



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Variación en el patrón de circulación superficial del
Golfo de Tehuantepec durante el Último Máximo Glacial
Por medio de las asociaciones de foraminíferos planctónicos**

T E S I S

Que para obtener el Título de Bióloga

PRESENTA:

Leslie Patricia Córdoba Saldaña



Dir. Dra. Maria Luisa Machain Castillo

México, 2009



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

1. Datos del alumno

Córdoba

Saldaña

Leslie Patricia

53 84 44 95

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

300291492

2. Datos del tutor

Dra.

Maria Luisa

Machain

Castillo

3. Datos del sinodal 1

Dr.

Frank Raúl

Gio

Argaez

4. Datos del sinodal 2

Dra.

Ligia Lucina

Pérez

Cruz

5. Datos del sinodal 3

Dr.

Adolfo

Gracia

Gasca

6. Datos del sinodal 4

M. en C.

Mario Alejandro

Gómez

Ponce

7. Datos del trabajo escrito.

Variación en el patrón de circulación superficial del Golfo de Tehuantepec durante el Último Máximo Glacial por medio de las asociaciones de foraminíferos planctónicos

67 p

2009

AGRADECIMIENTOS

En especial a mis padres, por darme todo su apoyo para poder llevar a cabo mi tesis y a mis hermanos, Karina , Alfonso, y Samanta.

Gracias a la Dra. Maria Luisa Machain por ser mi directora de tesis, por el apoyo y confianza brindados durante todo este tiempo.

Mis agradecimientos al Drs. Raúl Gio Agaez, Dr. Adolfo Gracia Gasca, Dra. Ligia Lucina Perz Cruz M. en C. Mario Alejandro Gómez Ponce, por aceptar la supervisión de este trabajo así como sus observaciones y comentarios.

A todos mis compañeros del laboratorio, por el tiempo que hemos pasado juntos y sobre todo a Circe, Elsa, Astrid, Gabriel y Antonio, por su continuo apoyo.

A mis amigas y amigos de siempre: Ana, Fabiola, Mariana, Juan, Oyuky , Marta, Susel . que juntas hemos pasado muy buenos momentos.

Y principalmente a la máxima casa de estudios UNAM por darme una formación integral a sí como una educación laica pública y gratuita

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS	7
ANTECEDENTES.....	8
AREA DE ESTUDIO	10
• GEOLOGÍA	11
Tectónica	11
Sedimentología.....	12
• METEOROLOGÍA	13
• OCEANOGRAFÍA	15
Masas de agua	15
Circulación oceánica.....	17
Surgencias.....	19
Productividad	23
MATERIAL Y METODOS.....	24
• TRABAJO DE CAMPO	24
• TRABAJO DE LABORATORIO	25
Tratamiento del sedimento	25
Procesamiento de datos y análisis estadísticos.....	27
RESULTADOS	28
• LISTA DE ESPECIES DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS.....	28
• CONDICIONES ECOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES	30
DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS	
NÚCLEO 7 T	
• TAMAÑO Y COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO.....	33
• ABUNDANCIA ABSOLUTA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS	34
• ABUNDANCIA RELATIVA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS	35
• ANÁLISIS DE FACTORES	38

DISCUSIÓN NÚCLEO 7 T	41
• CORRELACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA.....	41
• RECONSTRUCCIÓN PALEOCEANOGRÁFICA.....	48
CONCLUSIONES NÚCLEO 7 T	51
NÚCLEO TEHUA II 18.....	52
• TAMAÑO Y COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO	52
• ABUNDANCIA ABSOLUTA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS	53
• ABUNDANCIA RELATIVA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS	54
• ANALISIS DE FACTORES.....	57
DISCUSIÓN NÚCLEO TEHUA II 18.....	60
CONCLUSIÓN NÚCLEO TEHUA II 18	61
CONCLUSIÓN GENERAL.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63

RESUMEN

Se estudiaron 2 núcleos de sedimento del Golfo de Tehuantepec para determinar variaciones en el patrón de circulación superficial del golfo durante el Último Máximo Glacial (UMG), hasta el reciente. El núcleo 7 T extraído de la zona este del golfo, y el núcleo TEHUA II 18, extraído en el centro del mismo. La posición de ambos núcleos es estratégica, ya que se encuentran en la zona de influencia de la surgencia: El núcleo TEHUA II 18, influenciado directamente por el eje de la surgencia, y el núcleo 7 T, colectado a las orillas del giro ciclónico producto de la misma.

Para ubicar la posible presencia del UMG en los núcleos estudiados, se realizó una correlación bioestratigráfica (con base en las asociaciones de foraminíferos planctónicos) con otros núcleos datados en la zona (10T, ME0005A-3JC, MD02-2523). La correlación bioestratigráfica del núcleo 7 T indica, que este alcanza el UMG; en el caso del núcleo TEHUA II 18 fue datado con ^{210}Pb , dando una edad extrapolada para la base de la secuencia de 4791 años, dentro del Holoceno.

El análisis de factores de foraminíferos planctónicos del núcleo 7 T sugirió la presencia de 2 asociaciones de foraminíferos planctónicos, la asociación 1 representada por *G. bulloides*, *G. glutinata* y *G. ruber*, indicando la actividad de la surgencia y la alta productividad en el golfo, y la asociación 2, representada por *G. menardii*, *N. dutertrei* y *N. pachyderma*, indicando condiciones de termoclina estable, columna de agua estratificada y mayor incursión de masas de agua cálida de origen ecuatorial a la región, y consecuentemente, la ausencia o debilitamiento de la surgencia. En forma general la distribución estratigráfica de las asociaciones de foraminíferos planctónicos indica una presencia activa de la surgencia durante el Holoceno, y su ausencia durante el Último Máximo Glacial.

El análisis de factores de foraminíferos planctónicos del núcleo TEHUA II 18 reveló la presencia de 2 asociaciones. La asociación 1, representada por las especies *G. bulloides* y *G. ruber*, reflejando la señal de surgencia, (desde sus inicios, desencadenando una alta productividad, hasta la subsecuente oligotrofia de la masa de agua). La asociación 2 fue caracterizada por la especie *G. glutinata*, la cual también es indicadora de regímenes de surgencia, por lo que en el registro sedimentario de este núcleo, solo se observa la señal de la surgencia, mostrando variaciones en su intensidad y no alcanzando el UMG debido a la mayor tasa de sedimentación de la zona en que se colectó, como lo indica la datación de ^{210}Pb .

Comparando los resultados de estos núcleos con otros estudiados en la zona, se pudo observar en todas las mismas condiciones oceanográficas: Una dominada por un régimen de surgencia, en diversas intensidades, durante el Holoceno y otra, de ausencia de surgencias, durante el UMG. Ya que la circulación superficial del Golfo de Tehuantepec y la surgencia, están estrechamente ligados con los patrones de circulación atmosférica, cambios en ella, producidos por la topografía glacial como los sugeridos por los modelos climáticos del Cooperative Holocene Mapping Project (COHMAP), provocaron cambios en el patrón de circulación superficial de todo el Golfo de Tehuantepec durante el UMG, como la ausencia o debilitamiento de la surgencia, y una mayor incursión de masas de agua calidas a la región, lo que a su vez modificó las asociaciones de foraminíferos planctónicos dominantes en los sedimentos.

Estudios previos sobre la circulación superficial del Golfo de Tehuantepec se concentraron en la zona centro del mismo. Este estudio extiende la información hasta la zona oriental del Golfo de Tehuantepec (93° 30'), sugiriendo que los fenómenos atmosférico-oceanográficos acontecidos durante el UMG afectaron constantemente a todo el Golfo de Tehuantepec.

INTRODUCCIÓN

Estudiar el clima es de gran importancia ya que sus efectos repercuten en la población humana a nivel mundial. Para poder predecir como será su comportamiento en el futuro, es necesario conocer su funcionamiento tanto en el presente, para poder comprender sus mecanismos e interrelaciones, así como en el pasado, para conocer su historia y variaciones. Una de las formas para conocer el clima en el pasado es mediante estudios paleocenográficos que permitan comprender como ha variado el clima a través del tiempo, analizando las variaciones en la circulación oceánica, las cuales están relacionadas con los patrones de circulación atmosférica y en general con el clima.

Una de las herramientas en la que se basan los estudios paleocenográficos para analizar estas variaciones, son los bioindicadores climáticos, organismos que son capaces de reflejar las condiciones de su medio, esto es por que viven en condiciones ecológicas muy bien definidas y al haber un cambio en estas también los organismos lo hacen, lo cual es evidenciado por cambios en su morfología, composición química, abundancia y/o distribución (Boltovskoy 1965).

Uno de los bioindicadores climáticos mas utilizados por su ciclo de vida y por su capacidad de respuesta a los cambios ambientales, es el de los foraminíferos, estos organismos son protozoarios marinos de vida libre que se caracterizan por desarrollar testas de carbonato de calcio o de partículas sedimentarias aglutinadas en su exterior (Molina 2000). La testa esta formada por cámaras que se comunican entre sí por un orificio llamado foramen del cual proviene su nombre (Brasier 1995). En general estos organismos habitan tanto en el fondo marino (foraminíferos bentónicos) como en las masas de agua superficiales y subsuperficiales (foraminíferos planctónicos) y tiene rangos de tolerancia específicos a diversos parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, cantidad de nutrientes, entre otros). Por estas características y su abundancia en el sedimento, el interés paleocenográfico que se les tiene ha ido en aumento ya que en general son utilizados como indicadores ecológicos, de masas de agua, circulación oceánica y cambios ambientales en general (Bé 1977; Boltovskoy 1965; Boersman 1998; Kennett, 1982).

Debido a ello, en el presente trabajo se utilizaron foraminíferos planctónicos para determinar las características oceanográficas de las masas de agua ya que existen asociaciones características para estas. De esta forma apoyados en la información que proporcionan, podemos suponer que al determinar las especies de foraminíferos en una muestra de sedimento, se tendrá reflejada la masa de agua presente en ese lugar y dicho tiempo; mientras que la sucesión de asociaciones nos dará la variación de dichas masas de agua en el tiempo. A partir de lo anterior se puede reconstruir el patrón de circulación presente durante el momento del depósito y dado la relación que existe entre las corrientes superficiales y los sistemas de vientos, se podrá inferir la posición de estos y asociarlo a las variaciones climáticas.

El Golfo de Tehuantepec debido a los fenómenos atmosféricos y oceanográficos que presenta provee un interesante escenario para estudiar las relaciones de estos organismos con respecto a la dinámica oceánica y al clima a diferentes escalas temporales. Actualmente el Golfo de Tehuantepec, se encuentra sujeto a cambios en los patrones de circulación que se dan en el Pacífico Tropical Este, que a su vez son afectados por el deslizamiento de los vientos alisios y de la Zona de Convergencia Intertropical, provocando esta momentos de mayor, o menor incursión de masas de agua frías o cálidas (Lavin *et al.*, 1992).

Un rasgo esencial del Golfo de Tehuantepec en la actualidad, es que durante invierno y principios de primavera (octubre-abril) se presentan vientos intensos provenientes del norte, que al atravesar el istmo de Tehuantepec se intensifican por la discontinuidad de la cordillera de la Sierra Madre del Sur, y que permiten que el aire frío y seco del norte fluya hacia el Pacífico (Lavin *et al.*, 1992).

Estos vientos afectan la dinámica del Golfo de Tehuantepec, ya que producen un arrastre de agua hacia el sur a más de 500 Km, induciendo fenómenos de surgencia. Esta masa de agua desplazada es compensada con aguas laterales y aguas subsuperficiales, significativamente más frías, y con altas concentraciones de nutrientes. A medida que estos vientos pierden fuerza, se reincide el calentamiento progresivo del agua superficial, desaparecen los vestigios de la surgencia eólica y en pocas semanas se restablece la compleja circulación superficial del Golfo de Tehuantepec y de las aguas adyacentes (Gallegos y Barben 1998).

Sin embargo durante el Último Máximo del Glacial (UMG), periodo comprendido entre aproximadamente hace 25,000 y 15,000 años (COHMAP Coperative Holoce Mapping Project, 1988), estas condiciones fueron diferentes, ya que al formarse grandes casquetes de hielo sobre Norteamérica, cambiaron y redirigieron la circulación atmosférica y por tanto de las masas de agua (Figura 1).



Figura 1. Formación de casquetes polares durante el UMG (Tomado de www3.hi.is/~oi/LGM.jpg)

En inviernos modernos, una sola corriente invernal de jet entra a Norteamérica, cerca de la frontera entre Canadá y Estados Unidos. Durante tiempos glaciales la corriente invernal de jet se separó en dos ramas, una en dirección norte y una hacia el sur, lo cual pudo haber ocasionado que los vientos que se dirigían hacia el sur fueran mas débiles y por tanto cambiaran las características oceanográficas del Golfo de Tehuantepec, entre ellas las surgencias y los giros asociados (Figura 2).

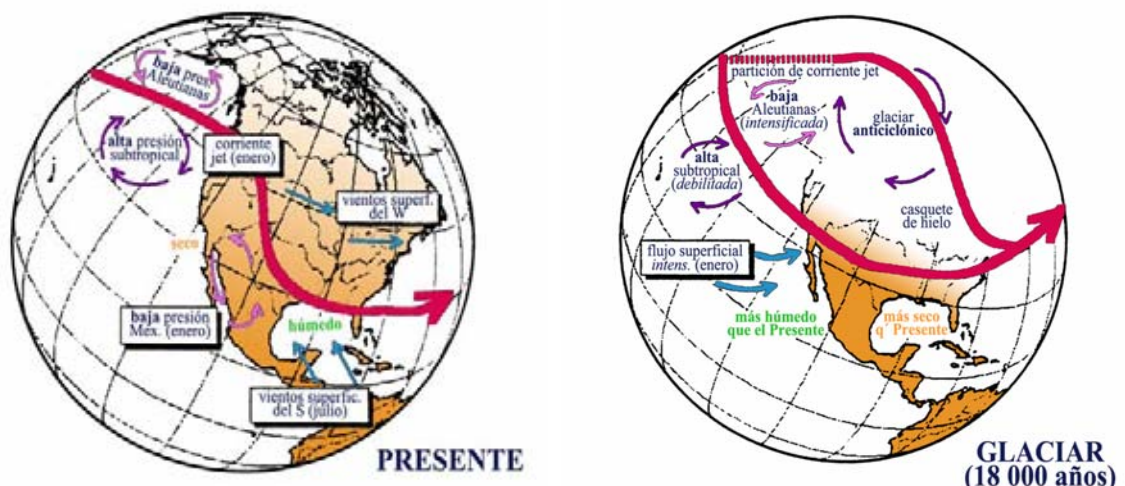


Figura 2. Modificación en el patrón de circulación atmosférica durante el UMG. (Tomado de Modelo COHMAP 1988)

La magnitud del enfriamiento durante este periodo fue muy diferente según la latitud. La disminución térmica fue mucho mayor en las latitudes altas que en las bajas, y fue también mayor en el interior de los continentes que en las costas. Así, en muchas partes del planeta, la temperatura media pudo descender más de 15°C (COHMAP, 1899).

En las tierras tropicales la disminución de temperatura media fue menor, de unos 5°C, aunque el cambio hidrológico y paisajístico fue considerable. En los períodos fríos disminuyeron las precipitaciones y vastas extensiones de selva fueron sustituidas por otras de sabana. Con respecto al mar, la superficie oceánica se enfrió por término medio entre 4°C y 5°C, y las aguas profundas se enfriaron entre 1°C y 2°C. En las latitudes altas del Atlántico Norte el enfriamiento del agua superficial pudo superar los 10°C.

A medida que se acumulaba hielo en los continentes y los polos, se sustraía agua de los océanos y en consecuencia descendía el nivel de los mares. Cuando la acumulación de hielo continental fue máxima, el nivel de los mares quedó 130 metros por debajo de la costa actual (Boumaggard, Gayet *et al.*, 1998) de este modo, vastas extensiones de las plataformas continentales, hoy emergidas, quedaron al descubierto, con lo que los cursos bajos de muchos ríos seguían entonces una trayectoria muy diferente y podían tener una desembocadura muy alejada de la que tienen hoy día. Todos estos factores deben haber influenciado en la dinámica del Golfo de Tehuantepec.

En el presente trabajo, se plantea como objetivo reconstruir las variaciones en el patrón de circulación superficial de las masas de agua del Golfo de Tehuantepec durante el UMG. Para ello se analizarán las asociaciones de foraminíferos planctónicos preservados en dos núcleos de sedimento, colectados en la plataforma y talud continentales del Golfo de Tehuantepec y se compararán con otros núcleos estudiados en la zona.

HIPÓTESIS

- El patrón de surgencia que se presenta actualmente en el Golfo de Tehuantepec presentó cambios durante el UMG.

OBJETIVO GENERAL

- Reconstruir las variaciones en el patrón de circulación superficial del Golfo de Tehuantepec durante el UMG a través de las asociaciones de foraminíferos planctónicos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar las asociaciones características de foraminíferos planctónicos de 2 núcleos de sedimento del Golfo de Tehuantepec (Pacmex II 7 T, Tehua II 18).
- Determinar su distribución estratigráfica.
- Comparar las asociaciones entre el reciente y el UMG.
- Inferir las masas de agua presentes y la dinámica oceánica superficial durante el UMG.
- Correlacionar resultados con la información de otros núcleos en el área de estudio.

ANTECEDENTES

En el Golfo de Tehuantepec se han realizado diversos estudios oceanográficos, enfocados a aspectos físicos, geológicos, químicos y biológicos. En el área de oceanografía física, se ha destacado trabajos sobre corrientes, masas de agua y surgencias. Trabajos como el de Hurt (1929) comenzaron los estudios de surgencias en el Golfo de Tehuantepec. Roden en 1961 publicó un trabajo sobre la circulación y distribución de temperatura debido a la influencia de los vientos. Mas recientemente otros autores como McCreary *et al.*, 1989; Lavin *et al.*, 1992; Brown *et al.*, 1992; Barton *et al.*, 1993; Transviña y Barton, 1997; Monreal *et al.*, 1998, entre otros, han seguido realizando trabajos en esta área describiendo el funcionamiento de la zona, y determinando que durante invierno y principios de primavera, fuertes vientos provenientes del norte atraviesan el Istmo de Tehuantepec, y desembocan formando una zona de surgencia en el Golfo de Tehuantepec.

Dentro de los trabajos enfocados a aspectos geológicos, se encuentran diversos autores como: Avendaño (1978) quien realizó uno de los primeros estudios granulométricos de sedimentos de la porción NE del Golfo de Tehuantepec; Carranza *et al.*, (1998) realizó estudios de sedimentos fosfatados del Golfo de Tehuantepec; Boumaggard *et al.*, 1998, contribuyeron al análisis morfoestructural y fisiográfico del Golfo de Tehuantepec encontrando dos provincias oceanográficas, la provincia NW perteneciente al bloque continental de Oaxaca, y la provincia SE la cual corresponde al bloque de la Sierra de Chiapas. En la provincia NW la plataforma continental es muy estrecha, con una inclinación de 2 a 5 ° y el talud continental abrupto con una inclinación de 6° y seccionada por numerosos cañones producidos por cambios tectónicos. La provincia SE está formada por varias subunidades fisiográficas, una plataforma interna de 0 a 75m, una ruptura de pendiente entre 75 y 100m y una plataforma externa donde se han encontrado elevaciones llamadas Banco Oaxaqueño a 175m y Banco Chiapaneco a 170m de profundidad.

En 1980 la Secretaría de Marina publicó tres tomos de carácter oceanográfico abarcando temas como distribución de nutrientes, masas de agua y datos sedimentológicos, en general. En 1998 la UAM Iztapalapa publicó un libro titulado "El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos," que es una recopilación de trabajos multidisciplinarios de corte geológico, físico, químico y biológico.

Los trabajos sobre estudios de microfósiles en el Golfo de Tehuantepec han sido los siguientes: Mata (1980) reportó la distribución de foraminíferos bentónicos recientes en

algunas estaciones; Pérez-Cruz (1989) y Pérez-Cruz y Machain- Castillo (1990), analizaron las asociaciones de foraminíferos bentónicos en los sedimentos superficiales de la plataforma continental dentro de la zona de oxígeno mínimo; Molina-Cruz y Martínez-López (1994) realizaron reconstrucciones oceanográficas basándose en estudios de radiolarios.

En fechas más recientes Arellano Torres (2001) llevo a cabo una reconstrucción paleoceanográfica del Cuaternario tardío en un núcleo en la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec a través de su registro micropaleontológico. En él destaca la distribución estratigráfica y asociaciones de las especies de foraminíferos planctónicos y bentónicos. Posteriormente en 2003 efectuó un estudio sobre las variaciones en el patrón de circulación del Golfo de Tehuantepec mediante el registro sedimentario de foraminíferos planctónicos en un núcleo de sedimento colectado en el talud del golfo. Su núcleo abarca todo el Holoceno y parte del Pleistoceno, hasta el UMG (23 mil años). Sus resultados muestran que durante el UMG, la surgencia en el golfo se debilitó, y durante el Holoceno se intensificó hasta la actualidad. Sus conclusiones indican que durante el UMG la circulación oceánica del golfo se parece a la que se observa en verano en la actualidad; es decir cuando se presenta la columna de agua estratificada, con la influencia de las corrientes cálidas; mientras que durante el Holoceno las asociaciones de foraminíferos planctónicos predominantes en el sedimento indican la presencia de las condiciones de la época invernal en el golfo, cuando se presentan masas de agua frías y bien mezcladas producto de la influencia de los vientos del norte y la surgencia.

Contreras Rosales 2006, estudio el efecto de la disolución de los foraminíferos planctónicos en el Golfo de Tehuantepec, encontrando que dicho efecto es mínimo, no afectando la representatividad del registro fosilífero. Machain-Castillo *et al.*, (2008) estudiaron los patrones de distribución de los foraminíferos planctónicos recientes en relación con la distribución de las condiciones hidrográficas del Golfo de Tehuantepec. Encontraron que la abundancia de foraminíferos planctónicos en los sedimentos está relacionada con la dinámica y productividad oceánica a lo largo del golfo, teniendo mayor abundancia en la zona directamente influenciadas por la surgencia y el giro ciclónico, y bajas abundancias en la región con circulación anticiclónica cálida. Finalmente concluyeron que las especies que dominan en el Golfo de Tehuantepec son *Globigerina bulloides*, especie indicadora de alta productividad biológica; *Globigerinita glutinata*, especie oportunista que se encuentra principalmente en el eje de la surgencia, pues se adapta a vivir en aguas turbulentas ricas en nutrientes; y las especies *Neogloboquadrina dutertrei* y *Globorrotalia menardii*, asociadas a la termoclina y a condiciones de aguas cálidas y estratificadas.

AREA DE ESTUDIO

El Golfo de Tehuantepec se localiza al sureste de la República Mexicana ($14^{\circ}30'$ a $16^{\circ}12'$ N y $92^{\circ}17'$ a $96^{\circ}00'$ W) dentro de la región del Pacífico Tropical Oriental. Es la frontera oceánica sur de la zona económica exclusiva de México y ocupa una región de 125 000 Km². Tiene un radio de 200Km, desde el puerto de Salina Cruz Oaxaca hacia la coordenada $13^{\circ}45'N$ y $94^{\circ}45'W$ (Lavin *et al.*,1992).

