

00322
196



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

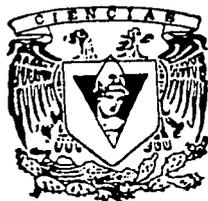
**EFFECTO DEL ENRIQUECIMIENTO POR CARBONO
BIOGÉNICO SOBRE LA COMUNIDAD BÉNTICA DEL
FONDO MARINO ABISAL EN LA COSTA NOROESTE
DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G A
P R E S E N T A :

Suzzette Griselda/Tamez Cruz

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Elva Escobar Briones



**FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM**



**FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A



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.

**TESIS CON
FALLA DE
ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
"Efecto del enriquecimiento por carbono biogénico sobre la comunidad béntica
del fondo marino abisal en la costa noroeste de la Península de Baja California"

realizado por Suzzette Griselda Tamez Cruz
con número de cuenta 9430677 - 8 , quién cubrió los créditos de la carrera de Biología
Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis	Dra. Elva Escobar Briones	<i>Elva Escobar Briones</i>
Propietario	Dr. Javier Alcocer Durand	<i>Javier Alcocer Durand</i>
Propietario	M en C. Diana Raquel Hernández Robles	<i>D. R. Robles</i>
Suplente	Biol. Luis Alberto Oseguera Pérez	<i>L. A. Oseguera Pérez</i>
Suplente	Biol. Juan Antonio Salas Hernández	<i>J. A. Salas Hernández</i>

Consejo Departamental de Biología

[Firma]
M en C. Juan Manuel Rodríguez Chavez



Agradecimientos

Al ICML UNAM-CU y a los directores Dr. Antonio Peña Díaz y Dr. Adolfo García Gasca por el apoyo a este trabajo de investigación durante sus gestiones

A la Unidad Académica en Sistemas Oceanográficos y Costeros del ICML UNAM-CU por apoyo y facilidades brindadas para el desarrollo de este estudio.

A las tripulaciones del B/O ATLANTIS y del DSV ALVIN por el apoyo para la recolecta de los materiales estudiados en este trabajo.

Al CONACyT por el financiamiento parcial de este proyecto a través del apoyo G-27777B, G35442-T

A la DGAPA UNAM proyecto IN211200 por el apoyo con la beca de licenciatura de Suzzette Tamez durante sus etapas 12 y 13.

Al programa de Posgrado en Ciencias, a la Dra. Rosaura Ruiz, al C.P. José Valencia por el apoyo otorgado para una fase de entrenamiento realizada en Julio de 2003 que permitió llevar a cabo la conclusión de esta tesis.

A la Coordinación de la Investigación Científica, que a través del Dr. René Drucker facilitó la gestión del apoyo para la fase de entrenamiento que financió el Programa de Posgrado en Ciencias.

A los miembros del jurado: Dr. Javier Alcocer Durand, Antonio Salas y Luis Oseguera.

A la Dra. Elva Escobar, directora de esta tesis por haberme dado inspiración, entereza y coraje para la realización del presente trabajo y durante toda la carrera.

A los Drs. Craigh Smith, U. Hawai y Martha Torres, Universidad de Oregon State, por la invitación a colaborar en el proyecto "Sucesión y afinidades de comunidades bénticas asociadas a infiltraciones metanogénicas, cadáveres de ballenas y depósito de algas en el fondo del Talud Continental" apoyado por la NSF.

A la Dra. Elena Centeno del Instituto de Geología y a la Dra. Rosa Ma. Prool del Instituto de Geofísica por la recolecta de las muestras abisales.

Al Dr. Luis A. Soto, Laboratorio de Ecología de Bentos del ICML UNAM-CU, por el espacio otorgado a la Dra. Escobar para que se pudiera llevar a cabo este trabajo de tesis.

A mis compañeros de laboratorio por sugerencias y apoyo en el análisis de datos. Biol. Antonio Salas, Biol. Citlali Díaz, M. en C. Penélope Rodríguez.

A Carlos Illescas, Técnico del Laboratorio de Ecología del Bentos del ICMYL-UNAM por el apoyo brindado en todo momento.

A Ignacio Palomar, técnico de cómputo del ICMYL-UNAM por el apoyo brindado en todo momento.

A mi mamá, mi hermana y mi papá por apoyarme siempre.

A todas las ballenas

que yacen

en el fondo del mar



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE

I. RESUMEN

II. INTRODUCCIÓN

1, 2 y 3

III. OBJETIVOS

III. 1 Objetivos generales

3

III. 2 Objetivos particulares

4

IV. JUSTIFICACIÓN

4

V. HIPÓTESIS

4 - 5

VI. ANTECEDENTES

5- 7

VII. AREA DE ESTUDIO

VII.1 Geología y morfología

8 - 9

VII. 2 Hidrodinámica y producción

9 - 11

VIII. MATERIAL Y MÉTODO

11

VIII.1. Material colectado

11 - 13

VIII.2. Trabajo de laboratorio

13 - 14

VIII.3. Análisis elemental

14 - 15

IX. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

15 - 16

X. RESULTADOS

X.1 Análisis elemental de % C org, % N org y % S

17 - 27

X.2 Abundancia, Composición taxonómica, densidad y biomasa

27 - 48

X.3 Resultados obtenidos por medio del programa CANOCO (4.0)

48 - 51

XI. DISCUSIÓN

52 - 57

XII. CONCLUSIONES

58 - 61

XIII. REFERENCIAS

62 - 65

XIV. APÉNDICE

66 - 69

I. RESUMEN

Las muestras de meiofauna se recolectaron con nucleadores con el sumergible ALVIN en las Cuencas de San Diego, Santa Catalina, Santa Cruz y el talud de San Clemente en el Pacífico Oriental en fondos abisales de sedimentos finos. Una misma localidad (cadáveres de ballena o infiltración metanogénica) fue visitada y muestreada en varias inmersiones durante una sola campaña. Tres réplicas de cada muestra de sedimento superficial fueron recolectadas con nucleadores y dragas operadas por el sumergible para su estudio biológico y biogeoquímico. Estas réplicas se tomaron a lo largo de transectos en distancia (0m, 1m, 3m, 9m, 10, 30m y 200m) a las fuentes de enriquecimiento natural: cadáveres de ballenas (36 meses y 18 meses de permanencia en el fondo) e infiltraciones de metano. El objetivo fue evaluar la composición taxonómica, densidad y biomasa de la meiofauna en tres estratos de profundidad en el sedimento (nivel 1: de 0 a 2 cm, nivel 2: de 3 a 5 cm y nivel 3: de 6 a 10 cm); así como el contenido de carbono orgánico, nitrógeno orgánico y azufre en sedimento.

La concentración de C_{org} y N_{org} en las localidades con cadáveres de ballenas difirió de la infiltración metanogénica en que los valores promedio encontrados en los cadáveres de ballenas fueron mayores (4.9 % C_{org} , 1.94 % N_{org} cadáver de 36 meses) y (7.16 % C_{org} , 0.88 % N_{org} cadáver de 18 meses) a los encontrados en la infiltración metanogénica (2.59 % C_{org} , 0.29 % N_{org}). Con respecto a los valores promedio de %S, los encontrados en la infiltración metanogénica (1.94 %S) fueron mayores a los encontrados en los cadáveres de ballenas (0.21 %S, cadáver de 36 meses) y (0.16 %S, cadáver de 18 meses).

En el transecto a distancia de la fuente de enriquecimiento, los valores promedio de la densidad disminuyeron a distancia, con 50,000 ind·m⁻² a 0 y 1 m de distancia en el cadáver de ballena de 36 meses, (10,606 y 25,000 ind·m⁻²) a 9 y 30 m en el cadáver de ballena de 18 meses, en la infiltración metanogénica los valores mayores (28,788 y 12,121 ind·m⁻²) se reconocieron a 1 y 200m. La composición taxonómica y la riqueza no variaron entre las distintas fuentes, el grupo de nematodos y "otros grupos taxonómicos" (en el cual fueron localizados organismos a los cuales no fue posible clasificar por estar incompletos), seguido de copépodos harpacticoides y finalmente bivalvos. La riqueza de organismos no varió en ninguna de las tres fuentes (cadáver de 36 meses, cadáver de 18 meses e infiltración metanogénica).

II. INTRODUCCIÓN

El estudio ecológico de las comunidades bénticas del mar profundo es una labor difícil, debido al alto costo, la disponibilidad baja de recursos financieros, la infraestructura altamente especializada de tamaño y la resolución del muestreo para evaluar las variaciones en la escala del tamaño de estos organismos (meiofauna), los cuales forman parte de la infauna del bentos en el mar profundo. La meiofauna está compuesta por invertebrados que se distinguen por su tamaño $> 42 \mu\text{m}$ a 0.5 mm (Brusca y Brusca, 1990), el tipo de alimentación bacteriovoros y detritofago, los requerimientos respiratorios bajos $28.6 \text{ mgCm}^{-2}\text{d}^{-1}$ (Smith *et al*, 1987), la baja movilidad μmd^{-1} y a la íntima relación con el sedimento.

La zona abisal del océano es un sistema sin luz en donde la densidad de animales es aparentemente muy baja (Dayton y Hessler, 1972) debido a que una parte del alimento proviene de la exportación de columna de agua hasta estas profundidades (Dayton y Hessler, 1972). Las comunidades biológicas sostenidas por producción quimioautótrofa ocurren en una variedad de hábitats reductores en el fondo del mar profundo, como las ventilas hidrotermales (Smith y Baco 1992), las infiltraciones frías (Smith, 1989) o los cadáveres de ballenas (Feldman *et al*, 1998).

Los efectos de un aporte grande de materia orgánica como los cadáveres de ballenas y las infiltraciones metanogénicas, con emisión de gases como CH_4 , CO_2 , H_2S , debida a la descomposición del cadáver o al flujo de la infiltración tienen impacto sobre las comunidades de metazoarios como lo es la meiofauna (Dayton y Hessler, 1972). Por lo anterior es importante considerar que estos organismos, debido a su naturaleza como metazoarios, son incapaces de tolerar altas concentraciones de dichos gases disueltos reductores y la consecuente concentración de oxígeno disuelto. La evaluación de factores como riqueza taxonómica, abundancia y de factores ambientales ($\%C_{\text{org}}$, $\%N_{\text{org}}$ y $\%S$) dará información acerca de la persistencia de dichas comunidades en el sedimento bajo la influencia de alteraciones ambientales y ecológicas a lo largo del tiempo en el cual los restos en descomposición hayan ejercido su influencia sobre el sedimento y la densidad de la meiofauna. Así mismo el estudio de estas comunidades es importante para la proyección de modelos que evaluar sobre el efecto de gases tipo

invernadero y brindan información para estudios futuros de carácter astrobiológico, evolutivo y de origen de la vida, debido a las características ambientales en que se llevan a cabo estos procesos que simulan a la atmósfera primitiva de la Tierra, así como la de lunas y otros planetas.

Otros mecanismos de enriquecimiento de los fondos marinos incluyen las infiltraciones hidrotermales y las metanogénicas o frías. Estas últimas se infiltran desde a la superficie del sedimento y hacia el agua suprayacente (Milkov, 2000) y se distinguen por sus temperaturas bajas y tasas de flujo menores a las que presentan las ventilas hidrotermales, localizadas éstas últimas en centros de dispersión del piso oceánico. Las infiltraciones frías están asociadas con bases sedimentarias en consolidación, especialmente en márgenes continentales, mientras que las ventilas hidrotermales, generalmente, descansan sobre corteza oceánica joven y son dirigidas por contrastes de temperatura entre cuerpos marginales y agua marina (Milkov, 2000).

Durante los pasados 15 años, se descubrieron las infiltraciones frías a lo largo de los márgenes continentales y en los taludes que incluyen infiltraciones de metano e hidrocarburos (Casey, 2001). Estos sistemas de infiltración fría sostienen densidades elevadas de comunidades biológicas, reflejan procesos bioquímicos a profundidad y modifican la química del océano y de la atmósfera (Casey, 2001). Las comunidades asociadas a las infiltraciones metanogénicas utilizan mecanismos quimioautotróficos por asociaciones microbiológicas de vida libre o asociadas simbióticamente a anémonas, anélidos, crustáceos y bivalvos que han desarrollado estrategias para explotar ésta productividad microbiana (Casey, 2001). Las comunidades del fondo marino comúnmente dependiente de la exportación de carbono biogénico de origen fotoautotrófico (Gage y Tyler, 1991) pueden verse afectadas o beneficiadas por la presencia de infiltraciones metanogénicas. El efecto puede ser positiva al enriquecerse con bacterias que crecen asociadas a la infiltración o materiales derivados de las asociaciones biológicas. Las comunidades pueden verse afectadas por las condiciones reductoras en el sedimento, generadas por la infiltración de compuestos reducidos y la falta de oxígeno disuelto requerido por los metazoarios.

La acumulación de carbonatos autigénicos y otros minerales generados por la infiltración metanogénica son importantes para el asentamiento de la infauna del fondo marino, los patrones de fluidos reducidos que son una fuente significativa en el balance químico del océano y la atmósfera y que influyen en el a largo plazo al cambio global (Casey, 2001).

Los fluidos de infiltraciones son químicamente diversos, consistentes de gas, aceite y varias mezclas de éstos. Los compuestos más comunes en infiltraciones incluyen CH_4 , CO_2 , N_2 y H_2S (Fisher *et al.*, 2000). El metano, que domina las infiltraciones es el más estudiado debido al impacto que tiene sobre las comunidades del mar profundo y su efecto en el cambio global.

Este estudio evaluará el efecto de dos fuentes principales de enriquecimiento de carbono en la zona abisal: los cadáveres de ballenas (de 18 y 36 meses) y las infiltraciones frías.

III. OBJETIVOS

III.1 Objetivo general

Describir los cambios en la estructura comunitaria (composición y riqueza taxonómica, densidad y biomasa total) de la meiofauna del mar profundo (> 200m) a lo largo de un gradiente a distancia de un aporte masivo de carbono biogénico proveniente de dos cadáveres de ballenas y de una infiltración de metano.

Con base en el conocimiento teórico se sabe que el aporte masivo de materia orgánica consume el oxígeno disuelto intersticial y suprayacente al fondo marino, limitando la presencia de metazoarios, reduciendo la riqueza de las especies y la abundancia. El efecto de la perturbación generada por el aporte masivo de materia orgánica al fondo abisal o por la infiltración metanogénica será medido a partir del cambio de la estructura comunitaria meiofaunal en las variables ecológicas composición y riqueza de especies, densidad y biomasa. En este estudio se describen los patrones de la distribución de la comunidad de meiofauna abisal en un transecto a distancia de la fuente de enriquecimiento hacia la zona abisal no afectada.

III. 2 Objetivos particulares

1. Evaluar el efecto del aporte masivo de materia orgánica al sedimento a partir de las concentraciones de C_{org} , N_{org} y S_{org} en el sedimento superficial (0 a 2 cm, 3 a 5 cm y 5 a 10)
2. Describir el efecto generado por los cadáveres de ballenas y el efecto de la infiltración metanogénica sobre los patrones de cambio en la estructura de la comunidad meiofaunal (riqueza y composición taxonómica, densidad y biomasa).
 - a. en el transecto a distancia de la fuente.
 - b. hacia el interior del sedimento.
3. Relacionar los patrones de cambio en la estructura meiofaunal (riqueza y composición taxonómica, densidad y biomasa) observados con los factores ambientales de enriquecimiento sobre el sedimento.

IV. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio responde a la necesidad de entender el papel que las fuentes de materia orgánica (cadáveres de 18 meses y tres años e infiltración) juegan en la estructuración de la comunidad meiofaunal para la generación de mosaicos de microsucesión espacial en la zona abisal subtropical. La cantidad de materia orgánica, el tipo de sedimento y la temperatura en el fondo marino son determinantes en la regulación del contenido de oxígeno disuelto en el agua intersticial y determinan la estructura comunitaria meiofaunal.

V. HIPOTESIS

Ho El enriquecimiento por cadáveres de ballena e infiltraciones afectará la comunidad meiofaunal, modificando los patrones de distribución que caracterizan a los fondos abisales.

H_a El enriquecimiento por cadáveres de ballena e infiltraciones no afectará la comunidad meiofaunal cuyos patrones de distribución dependen del carbono biogénico exportado de la zona eufótica estacionalmente a los fondos abisales.

VI. ANTECEDENTES

A la fecha se conocen provincias de hidrocarburos como las del sur de California (Milkov, 2000) y las del Golfo de México (Sassen et al, 1993). Las investigaciones realizadas con el DSRV Alvin y el ROV Jason en 1980 y 1990, descubrieron numerosos sitios de infiltraciones a lo largo de márgenes continentales en el océano global reconociendo que el fenómeno de las infiltraciones no está restringido a provincias de hidrocarburos, pero que es una característica general del sistema geohidrológico de márgenes continentales (Casey, 2001).

La primera comunidad quimioautotrófica sostenida por el esqueleto y tejido en descomposición de una ballena, rico en lípidos, fue descubierta por Smith y Baco (1998) a 1240 m de profundidad en la Trinchera de Santa Catalina al sur de California.

Los estudios preliminares realizados de 1978 a 1991 reconocieron que los esqueletos de las ballenas albergan una fauna abundante y diversa incluyendo almejas vesicomidales y mejillones, en parte alimentados por la producción basada en azufre de la descomposición del cadáver (Smith, 1989). Las comunidades quimioautotróficas sostenidas energéticamente por los esqueletos de ballenas se han documentado a la fecha en al menos nueve sitios en el Pacífico Norte y ocho sitios en el registro fósil (Goedert *et al*; 1995). Los estudios de Smith *et al* (1998) indican que las comunidades que se desarrollan asociados a huesos de ballenas en el talud atraen densidades elevadas de organismos oportunistas. El aporte masivo de alimento actúa como un perturbador ambiental que afecta en la escala local la composición faunística, la densidad y la biomasa (Torres et al; 2002).

Los cadáveres de ballenas son un hábitat donde el reciclaje de materia orgánica es dinámico con características particulares de ecología y evolución de organismos sulfurreductores, de las especies oportunistas y carroñeras en el piso marino (Cosson et al; 1997).

El tiempo de residencia de los aportes biogénicos al fondo es corto. Dada la velocidad con la cual los carroñeros móviles se agregan alrededor del cadáver y consumen el alimento exportado estos eventos son poco comunes y solamente se han podido registrar por las cámaras submarinas y en las trampas de sedimento (Tabla 1).

Otro mecanismo de reconocer el aporte de alimento exportado es midiendo el gasto en respiración del bentos y balanceando este gasto con la cantidad requerida de carbono orgánico Hinga *et al* (1979), estimaron el consumo de O_2 de la infauna béntica a 650 m con cámaras y estimaron el flujo de carbono orgánico particulado que llega al fondo con trampas de sedimento. Los resultados reconocen que la respiración de la infauna béntica no se correlacionó con el material particulado capturado por la trampa. El balance de este déficit de consumo de O_2 sugiere que un total de $200 \text{ kg}\cdot\text{día}^{-1}$ de materia orgánica es aportado en parcelas y sostiene al bentos. De algún modo estas parcelas son dispersadas eficientemente y explican este déficit.

