

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**“ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA PRODUCTIVIDAD
PRIMARIA DEL GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL HOLOCENO,
MEDIANTE ÓPALO BIOGÉNICO EN SEDIMENTOS”**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE OCEANÓLOGA



Presenta:

KARLA GABRIELA MEJÍA PIÑA

Ensenada, Baja California, 4 de Agosto del 2009.

*“A veces sentimos que lo que hacemos es tan sólo una gota en el mar,
pero el mar sería menos inmenso si le faltara una gota...”*

A DIOS... por ponerte en mi camino.

AGRADECIMIENTOS.

A mi director de tesis, el Dr. Oscar E. González Yajimovich, por todo su tiempo y dedicación en la elaboración de esta tesis, sus consejos, su apoyo y sobre todo su amistad, muchas gracias profesor.

A mis sinodales Dr. Miguel Agustín Téllez Duarte y Dr. Luis Walter Daesslé Heuser por sus consejos, comentarios y apoyo incondicional en la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Rafael Hernández Walls, por su ayuda con la elaboración del análisis espectral del registro sedimentario, su ayuda y enseñanzas fueron una herramienta importante para este trabajo.

A todas aquellas personas que han estado conmigo durante estos años, amigos, maestros, pero sobre todo a mi familia por su apoyo incondicional, los amo.

RESUMEN.

Aproximadamente tres cuartas partes de la población mundial habita en una región tropical, por lo que sus cambios climáticos tienen un impacto social considerable. Los registros climáticos, se consideran una herramienta esencial para modelar la sensibilidad de los trópicos a los cambios del futuro, desafortunadamente los registros instrumentales son limitados, por lo cual se requiere buscar alternativas; los depósitos sedimentarios nos proveen de una de estas.

El Golfo de California proporciona una excelente localidad para estudiar la variabilidad oceanográfica y climática subtropical gracias a que sus condiciones físicas potencian una alta productividad primaria, en sus márgenes se encuentran cuencas ideales para la acumulación de sedimento y presenta regiones donde la zona de mínimo oxígeno intercepta a los depósitos propiciando una excelente preservación.

Con el propósito de valorar la variación en la productividad primaria a través del Holoceno, se llevó a cabo el análisis del contenido de ópalo biogénico en dos núcleos tipo múltiple y de gravedad. Los núcleos fueron obtenidos sobre la pendiente Este de la cuenca Pescadero, localizada en la región Sur del Golfo de California durante el crucero CALMEX-NH01 a bordo del B/O New Horizon. La serie de datos obtenida fue fechada mediante correlación y abarca de 6,644 años. La serie de ópalo fue sometida a un análisis Wavelet para identificar ciclos en la productividad primaria y así poder discernir sobre el mecanismo mediante el cual ocurre la variabilidad.

Los valores obtenidos en el análisis del ópalo biogénico, presentan un mínimo de 7.43% y un máximo de 15.14%, con un promedio de 11.41%. El análisis espectral del registro de la Tasa de Acumulación de Masa de ópalo biogénico arrojó ciclos con periodicidades de 145, 188, 300, 1060, 1160, 6566 y 13133 años. Se infiere que la variabilidad responde principalmente a variaciones en la insolación.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	3
HIPÓTESIS.....	6
OBJETIVOS.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos particulares:.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	7
Formación del Golfo de California.....	8
Oceanografía y Climatología.....	9
METODOLOGÍA.....	12
Colecta y pretratamiento de los núcleos.....	12
Fechado.....	12
Perfil de densidad.....	14
Tasas de acumulación de masa.....	15
Extracción de ópalo biogénico.....	16
Análisis Espectral.....	17
RESULTADOS.....	18
Fechado.....	18
Perfil de densidad (GRAPE).....	19
Tasa de Acumulación de Masa Total.....	21
Contenido de ópalo biogénico.....	23
Análisis Espectral.....	25
DISCUSIONES.....	28
CONCLUSIONES.....	31
REFERENCIAS.....	32
APÉNDICES.....	34

INTRODUCCIÓN.

Aproximadamente tres cuartas partes de la población mundial habita la región tropical, por lo que los cambios climáticos en esta zona, tienen un impacto social considerable (Gasse, 2002). Para poder entender los alcances de la variabilidad tropical, e incluso la global, es necesario contar con registros lo suficientemente largos, de modo que se puedan identificar patrones, ritmos o ciclos. Los registros instrumentales de bases de datos globales son relativamente cortos y por ello los registros paleoclimáticos se consideran una herramienta esencial para modelar la sensibilidad de los trópicos a los cambios climáticos del futuro (Gasse, 2002).

Los principales componentes biogénicos son la calcita y el ópalo, productos de la producción biológica en las aguas superficiales, siendo el ópalo biogénico el componente más importante en regiones con alta productividad primaria. En estas regiones, el ópalo puede ser un excelente indicador de condiciones paleoceanográficas y paleoclimáticas. (González-Yajimovich, 2004).

Los lugares óptimos para conservar un registro de la variabilidad climática y/o biológica en sedimentos recientes son aquellos en los que existe una alta productividad biológica superficial, una topografía que favorezca la acumulación de sedimentos, un bajo contenido de oxígeno que limite las poblaciones de organismos bénticos bioturbadores, un aporte importante de terrígenos, y en el fondo condiciones de saturación de los constituyentes químicos más importantes de las partículas biogénicas superficiales. Estas condiciones se encuentran en algunas cuencas subóxicas, donde se acumulan sedimentos laminados (Anderson, 1996; Sancetta, 1996; Lange et al., 1996).

El Golfo de California provee una excelente localidad para estudiar la variabilidad oceanográfica y climática subtropical ya que es una región cuyas condiciones físicas potencian una alta productividad primaria (Álvarez-Borrego, 1983), en sus márgenes se encuentran cuencas de origen transtensional ideales para la acumulación de sedimento (Douglas et al., 2007) y presenta una zona de mínimo

oxígeno que intercepta a los depósitos propiciando una excelente preservación (Calvert, 1966).

Los patrones de circulación estacional e interanual del Pacífico Nortropical están definidos por el sistema de corrientes ecuatoriales (Corriente Norecuatorial), dominante durante el verano-otoño y durante eventos El Niño; y el giro anticiclónico del Pacífico Norte cuyo borde oriental es la Corriente de California, dominante en el invierno-primavera e intensificado durante eventos de La Niña (Baumgarther y Christensen, 1985). La oceanografía del Golfo responde directamente a la interacción entre estos dos sistemas y a la influencia de los vientos, que son de tipo monzónico y soplan desde el NO en invierno-primavera y desde el SE en verano-otoño (Badan-Dangon, 1989).

El modelo de acumulación propuesto por Broecker y Peng (1981), postula que a un mayor flujo de ópalo se produce una mayor acumulación del mismo, e inversamente, a menor flujo de ópalo hay una mayor disolución y la acumulación disminuye. De forma que el contenido de ópalo en el sedimento aumenta el contraste entre alta y baja productividad. Aunque muy poco del ópalo producido en superficie se incorpora en el sedimento, una fracción es preservada conservando un registro de lo que ocurre en el océano superficial. Así en principio, es posible reconstruir la variabilidad en la productividad y los procesos físicos que la modifican. Sin embargo, es necesario considerar que la distribución y la abundancia de sedimentos biogénicos en el fondo del mar está modificada por otros factores además de la productividad, como la cantidad de sedimentos terrígenos aportados, la profundidad, el estado químico de las aguas oceánicas y la actividad del bentos (Berger y Herguera, 1994).

ANTECEDENTES.

Bray (1988), publicó un modelo de circulación del Golfo de California de cuatro capas y concluye que el forzamiento atmosférico del Golfo está fuertemente influenciado por las masas terrestres áridas y montañosas de los alrededores. Los vientos cambian de dirección estacionalmente, soplando desde el SE en verano y desde el NO en invierno. Este mismo patrón estacional aparece en los transportes cercanos a la superficie, que generalmente se dan de forma paralela en el Golfo.

Marinone y Ripa (1988) presentan la variación estacional de la circulación geostrófica a través de una sección de la cuenca de Guaymas y concluyen que existe una tendencia a que la circulación geostrófica superficial sea anticiclónica en invierno y ciclónica en verano.

Torres Orozco, 1993, en su análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California, menciona que la circulación geostrófica para los meses de invierno es predominante hacia el suroeste, coincidiendo con vientos de dirección NO, paralelos a la costa Este del Golfo.

Álvarez Sánchez (1998) haciendo un análisis geostrófico con un nivel de referencia de 500 db, encontró que el agua entra al Golfo de California por la parte central y Oeste y sale por la costa Este. También reporta para la primavera (marzo) la presencia de un giro anticiclónico estacional de meso escala que invierte su sentido en la época de otoño.

Pegau et al., 2002, utilizando imágenes de satélite (Sea WIFS) han mostrado la presencia de una serie de remolinos con un sentido de alternancia en su rotación en la región sur del Golfo. Mencionan que el mecanismo de generación es desconocido, pero sigue la posibilidad de inestabilidades baroclínicas a lo largo de la costa producidas por interacciones entre ondas atrapadas y corrientes forzadas por vientos locales arriba de los 200 metros de profundidad en promedio, tiene las aguas más cálidas y de menor salinidad cerca de la plataforma de Sinaloa, y las aguas relativamente más frías y salinas al Oeste. En invierno y parte de la primavera

observaron la mayor presencia de núcleos o capas tanto de las aguas del Golfo, como Aguas de la Corriente de California y de Aguas tropicales, ya sea en superficie o subsuperficialmente, aunque las aguas del Pacífico incidieron en el centro y en el Este.

Van Andel (1964), en su trabajo sobre la fuente y patrón de distribución de sedimentos dentro del Golfo de California mediante el análisis del contenido de minerales pesados, determinó para la parte central y las regiones meridionales un contenido mineralógico de hornblenda-epidota-piroxeno, debido a las descargas sedimentarias de los arroyos adyacentes a la región del Golfo, distribuyéndose a partir de los márgenes de las cuencas, directamente hacia el mar con cada una de las fuentes de los ríos existentes. Es así como el lado Este, ha desarrollado amplios márgenes a causa de los grandes afluentes que contribuyen sedimento, en contraste con el margen Oeste, donde los sedimentos son dominados por presencia de calcarenitas y una baja cantidad de terrígenos. Las cuencas sedimentarias de la región central, son compuestas principalmente por lodos de diatomeas, mientras que en la región del Sur el sedimento es de tamaño de grano fino y sedimentos terrígenos, donde el ópalo biogénico es aportado principalmente por radiolarios. Donegan y Schrader (1982), caracterizaron los sedimentos del Golfo de California, encontrando que estos están fundamentalmente dominados por la acumulación de ópalo biogénico, por otra parte, Thunell et al., 1994 y Pike y Kemp, (1999), concluyen que el Golfo es un sumidero de sílice donde se acumula entre el 15 y 20% de la producción superficial. Pride et al. (1999), realizaron un estudio de la composición isotópica de nitrógeno en el Golfo de California, incluyendo también el análisis de porcentaje de ópalo biogénico, concluyendo que este era un buen indicador sedimentario de la ocurrencia de afloramientos de diatomeas relacionados con surgencias.

Calvert (1966), menciona que los modelos existentes sobre la formación de varvas en los sedimentos del Golfo, coinciden en que la lámina clara se caracteriza por una mayor proporción de ópalo biogénico, reflejo de la estacionalidad entre la productividad superficial y el aporte de terrígenos.

Douglas et al. (2002) realizaron un análisis de alta resolución en un registro sedimentario de los últimos 7700 años recuperado en la cuenca Alfonso al Sur del

Golfo de California. Proponen que durante entre lo 7.4-3.0 KaAP, el clima era más cálido y húmedo con una menor productividad primaria. Encontraron también que estos sedimentos principalmente terrígenos y ricos en carbonato, muestran ciclos de variabilidad cada 1480 años, 900 años, 350 años, 150 años y 100 años. Dichos ciclos se encuentran relacionados con el clima y la oceanografía. Por ejemplo, sugirieron que los períodos de 150 años y 350 años están relacionados con pulsos de productividad.

González-Yajimovich, 2004, estudió registros paleoclimático para el Holoceno preservados en sedimentos laminados y determinó los procesos oceanográficos y climáticos que controlan la sedimentación en dos cuencas opuestas (Alfonso y Pescadero) mediante el análisis de los componentes biogénicos (carbonato, ópalo y carbón orgánico) y terrígenos. Encontró la existencia de ciclos que sugieren que el actor principal de las variaciones en la productividad en el Golfo se debe a variaciones en la insolación.

Santamaría del Ángel et al. (1994). Mediante datos obtenidos por el Coastal Zone Scanner (CZCS), describe la variación estacional e interanual de la concentración de clorofila a en el Golfo de California, concluyendo que existe una variación estacional muy clara, con los máximos de clorofila en "invierno" y mínimos en "verano" aún en la costa occidental del Golfo. Las clorofilas máximas de "invierno" cerca de la costa de Baja California, con valores hasta $>10 \text{ mg m}^{-3}$, se deben a la circulación en forma de remolinos que acarrea las aguas de surgencia de la costa Este a la Oeste.