En la frontera norte del Golfo de Tehuantepec se localiza el Istmo de Tehuantepec, que es un estrecho continental entre el Golfo de México y el Océano Pacífico de 200Km. En él se separa la Sierra Madre del Sur y la Sierra de Chiapas formando una discontinuidad de 40 Km (Gallegos y Barberán, 1998), esta discontinuidad permite el paso de los vientos del norte entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec (Figura 3).

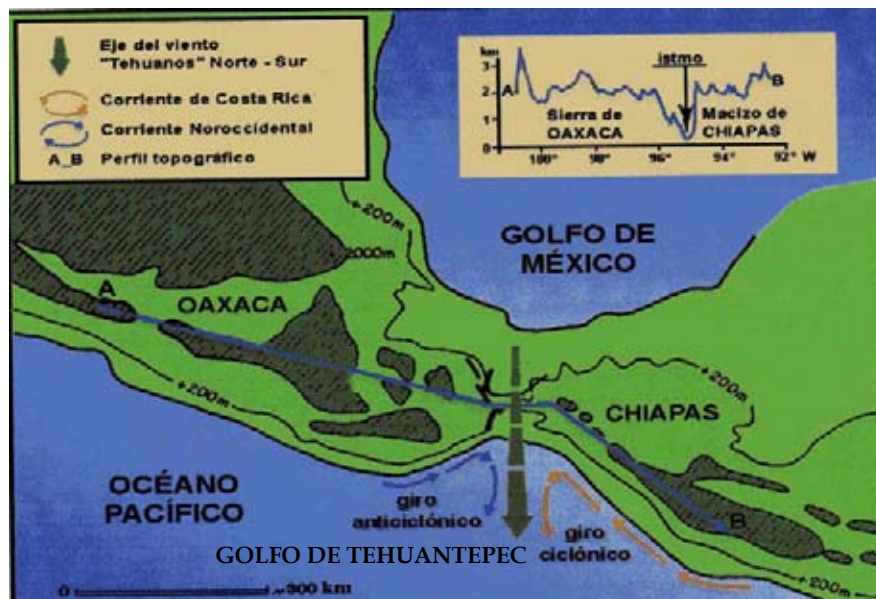


Figura 3. Ubicación del área de estudio y rasgos topográficos del Istmo. (Modificado de Boumaggard *et al.*, 1998)

GEOLOGÍA

- **Tectónica**

La configuración actual de la República Mexicana es una consecuencia de tres grandes desplazamientos tectónicos que han actuado desde el Cretácico Superior tardío, estos son los desplazamientos de la Placa Continental de Norteamérica migrando al oeste y al suroeste, la Placa Oceánica del Pacífico en subducción, con dirección al noreste, y la Placa Oceánica del Caribe con movimiento inicial hacia el noreste y posteriormente al este.

El Golfo de Tehuantepec se encuentra en la región sureste de la República Mexicana, que es una zona estructuralmente compleja, dado que se ubica cerca de la unión de tres placas tectónicas, la Placa Norteamericana, la Placa de Cocos y la Placa del Caribe (Figura. 4) Los principales elementos estructurales de la cuenca del Golfo de Tehuantepec son: la trinchera mesoamericana, la dorsal de Tehuantepec, la fractura de Tehuantepec y la falla Motahua-Polochic las cuales determinan la batimetría y geomorfología de la zona (Carranza *et al.*,1998).

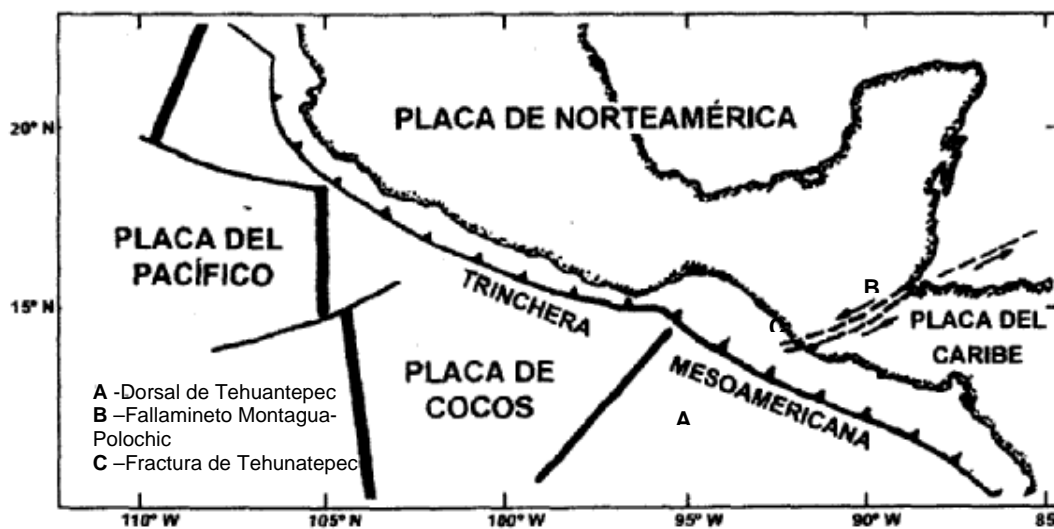


Figura 4.El Golfo de Tehuantepec en el marco de las placas tectónicas. (Tomado de Carranza *et al.*, 1998)

- **Sedimentología**

El litoral del Golfo de Tehuantepec recibe sedimentos procedentes de cuerpos rocosos del Paleozoico y del Precámbrico, rocas intrusivas del Mesozoico y del Terciario y rocas volcánicas del Terciario y del Cuaternario, así como suelos del reciente. Los sedimentos están constituidos por feldsarenitas con porcentajes de feldspatos que van de 62 - 66% y cuarzos 35-19%, aumentando éstos en las costas de Oaxaca y disminuyendo en las costas de Chiapas. Estas diferencias se pueden deber a que en el sector chiapaneco se tiene influencia de aportes provenientes del volcán Tacaná, lo cual hace que se produzca una disminución en el contenido de cuarzo. Los altos contenidos de feldspatos se deben posiblemente a la gran cantidad de afloramientos de rocas ígneas y metamórficas (Carranza *et al.*, 1998).

Respecto al tamaño de los sedimentos en la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec, las arenas son las más abundantes, se encuentran preferentemente distribuidas en la parte central del golfo entre 30 y 100m de profundidad, frente a las barras lagunares y la desembocadura de ríos, y a mayores profundidades se encuentran lodos (Carranza *et al.*, 1998). Estudios realizados en sedimentos de la plataforma continental definen que las arenas lodosas se distribuyen principalmente hacia el este y menos hacia el oeste, no obstante en las vecindades de las lagunas costeras del golfo se aprecian largas extensiones de lodos arenosos en aguas someras, que sugieren un importante aporte de sedimentos lagunares hacia la plataforma continental del Golfo de Tehuantepec (Carranza *et al.*, 1998) (Figura 5).

Los constituyentes terrígenos que componen la fracción gruesa de los sedimentos del golfo, se caracterizan por la presencia de cuarzo, feldspato, fragmentos de rocas, material vegetal, y como minerales accesorios ilmenita, magnetita, zircon y olivino; siendo los más abundantes el cuarzo y los restos biogénicos, guardando una relación inversamente proporcional con la profundidad (Morales de la Garza 1990).

Los principales componentes microfaunísticos del sedimento en la plataforma continental son organismos calcáreos como los foraminíferos, micromoluscos, ostrácodos, briozoarios y restos de conchas. Dentro de los sedimentos superficiales de la plataforma, en algunos casos es posible apreciar la sustitución parcial de los organismos calcáreos, por elementos fosfatados (Morales, 1990; Carranza *et al.*, 1998). Estos elementos fosfatados están frecuentemente asociados con áreas de surgencia ricas en nutrientes. La distribución del

pentóxido de fósforo en el área muestra un aumento gradual desde la costa hasta aguas profundas. A 200m de profundidad existen dos áreas con concentraciones altas de fosforita, denominados Banco Oaxaqueño, situado frente a la Laguna Superior Oaxaca y el Banco Chiapaneco (Carranza *et al.*, 1998). También se encuentran sedimentos ricos en sílice como diatomeas y radiolarios, concentrados a los lados del eje de la surgencia en la plataforma y talud continental (Boumaggard *et al.*, 1998)

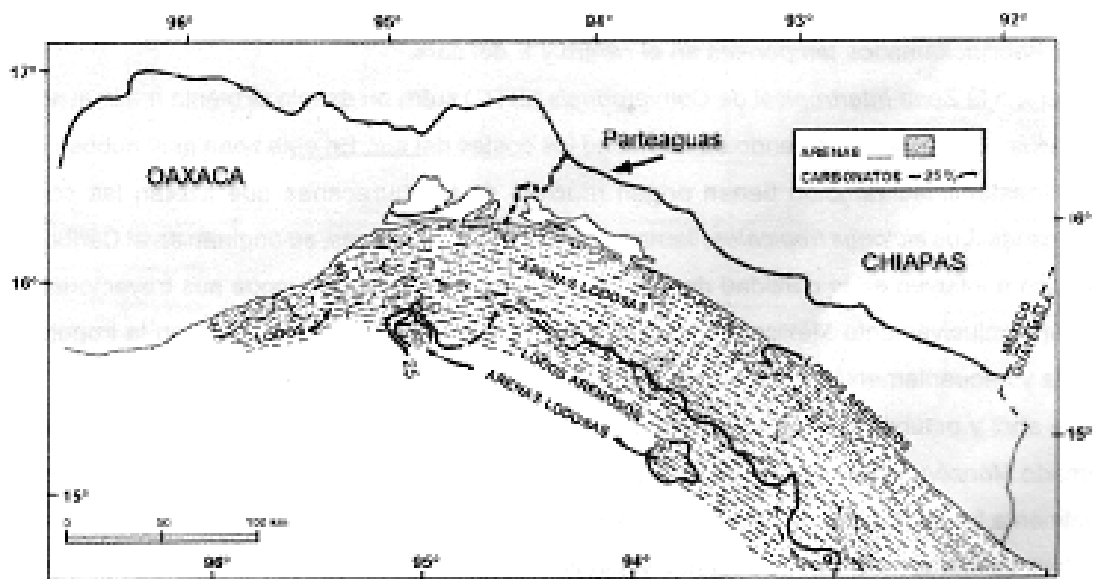


Figura 5. Distribución de sedimentos en el Golfo de Tehuantepec. (Tomado de Carranza *et al.*, 1998)

METEOROLOGÍA

La República Mexicana, es afectada por sistemas meteorológicos y oceanográficos de latitudes medias durante el invierno y por sistemas tropicales en el verano. El Golfo de Tehuantepec se localiza en una zona que está influenciada por desplazamientos latitudinales del sistema de vientos alisios y de la Zona de Convergencia Intertropical (ZITC), zona donde convergen los vientos alisios de ambos hemisferios a los aproximadamente 16.5°N (Molina-Cruz y Martínez López 1994).

En verano dominan los vientos alisios del hemisferio norte originados en la celda de alta presión Bermuda Azores (ABH) del Océano Atlántico (30° a 40° N), la cual a través de su desplazamiento noreste-sureste a lo largo del año influye en la orientación, intensidad y estacionalidad de los vientos. Durante el mes de enero la ABH se encuentra en su posición máxima hacia el noreste en el atlántico, por lo que, es altamente favorable para la producción de intensos jets de viento durante invierno, mientras que en julio la ABH se encuentra en su posición hacia el centro del atlántico, por lo que su influencia sobre los jets de viento es menos intensa que durante los meses de invierno (Romero Centero *et al.*, 2007).

En verano los vientos alisios del noreste se encuentran a los 18° N, por lo tanto la ZITC se localiza en su posición más al norte, hacia los 16.5° N, enriqueciendo de humedad las costas del sur del país. Durante esta época también existe la influencia de los ciclones tropicales, que introducen humedad a la troposfera y provocan fuertes precipitaciones en el país (Monreal-Gómez y Salas de Leon, 1998).

En invierno los vientos alisios del Este son intensos y la ZITC se encuentra en su posición más al sur (9°N) cerca del ecuador. La variación en la posición de la ZITC genera cambios en las condiciones atmosféricas y oceanográficas del golfo, como se verá más adelante. También el Golfo de Tehuantepec durante el invierno está influenciado por los "Nortes", los cuales son vientos de origen polar que se forman en la región de Alaska y norte de Canadá, que al viajar hacia el sur se introducen en el Golfo de México, y atraviesan el Istmo de Tehuantepec, desembocando en el Golfo de Tehuantepec como fuertes vientos conocidos como Tehuanos (Gallegos y Barberan 1998).

Estos vientos son más fuertes que los nortes ya que hay una diferencia de presión entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec, resultando un gradiente de presión que produce fuertes vientos hacia el sur (Clarke, 1988). También se intensifican al pasar a través de la discontinuidad de la cordillera de la Sierra Madre ya que disminuye el área transversal por la cual atraviesan, debido a que la sierra tiene una altura en promedio de 2000m sobre el nivel del mar y es interrumpida por una franja de 40 Km de ancho donde su altura media desciende abruptamente hasta 250m, conocido como Paso Chivela o también llamado "la ventosa"; por lo tanto, la intensidad de los tehuanos depende de la altitud del istmo, del espesor del frente frío y de los gradientes térmicos entre el aire frío y el aire caliente desplazados (Gallegos y Barberan 1998).

La velocidad del viento durante los Tehuanos, frecuentemente excede los 20m/s, con un valor promedio de 10m/s (Figura 6). Este viento tiene una área de influencia de aproximadamente 200Km de ancho y 500Km hacia mar adentro, presentando una mayor velocidad en la cabeza del gofo. Lo anterior se debe a que los vientos se expanden en sentido horizontal y ceden energía al océano. La duración de los nortes que producen los tehuanos es de 3 a 5 días y se presentan en intervalos de 10 a 15 días, estos vientos inducen la formación de una zona de surgencia que domina la circulación y las características termohalinas del golfo durante el invierno (Lavin *et al.*, 1992)

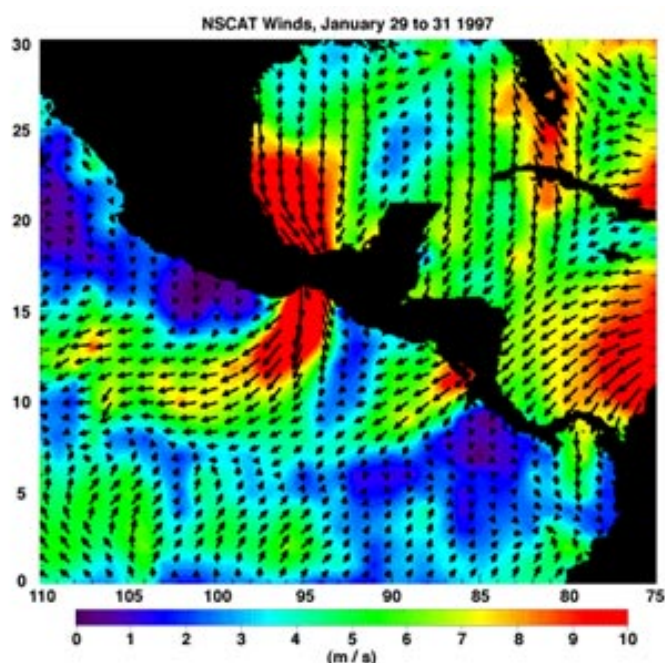


Figura 6. Velocidad del viento durante el fenómeno de surgencia (Tomado de http://sealevel2.jpl.nasa.gov/j_anographer/oceanographer-chelton.html)

OCEANOGRAFÍA

- Masas de agua

Las masas de agua dentro del Golfo de Tehuantepec son el Agua Superficial Ecuatorial (ASE) que se localiza en la capa superficial, con una temperatura mayor a 25°C y salinidad menor a 34.00 ups, el Agua Subsuperficial Subtropical (ASsST), la cual tiene una alta

salinidad de 35.00 a 36.00 ups y una temperatura que varía entre 15 y 28°C. El Agua Intermedia del Pacífico (AIP), se encuentra a mayores profundidades (850m), su temperatura fluctúa entre 4 - 9 °C y la salinidad entre 34.5-34.8 ups; además presenta un bajo contenido de oxígeno (0.5-0.0 ml/L). El Agua Profunda del Pacífico (APP) se encuentra desde los 2000m hasta el fondo, su temperatura es menor a 4 °C y su salinidad mayor a 34.5ups (Monreal-Gómez y Salas de León, 1998) (Figura 7).

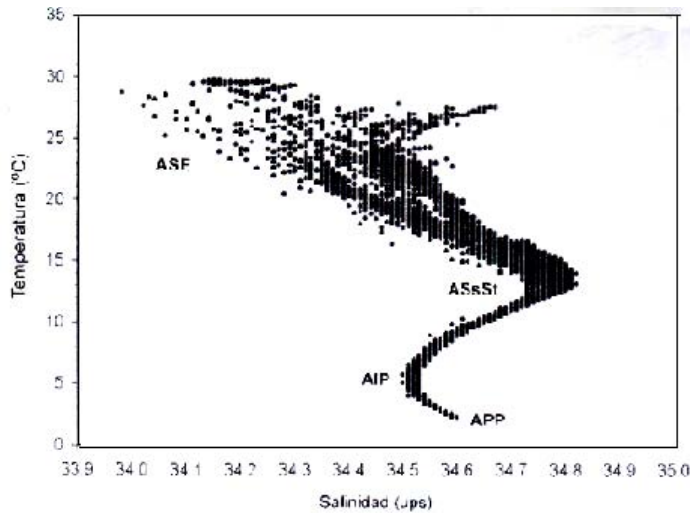


Figura 7. Masas de agua características de Golfo de Tehuantepec. ASE- Agua Superficial Ecuatorial. ASsST-Agua Subsuperficial Subtropical, AIP-Agua Intermedia del Pacífico, APP. Agua Profunda del Pacífico. (Tomado de Arellano Torres 2003)

Las masas de agua que incursionan dentro del Golfo de Tehuantepec en verano y otoño son principalmente el Agua Tropical Superficial (ASE) y el Agua Subtropical Superficial (ASsST). Ambas masas de agua se introducen principalmente al Golfo de Tehuantepec, a través de la Corriente Costera de Costa Rica. Durante invierno y primavera, el agua de la Corriente de California con baja temperatura 12-18°C y baja salinidad 34.00ups, incursiona en la porción occidental del Golfo de Tehuantepec; ésta al encontrarse con aguas más frías y salinas, las cuales han sido acarreadas hacia la superficie por efecto de la surgencia producida por los nortes en la parte suroeste del golfo, forman un frente oceánico en la parte suroeste del golfo (Monreal Gómez y Salas de León, 1998).

Durante invierno y principios de primavera las masas de agua exhiben diferencias en cuanto a la profundidad a la que se encuentran del lado oeste y este del golfo, extendiéndose a mayores profundidades en el lado oeste. El ASE se encuentra a 70 m en la parte oeste del golfo, mientras que en la parte este se extiende a los 35 y 40m. El ASsST, se encuentra a 470 m en la mitad del golfo y a 430m en ambos lados. El AIP, se extiende bajo los 1200m en la parte oeste y a 600 -900m de profundidad en el resto del golfo. En contraste durante el verano y otoño no se observa una gran diferencia en la profundidad

de las masas de agua en ambas porciones del golfo, el ASE se encuentra entre 55 y 70m. (Machain Castillo *et al.*, 2008). Similar a lo que ocurre con las masas de agua, la pycnoclina también exhibe esta diferencia entre el lado este y oeste durante invierno y principios de primavera, localizándose a 100 m de profundidad en el lado oeste, mientras que en la parte este fue localizada a 50m. y en el verano se encuentra uniformemente entre los 55m en todo el golfo (Machain Castillo *et al.*, 2008).

- **Circulación oceánica**

El Pacífico Mexicano forma parte del sistema oceánico del Pacífico Tropical Este (PTE) influenciado por los desplazamientos latitudinales del sistema de vientos alisios y de la ZITC; la variación de dicho patrón de circulación afecta la dinámica dentro del Golfo de Tehuantepec.

La circulación superficial del PTE está dominada por sistemas de corrientes frías que provienen del norte: Corriente de California (CC), Corriente Noroecuatorial (CNE), Contracorriente Norecuatorial (CCNE) y sistemas de corrientes cálidas provenientes del ecuador, conformadas por la Corriente Surecuatorial (CSE), la Corriente Subsuperficial Ecuatorial (CSSE) y la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) (Monreal-Gómez y Salas de León, 1998) (Figura 8).

En invierno y primavera, la ZITC se encuentra en su posición más al sur (9°N) cerca del ecuador. En esta época la Corriente de California llega al sur de los 15°N, donde, además de alimentar a la Corriente Norecuatorial, también incursiona al oeste del Golfo de Tehuantepec, a los aproximadamente 95° W, a profundidades de 30 a 60 m, donde forma un frente con el agua de la surgencia inducida por los Tehuanos (Molina-Cruz y Martínez-López, 1994); esto provoca una corriente hacia el mar perpendicular a la costa en la parte central del golfo.

La surgencia que se genera en esta época provoca que el agua superficial sea reemplazada por agua subsuperficial de profundidades de hasta 100m y aguas laterales, propiciando temperaturas superficiales de hasta 10 °C menos en la zona del eje del viento, además se forma al oeste de la surgencia un giro anticiclónico (en el sentido de las manecillas del reloj), y al este un giro ciclónico (en sentido contrario de las manecillas del reloj) de los cuales se hablará más adelante (Gallegos y Barberan, 1998; Monreal y Salas 1998).

Durante el verano y otoño, la ZITC se localiza en su posición mas al norte, esto permite que la Contracorriente Ecuatorial llegue aproximadamente a 90° W y alimente a la Corriente Costera de Costa Rica, la cual fluye hacia el noreste a lo largo de la costa y entre al Golfo de Tehuantepec. Durante este período la Corriente de California y la Corriente Norecuatorial están desplazadas hacia el norte por la posición de los vientos alisios y no llegan al Golfo de Tehuantepec (Molina Cruz y Martínez López,1994).