La evidencia indirecta de caída de alimento proviene del contenido estomacal de peces macrouridos de mar profundo (Pearcy y Ambler, 1974), Tabla 1.

Tabla 1. Registros fotográficos de material exportado al fondo marino (Stokton y De Lac, 1982). ¹ Fauna de mar profundo, ² Topografía y sedimentos, ³ Nódulos de manganeso, ⁴ Megainvertebrados, ⁵ Historias de vida en el bentos, ⁶ Macro bentos, ⁷ Peces (*Antimora*), ⁸ Organismos bentónicos removiendo nódulos de manganeso, ⁹ Fondo abisal, ¹⁰ Peces bénticos.

Autor	Ubicación	Evento	Area (m ²)	Área/Foto (m ²)	Profundidad (m)	
Menzies (1963)			192	ca.2	3700	-----
F.M.P. ¹						
Emery & Ross (1968)			2.5x10 ⁶	-----	1400	71° W, 40° N T
y S ²						
Brundage et al (1967)			-----	-----	2500	65° W, 42° N
F.M.P. ¹						
Roper & Brundage (1972)			6.1x10 ⁴	11.5	3900	65° W, 18° N
F.M.P. ¹						
Roper & Brundage (1972)			1.9x10 ⁵	18.7	5000	77° W, 29° N
F.M.P. ¹						
Roper & Brundage (1972)			9.0x10 ⁵	-----	4300	65° W, 32° N
F.M.P. ¹						
Roper & Brundage (1972)			2.7x10 ⁶	-----	2500	65° W, 41° N
F.M.P. ¹						
Amos et al (1977)			2.7x10 ⁴	12.2	5000	151° W, 8° N
N.M. ³						
Rowe & Menzies (1969)			1.8x10 ⁴	6.3	-----	74° W, 33° N
M. ⁴						
Grassle et al (1975)			1.2x10 ⁴	4.0	-----	71° W, 40° N
H.V.B. ⁵						
Barham et al (1967)			188	1.0	1200	117° W, 32° N
MB. ⁶						
Cohen (1977)			100	-----	2400	72° W, 39° N
Peces. ⁷						
Paul (1976)			3031	8.3	4500	126° W, 14° N
O.B.N. ⁸						
Paul et al (1978)			8.1x10 ⁴	10.3	4900	140° W, 11° N
F.A. ⁹						
Marshal & Bourne (1964)			1750	-----	300	44° E, 12° N
P.B. ¹⁰						
Marshal & Bourne (1964)			1045	-----	1200	46° E, 13° N
P.B. ¹⁰						
Marshal & Bourne (1964)			400	-----	1200	42° E, 16° N
P.B. ¹⁰						
Marshal & Bourne (1964)			1660	-----	1100	36° E, 24° N
P.B. ¹⁰						
Marshal and Bourne (1964)			300	-----	1800	41° E, 17° N
P.B. ¹⁰						
Marshal and Bourne (1964)			850	-----	2200	36° E, 25° N
P.B. ¹⁰						

La formación de la borderline es el resultado de movimientos tectónicos y de rotación a lo largo de una de falla transformante asociada con la colisión de las placas Pacífica y Norártica. Las subducciones ampliamente distribuidas y la formación de cuencas inició en el Neoceno y continúa hasta nuestros días (Maxwell, 1971). Estos centros de depósito de sedimento están localizados entre las aguas fértiles de la corriente de California con altos rangos de producción orgánica. Las cuencas, incluyendo su talud y fondos cubren cerca del 65% de fuera del área de costa del área norte. Varían en geometría y profundidad del agua, aunque existe una línea general en la cual cerca de las cuencas de la costa son menores de 1000 m de profundidad con amplios fondos; mientras que las cuencas alejadas de la costa tienen una profundidad mayor a 1500m con cuencas estratificadas y fondos irregulares (Maxwell, 1971).

Las cuencas cercanas a la costa tienen menos de 750 m de limo mientras que las que se encuentran fuera de las cuencas consisten de limos y se localizan a profundidades de 1000 a 1100 m. Cerca del continente el aporte terrígeno es de $>35\text{mgcm}^{-2}\text{año}^{-1}$ y puede exceder en $50\text{mgcm}^{-2}\text{año}^{-1}$ (Emery, 1960). El flujo de material silicoclástico ocurre típicamente durante el aporte de lluvia de invierno y la sedimentación excede los valores de la subsidencia. Los de fondos planos son los sitios de depósito. Las cuencas que se encuentran fuera de la costa están cubiertas principalmente por aporte clástico y con depósito menor a $20\text{ mg x cm}^{-2} \text{ x año}^{-1}$ (Emery, 1960).

VII.2 Hidrodinámica y producción

La estructura hidrográfica más importante a lo largo de la costa de California es la corriente de California así como la corriente de Davidson y los sistemas de surgencias que a cambio controlan las masas de aguas, nutrientes y la distribución de la productividad biológica (Maxwell, 1960). La temperatura en el fondo es 4.1 C con sedimento arcilloso (Emery, 1960). El oxígeno penetra unos pocos milímetros bajo la interfase del sedimento y el agua (Archer *et al.*, 1989).

El margen orientado del giro del Pacífico Norte que fluye en dirección al Ecuador (sur), tiene un efecto amplio, es poco profundo, su acción es compleja en la costa occidental de Norteamérica. En el fondo la corriente es desviada hacia el oeste, el aporte de agua

dulce de los continentes hace la corriente menos salina y fría que el agua del Pacífico norte (Tchernia, 1980). Las propiedades principales del agua superficial en esta zona son la baja salinidad ($< 34\%$), temperaturas templadas ($17-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) y un contenido alto de oxígeno disuelto ($> 5.5\text{ml l}^{-1}$). Las propiedades varían estacionalmente y con la profundidad. En los meses de verano la termoclina se presenta a menos de 50m. Por debajo de los 200 m las variaciones estacionales son incipientes; la corriente de California está confinada a la cima a 200 a 300 m de profundidad entre los 250 km de la línea de costa (Tchernia, 1980).

La corriente de Davidson va en sentido a los polos alcanzando profundidades menores de 200 m y extendiéndose temporalmente a la superficie cercana a la costa con una dirección de flujo compleja y estacional. Esta masa de agua subsuperficial se deriva de la corriente del Pacífico tropical oriental y está enriquecida en nutrientes con agua más salina y niveles bajos de oxígeno disuelto (Tchernia, 1980). Debajo de los 300 m, el agua de la línea de costa es relativamente constante en carácter y cambia muy poco conforme aumenta la profundidad del agua; siendo ésta rica en nitratos $> 25\mu\text{ml l}^{-1}$, deficiente en oxígeno disuelto $> 2\text{ml l}^{-1}$, fría $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y más salina > 34.2 ups (Emery, 1960).

Los vientos del noroeste afectan la superficie durante la primavera y el verano generando un transporte Ekman hacia fuera de costa y promoviendo surgencias a lo largo de la costa de California. Las aguas de surgencia introducen nutrientes a la zona eufótica en sitios localizados a lo largo de la línea de costa, particularmente en proyecciones costeras y en el área del giro ciclónico situado en las cuencas externas. Estas surgencias aportan lluvia de alimento de origen fotoautotrófico exportado por la cadena de herbívoros; p.e. algas agregadas, algas no ingeridas, heces fecales y mudas de invertebrados. Como resultado, se reconocen gradientes verticales en nutrientes que determinan la productividad primaria en la capa eufótica y el flujo de materia orgánica exportado al fondo marino (Maxwell, 1971). Las concentraciones más elevadas de nutrientes son encontradas en la zona de surgencia y en plumas a lo largo de costas, primariamente situadas sobre las Cuencas de Santa Bárbara, Santa Mónica y San Pedro (Emery, 1960).

La productividad primaria en la Corriente de California varía de $50 \text{ g}\cdot\text{Cm}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ a $200 \text{ g}\cdot\text{Cm}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ ocurriendo durante años de flujo intenso. Durante el fenómeno de El Niño se presentan comúnmente valores bajos (Eppley *et al*, 1986). Los estudios de Jackson (1988) revelan que gran parte de la productividad primaria ocurre en la parte profunda de la zona eufótica y es reciclada en los 100 m superiores. El material exportado de la zona fótica al fondo está compuesto principalmente por zooplancton, heces fecales y material particulado fino agregado (talla $<5 \mu\text{g}$).

VIII. MATERIAL Y MÉTODO

Las muestras y materiales correspondientes a este estudio se recolectaron en dos diferentes campañas oceanográficas "**Sucesión y afinidades de infiltraciones de cadáveres de ballenas y algas en el fondo del talud continental de California**" I y II , llevadas a cabo en octubre de 1999 y marzo del 2000 respectivamente a bordo de B/O ATLANTIS II de WHOI en colaboración con el Colegio de Ciencias Oceánicas y Atmosféricas de la Universidad del estado de Oregon así como con la Escuela de Oceanografía, Tecnología y Ciencias de la tierra de la Universidad de Hawai. Las localidades en las cuales se realizaron las colectas de sedimento y fauna de este estudio se presentan en las tablas 2 y 3.

VIII.1. Material recolectado

Las muestras se obtuvieron con núcleos de acrílico de 0.0003 m^2 de diámetro recuperados por el brazo mecánico del sumergible ALVIN en cada una de las inmersiones. La tabla 1 presenta las referencias geográficas de cada inmersión. En cada inmersión se tomaron fotografías y se recolectaron registros ambientales, muestras biológicas y de sedimento. La duración de cada inmersión fue de ocho horas. Las muestras de sedimento para llevar a el cabo análisis de la distribución de meiofauna contempló muestreos replicados ($n=3$) en cada localidad en los diferentes puntos a distancia de la fuente (cadáver de ballena e infiltración). Una submuestra adicional se obtuvo para evaluar las características determinantes del sedimento como el de carbono orgánico, nitrógeno y materia orgánica. Los datos de profundidad y temperatura se tomaron en cada inmersión en los puntos de colecta con sensores del sumergible y los datos de salinidad se calcularon a partir de la conductividad. El

número total de inmersiones para la recolecta del material biológico fue de cinco en la primera campaña y de seis en la segunda (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Ubicación geográfica y codificación de las inmersiones de las cuales provienen las muestras de meiofauna recolectadas en la Campaña I.

# Inmersión		Latitud N	Longitud W	Región	Profundidad (m)
Ballenas					
AD 3481	(36 meses en el fondo)	32° 21' 21"	117° 17' 58"	Cuenca de San Diego,	1205
AD 3483	(18 meses en el fondo)	32° 17' 45"	119° 12' 55"	Cuenca Santa Catalina	1675
AD 3484	(18 meses en el fondo)	33° 17' 43"	119° 13' 10"	Cuenca Santa Cruz	1663
AD 3485	(18 meses en el fondo)	32° 21' 21"	117° 17' 58"	Cuenca Santa Catalina	1674
Infiltración					
AD 3487		32° 8' 7"	117° 25' 34"	Talud de San Clemente	1806

Tabla 3. Ubicación geográfica y codificación de las inmersiones de las cuales provienen las muestras de meiofauna recolectadas en la Campaña II.

# Inmersión	Latitud N	Longitud W	Región	Profundidad (m)
Infiltración				
AD 3534	32° 21' 21"	117° 27' 57"	Talud de San Clemente	1750
AD 3535	32° 8' 20"	117° 25' 30"	Talud de San Clemente	1748
AD 3536	32° 6' 25"	117° 29' 13"	Talud de San Clemente	1890
AD 3537	32° 2' 30"	117° 18' 37"	Talud de San Clemente	1515
AD 3438	32° 21' 36"	118° 30' 35"	Talud de San Clemente	2021

Tabla 4. Distancias a las cuales se recolectaron en triplicado las muestras de meiofauna a partir de la fuente de materia orgánica en las Campañas I y II.

#Inmersión	Distancia (m)				
Campaña I					
Ballenas					
	36 meses				
AD 3481	0	1	3		
	18 meses				
AD 3483	0	1			
AD 3484			3	9	
AD 3485			3	9	30
Infiltración					
AD 3487	0	1	10	200	
Campaña II					
Infiltración					
AD 3534	0				
AD 3535		1			
AD 3536		30			
AD 3537	> 200				
AD 3438	0				

Las muestras de meiofauna recolectadas se obtuvieron a lo largo de transectos con puntos ubicados a diferentes distancias de la fuente de carbono, que en este estudio fueron los cadáveres de ballenas y las infiltraciones metanogénicas. A lo largo de cada transecto se tomaron las muestras en un diseño que permitió evaluar el efecto del enriquecimiento por carbono a distancia de la fuente. Las distancias de recolecta a partir de los cadáveres de ballena e infiltraciones metanogénicas a las que se obtuvieron las muestras en cada inmersión se presentan en la Tabla 4.

En virtud de que la materia orgánica se remineraliza de la superficie al interior del sedimento y esta remineralización consume el oxígeno disuelto hacia el interior del sedimento, la estructura de la comunidad asociada se ve afectada, por lo anterior los núcleos fueron procesados a bordo segmentando cada núcleo en tres niveles de profundidad.

Niveles	Profundidad en el sedimento
Primer nivel o superficial	0 a 2 cm
Segundo nivel o intermedio	3 a 5 cm
Tercer nivel o profundo	5 a 10cm

Cada sección de sedimento fue tamizada por separado en cada núcleo a través de una malla de 42 μm . El sedimento retenido en el tamiz fue fijado con etanol absoluto y tinción de Rosa de Bengala que como colorante vital facilitó la separación de los organismos del sedimento en el laboratorio. Cada muestra se vació en viales previamente etiquetados, rotulados para su posterior análisis.

VIII.2. Trabajo de laboratorio

Las muestras se revisaron en cajas de Petri bajo el microscopio estereoscópico. Los organismos encontrados se separaron del sedimento, se identificaron a nivel Phylum y se cuantificaron para obtener las abundancias. La clasificación usada en el ordenamiento de grupos taxonómicos siguió el esquema propuesto por Brusca y Brusca (1990). Posteriormente los organismos se almacenaron por grupo taxonómico en viales de 20 ml, en etanol al 70%, debidamente etiquetados y se registraron por composición y abundancia en hojas de cálculo.

Una vez obtenida la abundancia se calculó la densidad a partir del área inicial de cada núcleo ($A=0.0003 \text{ m}^2$) y transformada a $\text{ind}\cdot\text{m}$

y posteriormente se realizó una transformación a phf (g/m^2) y se multiplicó por una constante de porcentaje a unidades de carbono orgánico ($\text{gC}\cdot\text{m}^2$) para cada componente taxonómico con base en una constante por grupo taxonómico propuesta por Rowe (1983).

VIII.3. Análisis elemental

El material lábil que puede ser usado por los organismos en el sedimento (bacterias, meiofauna blanda) incluye las fracciones orgánicas de carbono, nitrógeno y azufre. Los análisis en la submuestra de sedimento recolectada para evaluar la composición elemental de %C, %N y %S, se llevaron a cabo en un analizador elemental EA 1108, Fison. El método analítico está basado en la oxidación completa e instantánea de la muestra por combustión rápida, la cual convierte todas las sustancias orgánicas e inorgánicas en productos de combustión. Los gases resultantes de la combustión pasan a través de un reactor de reducción y son llevados dentro de una columna cromatográfica por el gas conductor helio, donde son separados y detectados por conductividad térmica (TCD), dando una señal proporcional a la concentración de los componentes individuales de la mezcla.

La técnica se basa en el método cuantitativo denominado 'dynamic flash combustión'. La muestra de sedimento seco (15 mg), es depositada en cápsulas de estaño que posteriormente son colocadas dentro de un disco en el 'Muestreador automático', donde son purgadas con un flujo continuo de helio y son liberadas a ciertos intervalos dentro de un tubo vertical de cuarzo que es mantenido a 1020°C (Reactor de combustión). Cuando las muestras son liberadas en éste, el flujo de helio es temporalmente enriquecido con oxígeno puro y la muestra junto con su contenedor se funde, aquí el estaño promueve una reacción violenta (flash combustión) en una atmósfera temporalmente enriquecida en oxígeno. La combustión cuantitativa se obtiene al pasar la mezcla de gases por una capa catalizadora. La mezcla de gases pasa después por una capa de cobre que remueve el exceso de oxígeno y reduce los óxidos de nitrógeno a nitrógeno elemental.

La mezcla resultante es dirigida a la columna cromatográfica (Porapak PQS) donde los componentes individuales son separados y expresados como N_2 , CO_2 , H_2O y SO_2 , con la ayuda del detector de conductividad térmica cuya señal alimenta a una memoria

potenciométrica o a un integrador, o a la estación de trabajo automática conocida como EAGER 200, el instrumento es calibrado con el análisis de compuestos estándar usando un método de regresión lineal incorporado en la estación de trabajo utilizando el Manual técnico del analizador elemental EAGER 200. Los valores obtenidos se expresan en porcentaje del peso de muestra analizado para las fracciones orgánicas de carbono, nitrógeno y azufre.

IX. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El muestreo contempló como esquema experimental dos campañas en las cuales los núcleos de sedimento se recolectadas aleatoriamente a lo largo de transectos que consideraron tres estratos de profundidad en el sedimento. Las ballenas y la infiltración metanogénica se consideraron los dos recursos sobre los cuales evaluaremos el efecto de enriquecimiento sobre la variación en la estructura comunitaria (riqueza de taxa, abundancia, densidad y biomasa).

Los núcleos se tomaron como réplicas triplicadas para cada combinación de factores (ballenas o infiltración) con un diseño analítico que contempló tres fuentes distintas a tres diferentes profundidades en el sedimento y ubicación con respecto a la fuente (4 a 5 distancias). Para evaluar si existen diferencias significativas entre la composición, riqueza taxonómica, abundancia y biomasa de la meiofauna y la relación de estos cambios con concentraciones de C_{org} , N_{org} , S_{org} se llevó a cabo un análisis de correlación múltiple con base en (Hair *et al*, 1999) La contribución en porcentaje de cada grupo taxonómico se representó gráficamente. Los datos se analizaron con base en el esquema experimental descrito con anterioridad con un MANOVA y un análisis de redundancia con el programa STATISTICA (Hair *et al*, 1999) que consideró que los factores aleatorios pueden sesgar las pruebas estadísticas, por lo que se llevó a cabo un análisis comparativo en un mismo sitio a distancia de la fuente (factor aleatorio) y al interior del sedimento (factor aleatorio) para evaluar si existen diferencias significativas entre tipo de recurso y entre crucero.