Barron et al. (2003) publicó un estudio de alta resolución de los últimos 2000 años de las diatomeas, silicoflagelados y análisis geoquímicos de un núcleo recuperado en la cuenca de Guaymas. Encontró que aproximadamente cada 200 años se alternaban ciclos de enriquecimiento de diatomeas con intervalos caracterizados por enriquecimientos de material terrígeno y carbono orgánico total (TOC), sugiriendo que el forzamiento solar es importante para que se lleve a cabo dicha alternancia. Señaló que el registro del porcentaje de ópalo biogénico es notablemente similar a la curva de producción de radiocarbono, con un aumento de la producción de diatomeas que coinciden con periodos de menor insolación los cuales se presentan a finales de Otoño/Invierno cuando los vientos soplan en el NO del Golfo; finalmente concluyó que

los estudios de alta resolución en registros del Pleistoceno y el Holoceno, usando parámetros geoquímicos, diatomeas y dinoflagelados, revela muchos a cerca de la Paleoceanografía y Paleoclimatología de la región central del Golfo de California.

HIPÓTESIS.

Gracias a que las cuencas sedimentarias de la región central del Golfo de California, están compuestas por diatomeas (Van Andel, 1964), podemos suponer que el ópalo de origen biogénico que proviene de las tecas de estos, es depositado y conservado en el fondo, funcionando como un registro sedimentario que nos ayude a interpretar los procesos oceanográficos que se dan en la superficie.

Con la ayuda de los registros obtenidos en el análisis de los sedimentos laminados, se podrá identificar una disminución neta de la productividad del pasado a la actualidad además de ciclos de escala centenaria a milenaria dentro de esta tendencia como una respuesta a algún forzamiento tal como las variaciones solares principalmente y que están estrechamente relacionados con el clima y la oceanografía de la región.

OBJETIVOS.

Objetivo general.

Valorar la variación de la productividad primaria a través del Holoceno, mediante el análisis de ópalo biogénico, en núcleos obtenidos sobre la pendiente Este de la cuenca Pescadero localizada en la región central del Golfo de California, considerado como una de las regiones de más alta productividad en el planeta.

Objetivos particulares:

1. Identificar la existencia de ciclos en la productividad primaria.
2. Identificar el mecanismo mediante el cual ocurren dichas variaciones.

ÁREA DE ESTUDIO.

El Golfo de California se localiza en la costa Oeste de México, entre la península de Baja California y los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit Jalisco. Tiene una extensión promedio de 1100 Km. de longitud y 150 Km. de ancho aproximadamente, constituye una gran cuenca de evaporación que gana calor a través de la superficie (Roden, 1964; Lavín y Organista, 1988; Paden, 1990), dicho flujo de calor presenta una importante modulación estacional (Ripa y Marinone, 1989).

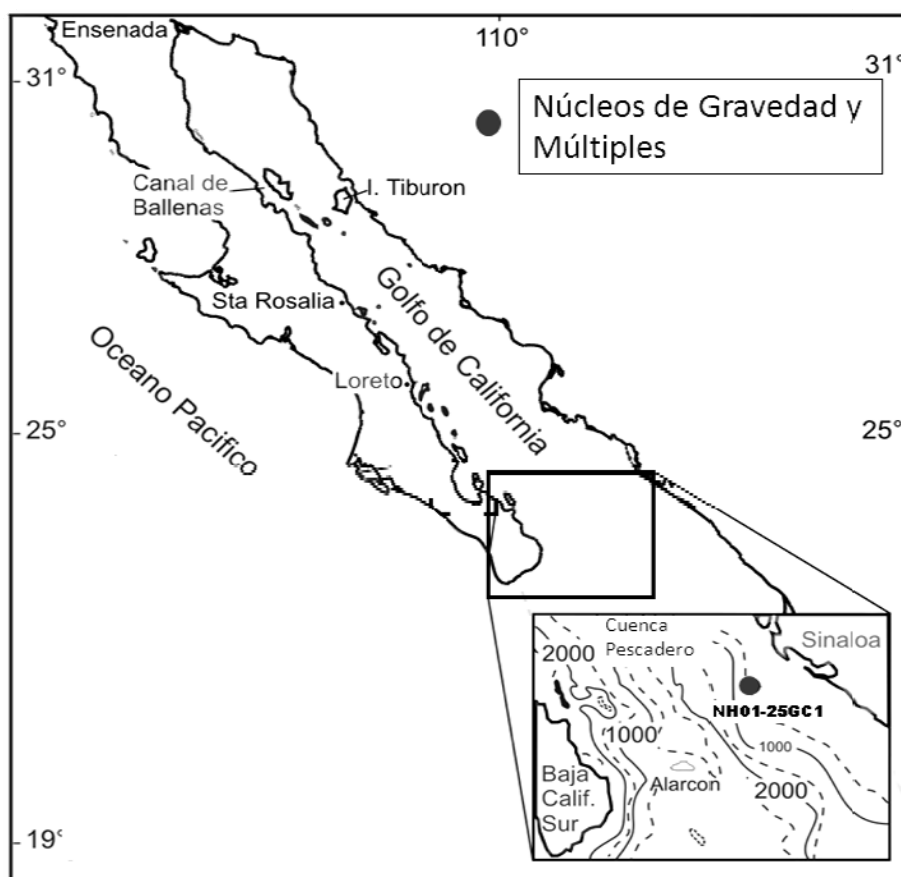


Figura. 1: Área de estudio., donde se muestra la localización de los núcleo utilizados en este trabajo.

Según su batimetría se encuentra dividido en dos regiones (Norte y Sur), separadas por el umbral Sur de la cuenca Salsipuedes o Canal de Ballenas con una profundidad de 450 metros aproximadamente y la cadena de islas formadas por

Tiburón, San Esteban, Ángel de la Guarda y San Lorenzo. La región Norte, presenta una profundidad menor a 200 metros, en cambio, la región Sur se encuentra en comunicación directa con el Océano Pacífico y su profundidad es mayor a los 2000 metros. (Ripa *et. al.*, 2003).

La cuenca Pescadero, se encuentra localizada en la parte central de la región sur del Golfo, centrada a los 24° 15' Norte y 109° 00' Oeste. Presenta una profundidad máxima de más de 2,500 metros, con forma alargada de 200 km. de ancho, estas características de posición y forma le permiten tener un libre intercambio entre las aguas de Pacífico y del Golfo, por lo tanto, se registran variaciones estacionales y las condiciones climáticas de escala mayor del Pacífico Subtropical (González-Yajimovich, 2004).

Gracias a que se encuentra ubicado cerca de la bifurcación de la Corriente del Golfo de California y el Océano Pacífico, la zona de estudio funciona como un registro sedimentario del monzón que es impulsado por variaciones estacionales en el Golfo (Douglas, *et al* 2002).

Formación del Golfo de California.

Los ambientes tectónicos y los eventos de deformación regional juegan un papel importante en el origen y evolución de las cuencas sedimentarias, y en la composición de su registro sedimentario. La tectónica del borde continental de California y Baja California es el resultado de una interacción entre el continente de Norte América y la elevación del Pacífico Este.

El Proto-Golfo de California se inició durante la extensión del Mioceno medio aproximadamente de 14 a 12 Ma, sobre una angosta y alargada margen continental paralela a la pre-existente, desprendiéndose Baja California como un bloque individual y rígido. Esta primera fase de extensión corresponde a la prolongación hacia el Sur del sistema de cuencas y cordilleras o Basin and Range (Henry, 1989 en Rendón-Márquez, 1992). Stock y Hodges (1989), atribuyen este proceso a una fase de extensión oblicua producida por el desarrollo de la frontera entre las placas del Pacífico y Norteamérica. La segunda fase corresponde al desarrollo del rift oceánico en la parte central del Golfo

de California durante el Plioceno (Curry y Moore, 1984 en Rendón-Márquez, 1992). Este sistema de fallas transformes y centros de dispersión es considerado la actual frontera entre la placa de Norteamérica y la placa del Pacífico (Lonsdale, 1989).

La formación de las cuencas sedimentarias, se da en zonas de extensión donde ocurren fuerzas de tensión que mueven la corteza separándola y produciendo fallas normales. Esta separación produce típicamente medios grabens cuando bloques de corteza se extienden y deslizan. De esta forma el medio graben ocupa una mayor superficie que la corteza horizontal original y la zona se va adelgazando y formando una depresión (Turcotte y Schubert, 2002 en Aguirre-Bielschowsky, 2005).

Oceanografía y Climatología.

Vientos.

Las montañas en la Península de Baja California separan al Golfo de la influencia del Océano Pacífico, gracias a esto, presenta un clima característico de las regiones continentales al Este del mismo.

Debido a que presenta una configuración alargada y estrecha, es afectado por los sistemas de presión que controlan los vientos de la región, los cuales son los responsables de una temporada de inversión en el sentido de los vientos. Durante el invierno, el centro de baja presión se expande y el centro de alta presión del Pacífico Este influye el SO de los Estados Unidos y el NE del Océano Pacífico. Este centro de alta presión, asociado a otro más de baja presión que se encuentra sobre el desierto de Sonora genera fuertes vientos que circulan a lo largo del eje del Golfo en dirección NO-SE. Durante el verano, el centro de baja presión que se encuentra sobre Sonora, se desplaza a la cabeza del Golfo, generando vientos débiles con dirección SE-NO (Badan Dangon et al., 1991).

Bordoni et al. (2004) examinaron los vientos superficiales sobre el Golfo, utilizando datos satelitales. Encontraron, que durante los meses de invierno (Diciembre, Enero y Febrero), vientos del NE con una velocidad promedio de 4.93 m/s dominando todo el Golfo y disminuyendo su intensidad durante los meses de Marzo,

Abril y Mayo, siendo a finales de este último mes cuando los vientos se debilitan aún más y cambian de dirección hacia el continente.

Masas de agua.

Las corrientes marinas son masas de agua en movimiento impulsadas por procesos físicos que funcionan como un mecanismo regulador del clima terrestre, ya que transportan calor, agua y sal entre las diferentes latitudes. Tales corrientes oceánicas suceden a diferentes escalas espaciales y temporales y están asociadas a forzamientos como los atmosféricos, topográficos y planetarios (Panzarini, 1985 en Torres Orozco, 1993).

El Golfo de California, hidrográficamente se encuentra dividido en tres regiones. La región Norte, donde el Agua del Golfo es la predominante, la región de las islas, donde la mezcla por mareas y la topografía son importantes en la determinación de las características de la estructura vertical de la columna de agua y finalmente la región central o Sur, la cual, se encuentra en comunicación directa con el Océano Pacífico y donde se presentan los mayores volúmenes de masas de Agua Intermedia del Pacífico y Agua Profunda del Pacífico, Agua Subsuperficial Tropical así como Agua Superficial Ecuatorial (Torres-Orozco, 1993).

Las aguas presentes en la boca del Mar de Cortés, se encuentran en una zona de transición oceanográfica compleja, donde se presentan al menos seis masas de agua. En la primavera, Agua de la Corriente de California (ACC) se propaga a través de la entrada, mientras que durante el otoño, Agua Superficial Tropical (AST) es introducida por la corriente de Costa Rica (Castro et al., 2000). El agua Subsuperficial Subtropical (ASsT) y el Agua Intermedia del Pacífico (AIP), son producidas, pero sus límites son difíciles de distinguir en los diagramas de temperatura-salinidad pues viajan a la parte central y norte del Golfo y son transformadas gracias a procesos de evaporación en Agua del Golfo de California (AGC), (Torres-Orozco, 1993).

El mismo patrón estacional de los vientos, aparece en los transportes cercanos a la superficie que se dan, en general, de forma paralela en el Golfo. La circulación termohalina consiste de un flujo hacia el Pacífico principalmente entre los 50 y 250

metros y una capa superficial en la que la dirección del transporte cambia con las variaciones estacionales en los vientos a gran escala (Bray 1988).

Zona de Mínima de Oxígeno.

La concentración de oxígeno disuelto en todo el Golfo de California, presenta valores altos cerca de la superficie, disminuyendo rápidamente a valores mínimos por debajo de los 200 metros. A profundidades entre los 400-1100 metros, la concentración de oxígeno es de menor a 0.3 ml/l ó tan baja que su concentración se hace indetectable (Calvert, 1964; Roden, 1964; Álvarez Borrego y Lara-Lara, 1991).

La profundidad de la Zona de Mínimo Oxígeno para el Golfo de California varía de la siguiente manera: al norte de la Isla Tiburón no existe una ZMO; los valores de saturación se encuentran en la superficie, a una profundidad entre los 100-150 metros, los valores de oxígeno se encuentran alrededor de los 2 ml/L y de 1 ml/L cerca del fondo gracias a los procesos de mezcla y un muy fuerte régimen de mareas. Incluso en el Canal de Ballenas (1600 metros de profundidad aproximadamente) presenta aguas muy oxigenadas en la columna de agua, con valores mínimos en el fondo de 1 ml/L. Para la parte central del Golfo, la ZMO se intensifica y se extiende a una mayor profundidad del lado Este que del Oeste del mismo (Calvert, 1964; Roden, 1964). Calvert (1964), atribuyó estas diferencias a las diferencias espaciales en la producción primaria y las tasas de demanda de oxígeno.

