. Bull.Geol.Soc.Am.,858:815.
- KLOVAN, J. and IMBRIE, J., 1971. An algorithm an FORTRAN IV program for large scale Q mode factor analysis. Tnt.Assoc.Geol.,J3(1):61-79.
- KOSKI, R.A., LONSDALE, P.F., SHANKS, W.C., BERNDT, M.E. and HOWE, S.S., 1985. Mineralogy and Geochemistry of a Sediment-Hosted Hydrothermal Sulfide Deposit from the Southern Trough of Guaymas Basin, Gulf of California. Journal of Geophys. Research, 90(B8):6695-6707.
- KREBS, C.I., 1985. Ecología:Estudio de la Distribución y la abundancia. Cap.23:Diversidad de Especies. Ed. Harla, México. p.495-536.
- LARSON, R.L., 1972. Bathymetry, magnetic anomalies,and fracture zone trends in the Gulf of California. Geol.Soc.Am.Bull.,83:3345-3360.
- LARSON, R.L., MENARD, H.W. and SMITH, S.M., 1968. Gulf of California: A result of ocean-floor spreading and transform faulting. Science, 161:781-784.
- LAUBIER, L. and DESBRUYERES, D., 1985. Oases of the Bottom of the Ocean. Endeavour,9(2):67-76.
- LAWVER, L.A., WILLIAMS, D.L. and von HERZEN, R.P., 1975. A mayor geothermal anomaly in the Gulf of California. Nature,257:23-28.

- LAWVER, L.A. and WILLIAMS, D.L., 1979. Heat Flow in the Central Gulf of California. J.Geophys.Res.,84:3465-3478.
- LIPPS, J.H., 1982. Biology/Paleobiology of Foraminifera. In:Broadhead, T.W. (Eds). Foraminifera: Notes for a Short Course University of Tennessee, U.S.A.,219 pp.
- LONSDALE, P.F., BISCHOFF, J.L., BURNS, U.M., KASTNER, M. and SWEENEY, R.E., 1980. A high temperature hydrothermal deposits on the seabed at the Gulf of California Spreading Center. Earth. Planet. Sci.Letters.,49:8-20.
- LONSDALE, P.F. and BECKER, K., 1985. Hydrothermal plumes,hot springs and conductive heat flow in the Southern Trough of Guaymas Basin. Earth Planet Sci.Lett.,73:211-225.
- LUPTON, J.E., 1979. Helium-3 in the Guaymas Basin:evidence for injection of mantle volatiles in the Gulf of California. J.Geophys.Res.,84:7446-7452.
- LUTZ, R.A. and HESSLER, R., 1983. Life without sunlight Biological Communities of Deep Sea Hydrothermal Vents. The Science Teacher, 50(3):22-29.
- LUTZ, R.A., JABLONSKI, D., RHOADS, D.C. and TURNER, R.D., 1980. Larval dispersal of a Deep-Sea Hydrothermal vent bivalve from the Galapagos Rift. Marine Biology, 57:127-133.
- LUTZ, R.A., FRITZ, L.W. and RHOADS, D.C., 1983. Aragonite dissolution at a deep-sea hydrothermal vent: Implications for determining molluscan growth rates. EOS 64:1017.
- LUTZ, R.A., 1985. Oases on the Ocean Floor. In: Calhoun,D. (ed). Deep Sea Hydrothermal Vents. Yearbook of Science and Future Encyclopedia Britannica Inc., USA. p. 226-242.
- MATOBA, Y. and YAMAGUCHI, A., 1979. Late Pliocene to holocene Benthic Foraminifera of the Guaymas Basin, Gulf of California:sites 477 through 481. In: Blakeslee, J., Platt, L.W. and Stout, L. (Eds). Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project,64:1027-1056. U.S.Government Printing Office,U.S.A.
- MOLINA-CRUZ, A., 1984. Radiolaria as indicators of upwelling processes:the Peruvian connection. Mar.Micropal.,9:53-75.
- MOLINA-CRUZ, A., 1986. Evolución oceanográfica de la Boca del Golfo de California. An.Inst.Cienc.Mar.Limno,13(2):95-120. UNAM.

- MOLINA-CRUZ, A and AYALA-LOPEZ, A., 1988. The Influence of Hydrothermal Vents on the distribution of benthic foraminifera from the Guaymas Basin, Mexico. Geo. Marine Letters, 8:49-56.
- MOORE, D.G., 1973. Plate-edge deformation and crustal growth, Gulf of California structural province. Geol. Soc. Am. Bull., 84:1883-1906.
- MURRAY, J.W., 1973. Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids, Chapter 5: Shelf Seas: Pacific Seabord of North America. Heinemann Educational Books, Great Britain. p. 83-118.
- NATLAND, M.M., 1938. New species of foraminifera from the west coast of North America and from later Tertiary of the Los Angeles Basin. Bull. Scripps. Inst. Oceanog. Technical Series, 4:137-164.
- PARR, W.J., 1950. Foraminifera. Repts. B.A.N.Z. Antarctic Res. Exped., ser. B, 5(pt6):233-392.
- PETTIJOHN, F.J., 1957. Sedimentary Rocks. Ed. Harper and Brothers, U.S.A., p5-6.
- PHLEGER, F.B., 1964. Patterns of Living Benthic Foraminifera, Gulf of California. In: van Andel, T.J.H. and Shor, G.G. (eds) Marine Geology of the Gulf of California. A Symposium. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 3:377-394.
- PHLEGER, F.B. and PARKER, F.L., 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. John Hopkins Press, U.S.A. 297 pp.
- PHLEGER, F.B. and SOUTAR, A., 1973. Production of benthic foraminifera in three East Pacific oxygen minima. Micropaleontology, 19(1):110-115.
- PODRAZHANSKI, A., SAGALEVICH, A., BOGDANOV, Y., ZONENSHAIN, L., KUZMIN, M. and LISITSIN, A., 1990. Hacia los misterios del fondo marino. Cap. VI: El Golfo de California. Ed. Progreso, México. p.242-293.
- RAU, G.H., 1985. C/ C and N/ N in hydrothermal vent organisms: Ecological and biogeochemical implications. In: Jones, M.L. (ed). Hydrothermal Vents of the Eastern Pacific: An Overview. Bull. Biol. Soc. Washington, 6:243-247.
- REMLINGTON, R.D. and SCHORK, M.A., 1970. Statistics with applications to the Biological and Health Sciences. Chapter 11: Analysis of variance. Prentice Hall, Inc., U.S.A., p.282-288.