Los datos se procesaron con un análisis de correspondencia para encontrar pesos óptimos para un grupo de variables ambientales (X) para ser usadas como predictores para especies (Y) (Legendre y Legendre, 1998). Este se expresó por medio de gráficas y tablas generadas con el programa CANOCO, versión 4.0 permitieron elaborar

diagramas de doble proyección que se representan como un diagrama de ordenación en donde los objetos y las variables de la matriz guía "Y", son analizadas en componentes principales y en análisis factorial de correspondencia. Así como para los objetos, variables de la matriz respuesta "Y" y las variables de la matriz explicativa "X" en ordenación canónica, son analizados con un análisis canónico de redundancia (ACR) y con un análisis canónico de correspondencia (ACC) (Legendre, *pers. comm.*).

En el ACC las variables explicativas de la matriz "X" son representadas dentro del diagrama a calcular la correlación lineal ponderada con cada vector K donando la posición de sitios dentro del espacio canónico. Las ponderaciones son las sumas de líneas de tablas de frecuencias (matriz "Y"). Como en el ACR, las variables explicativas binarias pueden ser representadas dentro del diagrama por el centroide de objetos que posean la característica en cuestión.

El tipo de diagrama utilizado en este estudio se denomina de tipo 1 y consistió en la ordenación de sitios (objetos, líneas de tablas). Dentro del espacio factorial total, las distancias entre los sitios son las distancias de X^2 de los valores de las líneas de la tabla original. En el diagrama de proyección doble, las localidades son un baricentro (centro de masa) de espacios (columnas de tabla). El diagrama mantiene las correlaciones entre las variables consideradas, de manera que los vectores proporcionados son normados a 1 (Legendre, *pers. comm.*).

En los tres ambientes (cadáver 36 meses, cadáver de 18 meses e infiltración) se realizó una prueba de permutación y una regresión polinomial, se aplicó un tratamiento a los datos por medio de la transformación Hellinger. Las variables seleccionadas para esta transformación fueron grupos taxonómicos (abundancia), distancia al cadáver, variables ambientales (% C, % N y % S). En los datos de la infiltración metanogénica se realizó adicionalmente una prueba de permutación y una regresión polinomial. Los resultados preliminares no mostraron efectos significativos por lo cual se removió la variable de % S por no mostrar efecto alguno.

X. RESULTADOS

X.1. Contenido de C_{org} , N_{org} y azufre en sedimento

Los resultados del análisis elemental para evaluar el contenido de carbono orgánico, nitrógeno orgánico y azufre en el sedimento superficial en gradiente de distancia de las fuentes de enriquecimiento, ballenas e infiltración, se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores que corresponden al promedio de los tres niveles de profundidad en sedimento de % C_{org} , % N_{org} , % S_{org} en muestras de sedimento en gradiente de distancia de la fuente de enriquecimiento (cadáver de 36 meses, cadáver de 18 meses, infiltración metanogénica) y hacia el interior del sedimento en la costa occidental de la península de Baja California. Abreviaturas: Desv.est. = Desviación estándar.

	%C	%N	%S
Distancia	Cadáver de 36 meses.		
0m	4.36	0.51	0.18
1m	5.67	0.65	0.16
3m	4.67	0.67	0.37
promedio	4.90	0.61	0.24
desvest	0.68	0.09	0.11
Distancia	Cadáver de 18 meses.		
0m	4.87	0.57	0.37
1m	6.39	0.78	0.43
3m	7.08	0.83	0.26
9m	7.1	0.88	0.33
30m	7.22	0.88	0.21
promedio	7.16	0.88	0.27
desvest	0.08	0.03	0.06
Distancia	Infiltración metanogénica.		
0m	2.07	0.23	1.94
1m	2.69	0.28	0.27
10m	2.11	0.22	0.36
200m	3.48	0.41	0.10
promedio	2.59	0.29	0.67
desvest	0.68	0.10	0.14

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

X.1. Análisis elemental de %C_{org}, %N_{org} y %S

Carbono orgánico en sedimento

Los valores de % C_{org} tienden a disminuir de las capas superficiales del sedimento con respecto a la capa profunda en el sedimento. En el caso de los cadáveres de ballena (36 y 18 meses) el patrón común observado fue el de presentar valores más altos en la capa superficial del sedimento (5.67 y 7.10 % C_{org}, respectivamente) y valores menores en las capas intermedia y profunda (3.0 y 3.9 % C_{org}, respectivamente, Tabla 6). Los valores de las concentraciones en la infiltración metanogénica fueron menores en la capa profunda, comúnmente de 2.07 a 3.48 % C_{org}, con respecto a la capa de superficie; Fig. 2 y tabla 6.

Gradiente en distancia. En general los valores de % C_{org} aumentaron con la distancia del cadáver de ballena (Fig. 3), con valores promedio más alto a 3 m de distancia (cadáver de 36 meses 5.67% C_{org}) y a 30 m de distancia (cadáver de 18 meses, 7.22% C_{org}). Se observa en la capa superficial e intermedia del sedimento un incremento pequeño de 0 m a 1 m (~2.0% C_{org}) para después decrecer a los 9 m. En la capa profunda se observa un incremento de 0 m a 1 m (~2.5% C_{org}), Figs. 2 y 3.

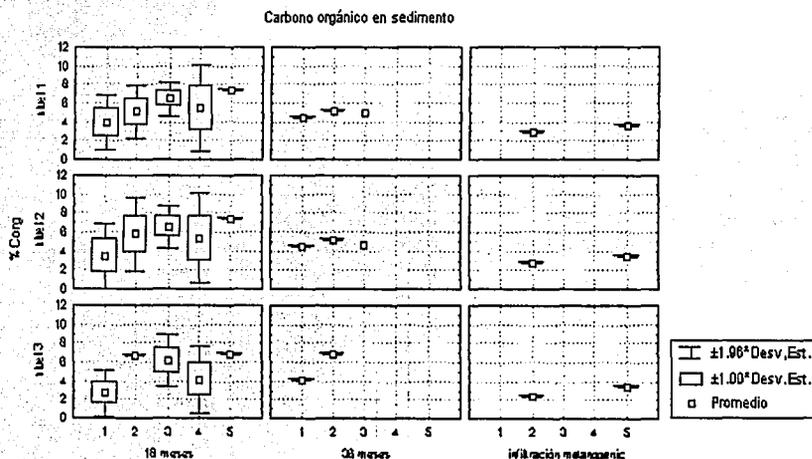


Fig. 2. Distribución del carbono orgánico (%) en sedimento a distancia de la fuente de enriquecimiento (cadáver de 18 meses, cadáver de 36 meses, e infiltración metanogénica) y en el interior del sedimento (nivel 1= 0 a 2 cm, nivel 2= 3 a 5 cm, nivel 3= 5 a 10 cm) de valores promedio. Código: 1= 0m, 2= 1m, 3= 3m, 4= 9m y 10m, 5= 30 y/o 200 m de distancia.

En la ballena de 36 meses los valores menores de % C_{org} en la superficie del sedimento se reconocieron a 1 m (4.36 % C_{org}), los valores más elevados a 3 m de distancia (5.67 % C_{org}). En la capa intermedia los valores de C_{org} mostraron ser más elevados a 1m (5.1 % C_{org}), mientras los valores menores se registraron en la zona del cadáver (0m) con 4.2 % C_{org} . Este mismo patrón se reconoció en la capa profunda de sedimento con valores más bajos a 0 m (4.2 % C_{org}) y los más elevados a 1 m (5.50 % C_{org}). En las capas superficial e intermedia la media osciló entre 4.67 y 5.67 % C_{org} (capa superficial) y 4.0 a 5.10 % C_{org} (capa intermedia), lo que refiere a una distribución del carbono orgánico relativamente homogénea en las capas superficiales del sedimento. Los valores presentaron una desviación estándar grande y por lo que no existen diferencias significativas entre los tres niveles de profundidad en el sedimento, Fig. 2.

En la ballena de 18 meses la concentración de % C_{org} en la capa superficial varió con los valores más bajos a 0 m (4.87 % C_{org}) de distancia y los valores más altos a 30 m (7.22 % C_{org}). Los valores de C_{org} en la capa intermedia fueron más bajos (4.87 % C_{org}) a 0 m de distancia y los más altos a 30 m (7.22 % C_{org}); la tendencia fue a aumentar con la distancia al cadáver. En la capa profunda este mismo patrón se repitió con los valores más bajos registrados a 0 m (3.8 % C_{org}), en donde los valores más elevados fueron registrados a 3 m (7.08 % C_{org}), Fig. 2.

Los valores de contenido de C_{org} no mostraron diferencias significativas con distancia ni al interior del sedimento en el cadáver de ballena de 36 meses. La media permaneció más o menos constante (4.2 a 7.0 % C_{org}) entre los tres niveles de profundidad en sedimento aunque se observan pequeñas variaciones de la media en la capa profunda del sedimento (Fig. 2). Estas variaciones pueden ser originadas debido al grado de penetración que tiene el carbono orgánico en el sedimento a través de bioturbación.

Los valores promedio de carbono en la infiltración metanogénica mostraron un aumento gradual con la distancia. Los valores más bajos se registraron a la salida de la infiltración 2.07 % C_{org} a 0 m y los más elevados 3.48 % C_{org} a 200 m de distancia. Se encontraron diferencias significativas (Fig. 2) en los tres niveles de profundidad en sedimento y para las distancias a partir del cadáver de ballena a 0m, 1m, 3m, 9m y 30 m. No se encontraron diferencias significativas en la infiltración metanogénica a

distancia del cadáver así como tampoco en los niveles de profundidad en el sedimento (Fig. 2). El promedio de valores de C_{org} se comportó de la misma manera para las tres secciones de profundidad en sedimento (~3.0 % C_{org}).

Con respecto a las capas de profundidad en el sedimento, en la capa superficial e intermedia se observó un patrón de distribución del carbono muy similar, sobre todo a 0m, 3m y 9 m de distancia del cadáver de 18 meses (Fig. 3). Para el nivel 3 no existe un patrón con respecto a las distancias del cadáver, la media varía entre (3.0 a 7.9 % C_{org}), a excepción de 1m y 30 m de distancia en donde la varianza no fue significativa. El promedio de valores mostró un patrón similar en los valores de % C_{org} a los reconocidos a 0 m y 9 m (3.0 a 7.9% C_{org}), al igual que a 1 m y 3 m de distancia del cadáver de 36 meses (6.6 % C_{org} , promedio).

El contenido de carbono orgánico incrementó en las tres capas de profundidad del sedimento (Fig. 2) hasta los 3m de distancia del cadáver (6.2 % C_{org}), seguido de un decremento que llega a los 9m para después aumentar de nuevo a los 30 m de distancia del cadáver (7.1 % C_{org}).

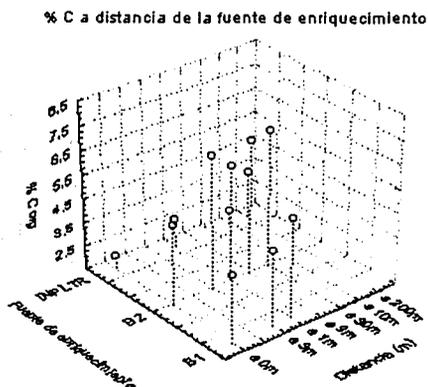


Fig. 3. Valores en % C org a distancia de las fuentes de enriquecimiento. Código: B1= cadáver de ballena de 36 meses, B2= cadáver de ballena de 18 meses e Infiltración metanogénica (INFILTR).

Nitrógeno orgánico en sedimento

La concentración de N_{org} en sedimento en los fondos de los cadáveres de ballenas difiere de la concentración en la infiltración de metano en que los primeros se reconocen valores más elevados (0.65 y 0.88 % N_{org} , respectivamente) a los encontrados en la infiltración (0.28 % N_{org}). A la vez los valores promedio de N_{org} difieren entre la ballena de 36 meses al presentar valores más bajos (0.51 % N_{org}) con respecto a los registrados en la ballena de 18 meses (0.88 % N_{org}); tabla 6.

Los valores de % N_{org} tienden a disminuir de las capas superficiales a las capas profundas en el sedimento (Fig. 4). En el caso de los cadáveres de ballena el patrón más común fue con valores altos en la capa profunda del sedimento y valores menores en las capas superficial e intermedia. Este patrón se reconoció así mismo en los sedimentos de la infiltración.

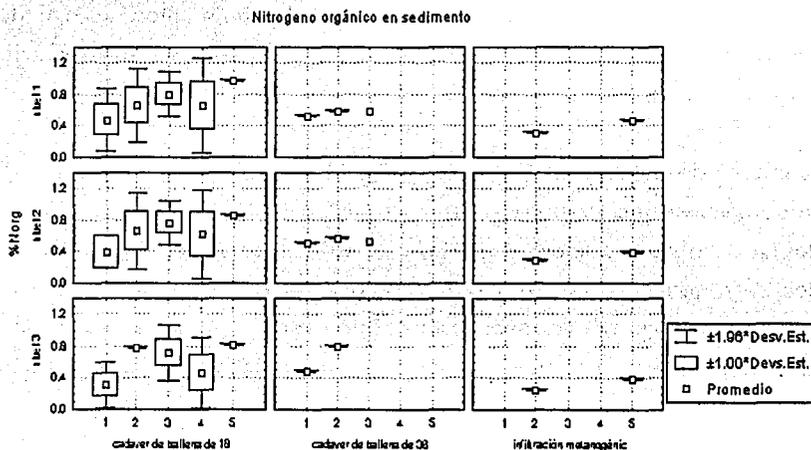


Fig. 4. Distribución del nitrógeno orgánico (%) en sedimento a distancia de la fuente de enriquecimiento (cadáver de 18 meses, cadáver de 36 meses, e infiltración metanogénica) y en el interior del sedimento (nivel 1= 0 a 2 cm, nivel 2= 3 a 5 cm, nivel 3= 5 a 10 cm) de valores promedio. Código: 1= 0m, 2= 1m, 3= 3m, 4= 9m y 10 m, 5= 30 y/o 200 m de distancia.

Los valores promedio de nitrógeno orgánico mostraron en general un aumento gradual con la distancia (Figs. 4 y 5), los valores más bajos 0.23 % N_{org} se registraron a la salida de la infiltración a 0 m, y los más elevados 0.41 % N_{org} a 200 m. Sin embargo los

valores a 1 m de distancia son mayores (0.28% N_{org}) que los registrados para una distancia de 10 m (0.22 % N_{org}).

No se encontraron diferencias significativas para la ballena de 36 meses (Fig. 4) entre los tres niveles de profundidad en sedimento. El promedio de % N_{org} permanece más o menos constante, aunque se observan pequeñas variaciones el promedio (0.5 a 0.8 % N_{org}) en la capa más profunda de sedimento. Estas variaciones son originadas, probablemente, por la tasa metabólica de los organismos en el sedimento que contribuye con compuestos nitrogenados.

En las capas superficial e intermedia el promedio de % N_{org} osciló entre 0.51 y 0.68 % N_{org} , lo que refiere a una distribución del nitrógeno orgánico relativamente homogénea en las capas más superficiales del sedimento. La desviación estándar no es grande para los tres niveles de profundidad en sedimento, Fig. 4.

Gradiente en distancia. En general los valores de % N_{org} aumentaron a distancia del cadáver de ballena (Fig. 5), con valores promedio más altos a 3 m de distancia (cadáver de ballena de 36 meses 0.65 % N_{org}) y a 30 m de distancia (cadáver de ballena de 18 meses 0.88 % N_{org}).

En el cadáver de ballena de 36 meses (Fig. 5) los valores menores de % N_{org} en la capa superficial se reconocieron a 1 m de distancia (0.48 % N_{org}) y los valores más elevados a 1 m de distancia (0.59% N_{org}). En la capa intermedia los valores más elevados se reconocieron a 1m (0.57 % N_{org}) y los valores menores (0.51 % N_{org}) se registraron en la zona del cadáver, a 0m. Este mismo patrón se reconoció en la capa profunda del sedimento con valores más bajos a 0 m (0.48 % N_{org}) y los más elevados a 1 m (0.80 % N_{org}).

En el cadáver de ballena de 18 meses (Fig. 5) la concentración de N_{org} en la capa superficial varió con los valores más bajos a 0 m de distancia (0.57 % N_{org}) y con valores más altos a 30 m (0.88 % N_{org}). La concentración de N_{org} en la capa intermedia mostró los valores más bajos a 0 m de distancia (0.62 % N_{org}) y los más altos a 30 m (0.83% N_{org}) también, tendiendo a aumentar con distancia al cadáver. En la capa profunda este mismo patrón se repitió con respecto a los valores más bajos registrados

a 0 m (0.44 % N_{org}), esta ocasión los valores más elevados fueron registrados a 3 m (0.84% N_{org}) sin ser muy distantes de los valores registrados para 30 m (0.82 % N_{org}).

En el gradiente a distancia de la fuente de enriquecimiento (Fig. 5) se observó un incremento de 0 a 1 m en las capas superficial (0.5 a 0.65 % N_{org}) e intermedia (0.4 a 0.65 % N_{org}), para después decrecer a una distancia de 9 m (0.6 % N_{org}). En la capa profunda se observó, en contraste, un incremento de 0 a 1 m (0.3 a 0.8 % N_{org}).

Se encontraron diferencias significativas para el cadáver de ballena de 18 meses (Fig. 4). En los tres niveles de profundidad en sedimento se observaron diferencias significativas para las distancias 0m, 1m, 3m, 9m y 30 m a partir del cadáver de ballena. En las capas superficial e intermedia se observó un patrón de distribución de nitrógeno orgánico similar (0.7 a 0.9 % N_{org}), particularmente a 0, 1, 3 y 9 m de distancia del cadáver. Para la capa profunda no se encontró patrón con respecto a las distancias del cadáver, la media varía entre las diferentes distancias del cadáver de 0.3 a 0.9 % N_{org} . A excepción de las distancias de 1m y 30 m del cadáver, en donde la media es de 0.7 y 0.9 % N_{org} correspondientemente y la desviación estándar no es amplia. Entre los tres niveles de profundidad en sedimento, el promedio del % N_{org} mostró un patrón similar (0.3 a 0.7 % N_{org}) a 0 y 1 m, al igual que a 3 y 9 m (0.5 a 0.7 % N_{org}) de distancia del cadáver.

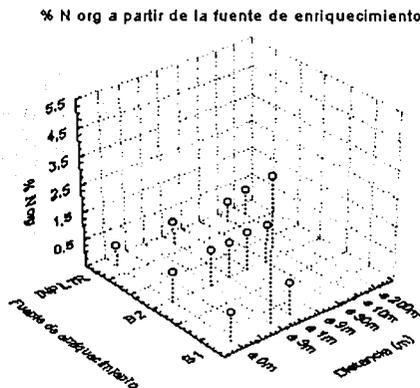


Fig. 5. Distribución del nitrógeno orgánico (%) en sedimento a distancia de la fuente de enriquecimiento. Código B1=cadáver de 36 meses, B2=cadáver de 18 meses e infiltración metanogénica (INFLTR) y en el interior del sedimento (niveles 1 a 3) de valores promedio.