METODOLOGÍA.

Colecta y pretratamiento de los núcleos.

Durante el crucero CALMEX-NH 01 (Noviembre-Diciembre del 2001) a bordo del buque oceanográfico "New Horizon" se colectaron núcleos de tipo múltiple y de gravedad (NH01-20, 21 y 22; y NH01- 25, 26 y 27) en el margen Este del Golfo de California buscando que las localidades coincidieran con los límites inferior y superior y con la parte central de la Zona de Mínimo Oxígeno. Los núcleos 26, fueron analizados por González-Yajimovich (2004), en este trabajo se presentan los resultados obtenidos de los núcleos NH01-25.

Los núcleos colectados, fueron radiografiados para analizar las microestructuras sedimentarias presentes y muestreado a intervalos de 1 cm, con la finalidad de que el registros sedimentario obtenido sea de alta resolución.

Una vez submuestreados, el pre-tratamiento de cada submuestra consistió en su liofilización (secado) y posteriormente se maceraron con mortero de ágata, para así poder llevar a cabo el análisis de ópalo biogénico mediante una extracción alcalina y la técnica de reducción colorimétrica con azul de molibdato descrita por Mortlock, 1989.

Para lograr un registro completo, evitando la perturbación de los primeros centímetros en la interface agua-sedimento, es necesario realizar una correlación de dos núcleos obtenidos utilizando nucleadores de tipo múltiple y de gravedad, estos últimos tienen la ventaja de obtener un registro sedimentario mayor que los de tipo múltiple, pero se pierden los primeros centímetros debido al impacto del nucleador con el sedimento. En cambio los de tipo múltiple, proveen un registro sedimentario relativamente corto, pero mantienen los primeros centímetros intactos, lo que puede ser corroborado visualmente debido a que los tubos están contruidos de policarbonato cristalino.

Fechado.

Para lograr una reconstrucción paleoclimática es necesario, fechar el registro, y así identificar eventos y ciclos a través del tiempo. El fechado de los núcleos analizados

en este trabajo, será realizado por correlación de componentes del modelo de edad previamente obtenido de los núcleos NH01-26 (González-Yajimovich, 2004), el cual fue calculado mediante una combinación de un perfil de exceso de ^{210}Pb , radiocarbón (AMS) y conteo de varvas como resultado de un análisis de escala de grises de placas de rayos-X. Dichos núcleos fueron colectados a una distancia de 7.6 Km. de los núcleos NH01-25, durante el mismo crucero oceanográfico.

El radioisótopo ^{210}Pb , es un miembro intermedio de la cadena de decaimiento del ^{238}U y tiene una vida media de 22 años aproximadamente. Por otra parte, el ^{222}Rn , se encuentra suspendido en el aire, en el agua de mar decae a ^{210}Pb , el cual es fácilmente absorbido por las partículas y removido a los sedimentos (Joshi y Ku, 1979, 2004). Si se conoce el exceso en la interface agua-sedimento y el exceso en la profundidad del núcleo dada, puede calcularse la velocidad de sedimentación a esa profundidad. Esto nos permite determinar la cronología para los últimos 100 años de registro (Bernal-Franco, 2001). El análisis del ^{210}Pb , se llevó a cabo en el Laboratorios de la Universidad del Sur de California.

Para los sedimentos más viejos, el fechado se llevo a cabo mediante el método de radiocarbón AMS (Por sus siglas en inglés: *Accelerator Mass Spectrometry*), el cual utiliza el radioisótopo de ^{14}C encontrado en foraminíferos planctónicos y bentónicos.

Para construir el modelo de edades, González-Yajimovich (2004), también utilizó conteo de varvas, basadas en imágenes de rayos-X de las losas de sedimentos, donde las varvas claras corresponden a una menor densidad, asociada generalmente a una mayor proporción de partículas biogénicas; por el lado contrario, las varvas oscuras, presentan mayor densidad y se asocian a una mayor proporción de sedimentos terrígenos.

El método consiste en la obtención de radiografías de las losas obtenidas del núcleo, impresas en positivo y escaneadas en alta resolución. En base a estos escáneres, se obtiene una escala digital en grises en la cual las varvas pueden ser contadas, siendo una medición directa del tiempo transcurrido (González-Yajimovich, 2004).

Perfil de densidad.

GRAPE (por sus siglas en inglés: *Gamma Ray Attenuation Porosity Evaluator*) es un sistema diseñado para determinar la densidad del material básico y estimar la porosidad de los sedimentos, utilizando varios supuestos sobre los minerales y la gravedad específica del peso específico en líquidos. Este parámetro es necesario para la obtención de un registro en términos de tasas de acumulación de masa y así poder expresar el registro corregido por efecto de la compactación. La densidad en seco (DVS), es el peso total de los sólidos incluyendo a los sedimentos y las sales marinas medido después de la evaporación del agua intersticial, dividido por el volumen inicial de la muestra. La densidad en húmedo (DVH), incluye la masa contribuida por los fluidos intersticiales y es estimada por el sistema (Herbert y Mayer, 1991). El cálculo de la densidad y la porosidad de un núcleo es necesaria para conocer la tasa de acumulación de masa.

El sistema utilizado, se encuentra en el depósito de núcleos de la Universidad Estatal de Oregón en Corvallis y consiste en emitir un estrecho haz de rayos gamma, que atraviesa la parte central del núcleo y que son detectados por un colector del lado contrario. La densidad es determinada midiendo el número de fotones gamma que no son atenuados al atravesar el núcleo, debido a que son inversamente proporcionales a la densidad del sedimento. El método es calibrado con un núcleo de aluminio con densidades conocidas. La ecuación para el cálculo de volumen densidad de las mediciones de atenuación de rayos gamma es:

$$DVH = \frac{1}{md} \times \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

Donde:

DVH = Densidad Volumétrica del sedimento húmedo.

m = Coeficiente de atenuación.

d = Espesor de los sedimentos.

IO = Intensidad de la fuente de rayos gamma.

I = Intensidad de la medida de la muestra.

La porosidad entonces es calculada directamente a partir de la densidad del sedimento en húmedo (DVH) tomando en cuenta lo siguiente:

- a) El sedimento se encuentra completamente saturado.
- b) La densidad del componente mineral.
- c) La densidad del fluido.

La porosidad fraccional (PF), se calcula de la siguiente manera:

$$PF = \frac{\sigma m - DVH}{\sigma m - \sigma w}$$

Donde:

PF = Porosidad fraccional.

σm = densidad de de grano de los minerales.

DVH (Densidad Volumétrica en húmedo)= Densidad del sedimento en húmedo.

σw = densidad del fluido.

La densidad volumétrica en seco del sedimento (DVS) es calculada de la siguiente manera:

$$DVS = (1 - PF) * \sigma m + PF * 0.025$$

Donde:

PF * 0.025 = Estimación de la contribución en masa de la sal marina.

Tasas de acumulación de masa.

La tasa de acumulación de masa (TAM), se refiere a la medida del flujo de sedimentos a través de la columna de agua y que es depositada finalmente en el fondo marino en un periodo determinado de tiempo. Esta estimación no se ve afectada por la compactación del sedimento. Dicho parámetro se obtienen de la siguiente manera:

$$TAM = TS \times DVS$$

Donde:

TAM = Tasa de acumulación de masa ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{año}$).

TS = Tasa de sedimentación ($\text{cm}/\text{año}$).

DVS = Densidad volumétrica en seco del sedimento (mg/cm^3).

Extracción de ópalo biogénico.

El análisis de ópalo biogénico se llevo a cabo mediante una extracción alcalina y la técnica de reducción colorimétrica con azul de molibdato descrita por Mortlock y Froelich (1989), modificado de Strickland y Parsons (1969). El método consiste en la eliminación de carbono orgánico mediante la oxidación de las muestras con una solución de H_2O_2 y calcita utilizando HCl 1N. A continuación se agregan 30 mL de agua desionizada y se centrifugan a 5'000 revoluciones por minuto durante cinco minutos desechando el sobrenadante.

Posteriormente, se lleva a cabo la extracción alcalina del ópalo contenido en el sedimento utilizando 40 mL de una solución de hidróxido de sodio (NaOH, 2M). Los tubos son colocados en un baño a temperatura constante de 85°C durante 5 horas, mezclándose vigorosamente a los 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 minutos para re suspender los sólidos. Con el extracto obtenido, se determina el sílice disuelto mediante el método azul-molibdato, midiendo la absorbancia de las muestras a 812 nm con un espectrofotómetro.

La concentración del sílice disuelto en cada una de las muestras es determinado mediante la ecuación:

$$Cs = F \times (As - Ao)$$

Donde:

Cs = Concentración de sílice en la muestra (mM).

F = F-factor (mM/Abs). $F = 1/S$, donde S es la pendiente de la regresión lineal, de los estándares.

As = Absorbancia de la muestra (nm).

Ao = Absorbancia del blanco operacional, solución de NaOH (nm).

El porcentaje en peso del contenido de ópalo en las muestras es calculado de la siguiente manera:

$$\%Si \text{ opalino} = 112.4 \times \frac{Cs}{M}$$

Donde:

Cs = Concentración de sílice en la muestra (mM).

M = Masa de la muestra (mg).

El porcentaje de ópalo de origen biogénico es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ópalo biogénico} = 2.4 \times \%Si \text{ opalino}$$

Finalmente, para calcular la tasa de acumulación de masa de ópalo biogénico se obtiene mediante el producto del porcentaje del contenido de éste por la tasa de acumulación de masa total.

Análisis Espectral.

El análisis espectral del registro obtenido de ópalo biogénico contenido en los sedimentos, se realizó mediante análisis Wavelet implementado en Matlab® 6.5 (Torrence y Compo, 1998). Los resultados obtenidos nos permiten determinar los ciclos centenarios y milenarios que dominan la variabilidad en la producción primaria del Golfo y la manera en que estos varían en el tiempo.

El análisis, se logra aplicando la función wavelet escalada conocida como Morlet, para extraer información de la frecuencia de una señal o varias señales en una serie de tiempo, con un nivel de confianza de 95% (5% de significancia) encontrado con un análisis de distribución de χ -cuadrada.

RESULTADOS.

El registro sedimentario para el NH01-25, está compuesto por dos núcleos colectados por un nucleador de tipo múltiple (NH01.25 MC1) y otro de gravedad (NH01-25 GC3) con una profundidad desde la interface agua-sedimento hacia el fondo de 23.5 y 250 cm. respectivamente. La profundidad de correlación entre estos dos núcleos fue de 9 cm, obteniéndose un registro compuesto con una longitud total de 259 cm.

Fechado.

En la figura 2, se muestra el modelo de edades obtenido mediante la correlación del núcleo NH01-25 con el NH01-26 (Fig.3), del cual se construyó un modelo de edades mediante un análisis de ^{210}Pb , ^{14}C y conteo de varvas. Dicha correlación se llevó a cabo identificando en ambos registros de ópalo biogénico las edades de los eventos más importantes en la variabilidad de la productividad, como por ejemplo mínimos y máximos en el contenido de ópalo biogénico (Tabla 1).

Tabla 1.- Edades de los eventos correlacionados más importantes en el contenido de ópalo biogénico y su profundidad en el núcleo (cm) para los núcleos NH01- 25 y 26.

Profundidad (cm)		Edad (Años)
NH01-25	NH01-26	
9	9	231
11	12	302
18	22	552
34	40	1014
78	73	1833
92	83	2081
95	89	2241
118	112	2793
124	116	2900
140	136	3398
159	157	3932
178	167	4181
190	194	4857
196	202	5053
200	210	5266
295	218	5444
221	225	5640
240	246	6156



Posteriormente basados en los datos obtenidos se construyó un modelo de edades para el núcleo NH01-25 (Fig. 2) y se calculó una tasa de sedimentación de 25.65 años/cm, con un coeficiente de correlación $R=0.99638$.

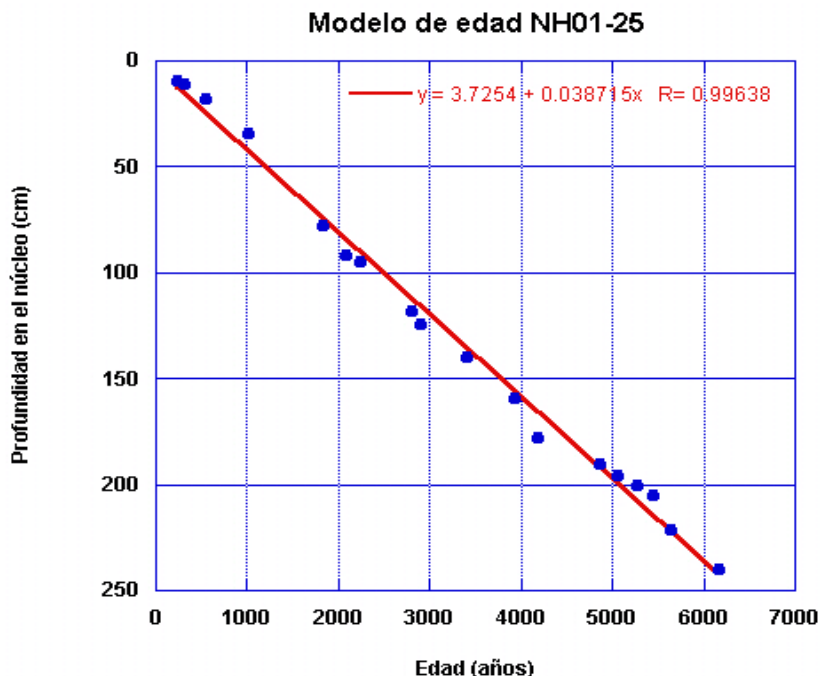


Figura. 2.- Modelo de edades para el núcleo NH01-25.