- RONA, P.A., 1982. Polymetallic sulfides at seafloor spreading centers: a global overview. Marine Technology Society Journal, 16:81-86.
- ROZO, V.G., 1988. Cambios Paleoclimático-oceanográficos evidenciados por las asociaciones de foraminíferos bentónicos, de la parte oriental de la Boca del Golfo de California, durante el Cuaternario. Tesis de Maestría. ICMYL-UNAM. 166pp.
- RUBY, E.G. and JANNASCH, H.W., 1981. Chemolithotrophic Sulfur-oxidizing bacteria from the Galapagos Rift hydrothermal vents. Applied and Environmental Microbiology,42:317-324.
- RUBY, E.G. and JANNASCH, H.W., 1982. Physiological characteristics of *Thiomicrospira* sp strain L-12 isolated from deep-sea hydrothermal vents. Journal of Bacteriology,149:161-165.
- RUMMEL, R.J., 1970. Applied Factor Analysis.Evanston Northwestern Univ.Press, U.S.A., 200 pp.
- SHEPARD, F.P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J.Sediment. Petrol.,24:151-158.
- SIMONEIT, B.R.T. and LONSDALE, P.F., 1982. "Hydrothermal Petroleum in Minerlized Mounds at the seabed of Guaymas Basin". Nature,295:198-202.
- SOMERO, G.N., 1984. Physiology and Biochemistry of the Hydrothermal Vent Animals. Oceanus,27(3):67-72.
- SOTO, L.A. y MOLINA-CRUZ, A., 1986. Exploracion submarina de Ventilas Hidrotermales en la Cuenca de Guaymas. Ciencia y Desarrollo,67(12):17-26.
- STEWART, R.E. and STEWART, K.C., 1930. Post-Miocene foraminifera from the Ventura Quadrangle, Ventura County, California. J.Paleontol.,4:60-72.
- STREETER, S.S., 1972. Living benthonic foraminifera of the Gulf of California, a factor analysis of Phleger (1964) data. Micropaleontology,18(1):64-73.
- TURNER, R.D. and LUTZ, R.A., 1984. Growth and Distribution of Mollusks at Deep-Sea Vents and Seeps. Oceanus,27(3):54-62.
- UCHIO, H., 1960. Ecology of living benthonic foraminifera from the San Diego, California area. Cusman Foun. Foram.Res.Spec.Publ,5:1-72.
- VINE, F.J., 1965. Spreading of the Ocean Floor:New Evidence. Science, (3755):1405-1415.

- von HERZEN, R.P., 1963. Geothermal heat Flow in the Gulfs of California and Aden. Science,140:1207.
- von DAMM, K. and EDMOND, J., 1982. Chemistry of hydrothermal solutions in the Guaymas Basin, Gulf of California (abstract), EOS, Trans. Am. Geophys. Union,63:1015.
- WALTON, W.R., 1955. Ecology of living benthonic foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California. Journal of Paleontol.,29:952-1018.
- WILLIAMS, D.L., BECKER, K., LAWVER, L.A. and von HERZEN, R.P., 1979. Heat Flow at the spreading Centers of the Guaymas Basin, Gulf of California. J. Geophys. Res.,84:6757-6769.
- WILLIAMSON, W.C., 1858. On the Recent Foraminifera of Great Britain., London, Ray Soc., 4to, London, p. vv-xx, 1-107.

Tabla 1. Composición de los Fluidos Hidrotermales en cuatro tipos de actividad hidrotermal y del agua de mar ambiental (tomado de Grassie, 1985).

		Galapagos	13° N	21° N	Guadalupe	Agua de Mar
Li	($\mu\text{mol/Kg}$)	689-1142	658	891-1322	630-1076	26
Na	(mmol/Kg)	+	500	432-513	475-513	463
K	(mmol/Kg)	15.8	29.6	23.2-25.5	32.5-48.5	9.5
Rb	($\mu\text{mol/Kg}$)	13.4-21.2	14.1	27.33	57-56	1.3
NH_4	(nmol/Kg)	n.a.	n.a.	<0.01	10.3-15.6	<0.01
Be	(nmol/Kg)	11-37	n.a.	10-37	12-91	0.02
Mg	(mmol/Kg)	0	0	0	0	52.6
Ca	(mmol/Kg)	24.6-40.2	55	11.7-20.8	26.6-41.5	10.2
Sr	($\mu\text{mol/Kg}$)	87	175	65-97	160-253	87
Ba	($\mu\text{mol/Kg}$)	17.2-42.6	n.a.	>7->15	>7->42	0.14
pH			menor de 3.8	3.3-3.8	5.9	7.8
Alk	(mEq/Kg)	0	n.a.	-0.19 -0.50	2.8 -10.6	23
Cl	(nmol/Kg)	+, -	749	489-579	581-637	540
SiO_2	(mmol/Kg)	21.9	22	15.6-19.5	9.3-13.8	0.18
Al	($\mu\text{mol/Kg}$)	n.a.	n.a.	4.0-5.2	0.9-7.9	0.005
SO_4	(mmol/Kg)	0	0	0	-4.2-0	27.9
H_2S	(mmol/Kg)	+	n.a.	6.6-8.4	3.8-6.0	0
Mn	($\mu\text{mol/kg}$)	360-1140	800, 1200	699-1002	132-236	<0.001
Fe	($\mu\text{mol/Kg}$)	+	1050, 1850	750-2429	17-180	<0.091
Co	(nmol/Kg)	n.a.	n.a.	22-227	<5	0.03
Cu	($\mu\text{mol/Kg}$)	0	n.a.	<0.02-44	<0.02-1.1	0.007
Zn	($\mu\text{mol/Kg}$)	n.a.	n.a.	40-106	0.1-40	0.01
Ag	(nmol/Kg)	n.a.	n.a.	<1-38	<1-230	0.02
Cd	(nmol/Kg)	0	n.a.	17-180	<10-46	1
Pb	(nmol/Kg)	n.a.	n.a.	183-359	<20-652	0.01
As	(nmol/Kg)	n.a.	n.a.	<30-452	283-1074	27
Se	(nmol/Kg)	0	n.a.	0-64	38-88	2.5
Temp de las muestras (°C)		20		273-355	100-315	2

Simbología:
n.a. = no analizado
+ ganancia
- pérdida

Tabla 2. Lista de las estaciones estudiadas y niveles de submuestreo.