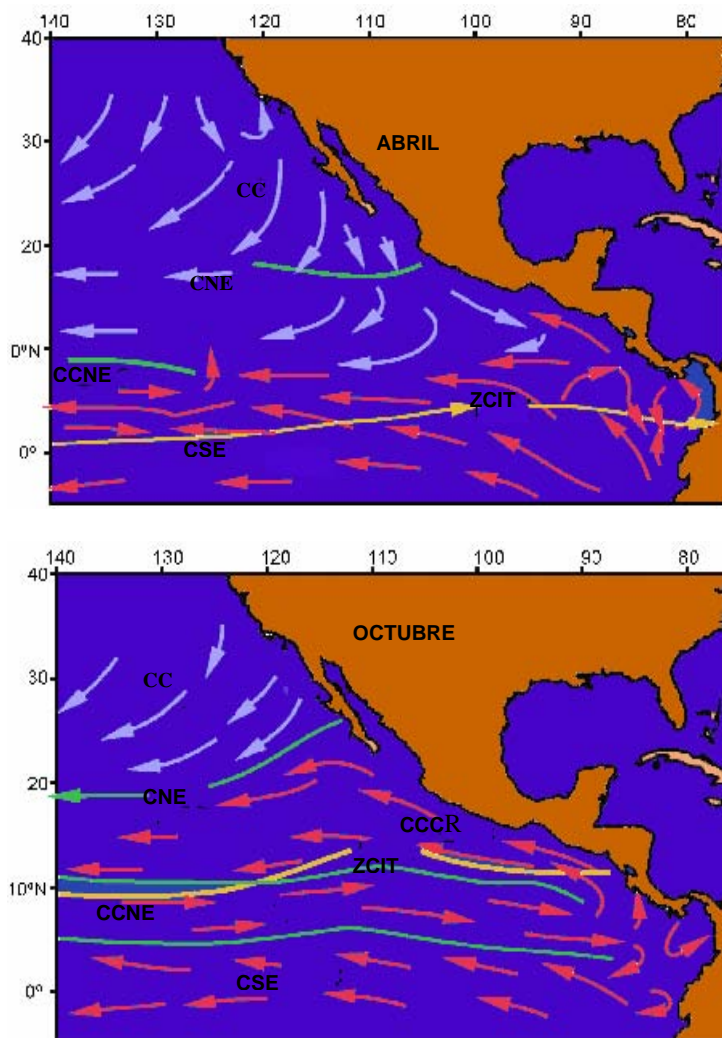


Figura 8. Circulación oceánica estacional en el Golfo de Tehuantepec, se observa la posición de las diferentes corrientes superficiales en Abril (primavera) y Octubre (otoño). CC: Corriente de California, CNE: Corriente Norecuatorial, CCNE: Contracorriente Norecuatorial, CCCR: Corriente Costera de Costa Rica, CSE: Corriente Surecuatorial y se observa la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). (Modificado de <http://www.pmel.noaa.gov/pubs/oustand/kess2580/wyrki.shtml>)

- **Surgencia**

En el Golfo de Tehuntepec durante invierno y principios de primavera (octubre-abril) se presenta el fenómeno de surgencia, causada por el reemplazamiento de agua superficial, por agua subsuperficial más fría y rica en nutrientes, por lo que se genera una alta productividad biológica en la región. En el caso particular del Golfo de Tehuantepec la surgencia que se presenta es de tipo eólica ya que es causada por la presencia de los nortes, que al cruzar el Istmo de Tehuantepec, incursionan como fuertes vientos (Tehuanos) induciendo la formación de esta (Lavin *et al.*,1992).

La surgencia depende de la forma en que el viento genera corrientes superficiales, cuando el viento sopla sobre la superficie del mar, inicialmente arrastra el agua superficial en la misma dirección, pero si el viento no cambia, la capa mezclada no se mueve en la misma dirección que el viento, sino que alcanza una velocidad terminal de 90° a la derecha del viento en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur. Este fenómeno es llamado efecto coriolis y sucede debido a la rotación de la tierra; y el flujo de la capa mezclada a la derecha del viento se llama transporte de Ekman, el cual depende de la intensidad del viento (Lavin *et al.*, 1992).

La distribución del esfuerzo de estos vientos fuertes en forma de chorro sobre el mar, causa que el agua se acumule en el lado oeste del Golfo de Tehuantepec, debido a que el transporte disminuye conforme se aleja hacia el oeste del viento, provocando que la termoclina se aleje de la superficie, (se hunda) hasta los 100 a 120m de profundidad y eventualmente formando giros anticiclónicos de 200 a 300 Km de diámetro. Por el contrario, al lado este del golfo se forman giros ciclónicos menos desarrollados, la termoclina se acerca a la superficie, debido a que el transporte hacia este extremo no es suficiente para alimentar al transporte directamente bajo el viento; por lo tanto el agua faltante es extraída verticalmente y en consecuencia la termoclina es elevada, proporcionando a la zona superficial aguas frías y ricas en nutrientes que pueden ser aprovechadas por los productores primarios(Lavin *et al.*, 1992 ; Gallegos y Barberán 1998).

En el Golfo de Tehuantepec, la temperatura promedio anual de la superficie en condiciones normales es de 25-30 °C, este estrato térmicamente homogéneo tiene un espesor de 30 a 70 m. en el Golfo de Tehuantepec la termoclina tiene una profundidad promedio de 50m, siendo menos profunda en invierno (30m) que en verano (70m).

Cuando aparecen los vientos tehuanos el agua superficial arrastrada por el viento se reemplaza con agua subsuperficial significativamente mas fría que viene de profundidades de hasta 100m cuya temperatura es hasta 10 °C mas fría, propiciando temperaturas superficiales de 17 °C y altas concentraciones de nutrientes (Monreal-Gómez y Salas de León 1998) (Figura 9).

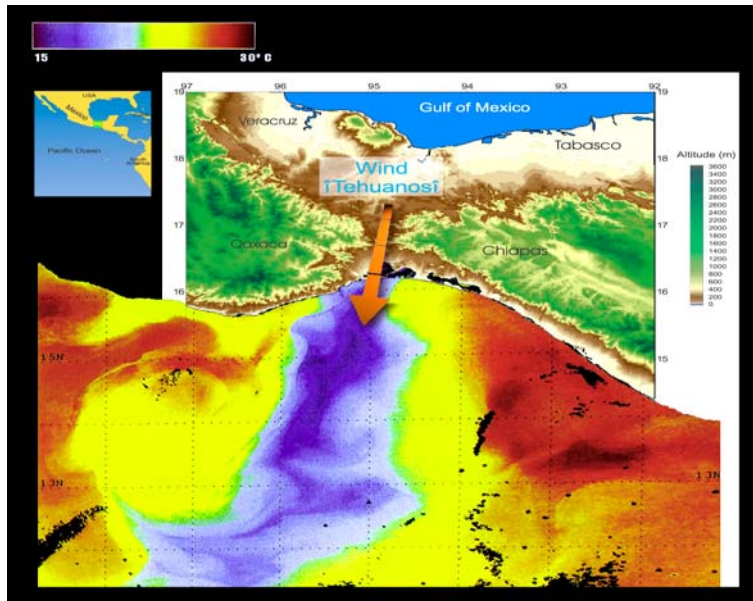


Figura 9. Surgencia en el Golfo de Tehuantepec. (Tomado de Arellano Torres, 2001)

Un trabajo reciente realizado por Machain- Castillo, *et al.*, (2008) durante este fenómeno, señala que la temperatura superficial así como la distribución de la densidad varían. Este trabajo señala que las surgencias son evidenciadas por una pluma de agua densa extendiéndose hacia el sur a los 94° 45' W (Figura 10), donde la temperatura es menor que las aguas adyacentes. Observaron que en la parte este del golfo la distribución de la densidad superficial muestra valores de 21.5Kg m⁻³, incrementando hacia el lado oeste. Un núcleo de relativamente alta densidad (23.5 kg m³) fue encontrado a los aproximadamente 15° N y 94° 30' W y dos sitios de baja densidad localizados en la parte oeste y este del golfo asociados con la presencia de aguas calidas. Durante el verano encontraron que la temperatura superficial se muestra uniforme 25 °C y la distribución de la densidad muestra ligeros cambios de 21 a 21.4 Kg m³ causados por las variaciones en la salinidad, y observaron un núcleo con baja densidad en la parte este y otro denso en la parte oeste del golfo (Figura 10).

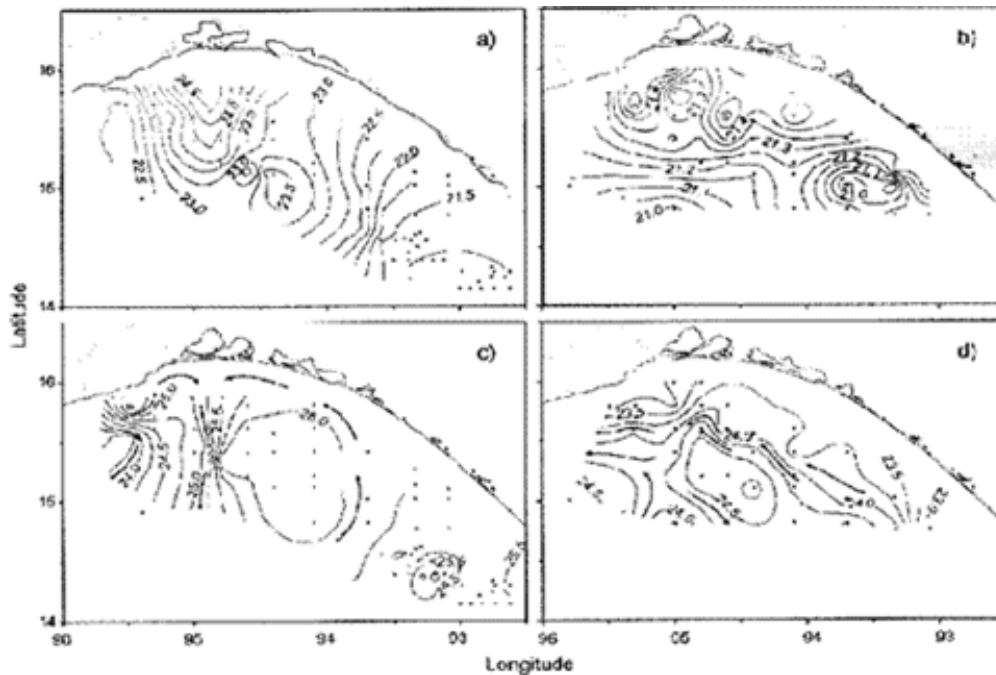


Figura 10. Distribución de la densidad (sigma- t) en el Golfo de Teunatepec. a) datos de primavera a 10 m de profundidad, b) datos de verano a 10 m de profundidad, c) datos de primavera a 50m de profundidad,d) datos de verano a 50m de profundidad. Las flechas indican los patrones de la corrientes.(Tomado de Machain Castillo, *et al.*, 2008)

La distribución de la isopícnica a 50 m de profundidad analizada en las dos estaciones, muestra, durante invierno y principios de primavera la presencia de un giro ciclónico en la parte este, correspondiendo a un núcleo frío y uno anticiclónico en el oeste que corresponde aun núcleo cálido. La presencia de la surgencia y el giró ciclónico asociado a ella favorece la entrada de nutrientes que provienen de las aguas subsuperficiales a las aguas superficiales en la región este del chorro (94° 45' W) y una entrada mínima hacia los 93° 30 'aproximadamente (Figura 10). Durante el verano solo se presenta una corriente hacia el noroeste cerca de la costa y un giro ciclónico con agua densa fue localizado entre los 15° 25 N y 94° 30' W.

Además observaron que la fertilización de región, influenciada por la surgencia, también varía de una parte a otra, siendo mas fertilizada la región influenciada por esta y el giro ciclónico. Encontraron que la distribución de nitratos a 10 m durante el verano es menor de 1 micro mol, debido al ausencia de la surgencia y por consiguiente a la baja entrada de agua subsuperficial a la región. En contraste, durante principios de primavera la concentración de nitratos en el Golfo de Tehuantepec es de 5 Mm en promedio, excepto en

la región oeste de la surgencia, localizada en $94^{\circ} 45' W$ y una área localizada al este del giro ciclónico, donde la concentración es menor. La mayor concentración de nitratos, (10 Mm), fue observada del lado este de la surgencia, dentro de la región influenciada por el giro ciclónico, de los $94^{\circ} 45' W$ hasta los $93^{\circ} 45' W$ aproximadamente.

La distribución de nitratos a 50 m de profundidad, durante la primavera, refleja la alta concentración de nitrato bajo la influencia del giro ciclónico, y bajas concentraciones bajo el eje de la surgencia entre 11 y 17 micro moles, debido probablemente a la intensa mezcla vertical en esta zona producto de la surgencia. Durante el verano la distribución de los nitratos es consistente con los patrones de circulación reflejados por la distribución de la densidad de esta época del año en la cual las isopicnas se encuentran paralelas a la costa, sugiriendo un flujo de una corriente hacia el noroeste y confirmando esta la ausencia de la surgencia. En resumen la fertilización efectuada por el efecto de la surgencia y el giro asociado a ella, se extiende desde el lado oeste de la surgencia ($95^{\circ} 15' W$) hasta el límite este del giro ciclónico ($93^{\circ} 30' W$) (Figura 11).

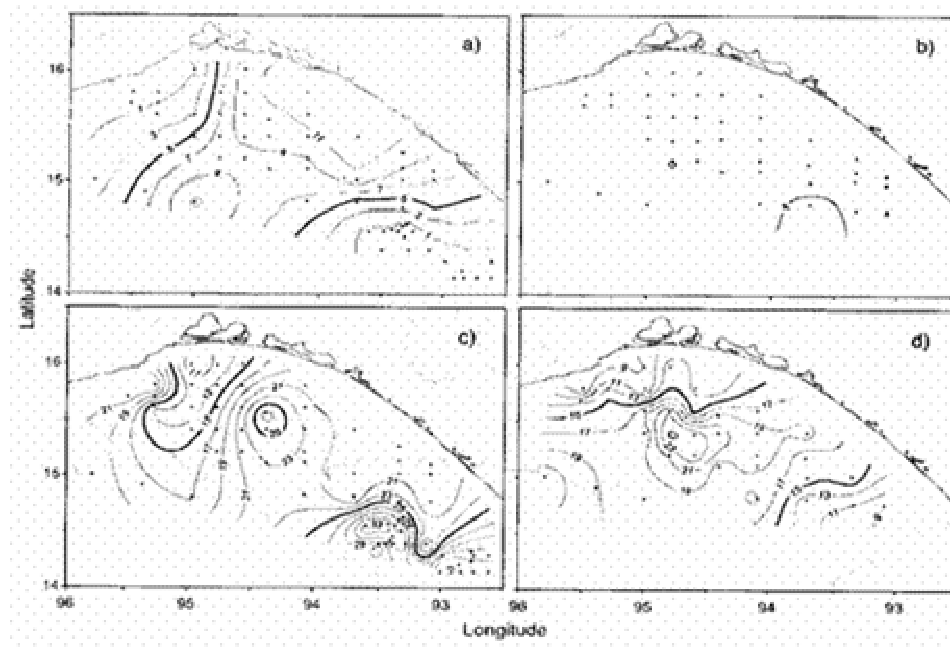


Figura.11 Distribución de nitratos en el Golfo de Tehuantepec.a) durante la primavera a 10 m de profundidad.b) en verano a 10m de profundidad. .c) durante la primavera a 50m de profundidad y d) en verano a 50m de profundidad.(Tomado de Machain Castillo, *et al.*, 2008)

Productividad biológica en el Golfo de Tehuantepec

En el Golfo de Tehuantepec, los valores mas altos de productividad primaria se registran durante la época de nortes, cuando la surgencia se presenta en el golfo, llevando una gran cantidad de nutrientes (silicatos, fosfatos, nitritos y nitratos) hacia la superficie, los cuales se hacen, disponibles para las plantas microscópicas de océano (fitoplancton), que consumir por fotosíntesis todos los nutrientes disponibles en la capa de mezcla. Los valores en promedio de productividad primaria en el golfo son de 5.3mg C/m³h, registrando las concentraciones mas altas, en la parte central y este del golfo y las concentraciones mínimas en la zona oeste del golfo (Lara *et al.*, 1998).

La productividad primaria que se desencadena en el Golfo de Tehuantepec, durante el fenómeno de surgencia, inicia el desarrollo de una red trófica que a su vez produce y nutre a una rica comunidad biológica. Estudios sobre foraminíferos han reportado que su área de mayor abundancia (5000 ind/g) se extiende de 95° 15' a 93° 15' W , donde la zona frontal, del eje de la surgencia y el giro ciclónico, promueven la fertilización y la alta productividad biológica, y a las orillas de esa área la abundancia de foraminíferos disminuye mostrando valores de entre 0 y 600 ind/g (Machain Castillo *et al.*, 2008).

MATERIAL Y METODOS

- **Trabajo de campo**

El núcleo de sedimento 7 T fue extraído mediante un nucleador de gravedad de gran diámetro, durante la campaña oceanográfica PACMEX I realizada en el Golfo de Tehuantepec, en el mes de Mayo - Junio de 1999 a bordo del B/O "El Puma" de la UNAM. El núcleo TEHUA II 18 fue colectado mediante el mismo equipo durante la campaña oceanográfica TEHUA II realizada en el Golfo de Tehuantepec en el mes de Septiembre de 2006.

La ubicación geográfica del núcleo 7T es: Lat $14^{\circ} 59.905'N$ Long. $93^{\circ}30.1'W$ colectado a una profundidad de 190m. Su longitud fue de 165cm. La ubicación del núcleo Tehua II 18 es: Lat. $15^{\circ} 59.97' N$ Long. $95^{\circ}01.27' W$, colectado a 283m de profundidad, y tiene una longitud de 231cm (Figura 12).

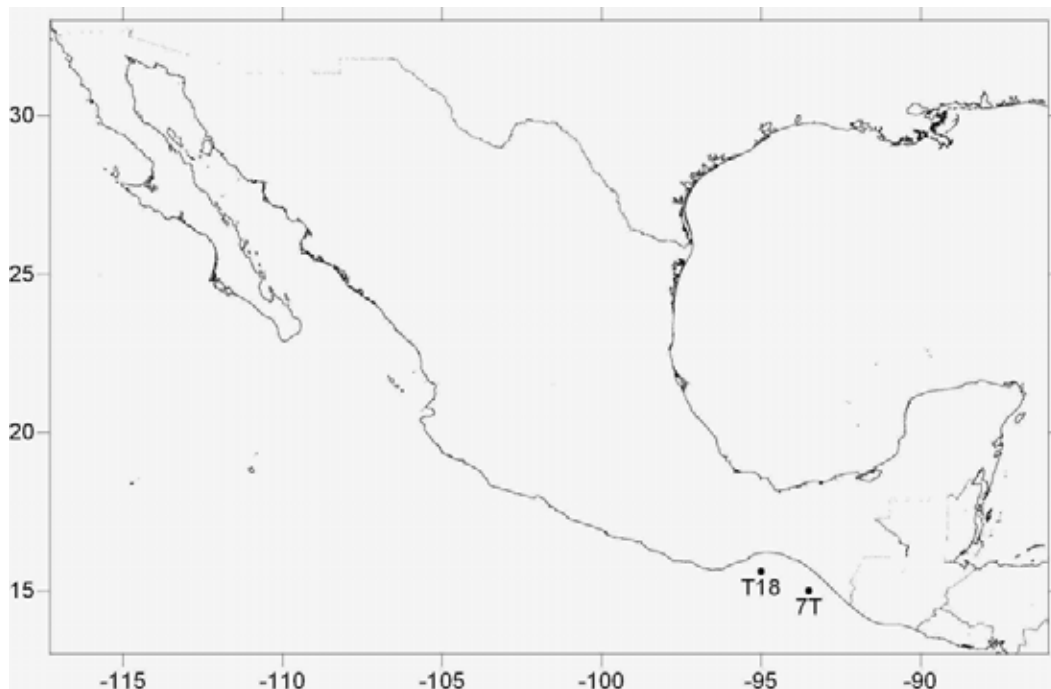


Figura 12. Ubicación geográfica de los núcleos estudiados

- **Trabajo de laboratorio.**

Ambos núcleos fueron cortados longitudinalmente y separados en dos mitades una para ser conservada como testigo y la otra fue muestreada transversalmente. Este trabajo fue realizado en el Laboratorio de Micropaleontología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. El núcleo 7 T fue muestreado transversalmente cada 5 cm. dando un total de 33 muestras, de 1cm de grosor cada una. El muestreo de núcleo TEHUA II 18 fue cada 10 cm. obteniendo un total de 25 muestras de 1 cm. de grosor.

- **Tratamiento de las muestras**

Disgregación

Las muestras se dejaron secar en cápsulas de porcelana, y se tomó el peso seco. Después se dejaron remojar unos días para que el sedimento se disgregara y fuera mas fácil de ser lavado, y no provocar el rompimiento de la testas de foraminíferos en el momento de ser lavadas.

Lavado

Las muestras se lavaron en un tamiz de abertura de malla de 63 micras. Para recoger del sedimento solo los tamaños arenosos de donde se obtiene a los foraminíferos planctónicos ya que presentan un tamaño superior a los limos. Antes y después que una muestra es lavada, el tamiz ocupado es lavado y sumergido en azul de metileno, esto para teñir retos carbonatados que se hayan quedado entre las mallas del tamiz y evitar de esta forma la contaminación entre muestras.

Secado

Después de ser lavadas nuevamente se dejaron secar al aire libre en cápsulas de porcelana para su posterior pesado; una vez pesadas se colocan en frascos etiquetados con los datos correspondientes. Con la diferencia en peso antes y después de lavar se obtienen los componentes finos (< 62 Mm, tamaño de los lodos) y gruesos (> 62 Mm, tamaño arenas), ya que al ser lavadas, los lodos se pierden y solo quedan las arenas; de este modo se obtienen los porcentajes que ocupan las dos fracciones, para así construir las curvas de

proporción lodos/arena a lo largo de cada núcleo, esto con la finalidad de reconocer eventos o tendencias en el aporte de sedimentos.

Extracción

Posteriormente las muestras se pasan por un tamiz de abertura de malla de 150 micras, con la finalidad de aislar a los foraminíferos planctónicos adultos de los juveniles, ya que estos últimos son muy similares entre si y son difíciles de identificar a nivel de especie. Si la cantidad de foraminíferos planctónicos en la muestra lavada es muy grande, se realiza un fraccionamiento mediante el cuarteador de Otto que es un artefacto que divide en dos o mas partes iguales la muestra, facilitando la revisión de la misma. Para tener una población representativa varios autores han señalado que el numero mínimo por muestra es de 300 a 500 organismos, ya que a partir de este numero la diversidad se mantiene constante, por lo que en un población de ese tamaño se tendrán representadas a todas las especies (Boltovskoy 1965). Después de tener la fracción del material con que se va a trabajar, se procede a separar las testas de foraminíferos; esto se hace con ayuda de un pincel muy fino y húmedo bajo el microscopio estereoscópico, colocándolos en placas micropaleontológicas.

Identificación

Los foraminíferos planctónicos extraídos en los dos núcleos fueron identificados con base en la literatura especializada, principalmente Kennett y Srinivasan, 1983.

Datación con ^{210}Pb

El núcleo TEHUA II 18 fue datado con ^{210}Pb en el laboratorio de Geoquímica ambiental de la Unidad Académica de Mazatlán (UNAM) por la Dra. Ana Carolina Ruiz Fernández, mediante un equipo de espectrómetro de masas. Los valores obtenidos indican una tasa de sedimentación de 0.48 mm/año y una edad extrapolada para la base de la secuencia (230cm) de 4791 años.

El UMG se detecto en el núcleo 7 T por medio de correlación bioestratigráfica con otros núcleos datados con ^{14}C en la zona de estudio (10T, ME0005A-3JC, MD02-2523).

PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Después de determinar las especies, se procedió a contar a los foraminíferos planctónicos en cada una de las muestras a lo largo del núcleo, obteniendo así su abundancia total por muestra. Se construyó una matriz de abundancia absoluta y curvas de abundancia (numero de individuos por gramo de sedimento), para observar su comportamiento a lo largo del núcleo. Para ver el porcentaje que ocupa cada una de estas especies a lo largo del núcleo se construyó una matriz con datos relativos (%) y curvas de abundancia relativa de las especies que tuvieron mayores porcentajes.

- **Análisis de factores**

La técnica estadística multivariada empleada fue el análisis de factores en modo Q, el cual permite reducir datos a un grupo pequeño de factores o componentes. Esta reducción se hace con base en la relación que existe entre las variables que puede ser el resultado de alguna regularidad en los datos (Imbrie y Kipp, 1971).

Para el análisis de factores se creó una matriz de datos con 16 especies de foraminíferos planctónicos (casos) y 33 muestras (variables), ya que fueron descartadas para el análisis aquellas especies que no tuvieron al menos 1% en por lo menos dos muestras, por considerarse que no son estadísticamente representativas y poder crear un sesgo falso en la interpretación, ya que la técnica estadística los agrupará con base a su condición de baja representatividad y no por el sentido ecológico. A partir de esta matriz se calcularon los valores del factor (factor scores) los cuales permiten identificar a las especies importantes para definir los factores; también se calcularon las cargas (factor loadings), que representan el peso de la muestra sobre los factores definidos es decir, tendencia o patrones que existen a lo largo del núcleo.

RESULTADOS

I LISTA DE ESPECIES DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS

Se obtuvieron un total de 19 especies de foraminíferos planctónicos pertenecientes a 2 superfamilias, 4 familias y 9 géneros. La clasificación utilizada hasta nivel de Suborden es la de Loeblich y Tappan (1998). Para la clasificación a nivel de Superfamilia a especie, se consultó bibliografía especializada principalmente a Kennett y Srinivasan 1983.

Reino Protista Goldfuss, 1821
Phylum Granuloreticulosa Schamarda, 1871
Clase Foraminifera Loeblich y Tappan 1992
Orden Foraminiferida Eichward, 1830
Suborden Globigerinina Delaguer, 1896

Superfamilia Globigerinacea Carpenter, Parker y Jones, 1862

Familia Globigerinidae Carpenter, Parker y Jones, 1862

Género *Globigerina* d' Orbigny 1826

Especies *Globigerina bulloides* d' Orbigny, 1826 p. 36, pl 6, fig 4-6
Globigerina falconensis Blow, 1959 p.40, pl 7, fig 4-6
Globigerina rubescens Hofker, 1956 p.50, pl 9, fig 7-9
Globigerina quinqueloba Natland, 1938 p. 41; pl 5, fig4-6

Género *Globigerinella* Cushman, 1927

Especies *Globigerinella aequilateralis* (Brady, 1879) p.238, pl.60, fig.4-6
Globigerinella calida (Parker, 1962) p.240, pl.60, fig.7-9
Globigerinella obesa (Bolli, 1957) p.234, pl.59, fig.2-5

Género *Globigerinoides* Cushman, 1927

Especies *Globigerinoides quadrilobatus* (d' Orbigny, 1846) p.66, pl.14, fig.1-3
Globigerinoides ruber (d' Orbigny, 1939) p.78, pl.17, fig.1-3
Globigerinoides saculifer (Brady, 1877) p.66, pl.14, fig.4-6
Globigerinoides tenellus Parker, 1958 p.80, pl.17, fig.7-9

Género *Orbulina* d' Orbigny, 1939

Especie *Orbulina univversa* d' Orbigny, 1839p.86, pl.20, fig.4-6

Superfamilia Globorrotaliacea Cushman,1927

Familia Globorotaliidae Cushman, 1927

Género *Globorrotalia* Cushman, 1927

Especies: *Globorrotalia menardii* (Parker, Jones, & Brady, 1865)p.124,pl.28, fig.1-3

Género *Neogloboquadrina* Bandy, Frerichs y Vincent, 1967

Especies *Neogloboquadrina dutertrei* (d' Orbigny, 1839) p.198, pl.48, fig.7-9
Neogloboquadrina pachyderma (Ehrenberg,1861)p.192,pl.47, fig.3-5

Familia Candeinidae Cushman, 1927

Género *Globigerinita* Bronnimann, 1951

Especie *Globigerinita glutinata* (Egger, 1893)p.224, pl.56, fig.3-5
Globigerinita parkerae (Bermudez, 1961) p.226, pl.57, fig.1-3

Género *Pulleniatina* Cushman, 1927

Especie *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker & Jones, 1865) p.202, pl.50, fig. 1-5

Familia Catapsidae Bolli, Loeblich y Tappan ,1957

Género *Globorrotaloides* Bolli, 1957

Especie *Globorrotaloides hexagona* (Natland, 1938) p.216, pl.54, fig.1, 3-5

RESULTADOS

II CONDICIONES ECOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS ENCONTRADAS EN ESTE ESTUDIO.

En esta sección se muestra la ecología de las principales especies de foraminíferos planctónicos presentes en el área de estudio, con el fin de determinar, las masas de agua en las que viven y los cambios en las condiciones de estas a través del tiempo.

Globigerina bulloides

Se le considera una especie templada a subpolar. Tolera intervalos globales de temperatura entre 0 y 30 °C, y su rango de salinidad oscila entre 34 y 37 ups. Su distribución vertical es de profundidades intermedias (50-100m); principalmente por encima de la termoclina (Vincent y Berger, 1981). Se alimenta principalmente de zooplancton y carece de simbioses, por lo que solo vive en la zona fótica. (Hemleben *et al.*, 1989). Es una especie característica y dominante en áreas de surgencias, alrededor del mundo, en agua con alta productividad biológica (Thiede, 1983; Watkins *et al.*, 1998). Durante la surgencia es una especie asociada a final de esta, preferentemente por su dieta, altos niveles de zooplancton y bajos de fitoplancton, donde no se desarrolla el máximo de clorofila. (Sautter y Thunell, 1989, Brasier, 1995; Murray, 1995; Ufkes *et al.*, 1998). En el Golfo de Tehuantepec se distribuye en la mayor parte de los sedimentos superficiales, excepto en la zona central del eje de los tehuanos y en las zonas de infiltración de las corrientes tropicales (Machain - Castillo *et al.*, 2008).

Globigerinita glutinata

Especie reportada en ambientes tropicales de surgencia, en aguas altamente productivas y mezcladas por la acción del viento. (Thiede, 1983; Watkins, *et al.*, 1998). Es una especie de condiciones subtropicales a subpolares, tolerando un amplio rango de temperatura entre 5 -30 °C y salinidades de entre 34-37 ups (Kennett y Srinivasan, 1983). Esta especie se

adapta y puede vivir en la zona de turbulencia superficial y subsuperficial, cuando la mezcla vertical en zonas de surgencia lleva la termoclina y nutriclina hacia la zona fótica (Machain Castillo *et al.*, 2008; Sautter y Sanceta, 1992; Andreasen y Ravelo, 1997). Se distribuye verticalmente entre los 0 - 100m; se alimenta de fitoplancton y puede presentar simbioses, como las diatomeas y crisófitas, por lo que esta especie predomina durante los florecimientos de fitoplancton. En el Golfo de Tehuantepec esta especie se localiza en la parte central del golfo, en la zona del eje de las surgencias y en la periferia del giro ciclónico (Machain - Castillo *et al.*, 2008).

Globigerinoides ruber

Especie con distribución tropical a subtropical, vive óptimamente a temperaturas entre 25–29°C y tolera un amplio intervalo de salinidad (22–37 ups) (Kennett y Srinivasan, 1983). Su distribución vertical es somera 0–50m. Se alimenta de zooplancton y puede tener simbioses como los dinoflagelados. Esta especie se considera indicadora de condiciones superficiales oligotróficas, es una especie oportunista ya que prolifera donde otros foraminíferos menos tolerantes disminuyen y/o desaparecen. En zonas de alta productividad es diagnóstica de los últimos estadios de surgencia, cuando la cantidad de fitoplancton es menor que la de zooplancton (Brasier, 1995; Murray, 1995). Tiende a florecer cuando la capa de mezcla está bien desarrollada y por debajo de la zona fótica (Andreasen y Ravelo, 1997).

Globorrotalia menardii

Especie reportada en aguas cálidas ecuatoriales con termoclina estable y por tanto estratificadas (Curry *et al.*, 1983). La temperatura óptima a la cual se desarrollan es entre 22 y 27 °C, y salinidad de 35ups. Su distribución vertical oscila entre los 0 -100m dependiendo de su ciclo de vida, los juveniles se desarrollan hacia la superficie y los adultos hacia el fondo. Se alimentan de fitoplancton y presenta simbioses (diatomeas y crisofitas) (Brasier, 1995; Murray, 1995; Ufkes *et al.*, 1998). Se desarrolla principalmente cuando la termoclina se encuentra dentro de la zona fótica en la región de máxima clorofila (Andreasen y Ravelo, 1997). En el Golfo de Tehuantepec florece durante el verano y se le encuentra en los giros subtropicales ciclónicos y en las zonas en contacto directo con las corrientes ecuatoriales (Machain - Castillo *et al.*, 2008).

Neogloboquadrina dutertrei

Especie distribuida en ambientes tropicales a subtropicales, se encuentra en intervalos de temperatura que van de 15 y 20 °C; su intervalo de salinidad es estrecho, y favorece cuando esta alrededor de 35ups (Hilbrecht, 1996). Vive preferentemente en aguas profundas (100–200m); se alimenta principalmente de diatomeas y puede presentar como simbiosis a las mismas (Kenett,1982) . Es una especie bien adaptada a los ambientes tropicales productivos y en esas regiones prefiriere la zona cálida y somera de la termoclina, tiende a florecer cuando la termoclina se encuentra dentro de la zona fótica con las condiciones de máxima clorofila que se forman antes o después de un evento de surgencia (Thunell y Reynolds, 1984; Hemleben et al., 1989). En el Golfo de Tehuantepec florece durante el verano, cuando las masas de agua cálidas invaden la región (Machain - Castillo *et al.*, 2008)

Neogloboquadrina pachyderma

Se encuentra desde regiones cálidas subtropicales hasta polares. Existen dos variantes de esta especie por el tipo de enrollamiento de la testa, ya sea hacia la izquierda o derecha. La variante siniestra vive en altas latitudes e indica masas de agua frías, la variante diestra es característica de aguas mas cálidas en latitudes de 20 a 40 grados N -S; tiene amplia tolerancia a la salinidad que va de 34--37 ups, siendo su optimo en 35 ups (Kennett y Srinivasan, 1983; Hilbrecht 1997). Tiene una dieta de fitoplancton, se alimenta principalmente de diatomeas, por lo que se le encuentra en la región de máxima clorofila. Se le ha encontrado en zonas de surgencia, pero con una máxima presencia antes de que comience la intensa mezcla de las aguas, ya que tiene preferencias a vivir en las aguas estratificadas (Brasier, 1995; Murray 1995).

RESULTADOS

III NUCLEO 7 T

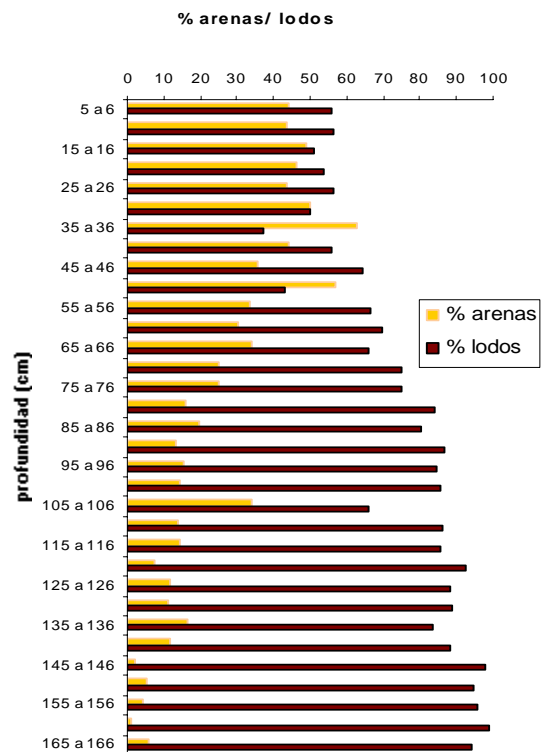
• TAMAÑO Y COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO

El tamaño de sedimento (Folk, 1969) indica que la mayor parte del núcleo es lodo - arenoso: = (\leq 50% a 10% de arena), desde la parte superficial (5cm) hasta los 116cm, con una tendencia general a decrecer el porcentaje de arenas con la profundidad. En el intervalo de 120-121cm el tamaño del sedimento cambia a lodo= ($>$ 90% lodo, \leq 10% arena). De los 125 a 141 cm el sedimento vuelve a ser lodo -arenoso y en la porción final del núcleo 145 a 166cm predominan los lodos(Tabla 1, Gráfica 1).

Las arenas, por las que está formado la mayor parte del núcleo estudiado, están constituidas de componentes inorgánicos como, cuarzo, feldespatos, fragmentos de roca, entre otros, los cuales son acarreados hacia el golfo ya sea por viento o por agua; pero principalmente por componentes de origen orgánico, como abundantes foraminíferos planctónicos y bentónicos, radiolarios, y restos de moluscos, lo cual refleja una alta productividad en la zona.

muestra	%arenas	%lodos	muestra	%arenas	%lodos
5-6	44.38	55.62	105-106	33.97	66.03
10-11	43.69	56.31	110-111	13.64	86.36
15-16	48.98	51.02	115-116	14.43	85.57
20-21	46.13	53.87	120-121	7.53	92.47
25-26	43.77	56.23	125-126	11.95	88.05
30-31	49.95	50.05	130-131	11.08	88.92
35-36	62.84	37.16	135-136	16.47	83.53
40-41	43.97	56.03	140-141	11.47	88.53
45-46	35.88	64.12	145-146	2.34	97.66
50-51	57.16	42.84	150-151	5.06	94.94
55-56	33.70	66.30	155-156	4.17	95.83
60-61	30.28	69.72	160-161	1.26	98.74
65-66	34.03	65.97	165-166	5.72	94.28
70-71	25.15	74.85			
75-76	25.22	74.78			
80-81	15.70	84.30			
85-86	19.92	80.08			
90-91	13.11	86.89			
95-96	15.33	84.67			
100-101	14.14	85.86			

Tabla 1, porcentaje de lodos y arenas del núcleo 7 T.



Gráfica 1, porcentaje de lodos y arenas del núcleo 7T.

• **ABUNDANCIA ABSOLUTA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS**

De las 33 muestra analizadas, todas tuvieron la cantidad suficiente de foraminíferos planctónicos, para hacer análisis estadísticos.

Al observar los valores totales del número de foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento se ve que hay una disminución de organismos en la parte inferior del núcleo de 166 a 125cm, con una abundancia por debajo de 1000 ind/g y, particularmente de 166 a 145cm donde el número es de entre 30 y 16 ind/g. En los niveles que van de 120 cm a 45cm, la abundancia de foraminíferos planctónicos es heterogénea mostrando valores que van de 1174 a mas de 6000 ind/g. En algunos niveles del núcleo especialmente entre 120-121cm y 100 a 106 cm., se observa un notable aumento en la cantidad de foraminíferos planctónicos. De los 40 cm. a la parte superficial del núcleo, se presenta el intervalo con la mayor cantidad de foraminíferos planctónicos (3000 a 7000 ind /g) (Tabla 2, Gráfica2).

muestra	ind/gr	muestra	ind/gr
5-6	2994	105-106	4120
10-11	6436	110-111	1248
15-16	5103	115-116	1174
20-21	4784	120-121	5693
25-26	7333	125-126	686
30-31	6700	130-131	820
35-36	6135	135-136	922
40-41	6096	140-141	700
45-46	3896	145-146	306
50-51	4126	150-151	74
55-56	3442	155-156	125
60-61	2935	160-161	16
65-66	2989	165-166	68
70-71	3252		
75-76	1859		
80-81	1501		
85-86	1764		
90-91	3701		
95-96	1592		
100-101	6571		

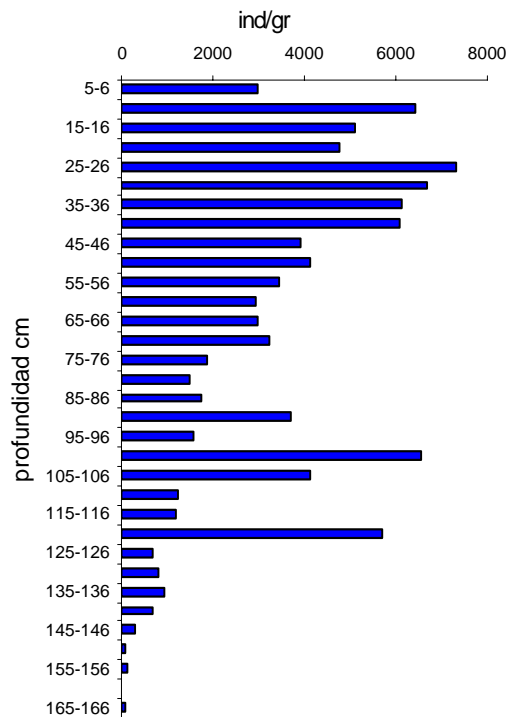


Tabla 2. Abundancia de foraminíferos planctónicos (ind/g).

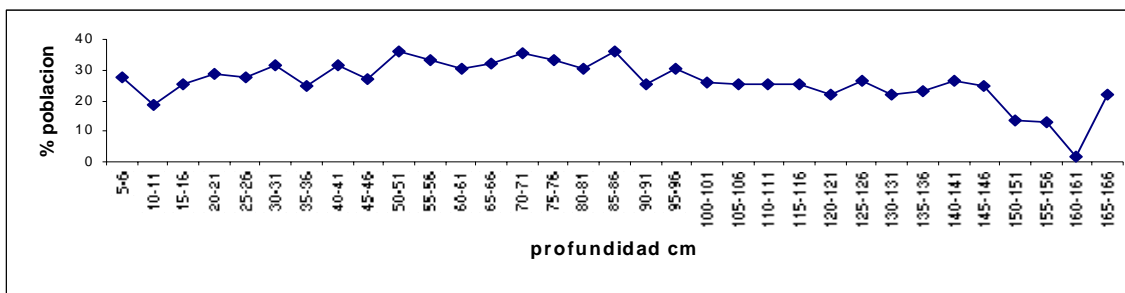
Gráfica 2. Abundancia de foraminíferos planctónicos (ind/g).

- **ABUNDANCIA RELATIVA DE FORAMINÍEROS PLANCTÓNICOS**

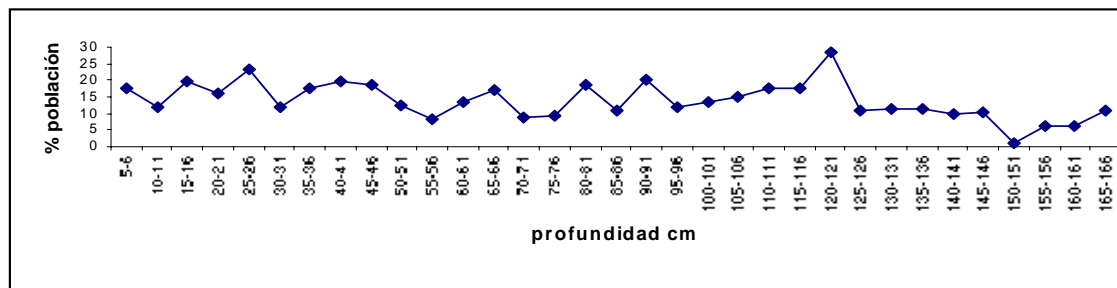
De las 16 especies que se consideraron para hacer el análisis estadístico, 6 dominan en todos los niveles del núcleo, presentando los porcentajes mayores de abundancia relativa: *G. bulloides* (26.13%), *N. pachyderma* (16%), *G. menardii* (15.48%), *G. glutinata* (13.89%), *G. ruber* (9.76%) y *N. dutertrei* (8.99%). El porcentaje de todas las especies se muestran en la Tabla 3.

La abundancia de cada una de estas especies a lo largo del núcleo varía de un nivel a otro como consecuencia de los cambios en las condiciones de la columna de agua a través del tiempo. *G. bulloides*, *G. ruber* y *G. glutinata* se encuentran homogéneamente casi todo el núcleo excepto en los niveles 150-161cm donde se nota una disminución de sus porcentajes; así mismo se observa que *G. menardii*, *N. dutertrei* y *N. pachyderma*, se encuentra preferentemente en estas secciones de núcleo (Gráfica 3).