Perfil de densidad (GRAPE).

Los perfiles de densidad (Fig. 4), fueron construidos en base a los resultados del análisis GRAPE (Anexo 1), en los cuales podemos observar claramente una tendencia en la porosidad de mayor a menor desde la interface agua-sedimento hacia la profundidad del núcleo. Disminuyendo de una manera casi lineal de 0.79-0.85 %.

Por otra parte, de manera general, podemos observar que la Densidad Volumétrica en Seco (DVS) tiende a aumentar conforme la profundidad disminuye, manteniéndose con una tendencia entre los 0.5 y 0.6 gr/cm^3 , hasta aproximadamente el año 1500 antes del presente, donde comienza a tener a disminuir de manera lineal hasta valores de 0.45 gr/cm^3 en la actualidad. Dentro de este registro, podemos identificar fácilmente una disminución en la densidad aproximadamente en el año 4200 antes del presente, con un valor de 0.46 gr/cm^3 , pero que se recupera rápidamente a 0.62 gr/cm^3 .

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DEL GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL HOLOCENO, MEDIANTE ÓPALO BIOGÉNICO EN SEDIMENTOS

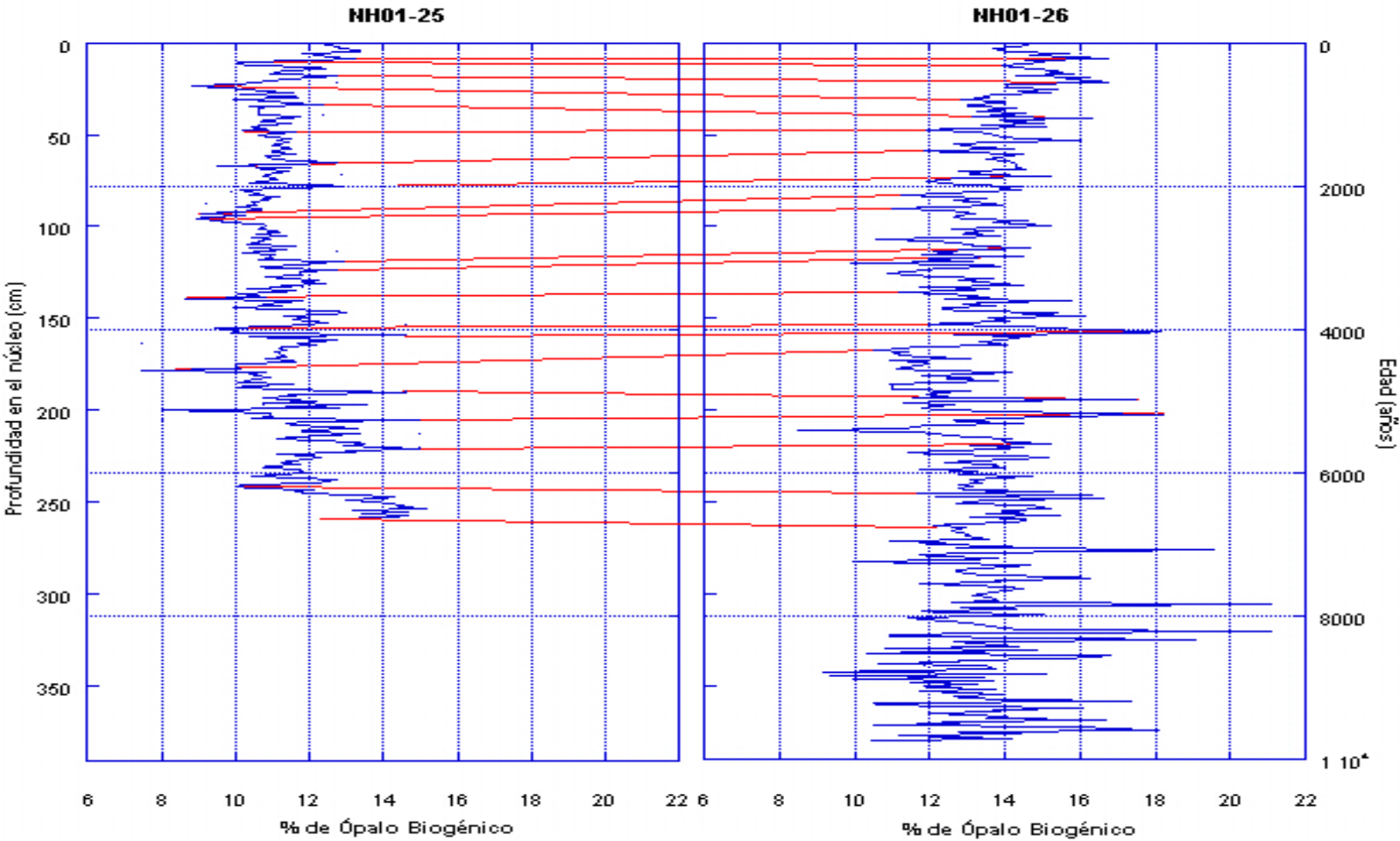


Figura. 3.- Puntos de liga más significativos utilizados en la correlación del contenido de ópalo biogénico entre los núcleos NH01-25 y 26.

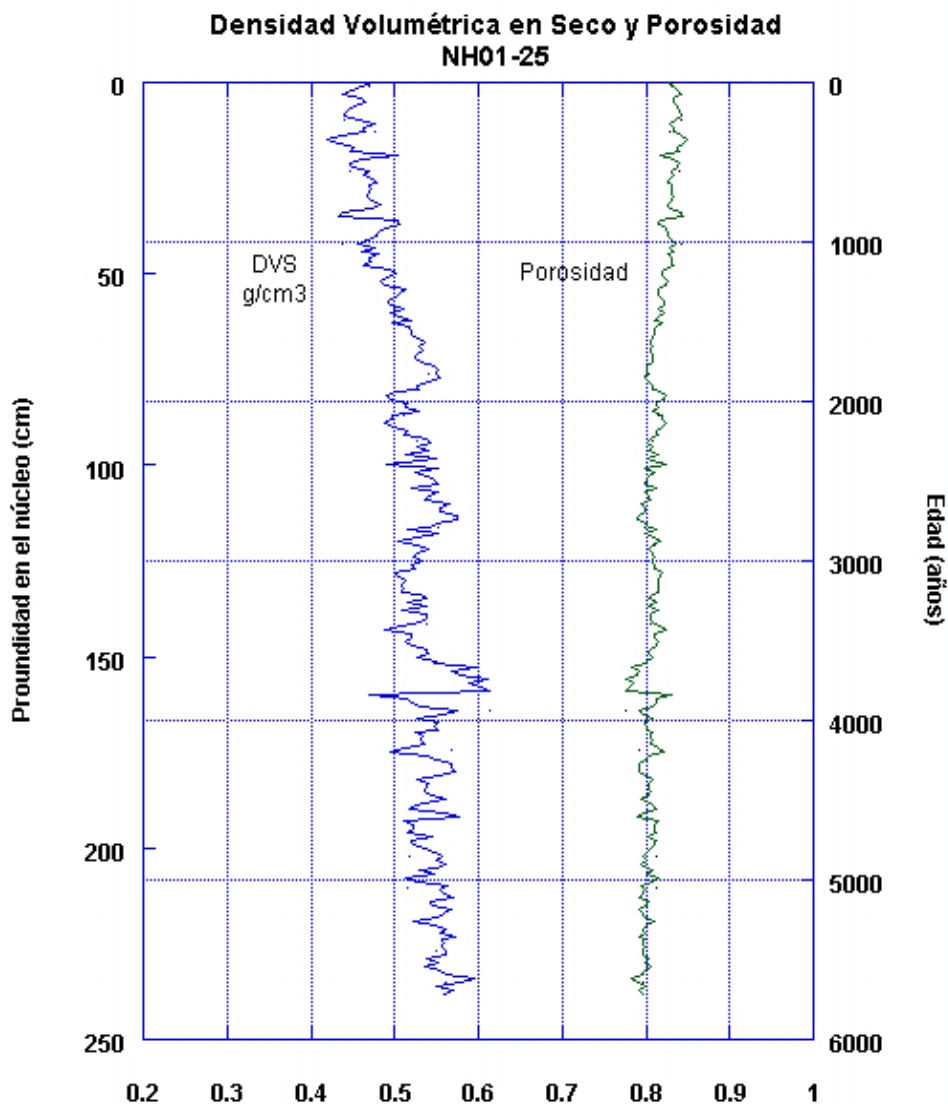


Figura. 4.- Densidad del sedimento en seco y porosidad, para el núcleo compuesto NH01-25 MC1 y GC3 recuperados en la cuenca Pescadero del Sur del Golfo de California.

Tasa de Acumulación de Masa Total.

La Tasa de Acumulación de Masa del total de los componentes del núcleo en el registro (Apéndice 2), presenta claramente dos periodos, el primero entre los 6,500-2,000 años aproximadamente y posteriormente de hace 2,000 al presente. Durante el primero de ellos, podemos observar una gran variabilidad en los valores de la tasa de

acumulación, así como una ligera disminución en las mismas, centrándose en los 21 mg/cm²/año. Durante el segundo periodo, podemos distinguir claramente una disminución progresiva de 21.6-18.35 mg/cm²/año en el aporte de sedimentos a la cuenca, así como una menor variabilidad (Fig. 5).

Dentro del registro, podemos observar eventos importantes en la disminución de la tasa de sedimentación a los 6000, 4400, 4000, 3700, 2500, 2000, 900 y 400 años aproximadamente, así como eventos donde la tasa de sedimentación aumenta significativamente a los 500, 1000, 2000, 2800, 4000 y 5900 años aproximadamente

Por otra parte, podemos observar también, una alta variabilidad del pasado hasta hace 4000 años, donde se presenta un evento importante con el valor máximo en la tasa de acumulación de masa de 24 mg/cm²/año. Posteriormente, observamos otro evento muy importante a los 2000 años, el cual, marca el inicio de una disminución importante y progresiva de esa fecha al presente.

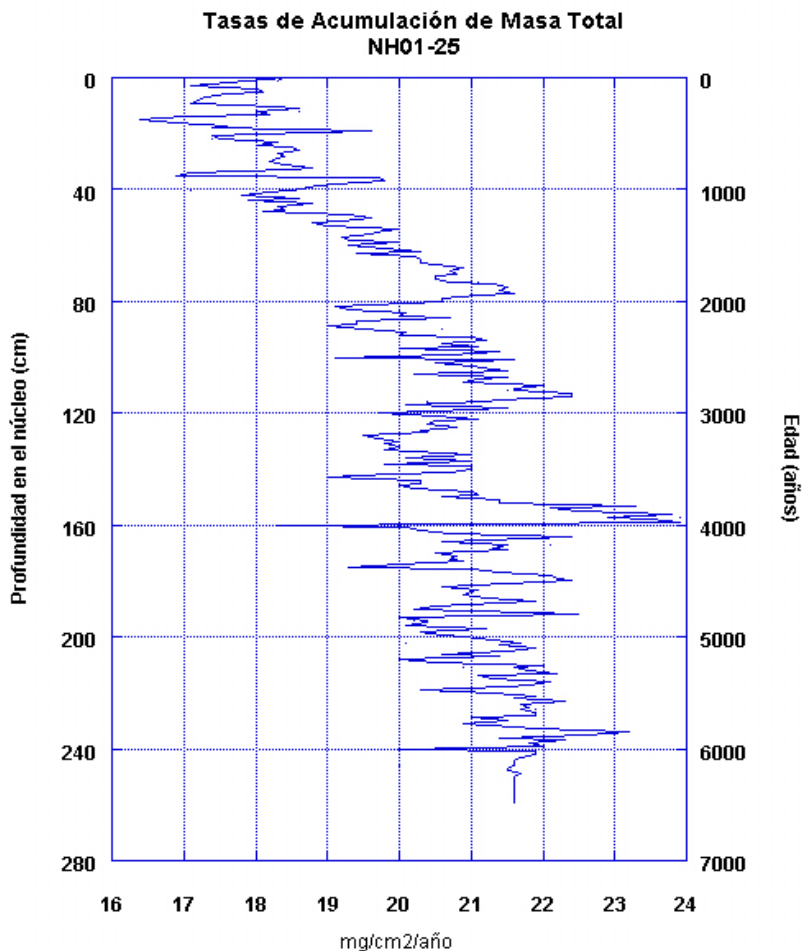


Figura. 5.- Tasa de Acumulación de Masa total, para el núcleo compuesto NH01-25.