	CLAVE	NIVEL SUPERIOR (0-5 cm)		NIVEL MEDIO (0-15 cm)		NIVEL INFERIOR (20-25 cm)
	AL-1	1962-A				I-1
	AL-2	1962-PCX		M-2		
	AL-3	1963(7)				
*	AL-4	1964(2B)		M-4		
*	AL-5	1964 PC	*	M-5	*	I-5
*	AL-6	1972 B-2				
*	AL-7	1972 A-2	*	M-7		
*	AL-8	1973 A-2	*	M-8		
*	AL-9	1974 B-2		M-9		
*	AL-10	1974 P.L.				
*	AL-11	1974 P.CP.				
*	AL-12	1975 Sales	*	M-12		
*	AL-13	1975 G				
*	AL-14	1976 A-2		M-14		
	AL-15	1977 PC-1		M-15		I-15
*	AL-16	1977 PC-4				I-16
	AL-17	1978 PC-1				
*	AL-18	1978 A-2				
*	AL-19	1979 A-2				
*	AL-20	1979 E.C.				
	AL-21	1977 PC-2				
	AL-22	1979 PC-4		M-22		
*	AL-23	1980 A-3				
	AL-24	1981 N-3				
*	AL-25	1981 N-4	*	M-25	*	I-25
	AL-26	1981 N-1				
	AL-27	1981 4A				

•	AL-28	1981 BC2A		M-28		
	AL-29	1981 PC-2		M-29		I-29
	AL-30	1982 PC-2				
	AL-31	1981 PC-1		M-31		I-31
•	AL-32	1982 BC2A		M-32		
	AL-33	1982 PC-4		M-33		
	AL-34	1983 1A		M-34		
•	AL-35	1983 N-3		M-35		
	AL-36	1983 BC4A		M-36		
•	AL-37	1984 N-4		M-37		I-37
	AL-38	1984 N-3		M-38		
	AL-39	1984 PC-2		M-39		I-39
•	AL-40	1984 BCB		M-40		
•	G-8	GUAY-8	•	GM-8	•	GI-8
•	G-9	GUAY-9	•	GM-9	•	GI-9
• ESTACIONES UTILIZADAS EN EL ANALISIS ESTADISTICO (con más de 40 individuos)						

Tabla 3 Lista de estaciones que se incluyeron en el análisis estadístico mostrando: a) posición geográfica dada en coordenadas X-Y del Sistema Trisponder; b) Ambiente observado al momento de la colecta (SF= sedimento frío; H = ambiente hidrotermal con almejas; B = carpas bacterianas; SI = sin información); y c) ubicación en las áreas geográficas (LT = Lutz Town; AR = Angel Rock; N = en otra área de la región hidrotermal; y F = fuera de la región hidrotermal)

CLAVE	NIVEL SUPERIOR	X	Y	AMBIENTE	POS.GEOG.
AL-4	1964 (2B)	4962	4690	SF	LT
AL-5	1964 PC	4986	4721	SF	LT
AL-6	1972 B-2	5260	5217	B	AR
AL-7	1972 A-2	5261	5211	SF	AR
AL-8	1973 A-2	5310	5182	SF	AR
AL-9	1974 B-2	4966	4705	B	LT
AL-10	1974 P.L.	4968	4700	B	LT
AL-11	1974 P.CP.	4968	4700	B	LT
AL-12	1975 Sales	4927	4710	H	LT
AL-13	1975 G	4927	4710	H	LT
AL-14	1976 A-2	5311	5205	B	AR
AL-16	1977 PC-4	4761	4823	B	LT
AL-18	1978 A-2	5313	5175	B	AR
AL-19	1979 A-2	4760	4875	SF	LT
AL-20	1979 E.C.	4760	4875	SF	LT
AL-23	1980 A-3	5280	5230	B	AR
AL-25	1981 N-4	4862	4719	SI	LT
AL-27	1981 4-A	SI	SI	H	
AL-28	1981 BC2A	SI	SI	H	LT
AL-32	1982 BC2A	4859	4759	H	LT
AL-35	1983 N-3	4930	4708	SI	LT
AL-37	1984 N-4	4154	3735	SI	N
AL-40	1984 BCB	5869	4853	H	N
G-8	GUAY-8	27 00.198N	111 14.566W		F
G-9	GUAY-9	26 59.93 N	111 34.947 W		F

Tabla 4: Lista de especies de foraminíferos bentónicos y sus índices de similitud entre biocenosis y tanatocenosis, de acuerdo con el Análisis Cluster Modo R

LISTA DE ESPECIES	INDICE DE SIMILITUD
<i>Ammoscolaria pseudospiralis</i>	0.4175
<i>Bolivina seminuda</i>	0.7067
<i>Bolivina sp1</i>	0.8015
<i>Bolivina translucens</i>	0.7624
<i>Brizalina spp</i>	0.1011
<i>Bulimina mexicana</i>	0.8363
<i>Bulimina spinosa</i>	0.874
<i>Buliminella tenuata</i>	0.6482
<i>Cassidulina sp.cf.C.subglobosa</i>	0.6527
<i>Cassidulina subcarinata</i>	0.3181
<i>Cibicides sp</i>	0.6923
<i>Cornuspira sp</i>	0.7304
<i>Epistominella smithi</i>	0.539
<i>Fursenkoina cornuta</i>	0.4676
<i>Fursenkoina rotundata</i>	0.6246
<i>Globobulimina affinis</i>	0.1093
<i>Globobulimina pacifica</i>	0.3656
<i>Islandiella cushmani</i>	0.5597
<i>Lagena gracillima</i>	0.0793
<i>Lagena striata</i>	0.0972
<i>Oridorsalis sp</i>	0.6601
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	0.7385
<i>Pseudoparrella spp</i>	0.5903
<i>Quinqueloculina sp</i>	0.4184
<i>Recurvoides sp</i>	0.6235
<i>Reophax dentaliniformis</i>	0.6186
Forma "A"	0.6302

Forma "D"	0.9058
Suggrunda eckisi	0.6157
Trochamina sp	0.9696
Uvigerina peregrina	0.681
Valvulineria araucana	0.5315

Tabla 5: Lista de especies de foraminíferos bentónicos que muestran afinidad entre su biocecnosis y su taratoccnosis de acuerdo al Análisis Cluster modo R. Estas especies son denominadas "especies significativas".