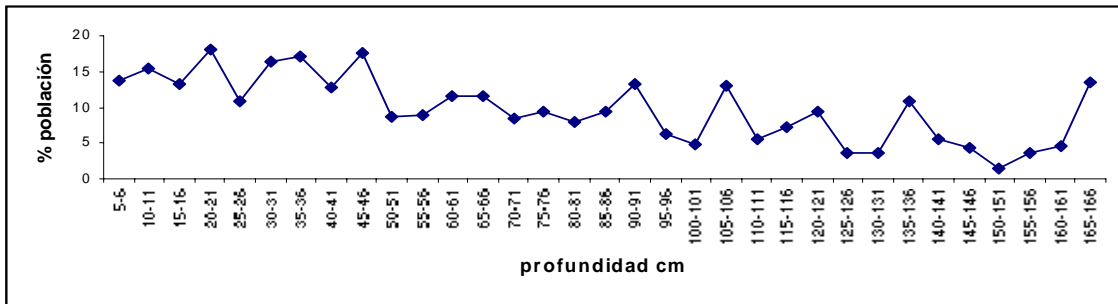
Globigerina bulloides



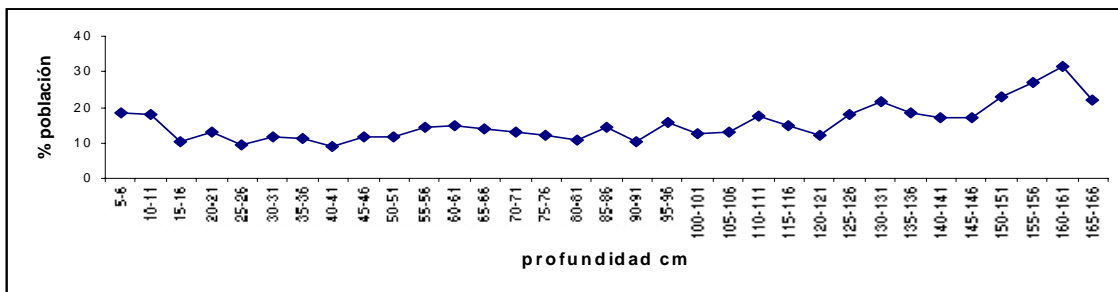
Globigerinita glutinata



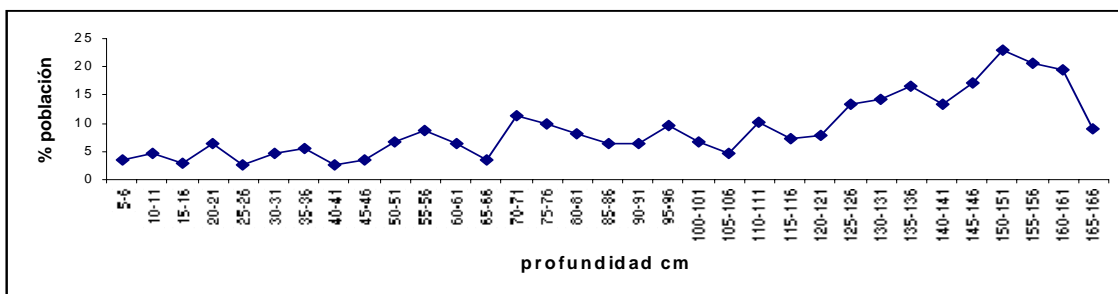
Globigerinoides ruber



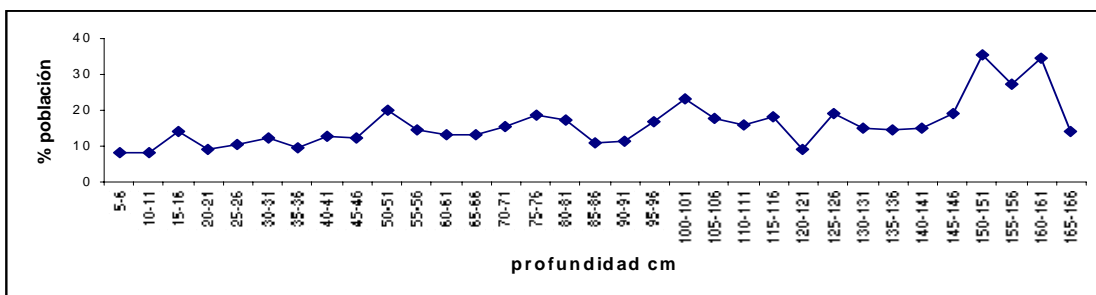
Globorrotalia menardii



Neogloboquadrina dutertrei



Neogloboquadrina pachyderma



Grafica 3. Abundancia relativa de las 6 especies de foraminíferos planctónicos más abundantes

Abundancia relativa de Foraminíferos Planctónicos Nucleo 7 T

Muestra(cm)	<i>G. bulloides</i>	<i>G. falconensis</i>	<i>G. rubescens</i>	<i>G. quinqueloba</i>	<i>G. glutinata</i>	<i>G. quadrilobatus</i>	<i>G. ruber</i>	<i>G. saculifer</i>	<i>G. tenellus</i>	<i>G. menardii</i>	<i>G. hexagona</i>	<i>G. obesa</i>	<i>G. aequilateralis</i>	<i>N. dutertrei</i>	<i>N. pachyderma</i>	<i>O. universa</i>	% Total de FP
5-6	27.78	3.27	0.33	4.25	17.65	1.96	13.73	0.65	0.00	18.30	0.00	0.00	0.33	3.59	8.17	0.00	100.00
10-11	18.91	2.94	0.84	7.56	12.18	4.62	15.55	2.10	0.00	18.07	0.84	1.26	2.10	4.62	8.40	0.00	100.00
15-16	25.33	3.13	2.09	4.70	19.58	0.78	13.32	2.35	0.00	10.44	0.52	0.52	0.00	2.87	14.10	0.26	100.00
20-21	28.92	0.70	0.00	0.00	16.03	3.48	18.12	3.14	0.00	12.89	0.00	0.35	0.35	6.27	9.06	0.70	100.00
25-26	27.63	1.84	0.79	8.42	23.16	1.32	10.79	1.05	0.79	9.47	0.26	0.00	1.05	2.63	10.53	0.26	100.00
30-31	31.29	0.00	0.00	4.08	11.90	1.02	16.33	2.38	1.70	11.90	1.36	0.00	1.02	4.76	12.24	0.00	100.00
35-36	24.59	2.97	0.00	4.05	17.84	2.16	17.03	1.89	0.54	11.35	1.08	0.27	1.08	5.41	9.73	0.00	100.00
40-41	31.50	0.92	0.00	3.98	19.57	3.06	12.84	1.22	1.53	8.87	0.00	0.00	0.61	2.75	12.84	0.31	100.00
45-46	27.04	0.51	0.00	3.57	18.88	3.06	17.60	0.51	0.26	11.48	0.77	0.26	0.26	3.57	12.24	0.00	100.00
50-51	36.22	2.36	0.00	0.00	12.20	0.79	8.66	0.39	0.79	11.81	0.00	0.00	0.00	6.69	20.08	0.00	100.00
55-56	33.14	2.31	0.00	7.20	8.36	1.73	8.93	0.29	0.00	14.41	0.00	0.00	0.00	8.65	14.70	0.29	100.00
60-61	30.67	2.00	1.33	3.33	13.33	1.00	11.67	0.33	0.00	15.00	0.00	1.00	0.67	6.33	13.00	0.33	100.00
65-66	31.85	2.40	0.00	2.74	17.12	3.08	11.64	0.00	0.00	14.04	0.34	0.00	0.00	3.42	13.36	0.00	100.00
70-71	35.64	0.00	0.00	4.00	8.73	0.00	8.36	1.09	0.73	13.09	0.00	0.73	0.00	11.27	15.64	0.73	100.00
75-76	32.97	2.54	0.00	5.43	9.06	0.00	9.42	0.00	0.00	12.32	0.00	0.00	0.00	9.78	18.48	0.00	100.00
80-81	30.27	1.53	0.00	4.98	18.39	0.00	8.05	0.38	0.00	10.73	0.00	0.00	0.00	8.05	17.24	0.38	100.00
85-86	36.20	3.68	0.00	7.67	10.74	0.00	9.51	0.00	0.00	14.42	0.31	0.00	0.00	6.44	11.04	0.00	100.00
90-91	25.34	2.40	0.00	3.42	20.55	2.40	13.36	2.74	0.34	10.62	0.68	0.00	0.00	6.51	11.64	0.00	100.00
95-96	30.26	0.00	0.00	8.22	12.17	0.66	6.25	0.33	0.00	15.79	0.00	0.00	0.00	9.54	16.78	0.00	100.00
100-101	25.64	6.23	0.00	6.59	13.55	0.00	4.76	0.00	0.00	12.45	0.37	0.00	0.37	6.96	23.08	0.00	100.00
105-106	25.34	2.20	0.00	6.34	15.15	1.93	12.95	0.28	0.00	12.95	0.00	0.00	0.28	4.68	17.91	0.00	100.00
110-111	25.58	3.88	0.00	3.49	17.83	0.00	5.43	0.00	0.00	17.44	0.00	0.00	0.39	10.08	15.89	0.00	100.00
115-116	25.38	0.00	0.77	5.77	17.69	1.92	7.31	0.38	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	7.31	18.46	0.00	100.00
120-121	22.11	1.02	0.00	3.74	28.91	3.06	9.52	1.02	0.34	12.24	0.00	0.00	0.00	7.82	9.18	1.02	100.00
125-126	26.57	1.48	0.00	5.17	10.70	0.37	3.69	0.00	0.00	18.08	0.00	0.00	1.48	13.28	19.19	0.00	100.00
130-131	22.06	2.21	0.00	7.72	11.40	0.00	3.68	0.00	0.37	21.69	0.00	1.10	0.37	14.34	15.07	0.00	100.00
135-136	22.97	1.16	0.00	1.16	11.63	0.87	10.76	1.16	0.00	18.31	0.00	0.00	0.00	16.57	14.53	0.87	100.00
140-141	26.74	1.39	1.74	7.29	10.07	0.00	5.56	0.35	0.00	17.36	0.00	0.00	0.69	13.54	15.28	0.00	100.00
145-146	24.61	0.39	1.17	4.69	10.16	0.78	4.30	0.00	0.00	17.19	0.00	0.00	0.00	17.19	19.14	0.39	100.00
150-151	13.45	1.35	0.00	1.35	0.90	0.00	1.35	0.00	0.00	22.87	0.00	0.00	0.00	22.87	35.43	0.45	100.00
155-156	12.79	0.00	0.00	0.00	6.27	1.04	3.66	0.00	0.00	27.15	0.00	0.00	0.26	20.63	27.15	1.04	100.00
160-161	1.49	0.00	0.00	0.00	5.97	1.49	4.48	0.00	0.00	31.34	0.00	0.00	0.00	19.40	34.33	1.49	100.00
165-166	21.88	0.45	0.45	3.57	10.71	2.23	13.39	1.79	0.45	21.88	0.00	0.00	0.00	8.93	14.29	0.00	100.00
% promedio	26.13	1.73	0.29	4.38	13.89	1.36	9.76	0.78	0.24	15.48	0.20	0.17	0.34	8.99	16.01	0.26	100.00

Tabla 3. Abundancia relativa de foraminíferos planctónicos del núcleo 7 T.

- **ANÁLISIS DE FACTORES**

El análisis de factores sugiere la presencia de dos asociaciones principales a lo largo del núcleo que explican el 94.19% de la varianza total de los datos (Tabla 4)

El Factor 1 explica el 85.32% de la varianza total. Los factor loadings indican que hay una dominancia de este factor desde los 5 a los 121cm del núcleo y una zona transicional con factor loadings muy semejantes entre el factor 1 y el factor 2 de 125 a 140 cm. Los factor scores indican que el factor 1 está caracterizado por las especies *G. bulloides*, (2.85), *G. glutinata*, (1.59) y *G. ruber* (1.06) (Tabla 5, Gráfica 5).

El Factor 2 explica el 8.86% de la varianza. Los factor loadings muestran que este factor predomina en la porción final del núcleo, de los 166cm a los 145cm. La asociación de foraminíferos planctónicos evidenciados en los factor scores involucran a *G. menardii*, (1.92) *N. dutertrei*, (1.68) y *N. pachyderma* (2.26). (Tabla 6, Gráfica 6)

Eigenvalor

Factores	Eigenvalor	% total de varianza	Eigenvalor acumulativo	Varianza acumulativa
F1	28.15683	85.32373	28.15683	85.32373
F2	2.92864	8.87468	31.08547	94.19841

Tabla 4. Extracción de los factores principales

Factor Loadings

Muestra(cm)	F1	F2
5-6	0.92445	0.30277
10-11	0.82915	0.36182
15-16	0.93923	0.27590
20-21	0.93337	0.25243
25-26	0.95899	0.17715
30-31	0.92492	0.30746
35-36	0.95107	0.23229
40-41	0.96676	0.22006
45-46	0.95096	0.24307
50-51	0.83829	0.47081
55-56	0.82724	0.49697
60-61	0.89821	0.42064
65-66	0.93414	0.33761
70-71	0.81042	0.50954
75-76	0.80829	0.53400
80-81	0.87827	0.43953
85-86	0.88507	0.37606
90-91	0.93974	0.28259
95-96	0.80067	0.56904
100-101	0.73096	0.60327
105-106	0.87229	0.44956
110-111	0.78878	0.57992
115-116	0.81965	0.54151
120-121	0.86538	0.24050
125-126	0.67313	0.72482
130-131	0.61658	0.74774
135-136	0.68945	0.68016
140-141	0.71590	0.66766
145-146	0.61564	0.76961
150-151	0.15199	0.97440
155-156	0.24566	0.95539
160-161	0.03244	0.93939
165-166	0.61329	0.73580

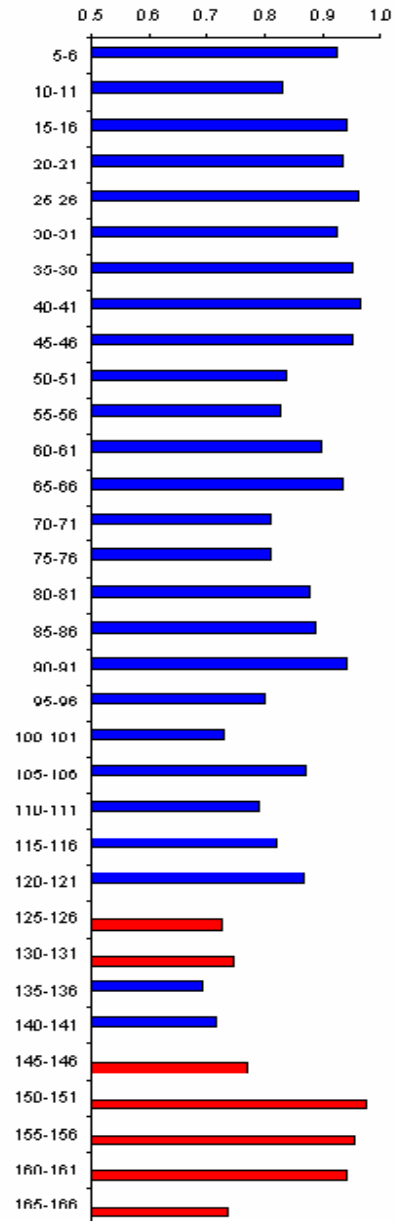


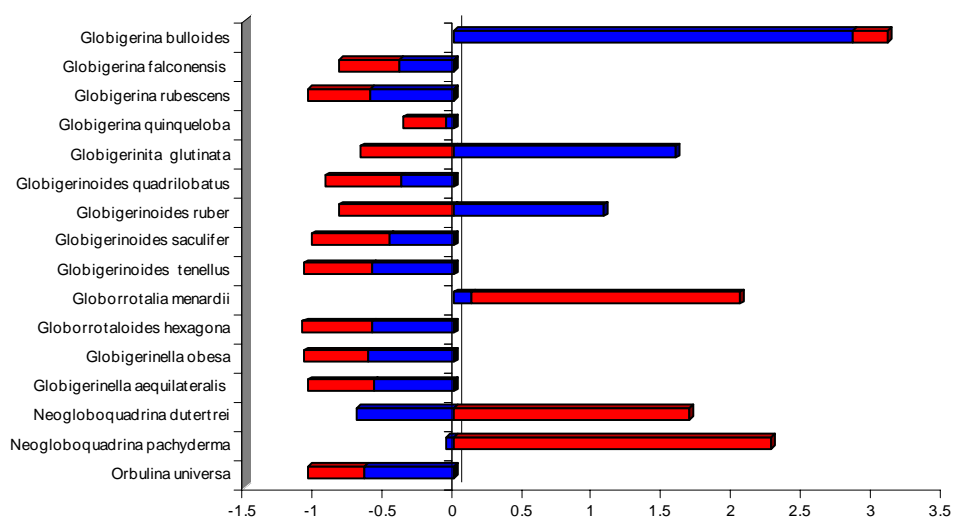
Tabla 5. Factor Loadings núcleo 7 T

Grafica 5. Factor Loadings núcleo 7 T

Factor Scores

Especies	F1	F2
Globigerina bulloides	2.855668	0.244421
Globigerina falconensis	-0.391428	-0.430693
Globigerina rubescens	-0.596716	-0.453137
Globigerina quinqueloba	-0.062620	-0.298473
Globigerinita glutinata	1.591573	-0.676297
Globigerinoides quadrilobatus	-0.381137	-0.545144
Globigerinoides ruber	1.067023	-0.824607
Globigerinoides saculifer	-0.458048	-0.555543
Globigerinoides tenellus	-0.583867	-0.492961
Globorrotalia menardii	0.125890	1.920031
Globorrotaloides hexagona	-0.583798	-0.498836
Globigerinella obesa	-0.610937	-0.461754
Globigerinella aequilateralis	-0.579404	-0.468267
Neogloboquadrina dutertrei	-0.695530	1.682397
Neogloboquadrina pachyderma	-0.054838	2.261381
Orbulina universa	-0.641833	-0.402517

Tabla 6.: Factor scores (cargas del factor). Núcleo 7 T



Gráfica 6. Factor scores (cargas del factor).núcleo 7 T

DISCUSIÓN

NÚCLEO 7 T

- CORRELACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA

El núcleo 7T se correlacionó bioestratigráficamente con otros núcleos estudiados en la zona (PCM-10T, ME0005A-3JC, MD02-2523) (Figura 13) los cuales se mencionan a continuación:

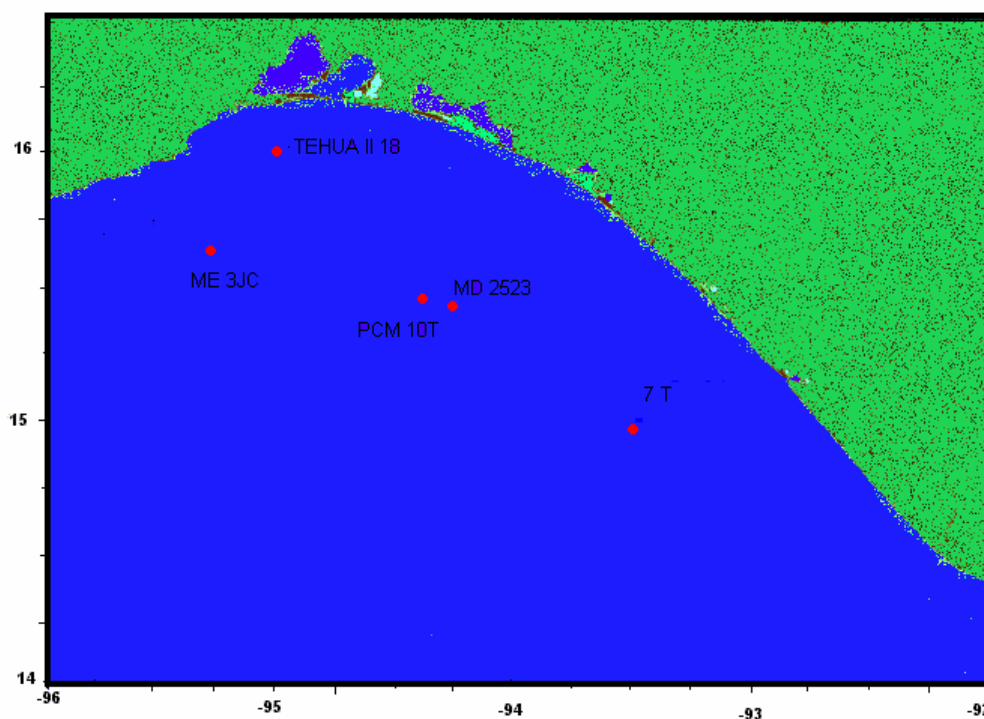


Figura 13. Localización geográfica de los núcleos estudiados en el Golfo de Tehuantepec.

El núcleo 10 T estudiado por Arellano Torres (2001) colectado a 240m de profundidad, en las coordenadas $15^{\circ} 27.22'N$ y $94^{\circ} 22.86'W$, fue datado con ^{210}Pb , dando una edad extrapolada de 3630 años para la base del núcleo (185cm); posteriormente fue datado con ^{14}C dando una edad de 27940 años. En el núcleo se encuentran 3 asociaciones de foraminíferos planctónicos delimitadas por análisis de factores (Figura 14).

La Asociación 1 representada por *G. bulloides* y *G. ruber* y la asociación 3, caracterizada por *G. glutinata*, indicando ambas una región de alta productividad influenciada por surgencias. La asociación 2 está representada por *G. menardii* y *N. dutertrei* características de aguas tropicales y estratificadas, de termoclina estable dentro de la zona fótica.

El cambio entre las asociaciones de un régimen oceanográfico sin surgencia, a uno dominado por surgencias, como en la actualidad, en este núcleo se da a los aproximadamente 15,000 años, al término del UMG. Además el termino de este periodo se puede observar por el cambio en los valores de $\delta^{18}\text{O}$ que muestra una disminución de .9 ‰ a 0 ‰, lo que indican un calentamiento de las masa de agua de los aproximadamente 15000 años al presente (Figura 14).

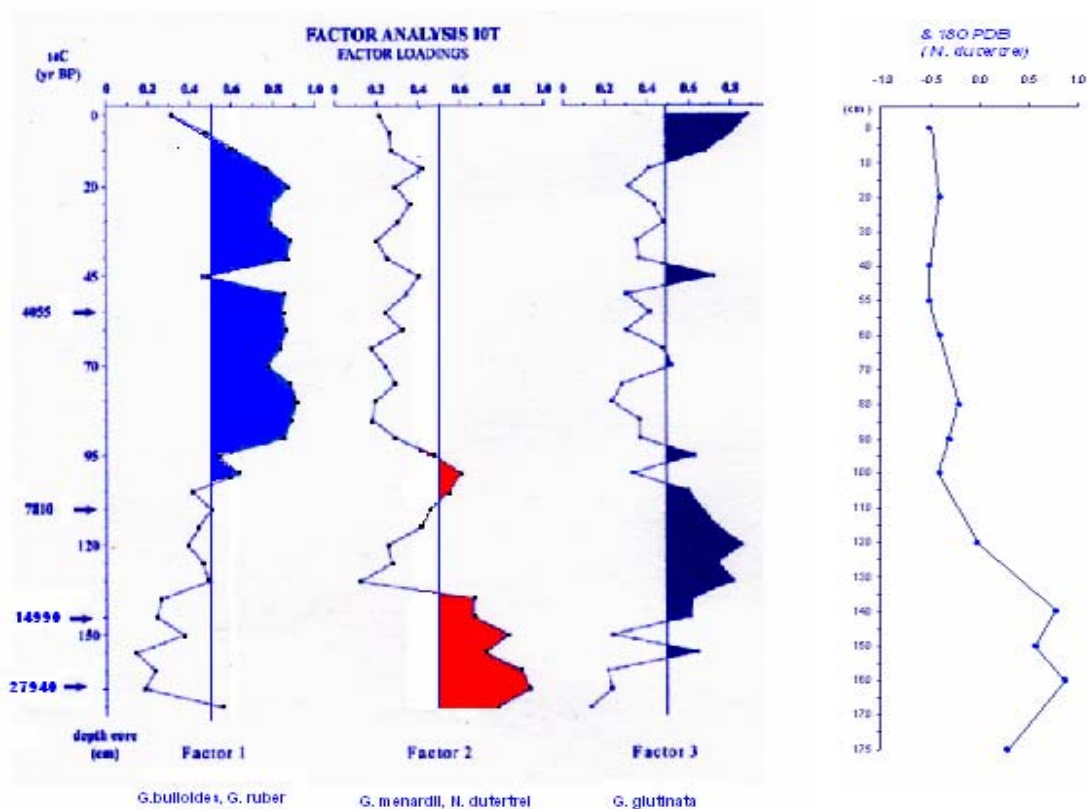


Figura 14. Análisis de factores del núcleo 10T y curva isotópica de $\delta^{18}\text{O}$. (Tomado de Machain Castillo *et al.*, 2003).

El núcleo ME0005A-3JC colectado en las coordenadas latitud 15°39.04' N y longitud 95°16.83' W a una profundidad de 740m, estudiado por Arellano Torres (2003), fue datado con ¹⁴C dando en la base una edad de 23078 años. También presenta 3 asociaciones de foraminíferos planctónicos delimitados por análisis de factores similares al núcleo 10 T (Figura 15). La asociación 1 está caracterizada por la especie *G. glutinata* y la asociación 3 por *G. bulloides* y *G. ruber* indicando condiciones de un régimen de surgencia. La asociación 2 está caracterizada por la presencia de *G. menardii*, *N. dutettri* y *N. pachyderma* indicando condiciones de masas de agua cálida y columna de agua estratificada. En este núcleo también se nota un cambio en las condiciones oceanográficas, de no surgencia durante el UMG hacia condiciones de surgencia, alrededor de los 17000 años, representando el final del UMG. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ corroboran estas condiciones, la curva de $\delta^{18}\text{O}$ presenta valores altos desde la base del núcleo hasta los 900cm (15527 años) y a partir de este intervalo los valores de $\delta^{18}\text{O}$ comienzan a disminuir, esta disminución indica el final del UMG e inicio de la deglaciación.

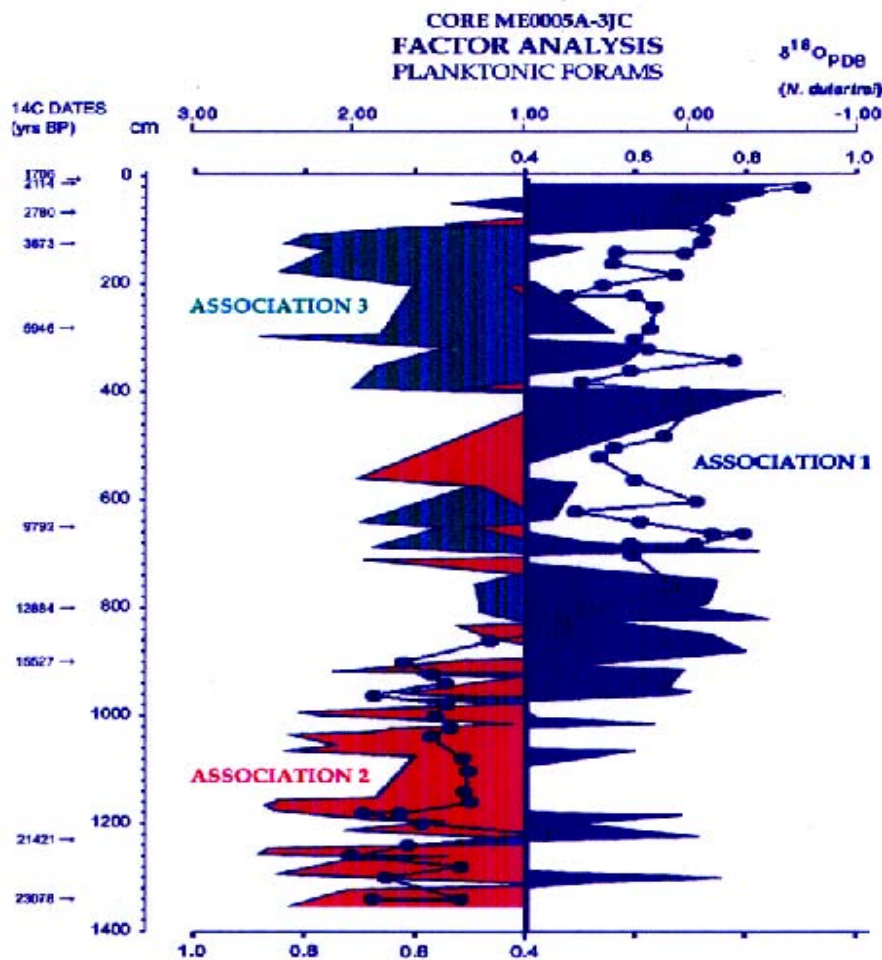


Figura 15. Análisis de factores del núcleo 3JC, y curva isotópica de $\delta^{18}\text{O}$ (Tomado de Machain Castillo *et al.*, 2003).

Otro de los núcleos estudiados en el área de estudio es el MD02-2523 colectado a 202m de profundidad teniendo una longitud de 18.20m. Los resultados del análisis de factores de las asociaciones de foraminíferos planctónicos revelan que también se encuentran 3 agrupaciones de foraminíferos planctónicos, como en los núcleos anteriores (Figura 16). El factor 1 representado por *G. bulloides*, el factor 2, por *N. dutertrei* y *G. menardii* y el factor 3, representado por *G. glutinata*. El cambio en las asociaciones de foraminíferos planctónicos, y el cambio en los valores del delta de $\delta^{18}\text{O}$ se da a los aproximadamente 17000 años.

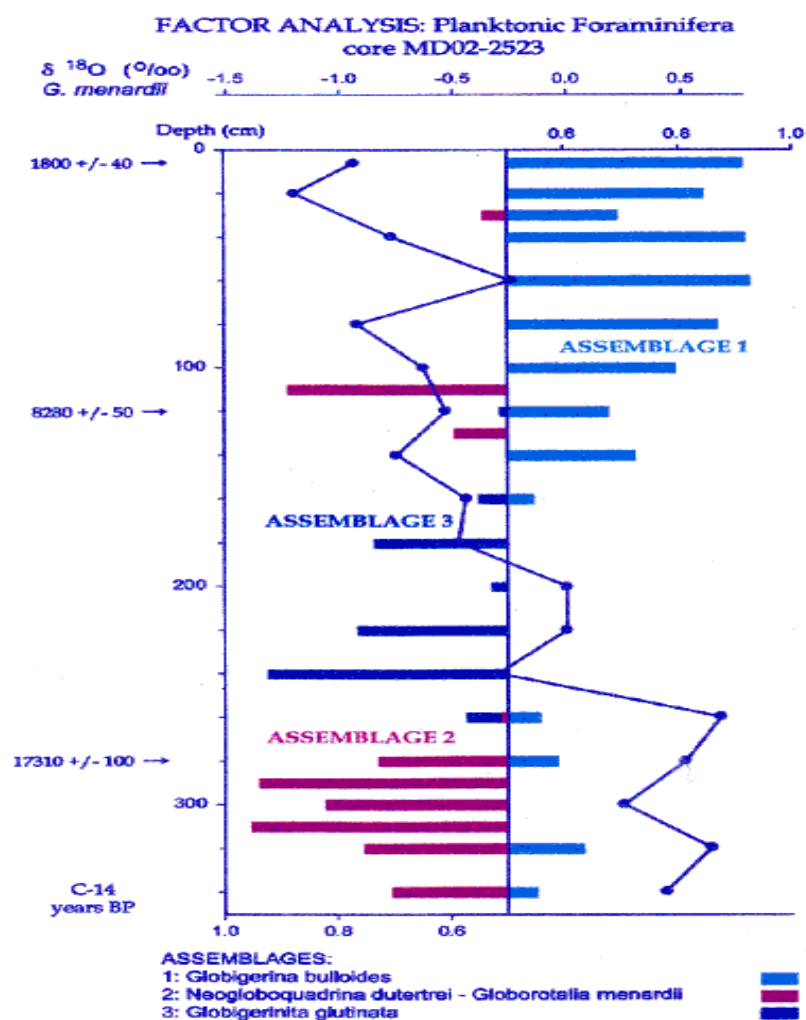


Figura16. Análisis de factores del núcleo MD02.2523 y curva isotópica de $\delta^{18}\text{O}$ (Tomado de Machain Castillo et al 2003).

Datos de ^{14}C y curva de $\delta^{18}\text{O}$ de los núcleos estudiados en el Golfo de Tehuantepec

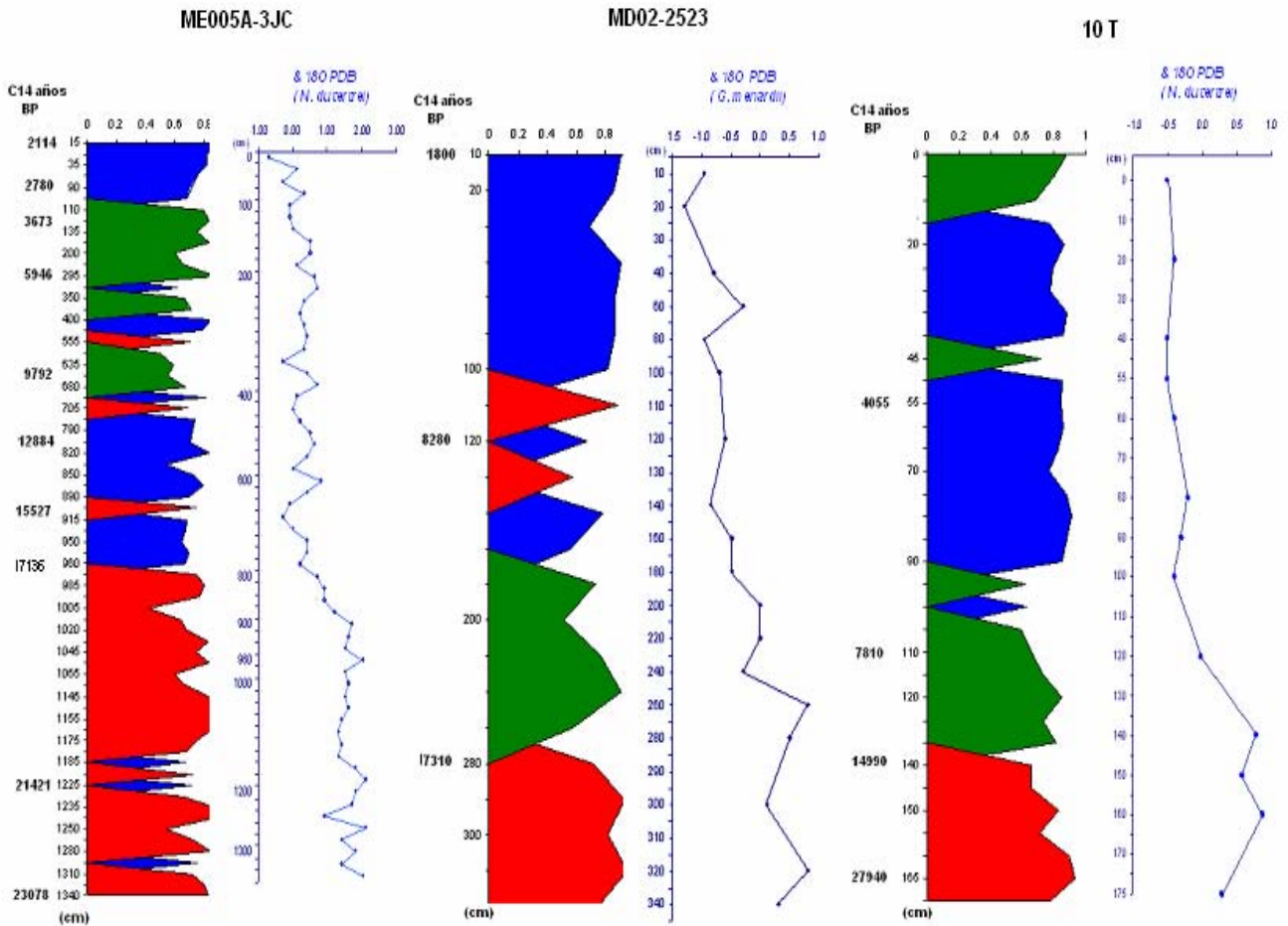


Figura 18. Se muestra las edades de cada núcleo, así como el cambio en las asociaciones de foraminífero planctónicos, y los diferentes valores del $\delta^{18}\text{O}$ en los núcleos ME005A-3JC, MD02-2523, 10 T ,

En los núcleos estudiados se puede ver el mismo cambio de asociaciones de foraminíferos planctónicos. Se observa el cambio de la asociación *G. meanardii*, *N. dutertrei* que indica condiciones de no surgencia, a las asociaciones de *G. glutinata*, *G. bulloides* y *G. ruber*, que indican condiciones de surgencia. Este cambio de condiciones de no surgencia a surgencia, fue datado con ^{14}C y corroborado con los valores de $\delta^{18}\text{O}$ al final del UMG (figura 18). Por lo tanto, se establece que durante el UMG en el Golfo de Tehuantepec, se presentaba un escenario con columna de agua estratificada y por consiguiente ausencia de surgencia, mientras que del inicio de la deglaciación al presente, las condiciones en el Golfo de Tehuantepec indican la presencia de surgencias.

En el núcleo 7 T, colectado a 190 m de profundidad en la coordenadas Lat 14° 59.905'N Long.93°30.1' W, se obtuvieron 2 asociaciones de foraminíferos planctónicos (Figura 17). La asociación 2 dominante en la parte inferior del núcleo (166-145cm) representada por las especies *G. menardii*, *N. dutertrei* y *N. pachyderma*, indicando condiciones de masas de agua cálida y estratificadas, y la asociación 1 dominante en el núcleo de los 121cm a la superficie, representada por *G. glutinata*, *G. bulloides* y *G. ruber*, especies indicadoras de condiciones de alta productividad indicando la actividad de la surgencia, y un periodo transicional de 140 a 125cm. Este periodo transicional también se ha observado en otros núcleos como el ME005A-3JC durante la deglaciación, por los que se sugiere que en este núcleo la porción de 165 a 145cm, caracterizada por el factor 2 representa el UMG, la sección de 140-125 cm la deglaciación y la parte superior del núcleos 120 - 5cm al Holoceno caracterizada por la presencia bien delimitada de asociaciones características de surgencia (Figura 19).

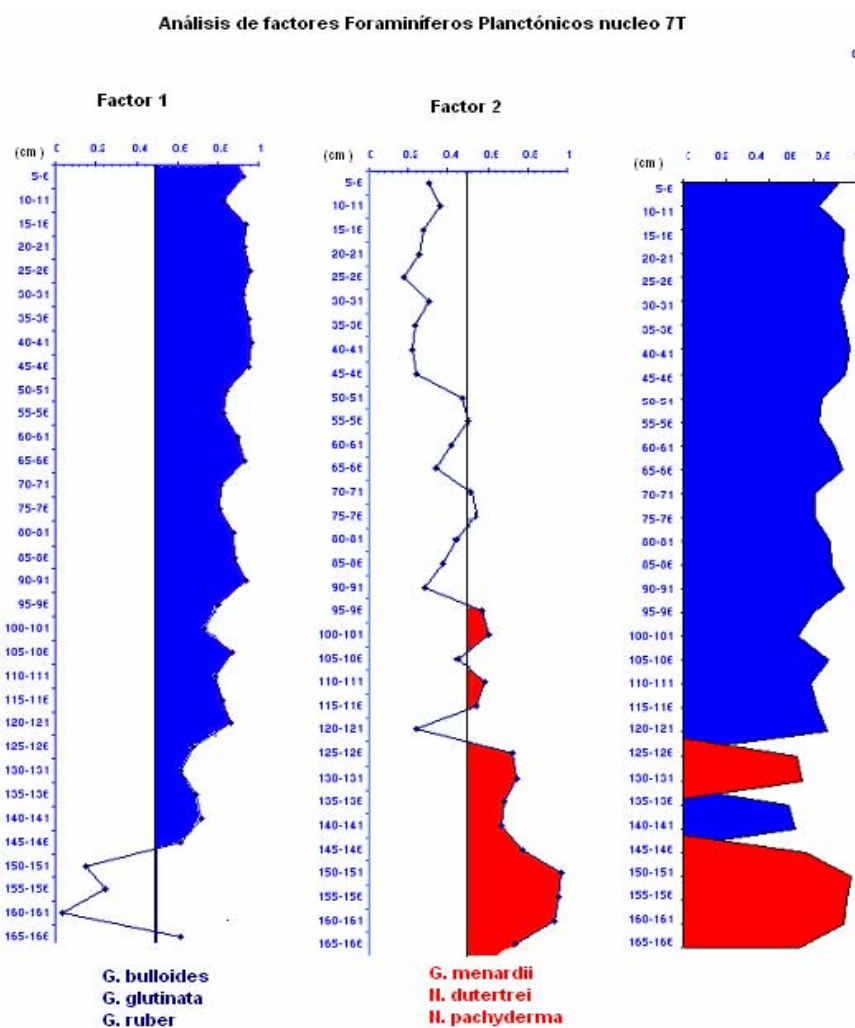


Figura 17.
Análisis de factores del núcleo 7 T

CORRELACIÓN BIOESTRATIGRÁFICA

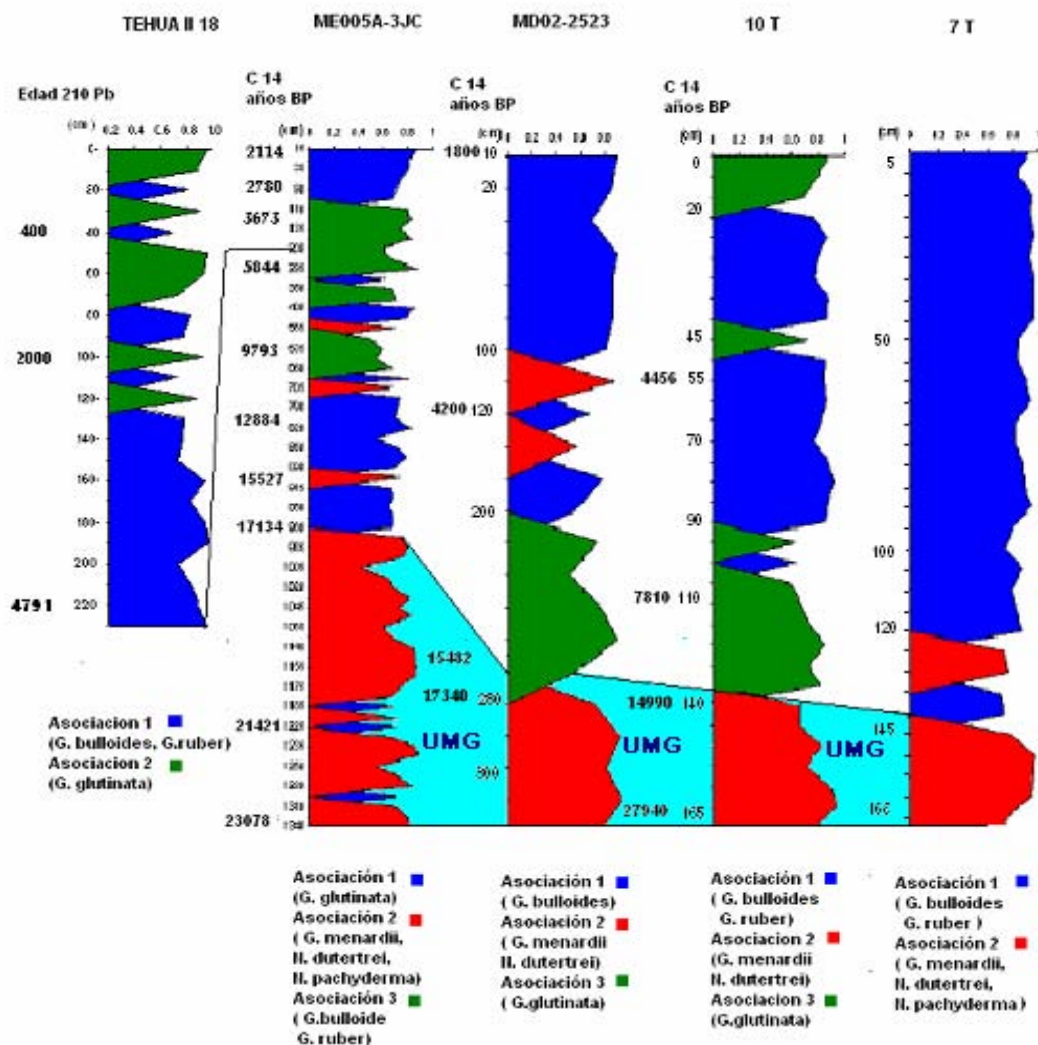


Figura 19. Correlación bioestratigráfica de los núcleos ME005A-3JC, MD02-2523, 10 T ,7 T .Y TEHUA 18. se presenta la distribución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos de cada núcleo. Se muestra en azul claro el UMG.

El final de UMG parecería tener diferentes edades en los núcleos utilizados para hacer la correlación. Esto puede deberse a sus diferentes tasas de sedimentación y a la diferencia de resolución con que cada uno fue analizado. Una mayor resolución de muestreo y un mayor número de dataciones ayudará a resolver este rango de edades. Sin embargo es claro que al final del UMG hay un cambio en las condiciones faunísticas, oceanográficas y climatológicas.

- **RECONSTRUCCIÓN PALEOCEANOGRÁFICA**

Analizando todos los resultados en conjunto del núcleo 7T, granulometría, abundancia absoluta (ind/g), análisis de factores, y la correlación bioestratigráfica, se distinguen tres porciones en el núcleo:

1.- Último Máximo Glacial.

De su base 166 cm a los 145 cm, el sedimento es lodoso y presenta la menor cantidad de foraminíferos planctónicos (16- 306 ind/g), lo cual indica una menor productividad en esta sección, debido probablemente a la ausencia de surgencias en el Golfo de Tehuantepec, esto a su vez es apoyado con base en el análisis de factores ya que en esta sección del núcleo domina el factor 2.

La asociación del factor 2 está representada por las especies *G. menardii* y *N. dutertrei* que viven en masas de aguas cálidas, con termoclina estable y por tanto estratificadas, y *N. pachyderma*, especie que tiene preferencia a vivir en masas de agua estratificadas (Be, 1977, Vincent y Berger, 1981). Estas condiciones no se presentan durante el fenómeno de surgencia en el cual la termoclina y la estratificación se rompen por el ascenso de agua subsuperficial. La dominancia de estas especies indica que durante este período hay ausencia o reducción del fenómeno de surgencia, como se muestra en la actualidad durante el verano y otoño cuando predomina la incursión de corrientes cálidas ecuatoriales hacia el Golfo de Tehuantepec, con las especies antes mencionadas.

La disminución de la surgencia en la zona de estudio indicada por esta asociación, pudo haber sido ocasionada por los cambios en la posición e intensidad de los vientos que los producen y por cambios en la circulación atmosférica, en general, cambios originados especialmente por la diferente posición de las celdas de alta presión sobre Norteamérica y de baja presión sobre las aguas del Pacífico y Atlántico durante el UMG (Arellano-Torres, 2003)

Algunos modelos de reconstrucción paleoclimática (COHMAP 1998) sugieren que el tamaño y posición de los casquetes polares podría modificar la dinámica atmosférica. Durante el UMG la masa de hielo (Laurentida) que cubría el hemisferio norte presentaban su máxima extensión encontrándose en el norte de Estados Unidos y en Europa, hasta el sur de Francia, con un espesor de 3 Km (COHMAP 1988). De acuerdo con estos modelos la presencia y topografía del casquete Laurentida sobre Norteamérica, podría haber

debilitado la celda de alta presión del Pacífico Norte y haber ocasionado cambios en la posición e intensidad de la corriente de chorro sub polar norteamericana (jeat stram), una banda estrecha de vientos de alta velocidad que influyen en el clima regional.

Este modelo sugiere que durante tiempos glaciares esta corriente invernal se separó en dos ramas una localizada hacia el sur de Estados Unidos, en el límite sur del casquete Laurentina y la otra a lo largo del límite norte de la capa de hielo. Dichos cambios pudieron haber provocado que las masas de aire frío que se desprenden del frente polar no fueran tan intensas, y/o no descargaran directamente hacia el Golfo de México como fuertes vientos sobre el Golfo de Tehuantepec con suficiente intensidad para desarrollar la surgencia.