Contenido de ópalo biogénico.

La construcción del registro sedimentario compuesto NH01-25, se logro correlacionando los núcleos NH01-25 MC1 y GC1, dicha correlación se dio a partir del cm. 9, obteniendo como resultado una longitud total del núcleo de 59 cm.

Los valores obtenidos en el análisis del ópalo biogénico (Apéndice 3), para el núcleo NH01-25 presentan como valor mínimo de 7.43% (cm. 178) y un máximo de 15.14% (cm. 253), con un promedio de 11.41% y una desviación estándar de 1.2296 (Fig. 6).

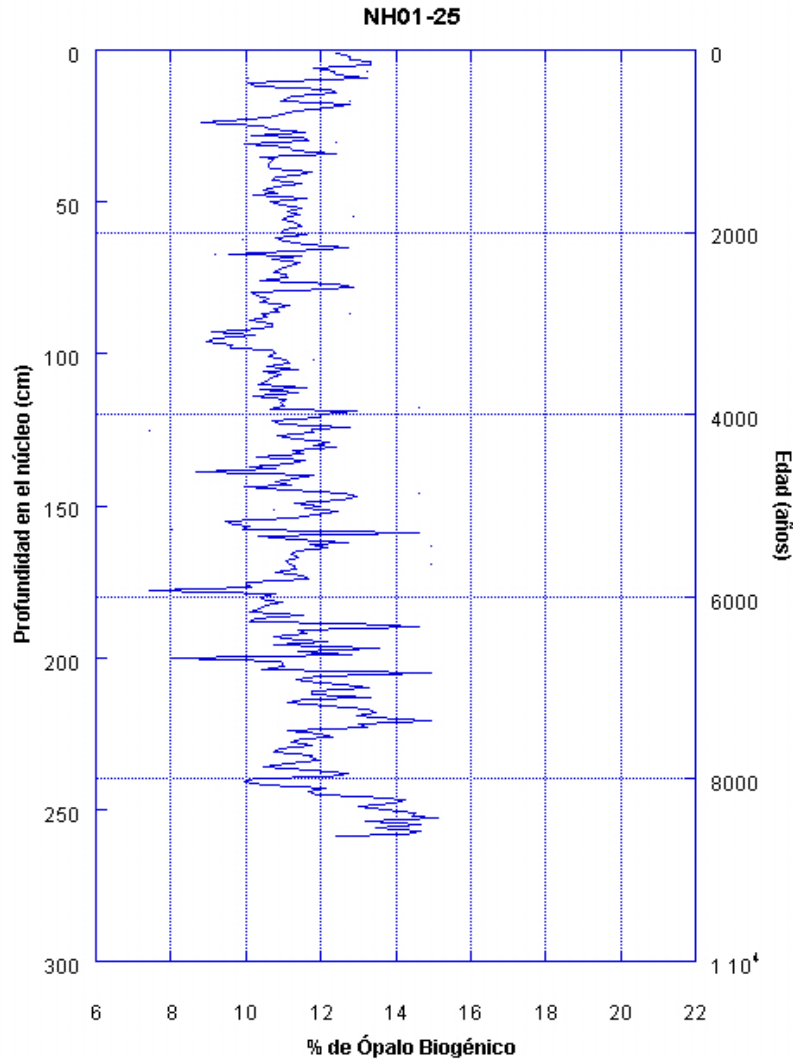


Figura. 6.- Contenido de ópalo biogénico (% en peso), para el núcleo compuesto NH01-25 MC1 y GC3 recuperados en la cuenca Pescadero del Sur del Golfo de California.

De manera aleatoria, se obtuvieron duplicados de las muestras, esto con la finalidad de conocer la precisión de reproducibilidad, con una desviación estándar de 1.229, y un error estándar de 0.076.

La tasa de acumulación de masa para el ópalo biogénico (Fig. 7) Presenta al igual que el porcentaje en contenido de dicho componente una tendencia a disminuir del pasado a la actualidad, con valores mínimos de 1.58 y máximos de 3.49 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{año}$, un promedio de 2.33 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{año}$ y una desviación estándar de 0.32 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{año}$.

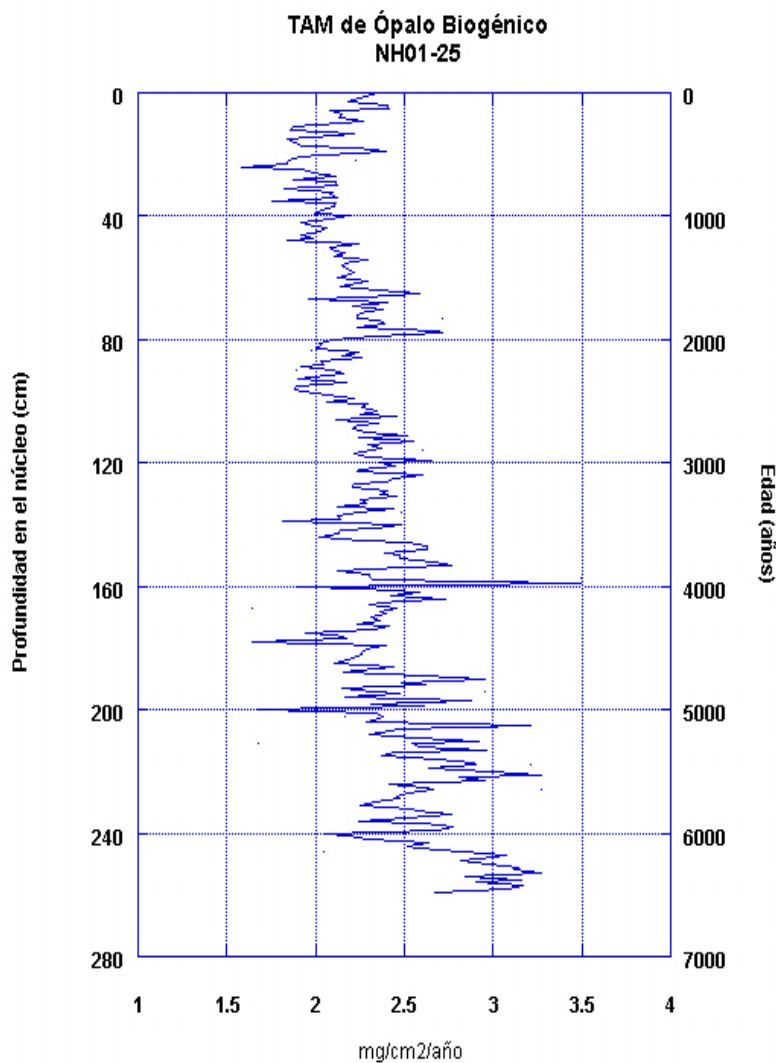
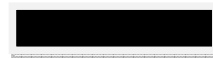


Figura. 7: Tasa de Acumulación de masa de ópalo biogénico, para el núcleo compuesto NH01-25 MC1 y GC3 recuperados en la cuenca Pescadero del Sur del Golfo de California.

Análisis Espectral.

El análisis espectral del registro sedimentario completo de las Tasas de Acumulación de Masa de ópalo biogénico (Fig. 8), dio como resultado una serie de periodos con duración variable. Los colores cálidos en los espectros, indican una mayor energía, en contraste con los colores fríos los cuales indican una energía menor en la señal. La línea negra delimita el límite de confianza que es igual a 95%. Debido a que las señales de mayor duración atenuaban a las de menor duración, fue necesario filtrar la serie completa en tres partes o bandas para su mejor interpretación (Figs. 9-11).

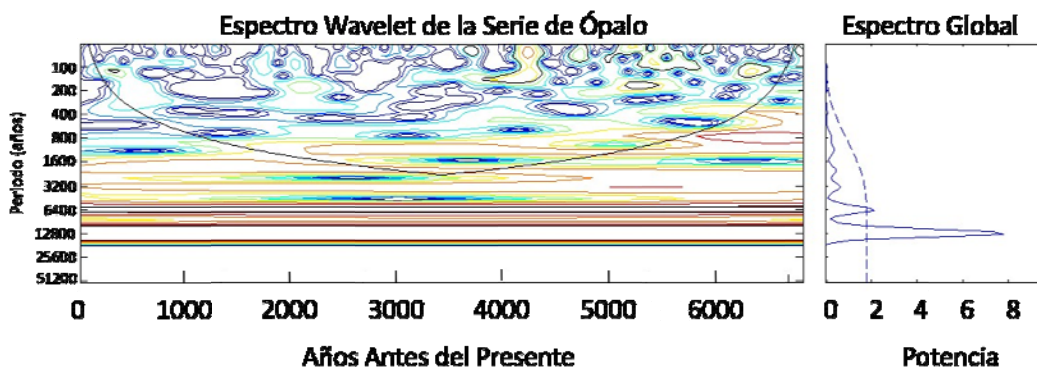


Figura. 8: Análisis espectral de las TAM de ópalo biogénico para el registro sedimentario.

El primer rango de escalas comprendida entre los 0-400 años, nos permite identificar ciclos con periodos de tiempo que se encuentran dentro de estos limites, pudiéndose identificar claramente varias señales significativas en el espectro wavelet de poder, de las cuales, las tres más importantes tienen un periodo de duración de 145, 188 y 300 años, sin ser consistentes a lo largo de toda la serie y con una potencia entre los 0.01 y 0.03 (Fig. 9).

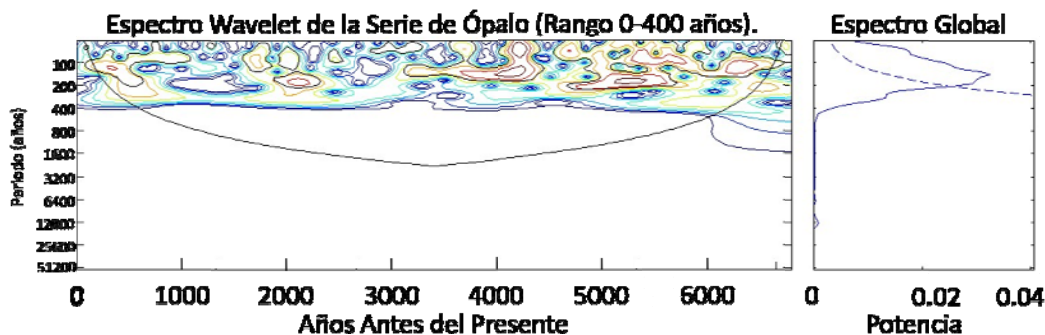


Figura. 9: Análisis espectral de las TAM de ópalo biogénico para el rango del espectro que comprende los periodos entre los 0-400 años.

Para la parte central de la serie, en la región que comprende los periodos de tiempo entre los 200-1280 años, es posible identificar dos señales importantes en el espectro wavelet de poder que corresponden a ciclos de 1160 y 1060 años, con una potencia de 1.5 y 2.3 respectivamente, los cuales son consistentes a lo largo de la serie de tiempo atenuándose hacia la actualidad (Fig. 10).

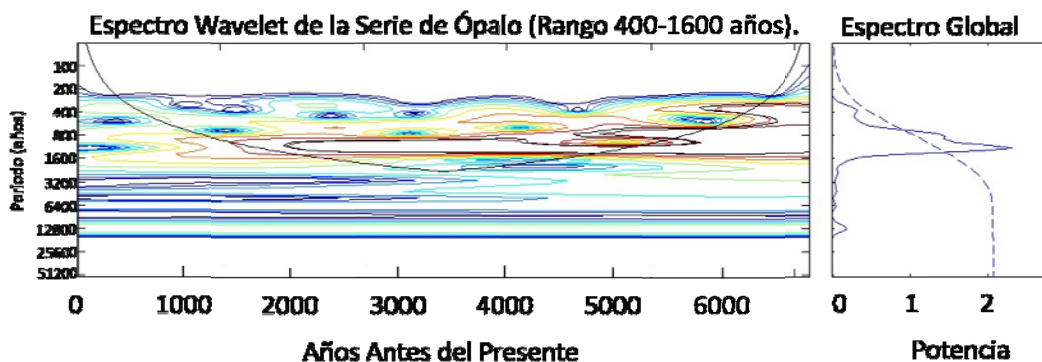


Figura. 10. Análisis espectral de las TAM de ópalo biogénico para el rango que comprende los periodos entre los 400-1600 años.

Finalmente, el rango de la serie que comprende las señales más importantes con periodos entre los 1600-25600 años, encontramos 4 señales significativas, las dos primeras tienen un periodo de 2052 y 3283 años, con una potencia de 0.05 aproximadamente y cercano al límite de confianza. Las dos señales restantes, tienen un periodo igual a los 6566 y 13133 años y tienen una potencia de 1.2 y 4 respectivamente (Fig. 11).