1. *Bolivina seminuda*
2. *Bolivina* sp 1
3. *Bolivina translucens* Phleger and Parker
4. *Bulimina mexicana* Cushman
5. *Bulimina spinosa* (Heron Allen and Earland)
6. *Buliminella tenuata* Cushman
7. *Cassidulina* sp.cf. *C. subglobosa* Brady
8. *Cibicides* sp
9. *Cornuspira* sp
10. *Fursenkoina rotundata* (Parr)
11. *Oridorsalis* sp
12. *Oridorsalis umbonatus* (Reuss)
13. *Recurvoides* sp
14. *Reophax dentaliniformis* Brady
15. Forma "A"
16. Forma "D"
17. *Suggrunda eckisi* Natland
18. *Trochamina* sp
19. *Uvigerina peregrina* d'Orbigny

Tabla 6: Estandarización de los datos obtenidos del análisis de factores modo O (Anejo 3) para su utilización en el Análisis Multivariado Gráfico.

EST	FACTOR 1			FACTOR 2			FACTOR 3		FACTOR 4	
	VF	[%]		VF	[%]		VF		VF	[%]
4	0.32484	25		0.84507	65		0.10085		0.08184	10
5	0.21059	15		0.95668	75		-0.0558		0.09178	10
6	0.49233	35		0.81308	50		-0.09208		0.21235	15
7	-0.05531	0		0.98511	100		0.00048		-0.00999	0
8	0.422	30		0.95168	60		0.05568		0.22379	10
9	0.98336	90		0.10727	10		-0.1136		-0.01107	0
10	0.98059	75		0.13761	10		-0.09677		0.1568	15
11	0.92766	70		0.17308	15		-0.10658		0.22489	15
12	-0.05401	0		0.07417	10		0.09317		0.97124	90
13	-0.0651	0		-0.04643	0		0.134		0.86875	100
14	0.89052	70		0.40944	30		-0.10384		0.05199	0
16	0.8335	90		-0.03115	0		0.27128		0.0949	10
18	0.96743	80		0.17632	20		-0.05768		-0.00179	0
19	0.4441	45		0.54805	55		-0.2286		-0.02813	0
20	0.32177	25		0.92893	75		-0.05953		-0.06685	0
23	0.97986	90		0.09959	10		-0.12433		0.06635	0
25	0.23215	15		0.82782	70		0.38279		0.2259	15
27	0.34998	25		0.26263	25		-0.07578		0.55743	50
28	0.60434	45		0.08364	10		0.13646		0.5677	45
32	0.00392	0		-0.10919	0		0.17613		0.8475	100
35	0.66071	50		0.10867	10		0.36312		0.47653	40
37	0.02428	0		0.99197	100		0.00267		-0.01943	0
40	0.18688	15		0.58717	45		-0.10868		0.046643	40
M5	0.10681	10		0.95509	90		0.06793		-0.13824	0
M7	0.95781	80		0.22855	20		0.11754		-0.03753	0
M8	0.98556	100		-0.01497	0		0.08909		0.05391	0

M12	0.74556	80	-0.14889	0	0.51332	0.235	20	
M25	0.8061	70	0.40902	30	-0.03025	-0.20805	0	
I5	0.0244	0	0.95082	100	0.02892	-0.17368	0	
I25	0.89887	70	0.40289	30	-0.0484	-0.08822	0	
G8	-0.00638		0.14468		0.77687	0.32814		
G8	-0.09673		0.15976		0.80706	0.13704		
GM8	0.12387		0.3005		0.9148	0.04314		
GM9	-0.02871		-0.142		0.88928	-0.00141		
G18	0.00269		-0.13218		0.95592	0.02652		
G19	0.00517		-0.12878		0.93479	-0.02542		
NOTA:La suma de los factores 1,2 y 4 representó el 100%								

Tabla 7: Agrupación de cada estación con los factores obtenidos en el Análisis Matemático para los tres casos estudiados.

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
	EST.	EST.	EST.	EST.
CASO A	4	9	12	27
	5	10	13	40
	6	11	32	28
	7	14		
	20	18		
	25	23		
	37			
CASO B	9	5	12	19
	10	7	13	27
	11	8	32	
	14	20		
	16	37		
	18			
	23			
CASO C	9	4	G8	12
	10	5	G9	13
	11	6	GM8	32
	14	7	GM9	
	16	8	G18	
	18	20	G19	
	23	25		
	M7	37		
	M8	M5		
	M12	15		
	M25			
	125			

Caso A: abundancia relativa de ejemplares vivos y no vivos de todas las especies (significativas y no significativas)

Caso B: abundancia relativa sólo de ejemplares vivos de todas las especies (significativas y no significativas)

Caso C: abundancia relativa de ejemplares vivos y no vivos de "especies significativas".

Las letras M e I significan muestras del subsuelo en los niveles medio (10 a 15 cm) e inferior (20-25 cm) respectivamente; el resto son muestras superficiales.

La letra G corresponde a las estaciones de la Cuenca de Guaymas alejadas del área hidrotermal.

Tabla 8: Resultados del Análisis de Factores en donde se muestra la matriz "varimax" (modo rotacional) de Factores (Estructurada a partir del anexo 3).

ESTACIONES	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
4	0.32485	<u>0.84507</u>	0.10085	0.08184
5	0.21059	<u>0.95668</u>	-0.05580	0.09178
6	0.49233	<u>0.81308</u>	-0.09208	0.21235
7	-0.05531	0.98511	0.00048	-0.00990
8	0.42200	0.95168	0.05568	0.22379
9	<u>0.98336</u>	0.10727	-0.11336	-0.01107
10	<u>0.98059</u>	0.13761	-0.09677	0.15680
11	<u>0.92766</u>	0.17308	-0.10658	0.22489
12	-0.05401	0.07417	0.09317	<u>0.97124</u>
13	-0.06510	-0.04613	0.13400	<u>0.86875</u>
14	<u>0.89052</u>	0.40944	-0.10384	0.05199
16	0.83350	-0.03115	0.27128	0.09490
18	<u>0.96743</u>	0.17632	-0.05768	-0.00179
19	0.44410	0.54805	-0.22860	-0.02813
20	0.32177	<u>0.92893</u>	-0.05853	-0.06685
23	<u>0.97986</u>	0.09959	-0.12433	0.06635
25	0.23215	<u>0.82782</u>	0.38279	0.22590
27	0.34998	0.26263	-0.07578	0.55743
28	0.60434	0.08364	0.13646	0.56770
32	0.00392	-0.10919	0.17613	<u>0.84750</u>
35	0.66071	0.10867	0.36312	0.47653
37	0.02428	0.99197	0.00267	-0.01943
40	0.18688	0.58717	-0.10868	0.46643
G8	-0.00638	0.14468	<u>0.77687</u>	0.32814
G9	-0.09673	0.15976	<u>0.80706</u>	0.13704

La varianza acumulativa fue de 87.6

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA 29

Tabla 9: Resultados del Análisis Cluster modo R mostrando el coeficiente de similitud entre las especies y cada agrupación (definida por Análisis de Factores modo Q).

VARIABLES	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
3 <i>Bolivina seminuda</i>	0.4308	<u>0.6429</u>	0.3664	0.1342
5 <i>Bolivina</i> sp 1	0.1365	<u>0.5657</u>	0.1298	0.0018
9 <i>Bolivina translucens</i>	0.3008	<u>0.5758</u>	-0.03576	0.1424
13 <i>Bullimina mexicana</i>	0.2069	0.1147	0.2305	<u>0.8528</u>
15 <i>Bullimina spinosa</i>	0.3487	<u>0.9450</u>	0.0748	0.0564
17 <i>Bulliminella tenuata</i>	0.3517	0.3564	<u>0.6765</u>	0.2865
19 <i>Cassidulina</i> sp.cf.C.subglobosa	0.3713	0.5736	0.1059	<u>0.7307</u>
24 <i>Cibicides</i> sp	0.2740	<u>0.6927</u>	0.4830	0.2748
26 <i>Cornuspira</i> sp	<u>0.5519</u>	0.4554	0.0242	0.5321
33 <i>Fursenkoina rotundata</i>	0.4206	<u>0.6231</u>	0.2284	0.4937
50 <i>Oridorsalis</i> sp	<u>0.5426</u>	0.1250	0.5106	0.4206
52 <i>Oridorsalis umbonatus</i>	0.4568	0.2362	<u>0.5362</u>	0.4611
58 <i>Recurvodes</i> sp	0.4944	0.1358	0.1012	0.3834
60 <i>Reophax dentaliniformis</i>	0.2993	0.0385	0.3877	0.1270
62 Forma "A"	0.3887	0.4627	0.5636	<u>0.5792</u>
64 Forma "D"	0.3482	0.3592	-0.0755	-0.0723
66 <i>Suggrunda eckisi</i>	0.0552	0.3527	0.2768	0.4415
68 <i>Trochamina</i> sp	<u>0.9421</u>	0.3950	0.0066	0.1417
70 <i>Uvigerina peregrina</i>	0.3301	0.1479	<u>0.9233</u>	0.4085

Tabla 10: Datos de abundancia (No. de individuos/gr) de foraminíferos bentónicos, ostrácodos, radiolarios y foraminíferos planctónicos por estación; y datos de abundancia relativa (%) de diatomeas por estación.

EST	ABUNDANCIA (No.IND/GR)			FORAM. PLANCT.	DIATOM. (%)
	FORAM BENT	OSTRAC.	RADIOL.		
4	1074	0	21	170	99
5	415599	3340	2228	362117	70
6	5579	0	18	316	99
7	424913	0	2899	66667	98
8	497696	3456	11494	165517	80
9	475684		13678	0	95
10	64	0	13	13	30
11	52	0	35	21	60
12	20799	1	63	6278	5
13	9767	0	0	3862	-1
14	220755	1415	45755	22170	85
16	131	0	15	3	70
18	219	0	263	1	60
19	631027	4167	14583	345833	70
20	1365217	4348	13043	443478	99
23	410359	0	0	2656	99
25	156502	2404	0	12019	70
27	73053	4210	211	16000	60
28	37	0	0	11	10
32	6	0	0	18	30
35	11	0	7	2	10
37	266387	0	840	54622	80
40	420290	362	0	42029	50

Tabla 11: Agrupación de cada estación en los diferentes niveles (superficial, intermedio e inferior) con los factores obtenidos del análisis matemático.

Las letras AL seguidas de un número indican las muestras de la región hidrotermal.

La letra G indica las muestras de la Cuenca de Guaymas alejadas de la región hidrotermal.

(Esta tabla se estructuró a partir del apéndice 3).

NIVELES	ESTACIONES						
	G8	G9	AL-5	AL-7	AL-8	AL-12	AL-25
SUPERFICIAL (0-5 cm)	F3	F3	F2	F2	F2	F4	F2
INTERMEDIO (10-15 cm)	F3	F3	F2	F1	F1	F1	F1
INFERIOR (20-25 cm)	F3	F3	F2				F1

Anexo 1: Principales Taxa identificados en los Ambientes Hidrotermales (Tomado de Grassle, 1986)

A. Microorganismos

1. Reino Monera

Aparecen intensos crecimientos bacterianos en las ventilas hidrotermales profundas que forman la base de la alta productividad primaria que soporta a las densas colonias de animales grandes y de rápido crecimiento de las ventilas. Una alta proporción de esta actividad microbiana es común que ocurra debajo de la superficie rocosa, en espacios dentro de los cuales la lava fluye. Algunas de estas partículas microbianas y fragmentos de material bacteriano emerge con los fluidos hidrotermales y se mezcla con el agua de mar circundante. El crecimiento bacteriano también ocurre simbióticamente en tejidos de bivalvos y vestimentífera, y como montículos microbianos en las superficies duras como rocas, conchas y tubos de animales.

Las fuentes de energía para la producción primaria son sustancias inorgánicas del fluido hidrotermal.

Algunos géneros y especies son: Beggiatoa, Chalotrix, Methanococcus jannaschii, etc.

2. Reino Protozoa

Se han encontrado algunos protozoarios ciliados que se han podido aislar de las superficies rocosas o de los lavados de Calyptogena y de Riftia, siendo aproximadamente 20 especies en 15 géneros y 14 familias. Además hay largas colonias de flagelados y sarcodinos.

Ayala-López (1987) y Molina-Cruz y Ayala-López (1988) han descrito también foraminíferos bentónicos asociados a sitios de actividad hidrotermal en la Cuenca de Guaymas.

B. Phylum Nematoda

La meiofauna en las ventilas de Galápagos y 21° N consiste la mayoría de nemátodos y copépodos bentónicos.

C. Phylum Coelenterata

Varias especies de anémonas son comunes en la vecindad de las ventilas hidrotermales pero ninguna ha sido aún descrita.

continuación del Anexo 1.

D. Phylum Mollusca

1) Bivalvia.

Calyplogena magnifica y Bathymodolius thermophilus son los dos grandes bivalvos que, junto con Riftia, le dan a la fauna de las ventilas su apariencia característica.