Se observó un incremento en el contenido de nitrógeno orgánico en los tres niveles de profundidad del sedimento hasta una distancia de 3m con valores de 0.3 a 0.7 % N_{org} , seguido de un decremento (0.5 % N_{org}) que llegó a los 9m para después incrementar (0.9 % N_{org}) a los 30 m de distancia del cadáver, Fig. 4.

No se encontraron diferencias significativas para la infiltración metanogénica a distancia del cadáver ni de los niveles de profundidad en el sedimento. El promedio de % N_{org} se comportó de manera similar en las tres capas de profundidad en sedimento (0.3 % N_{org}), Fig.4.

Azufre orgánico en sedimento

La concentración azufre en el sedimento en la zona de infiltración metanogénica difiere de la concentración registrada en cadáveres de ballenas en que los valores más elevados fueron reconocidos en la infiltración metanogénica (1.94 % S) con respecto a los encontrados en el cadáver de 18 meses (0.43 % S) y los encontrados en el cadáver de ballena de 36 meses (0.37 % S), Tabla 6.

En la infiltración metanogénica, la concentración del azufre en el sedimento aumentó (1.0 a 1.30 % S) de las capas superficiales a las capas más profundas del sedimento. La excepción se reconoció a 0 m (1.60 % S) donde el patrón fue inverso al reconocido en las otras distancias. En el caso de los cadáveres de ballena el patrón más común fue un valor más alto (1.0 % S) en la capa profunda y valores menores, similares entre sí, en las capas superficial e intermedia (0.18 y 0.20 % S). Este patrón es común para las secciones al interior y a distancia en el sedimento en la infiltración metanogénica, Fig. 6.

Gradiente en distancia. En general (Fig. 7) los valores de % S azufre son mayores en la zona de los cadáveres (0 m), con valores promedio de (0.37 % S, cadáver de 36 meses) y (0.43 %S, cadáver de 18 meses) a 1 m.

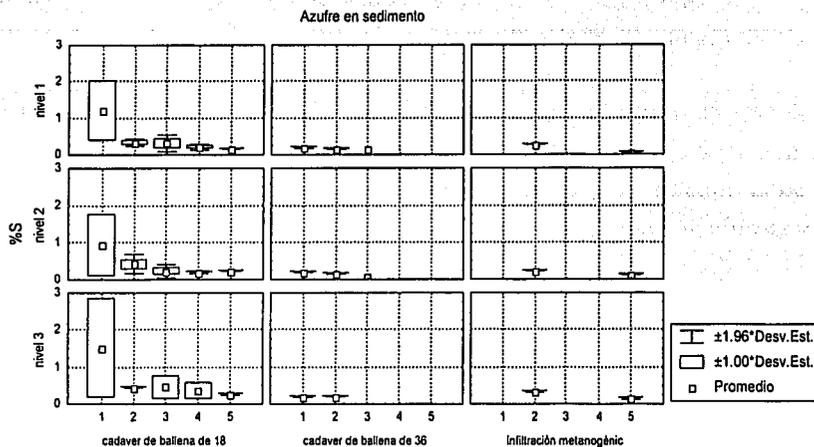


Fig. 6. Distribución de azufre (%) en sedimento a distancia de la fuente de enriquecimiento (cadáver de 18 meses, cadáver de 36 meses e infiltración metanogénica) y en el interior del sedimento (nivel 1= 0 a 2 cm, nivel 2= 3 a 5 cm y nivel 3= 6 a 10 cm) de valores promedio. Código: 1= 0m, 2= 1m, 3= 3m, 4= 9m y 10 m, 5= 30 y/o 200 m.

En la ballena de 36 meses los valores de porcentaje de azufre en la superficie menores se reconocieron a 3 m (0.14 % S) y los valores más elevados a 0 m de distancia (0.17 %S). En la capa intermedia los valores de % S mostraron los valores más elevados a 0m (0.19 % S) y los valores menores (0.08 % S) a 3 m. Este mismo patrón se reconoció en la capa profunda de sedimento con valores más bajos (0.18 %S) a 0 m y los más elevados (0.2 % S) a 1 m, Fig. 6.

En la ballena de 18 meses la concentración de % S en la capa superficial varió con los valores más bajos (0.16 % S) a 30 m y los valores más altos (0.46 %) a 0 m. Los valores de % S en la capa intermedia mostraron los valores más bajos (0.21 % S) a 9 m y los más altos (0.30 y 0.29 % S) a 0 y 3 m tendiendo a disminuir con la distancia al cadáver. En la capa profunda este mismo patrón se repitió con respecto a los valores más bajos (0.22 % S) registrados a 9 m y los valores más elevados (0.44 % S) a 1 m sin ser muy distantes de los valores registrados para 0 m (0.35 %), Fig. 6.

Los valores promedio de azufre mostraron en general un decremento con la distancia (Figs. 6 y 7). Los valores más altos se registraron a la salida de la infiltración, 0 m, con 1.94 % S y los más bajos a 200 m de distancia, con 0.10 % S. Sin embargo los valores

a 10 m (0.27 %S) de distancia son algo mayores que los registrados para 1 m (0.36 %S). Las concentraciones de azufre en sedimento se mantienen casi constantes (0.20 %S) en los tres niveles del sedimento.

No se encontraron diferencias significativas para los valores de azufre para las diferentes distancias al cadáver de ballena de 36 meses. Las capas superficial e intermedia mostraron medias de 0.40 y 0.10 %S, respectivamente, y para cada distancia del cadáver (0, 1 y 3m). En la capa profunda las medias son todas similares entre sí, de 0.2 % S, Fig. 6.

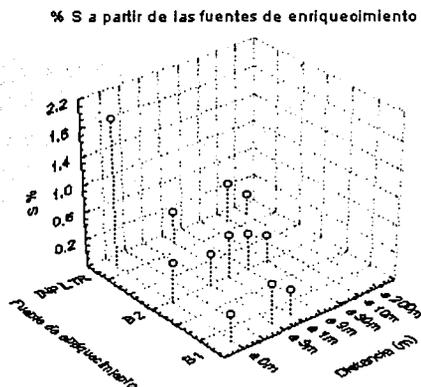


Fig. 7. Distribución de azufre (%) en sedimento a distancia de la fuente de enriquecimiento. Código B1=cadáver de 36 meses, B2=cadáver de 18 meses e infiltración metanogénica (INFLTR) y en el interior del sedimento (niveles 1 a 3) de valores promedio.

No se encontraron diferencias significativas entre los valores de azufre para el cadáver de ballena de 18 meses. Las capas superficial e intermedia muestran un patrón casi idéntico con valores de medias que van de 1.3 a 0.2 % S en ambos casos, pero con dispersión de los valores que los hacen no significativos estadísticamente. La capa profunda muestra valores de medias un poco más altos (1.80 a 0.40 %S) conservando el mismo valor las capas superficial e intermedia. También se observó una disminución en la concentración de azufre conforme aumentó la distancia al cadáver en los tres niveles, Figs. 6 y 7.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

No se observaron diferencias significativas para los valores de azufre entre distancias de la infiltración metanogénica en ninguno de los tres niveles de profundidad del sedimento, la media osciló entre 0 a 0.30 % S, Fig. 6.

X.2. Abundancia, Composición taxonómica, densidad y biomasa

Abundancia

Los valores de abundancia en las muestras recolectadas en la inmediación al cadáver de ballena de 36 meses (Tabla 7) difieren del cadáver de ballena de 18 meses y de la infiltración metanogénica en que los valores totales más elevados (165 inds.) fueron registrados en el cadáver de 18 meses (Tabla 7). Los valores de abundancia registrados en la infiltración metanogénica (41 inds., Tabla 7, 7a y 7b) fueron más elevados que los valores totales (33 inds.) registrados en el cadáver de 36 meses.

Los valores de abundancia (tablas 7, 7a y 7b) fueron más altos en la capa superficial (5 a 165 inds.) con respecto a la capa profunda del sedimento (0 a 4 inds.). En el caso del cadáver de ballena de 18 meses y la infiltración metanogénica el patrón más común mostró los valores más altos en la capa superficial (5 a 165 inds.) y los valores menores en la capa intermedia y profunda (0 y 1 ind.). En contraste, los valores en el cadáver de 36 meses fueron siempre menores (0 a 4 ind.) en la capa profunda y (9 a 33 ind.) en la capa superficial.

Gradiente en distancia (Fig. 8): en general en el cadáver de ballena de 36 meses los valores de abundancia disminuyeron a distancia, los valores más elevados (33 inds.) se reconocieron a 0 m y los valores menores (0 a 1 inds.) a 3m de distancia. Para el cadáver de 18 meses la tendencia fue de disminuir a distancia, excepto a 9 y 30 m donde se registraron valores mayores (3 a 165 inds.) a los registrados a 0 m (0 a 1 inds.). En el caso de la infiltración los valores más elevados (8 a 41 inds.) se registraron a 1 y 200 m.

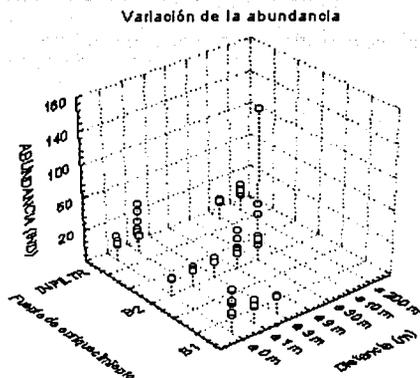


Fig. 8. Valores promedio de la abundancia (Ind) a distancia de las fuentes de enriquecimiento. Código: B1= cadáver de ballena de 36 meses, B2= cadáver de ballena de 18 meses, e infiltración metanogénica (INFILTR).

En la ballena de 36 meses los valores de abundancia en la superficie fueron menores y se reconocieron a 3 m (0 a 1 inds.), mientras los valores más elevados se reconocieron a 0 m de distancia (33 inds.). En la capa intermedia los valores de abundancia mostraron los valores más elevados a 0 m (33 inds.) y los valores menores se registraron a 1 m con 0 a 1 ind. Este mismo patrón se reconoció en la capa profunda de sedimento con valores más bajos a 3 m (0 a 1 inds.) y los más elevados a 0 m (33 inds.), Tabla 7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 7. Valores de la abundancia (inds.) de la meiofauna por réplica y por estrato de profundidad para cada distancia de la fuente de enriquecimiento. Valores promedio de la abundancia obtenidos del cadáver de 36 meses.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	17	4	33
NIVEL II	15	1	33
NIVEL III	32	19	4
Promedio	21	8	23
Desv.est.	9	10	17

Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0	5	9
NIVEL II	0	1	0
NIVEL III	7	4	1
Promedio	2	3	3
Desv.est.	4	2	5

Distancia 3 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	2	1	0
NIVEL II	2	0	1
NIVEL III	0	1	0
Promedio	1	1	0
Desv.est.	1	1	1

En la ballena de 18 meses (Tabla 7a) la abundancia en la capa superficial varió con los valores menores (1 ind.) a 0 m de distancia y los valores más altos a 30 m (165 inds.). En la capa intermedia los valores más bajos se reconocieron a 0 y 3 m de distancia (0 a 1 inds.) y los más altos a 30 m (50 a 165 inds.), tendiendo a aumentar con distancia al cadáver. En la capa profunda los valores más bajos (0 a 1 inds.) fueron registrados a 3 m y los valores más elevados fueron registrados a 30 m con 10 individuos (Tabla 7 a).

Tabla 7a. Abundancia (inds.) de la meiofauna por réplica y por estrato de profundidad para cada distancia de la fuente de enriquecimiento. Valores promedio de abundancia obtenidos del cadáver de 18 meses.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	1	2	1
NIVEL II	0	0	0
NIVEL III	2	0	2
Promedio	1	1	1
Desv.est.	1	1	1

Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	3	1	1
NIVEL II	5	2	1
NIVEL III	4	2	0
Promedio	4	2	1
Desv.est.	1	1	1

Distancia 3 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	5	0	5
NIVEL II	0	0	0
NIVEL III	0	0	0
Promedio	2	0	2
Desv.est.	3	0	3

Distancia 9 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	17	0	3
NIVEL II	28	1	0
NIVEL III	0	1	4
Promedio	15	2	7
Desv.est.	14	2	10

Distancia 30 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	50	38	165
NIVEL II	2	4	7
NIVEL III	0	10	6
Promedio	17	17	59
Desv.est.	28	18	92

En la infiltración metanogénica (Tabla 7b) los valores menores (2 y 3 inds.) en la capa superficial se reconocieron a 0 y 10 m y los valores mayores (32 inds.) a 1 m de distancia. En la capa intermedia y profunda se repitió el mismo patrón, mientras que en la capa superficial los valores menores (2 ind.) se reconocieron a 10 m y los valores mayores con 9 individuos a 1m (Tabla 7 b).

Tabla 7b. Abundancia (inds.) de la meiofauna por réplica y por estrato de profundidad para cada distancia de la fuente de enriquecimiento. Valores promedio de abundancia obtenidos de la infiltración metanogénica.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	5	4	2
NIVEL II	3	2	0
NIVEL III	11	1	2
Promedio	6	2	1
Desv.est.	4	2	1

Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	19	32	18
NIVEL II	9	5	0
NIVEL III	4	2	41
Promedio	11	13	20
Desv.est.	8	17	21

Distancia 10 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	2	5	3
NIVEL II	2	2	0
NIVEL III	5	0	2
Promedio	3	2	2
Desv.est.	2	3	2

Distancia 200 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	10	13	8
NIVEL II	3	1	2
NIVEL III	0	0	6
Promedio	4	5	5
Desv.est.	5	7	3

Composición taxonómica

Cadáver de ballena de 36 meses

A 0 m de distancia del cadáver la composición taxonómica estuvo representada en la capa superficial por nemátodos (94 %) y por bivalvos (6 %). En la capa intermedia se encontraron copépodos (93 %) y nemátodos (7 %). La capa profunda se encontró representado por nemátodos (94%), poliquetos y copépodos (3%), (Fig. 9a).

A 1 m de distancia del cadáver la composición taxonómica estuvo representada en la capa superficial por nemátodos (40 %), "otros grupos taxonómicos" (60 %) y poliquetos (10 %). En la capa intermedia se encontraron nemátodos (100 %). En la capa profunda se encontró representada por nemátodos (80 %) y copépodos (18 %), (Fig. 9b).

A 3 m de distancia del cadáver se observa que en la capa superficial la composición taxonómica está representada por nemátodos (100%), en la capa intermedia por copépodos (50 %) y "otros grupos taxonómicos" (50 %). La capa profunda no presentó organismos, (Fig. 9c).

Fig. 9a.

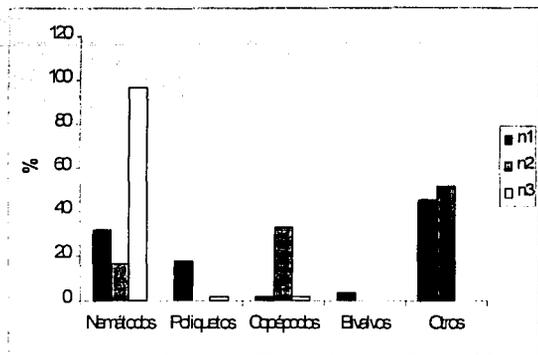


Fig. 9b

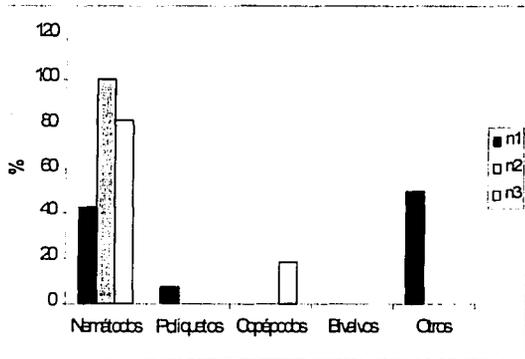
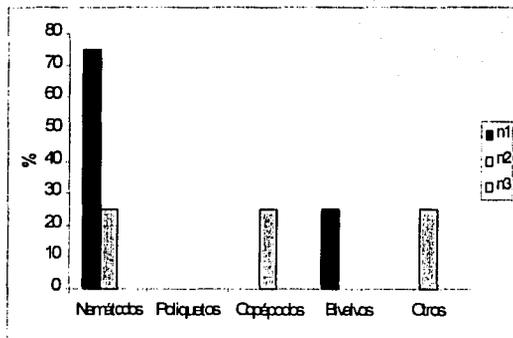


Fig. 9c.



Figs. 9a, 9b, 9c. Composición taxonómica de la meiofauna en el sedimento asociada a una ballena de 36 meses. a) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 0 m de distancia, b) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 1 m de distancia y c) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 3 m de distancia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cadáver de ballena de 18 meses

A 0 m de distancia del cadáver la composición taxonómica estuvo representada en la capa superficial por bivalvos (100 %). En la capa intermedia no se encontraron organismos. En la capa profunda se registraron copépodos harpacticoides (100%), Fig. 10a.

A 1 m de distancia del cadáver la composición taxonómica en la capa superficial estuvo representada por copépodos harpacticoides (67 %) y por "otros grupos taxonómicos" (33 %). En la capa intermedia la composición taxonómica más elevada estuvo representada por copépodos harpacticoides (40 %), nemátodos (20 %) y "otros grupos taxonómicos" (40 %). En la capa profunda la composición taxonómica estuvo representada por nemátodos (100 %), Fig. 10b.

A 3 m de distancia del cadáver la composición taxonómica estuvo representada en la capa superficial por bivalvos (80 %) y "otros grupos taxonómicos" (20 %). En la capa intermedia no se encontraron organismos. La capa profunda estuvo representada por "otros grupos taxonómicos" (40 %), poliquetos (20 %) y copépodos harpacticoides (20 %), Fig. 10c.

A 9 m de distancia del cadáver la composición taxonómica en las tres capas la densidad estuvo representada por nemátodos (100 %), Fig. 10d.

A 30 m de distancia del cadáver de ballena la composición taxonómica en la capa superficial estuvo compuesta por nemátodos (98 %) y copépodos harpacticoides (2 %). La capa intermedia estuvo representada por nemátodos (100 %). La capa profunda estuvo representada por nemátodos (98 %) y copépodos harpacticoides (2 %), Fig. 10e.



Fig. 10a.

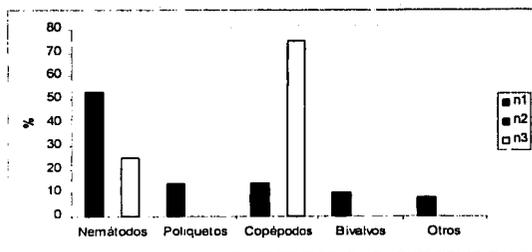


Fig. 10c.