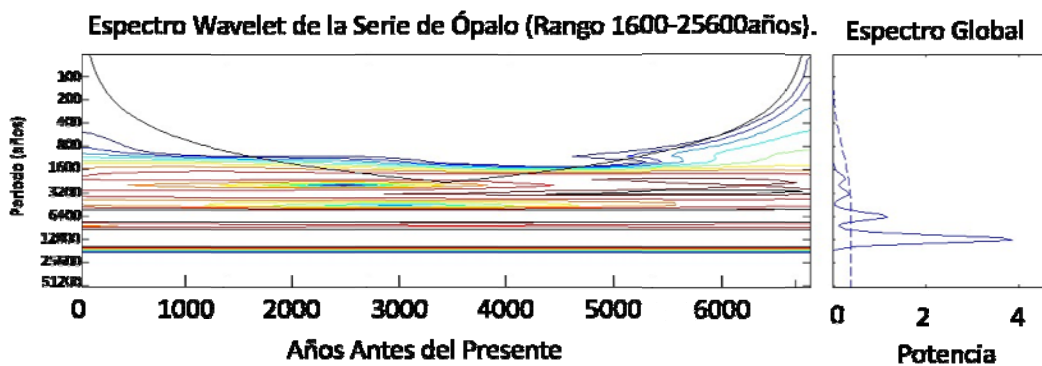


Figura. 11. Análisis espectral de las TAM de ópalo biogénico para el rango que comprende los periodos entre los 1600-25600 años.

DISCUSIONES.

El fechado del registro se obtuvo por medio de la correlación con el modelo de edades construido para el núcleo NH01-26 por González-Yajimovich (2004), este núcleo se recuperó en la pendiente Este de la Cuenca Pescadero ($24^{\circ} 16' 40.2''$ N, $108^{\circ} 11' 43.8''$ W) a 7.6 Km. del núcleo NH01-25 analizado en el presente trabajo, suponiendo que se encuentran bajo condiciones oceanográficas muy similares que permiten la depositación y conservación de material sedimentario de origen biogénico.

La tasa de sedimentación calculada para el núcleo NH01-25 es de 25.65 años/cm (0.39 mm/año), al ser comparada con la encontrada por González Yajimovich (2004) quien reportó un valor de 24.4 años/cm (0.41 mm/año) para el núcleo NH01-26, encontramos una diferencia mínima entre estos valores igual a 1.65 años/cm (0.02 mm/año). Esta ligera discrepancia de las tasas de sedimentación probablemente se deba a la localización de los núcleos dentro de la cuenca, ya que la pendiente juega un papel importante en la cantidad de material sedimentario que es depositado.

La Densidad Volumétrica en Seco (DVS) se centra en 0.55 gr/cm^3 aproximadamente para el núcleo 25, dicha tendencia es igual a la reportada por González-Yajimovich (2004), para el núcleo NH01-26, también identifiqué un evento de disminución de la densidad en el registro, seguida por una rápida recuperación para el año 4200 antes del presente, el cual concuerda con un evento similar en magnitud y período en nuestro registro, difiriendo únicamente en que el valor mínimo reportado para el núcleo 26 es de 0.4 gr/cm^3 y el del núcleo 25 es de 0.46 gr/cm^3 .

El perfil de porosidad del núcleo NH01-25, presenta claramente una tendencia en la disminución conforme aumenta la profundidad en el núcleo, esto es evidente, pues está es afectada por la compactación debida al propio peso del sedimento. Esto es consistente con lo encontrado por González-Yajimovich (2004) quien obtuvo valores de $0.75\text{-}0.85 \text{ gr/cm}^3$ para el núcleo 26.

La Tasa de Acumulación de Masa del total para el núcleo NH01-25, presenta una gran variabilidad en los valores posteriores al año 2000 antes del presente, con

valores centrados en 21 mg/cm²/año. El segundo de ellos comprende del año 2000 antes del presente a la actualidad disminuyendo a un valor de 18 mg/cm²/año. El evento identificado de una disminución y recuperación rápida en la tasa de acumulación coincide con uno igual reportado por González-Yajimovich (2004), para el núcleo NH01-26.

El análisis del contenido de ópalo biogénico, se mantuvo en un rango entre los 7.43-15.14% ó en términos de Tasa de Acumulación de Masa entre los 1.58-3.49 mg/cm²/año, estos resultados difieren ligeramente con los obtenidos para en núcleo NH01-26 el cual presenta un rango entre 8.5-21.09% y una Tasa de Acumulación entre los 1.88-5.21 mg/cm²/año. Esta diferencia no se considera significativa, pues aunque el rango del núcleo 26 es más amplio coincide en su mayoría con el núcleo 25, lo que puede deberse a la calibración del espectrofotómetro utilizado, mediante el cual se obtuvieron los valores de absorbancia de cada una de las muestras y calcular el contenido en porcentaje de ópalo biogénico.

Otros autores (DeMaster, 1981, Thunell et al., 1994) encuentran valores mayores de contenido de ópalo biogénico a los obtenidos en este estudio, esto puede deberse a que a que la región central del golfo es la más productiva. Lo anterior ha sido corroborado con imágenes de satélite obtenidas por Álvarez-Borrego y Lara-Lara (1991). DeMaster, (1981) midió entre 10-30% en los sedimentos del Bajo Golfo Occidental; Thunell et al., 1994, determina que el Golfo de California es un sumidero de sílice, donde se acumula entre un 15-20% de la producción superficial. Ambos, encuentran que el contenido de ópalo biogénico en las cuencas centrales oscila entre el 20 y 30%.

El análisis espectral del registro de la tasa de acumulación de masa de ópalo biogénico dio como resultado una serie de ciclos con periodos de tiempo de 145, 188, 300, 1060, 1160, 6566 y 13133 años. González-Yajimovich (2004) y Douglas et al. (2002), reportaron en sus trabajos sobre la variabilidad climática del Golfo un ciclo con un periodo de 140 años, el cual se aproxima al periodo de 145 años encontrado en este trabajo. El ciclo con periodo de 188 años se encuentra muy cercano al reportado por González-Yajimovich (2004) con una duración de 198 ± 9.

El periodo correspondiente a los 300 años, es cercano al reportado por Bernal-Franco (2001) en su registro paleoceanográfico de la cuenca de la Paz con un periodo de 330 años, por otra parte, Bond et al., (2001) reporta un periodo similar de 320 años en su estudio sobre la influencia solar sobre el Atlántico Norte durante el Holoceno.

Los ciclos de escala milenaria con periodos de 1060 y 1160 años, se encuentran dentro del rango de un periodo de 1500 ± 500 años, reportado por Bond et al., 1997 y DeMenocal et al., 2000, el cual se da en respuesta a la variación de la irradiación solar.

A pesar de la alta resolución de muestreo, los períodos mínimos que podemos observar en la serie dependen de la tasa de sedimentación, la cual tiene un valor de 25.7 años/cm, por lo tanto, los ciclos en la variabilidad con duración menor a esta no pueden ser identificados.

CONCLUSIONES.

La Tasa de Acumulación de Masa total para el núcleo NH01-25, presenta una gran variabilidad en los valores anteriores al año 2,000 antes del presente, centrándose en $21 \text{ mg/cm}^2/\text{año}$. Del año 2000 antes del presente a la actualidad (año 2001) los valores fueron disminuyendo hasta un valor de $18 \text{ mg/cm}^2/\text{año}$. Esto muestra una clara disminución en la productividad primaria a través del Holoceno.

El análisis espectral del registro de la Tasa de Acumulación de Masa de ópalo biogénico arrojó ciclos con periodicidades de 145, 188, 300, 1060, 1160, 6566 y 13133 años.

El mecanismo principal de la variabilidad en la productividad primaria se atribuye principalmente a variaciones en la insolación.

REFERENCIAS.

Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California, in *Estuaries and Enclosed Seas*. B.H. Ketchum (eds.), Elsevier, Amsterdam, 500 pp.

Álvarez-Borrego, S y Lara-Lara, J. R. 1991. The Physical Enviromental and primary productivity of the Gulf of California. Invited review paper, Part V, Chapter 26, in the *Gulf and Peninsular Province of the California*. Amer. Assoc. of Petrol. Geol., edited by J.P. Douphin and B.R. Simoneit, Tulsa, Oklahoma. Memoir 47, 555-567 pp.

Álvarez, S. L. G., M. R. Stevenson y B. Wyatt, 1978. Circulación y masas de agua en la región de la boca del Golfo de California en la primavera de 1970. *Ciencias Marinas*, 5(1):57-69.

Aguirre-Bielschowsky, I., 2005. Caracterización litológica de la Cuenca San Clemente. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. EnsenAda, 86 pp.

Anderson, R. Y. 1996. Seasonal sedimentation: a framework for reconstructing climatic and environmental change. From: Kemp A.E.S. (ed.). *Paleoclimatology and Paleoceanography from Laminated Sediments*. Geological Society special publication, 116: 1-15.

Badan-Dangon, A., Dorman, CE., Merrifield, M.A. and Winant, CD. 1991. The lower atmosphere over the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 96, 877-896.

Badan-Dangon, A., J.M. Robles y J. García, 1989. Poleward flows off Mexico's Pacific Coast. Neshyba, S. J., Ch. N. K. Mooers, R. L. Smith y R. T. Barber (eds.). *Poleward Flows Along Eastern Ocean Boundaries*. In *Coastal and Esturine Studies*. Vol. 34, 374 pp.

Barron, J.A., Burky, D. and Bischoff, J. 2004. High resolution paleoceanography of the Guaymas Basin, Gulf of California, during the past 15000 years. *Marine Micropaleontology*, 50, 185-207.

Barron, J., Bukry, D., Bishoff, J., 2003. A 2000-year-long record of climate from the Gulf of California. In: West, G.J., Buffaloe, L.D. (Eds.), *Proceedings of the Nineteenth PACLIM Workshop*, Asilomar, Pacific Grove, CA, pp. 11-21.

Baumgarther T. R. y N. Christensen Jr. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *Journal of Marine Research*, 43: 825-848.

Berger, W y Herguera, J. C. 1994. Glacial to postglacial drop in productivity in the western equatorial Pacific: Mixing rate vs. nutrient concentration. *Geology*, 22: 629-632.

Bray, N. A. 1988. Thermohaline circulation in the Gulf of California, *J. Geophys. Res.*, 93, 4993-5020.

Broecker, W. S. y T. H. Peng. 1982. Tracers in the sea. Eldigio Press. N. Y. 690 pp. Calvert, S.E. 1964. Factors affecting the distribution of laminated diatomaceous sediments in the Gulf of California.

Bond, G., Evans, M.N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R. Hajdas I., Bonani G., Kromer B., Beer J., and Muscheler R., 2001, Persistent solar influence on north atlantic climate during the Holocene: Science, v. 294, p.2130-2136.

Byrne, J .V. and Emery, K.O . 1960. Sediments of the Gulf of California . Geological Society of America Bulletin, 71, 983- 1010.

Calvert, S.E., 1964, Factors affecting the distribution of laminated diatomaceous sediments in the Gulf of California: in Tj. H. van Andel and G.G. Shor, eds., Marine Geology of the Gulf of California: AAPG Memoir, v. 3, p. 311-330.

Calvert, S. E. 1966. Origin of diatom-rich, varved sediments from the Gulf of California. Journal of Geology, 76: 546-565.

DeMaster, D.J. 1981. The supply and accumulation of silica in the marine environment. Geochimica et Cosmochimica Acta, 45: 1715-1732.

Donegan, D. y Schrader H.J., 1982. Biogenic and a biogenic components of laminated hemipelagic sediments in the Central Gulf of California. Marine Geology, 48:213-237.

Douglas, R. G., 2002. Holocene Ocean Variations, Gulf of California. Project Description. NSF US México Program. v. Proposal No. 0304933, p. 13p.

Douglas, R.G., Gorsline, D., Grippo, A., Granado S, I. and Gonzalez-Yajimovich, O. 2002. Holocene Ocean-Climate variations in Alfonso Basin, Gulf of California, Mexico.

Douglas, R. G., O.E. González-Yajimovich, J. Ledesma y Staines-Urias, F. 2007. Climate forcing, primary production and the distribution of Holocene biogenic sediments in the Gulf of California. Quaternary Science Reviews 26: 115–129.

Gasse, F., 2002, Kilimanjaro's secrets revealed: Science, v. 298, p. 548-549.

González-Yajimovich, O. E., 2004. Holocene Sedimentation in the Southern Gulf of California and its climatic implications. Ph. D. Dissertation University of Southern California, p. 232 p.

Henry, C. D. 1998. Basement-controlled transfer zones in an area of low-magnitude extension, Eastern Basin and Range province, Trans-Pecos Texas. Geological Society of America Special Paper 323: 75-88.

Herbert, T.D., and Mayer, Larry A., 1991, Long Climatic Time Series from Sediment Physical Property Measurements: Journal of Sedimentary Petrology, v. 61, p. 1089-1108.