Los mejillones (Bathymodolius thermophilus) parece que son incapaces de sobrevivir en donde no hay aguas hidrotermales, pero alcanzan su máxima densidad y biomasa en áreas donde si las hay.

Calyplogena magnifica en la Dorsal de Galápagos y 21° N está restringida a fisuras donde hay por lo menos temperatura un poco elevada. Se ven a menudo conchas de este molusco muerto, siendo más comunes en la periferia de fuentes primarias de ventilas, y al parecer los cambios en el flujo hidrotermal producen su muerte.

Tanto Calyplogena magnifica como Bathymodolius thermophilus tienen bacterias simbióticas en sus branquias.

Estas almejas gigantes no se presentan en todos los sitios; en su lugar se presentan otras especies como es el caso de Calyplogena pacifica, en la Cuenca de Guaymas.

2. Gastropoda

Se han encontrado 22 especies de caracoles de ventilas hidrotermales profundas, pertenecientes a por lo menos 5 familias, las cuales sólo se presentan en estos ambientes. Algunas especies son: Neomphalus fretterae, Melanodrymia auratiaca, etc.

3. Aplacophora

Se han descrito 9 nuevas especies representando 5 géneros de aplacóforos. Algunos ejemplos son: Simrothiella, Falcidens, etc.

C. Phylum Vestimentifera

La clase Vestimentifera se sacó del Phylum Pogonophora pues se consideró que era un grupo relacionado con este Phylum pero debía ser separado formando uno nuevo. Representado por 5 familias y 9 especies.

La especie más abundante e importante de este Phylum es Riftia pachyptila, la cual llega a alcanzar hasta 2 metros y secreta un tubo que alcanza cerca de los 3 metros. Estos organismos no tienen boca o faringe y el alimento entra a través de filamentos branquiales vascularizados y pínulas distribuidas sobre la superficie de las lamelas branquiales, éstas

continuación del Anexo 1.

unidas en su base forman plumas elongadas. Una gran concentración de hemoglobina en los vasos sanguíneos de cada filamento branquial le da una coloración rojo intenso característico. En su trofosoma albergan a gran cantidad de bacterias con quienes tienen una relación simbiótica.

F. Phylum Annelida

1. Polychaeta

Los gusanos más comunes son Alvinella pompejana, Branchiopolynoe symmytilida y 2 especies no descritas de serpúlidos.

La primera vive en tubos en forma de U que secreta y se ha encontrado en las paredes de las chimeneas sulfurosas de las fumarolas negras, asociados a las aguas más calientes (350° C), pero es más común encontrarlas incrustadas en toda la superficie de las fumarolas blancas de menor temperatura (< 300° C). Alcanzan una biomasa de 16Kg/m. Se asocian con bacterias que les proporcionan alimento y las albergan en sus tejidos.

Otra especie es Paralvinella grassleji que se ha encontrado en varios lugares: Galápagos, Cuenca de Guaymas, 13° N y 21° N, también asociada a temperaturas altas (285°C).

2. Hirudinea

Un nuevo género y especie de sanguijuela, Bathbdella sawyeri es muy común en las ventilas de las Galápagos, no ha sido colectada en otras ventilas. Se han encontrado llenas de células rojas de sangre, indicando que son parásitas de peces o de Calyptogenia.

G. Phylum Arthropoda

Larvas de copépodos han sido vistas en la vecindad de ventilas de relativamente baja temperatura (5-25° C). Pertenecen a un nuevo género y especie Isaacsicalaanus paucisetus encontradas en 21° N. Al parecer derivan su energía de productividad quimiosintética.

Hay otras especies más como: Ceuthoecetes aliger asociada con Riffia, Lamellibranchi barhami, etc. También se han descrito especies de Cirripedia.

Se han encontrado anfípodos, los cuales son muy comunes en las ventilas, así como los Isópodos y Decápodos siendo uno de los más comunes los cangrejos Bythograea therydron, Bythograea microps y Cynograea praedator. Estos animales no parecen muy inusuales pero pertenecen a una nueva Superfamilia. El primero es un excavador y se ha

Continuación del Anexo 1.

visto también raspando en la superficie de los tubos de Riftia y alimentarse de las plumas branquiales expuestas.

C.praedator es un importante predador de Alvinella pompejana, en lugares donde la temperatura es cerca de 20° C.

A excepción del camarón Alvinocaris lusca, los demás decápodos parecen encontrarse en profundidades similares en otros sitios de mar profundo. Estas incluyen al cangrejo galatéido Munidiopsis subsquamosa que es común en las ventilas y a otros dos camarones.

H. Phylum Enteropneusta

Gusanos largos, de colores vivos y pegados a las rocas de las ventilas de las Galápagos se conocen como los gusanos spagueti. Pertenecen a un nuevo género, especie y familia: Saxipendium coronatum. La parte posterior de estos animales se fija a la roca y la parte anterior queda libre en el agua. Al parecer se alimenta de materia en suspensión, pero su dieta aún se desconoce.

I. Phylum Chordata

1. Peces

Sólo se conocen 3 especies de peces cercanamente asociadas a las ventilas hidrotermales. El pez rosa de las Galápagos tiene una densidad de 1 a 3 por ventila, pero han sido vistos hasta 8 juntos en una sola ventila. No han sido capturados pero se cree son del género Diplacanthopoma. No se ha visto como se alimentan; Hessler y Smithey (1983), sugieren que necesitan estar cerca del agua de las ventilas para cubrir la necesidad química de las bacterias simbióticas quimiosintéticas.

Otra posibilidad es que la elevada tasa metabólica resultante de las aguas calientes circundantes puede permitirle al pez moverse más rápido para huír de depredadores o capturar presas.

Otro pez de las ventilas es Thermaces cerbus, el cual es depredador y se observa comunmente nadando alrededor de Calyptogenia en 21° N.

Fauna ausente en los Ambientes Hidrotermales

En la Dorsal de Galápagos, la fauna que se encuentra a cierta distancia de las ventilas incluye holoturidos, asteroideos, esponjas, varios celenterados como gorgonias,

Continuación del Anexo 1.

hidroides, etc. Muchos de estos animales son coloniales y crecen continuamente por reproducción asexual.