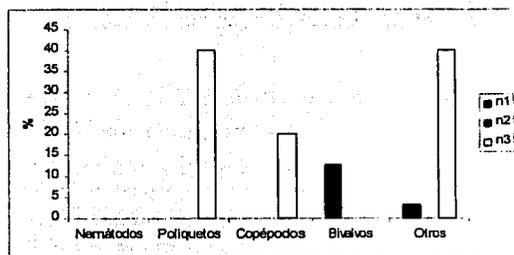


Fig. 10b.

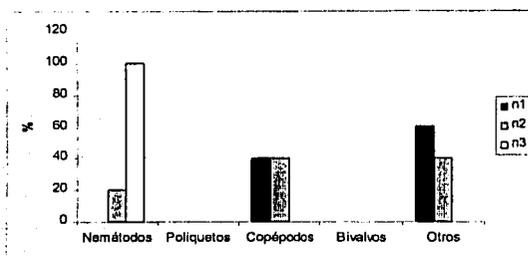


Fig. 10d.

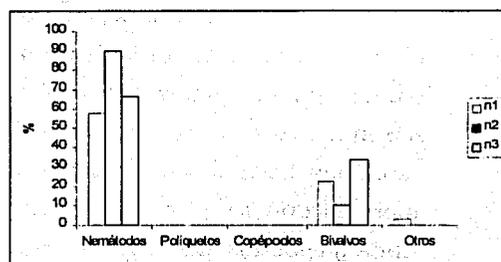
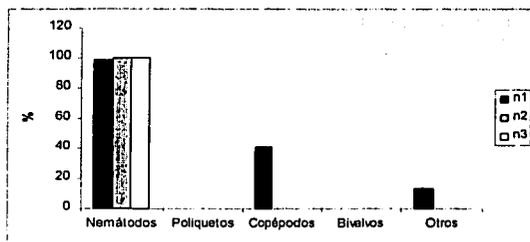


Fig. 10e.



Figs. 10a, 10b, 10c, 10d y 10e. Composición taxonómica de la meiofauna en el sedimento asociada a una ballena de 18 meses. a) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 0 m de distancia, b) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 1 m de distancia, c) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 3 m, d) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 9 m y e) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 30 m de distancia al cadáver.

c) Infiltración

A 0 m de distancia de la infiltración metanogénica la composición taxonómica estuvo representada en la capa superficial por nemátodos (60 %), "otros grupos taxonómicos" (20 %) y bivalvos (20 %). En las capas intermedia y profunda se encontraron nemátodos (50 %) y "otros grupos taxonómicos" (50 %), Fig 11a.

A 1 m de distancia de la infiltración metanogénica la composición taxonómica en las capas superficial e intermedia estuvo representada por nemátodos (100 %). En la capa profunda se encontraron nemátodos (75 %) y "otros grupos taxonómicos" (25 %), Fig 11b.

A 10 m de distancia de la infiltración metanogénica no se registraron organismos en la capa superficial. Las capas intermedia y profunda estuvieron representados en un 100% por nemátodos, Fig 11c.

A 200 m de distancia de la infiltración metanogénica la composición taxonómica estuvo representada en la capa superficial por nemátodos (40 %), copépodos (20 %) y "otros grupos taxonómicos" (20 %). La capa intermedia estuvo representada por nemátodos (67 %) y copépodos harpacticoides (33 %). En la capa profunda no se registró ningún grupo taxonómico, Fig 11d.

Fig. 11a.

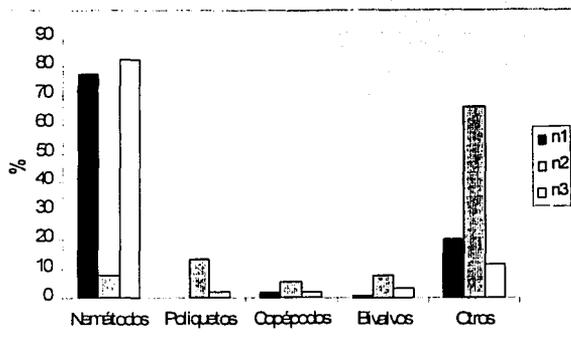


Fig. 11c.

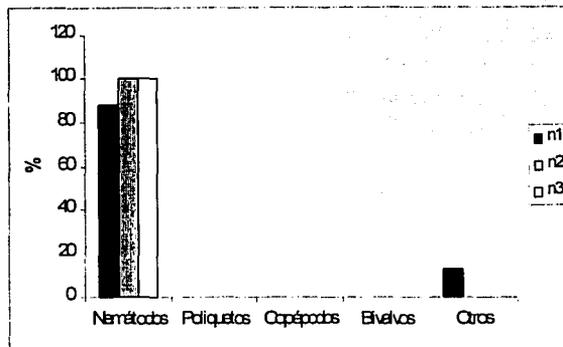


Fig. 11b.

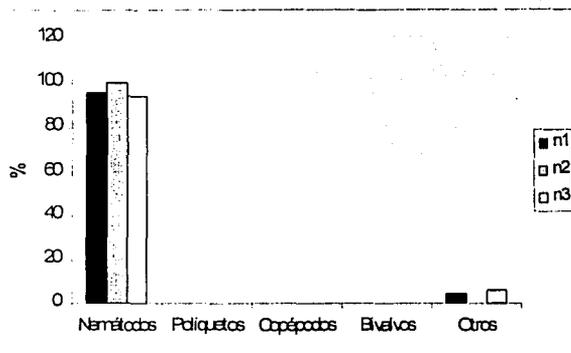


Fig. 11d.

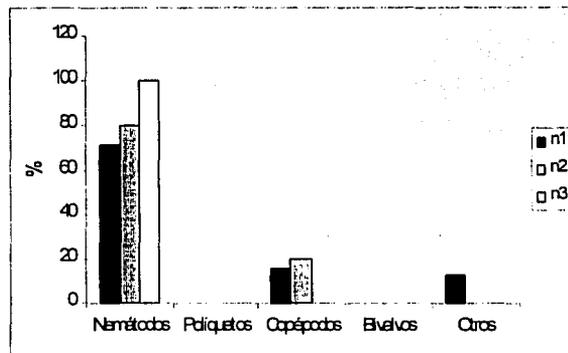


Fig 11a, 11b, 11c y 11d. Composición taxonómica de la meiofauna en el sedimento asociada a la infiltración metanogénica a) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 0 m de distancia, b) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 1 m de distancia, c) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 10 m, d) corresponde a los valores y composición taxonómica encontrados a 200 m.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Densidad ind·m⁻²

Los valores promedio de densidad en el cadáver de ballena de 36 meses difieren de los reconocidos en la ballena de 18 meses y de los registrados en la infiltración metanogénica en que los valores más elevados (50,000 ind·m⁻²) fueron registrados en el cadáver de 36 meses, seguido por los valores promedio de densidad registrados en la infiltración metanogénica (28,787 ind·m⁻²), los cuales son más elevados que los valores promedio de densidad registrados en el cadáver de 18 meses (25,000 ind·m⁻², Tablas 8, 8a y 8b).

Variación de la densidad sobre la comunidad de melofauna

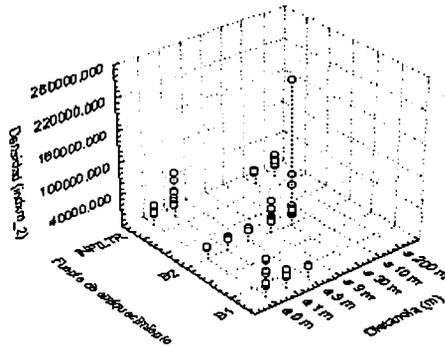


Fig 12. Valores promedio de densidad (ind·m⁻²) a distancia de las fuentes de enriquecimiento. Código: B1= cadáver de ballena de 36 meses, B2= cadáver de ballena de 18 meses, e Infiltración metanogénica (INFILTR)

En general los valores promedio de densidad para los tres ambientes tendieron a ser mayores en las capas superficiales con respecto a la capa media y profunda del sedimento.

En el gradiente a distancia de las fuentes de enriquecimiento (Fig. 12), los valores promedio de densidad registrados en el cadáver de ballena de 36 meses disminuyeron a distancia de la fuente de enriquecimiento. Los valores promedio de densidad más elevados (50,000 ind·m⁻²) se reconocieron a 0 m y los valores promedio de densidad (10,606 ind·m⁻²) fueron menores a 1m.

Para el cadáver de 18 meses la tendencia de los valores promedio de densidad fue a aumentar con distancia a la fuente. A una distancia de 9 y 30 m se registraron los mayores valores promedio de densidad (10,606 y 25,000 ind·m⁻², respectivamente), en tanto que los valores promedio menores de densidad obtenidos a 0 m fueron 3,030 ind·m⁻²

En el caso de la infiltración, los valores promedio de densidad más elevados fueron 28,788 y 12,121 ind·m⁻² a 1 y 200 m, respectivamente.

En la ballena de 36 meses los valores promedio de densidad en la superficie del sedimento fueron menores (1,515 ind·m⁻²) a 3 m de distancia. Los valores promedio de densidad más elevados (50,000 ind·m⁻²) se registraron a 0 m. En la capa intermedia del sedimento los valores promedio de densidad más elevados (50,000 ind·m⁻²) se registraron a 0 m; en tanto que los valores promedio de densidad menores (1,515 ind·m⁻²) se registraron a 1 m. Este mismo patrón se reconoció en la capa profunda de sedimento con valores promedio de densidad menores (1,515 ind·m⁻²) a 3 m y los valores promedio de densidad más elevados (48,485 ind·m⁻²) se registraron a 0 m, Tabla 8.

Tabla 8. Valores promedio de densidad ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$) obtenidos en réplicas de muestras a profundidad en sedimento, recolectadas en un gradiente a distancia del cadáver de ballena de 36 meses. Desv. est. = Desviación Estándar.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	24242.4	6060.6	50000.0
NIVEL II	22727.3	1515.2	50000.0
NIVEL III	48484.8	28787.9	6060.6
Promedio	31818.2	12121.2	74747.5
Desv.est.	14453.6	14611.6	83846.0

Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0	7575.8	13636.4
NIVEL II	0	1515.2	0.0
NIVEL III	10606.1	6060.6	1515.2
Promedio	3535.4	5050.5	5050.5
Desv.est.	6123.4	3154.0	7474.1

Distancia 3 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	3030.3	1515.2	0.0
NIVEL II	3030.3	0.0	1515.2
NIVEL III	0.0	1515.2	0.0
Promedio	2020.2	1010.1	505.1
Desv.est.	1749.5	874.8	874.8

En la ballena de 18 meses los valores promedio de densidad en la capa superficial del sedimento fueron menores ($1,515 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) a 0m; en tanto que los valores promedio de densidad más elevados ($25,000 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) se reconocieron a 30 m. En la capa intermedia no se registraron organismos a 0 y 3 m de distancia y los valores promedio de densidad a 1 y 30 m fueron de $7,576$ y $10,606 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, tendiendo a aumentar con distancia al cadáver. En la capa profunda no se registraron organismos a 1 y 3 m. Los valores promedio de densidad ($9,091 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) más elevados se reconocieron a 30 m, tabla 8a.

Tabla 8a. Valores promedio de densidad (ind·m⁻²) obtenidos en réplicas de muestras a profundidad en sedimento, recolectadas en un gradiente a distancia del cadáver de ballena de 18 meses. Desv. est.= Desviación Estándar.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	1515.2	3030.3	1515.2
NIVEL II	0.0	0.0	0.0
NIVEL III	3030.3	0.0	3030.3
Promedio	1515.2	1010.1	1515.2
Desv.est.	1515.2	1749.5	1515.2

Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	4545.5	1515.2	1515.2
NIVEL II	7575.8	3030.3	1515.2
NIVEL III	6060.6	3030.3	0.0
Promedio	6060.6	2525.3	1010.1
Desv.est.	1515.2	874.8	874.8

Distancia 3 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0	3030.3	1515.2
NIVEL II	0	0.0	0.0
NIVEL III	0	0.0	0.0
Promedio	0	1010.1	505.1
Desv.est.	0	1749.5	874.8

Distancia 9 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	10806.1	10806.1	7575.8
NIVEL II	9090.9	4545.5	3030.3
NIVEL III	1515.2	1515.2	1515.2
Promedio	7070.7	5555.6	4040.4
Desv.est.	4870.5	4628.9	3154.0

Distancia 30 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	7575.8	5757.8	25000.0
NIVEL II	3030.3	6060.6	10606.1
NIVEL III	0.0	15151.5	9090.9
Promedio	26262.6	26262.6	89899.0
Desv.est.	42890.7	27496.3	138653.6

En la infiltración metanogénica los valores promedio de densidad fueron menores en la capa superficial del sedimento ($3,030 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) a 0 m; en tanto que los valores promedio de densidad fueron mayores ($28,788 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) a 1 m. En la capa intermedia los valores menores ($3,030$ y $1,515 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) se registraron a 0 y 10 m. Los valores promedio de densidad fueron mayores ($13,636 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) a 1 m; en tanto que en la capa profunda no se registraron valores a una distancia de 200 m, Tabla 8b.

Tabla 8b. Valores promedio de densidad ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$) obtenidos en réplicas de muestras a profundidad en sedimento, recolectadas en un gradiente a distancia de la infiltración metanogénica. Desv. est.= Desviación Estándar.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	7575.8	6060.6	3030.3
NIVEL II	4545.5	3030.3	0.0
NIVEL III	16666.7	1515.2	3030.3
Promedio	9596.0	3535.4	2020.2
Desv.est.	6308.1	2314.4	1749.5

Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	28787.9	48484.8	27272.7
NIVEL II	13636.4	7575.8	0.0
NIVEL III	6060.6	3030.3	62121.2
Promedio	16161.6	19697.0	29798.0
Desv.est.	11572.2	25034.4	31137.5

Distancia 10 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	3030.3	7575.8	4545.5
NIVEL II	3030.3	3030.3	0.0
NIVEL III	7575.8	0.0	3030.3
Promedio	4545.5	3535.4	2525.3
Desv.est.	2624.3	3813.0	2314.4

Distancia 200 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	15151.5	19697.0	12121.2
NIVEL II	4545.5	1515.2	3030.3
NIVEL III	0.0	0.0	9090.9
Promedio	6565.7	7070.7	8080.8
Desv.est.	7775.2	10960.9	4628.9

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres niveles de profundidad en sedimento ni entre distancia de los cadáveres de ballenas, excepto en la capa superficial a 0 m ($p = 0.005$, $n = 98$) de distancia del cadáver en donde la varianza fue mayor que en los estratos intermedio y profundo a la misma distancia. En la capa profunda se presentaron valores únicamente para las distancias a 0 y 1 m, Fig. 13.

No se encontraron diferencias significativas en ninguno de las tres capas de profundidad en sedimento ni entre distancias de la infiltración metanogénica. El estrato profundo a 1m de la infiltración muestra una varianza mayor en comparación con la capa superficial e intermedia, Fig 13.

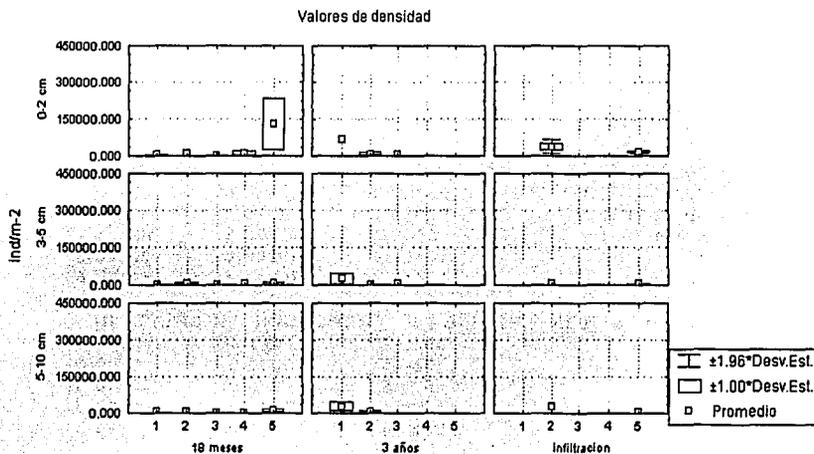


Fig 13. Variación de la meiofauna en distancia a la fuente (1 a 5) y en el interior del sedimento (niveles 1 a 3) de los valores promedio de densidad (ind. m^{-2}) en los dos cadáveres de ballena (18 y 36 meses) y en la infiltración: metanogénica. Código: 1= 0m, 2= 1m, 3= 3m, 4= 9m y/o 10 m, 5= 30 y/o 200 m.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Biomasa $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$

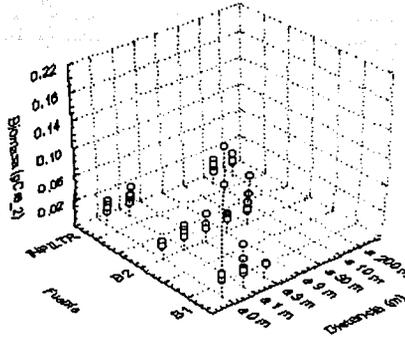
Los valores promedio de biomasa en el cadáver de ballena de 36 meses difieren del cadáver de 18 meses y de la infiltración metanogénica en que los valores promedio de biomasa más elevados ($0.0548 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) fueron registrados en el cadáver de 18 meses. Seguido de los valores promedio de biomasa registrados en el cadáver de 36 meses ($0.0430 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) los cuales fueron más elevados en comparación con los valores promedio de biomasa ($0.0267 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) registrados en la infiltración metanogénica, Tablas 9, 9a y 9b.

En general los valores de biomasa para los tres ambientes tienden a ser mayores (0.0430 , 0.0548 y $0.0267 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) en las capas superficiales con respecto a las capas intermedia (0.0140 , 0.0179 y $0.0170 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) y profunda del sedimento (0.0003 , 0.0011 , $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$), tabla 9, 9a y 9b.

Gradiente en distancia: Los valores promedio de biomasa disminuyen a distancia en el cadáver de ballena de 36 meses. Los valores más elevados ($0.0430 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) se reconocieron a 0 m y los valores menores ($0.0003 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) a 3 m de distancia. La tendencia de la biomasa en el gradiente a distancia del cadáver de 18 meses fue a disminuir con la distancia. A 1 y 30 m se registraron los valores promedio de biomasa más altos (0.0179 y $0.0548 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) en comparación con los valores promedio de biomasa ($0.0003 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) a 0 m.



Variación de la biomasa (gC m_2) a distancia de la fuente



□

Fig 14. Valores de biomasa ($\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$) a distancia de las fuentes de enriquecimiento. Código: B1= cadáver de ballena de 36 meses. B2= cadáver de ballena de 18 meses. INFILTR= Infiltración metanogénica.