Joshi, L.U., and T.L. Ku. 1979. Measurements of ^{210}Pb from a sediment core off the coast of California: *Journal of Radioanalytical Chemistry*, v. 52(2), p. 329-334.

Kemp, A. E. S., J. Pike, R. B. Pearce y C. B. Lange. 2000. The "fall dump" a new perspective on the role of a "shade flora" in the annual cycle of diatom production and export flux. *Deep sea research, part II*, 47: 2129-2154 pp.

Lange, C. B., A. Schimmelmann, M. Yasuda y W. H. Berger. 1996. Marine varves off Southern California. *SIO Reference Series No. 96-22*, UCSD. 55 pp.

Lavin, M. F. y S. Organista. 1988. Surface heat flux in the Northern Gulf of California. *J. Geophysics. Res.* 93 (C11):347-355.

Ledesma-Vázquez, J. 2000. Cuencas Sedimentarias del Plioceno en el Golfo de California; Cuenca San Nicolás, Baja California Sur. Tesis Doctoral IIO-FCM, Ensenada, 160 pp.

Lonsdale, P. 1989. Geology and Tectonic history of the Gulf of California. *Geological Society American*, Boulder CO, 499-521 pp.

Marinone, S. G. and Ripa. 1988. Geostrophic flow in the Guaymas Basin, central Gulf of California. *Cont. Shelf Res.*, 8, 159-166.

Merrifield, M.A. and Winant, C. D. 1989. Shelf circulation in the Gulf of California: A description of the variability. *Journal of Geophysical Research*. 94, 18133-18160.

Mortlock, R.A., and Froelich, P. N., 1989. A simple method for the rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediments: *Deep Sea Res Part A*, v. 36, p. 1415-1426.

Paden, C. A., 1990. Tidal and Atmospheric forcing of the upper ocean in the Gulf of California. Tesis de doctorado. SCRIPPS Institution of Oceanography. UCSD:6 pp.

Pegau W.S., E. Boss and A. Martinez. 2002. Ocean color observations of eddies during the summer in the Gulf of California. *Geophys. Res. Lett.* 29, doi:10.1029/2001GL014076.

Pike, J. y A. E. S. Kemp. 1999. Diatom mats in the Gulf of California sediments: Implications for the paleoenvironmental interpretation of laminated sediments and silica burial. *Geology*, 27 (4): 311-314.

Pride, C. R. Thunell, D. Sigman, L. Kegwin, M. Altabet y E. Tappa. 1999. Nitrogen isotopic variations in the Gulf of California since the last deglaciation: Response to global climate change. *Paleoceanography*, 14 (3): 397-409.

Rendón-Márquez, G. 1992. Estratigrafía de los depósitos Marinos del Neógeno en la región de Puertecitos, Noroeste de Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, 59 pp.

Ripa, P. y Marinone, S. G., 1989. Seasonal variability of temperature, salinity, velocity, vorticity ad sea level in the Central Gulf of California, as inferred from historical data. Q.J. R. Meteorol. Soc. 115:887-913.

Ripa, P., O. U. Velasco y Sheinbaum, J.O. 2003. Nonlinear processes in geophysical fluid dynamics: a tribute to the scientific work of Pedro Ripa. EditormSpringer. 376 pp.

Roden, G. I., 1964. Oceanographic aspects of Gulf of California. Marine Geology in the Gulf of California. In: Tj, H. Van Andel y G. G. Shor Jr., (editors), Mem. Am. Petrol. Geol., 3:30-58.

Sancetta, C., 1996, Laminated Diatomaceous sediments: controls on formation and strategies for analysis. From: Kemps, A.E.S. (ed.). Paleoclimatology and Paleooceanography from Laminated Sediments. Geological Society special publication, 116: 17-21.

Santamaría-del-Ángel, E., S. Álvarez-Borrego and F.E. Muller-Kager, 1994. Gulf of California biogeographic regions base don coastal zone color scanner imagery. Geophysics. Res., 99:7411-7421.

Silva-Alcántar, A.E. 2007. Identificación de las cuencas sedimentarias del plioceno con imágenes de satélite en el dominio central del Golfo de California. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, 37 pp.

Stock, J. M. and K. V. Hodges. 1989. Pre-pliocene extension around the Gulf of California and transfer of Baja California to the Pacific Plate. Tectonics 8:99-115.

Torrence C. y Gilbert P. Compo. 1998. A practical Guide to Wavelet Analysis. Program in Atmospheric and Oceanic Sciences. University of Colorado, Boulder, Colorado. Pp. 61-78.

Torres-Orozco, E. 1993. Análisis Volumetrico de las Masas de Agua del Golfo de California. Tesis para obtener el grado en Maestro en Ciencias, Centro de Investigación Científica y Educacion Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, Mexico.

Thunell, R. C., C. J. Pride, E. Tappa y F. E. Muller-Kager. 1994. Biogenic silica fluxes and accumulation rates in the Gulf of California. Geology, 22: 303-306.

Van Andel, T.H. 1964. Recent marine sediments of the Gulf of California. *Marine Geology of the Gulf of California*. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 3,216-310.

Zanchi, A. 1994. The opening of the Gulf of California, México: from basin and range extension to transtensional tectonics. Journal Structural Geology 16:1619-1639.

Apéndices.

1.- Perfiles de densidad (GRAPE).

Profundidad en el núcleo (cm)	Densidad Gamma DVH gm/cm ³	Porosidad PHI gm/cm ³	Densidad Vol. en Seco DVS gm/cm ³	Cm.	DVH	PHI	DVS
1	1.300	0.831	0.470	46	1.300	0.831	0.469
2	1.302	0.829	0.473	47	1.301	0.830	0.471
3	1.281	0.843	0.438	48	1.296	0.833	0.463
4	1.295	0.834	0.462	49	1.316	0.821	0.495
5	1.297	0.833	0.464	50	1.320	0.819	0.501
6	1.289	0.837	0.452	51	1.314	0.822	0.492
7	1.285	0.840	0.445	52	1.308	0.826	0.482
8	1.282	0.842	0.440	53	1.311	0.824	0.487
9	1.282	0.842	0.440	54	1.327	0.814	0.513
10	1.292	0.836	0.456	55	1.323	0.816	0.507
11	1.305	0.828	0.477	56	1.320	0.818	0.502
12	1.296	0.833	0.463	57	1.314	0.822	0.492
13	1.298	0.832	0.466	58	1.316	0.821	0.495
14	1.280	0.843	0.437	59	1.326	0.815	0.512
15	1.269	0.850	0.420	60	1.316	0.821	0.496
16	1.278	0.844	0.433	61	1.324	0.816	0.507
17	1.289	0.838	0.451	62	1.331	0.811	0.520
18	1.286	0.839	0.446	63	1.317	0.820	0.497
19	1.321	0.818	0.503	64	1.331	0.812	0.519
20	1.295	0.834	0.462	65	1.332	0.811	0.521
21	1.286	0.840	0.446	66	1.331	0.811	0.520
22	1.288	0.838	0.449	67	1.335	0.809	0.526
23	1.300	0.831	0.469	68	1.342	0.805	0.536
24	1.296	0.833	0.462	69	1.338	0.808	0.530
25	1.303	0.829	0.474	70	1.340	0.806	0.534
26	1.306	0.827	0.478	71	1.335	0.809	0.526
27	1.300	0.831	0.469	72	1.335	0.809	0.525
28	1.302	0.830	0.472	73	1.338	0.807	0.531
29	1.300	0.831	0.470	74	1.348	0.801	0.546
30	1.298	0.832	0.467	75	1.351	0.800	0.551
31	1.301	0.830	0.471	76	1.350	0.800	0.550
32	1.308	0.826	0.482	77	1.353	0.798	0.555
33	1.303	0.829	0.475	78	1.344	0.804	0.540
34	1.281	0.842	0.439	79	1.336	0.809	0.528
35	1.278	0.845	0.433	80	1.337	0.808	0.528
36	1.322	0.817	0.504	81	1.321	0.818	0.502
37	1.324	0.816	0.507	82	1.313	0.823	0.490
38	1.313	0.823	0.491	83	1.316	0.821	0.495
39	1.307	0.827	0.480	84	1.328	0.813	0.515
40	1.306	0.827	0.478	85	1.328	0.814	0.514
41	1.299	0.831	0.468	86	1.338	0.808	0.530
42	1.292	0.836	0.456	87	1.318	0.820	0.498
43	1.305	0.828	0.477	88	1.317	0.820	0.496
44	1.294	0.834	0.460	89	1.312	0.824	0.488
45	1.308	0.826	0.482	90	1.319	0.819	0.500

Cm.	DVH	PHI	DVS	Cm.	DVH	PHI	DVS
91	1.329	0.813	0.515	146	1.327	0.814	0.513
92	1.326	0.814	0.512	147	1.331	0.812	0.519
93	1.342	0.805	0.538	148	1.342	0.805	0.537
94	1.346	0.802	0.544	149	1.345	0.803	0.541
95	1.336	0.809	0.527	150	1.336	0.809	0.527
96	1.344	0.803	0.541	151	1.349	0.800	0.549
97	1.327	0.814	0.513	152	1.348	0.801	0.547
98	1.350	0.800	0.549	153	1.379	0.782	0.597
99	1.338	0.807	0.531	154	1.361	0.793	0.567
100	1.313	0.823	0.490	155	1.367	0.790	0.577
101	1.352	0.799	0.553	156	1.388	0.777	0.611
102	1.334	0.810	0.524	157	1.373	0.786	0.588
103	1.343	0.804	0.539	158	1.382	0.780	0.602
104	1.348	0.801	0.546	159	1.389	0.776	0.613
105	1.351	0.799	0.552	160	1.301	0.830	0.470
106	1.331	0.812	0.519	161	1.329	0.813	0.516
107	1.351	0.799	0.552	162	1.331	0.812	0.520
108	1.344	0.804	0.540	163	1.338	0.807	0.531
109	1.341	0.805	0.536	164	1.365	0.791	0.574
110	1.359	0.794	0.565	165	1.355	0.797	0.559
111	1.353	0.798	0.554	166	1.336	0.809	0.528
112	1.352	0.799	0.554	167	1.352	0.799	0.552
113	1.365	0.791	0.574	168	1.348	0.801	0.547
114	1.366	0.790	0.575	169	1.351	0.800	0.551
115	1.350	0.800	0.549	170	1.335	0.809	0.526
116	1.345	0.803	0.542	171	1.340	0.806	0.533
117	1.329	0.813	0.516	172	1.338	0.807	0.531
118	1.351	0.799	0.552	173	1.341	0.805	0.536
119	1.335	0.809	0.526	174	1.327	0.814	0.513
120	1.322	0.817	0.505	175	1.316	0.821	0.496
121	1.335	0.809	0.526	176	1.343	0.804	0.539
122	1.345	0.803	0.541	177	1.349	0.800	0.549
123	1.336	0.809	0.527	178	1.361	0.793	0.567
124	1.333	0.810	0.523	179	1.361	0.793	0.568
125	1.339	0.807	0.533	180	1.364	0.791	0.573
126	1.332	0.811	0.520	181	1.351	0.799	0.552
127	1.334	0.810	0.524	182	1.336	0.808	0.528
128	1.319	0.819	0.500	183	1.344	0.804	0.540
129	1.321	0.818	0.504	184	1.343	0.804	0.539
130	1.327	0.814	0.513	185	1.341	0.805	0.536
131	1.324	0.816	0.508	186	1.346	0.803	0.543
132	1.326	0.814	0.512	187	1.358	0.795	0.562
133	1.324	0.816	0.508	188	1.348	0.801	0.547
134	1.337	0.808	0.529	189	1.335	0.809	0.526
135	1.343	0.804	0.539	190	1.331	0.812	0.519
136	1.329	0.813	0.515	191	1.356	0.797	0.559
137	1.343	0.804	0.539	192	1.366	0.790	0.576
138	1.324	0.816	0.508	193	1.326	0.815	0.512
139	1.342	0.805	0.537	194	1.333	0.811	0.522
140	1.343	0.805	0.538	195	1.333	0.811	0.522
141	1.338	0.807	0.531	196	1.329	0.813	0.516
142	1.325	0.815	0.510	197	1.347	0.802	0.545
143	1.311	0.824	0.487	198	1.331	0.812	0.520
144	1.332	0.811	0.520	199	1.333	0.810	0.523

145 Cm.	1.332 DVH	0.811 PHI	0.521 DVS	200 Cm.	1.341 DVH	0.806 PHI	0.535 DVS
201	1.348	0.801	0.547	231	1.341	0.805	0.536
202	1.354	0.797	0.557	232	1.352	0.799	0.553
203	1.349	0.801	0.549	233	1.356	0.796	0.560
204	1.357	0.795	0.562	234	1.378	0.783	0.595
205	1.350	0.800	0.551	235	1.369	0.789	0.580
206	1.337	0.808	0.529	236	1.349	0.801	0.549
207	1.349	0.801	0.548	237	1.363	0.792	0.571
208	1.328	0.814	0.514	238	1.355	0.797	0.558
209	1.335	0.809	0.526	239	1.358	0.795	0.563
210	1.358	0.795	0.563	240	1.327	0.814	0.513
211	1.352	0.799	0.554	241	1.357	0.796	0.561
212	1.356	0.796	0.560	242	1.357	0.796	0.561
213	1.362	0.793	0.569	243	1.354	0.797	0.557
214	1.345	0.803	0.542	244	1.353	0.798	0.554
215	1.347	0.802	0.545	245	1.353	0.798	0.555
216	1.361	0.793	0.567	246	1.352	0.799	0.553
217	1.356	0.797	0.559	247	1.351	0.799	0.552
218	1.351	0.799	0.552	248	1.350	0.800	0.551
219	1.332	0.811	0.521	249	1.353	0.798	0.555
220	1.348	0.801	0.547	250	1.353	0.798	0.555
221	1.357	0.796	0.562	251	1.352	0.798	0.554
222	1.352	0.799	0.554	252	1.352	0.799	0.554
223	1.364	0.792	0.572	253	1.352	0.799	0.554
224	1.354	0.798	0.557	254	1.352	0.799	0.553
225	1.356	0.796	0.560	255	1.352	0.799	0.553
226	1.354	0.798	0.556	256	1.352	0.799	0.554
227	1.356	0.796	0.560	257	1.352	0.798	0.554
228	1.356	0.796	0.560	258	1.352	0.799	0.554
229	1.343	0.804	0.539	259	1.352	0.799	0.554
230	1.352	0.799	0.552				

2.- Tasa de Acumulación de Masa Total.