Especies coloniales que se reproducen asexualmente están ausentes del área de ventilas hidrotermales aún cuando son comunes en superficies rocosas en cualquier parte de mar profundo. Los equinodermos están también ausentes, excepto por un pequeño ofiuroideo y un pequeño equinoideo en la periferia de las ventilas de las Galápagos y pocos ofiuroideos que han sido observados en 13° N. Hessler y Smithey (1983) especulan que los taxa que no son de las ventilas son intolerantes para las condiciones físico-químicas de las ventilas. Por ejemplo en Calyptogena se han encontrado concentraciones de metales en sus tejidos ordinariamente tóxicos en otras especies.

La ausencia de especies coloniales incrustantes que se reproducen asexualmente puede estar relacionada con la naturaleza efímera del ambiente. En arrecifes de coral las especies coloniales incrustantes como corales, ascidias, briozoarios y esponjas pueden ganar competitivamente una ventaja sobre especies solitarias por medio de ocupar rápidamente espacios por medio de crecimiento lateral y por inhibir el establecimiento de otras especies.

Debido a que las especies de arrecifes coralinos tienen tiempos de vida largos y debido a que el suministro de alimento aumenta con el área que ocupe la colonia, la ocupación de espacios maximiza la producción total. En las áreas de ventilas hidrotermales, las áreas limitadas de grandes concentraciones de alimento y nutrientes deben ser sitios de intensa competencia; sin embargo, estos sitios existen en un corto período de tiempo.

En este caso hay menos tiempo disponible para crecimiento lateral y la tasa de reproducción por individuo es maximizada por el rápido crecimiento a un tamaño grande. Otra posibilidad es que las especies coloniales incrustantes están en desventaja por no ser capaces de actuar en respuesta a cambios en el flujo hidrotermal (Grassle, 2986).

Muchas especies de arrecife colonizan a través del transporte de porciones de las colonias reproducidas asexualmente. Este modelo de dispersión puede no encontrarse en los ambientes hidrotermales debido a que los propágulos que son el resultado de la reproducción sexual son genéticamente más diversos y pueden tener una ventaja en colonizar habitats recientemente formados.

Los grupos que no son comunes en las ventilas: equinodermos, celenterados y esponjas, carecen de un sistema vascular bien desarrollado necesario para adaptarse a los suministros variables de oxígeno. Esto puede ponerlos en desventaja respecto a moluscos, anélidos, artrópodos y vestimentífera.

ANEXO 2: LISTA DE ESPECIES DE REFERENCIA

ESPECIES

REFERENCIA

1. *Ammoscolaria pseudospiralis* (Williamson), 1858, p.2, pl.1, figs 2,3.
2. *Bolivina seminuda* Cushman, 1926, p.44, pl.6, figs 61, b.
3. *Bolivina* sp1 (ver Ayala-López, 1987)
4. *Bolivina subadvena* Cushman, 1926, p.44, pl.6, figs 6a, b.
5. *Bolivina translucens* Phleger y Parker, 1951, p.15, pl.7, fig.13, 14 a-b.
6. *Brizalina* spp.
7. *Bulimina mexicana* Cushman. Uchio, 1960, pl.6, fig.4.
8. *Bulimina spinosa* (Heron Allen y Earland). Bandy, 1961, P.17, pl.5, fig.10.
9. *Buliminella tenuata* Cushman. Uchio, 1960, pl.6, fig.1.
10. *Cassidulina* sp cf. *C.subglobosa* Brady, 1881, p.430, pl.54, figs 17a-c.
11. *Cassidulina subcarinata* Uchio, 1960, p.68, pl.9, fig 15 y 16.
12. *Cibicides* sp (ver Ayala-López, 1987)
13. *Cornuspira* sp
14. *Chilostomella ovidea* Reuss, 1850, p.380, pl.48, figs 12 a-e
15. *Epistominella smithi* (Stewart y Stewart). Bandy, 1961, p.15, pl.5, figs 6a-c.
16. *Epistominella* sp. cf. *E.pacifica* (Cushman), 1927a, p.165, pl.5, figs 14, 15.
17. *Fissurina* sp (ver Ayala-López, 1987)
18. *Fursenkoina cornuta* (Cushman), 1913, p.637, pl.80, fig.1.
19. *Fursenkoina rotundata* (Parr), 1950, p.337, figs. 14ab.
20. *Globobulimina affinis* (d'Orbigny), 1839, p.105, pl.2, figs.25-26.
21. *Globobulimina pacifica* (Cushman), 1927b, p.67, pl.14, fig.12.
22. *Islaniella cushmani* (Stewart y Stewart), 1930, p.71, pl.9, fig 5a, b.
23. *Lagena gracillima* (Segenza) Cushman, 1944, p.21, pl.3, fig.3.
24. *Lagena* spp
25. *Lagena striata* (d'Orbigny), 1839b, p.21, pl.5, fig.12.
26. no identificados
27. *Nonionella stella* Cushman and Moyer. Uchio, 1960, pl.4, figs 15, 16.
28. *Oridorsalis* sp (ver Ayala-López, 1987).
29. *Oridorsalis umbonatus* (Reuss), 1851, p.75, pl.5, figs 35a-c.
30. *Pseudoparrella* spp (ver Ayala-López, 1987)
31. *Pyrgo* sp.
32. *Quinqueloculina* sp.(ver Ayala-López, 1987)
33. *Recurvoides* sp (ver Ayala-López, 1987)
34. *Reophax dentaliniformis* Brady, 1881, Micr.Sci. Quart.Jour.v19, p.49.
35. Forma "A"(ver Ayala-López, 1987)
36. Forma "D"(ver Ayala-López, 1987)

37. *Suggrunda eekisi* Natland, 1950, p. 23, pl. 9, figs. 12a, b.
38. *Trochamina* sp
39. *Uvigerina peregrina* d'Orbigny. Cushman, 1927a, p. 157,
pl. 4, fig. 1.
40. *Valvulineria araucana* d'Orbigny. Cushman 1927a, p. 160, pl. 4, fig. 7-8.