Los valores promedio de biomasa más bajos ($0.0003 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) se reconocieron en la capa superficial de sedimento asociado al cadáver de ballena de 36 meses a 3 m; en tanto que los valores promedio de biomasa más elevados ($0.0430 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) se reconocieron a 1 m. En la capa intermedia, los valores promedio de biomasa más elevados ($0.0190 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) se registraron a 0 m; en tanto que los valores promedio de biomasa menores (0.0003 y $0.0002 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) fueron registrados a 1 y 3 m. Este patrón se reconoció así mismo en la capa profunda del sedimento con los valores promedio más bajos ($0.0002 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) a 3 m; en tanto que los más elevados ($0.0230 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) se registraron a 1 m, Tabla 9.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 9. Valores promedio de biomasa ($gC \cdot m^{-2}$) meiofaunal por réplica y por estrato de profundidad para cada distancia del cadáver de 36 meses como fuente de enriquecimiento en el fondo marino.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.005	0.013	0.019
NIVEL II	0.005	0.003	0.014
NIVEL III	0.014	0.006	0.012
Promedio	0.008	0.008	0.015
Desv.est.	0.005	0.005	0.095

Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0	0.002	0.043
NIVEL II	0	0.006	0.000
NIVEL III	0.008	0.023	0.003
Promedio	0.003	0.010	0.016
Desv.est.	0.005	0.011	0.024

Distancia 3 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0007	0.0003	0.0000
NIVEL II	0.0007	0.0000	0.0003
NIVEL III	0.0000	0.0003	0.0000
Promedio	0.0004	0.0002	0.0001
Desv.est.	0.0004	0.0002	0.0002

Tabla 9a. Valores promedio de biomasa ($\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$) meiofaunal por réplica y por estrato de profundidad para cada distancia del cadáver de 18 meses como fuente de enriquecimiento en el fondo marino.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0003	0.0063	0.0003
NIVEL II	0.0000	0.0000	0.0000
NIVEL III	0.0063	0.0000	0.0006
Promedio	0.0022	0.0021	0.0003
Desv.est.	0.0035	0.0036	0.0003
Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0119	0.0057	0.0057
NIVEL II	0.0179	0.0007	0.0003
NIVEL III	0.0011	0.0113	0.0000
Promedio	0.0103	0.0069	0.0020
Desv.est.	0.0085	0.0063	0.0032
Distancia 3 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0	0.0007	0.0003
NIVEL II	0	0.0000	0.0000
NIVEL III	0	0.0000	0.0000
Promedio	0	0.0002	0.0001
Desv.est.	0	0.0004	0.0002
Distancia 9 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0057	0.0013	0.0060
NIVEL II	0.0094	0.0000	0.0010
NIVEL III	0.0000	0.0057	0.0000
Promedio	0.0050	0.0023	0.0023
Desv.est.	0.0047	0.0030	0.0032
Distancia 30 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0273	0.0126	0.0548
NIVEL II	0.0007	0.0013	0.0023
NIVEL III	0.0000	0.0033	0.0020
Promedio	0.0093	0.0058	0.0197
Desv.est.	0.0156	0.0060	0.0304

Los valores promedio de biomasa más bajos ($0.0070 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) fueron registrados en la capa superficial del sedimento asociado a la infiltración metanogénica a 10 m; en tanto que los valores promedio de biomasa más altos ($0.0136 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) fueron registrados en la capa superficial a 200 m. En la capa intermedia se repitió este mismo patrón con los valores promedio de biomasa menores ($0.0017 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) a 10 m; en tanto que los valores promedio de biomasa mayores ($0.0030 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) fueron registrados a 1m.

Los registros en la capa profunda no mostraron organismos en dos de las réplicas a una distancia de 200 m. Sin embargo, se reconoció una tendencia de los valores promedio de biomasa a decrecer hacia el interior del sedimento (Tabla 9b).

Tabla 9b. Valores promedio de biomasa ($\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$) meiofaunal por réplica y por estrato de profundidad para cada distancia de la infiltración metanogénica como fuente de enriquecimiento en el fondo marino.

Distancia 0 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0098	0.0120	0.0060
NIVEL II	0.0170	0.0113	0.0000
NIVEL III	0.0172	0.0057	0.0060
Promedio	0.0147	0.0097	0.0040
Desv.est.	0.0042	0.0035	0.0035

Distancia 1 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0064	0.0267	0.0060
NIVEL II	0.0030	0.0017	0.0000
NIVEL III	0.0067	0.0113	0.0137
Promedio	0.0053	0.0132	0.0066
Desv.est.	0.0020	0.0126	0.0069

Distancia 10 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0113	0.0070	0.0170
NIVEL II	0.0007	0.0007	0.0000
NIVEL III	0.0017	0.0000	0.0113
Promedio	0.0046	0.0026	0.0094
Desv.est.	0.0059	0.0039	0.0087

Distancia 200 m	REPLICA I	REPLICA II	REPLICA III
NIVEL I	0.0136	0.0042	0.0133
NIVEL II	0.0009	0.0003	0.0060
NIVEL III	0.0000	0.0000	0.0020
Promedio	0.0048	0.0015	0.0071
Desv.est.	0.0076	0.0024	0.0057

Los patrones de distribución en los valores promedio de biomasa fueron similares entre las tres capas de profundidad en el sedimento, (Fig. 15). Las diferencias no fueron significativas entre los restos de los cadáveres de ballenas y/o la infiltración metanogénica.

En general el patrón observado fue una disminución de la biomasa conforme aumentó la distancia de los restos de las ballenas en los primeras dos capas de profundidad [capa superior o nivel 1 (0 a 2 cm) y capa intermedia o nivel 2 (3 a 5 cm)]. En la capa profunda o nivel 3 (6 a 10 cm), sólo estuvieron representados, en la mayoría de los casos, valores para las distancias a 1 m de los cadáveres de ballenas. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los valores de las tres capas de profundidad en sedimento a distancia de los restos de las ballenas.

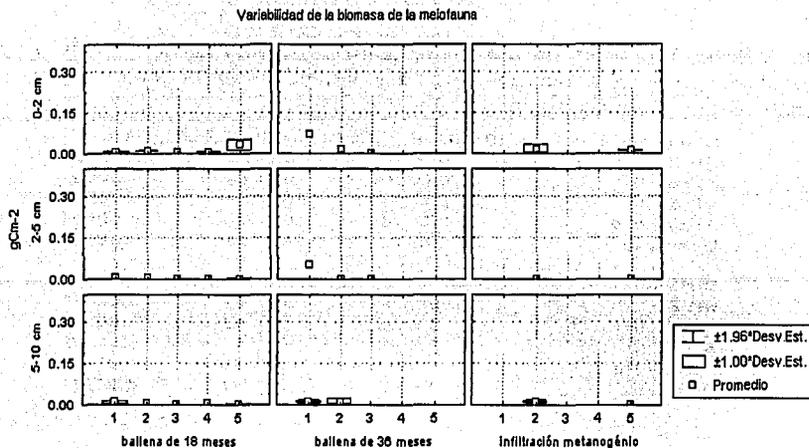


Fig. 15. Variación de los valores promedio de la biomasa ($\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$) meiofaunal con la distancia (codificadas de 1 a 5) a cada una de las fuentes de enriquecimiento en el fondo marino (dos cadáveres de ballena, infiltración metanogénica) en cada uno de los estratos de profundidad en el sedimento (niveles 1 a 3). Código empleado para las distancias: 1= 0m, 2= 1m, 3= 3m, 4= 9 y 10 m, 5= 30 y/o 200 m.

X.3. RESULTADOS OBTENIDOS POR MEDIO DEL PROGRAMA CANOCO (4.0)

Los resultados del análisis canónico de redundancia y de correspondencia realizados para el cadáver de 36 meses fueron no significativos, ver apéndice # 1.

Los resultados del análisis canónico de redundancia y de correspondencia expresados en gráficas de doble proyección realizados con los valores de abundancia (inds.) obtenidos de las distancias y con los valores obtenidos de capas de profundidad para los restos de ballena de 18 meses y permitieron establecer cuatro agrupamientos, Fig. 16.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

El primer agrupamiento incluyó valores a 3 m de distancia (los números que aparecen en la gráfica corresponden a los números de muestra). El segundo agrupamiento relacionó los valores de la capa intermedia a 0, 3 y 9 m de distancia, mostrando un gradiente a distancia con respecto a los ejes reconocidos como factores ambientales, en donde el contenido de carbono orgánico y nitrógeno orgánico en sedimento son los que muestran mayor efecto sobre la comunidad de la meiofauna (en igual magnitud). El contenido de azufre en sedimento prácticamente no mostró efecto sobre la comunidad de la meiofauna, Fig. 16.

En el tercer agrupamiento se encontró el conjunto "otros grupos taxonómicos" y nemátodos como grupos taxonómicos dominantes. El cuarto agrupamiento, representó valores a 0 m de distancia donde los copépodos harpacticoides, el conjunto "otros grupos taxonómicos" y los bivalvos definieron el grupo relacionado con las distancias de 0, 1 y 3 m, además de los factores ambientales como el de carbono orgánico y nitrógeno orgánico de la capa profunda del sedimento, Fig. 16.

Los resultados del análisis canónico de redundancia y de correspondencia expresados en gráficas de doble proyección fueron realizados con los valores de abundancia (inds.) en el gradiente de distancia y con los valores de abundancia (inds.) obtenidos de capas de profundidad para la infiltración metanogénica reconocieron tres agrupamientos, Fig. 17.

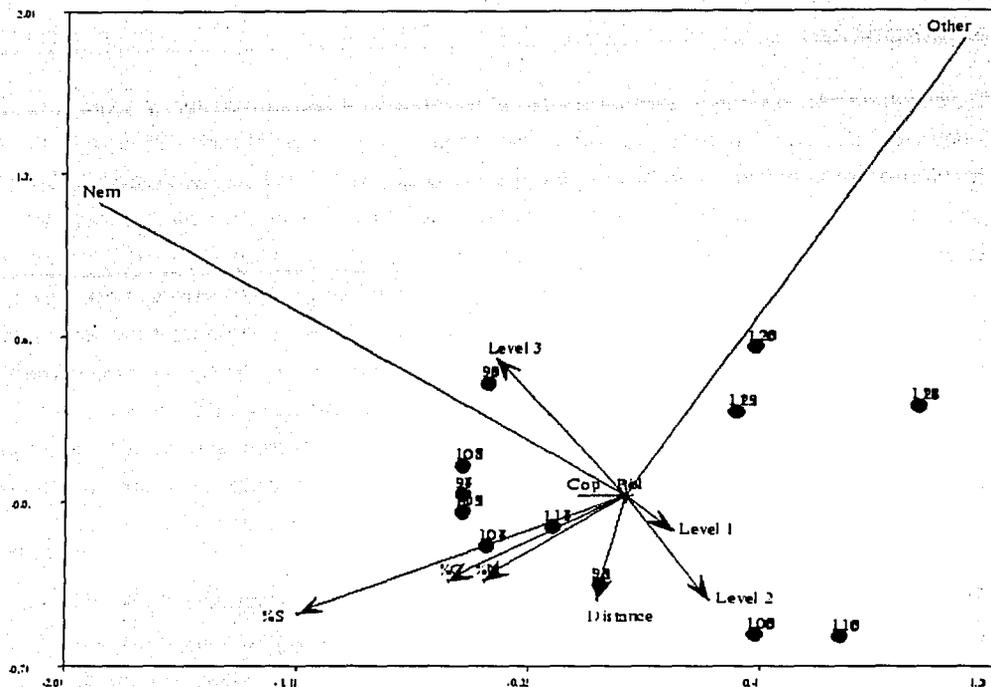


Fig. 17. Gráfica de doble proyección para la infiltración metanogénica.

Las distancias de 1 y 200 m se relacionaron con el contenido de azufre, carbono orgánico y nitrógeno en sedimento a lo largo de un gradiente asociado al componente de distancia en donde claramente el azufre mostró mayor efecto sobre la comunidad meiofaunal que el efecto por carbono y/o nitrógeno orgánico. De igual forma, la presencia de los copépodos harpacticoides definió este agrupamiento para la capa superficial e intermedia del sedimento. Los resultados a 1 m de distancia conformaron un subagrupamiento y se relacionaron con la capa profunda del sedimento y la presencia de nemátodos. Los resultados a 10 m conformaron el tercer agrupamiento. Las tablas de transformaciones y permutaciones se presentan en el apéndice # 1 de este trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

XI. DISCUSIÓN

La combinación de bajas temperaturas, alta presión, ausencia de luz y baja tasa de aporte de alimento ha sugerido que el mar profundo ha sido referido como uno de los ambientes más extremos sobre el planeta y uno de los lugares menos atractivos para encontrar riqueza faunística. No obstante, aunque algunos estudios ratifican esta visión (Dayton y Hessler, 1972) otros estudios como el de Grassle y Sanders (1973) muestran que el mar profundo puede ser tan rico como los ecosistemas más estructurados de los mares (Arrecifes, manglares, entre otros). La pregunta más común que trata de buscar una respuesta a estos resultados disímiles se ha centrado en las fuentes de alimento (Stokton y De Lac, 1982). Los aportes principales (productividad primaria, heces y mudas, bacterias y caída de alimento) y su respectiva contribución relativa al fondo marino (Fig. 16), resaltan por lo pobre (5%) que resulta la contribución por eventos de exportación de cadáveres de ballenas u organismos de talla similar.

Desde el siglo XIX, el comercio internacional entre países ha contribuido en diferentes épocas con el aporte de grandes volúmenes de materia orgánica a los fondos abisales, como lo refleja la pesca de ballenas en siglos pasados, el desecho de fauna de acompañamiento y el actual transporte de ganado que en un número elevado de ocasiones es desechado en altamar al enfrentarse a regulaciones sanitarias imprevistas (Kitazato y Shirayama, 1996), otro ejemplo es el hundimiento de buques con un número elevado de pasajeros como el Titanic. Estos eventos (aunque aperiódicos) incrementan el aporte de materiales al fondo marino y generan localidades de importancia nutricional a carroñeros y a la comunidad asociada al sedimento en comparación con la contribución de la productividad primaria que aunque constante, es aportada en menor volumen en un área vasta (Hinga *et al*, 1979)

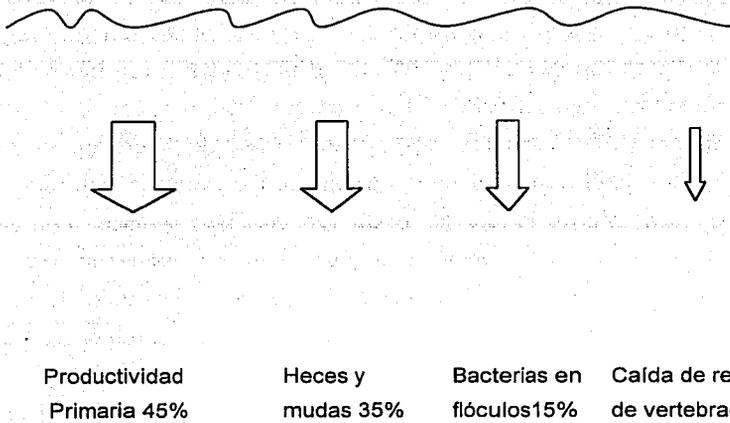


Fig.16. Modelo de los principales aportes y su contribución relativa al fondo marino. Basado en Graf (1992).

Los aportes de materia orgánica de origen variable, generan parches pequeños con recursos efímeros de alimento e incrementan la estructuración y complejidad de un micro hábitat a través de bioturbación (Smith y Hessler, 1978; Rice y Lamshead, 1994), en el caso del cadáver de ballena de 36 meses correspondiente a este estudio es posible sugerir un ambiente tipo mosaico debido a su variabilidad espacial, cada carroñero ha dejado heces alrededor que formaron mosaicos con mayor y menor cantidad de compuestos orgánicos que debido a factores como bioturbación se han ido introduciendo y remezclando. En el caso de la ballena de 18 meses la distribución de los restos de huesos y materia orgánica puede sugerir un ambiente tipo mosaico; aunque se debe ser cuidadosos en lo referente al tipo de muestreo realizado. Además de que debido a su talla y requerimientos, la meiofauna depende de la interacción de la megafauna con el cadáver, dejando restos de alimento en forma de carbono orgánico que son aprovechados por la meiofauna (Levin y Smith, 1984). Sin embargo, estos eventos son importantes como procesos de pequeña escala espacial y temporal que conforman un mosaico de parches aleatorios con diferentes estados de recuperación (Johnson, 1970, 1973; Osma y Whitlach, 1978; Thistle, 1981; Levin y Smith, 1984; Botton, 1984).

Los eventos de aportes de materia orgánica o de generación en los fondos marinos por hidrotermalismo o infiltración siguen un patrón similar al propuesto para explicar la relación entre diversidad y perturbación física "hipótesis de productividad intermedia" propuesta por Grime en 1973, la cual predice que el máximo de diversidad de especies ocurre en algún punto intermedio de productividad, en el cual, la competencia por alimento es reducida promoviendo la coexistencia de especies competidoras potenciales. La hipótesis anterior llevó a Connell en 1978 a proponer la "hipótesis de perturbación intermedia", la cual identifica la severidad y frecuencia de disturbios como elementos claves en el establecimiento de la diversidad de la comunidad.

Basándose en las hipótesis antes mencionadas, Stokton y De Lac (1982) proponen que a partir de la respuesta de la comunidad asociada al fondo marino a un pulso de alimento inmediato a la caída de la fuente de materia orgánica disminuye y el tamaño de población aumenta en respuesta, volviendo a disminuir con el paso del tiempo (Fig. 17). En este estudio observamos que la respuesta reflejada en densidad de la comunidad de la meiofauna al pulso de alimento para el cadáver de ballena de 36 meses es mayor en la zona inmediata al cadáver ($35,353.33 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, promedio), mostrando variaciones en un gradiente a distancia ($505.1 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, promedio) a 3 m de la fuente. También se registró una variación al interior del sedimento, encontrando mayor densidad de organismos en la capa superior del sedimento que en la capa profunda e intermedia. Para el cadáver de ballena de 18 meses los valores más elevados ($25,000 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, promedio) de densidad de meiofauna fueron encontrados a una distancia de 30 m, con el mismo patrón al interior del sedimento a excepción de la capa profunda, donde no se encontraron organismos a distancia de 1 y 3 m. En el caso de la infiltración metanogénica, el patrón que siguió es muy similar a el del cadáver de ballena de 36 meses, mostrando los valores mayores a poca distancia ($28,788 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, promedio) a 1 m de distancia.