Profundidad en el núcleo (cm)	Tasa de Acumulación de Masa (mg/cm2/año)	Cm.		TAM	
		Cm.	TAM	Cm.	TAM
1	18.314	15	16.378	29	18.325
2	18.447	16	16.899	30	18.204
3	17.084	17	17.576	31	18.370
4	18.005	18	17.412	32	18.813
5	18.104	19	19.617	33	18.514
6	17.631	20	18.005	34	17.106
7	17.346	21	17.401	35	16.888
8	17.161	22	17.522	36	19.662
9	17.150	23	18.281	37	19.786
10	17.796	24	18.027	38	19.136
11	18.602	25	18.469	39	18.735
12	18.049	26	18.647	40	18.658
13	18.171	27	18.281	41	18.237
14	17.041	28	18.425	42	17.774

Cm.	TAM	Cm.	TAM	Cm.	TAM	Cm.	TAM	Cm.	TAM
43	18.602	88	19.360	133	19.831	178	22.132	223	22.316
44	17.939	89	19.025	134	20.633	179	22.166	224	21.706
45	18.791	90	19.517	135	21.019	180	22.351	225	21.821
46	18.303	91	20.101	136	20.101	181	21.511	226	21.671
47	18.370	92	19.966	137	21.031	182	20.587	227	21.855
48	18.071	93	20.974	138	19.820	183	21.054	228	21.855
49	19.304	94	21.213	139	20.951	184	21.031	229	21.031
50	19.550	95	20.565	140	20.985	185	20.894	230	21.545
51	19.203	96	21.099	141	20.712	186	21.179	231	20.906
52	18.813	97	20.022	142	19.876	187	21.924	232	21.580
53	18.991	98	21.419	143	18.991	188	21.351	233	21.855
54	20.011	99	20.701	144	20.293	189	20.497	234	23.211
55	19.763	100	19.103	145	20.316	190	20.225	235	22.617
56	19.584	101	21.557	146	19.988	191	21.798	236	21.396
57	19.192	102	20.451	147	20.237	192	22.478	237	22.282
58	19.304	103	21.031	148	20.951	193	19.955	238	21.763
59	19.955	104	21.305	149	21.111	194	20.361	239	21.959
60	19.337	105	21.522	150	20.565	195	20.372	240	19.988
61	19.786	106	20.237	151	21.408	196	20.112	241	21.884
62	20.282	107	21.534	152	21.351	197	21.236	242	21.888
63	19.382	108	21.065	153	23.293	198	20.270	243	21.722
64	20.225	109	20.894	154	22.120	199	20.395	244	21.610
65	20.316	110	22.028	155	22.502	200	20.883	245	21.637
66	20.282	111	21.614	156	23.820	201	21.339	246	21.556
67	20.519	112	21.602	157	22.920	202	21.717	247	21.531
68	20.917	113	22.386	158	23.480	203	21.396	248	21.477
69	20.667	114	22.432	159	23.903	204	21.913	249	21.663
70	20.815	115	21.419	160	18.336	205	21.476	250	21.636
71	20.531	116	21.156	161	20.124	206	20.621	251	21.604
72	20.485	117	20.135	162	20.270	207	21.373	252	21.589
73	20.724	118	21.522	163	20.712	208	20.033	253	21.587
74	21.305	119	20.531	164	22.397	209	20.508	254	21.580
75	21.488	120	19.685	165	21.786	210	21.959	255	21.583
76	21.442	121	20.531	166	20.576	211	21.591	256	21.590
77	21.637	122	21.111	167	21.545	212	21.832	257	21.604
78	21.065	123	20.542	168	21.328	213	22.201	258	21.597
79	20.576	124	20.406	169	21.488	214	21.145	259	21.592
80	20.610	125	20.780	170	20.497	215	21.270		
81	19.595	126	20.293	171	20.792	216	22.132		
82	19.114	127	20.440	172	20.724	217	21.798		
83	19.293	128	19.505	173	20.906	218	21.522		
84	20.079	129	19.651	174	19.988	219	20.338		
85	20.033	130	19.988	175	19.326	220	21.328		
86	20.678	131	19.797	176	21.008	221	21.901		
87	19.416	132	19.966	177	21.408	222	21.602		

3.- Contenido de ópalo biogénico.

Profundidad en el núcleo (cm)	% Ópalo Biogénico	Tasa de Acumulación de Masa (OB) mg/cm2/año	Profundidad en el núcleo (cm)	% Ópalo Biogénico	Tasa de Acumulación de Masa (OB) mg/cm2/año
1	12.409	2.273	41	11.408	2.081
2	12.780	2.357	42	10.787	1.917
3	12.801	2.187	43	10.706	1.992
4	13.354	2.404	44	11.497	2.063
5	13.339	2.415	45	10.795	2.028
6	11.792	2.079	46	10.468	1.916
7	12.386	2.148	47	10.830	1.989
8	12.432	2.133	48	10.201	1.843
9	13.251	2.272	49	11.610	2.241
10	12.054	2.145	50	10.647	2.081
11	10.078	1.875	51	10.949	2.102
12	10.282	1.856	52	11.495	2.163
13	12.223	2.221	53	11.110	2.110
14	12.409	2.115	54	11.462	2.294
15	11.258	1.844	55	11.127	2.199
16	11.169	1.887	56	10.980	2.150
17	10.915	1.918	57	11.350	2.178
18	12.769	2.223	58	11.475	2.215
19	12.212	2.396	59	11.023	2.200
20	11.370	2.047	60	10.989	2.125
21	10.969	1.909	61	11.603	2.296
22	10.568	1.852	62	10.812	2.193
23	10.078	1.842	63	11.034	2.139
24	8.803	1.587	64	11.609	2.348
25	10.407	1.922	65	12.736	2.587
26	10.645	1.985	66	11.242	2.280
27	11.588	2.118	67	9.536	1.957
28	10.154	1.871	68	11.497	2.405
29	11.554	2.117	69	10.682	2.208
30	11.687	2.127	70	11.448	2.383
31	9.945	1.827	71	11.153	2.290
32	11.160	2.100	72	10.892	2.231
33	11.235	2.080	73	10.764	2.231
34	12.391	2.120	74	11.085	2.362
35	10.378	1.753	75	11.103	2.386
36	10.764	2.116	76	10.399	2.230
37	10.652	2.107	77	12.392	2.681
38	10.633	2.035	78	12.891	2.716
39	10.655	1.996	79	11.360	2.337
40	11.758	2.194	80	10.163	2.095
Profundidad en	% Ópalo	Tasa de Acumulación	Profundidad en	% Ópalo	Tasa de Acumulación

el núcleo (cm)	Biogénico	de Masa (OB) mg/cm2/año	el núcleo (cm)	Biogénico	de Masa (OB) mg/cm2/año
81	10.304	2.019	121	11.930	2.449
82	10.606	2.027	122	10.680	2.255
83	10.360	1.999	123	10.867	2.232
84	11.163	2.241	124	12.755	2.603
85	10.730	2.150	125	11.759	2.443
86	10.908	2.256	126	11.804	2.395
87	10.437	2.026	127	10.832	2.214
88	10.558	2.044	128	11.324	2.209
89	10.086	1.919	129	12.231	2.404
90	10.713	2.091	130	11.824	2.363
91	10.719	2.155	131	12.414	2.458
92	9.902	1.977	132	11.261	2.248
93	9.067	1.902	133	11.532	2.287
94	10.231	2.170	134	10.303	2.126
95	9.197	1.891	135	11.599	2.438
96	8.940	1.886	136	11.160	2.243
97	9.630	1.928	137	10.083	2.120
98	9.617	2.060	138	10.816	2.144
99	10.707	2.216	139	8.660	1.814
100	10.814	2.066	140	11.815	2.479
101	10.629	2.291	141	11.321	2.345
102	11.070	2.264	142	10.775	2.142
103	11.171	2.349	143	11.224	2.132
104	10.584	2.255	144	9.969	2.023
105	11.403	2.454	145	11.127	2.261
106	10.463	2.117	146	12.594	2.517
107	10.937	2.355	147	12.981	2.627
108	10.652	2.244	148	12.560	2.631
109	10.581	2.211	149	11.318	2.389
110	10.338	2.277	150	12.014	2.471
111	11.639	2.516	151	11.575	2.478
112	10.382	2.243	152	12.473	2.663
113	11.400	2.552	153	11.867	2.764
114	10.215	2.291	154	11.251	2.489
115	11.084	2.374	155	9.454	2.127
116	10.944	2.315	156	9.672	2.304
117	11.024	2.220	157	10.084	2.311
118	10.636	2.289	158	9.898	2.324
119	12.943	2.657	159	14.626	3.496
120	12.025	2.367	160	10.355	1.899

Profundidad en el núcleo (cm)	% Ópalo Biogénico	Tasa de Acumulación de Masa (OB) mg/cm2/año	Profundidad en el núcleo (cm)	% Ópalo Biogénico	Tasa de Acumulación de Masa (OB) mg/cm2/año
161	11.242	2.262	201	10.943	2.335
162	12.755	2.585	202	10.961	2.380
163	11.697	2.423	203	11.034	2.361
164	12.186	2.729	204	10.432	2.286
165	11.330	2.468	205	14.958	3.212
166	11.213	2.307	206	11.953	2.465
167	11.384	2.453	207	11.354	2.427
168	11.095	2.366	208	11.513	2.306
169	11.176	2.401	209	12.534	2.570
170	11.285	2.313	210	13.292	2.919
171	11.347	2.359	211	11.786	2.545
172	10.790	2.236	212	11.786	2.573
173	11.554	2.415	213	13.338	2.961
174	11.652	2.329	214	11.571	2.447
175	10.046	1.942	215	11.137	2.369
176	10.030	2.107	216	12.156	2.690
177	10.139	2.170	217	13.237	2.885
178	7.439	1.646	218	13.482	2.902
179	10.816	2.397	219	12.950	2.634
180	10.388	2.322	220	14.015	2.989
181	10.536	2.266	221	14.949	3.274
182	10.970	2.258	222	12.990	2.806
183	10.498	2.210	223	13.244	2.956
184	10.359	2.179	224	11.126	2.415
185	10.082	2.107	225	11.974	2.613
186	11.533	2.443	226	12.305	2.667
187	10.248	2.247	227	11.508	2.515
188	10.093	2.155	228	11.225	2.453
189	12.712	2.606	229	11.748	2.471
190	14.603	2.953	230	10.867	2.341
191	11.407	2.487	231	10.762	2.250
192	11.637	2.616	232	11.775	2.541
193	10.768	2.149	233	11.720	2.562
194	11.383	2.318	234	11.929	2.769
195	12.164	2.478	235	11.095	2.509
196	10.751	2.162	236	10.478	2.242
197	13.549	2.877	237	11.712	2.610
198	11.392	2.309	238	12.738	2.772
199	12.811	2.613	239	12.246	2.689
200	8.017	1.674	240	10.238	2.046

Profundidad en el núcleo (cm)	% Ópalo Biogénico	Tasa de Acumulación de Masa (OB) mg/cm ² /año	Profundidad en el núcleo (cm)	% Ópalo Biogénico	Tasa de Acumulación de Masa (OB) mg/cm ² /año
241	9.982	2.184	251	14.552	3.144
242	10.467	2.291	252	14.420	3.113
243	12.121	2.633	253	15.143	3.269
244	11.654	2.518	254	13.173	2.843
245	11.907	2.576	255	14.651	3.162
246	13.111	2.826	256	13.454	2.905
247	14.266	3.072	257	14.648	3.165
248	13.989	3.004	258	14.265	3.081
249	13.013	2.819	259	12.389	2.675
250	13.723	2.969			