Otro factor por el cual la surgencia se viera debilitada durante el UMG es el cambio en el nivel del mar, ya que los casquetes al sustraer agua de los océanos ocasionaron que el nivel del mar descendiera hasta 130m (Boumaggard *et al.*,1998) , por lo que la extensión de las tierras emergidas aumentó. En el Istmo de Tehuantepec la extensión aumento de 220 a 350 Km , que es la amplitud que tiene el istmo desde las isobatas de 130 m desde el Golfo de México hasta el Océano Pacífico; esto pudo provocar que la velocidad de los vientos se haya debilitado por la ampliación de la superficie continental, lo que a su vez ocasionaría que se viera debilitada la surgencia. Probablemente una combinación de estos dos sucesos, condujo al debilitamiento de las surgencias.

2.- Deglaciación

Se distingue esta en la porción del núcleo que va de 140 -125 cm, donde se observa una zona con aumento en la cantidad de arenas(2% al 11%), así como un aumento en la abundancia de foraminíferos planctónicos (300 a 900 ind/g) lo cual se correlaciona ya que la fracción arenosa esta mayormente formada por los restos de estos organismos, por lo que se ve un cambio hacia condiciones de mayor productividad, que se ve reflejada en la mayor abundancia de arenas biogénicas en el sedimento. Además en esta sección del núcleo, se observa que el factor 1 representado por *G. bulloides*, *G. glutinata* y *G. ruber*, asociación indicadora de sistemas de surgencia, y el factor 2, representada por *G. menardii*, *N. dutertrei* y *N. pachyderma*, asociación que representa aguas cálidas y estratificadas, tienen valores muy similares , lo cual indica que las dos asociaciones se encuentran en el golfo, no dejando alguna de estas una señal predominante en los sedimentos. Lo anterior sugiere que durante este periodo de tiempo, la surgencia no era lo suficientemente intensa para desencadenar la alta productividad y dejar un registro preponderante en los

sedimentos y enmascarar de este modo la presencia de las especies de masas de aguas calidas y estratificadas.

El escenario climático que puede explicar este suceso es la deglaciación, periodo comprendido desde el final del UMG, en que el frío comenzó a decrecer por un calentamiento generado por un aumento de la radiación solar de verano (COHMAP, 1988). Durante este periodo, la capa de hielo Laurentida presente en el UMG disminuyó en tamaño y grosor, y por tanto permitió que la corriente invernal de chorro (jet stream) no se dividiera en dos ramas, y de esta forma propiciar la incursión de vientos en el golfo, los cuales comenzaron a cambiar las características oceanográficas, propiciando la formación de una surgencia debilitada en el área. Una surgencia débil no sería lo suficientemente productiva para dejar una señal preponderante en el registro sedimentario.

3.- Holoceno

Se distingue esta porción del núcleo de los 120 a la superficie, caracterizada por la presencia de mayor contenido de arenas así como la mayor abundancia de foraminíferos planctónicos (3000 a 7000 ind/g) lo que probablemente representa una alta productividad en esta porción del núcleo, debido a los procesos de surgencia que se llevan a cabo. Esto a su vez está apoyado con base en el análisis de factores ya que en esta misma sección del núcleo el factor que domina es el F1.

La asociación del Factor 1 está caracterizada por *G. bulloides*, *G. glutinata* y *G. ruber*, todas estas especies características de sistemas de surgencia altamente productivos (Thiede, 1983; Watkins *et al.*, 1998). Cuando ocurre un fenómeno de surgencia la termoclina y la estratificación de la columna de agua se rompen por el ascenso de agua subsuperficial, siendo esta más fría que el agua superficial adyacente, por lo que las especies que se presentan durante periodo son aquellas que toleran aguas más frías y de condiciones de columna de agua mezclada, como las especies identificadas en este factor. Por lo que en esta sección se observa la presencia de la surgencia, como la que se presenta en la actualidad durante la temporada de nortes en invierno y principios de primavera.

CONCLUSIONES NÚCLEO 7

En el registro sedimentario del núcleo 7T se observa como el patrón de surgencias que se presenta actualmente en el Golfo de Tehuantepec, no siempre ha sido el mismo, sino que ha tenido variaciones a través del tiempo.

Los resultados obtenidos del análisis de factores, indican la presencia de 2 asociaciones a lo largo del núcleo. La asociación 1 representada por las especies *G.bulloides*, *G. glutinata* y *G. ruber*, que indica condiciones de alta productividad y actividad de la surgencia en el Golfo de Tehuantepec; y la asociación 2 representada por *G. menardii*, *N dutertrei*, *N. pachyderma*, indicando la incursión de aguas cálidas y la ausencia o reducción del fenómeno de surgencia.

Las condiciones de no surgencia observadas en el núcleo estudiado, se presentaron durante el UMG, debido a que durante este periodo, los casquetes modificaron la dinámica atmosférica, provocando cambios en la posición e intensidad de la corriente de chorro sub polar norteamericana (sub polar Jet Stream) (COHMAP, 1998). Además, esta corriente al cambiar de posición se bifurcó, provocando que las masas de aire frío de invierno que se desprenden del frente polar no fueran tan intensas y por lo tanto no descargarán directamente hacia el centro del Golfo de México y posteriormente hacia Tehuantepec como se presentan en la actualidad ocasionando el fenómeno de surgencia.

Las condiciones de surgencia identificadas por las asociaciones faunísticas, se presentan bien marcadas durante el Holoceno, debido a la presencia de la corriente de chorro en invierno y por tanto a la incursión de los vientos que ocasionan la surgencia en el Golfo de Tehuantepec.

Este escenario descrito en el núcleo estudiado es apoyado por la bioestratigrafía de otros núcleos estudiados en la zona que identifican la presencia de estas mismas asociaciones, en todo el Golfo de Tehuantepec.

RESULTADOS

NUCLEO TEHUA II 18

- TAMANO Y COMPOSICIÓN DEL SEDIMENTO

El tamaño de sedimento según la clasificación de Folk (1969) indica que todo el núcleo está constituido por lodos = ($\geq 90\%$ lodo, $\leq 10\%$ arena) desde su base hasta la parte superficial, mostrando una tendencia al aumento de arenas desde los 130 cm hasta su base, con porcentajes de arena que van del 5% al 9 % (Tabla 7, Grafica 7). Los componentes inorgánicos de la fracción arenosa están constituidos por cuarzo, feldspatos y fragmentos de roca, entre otros. Los componentes orgánicos de esta fracción están constituidos por abundantes foraminíferos planctónicos y bentónicos, radiolarios, y polen.

Muestra cm	% arenas	% lodos
0-1	4.03	95.97
10-10.5	5.83	94.17
20-21	1.67	98.33
30-31	2.84	97.16
40-41	1.35	98.65
50-51	1.87	98.13
60-61	2.28	97.72
70-71	2.56	97.44
80-81	2.61	97.39
90-91	2.56	97.44
100-101	2.07	97.93
110-111	2.31	97.69
120-121	2.42	97.58
130-131	5.22	94.78
140-141	5.09	94.91
150-151	3.87	96.13
160-161	5.33	94.67
170-171	6.30	93.70
180-181	4.25	95.75
190-191	7.96	92.04
200-201	6.95	93.05
210-211	7.40	92.60
220-221	7.96	92.04
230-231	9.59	90.41

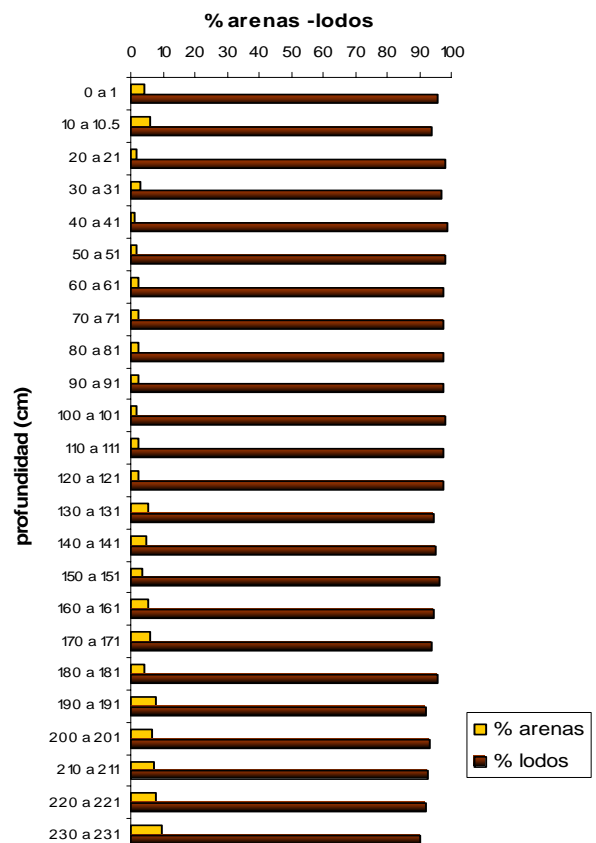


Tabla 7. Porcentaje de lodos y arenas del núcleo TEHUA II 18

Gráfico 7. Porcentaje de lodos y arenas del núcleo TEHUA II 18

- **DATACIÓN ^{210}Pb**

Los resultados obtenidos des ^{210}Pb en la columna sedimentaria, proporcionaron una tasa de sedimentación de 0.48mm/año dando una edad extrapolada para la base del núcleo (230cm) de 4791 años.

- **ABUNDANCIA ABSOLUTA**

Las 24 muestras analizadas del núcleo tuvieron la cantidad suficiente de foraminíferos planctónicos para hacer análisis estadísticos. Los valores mas altos de individuos por gramo de sedimento, se presentan de la parte inferior del núcleo de 230 a 130 cm., con abundancias de entre 283 a 920 ind/ g. A partir de este nivel y hasta la superficie disminuye la cantidad de foraminíferos con abundancias de entre 19 y 197, ind / g., excepto en los niveles de 80-81 cm. con 326 Ind / gr., y a los 10 cm (318 ind. /g.). (Tabla 8, Gráfica 8)

Muestra (cm)	Ind/ gr.
0-1	197
10-10.5	307
20-21	19
30-31	73
40-41	34
50-51	19
60-61	190
70-71	93
80-81	326
90-91	61
100-101	93
110-111	61
120-121	49
130-131	920
140-141	283
150-151	310
160-161	449
170-171	289
180-181	283
190-191	678
200-201	600
210-211	491
220-221	778
230-231	918

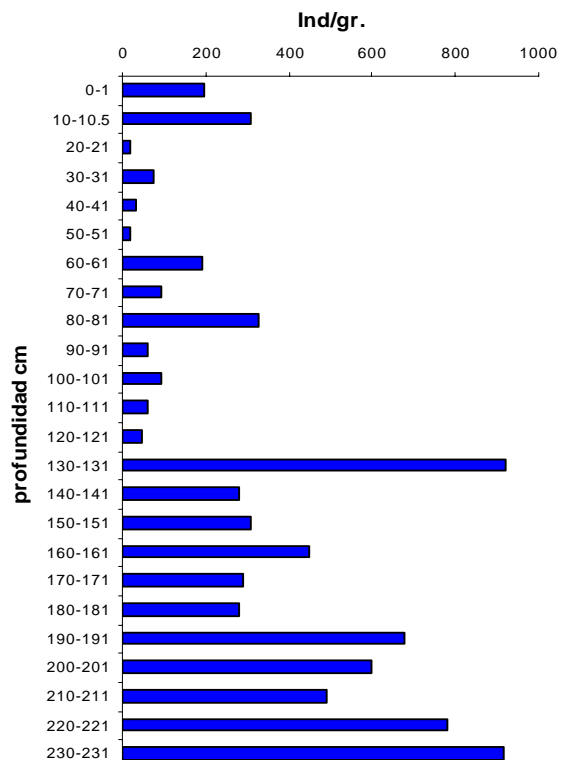


Tabla 8. Abundancia de foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento.

Gráfica 8. Abundancia de foraminíferos planctónicos por gramo de sedimento

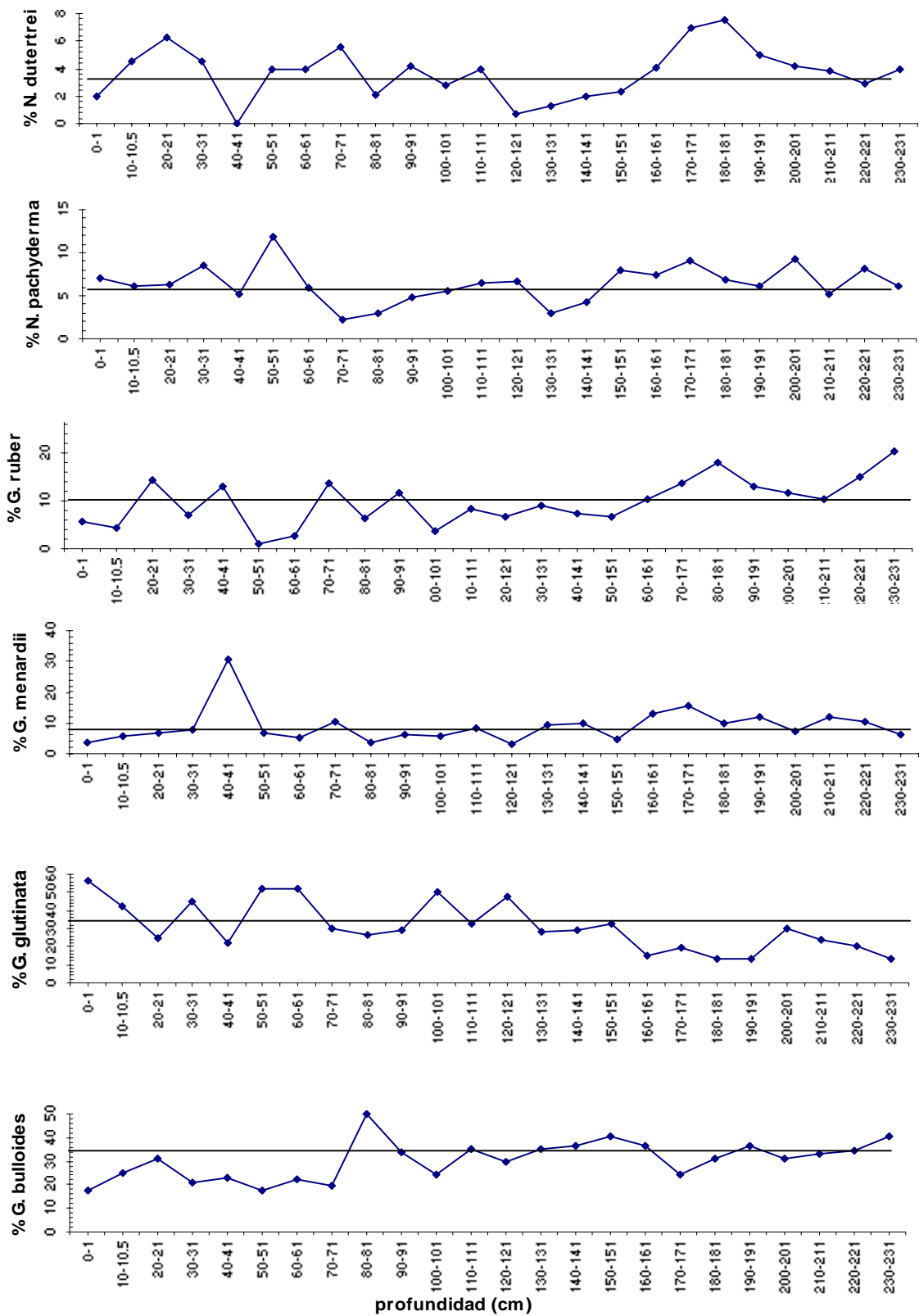
- **ABUNDANCIA RELATIVA**

Las especies que presentaron la mayor abundancia relativa en todo el núcleo son *Globigerinita glutinata* (31.20%), *Globigerina bulloides* (30.52%), *Globigerinoides ruber* (9.60%), *Globorrotalia menardii* (9.07%), *Neogloboquadrina pachyderma* (6.36%),y *Neogloboquadrina dutertrei* (3.56%). El porcentaje de todas las especies se muestran en la tabla 9.

Se observa que *G. bulloides* está presente en todo el núcleo, dominado preferentemente de la base hasta los 80 cm de profundidad , excepto en los intervalos 120 y 100cm (Gráfica 9).

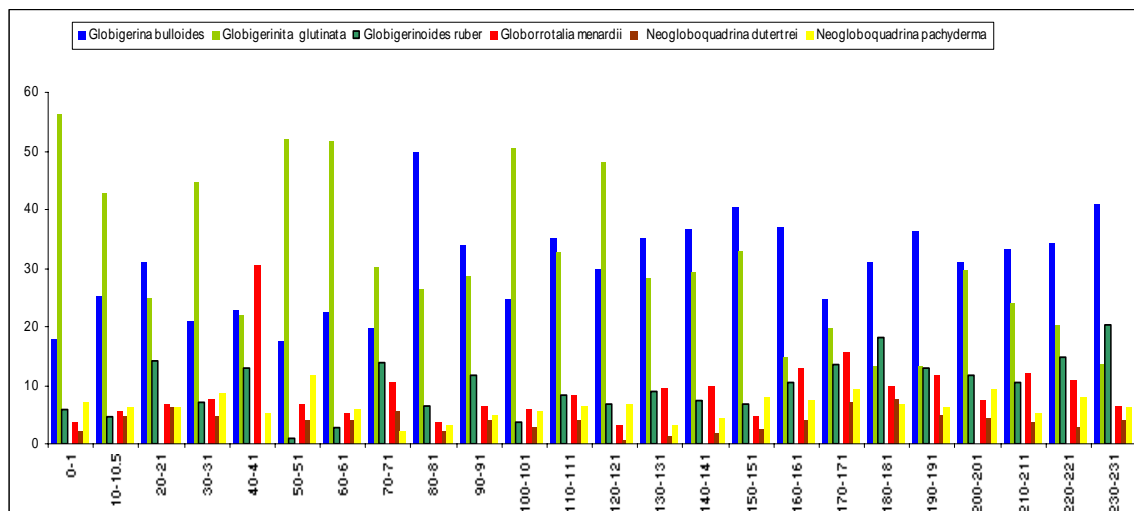
G. glutinata también, se le encuentra en todos los intervalos del núcleo, con altos porcentajes; sin embargo se nota que de la base del núcleo 230cm a los 130cm porcentajes son menores, excepto en los niveles 120 y 100 cm. A partir de los 60 cm a la superficie del núcleo, su población tiene mayores porcentajes, excepto en los intervalos de 40 y 20 cm .

La distribución de *G. ruber* es bastante heterogénea en el núcleo, sin embargo se observa una mayor abundancia de su población, de la base del núcleo hasta los 161cm, y en algunos intervalos como a , 70, 40 y 20 cm . Así mismo se observa que los porcentajes de *G. menardii*, *N. dutertrei* y *N. pachyderma*, también muestran una distribución muy heterogénea a lo largo del núcleo, mostrando sus poblaciones la menor abundancia a lo largo del núcleo, como se observa en la grafica 10



Grafica 9. abundancia rlativa de 6 especies de foraminifros planctoncos

En forma general en este núcleo se observa la dominancia de *G. bulloides* y *G. glutinata*, en todo el núcleo (Gráfica 10).



Gráfica 10 Abundancia relativa de las 6 especies de foraminíferos plactónicos más importantes.

Abundancia relativa de Foraminíferos Plactónicos del núcleo TEHUA II 18																		
Muestra (cm)	<i>G. bulloides</i>	<i>G. falconensis</i>	<i>G. rubescens</i>	<i>G. quinqueloba</i>	<i>G. glutinata</i>	<i>G. parkerae</i>	<i>G. quadrilobatus</i>	<i>G. ruber</i>	<i>G. saculifer</i>	<i>G. tenellus</i>	<i>G. menardii</i>	<i>G. hexagona</i>	<i>G. obesa</i>	<i>N. dutertrei</i>	<i>N. pachyderma</i>	<i>O. universa</i>	<i>P. obliquiloculata</i>	% Total de FP
0-1	17.85	1.68	0.00	3.70	56.23	0.00	0.34	5.72	0.00	0.34	3.70	0.67	0.00	2.02	7.07	0.34	0.34	100.00
10-10.5	25.20	2.03	0.41	2.44	42.68	0.41	2.44	4.47	0.41	0.81	5.69	0.81	0.00	4.47	6.10	1.22	0.41	100.00
20-21	31.06	2.48	0.00	0.00	24.84	1.86	1.24	14.29	0.62	1.86	6.83	0.62	0.62	6.21	6.21	0.62	0.62	100.00
30-31	20.90	0.00	0.00	0.00	44.67	0.82	3.28	6.97	0.41	0.00	7.79	1.23	0.41	4.51	8.61	0.00	0.41	100.00
40-41	22.84	0.00	0.43	0.43	21.98	0.00	2.16	12.93	0.86	0.43	30.60	0.86	0.86	0.00	5.17	0.00	0.43	100.00
50-51	17.65	0.00	0.98	0.98	51.96	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	6.86	0.98	0.00	3.92	11.76	0.98	1.96	100.00
60-61	22.56	0.56	0.00	0.00	51.81	0.28	1.11	2.79	0.28	0.00	5.29	0.84	0.56	3.90	5.85	2.51	1.67	100.00
70-71	19.74	1.32	0.00	0.33	30.26	0.00	8.22	13.82	0.99	0.33	10.53	1.32	2.30	5.59	2.30	2.30	0.66	100.00
80-81	49.87	1.78	0.00	0.51	26.46	0.00	1.02	6.36	0.25	0.00	3.56	1.78	1.78	2.04	3.05	1.02	0.51	100.00
90-91	33.96	1.13	0.00	1.13	28.68	0.00	5.66	11.70	0.75	0.00	6.42	0.75	0.75	4.15	4.91	0.00	0.00	100.00
100-101	24.62	0.00	0.00	1.54	50.46	0.31	1.85	3.69	0.00	0.00	5.85	0.00	1.85	2.77	5.54	0.00	1.54	100.00
110-111	35.14	0.36	0.00	0.72	32.61	0.72	0.72	8.33	0.00	0.36	8.33	0.36	0.00	3.99	6.52	1.45	0.36	100.00
120-121	29.80	0.99	0.66	0.00	48.01	0.66	0.66	6.62	0.00	0.33	2.98	0.99	0.00	0.66	6.62	0.99	0.00	100.00
130-131	35.19	0.86	1.29	3.86	28.33	0.86	2.15	9.01	0.43	0.00	9.44	0.43	0.86	1.29	3.00	1.72	1.29	100.00
140-141	36.72	2.34	1.17	1.95	29.30	0.00	0.00	7.42	1.56	0.00	9.77	1.17	0.00	1.95	4.30	0.78	1.56	100.00
150-151	40.23	2.09	0.00	1.86	33.02	0.00	0.00	6.74	0.00	0.00	4.65	0.47	0.23	2.33	7.91	0.23	0.23	100.00
160-161	36.80	0.74	0.00	2.23	14.87	0.00	4.83	10.41	0.37	1.86	13.01	0.00	1.49	4.09	7.43	1.49	0.37	100.00
170-171	24.55	1.82	0.00	0.00	19.70	0.00	4.24	13.64	0.61	0.00	15.76	1.21	0.00	6.97	9.09	1.21	1.21	100.00
180-181	31.15	1.31	0.00	1.31	13.11	0.33	4.26	18.03	1.97	0.00	9.84	0.98	1.97	7.54	6.89	0.66	0.66	100.00
190-191	36.20	2.51	0.00	0.72	13.26	0.00	6.45	12.90	1.08	0.00	11.83	1.43	0.72	5.02	6.09	0.72	1.08	100.00
200-201	31.19	2.25	0.00	0.64	29.58	0.32	1.93	11.58	0.64	0.32	7.40	0.64	0.00	4.18	9.32	0.00	0.00	100.00
210-211	33.24	4.08	0.00	0.00	23.91	0.00	2.62	10.50	1.46	1.46	11.95	0.00	0.87	3.79	5.25	0.58	0.29	100.00
220-221	34.19	0.00	0.00	0.00	20.32	0.65	7.42	14.84	0.00	0.00	10.65	0.65	0.00	2.90	8.06	0.32	0.00	100.00
230-231	40.79	1.21	0.00	2.72	13.60	0.00	2.42	20.24	0.00	1.51	6.34	0.30	0.30	3.93	6.04	0.60	0.00	100.00
%promedio	30.48	1.32	0.21	1.13	31.24	0.30	2.71	9.75	0.57	0.40	8.96	0.77	0.65	3.68	6.38	0.82	0.65	100.00

Tabla 9. Abundancia relativa de foraminíferos plactónicos del núcleo TEHUA I8

- **ANÁLISIS DE FACTORES NUCLEO TEHUA II 18**

Para el análisis de factores se utilizaron los valores de porcentaje de 17 especies de foraminíferos planctónicos, presentes en 24 muestras, y se creó la matriz de datos 17 especies (casos) x 24 muestras (variables). A partir de ésta se calcularon los factor loadings y los factor scores.

El análisis de factores sugirió la presencia de 2 factores principales a lo largo del núcleo que explican el 96.07% de la varianza total de los datos. Los factores adicionales, no fueron considerados ya que aportan una información muy pequeña (Tabla 10).

El Factor 1 explica el 86.52% de la varianza total. Los Factor loadings indican que hay una mayor presencia de este factor desde el final del núcleo 231cm hasta los 130 cm y en algunas muestras ocasionales entre los 110 cm a 10cm (tabla 11 factor loading). Los factor scores indican que las especies importantes para definir al factor 1 son *G. bulloides*(3.40) y *G. ruber* (1.14).

El Factor 2 explica el 9.55% de la varianza total. Los factor loadings indican que este factor, se encuentra a partir de los 120cm a la superficie, intercalándose con el factor 1 desde este intervalo en adelante, como se muestra en la gráfica 11. Los factor scores indican que la especie importante para definir a este factor es *G. glutinata* (3.83), (Tabla 12 , Gráfica 12)

Factor	Eigenvalor	% total de varianza	Eigenvalor acumulativo	Varianza acumulativa
1	21.63142	86.52567	21.63142	86.52567
2	2.38777	9.55110	24.01919	96.07677

Tabla 10. Factores obtenidos del núcleo TEHUA II 18

Factor Loadings

Muestra	Factor 1	Factor 2
0-1	0.26066	0.96070
10-10.5	0.46522	0.88257
20-21	0.80619	0.56940
30-31	0.41329	0.90428
40-41	0.69518	0.43095
50-51	0.26142	0.95763
60-61	0.34361	0.93759
70-71	0.59296	0.73948
80-81	0.82875	0.47362
90-91	0.77766	0.61669
100-101	0.39216	0.91816
110-111	0.72847	0.67883
120-121	0.48469	0.86785
130-131	0.77585	0.61101
140-141	0.76876	0.61869
150-151	0.73666	0.64742
160-161	0.94180	0.30792
170-171	0.82316	0.48245
180-181	0.94828	0.25433
190-191	0.96212	0.25767
200-201	0.74209	0.66139
210-211	0.83683	0.53741
220-221	0.89237	0.42893
230-231	0.95386	0.22665

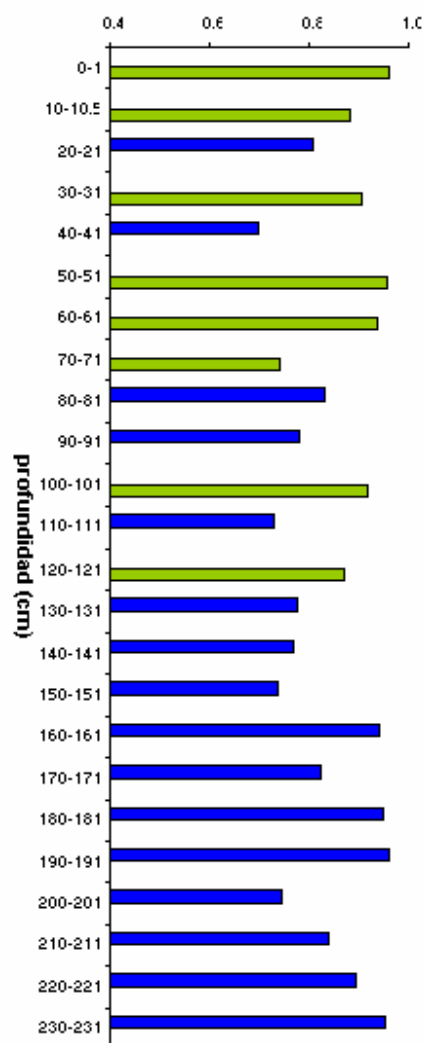


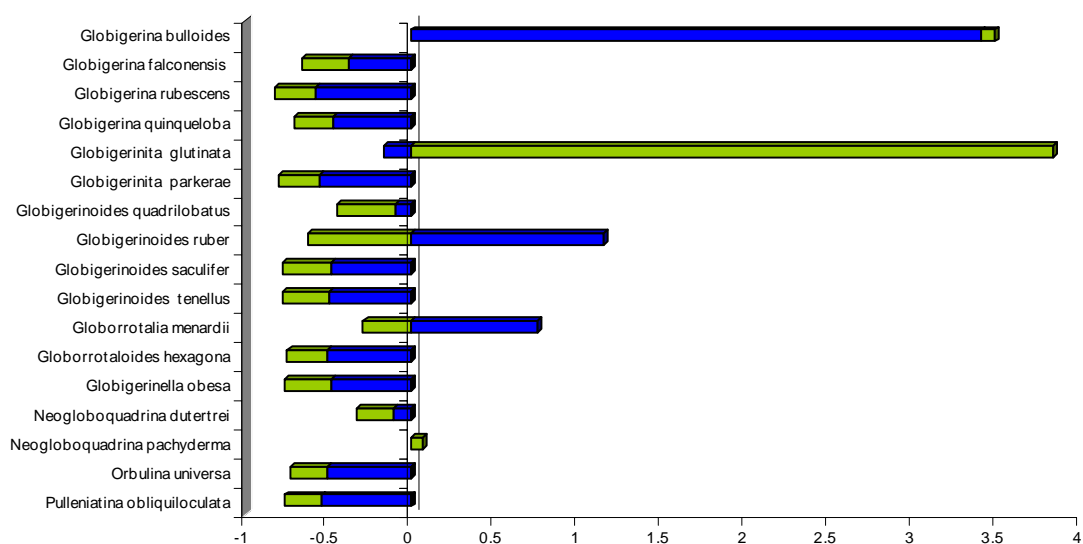
Tabla 11. Análisis de factores núcleo TEHUA II 18

Gráfica 11. Análisis de factores núcleo TEHUA II 18

Factor scores

Especies	Factor 1	Factor 2
Globigerina bulloides	3.406405	0.079046
Globigerina falconensis	-0.377430	-0.269009
Globigerina rubescens	-0.568377	-0.250930
Globigerina quinqueloba	-0.467693	-0.226765
Globigerinita glutinata	-0.167919	3.836228
Globigerinita parkerae	-0.545540	-0.248936
Globigerinoides quadrilobatus	-0.092637	-0.354044
Globigerinoides ruber	1.149471	-0.613352
Globigerinoides saculifer	-0.476866	-0.287558
Globigerinoides tenellus	-0.484124	-0.280802
Globorrotalia menardii	0.752639	-0.285425
Globorrotaloides hexagona	-0.500074	-0.238894
Globigerinella obesa	-0.472336	-0.281620
Neogloboquadrina dutertrei	-0.107077	-0.214783
Neogloboquadrina pachyderma	-0.006350	0.074442
Orbulina universa	-0.504036	-0.222747
Pulleniatina obliquiloculata	-0.538057	-0.214850

Tabla 12. Resultados del análisis de factores : Factor scores (cargas del factor)



Gráfica 12. Resultados del análisis de factores : Factor scores (cargas del factor)

DISCUSIÓN

NÚCLEO TEHUA II 18

Los resultados del análisis de factores revelaron la presencia de especies indicadoras de sistemas de surgencia durante toda la secuencia estratigráfica.

El factor 1 es caracterizado por la especie *G. bulloides*, esta especie como ya se comentó es común en los sistemas de surgencia del Pacífico, en aguas con alta productividad biológica (Thiede, 1983; Watkins, *et al.*, 1998). En los sedimentos superficiales del Golfo de Tehuantepec, se le ha encontrado como dominante en la mayor parte del golfo, excepto en la zona central del eje de los Tehuacos y en las zonas influenciadas por las corrientes tropicales. La otra especie característica de este factor es *G. ruber*, especie que ha sido reportada como marcadora de condiciones superficiales oligotróficas que se desarrollan hacia el final de una surgencia.

Estas dos especies en conjunto estarían representando el desarrollo de la surgencia, desde sus inicios, donde se presenta un aumento de nutrientes que desencadena el florecimiento de productores primarios, posteriormente de secundarios y hasta su término, con la subsecuente oligotrofia de las aguas.

El factor 2 identificó a la asociación de *G. glutinata*, que como se comentó anteriormente es una especie también reportada en ambientes tropicales de surgencia (Thiede, 1983; Watkins *et al.*, 1998), asociada a aguas altamente productivas y mezcladas durante los florecimientos de primavera, altas concentraciones de nutrientes y con máxima abundancia cuando la capa de agua está mayormente mezclada. Esta especie se alimenta directamente de diatomeas y es una de las primeras especies oportunistas en aparecer después de un florecimiento de fitoplancton (Schiebel y Hemleben, 2000; Schiebel *et al.*, 2001). En el Golfo de Tehuantepec se localiza en la parte central del golfo, en la zona del eje de los Tehuacos y las surgencias y en la periferia del giro ciclónico, al este del eje del viento. Los intervalos dominados por la presencia de esta especie, podrían estar representando condiciones de mayor turbulencia causadas por la surgencia (Machain Castillo *et al.*, 2008).

CONCLUSIÓN

NÚCLEO TEHUA II 18

El resultado obtenido en el núcleo de sedimento TEHUA 18 identifica la presencia de dos asociaciones faunísticas una caracterizada por *G. bulloides*- *G. ruber*, y la otra por *G. glutinata*.

Estas 3 especies indican la presencia de masas de agua fría, alta productividad, y una columna de agua mezclada, condiciones similares a las que se presentan actualmente en el golfo durante un evento de surgencia, por lo que las condiciones oceanográficas promedio observadas en el núcleo reflejan la surgencia en el Golfo de Tehuantepec.

La variación en la dominancia de estas asociaciones de foraminíferos en la secuencia sedimentaria podría estar indicando diversos grados de intensidad en las surgencias a través del tiempo.

En este núcleo solo se registran las condiciones promedio de la surgencia, ya que solo alcanza los 4791 años. La alta tasa de sedimentación registrada en este núcleo (0.48mm/año), se debe a que se encuentra influenciada por la surgencia, la cual promueve la fertilización y productividad en la zona, así como por la mayor incursión de terrígenos a la región ya que esta localizada cerca de la costa, lo que ocasiona que se deposite mayor cantidad de sedimento.

Por lo tanto en este núcleo solo se aprecian condiciones de surgencia durante los últimos 4791 años y no se muestra un cambio de asociaciones como en los otros núcleos que estén representando condiciones oceanográficas diferentes, como las registradas durante el UMG.

CONCLUSIÓN GENERAL

Las asociaciones de foraminíferos planctónicos encontradas en los núcleos estudiados, reflejan la dinámica oceanográfica en el Golfo de Tehuantepec indicando condiciones de no surgencia durante el UMG, representadas por las asociaciones de *N. dutertrei* y *G. menardii*, especies ligadas a la termoclina, y a una columna de agua estratificada; y condiciones de surgencia durante la deglaciación y el Holoceno, dominadas por la asociación de *G. glutinada* especie ligada a una intensa mezcla ocasionada por la surgencia eólica y *G. bulloides*, especie ligadas a una alta productividad superficial producto de la surgencia .

Este estudio logra aportar y extender la información sobre la dinámica oceanográfica del Golfo de Tehuantepec, durante el UMG ya que se estudio el registro sedimentario de la zona oriente del golfo, sugiriendo que los cambios atmosféricos-oceanográficos, durante este período afectaron a todo el Golfo de Tehuantepec, dejando un registro imperante en los sedimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano Torres E.(2001). Reconstrucción paleoceanográfica del Cuaternario Tardío del Golfo de Tehuantepec a través de su registro micropaleontológico. Tesis Licenciatura Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.60 p.
- Arellano Torres E.(2003).Variación en el patrón de circulación superficial del Golfo de Tehuantepec determinado por el registro sedimentario de foraminíferos planctónicos durante el Cuaternario Tardío. Tesis de Maestría (Geología). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 68p.
- Andreasen, D. J. y A. C. Ravelo (1997). Tropical Pasific Ocean thermocline depth reconstruction for the Last Glacial Maximum. *Paleoceanography*, vol. 12, no. 3, pp.395-413.
- Bé, A. W. H. (1977). An ecological, zoogeographic and taxonomic review of recent planktonic foraminifera. Ramsay, A.T.S.(ed), re-impression de *Ocean Micropaleontology*. Academic Press, London. Vol 1 , cap 1, pp:1-100
- Boersman, A.(1998). Calcareous microfossils. En *Introduction to marine micropaleontology*. Haq, B. U. and A. Boersman (eds). Elsevier. New Yorkpp. 19-68
- Brown, J., E.D. Barton, A. Transviña, H. S. Velez M., P.M. Kosro y R.L. Smith. (1992). Estimations of surface winds from upward looking Acoustic Doppler Current Profilers. *J. Geophys.* 97, pp:17927-17930
- Boltovskoy, E. (1965). Los foraminíferos recientes. *Biología, métodos de estudio, aplicación oceanográfica*. Edit.Eudeba. Buenos Aires. 510p.
- Boumaggard, E. H.,J. Gayet, C. Bobier, M. L. Machain C., y E. Aguayo C. (1998). Distribution des sédiments sur la marge du Golfe of Tehuantepec(Pasific Oriental).Exemple d interaction tectonique eustatisme. *Oceanol.Acta.* 21(1) : 21 - 31.

- Brasier, M. D., 1995. Fossil indicators of nutrient levels. 1 : Eutrophication and climatic change. In: Bosence, D. W. J., Allison, P.(eds). Marine paleoenvironmental analysis from fossil. Geological Society Special Publication, vol. 83, pp. 113-132
- Carranza, E. A., L. Rosales H., E. Ruíz Ramírez y S. Santiago P. (1989). Investigations of phosphorite deposits in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. Marine Mining, 8, pp: 317-323
- Carranza, E. A., Morales de la Garza y L. Rosales (1998). Tectónica, sedimentología y geoquímica. En Tapia, G. M. El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México. Cap. 1: 1-2
- Clarke, A. J. (1988). Inertial winds path and sea surface temperatura patterns near the Gulf of Tehuantepec and Gulf of Papagayo. Journal of Geophysical Research. 93(C12):pp.15491-15501
- COHMAP.1988. Climatic changes of the last 1800 yars: observations and model simulations. Science, vol 241, pp. 1043-1052
- Contreras-Rosales L. A.(2005).Efecto de la disolución en el registro sedimentario de foraminíferos planctónicos del Golfo de Tehuantepec, Pasífico Tropical Mexicano. Informe Final de Servicio Social. Biología. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 74 pag
- Curry, W. B., Thunell, R. C., Honjo, S., 1983. Seasonal changes in the isotopic composition of planktonic foraminifera collected in Panama Basin sediment traps. Earth and Planetary Science Letters 64(1), 33-43
- Folk, R. L.(1969). Petrología de las rocas sedimentarias. Trad. por Schlaepfer C y Schmitter R. M. Instituto de Geología, UNAM. pp 450
- Gallegos, G. A. y J. Barberán (1998). Surgencia eólica. Cap. 3: 27-34. En el Golfo de Tehuantepec : el ecosistema y sus recursos. Tapia G. M. (ed) . Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa, México 1998. 240 pag
- Hielbrecht, H.(1996). Extant planktonic foraminifera and the physical environment in the Atlantic and Indian oceans. En <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/geology.html>. Swiss Federal Institute of Technology. Zurich Switzerland.
- Hemleben, Ch., M. Spindler y O. R. Anderson. (1989) Modern planktonic foraminifera. Springer- Verlag, New York Inc. pp 363

- Hielbrecht, H. (1997). Morphologic gradation and ecology in *N. pachydema* and *N. dutertrei* (planktonic foraminifer) from core top sediments. Marine Micropaleontology. 31, pp: 31-43
- Hurd, W. E.(1929). Northers of the Gulf of Tehuantepec. Mon Weather Rev., 57 vol 5 pp: 192-194
- Imbrie, J. y N. G. Kipp (1971). A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology : Aplicacion to a Late Pleistocene caribian core. En Turekian, K. K. (ed) . The Late Cenozoic Glacial Ages. Yale Univ. Press, New Haven, C. T. pp 71-181
- Kennett, J. P. (1982). Marine Geology. Prentice Hall, Englewood Cliffs. 830 pag.
- Kennett, J. P. y M. S. Srinivasan. (1983). Neogene Planktonic Foraminifera. Hutchingson Ross Publishing Company. New York 260 pag.
- Lavin, M., Robles, M. Argote, E. Barton, R. Smith, J. Brown, M. Kosro, A. Transviña, H. Vélez y J. Garcia. (1992). Physics of the Gulf of Tehuantepec. En Ciencia y Desarrollo. México. 17 (103): pp. 95-108.
- McCreary, J., H. Lee y D. Enfield. (1989). The response of the coastal ocean to strong offshore winds; whit application to circulation in the gulfs of Tehuantepec and Papagayo en Journal of Marine Research. 47 (1), pp: 81-109
- Machain- Castillo, M. L., M.A. Monreal Gómez, E. Arellano-Torres, M. Merino-Ibarra y G. González Chávez. (2008). Recent planktonic foraminiferal distribution patterns and their relation to hydrographic conditions of the Gulf of Tehuantepec, Mexican Pacific. Marine Micropaleontology, 66(2),pp: 103-119
- Machain Castillo et al, 2003. AGU- 2003. Late Quaternary History of the Tropical Pasific: The Gulf of Tehuntepec Foraminiferal record
- Molina, E. (2002). Micropaleontología. Prensa Universitaria Zaragoza. México. 634pag.
- Molina-Cruz. A y M. Martínez López. (1994). Oceanography of the Gulf of Tehuantepec Mexico, indicated by radiolarian remains. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. Vol,111, pp:179-195

- Monreal-Gómez. M. A., y D. A. Salas de León. (1998). Dinámica y estructura termohalina. En : El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos. Tapia, G. M.(ed). Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa, México 1998. 240 pag
- Morales de la Garza, E. A.(1990).Estudios de sedimentos fosfatados en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Maestría. Geología Marina . UACP y P- CCH, Mexico
- Murray J. W. (1995). Microfossil indicators of ocean water masses, circulation and climate. En Marine paleoenvironmental Analisis from fossils. Bosence, D. W. J. y P Allison(eds).Geological Society Spetial Publication,vol 83. pp:245-264
- Pérez Cruz. L. L. (1989). Foraminíferos bentónicos como indicadores de la zona de oxígeno mínimo en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Maestría (Ocean Biol. Y Pesq.)UACP y P- CCH. 159 PAG
- Pérez Cruz. L. L. y M. L. Machain Castillo.(1990). Benthic foraminifera of the oxygen Minimum Zone, Continental Shelf of the Gulf of Thuantepec, Mexico. Journal of Foraminifera Research. 20(4), pp:312-325
- Romero Centero R., J. Zavala Hidalgo, A. Gallegos y G. B. Raga. (2007). Mid-summer gap winds and low level circulation over the eastern tropical Pacific. Journal of Climate, 20(15), pp: 3768-3784
- Sautter, L. R. y Sancetta.(1992). Seasonal associations of phytoplankton and planktonic foraminiferal in an upwelling region and their contribution to the sea floor. Marine Micropaleontology. 18, pp:263-268
- Sauttter, L.R. y R. C. Tunell (1989). Seasonal succession of planktonic foraminifera : results from a four year time series sediment tramp experiment in the northeast Pasific. Journal of Foraminiferal Research,19 (4) pp: 253-267
- Schiebel, R. y C. Hemleben. (2000). Interannual vatiability of planktic foraminiferal populations and test flux in the eastern Noth Atlantic Ocean (JGOFS). Deep- Sea Research II, vol. 47, pp: 1809-1852
- Schiebel, R., J. Waniek, M. Bork y C. Hemleben. (2001). Planktic foraminiferal production simulated by chlorophyll redistribution and entrainment of nutrients. Deep- Sea Research I, vol.48, pp:721-740
- Secretaria de Marina. (1980). Estudio oceanográfico del Golfo de Tehuantepec . Inv. Ocean/Thua-04-78. Dirección General de Oceanografía. México. Tomo I-III.

- Thiede, J. (1983). Skeletal plankton and nekton in upwelling water masses off northwestern South America and Northwest Africa. En Suess, E y Thiede (eds). Coastal upwelling its sedimentary record. Part A: Responses of the sedimentary regime to present coastal upwelling. Plenum Press, Nueva York. pp:183-207
- Thunell, C.R. y L . A . Reynolds. (1984). Sedimentation of planktonic foraminifera: seasonal change in species flux in Panama Basin. Micropaleontology . 30 (3), pp: 243-264
- Trasviña, A. y E. D. Barton. Los ´Nortes´ del Golfo de Tehuantepec: la circulación costera inducida por el viento. En Contribución a la Oceanografía Física en México. M. F. Lavin (ed). Monografía 3. Union Geofisica Mexicana. pp : 24-46
- Ufkes, E., J. H. Fred Jansed. y G. J. A. Brummer. (1998). Living planktonic foraminifera in the eastern South Atlantic during spring: indicators of water masses, upwelling and the Congo (Zaire) River plume. Marine Micropaleontology. 33. pp: 27-57
- Vincent, E. y W. H. Berger. (1981). Planktonic foraminifera and their uses in paleoceanography, En Emiliani, C. (edit). The Sea: The Oceanic Lithosphere. Wiley-Inter science Publication, USA. Vol 7, cap,25, pp:1025-1120
- Watkins, J. M., A. C. Mix y J. Wilson. (1998). Living planktonic foraminifera in the central tropical Pacific Ocean: articulating the equatorial ´cold tongue´ during La Niña, 1992. Marine Micropaleontology .33, pp: 157-174