Levin y Paine (1974) junto con Hall (1994) y Zajac, *et al* (1998) discutieron la importancia de diferentes escalas de perturbación, subrayando la importancia de los ciclos de perturbación y recuperación en el mantenimiento de la heterogeneidad en ambientes con sedimentos finos y por lo tanto en el establecimiento de la estructura comunitaria. Lo cual permite argumentar que los aportes provenientes de cadáveres de

ballenas e infiltraciones metanogénicas (Allison *et al*, 1991) del mar profundo son significativos en cuanto a la magnitud de materia orgánica que alcanza el fondo, afectando la composición, abundancia y talla de los componentes del bentos con el tiempo y a lo largo de un gradiente a distancia.

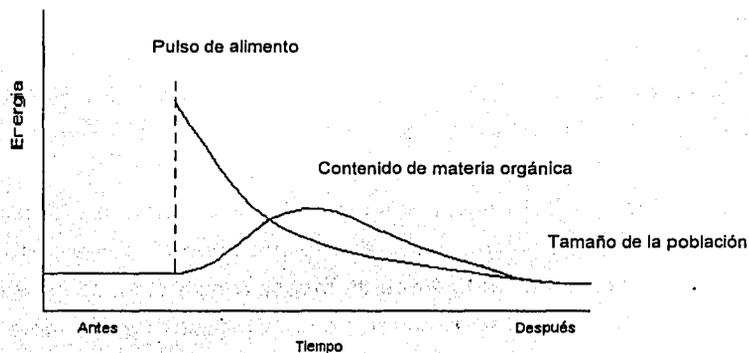


Fig 17. Respuesta de los pulsos de alimento en tiempo por las comunidades basado en el modelo de Connell (1978).

Se ha sugerido que un cadáver con las dimensiones de una ballena pueda tener cuatro estados de impacto sobre el sedimento en la periferia y genera una sucesión temporal, durante la cual el tejido de la ballena y los lípidos son consumidos por invertebrados y carroñeros vertebrados y remineralizados por bacterias y Arqueobacterias (Smith *et al*, 1998).

La respuesta de la meiofauna en el cadáver de 36 meses puede deberse a procesos de remineralización (Torres *et al*, 2002), los cuales promueven la producción de compuestos reducidos en el sedimento y agua intersticial incrementando la concentración de sulfuros en el sedimento y la reducción significativa del contenido de oxígeno (Deming y Baross, 1993). Estos cambios en la interfase sedimento-agua son

un impacto para la presencia de muchos grupos taxonómicos de metazorios que habitan comunmente los fondos marinos.

El proceso de degradación de materia orgánica continúa basándose en el aprovechamiento de los huesos ricos en lípidos (Allison *et al*, 1991) por fauna no antes estudiada. El efecto del esqueleto sobre los sedimentos tiene un alcance aproximado de 1 a 2 m en la periferia del esqueleto (Nowell y Jumars, 1984), nuestro estudio muestra que este alcance y efecto varían a lo largo del tiempo y tamaño original del cadáver (Smith *et al*, 1998; Stokton y De Lac 1982). Además de observarse una disminución de densidad de la meiofauna en sedimento superficial en el cadáver de 18 meses a 3 m y en el de 36 meses a 1 ó 2 m.

Así mismo el efecto hacia el interior del sedimento varía igualmente con tiempo (a mayor tiempo los valores mayores se encontraron principalmente en capas profundas), como es el caso del cadáver de 36 meses (Smith *et al*, 1998; Stokton y De Lac 1982). La respuesta varió desde un impacto no significativo (p. e. sobre contenido de carbono orgánico y la producción microbiana), hasta efectos débiles a escala de decímetros (cambios en la abundancia, diversidad y los intervalos y profundidades de bioturbación, como es el caso del cadáver de 18 meses).

En cuanto a contenido de carbono y nitrógeno orgánico se refiere para el esqueleto de 36 meses los resultados de parámetros ambientales muestran una curva de distribución normal que es respuesta a la concentración de oxígeno disuelto en el agua intersticial y sedimento en función al aporte masivo y el típico fondo abisal (Smith *et al*; 1987).

En este estudio los valores de carbono orgánico y nitrógeno orgánico mostraron diferencias no significativas para el cadáver de 36 meses (4.9%) con una distribución relativamente homogénea en capas superficiales del sedimento. Lo anterior tal vez debido a la actividad bacteriana, transformando (enmascarando) los compuestos en el sedimento (Deming y Yager, 1992).

En el esqueleto de 18 meses se observan resultados significativos en cuanto al efecto del enriquecimiento principalmente por carbono orgánico (6.8%), seguido de nitrógeno,

el cual disminuye a distancia del cadáver. Se han reportado valores mayores a 6% de carbono orgánico en la Base de Santa Catalina (Smith *et al*; 1987). Así mismo se registró una alta densidad de organismos y baja diversidad; dominando (al igual que en el esqueleto de 36 meses) los nemátodos, seguido de los copépodos harpacticoides, bivalvos y otros. Lo cual es común en éste tipo de ambientes en estudios realizados con macrofauna (Rowe *et al*, 1991).

En cuanto a la composición taxonómica y distribución de la comunidad asociada al sedimento en la infiltración; la abundancia, densidad y biomasa tiende a disminuir a distancia de la infiltración metanogénica y a aumentar hacia las capas superficiales de profundidad en sedimento.

Naganuma *et al* (1996) realizó un estudio acerca de los parámetros de la comunidad asociada al sedimento alrededor de un esqueleto de 14 m de longitud de la especie *Balaenoptera edeni* al noreste del fondo marino Pacífico en el monte Toroshima a 4037 m profundidad, la cual lleva de 2 A 16 años depositada en el fondo. Naganuma encontró una comunidad quimioautotrófica que se desarrolla directamente en contacto con los huesos mientras causa un impacto de tipo "modesto" sobre la comunidad de alrededor del esqueleto. En el presente estudio se reconoce que los cadáveres de ballenas muestran un efecto a corto y largo plazo (cadáver de ballena de 36 meses vs cadáver de ballena de 18 meses), tiempo en el que los restos en descomposición han ejercido su influencia sobre la distribución de la meiofauna en el mar profundo.

La evidencia fotográfica y visual, apoyada por sumergibles, sugiere que la caída de aportes masivos de alimento son eventos raros que ejercen un efecto local y representan un enriquecimiento de energía para la fauna del sedimento (Stokton y De Lac, 1982), por lo cual el presente estudio resalta en cuanto a la importancia en la contribución de información acerca de efectos de enriquecimiento por materia orgánica en el mar profundo.

XII. CONCLUSIONES

1. El efecto del aporte masivo de materia orgánica al sedimento a partir de los porcentajes de C_{org} , N_{org} y S_{org} en el sedimento superficial mostraron los siguientes patrones:

a) Porcentajes de carbono orgánico en sedimento

- Los valores promedio de C_{org} fueron diferentes entre las tres fuentes (cadáver de ballena de 36 meses, cadáver de ballena de 18 meses e infiltración metanogénica). Los valores promedio mayores se reconocieron para los cadáveres de ballenas (4.9 y 7.16 % C_{org} , respectivamente), en comparación con los encontrados en la infiltración metanogénica (2.59 % C_{org}).
- Hacia el interior del sedimento para las tres fuentes, los valores promedio de % C_{org} disminuyeron con el aumento de profundidad en el sedimento. Los valores para la capa superficial en las tres fuentes fueron 7.0, 5.5 y 3.9 % C_{org} , respectivamente. Los valores para la capa profunda en las tres fuentes fueron 6.9, 5.0 y 3.5 % C_{org} respectivamente.
- Se reconoció un patrón de disminución del % C_{org} con el aumento de distancia a partir de la fuente. Para los dos cadáveres de ballenas (36 y 18 meses), los valores más elevados (5.67 y 7.08 % C_{org} , respectivamente) se encontraron a una distancia de 3 m en ambos casos. En el caso de la infiltración metanogénica no se reconoció ningún patrón, los valores mayores (3.48 % C_{org}) se encontraron a la distancia mayor de la fuente (200 m).

b) Porcentajes de nitrógeno orgánico en sedimento

- Los valores promedio de N_{org} fueron diferentes entre las tres fuentes (cadáver de ballena de 36 meses, cadáver de ballena de 18 meses e infiltración metanogénica). Los valores promedio mayores se reconocieron para los cadáveres de ballenas (1.94 y 0.88 % N_{org} , respectivamente), en comparación con los encontrados en la infiltración metanogénica (0.29 % N_{org}).

- Hacia el interior del sedimento para las tres fuentes, los valores promedio disminuyeron con el aumento de profundidad en el sedimento. Los valores para la capa superficial en las tres fuentes fueron 0.81, 0.55 y 0.40 % N_{org} , respectivamente. Los valores para la capa profunda en las tres fuentes fueron 0.80, 0.50 y 0.40 % N_{org} respectivamente.
- Se reconoció un patrón de disminución del % N_{org} . Para el cadáver de ballena de 18 meses y la infiltración metanogénica, los valores más elevados (0.88 y 0.41% N_{org} respectivamente) se encontraron a distancias de 30 y 200m respectivamente. En el caso del cadáver de 36 no se reconoció ningún patrón, los valores mayores (0.65 % N_{org}) se reconocieron a 3 m de distancia.

c) Porcentajes de azufre en sedimento

- Los valores promedio de % S fueron diferentes entre las tres fuentes (cadáver de ballena de 36 meses, cadáver de ballena de 18 meses e infiltración metanogénica). Los valores promedio mayores (1.94 %S) se reconocieron para la infiltración metanogénica, en comparación con los encontrados en los cadáveres de ballenas (0.21 y 0.16 % S respectivamente).
 - Hacia el interior del sedimento para las tres fuentes, los valores promedio disminuyeron con el aumento de profundidad en el sedimento. Los valores para la capa superficial en las tres fuentes fueron 0.81, 0.55 y 0.40 % S, respectivamente. Los valores para la capa profunda fueron 0.80, 0.50 y 0.40 % S, respectivamente.
 - Se reconoció un de disminución del % S. Para el cadáver de ballena de 18 meses y la infiltración metanogénica, los valores más elevados (0.43 y 1.94 % S, respectivamente) se encontraron a distancias de 1 y 0 m respectivamente. En el caso del cadáver de 36 meses no se reconoció ningún patrón, los valores mayores (0.37 %S) se reconocieron a 9 m.
2. El efecto generado por los cadáveres de ballenas e infiltración metanogénica sobre los patrones de cambio en la estructura de la comunidad meiofaunal medidos en densidad ($ind \cdot m^{-2}$) mostraron los siguientes patrones:

- c. A distancia de la fuente, los valores promedio de la densidad fueron diferentes para las tres fuentes (cadáver de ballena de 36 meses, cadáver de ballena de 18 meses e infiltración metanogénica). Los valores promedio mayores ($50000 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) se reconocieron para el cadáver de ballena de 36 meses a 9 y 30 m; en comparación con los encontrados en el cadáver de ballena de 18 meses (10606 y $25000 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) a 9 y 30 m y (28788 y $12121 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) a 1 y 200m. En general los valores de biomasa para los tres ambientes tienden a ser mayores (0.0430 , 0.0548 y $0.0267 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) en las capas superficiales con respecto a las capas intermedia (0.0140 , 0.0179 y $0.0170 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) y profunda del sedimento (0.0003 , 0.0011 , $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$)
- d. La composición taxonómica no varió entre las tres distintas fuentes, el grupo de nematodos como dominante, seguido de copépodos harpaticoides y finalmente bivalvos, además de contar con un grupo denominado "otros grupos taxonómicos" en el cual fueron localizados organismos a los cuales no fue posible clasificar por estar incompletos. La riqueza de organismos no varió en ninguna de las tres fuentes (cadáver de 36 meses, cadáver de 18 meses e infiltración metanogénica).
- e. Hacia el interior del sedimento los valores máximos promedio de densidad para los tres ambientes (capa superficial: $50000 \text{ ind}(m^{-2})$, capa intermedia: $10606 \text{ ind}(m^{-2})$ y capa profunda: $3030.30 \text{ ind}(m^{-2})$) tienen a ser mayores en las capas superficiales con respecto a la capa media y profunda en el sedimento.
3. Los patrones de cambio en la estructura observados se relacionan con los factores ambientales de enriquecimiento sobre el sedimento en que el efecto del carbono y nitrógeno orgánicos tuvo influencia a distancia del cadáver de 18 meses en capas superficiales; probablemente debido a la presencia de organismos carroñeros de mayor talla ejerciendo un efecto en la zona inmediata al cadáver. En el caso del azufre, los valores encontrados en éste cadáver fueron más altos que en el cadáver de 18 meses en fondo. En el cadáver de 36 meses el azufre fue retirado del análisis realizado con el programa CANOCO por presentar efecto no significativo, lo anterior pudo deberse a la gran colonización por bacterias extremófilas, las cuales son visibles en forma de halo blanco.

En el caso de un aporte de tipo biogénico como lo es la infiltración³ metanogénica no hay un patrón, el efecto se presenta ya sea en la zona inmediata a la fuente (0 y 1 m) o a mayor distancia (200 m); lo anterior tal vez debido al recambio de agua y al predominante efecto del azufre sobre el carbono y el nitrógeno.

XIII. REFERENCIAS (se siguió el formato Deep Sea Research)

- ◆ Allison, PA; Smith, CR; Kukert, H; Deming, JW; Bennett, BA (1991) Deep-water taphonomy of vertebrate carcasses: A whale skeleton in the bathyal Santa Catalina Basin *Paleobiology*, **17**, 78-89.
- ◆ Amos A.F., O.A. Roels, C. Garside, T. C. Malone and A. Z. Paul (1977) Environmental aspects of nodule mining. In: *Marine manganese deposits*. G.P. Glasby, editores, Elsevier, pp. 391-437.
- ◆ Archer D., S. Emerson and C. Smith (1989) Direct measurement of diffusive sublayer at the deep sea floor using oxygen microelectrodes. *Nature*, **340**, 623-626
- ◆ Ballard R. (1977) Notes on a major oceanographic find. *Oceanus*, **20**,35-44
- ◆ Barham, E. G., N.J. Ayer, Jr. and R.E. Boyce (1967) Macrofauna of the San Diego Trough: Photographic census and observations from bathyscaphe Trieste. *Deep-Sea Research*, **24**, 511-548.
- ◆ Bottom, M.L. (1984) The importance of predation by horseshoe crabs, *Limulus polyphemus*, to and intertidal and mudflat community. *Journal of Marine Research*, **42**, 139-161.
- ◆ Brundage, W. L., Jr., C.L. Buchanan and R. B. Patterson (1967) Search and serendipity. En: Deep-sea photography, J.B. Hersey, editor, The Johns Hopkins Press, Baltimore, pp. 75-87.
- ◆ Brusca, R and Brusca, G. (1990) Invertebrates. Sinauer Assoc. Inc. Pub. Sunderland. M.A. 922 pp.
- ◆ Cohen D. M (1977) Swimming performance of the gadoid fish *Antimora* at 2400 meters. *Deep-Sea Research*, **24**, 275-277.
- ◆ Conell, J.H. (1978) Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, **199**, 1302-1309.
- ◆ Casey J (2001) Fluid Seeps at Continental Margins: A Report of a Workshop Defining Critical Research Issues Affecting Geology, Biology, the Oceans and the Atmosphere.
- ◆ Cosson N., M. Sibuet and J. Galeron (1997) *Deep-Sea Research*, **44** (2), 247-269.
- ◆ Dayton P. and Hessler R. (1972) Role of biological disturbance in maintaining diversity in the deep sea. *Deep-Sea Research*, **20**, 199-208.
- ◆ Deming, J.W. y Baross, J.A. (1993) Deep-sea smokers: Windows to a subsurface biosphere?, *Geochemica et Cosmochimica Acta*, **57**, 3219-3230.
- ◆ Deming, J.W. y Yager, P.L., 1992. "Total" sediment biomass and preliminary estimates of organic carbon residence time in deep-sea benthos, Deep sea food chains and the global carbon cycle., Kuwer Academic Publishers, Dordrecht (Netherlands), 11-27.
- ◆ Emery, K.O. (1960). *The sea floor of Southern California*. Wiley; New York.
- ◆ Emery K.O. and D. A. Ross (1968) Topography and sediments of a small area of the continental slope south of Martha's Vineyard. *Deep-Sea Research*, **15**, 415-422.
- ◆ Eppley, R.W, P. G. Brewer and K. W , Bruland (1986) The Global Ocean Flux Study (GOFS): Status of the U.S. program. EOS, Transactions, American Geophysical Union. **67**, 827-832.
- ◆ Fisher, C. and MacDonald I. and Sassen R. (2000) Methane ice worms: *Hesiocaeca methanicola*, colonizing fossil fuel reserves. *Nature*, **87**, 184-187.
- ◆ Gage, J.D. y P.A. Tyler. 1991. *Deep sea biology :a natural history of organisms at the deep-sea floor*. Cambridge University Press, Cambridge
- ◆ Graf G. (1992) Benthic-pelagic coupling: A benthic view. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* , **30**,149-190
- ◆ Grassle J. F., H. L. Sanders (1973) Life histories and the role of disturbance. *Deep-Sea Research*, **22**, 457-481.