**ANEXO 3: Resultados del Analisis de Factores en donde se muestra la matriz "varimax" (modo rotacional) de Factores para muestras de los niveles superficial, medio (M) e inferior (I).
La letra G representa muestras de la Cuenca de Guaymas alejadas del hidrotermalismo.**

ESTACION	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
4	0.32484	0.84507	0.10085	0.08184
5	0.21059	0.95668	-0.0558	0.09178
6	0.49233	0.81308	-0.09208	0.21235
7	-0.05531	0.98511	0.00048	-0.0099
8	0.42200	0.95168	0.05568	0.22379
9	0.98336	0.10727	-0.1136	-0.01107
10	0.98059	0.13761	-0.09677	0.1568
11	0.92766	0.17308	-0.10658	0.22489
12	-0.05401	0.07417	0.09317	0.97124
13	-0.0651	-0.04643	0.13400	0.86875
14	0.89052	0.40944	-0.10384	0.05199
16	0.8335	-0.03115	0.27128	0.0949
18	0.96743	0.17632	-0.05768	-0.00179
19	0.4441	0.54805	-0.2286	-0.02813
20	0.32177	0.92893	-0.05953	-0.06685
23	0.97986	0.09959	-0.12433	0.06635
25	0.23215	0.82782	0.38279	0.2259
27	0.34998	0.26263	0.07578	0.55743
28	0.60434	0.08364	0.13646	0.5677
32	0.00392	-0.10919	0.17613	0.8475
35	0.66071	0.10867	0.36312	0.47653
37	0.02428	0.99197	0.00267	-0.01943
40	0.18688	0.58717	-0.10868	0.046643
M5	0.10681	0.95509	0.06793	-0.13824
M7	0.95781	0.22855	0.11754	-0.03753
M8	0.98556	-0.01497	0.08909	0.05391

M12	0.74556	-0.14889	0.51332	0.23500
M25	0.8061	0.40902	-0.04025	-0.20805
I5	0.0244	0.95082	0.02892	-0.17368
I25	0.89887	0.40289	-0.0484	-0.08822
G8	-0.00638	0.14468	0.77687	0.32814
G8	-0.9673	0.15976	0.80706	0.13704
GM8	0.12387	0.3005	0.9148	0.04314
GM9	-0.02871	-0.14200	0.88928	-0.00141
GI8	0.00269	-0.13218	0.95592	0.02652
GI9	0.00517	-0.12878	0.93479	-0.02542
El porcentaje acumulativo de la varianza fue de 87.6				

ANEXO 4: Relacion de: a) abundancia absoluta (No. de individuos/gr) de foraminiferos bentónicos, ostrácodos, radiolarios y foraminiferos planctónicos; y b) abundancia relativa (%) de diatomeas para las estaciones submuestreadas en los niveles: superficial (S), medio (M) e inferior (I) de los sedimentos.

ESTACION	ABUNDANCIA (No.IND/gr)			OSTRAC	DIATOM (%)
	FORAM BENTON	RADIOL	FORAM PLANCTON		
S5	415599	2228	362117	3340	70
M5	823780	0	1378299	7998	85
I5	4240	0	3646	25	80
S7	428288	2899	66667	0	98
M7	102948	2869	319	0	99
S8	497725	11494	165517	0	80
M8	323943	1066	104478	1066	80
S12	20794	63	6278	1	5
M12	23988	0	454	75	60
S25	156905	0	12019	2404	70
M25	143520	453	243576	0	95
I25	604	0	26	0	98

ANEXO 5: Lista de estaciones con pocos foraminíferos (menos de 16) y su localización referida a las coordenadas X-Y del sistema trisponder.

CLAVE	ESTACION	X	Y
1	1962(A)	SI	SI
2	1963 PCX-R	5305	5190
3	1963 (7)	SI	SI
15	1977 PC1	4761	4823
17	1978 PC1	5320	5180
21	1979 PC-2	4760	4875
22	1979 PC-4	4760	4875
24	1981 N-3	4821	4753
26	1981 N-1	4821	4753
29	1981 PC-2	4821	4753
30	1982 PC-2	4853	4772
31	1982 PC-1	4839	4758
33	1982 PC-4	4859	4760
34	1983 A-1	4904	4718
36	1983 BC4A	4904	4718
38	1984 N-3	4196	3672
39	1984 PC-2	5869	4853
SI = sin informacion			

ANEXO: Lista de las localidades de referencia en el área de estudio y su ubicación referida a las coordenadas X-Y del sistema trisponder

CLAVE	REFERENCIA	X	Y
1	Smoker Ledge	5028	5143
2	Angel Rock	5341	5150
3	Lutz stakes #2	4910	4689
4	Yellow loat	4924	4790
5	Lutz stake #11	4933	4710
7	Pagoda	5024	5121
12	Mat Area	4950	4690
13	Coral Reef	4791	4826
14	chimeneys 1982-1	4782	4812
15	CH-1982-2	4769	4812
16	NW-1	4882	4745
17	1983 CH-1	4935	4712
18	1984 CH-1	4929	4687
19	white 4-5"smoker 1969,1982	4779	4823
20	Mound	4900	4650
21	Remmy-Hennet Site	5303	5196
22	no name smoker	4804	4804

ANEXO 7: Abundancia relativa (%) de Trochamina sp, Bulimina mexicana y Bulimina spinosa para cada estación.

ESTACION	Trochamina sp	Bulimina mexicana	Bulimina spinosa
	(%)	(%)	(%)
4	11.881	4.950	23.762
5	12.869	0.268	33.780
6	18.634	3.727	22.050
7	3.729	2.712	43.051
8	5.787	5.324	25.000
9	68.254	0.635	4.762
10	52.027	3.378	6.081
11	34.409	10.215	6.452
12	1.425	28.205	2.564
13	0.327	38.889	1.634
14	34.261	2.355	13.490
16	24.242	2.020	1.010
18	41.667	0.595	5.952
19	13.907	0.662	11.921
20	14.921	0.635	30.159
23	61.812	2.589	2.913
25	7.975	7.362	19.939
27	13.218	1.437	3.736
28	15.842	4.950	1.320
32	2.941	43.137	0.000
35	16.667	14.286	4.762
37	6.090	0.096	36.538
40	11.043	0.307	14.724

ANEXO 8: Índice de diversidad de cada estación en sus dos modalidades: A) considerando sólo individuos vivos y B) considerando individuos vivos y muertos.

ESTACION	INDICE DE DIVERSIDAD	
	CASO A (VIVOS)	CASO B (VIVOS Y MUERTOS)
4	0.31	1.14
5	0.38	0.99
6	0.38	1.10
7	0.59	0.96
8	0.72	1.20
9	0.40	0.65
10	0.65	0.89
11	0.57	1.02
12	0.67	1.05
13	0.49	1.02
14	0.58	1.10
16	0.43	1.10
18	0.28	1.02
19	0.63	1.15
20	0.56	1.06
23	0.53	0.71
25	0.30	1.20
27	0.54	1.09
28	0.81	1.19
32	0.59	0.90
35	0.37	1.11
37	0.63	1.05
40	0.46	1.05
G8	0.24	1.12
G9	0.32	1.16