- ◆ Grime, J.P. (1973) Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature*, **242**, 344-347.
- ◆ Hair, J.F., Anderson, R.E., Tathman, R.L. and Black, W.C (1999) *Multivariate Analysis*. Prentice Hall, España, 769 pp.
- ◆ Hall, S.J (1994) Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments, *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, **32**, 179-239.
- ◆ Hinga K., McN Sieburt and G. Heath (1979) The supply and use of organic material at the deep-sea floor. *Journal of Marine Research*. **37**,557-579.
- ◆ Jackson, GA (1988) Implications of high dissolved organic matter concentrations for oceanic properties and processes, *Oceanography*,**1**, 28-33.
- ◆ Jannasch, H. (1978) Experiments in deep-sea microbiology. *Oceanus*, **21**,50-57.
- ◆ Johnson, R.G. (1970) Variation in diversity within benthic marine communities. *American Nature*, **104**, 285-300.
- ◆ Kitazato, H and Shirayama, Y (1996) Rapid creation of a reduced environment and an early stage of a chemosynthetic community on cattle bones at the deep-sea bottom in Sagami Bay, central Japan, *Vie et Milieu*, **46**,1-5.
- ◆ Legendre, P y L. Legendre (1998) *Ordination in reduce space*. En: *Numerical ecology*. Editores, Elsevier Science, pp 387-486.
- ◆ Levin, L.A. y C.R. Smith (1984) Responses of background fauna to disturbance and enrichment in the deep-sea: a sediment tray experiment. *Deep-Sea Research*, **31A**, 1277-1285.
- ◆ Marshall N. B. and D. W. Bourne (1964) A photographic survey of benthic fishes in the Red Sea Gulf of Aden, with observations on their population density, diversity and habits. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*. Harvard, **132**, 223-244.
- ◆ Maxwell A. (1971), *The Sea. Ideas and Observations on Progress in the study of the sea* **4**, part II, 664pp
- ◆ Menzies R. J. (1963) General results of biological investigations on the deep-sea fauna made on the U.S.N.S. *Eltanin* (U.S.A.R.P.) during cruise number 3 between Panama and Valparaiso, Chile in 1962. *International Revise gesamtten Hydrobiologie*. **48**, 185-200.
- ◆ Milkov A. (2000) Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates. *Marine Geology*, **167**, 29-42.
- ◆ Naganuma, Takeshi; Wada, Hideki; Fujioka, Kantaro (1996) Biological community and sediment fatty acids associated with the deep-sea whale skeleton at the Torishima Seamount, *Journal of Oceanography*, **52**,1-15.
- ◆ Nowell, ARM; Jumars, PA (1984) Flow environments of aquatic benthos, *Annual Review of Ecology and Systematics*, **15**, 303-328.
- ◆ Osman, R.W. y R.B.Whitlatch (1978) Patterns of species diversity: fact or artifact? *Paleobiology*, **4**, 41-54.
- ◆ Paul A. Z. (1976) Deep-Sea bottom photographs show that benthic organisms remove sediment cover from manganese nodules. *Nature*, **263**, 50-51.
- ◆ Paul A. Z., E.M. Thorndike, L.G. Sullivan, B.C. Heezen and R.D. Gerard (1978) Observations of the deep sea floor from 202 days of time lapse photography. *Nature*, **272**, 812-814.
- ◆ Percy, W. and J. Ambler (1974) Food habits of deep-sea macrourid fishes off the Oregon Coast. *Deep-Sea Research*. **21**, 745-759.
- ◆ Rice A.L. y P.J.D. Lambshead, 1994. Patch dynamics in the deep-sea benthos: the role of a heterogenous supply of organic matter. In: *Aquatic ecology: scale, pattern and processes* edited by P.S. Giller, A.G. Hildrew y D.G. Raffaelli, Blackwell, Oxford, pp. 469-497.

- ◆ Roper, C.F.E., and W.L. Brundage, Jr. (1972) Cirrate octopods with associated deep-sea organisms: New biological data based on deep benthic photographs (Cephalopoda). *Smithsonian Contributions in Zoology*, **121**, 46 pp.
- ◆ Rowe, G.T. (1983) Biomass and Production of the deep sea macrobenthos. In: G.T. Rowe (Ed.) *Deep Sea Biology, The Sea*, vol. 8. J. Wiley, N.Y.
- ◆ Rowe, G; Sibuet, M; Deming, J; Khripounoff, A; Tietjen, J; Macko, S; Theroux, R (1991) "Total" sediment biomass and preliminary estimates of organic carbon residence time in deep-sea benthos, *Marine ecology progress series*, **79**, 99-114.
- ◆ Rowe G.T. and R.J.Menzies (1969) Zonation of large benthic invertebrates in the deep-sea (sic) off the Carolinas. *Deep-Sea Research*. **16**, 531-537.
- ◆ Sassen R. and Roberts H. and Aharon P. and Larkin J. and Chinn E. and Carney R. (1993) Chemosynthetic bacterial mat at cold hydrocarbon seeps, Gulf of Mexico continental slope. *Organic Geochemistry*, **20**, 77-89.
- ◆ Smith, C.R. (1985) Food for the deep-sea: utilization, dispersal and flux of nekton falls at the Santa Catalina Basin floor. *Deep Sea Research*, **32A**, 417-442.
- ◆ Smith C. (1989) Whale falls: chemiosynthesis on deep-sea floor. *Oceanus*, **36**, 74-78.
- ◆ Smith K. and Carlucci A. and Jahnke A. and Craven D. (1987) Organic carbon mineralization in the Santa Catalina Basin: benthic boundary layer metabolism. *Deep-Sea Research*, **34**, 185-211.
- ◆ Smith C.R. y R.R. Hessler (1987) Colonization and succession in deep-sea ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, **2**, 358-363.
- ◆ Smith C. y A. Baco (1992). Early succession, persistence, and seep affinities of whale-carcass communities on the Northeast Pacific Slope. *Project summary*.
- ◆ Smith, C. y A. Baco (1998) Sucession and seep affinities of large-whale, kelp and wood fall communities on the California slope. *Project Summary*.
- ◆ Smith C., H. Maybaum; A. Baco; R. Pope and S. Carpenter and P. Yager (1998) Sediment community structure around a whale skeleton in the deep Northeast Pacific: Macrofaunal, microbial and bioturbation effects. *Deep-Sea Research*. **45**, 335-364
- ◆ Stokton, W.L. y De Lac, T.E. (1982) Food falls in the deep sea: ocurrence, quality and significance. *Deep Sea Research*, **29**, 157-169.
- ◆ Thistle, D. (1981) Natural physical disturbances and communities of marine soft bottoms, *Marine Ecology Progress Series*, **6**, 223-228.
- ◆ Tchernia P. (1970) Descriptive regional oceanography, **3**, 253pp.
- ◆ Torres M.E., McManus J. and Huh C.A. (2002) Fluid seepage along the San Clemente Fault scarp: basin-wide impact on barium cycling. *Earth and Planetary Science Letters*, **203**, 181-194.
- ◆ Zajac, R.N., R.B. Whitlatch y S.F. Thrush (1998) Recolonization and succession in soft sediment infaunal communities: The spatial scale of controlling factors. *Hydrobiologia*, **375**, 227-240.

XIV. APÉNDICE

#	ESTACION	# REPLICAS	NIVEL	ABUND	DEN	BIOM
0	(E 6) 3 4 8 3	1	1	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 0 3
0	(E 6) 3 4 8 3	1	2	0	0	0
0	(E 6) 3 4 8 3	1	3	2	3 0 3 0 . 3 0 3	0 . 0 0 6 3
0	(E 6) 3 4 8 3	2	1	2	3 0 3 0 . 3 0 3	0 . 0 0 6 3
0	(E 6) 3 4 8 3	2	2	0	0	0
0	(E 6) 3 4 8 3	2	3	0	0	0
0	(E 6) 3 4 8 3	3	1	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 0 3
0	(E 6) 3 4 8 3	3	2	0	0	0
0	(E 6) 3 4 8 3	3	2	2	3 0 3 0 . 3 0 3	0 . 0 0 0 6
1	(E 1 1) 3 4 8 3	1	1	3	4 5 4 5 . 4 5 5	0 . 0 1 1 9
1	(E 1 1) 3 4 8 3	1	2	5	7 5 7 5 . 7 5 8	0 . 0 1 7 9
1	(E 1 1) 3 4 8 3	1	3	4	6 0 6 0 . 6 0 6	0 . 0 0 1 1
1	(E 1 1) 3 4 8 3	2	1	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 5 7
1	(E 1 1) 3 4 8 3	2	2	2	3 0 3 0 . 3 0 3	0 . 0 0 0 7
1	(E 1 1) 3 4 8 3	2	3	2	3 0 3 0 . 3 0 3	0 . 0 1 1 3
1	(E 1 1) 3 4 8 3	3	1	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 5 7
1	(E 1 1) 3 4 8 3	3	2	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 0 3
1	(E 1 1) 3 4 8 3	3	3	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 4	1	1	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 4	1	2	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 4	1	3	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 4	2	1	2	3 0 3 0 . 3 0 3	0 . 0 0 0 7
3	(E 9) 3 4 8 4	2	2	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 4	2	3	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 4	3	1	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 0 3
3	(E 9) 3 4 8 4	3	2	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 4	3	3	0	0	0
9	(E 1 0) 3 4 8 4	1	1	7	1 0 6 0 6 . 0 6 6	0 . 0 0 2 3
9	(E 1 0) 3 4 8 4	1	2	6	9 0 9 0 . 9 0 9	0 . 0 0 0 2
9	(E 1 0) 3 4 8 4	1	3	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 3 1
9	(E 1 0) 3 4 8 4	2	1	7	1 0 6 0 6 . 0 6 6	0 . 0 0 7 6
9	(E 1 0) 3 4 8 4	2	2	3	4 5 4 5 . 4 5 5	0 . 0 0 0 1
9	(E 1 0) 3 4 8 4	2	3	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 0 3
9	(E 1 0) 3 4 8 4	3	1	5	7 5 7 5 . 7 5 8	0 . 0 0 1 7
9	(E 1 0) 3 4 8 4	3	2	2	3 0 3 0 . 3 0 3	0 . 0 0 0 7
9	(E 1 0) 3 4 8 4	3	3	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 0 3
3	(E 6) 3 4 8 5	1	1	5	7 5 7 5 . 7 5 8	0 . 0 0 7 7
3	(E 6) 3 4 8 5	1	2	0	0	0
3	(E 6) 3 4 8 5	1	3	0	0	0
3	(E 6) 3 4 8 5	2	1	0	0	0
3	(E 6) 3 4 8 5	2	2	0	0	0
3	(E 6) 3 4 8 5	2	3	0	0	0
3	(E 6) 3 4 8 5	3	1	5	7 5 7 5 . 7 5 8	0 . 0 2 1 1
3	(E 6) 3 4 8 5	3	2	0	0	0
3	(E 6) 3 4 8 5	3	3	0	0	0
9	(E 1 0) 3 4 8 5	1	1	17	2 5 7 5 7 . 5 8 8	0 . 0 0 5 7
9	(E 1 0) 3 4 8 5	1	2	28	4 2 4 2 4 . 2 4	0 . 0 0 9 4
9	(E 1 0) 3 4 8 5	1	3	0	0	0
9	(E 1 0) 3 4 8 5	2	1	4	6 0 6 0 . 6 0 6	0 . 0 0 1 3
9	(E 1 0) 3 4 8 5	2	2	0	0	0
9	(E 1 0) 3 4 8 5	2	3	1	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 5 7
9	(E 1 0) 3 4 8 5	3	1	18	2 7 2 7 2 . 7 3	0 . 0 0 6 6
9	(E 1 0) 3 4 8 5	3	2	3	4 5 4 5 . 4 5 5	0 . 0 0 1 1
9	(E 1 0) 3 4 8 5	3	3	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 5	1	1	50	7 5 7 5 7 . 5 8 8	0 . 0 2 7 3
3	(E 9) 3 4 8 5	1	2	2	3 0 3 0 . 3 0 3	0 . 0 0 0 7
3	(E 9) 3 4 8 5	1	3	0	0	0
3	(E 9) 3 4 8 5	2	1	38	5 7 5 7 5 . 7 6 6	0 . 0 1 2 6
3	(E 9) 3 4 8 5	2	2	4	6 0 6 0 . 6 0 6	0 . 0 0 1 3
3	(E 9) 3 4 8 5	2	3	10	1 5 1 5 . 1 5 2	0 . 0 0 3 3
3	(E 9) 3 4 8 5	3	1	165	2 5 0 0 0 0	0 . 0 5 4 8
3	(E 9) 3 4 8 5	3	2	7	1 0 6 0 6 . 0 6 6	0 . 0 0 2 3
3	(E 9) 3 4 8 5	3	3	6	9 0 9 0 . 9 0 9	0 . 0 0 0 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

# ESTACION	# REPLICA	NIVEL	ABUND	DEN	BIOM
0(E10)3481	1	1	17	24242.42	0.0054
0(E10)3481	1	2	15	22727.27	0.0049
0(E10)3481	1	3	32	48484.85	0.0136
0(E10)3481	2	1	4	6060.606	0.0133
0(E10)3481	2	2	1	1515.152	0.0033
0(E10)3481	2	3	19	28787.88	0.0064
0(E10)3481	3	1	33	168181.8	0.1958
0(E10)3481	3	2	33	50000	0.1446
0(E10)3481	3	3	4	6060.606	0.012
1(TC8)3481	1	1	0	0	0
1(TC8)3481	1	2	0	0	0
1(TC8)3481	1	3	7	10606.06	0.008
1(TC8)3481	2	1	5	7575.758	0.0017
1(TC8)3481	2	2	1	1515.152	0.0057
1(TC8)3481	2	3	4	6060.606	0.0227
1(TC8)3481	3	1	9	13636.36	0.0433
1(TC8)3481	3	2	0	0	0
1(TC8)3481	3	3	1	1515.152	0.0033
3(TC15)3481	1	1	2	3030.303	0.0007
3(TC15)3481	1	2	2	3030.303	0.0007
3(TC15)3481	1	3	0	0	0
3(TC15)3481	2	1	1	1515.152	0.0003
3(TC15)3481	2	2	0	0	0
3(TC15)3481	2	3	1	1515.152	0.0003
3(TC15)3481	3	1	0	0	0
3(TC15)3481	3	2	1	1515.152	0.0003
3(TC15)3481	3	3	0	0	0

#inmersión	# estación	% C org	% N org	% S org
AD3481	0(E10)	0.53	4.46	0.17
AD3481	0(E10)	0.51	4.48	0.19
AD3481	0(E10)	0.48	4.15	0.18
AD3481	1(TC8)	0.59	5.12	0.15
AD3481	1(TC8)	0.57	5.08	0.14
AD3481	1(TC8)	0.8	6.8	0.2
AD3481	3(TC15)	0.59	5.02	0.14
AD3481	3(TC15)	0.53	4.71	0.08
AD3481	3(TC15)	0.48	4.29	0.88
AD3483	0(EC6)	0.66	5.34	0.46
AD3483	0(EC6)	0.62	5.45	0.29
AD3483	0(EC6)	0.44	3.82	0.35
AD3483	1(EC11)	0.78	5.79	0.37
AD3483	1(EC11)	0.79	6.76	0.49
AD3483	1(EC11)	0.78	6.63	0.44
AD3484	3(EC9)	0.82	6.96	0.32
AD3484	3(EC9)	0.83	7.16	0.24
AD3484	3(EC9)	0.84	7.12	0.22
AD3484	9(EC10)	0.85	7.12	0.19
AD3484	9(EC10)	0.82	6.98	0.21
AD3484	9(EC10)	0.54	4.76	0.22
AD3485	3(EC6)	0.93	7.01	0.42
AD3485	3(EC6)	0.86	7.21	0.3
AD3485	3(EC6)	0.84	7.08	0.28
AD3485	9(EC10)	0.89	7.02	0.16
AD3485	9(EC10)	0.82	6.96	0.22
AD3485	9(EC10)	0.69	5.83	0.24
AD3485	30(E9)	0.77	6.29	0.21
AD3485	30(E9)	0.74	6.29	0.21
AD3485	30(E9)	0.78	6.39	0.20
AD3487	0(EC11)	0.29	2.59	1.93
AD3487	0(EC11)	0.21	1.98	1.22
AD3487	0(EC11)	0.18	1.64	2.67
AD3487	1(E6)	0.88	7.22	0.21
AD3487	1(E6)	0.91	7.28	0.20
AD3487	1(E6)	0.66	5.71	0.24
AD3487	10(E9)	0.28	2.69	0.27
AD3487	10(E9)	0.28	2.69	0.27
AD3487	10(E9)	0.33	2.93	0.20
AD3487	200(E10)	0.46	3.63	0.04
AD3487	200(E10)	0.39	3.43	0.12
AD3487	200(E10)	0.39	3.37	1.13

Resultados de los análisis realizados con el programa CANOCO versión 4.5

Análisis de gradiente para el cadáver de ballena de 36 meses

**** Summary ****

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0.107	0.057	0.024	0.012	1.000
Species-environment correlations :	0.505	0.577	0.408	0.335	
Cumulative percentage variance					
of species data :	10.7	16.4	18.8	20.0	
of species-environment relation:	51.2	78.4	90.1	95.8	
Sum of all eigenvalues					1.000
Sum of all canonical eigenvalues					0.208

!

*** Unrestricted permutation ***

Seeds: 23239 945

**** Summary of Monte Carlo test ****

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.107

F-ratio = 2.390

P-value = 0.6450

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.208

F-ratio = 0.878

P-value = 0.5930

(999 permutations under reduced model)

[Fri Mar 07 18:06:24 2003] CANOCO call succeeded

Resultados de los análisis realizados con el programa CANOCO versión 4.5

Análisis de gradiente para el cadáver de ballena de 18 meses

**** Summary ****

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0.110	0.040	0.012	0.001	1.000
Species-environment correlations :	0.469	0.482	0.262	0.077	
Cumulative percentage variance					
of species data :	11.0	14.9	16.1	16.2	
of species-environment relation:	67.8	92.2	99.4	100.0	
Sum of all eigenvalues					1.000
Sum of all canonical eigenvalues					0.162

!

*** Unrestricted permutation ***

Seeds: 23239 945

**** Summary of Monte Carlo test ****

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.110

F-ratio = 7.035

P-value = 0.0230

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.162

F-ratio = 2.206

P-value = 0.0050

(999 permutations under reduced model)

[Fri Mar 07 18:09:18 2003] CANOCO call succeeded

Test of significance of the individual canonical eigenvalues --

Total sum of squares in Y [transformed] (SSY) = 26.69797

Total variance in Y [transformed] = 0.43061

Sum of canonic:1 eigenvalues = 0.06980

Proportion of Y variance explained by X (R-square) = 0.16211

Permutational probabilities under reduced model (999 perm.)

Axis	Eigenvalue	Eig/VarTot	F	Prob
1	0.04731	0.10986	7.03496	0.03100
2	0.01704	0.03958	2.65233	0.38100
3	0.00505	0.01172	0.79647	0.95600
4	0.00041	0.00094	0.06427	1.00000

Computation time: 24.93 sec.

Resultados de los análisis realizados con el programa CANOCO versión 4.5

Análisis de gradiente para la infiltración metanogénica.

**** Summary ****

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues	0.317	0.142	0.027	0.000	1.000
Species-environment correlations	0.731	0.718	0.450		0.000
Cumulative percentage variance					
of species data	31.7	46.0	48.6	0.0	
of species-environment relation:		65.3	94.5	100.0	0.0
Sum of all eigenvalues					1.000
Sum of all canonical eigenvalues					0.486

*** Unrestricted permutation ***

Seeds: 23239 945

**** Summary of Monte Carlo test ****

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.317

F-ratio = 13.491

P-value = 0.0040

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.486

F-ratio = 4.571

P-value = 0.0010

(999 permutations under reduced model)

[Fri Mar 07 18:18:38 2003] CANOCO call succeeded

Test of significance of the individual canonical eigenvalues --

Total sum of squares in Y [transformed] (SSY) = 11.52915

Total variance in Y [transformed] = 0.32940

Sum of canonical eigenvalues = 0.16011

Proportion of Y variance explained by X (R-square) = 0.48606

Permutational probabilities under reduced model (999 perm.)

Axis	Eigenvalue	Eig/VarTot	F	Prob
1	0.10458	0.31749	13.02532	0.00100
2	0.04679	0.14205	7.35944	0.00600
3	0.00873	0.02651	1.44430	0.83500

Computation time: 7.57 sec.

ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA