

Granulometría y materia orgánica de áreas pesqueras rastreables y no rastreables en la costa central de Sonora, México.

Sergio Pedrín-Avilés^{1*}, Juana López-Martínez¹ y Pedro García-Hinostro²

RESUMEN

Los estudios sedimentológicos en el Golfo de California para conocer el impacto de la pesca de arrastre de fondo y sus consecuencias, casi no se conocen, a pesar de la relevancia ecológica, económica y social que representa tal actividad en el noroeste mexicano.

En este trabajo se presentan el tipo y calidad del sedimento, y se comparan áreas previas y posteriores al lance en zonas rastreables y no rastreables de la pesca del camarón, ubicadas en una porción de la plataforma continental oeste de la costa central de Sonora. Usando el método geoestadístico de los cuatro momentos, permitió la diferenciación de las áreas. El análisis de tamaño de grano promedio contrastándolo con la desviación estándar y el contenido porcentual de materia orgánica, mostraron diferencias significativas agrupándolas por sus características particulares entre sitios de rastreables, y no rastreables. Granulométricamente se detectaron diferencias sutiles entre muestreos previo y posterior al lance para el 2004. En el año 2005 las recolectas de sedimento previas y posteriores al lance no tuvieron diferencias significativas. El porcentaje de materia orgánica determinado en el 2004, mostró que la acción de arrastre de la red resuspende materia orgánica del fondo marino. El impacto medido *in situ* en la zona previa y posterior al lance también mostró este efecto. La alteración del

Palabras clave:
Materia orgánica
Área rastreable
Impacto
Sonora

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) Campus Guaymas. Km. 2.35 Camino al Tular, Estero de Baco-chibampo. CP. 85465. Guaymas, Sonora, México.

²Instituto Tecnológico de Guaymas. Km 4 Carretera al varadero Nacional S/N, sector las Playitas. CP. 85425. Guaymas, Sonora, México.

*Autor de correspondencia: E-mail: spedrin04@cibnor.mx

fondo marino existe, ya que la actividad de los arrastres dispersa la materia orgánica particulada del sedimento del fondo marino tornándose más arenoso. Los cambios en la estructura sedimentaria fueron detectados en la composición por tamaño de las partículas, debidos a la resuspensión por el arrastre pesquero combinado con la acumulación por efectos de la corriente marina.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas marinos son sistemas complejos, constituidos por numerosos componentes, seres vivos y ambiente físico que interaccionan entre sí en diferentes escalas temporales y espaciales, y como consecuencia de estas interacciones, tienen una estructura y funciones emergentes que son más que el resultado del total de sus componentes. En particular la actividad pesquera puede producir cambios de los ecosistemas marinos, tanto en su productividad, como en su estructura. Los impactos que se deben a la actividad pesquera por sí misma, son tanto por la falta de selectividad de las artes de pesca, que afectan a las especies que coexisten con las especies objetivo, o por la pérdida ó abandono del equipo de pesca. Las técnicas de pesca inadecuadas ó ilegales pueden además producir cambios en la topografía del fondo, tipo de sedimento y los ambientes asociados, tales como arrecifes coralinos, llanuras de pastos marinos, comunidades de algas y sobre todo en comunidades bentónicas, asociadas al fondo marino (Kaiser y Spencer 1996). Los impactos de la pesca de arrastre en el fondo de los ecosistemas acuáticos se han descrito como equivalentes a los de la agricultura sobre los ecosistemas terrestres, en términos de la proporción de la productividad primaria del sistema cosechada por el hombre (Watling y Norse 1998).

El impacto de la pesca en las especies asociadas y dependientes se ha documentado en algunas áreas. La disminución de las poblaciones de consumidores primarios al inicio de la cadena trófica remueve especies necesarias para el mantenimiento de sus depredadores, con efectos de cascada en el ecosistema. En el caso de los ecosistemas del fondo marino, se observa con frecuencia la remoción de grandes cantidades de biomasa de la red trófica, asociada a una baja entrada de energía (Kaiser y Spencer 1996).

La mayoría de las actividades pesqueras no son suficientemente selectivas para extraer del océano solo los recursos deseados. Esto conduce a la pesca accidental de otras especies, parte de las cuales tienen escaso o ningún uso para el hombre; también se produce la captura incidental de especies en riesgo, tales como tiburones, cetáceos y tortugas, que son descartadas junto con los desechos del procesamiento de pescado en los barcos. Entre los efectos sobre el ecosistema, están el incremento de la disponibilidad de alimento para las especies carroñeras, la acumulación de materia orgánica, y por un efecto acumulativo la disminución de la concentración de oxígeno disponible en el ambiente del fondo. También la muerte accidental de individuos que quedan atrapados en equipos de pesca perdidos o abandonados, estos equipos representan un problema en aumento que se ha relacionado con el creciente esfuerzo de la pesca (Watling y Norse 1998).

Los equipos de pesca pueden cambiar el ambiente donde habitan las especies que constituyen el recurso pesquero. Un impacto documentado es el de las redes de arrastre sobre las especies del fondo, que causaron cambios de largo plazo en la abundancia y composición de especies del mar de Wadden (mar de Frisia), ubicado en las costas de Holanda, Alemania y Dinamarca. El impacto sobre el hábitat depende del peso del equipo de pesca, frecuencia de arrastre y el tipo de sedimento. Fondos dinámicos y suaves pueden sufrir daño limitado, aún cuando sean explotados por equipo pesado. Al contrario, hábitats duros, estables y muy estructurados, como arrecifes y pastizales marinos pueden ser fácilmente dañados. Las redes de arrastre en los ecosistemas marinos de poca profundidad alteran el fondo oceánico, principalmente poblaciones de corales, esponjas y otras especies filtradoras que proporcionan la estructura básica para estos ecosistemas (Kaiser y Spencer 1996).

El efecto de la resuspensión del sedimento inducido por los arrastres tiene implicaciones en el decaimiento y la remineralización de la materia orgánica, con un fuerte impacto en el balance de algunos nutrientes. Mayer *et al.* (1991) indicaron que el enterramiento de materia orgánica particulada en horizontes superficiales, puede cambiar una población de eucariontes aeróbicos hacia un metabolismo dominado por procariontes anaeróbicos, la situación inversa ocurre al exponer sedimentos subsuperficiales anaeróbicos a condiciones aeróbicas, esto sucede cuando se induce a la mezcla

de sedimento durante el proceso de arrastre.

El nivel de tolerancia en que los sedimentos aeróbicos y anaeróbicos son afectados por el arrastre de fondo dependerá de la profundidad y espesor de la capa de oxido-reducción del sedimento. Por ejemplo, el flujo de nitrógeno sedimentario incrementa substancialmente como aumenta la tasa de bioturbación, y durante los arrastres de fondo, especies oportunistas de poliquetos entre otros, colaboran con el flujo de nitrógeno sedimentario (Aller 1988). La resuspensión derivada de los arrastres introduciría amonio regenerado, con la consiguiente nitrificación en una columna bien oxigenada, por lo cual, estas especies nitrogenadas estarán disponibles para el ecosistema aeróbico (Seitzinger 1988). La resuspensión de 1 mm de sedimento es suficiente para duplicar o triplicar el flujo de nutrientes hacia la zona fótica. Estos flujos pueden llevar en su momento a cambiar la comunidad de fitoplancton a diatomeas, resultando en un incremento significativo en la productividad primaria y la tasa de carbono orgánico exportado (Sánchez y Carriquiry 2007). Por consiguiente, el cambio neto en la regeneración de nutrientes por baja ó decaimiento y remineralización de la materia orgánica producto del arrastre, pueden conducir a un impacto deseable o indeseable.

Se han realizado trabajos sobre el impacto de la pesca de arrastre en las inmediaciones del fondo marino, estas investigaciones se han enfocado en evaluar específicamente los cambios o sucesiones que ocurren en las comunidades bentónicas antes, durante y después del arrastre de fondo. Sin embargo, los aspectos geoquímicos sedimentarios de las zonas de pesca del camarón no han sido evaluados y contrastados entre áreas de arrastre intensivo (zonas perturbadas y sedimentos no consolidados), y áreas de no arrastre (zonas prístinas, definidas como “pegazones” caracterizadas por rocas, gravas, cantos rodados o barcos hundidos). Los pocos estudios se han enfocado en comparar algunas propiedades del sedimento, tales como granulometría, con su fracción gruesa (arenas), la fracción fina (limo y arcilla) y el contenido porcentual de materia orgánica para áreas de arrastre (Pilska *et al.* 1998, Schwinghamer *et al.* 1998, Dernier *et al.* 2003).

Se sabe que la pesca de arrastre afecta de una u otra forma a los hábitats del fondo marino en todo el mundo. Sin embargo, estos efectos no son uniformes, ya que dependen de la distribución

espacial y temporal de la pesca, y varían con el tipo de hábitat y el medio ambiente en que se producen. Las diferentes metodologías en artes de pesca inciden de modo diferente en el fondo del mar.

El impacto del arrastre efectuado por las redes camarónicas ha sido un tema de gran relevancia y preocupación. En el ámbito internacional y nacional se han hecho y se siguen haciendo diversos intentos para tratar de minimizar los impactos adversos. Prueba de ello son los diversos talleres multinacionales que se han llevado a cabo auspiciados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (FAO 1997, 2000 y 2003). Encausados a ubicar soluciones al problema de la captura incidental de camarón, comúnmente conocida como Fauna Acompañante de Camarón (FAC). Sin embargo, los efectos ecológicos y de disturbio pueden estar asociados también al hábitat de las especies bentónicas del fondo marino.

Las artes de pesca de arrastre del fondo hacen que las capas superiores del hábitat sedimentario vuelvan a quedar en suspensión, de este modo movilizan nuevamente los nutrientes, contaminantes y partículas finas dentro de la columna de agua. Todavía no se han terminado el significado ecológico de estos efectos pesqueros (Kaiser *et al.* 2001, Anónimo 2002).

De experimentos y revisiones efectuadas en diversas regiones del mundo (Australia, mar del Norte, etc.) sobre el efecto de los arrastres de los fondos marinos, se han reportado resultados contradictorios. En un experimento de tres años para evaluar los efectos de arrastres repetitivos en los ecosistemas de fondos arenosos, que se efectuó en los Grandes Bancos de Nueva Inglaterra, los mayores impactos fueron inmediatos en la estructura física del hábitat, sin embargo, fueron de corta duración, ya que la evidencia mostró que el ecosistema se recobró en un año o menos (Gordon *et al.* 2002). Así mismo, de experimentos consistentes en comparar áreas arrastradas y áreas no arrastradas, se ha determinado que el arrastre pesquero de camarón no tuvo efectos consistentes con las comunidades de la infauna (Drabrisch *et al.* 2001).

Por otra parte, en otros estudios se ha determinado que los arrastres han modificado el ecosistema marino tanto en la abundancia (Diamond *et al.* 1999, 2000), como en la diversidad de las especies, modificando los procesos de sucesión (Hansson *et al.* 2000, Sparks y Watling 2001); la dinámica poblacional de algunas

especies de peces afectados no cambió, mientras que para otros si se observó modificación (Diamond *et al.* 1999).

Igualmente, se comprobó que el disturbio grave del arrastre ha llevado a una drástica reducción en la biomasa de la infauna y epifauna, pero esas reducciones no se observaron en cambios en los niveles tróficos intermedios de la comunidad, o entre la relación de los niveles tróficos de diferentes tallas de la epifauna (Jennings *et al.* 2001).

Así mismo, se ha mostrado que los arrastres continuos en fondos marinos en la plataforma continental incrementan la turbidez del agua, cuyos efectos no se conocen en ninguno de los casos (Palanques *et al.* 2001).

Un trabajo recientemente efectuado en el mar Mediterráneo llevando a cabo experimentos de arrastre, mostró que hubo modificaciones macroscópicas en el fondo marino originadas por el paso de las puertas de las redes, y que hubo cambios efímeros pero significativos, en la composición de los materiales sedimentarios. Mientras que en las comunidades bentónicas se detectaron solo después de 48 horas y fueron más obvios en moluscos. El estudio propone que la recuperación de los efectos de la perturbación puede ocurrir en aproximadamente un mes (De Biasi 2004).

Se han realizado pocos estudios para determinar los efectos del arrastre experimental en caladeros de fondos blandos (arenosolimosos), tal como es el caso del área de la plataforma continental de la costa de Sonora. Tales estudios mostraron reducciones de las abundancias de especies bentónicas. Sin embargo, parece que se recuperen en un año o menos. Indican también que en el arrastre no produce grandes cambios en las comunidades bentónicas estudiadas. Sin embargo, un rasgo recurrente fue que estos ecosistemas presentaron una notable variabilidad espacial y temporal del número de especies e individuos. Es posible que tales hábitats sean resistentes al arrastre, porque están sometidos a un alto grado de trastornos naturales, como fuertes corrientes o grandes fluctuaciones de temperatura (SOFIA 2004).

Por otra parte, en los hábitat de fondo blando se produjeron pronunciados cambios temporales en muchas especies bentónicas debido a la variabilidad natural. Es posible que esta variabilidad enmascare los cambios causados por el arrastre, por lo que sería difícil demostrarlo (SOFIA 2004).

El indicador más adecuado del daño que ocasionan las redes de arrastre, es sin duda el estudio de la estructura poblacional del bentos, el estudio detallado del sedimento por sí mismo, proporciona solamente información incompleta. En resultados preliminares Zenetos *et al.* (1995) encontraron un incremento de la materia orgánica, reflejado en el aumento de fitoplancton, como respuesta a una posible liberación de nutrientes y un decremento de carbón orgánico, todo ello atribuible a la alteración mecánica en la capa superficial del sedimento y a la exposición de las capas inferiores. En resultados adicionales, reportaron que las especies asociadas al sustrato decrecen en número, y algunas de ellas fueron permanentemente eliminadas. Por ejemplo, el 33% de las especies de poliquetos y el 50% de equinodermos fueron eliminados.

El sedimento puesto en suspensión por las redes de arrastre es una línea de investigación que aún está en proceso. Cuantificar estos efectos requiere determinar la tasa de sedimentos puestos en suspensión por unidad de longitud arrastrada, la altura de la pluma de sedimento generada por el arrastre y el tiempo requerido para que estos se sedimenten (Churchill 1989). Estas propiedades pueden ser determinadas midiendo la concentración de sedimento a lo largo de un segmento de la pluma, durante lapsos de tiempo después de su generación por el arrastre. Estas medidas requieren combinar muestras de agua y óptico-acústico de la concentración del sedimento. El seguimiento de la pluma de sedimento es problemático, esto debe hacerse marcando la pluma con cuerpos de deriva y colorantes. Además usar perfiles de datos obtenidos con perfilador acústico Doppler de corrientes, para una referencia del movimiento de la nube (Churchill 1989).

Prácticamente no se conocen investigaciones publicadas sobre el efecto de los arrastres de los fondos marinos efectuados por embarcaciones camaroneras en el Golfo de California. Aunque recientemente López-Martínez *et al.* (2007), efectuaron una prospección inicial para obtener una aproximación al efecto de las redes de arrastre que operan en el Golfo de California, principalmente en el litoral de Sonora, encontrando que los sedimentos muestreados con trampas, corresponden a partículas predominantemente de un tamaño menor a 0.032 mm (49%), que equivalen al tipo granulométrico denominado limo medio. La arcilla fue el segundo grupo más importante con un valor de 32% y tamaño menor a 0.004 mm, mientras que el grupo

de las arenas representaron solo el 19% y su tamaño es de 0.025 mm correspondiente a arenas muy finas.

En el presente trabajo se evalúa la calidad y el tipo de sedimento en la zona costera del elemento fisiográfico denominado Cerro Colorado, parte oriental del Golfo de California en la subregión sur-central de Sonora, donde se llevan a cabo la mayoría de las actividades pesqueras de la región.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en la región Golfo central caracterizada por cuencas profundas, amplitudes de marea pequeñas, corrientes superficiales con dirección sureste en invierno y noroeste en verano, en función del patrón estacional de vientos; la temperatura del agua presenta marcada variación estacional y la salinidad variación mínima (Maluf 1983).

Según el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por García (1968) y los tipos de comunidades bióticas del sistema de Brown y Lowe (1994), el área de estudio pertenece a la clave BWh la cual caracteriza al clima muy seco y semicálido. Las dos terceras partes del estado de Sonora están dominadas por el desierto sonorense donde se encuentra la zona más árida de México. Las lluvias en la entidad aumentan de norte a sur desde menos de 50 mm por año en el extremo noroeste a más de 1,000 mm en el mismo período en el extremo sureste del estado, principalmente en las zonas montañosas de la Sierra Madre Occidental (Brito-Castillo, *et al.* 2011). Al oeste de ésta se ubica el cerro Colorado y presenta un marcado declive hacia el Golfo de California desde unos 1,000 m de elevación. Las serranías están orientadas en el sentido sur-sureste (S-SE) y nor-noreste (N-NE) y entre ellas se forman valles longitudinales en los márgenes de los ríos que a veces se cortan por despeñaderos y acantilados, para abrirse con mayores dimensiones al aproximarse a la costa, hasta terminar en páramos ó desiertos, que en ésta planicie costera adquieren regular extensión.

El conocimiento geográfico básico del área cercana al cerro Colorado es importante, ya que los materiales sedimentarios de esta parte pueden ser transportados por eventos climáticos a través de diferentes arroyos y depositados en el margen marino de la

plataforma continental.

Los rasgos fisiográficos del fondo de la plataforma continental oeste del cerro Colorado prácticamente son desconocidos, aunque se conoce que su configuración topográfica está constituida por fondos blandos de composición de arena, limo y arcilla. Aunque en varias partes del litoral se han reportado de forma aislada áreas sumergidas muy abruptas, o rocosas que en su mayoría son prolongaciones de las salientes volcánicas del litoral Sonorense.

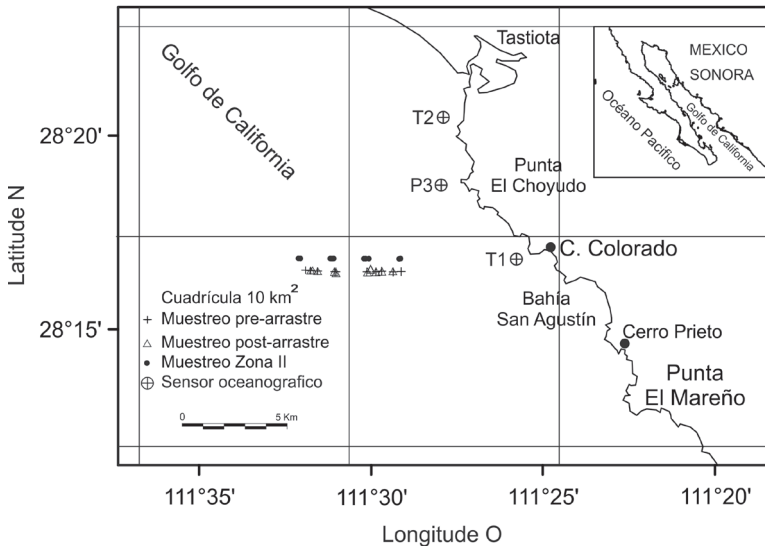


Figura 1. Localización del área de estudio donde se llevaron a cabo las campañas de agosto 2004 y agosto 2005 en la plataforma continental oeste, frente al cerro Colorado, Sonora.

La planicie costera que engloba al cerro Colorado está formada por pequeñas elevaciones volcánicas y algunas terrazas marinas de poca elevación del pleistoceno- holoceno que indican cambios eustáticos recientes en la zona costera (Ortlieb 1987).

El escenario costero entre las localidades del cerro Colorado hasta bahía Kino ha sido influenciado por factores de origen paleogeográfico y climático, ocurridos principalmente en el periodo geológico denominado cuaternario. Tan solo en la época del pleistoceno, la costa de norteamérica experimentó cuatro grandes glaciaciones que produjeron oscilaciones en el nivel del mar. Al término de la última glaciación, ocurrida hace aproximadamente 18,000 años, la planicie costera de Sonora probablemente fue mucho más amplia de lo que es actualmente, y las islas actuales fueron

promontorios topográficos conectados a tierra firme.

El litoral de Sonora cuenta con extensas áreas rocosas que forman acantilados, donde no es posible efectuar arrastres pesqueros; con base en esta información se determinó trabajar frente a una localidad denominada cerro Colorado. El muestreo se efectuó en dos transectos perpendiculares a la línea de costa del litoral de Sonora.

Muestreos y análisis de la información

Se colectaron las muestras de sedimentos en las campañas de agosto 2004 y agosto 2005 en la plataforma continental oeste, frente al cerro Colorado, Sonora, a los 28° 17' de latitud norte y 111° 25' de longitud oeste (fig. 1). Se llevó a cabo utilizando una embarcación mayor de arrastre biológico-pesquero por medio de una draga tipo Van Veen.

La muestra se fraccionó para los análisis básicos en sedimento: distribución de tamaños de partículas y contenido porcentual de la fracción orgánica, determinada por el método de titulación química (Dean 1974). La ubicación geográfica de las estaciones se realizó por medio de un GPS 76 marca Garmin (Tabla 1).

Tabla 1. Localización del muestreo previo al arrastre.

Clave de la muestra	Prof. (m)	Latitud			Longitud		
		Grados	minutos	Fracción	Grados	minutos	Fracción
PRE-L01	22.3	28	16	0.808	111	29	0.076
PRE-L02	22.8	28	16	0.795	111	29	0.307
PRE-L03	23	28	16	0.812	111	29	0.641
PRE-L04	23.4	28	16	0.797	111	29	0.810
PRE-L05	23.6	28	16	0.775	111	30	0.974
PRE-L06	24	28	16	0.795	111	30	0.079
PRE-L07	24.2	28	16	0.823	111	31	0.713
PRE-L08	24.8	28	16	0.797	111	31	0.016
PRE-L09	25.3	28	16	0.811	111	31	0.511
PRE-L10	25	28	16	0.832	111	31	0.863

El muestreo se efectuó en dos transectos perpendiculares a la línea de costa del litoral de Sonora. La distancia de los transectos fue de 2.8 millas aproximadamente (4.5 km).

Durante el muestreo posterior al lance se efectuó una réplica del muestreo previo al lance, para evaluar el nivel de alteración física que las redes de arrastre producen al fondo marino. Adicionalmente, se efectuó un muestreo como referencia en un área que tradicionalmente es arrastrada durante la temporada de pesca del camarón.

El análisis granulométrico y del material orgánico colectado se llevó a cabo en el Laboratorio de Geología Ambiental del CIBNOR, S.C. Unidad Sonora, Campus Guaymas, por medio de técnicas sedimentológicas estándar de tamiz para la fracción gruesa y de sedimentación por el método de la pipeta para las partículas finas, menores a 0.064 mm descritas en Folk y Ward (1956), y Royse (1970). Se calcularon los porcentajes de las fracciones del sedimento y los valores estadísticos de tamaño promedio, grado de clasificación y asimetría, utilizando los algoritmos descritos en Chamley (1990), y Folk y Ward (1956). Para su interpretación se elaboraron gráficas binarias correlacionando el tamaño promedio y la desviación estándar con la materia orgánica, se elaboraron gráficas ternarias para agrupar poblaciones de sedimentos utilizando los momentos estadísticos obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Granulometría y tipo de sedimento

Para la clasificación específica de cada una de las muestras sedimentarias en las diferentes áreas estudiadas, los sedimentos del fondo marino se trataron en laboratorio por los métodos de tamiz y pipeta de las áreas previas y posteriores al arrastre en la Zona II; las cuales fueron graficadas en el triángulo de Folk (1956), donde cada vértice del triángulo indica el 100% de cada variable espacial: arena, limo y arcilla (fig. 2).

El análisis granulométrico indicó un tamaño promedio (Mz) de 3.06 ± 2 (\emptyset) para todas las muestras. El tipo de sedimento estuvo caracterizado principalmente por arenas limosas y arenas, con escasas estaciones con sedimentos limosos, máximo (27.3%) en lances previos al arrastre (PRE-L05, Tabla 1). En cuanto a las recolectas de sedimento en lances previos al arrastre, éstas estuvieron caracterizadas por un tamaño promedio de 3.26 ± 2.0 (\emptyset), y las estaciones posteriores al arrastre fueron ligeramente más arenosas con 3.07 ± 1 . Mientras que en la zona II ó de referencia fue caracterizada por ser la más arenosa de todas con un tamaño de grano promedio de 2.87 ± 1 (\emptyset) (Tabla 2).

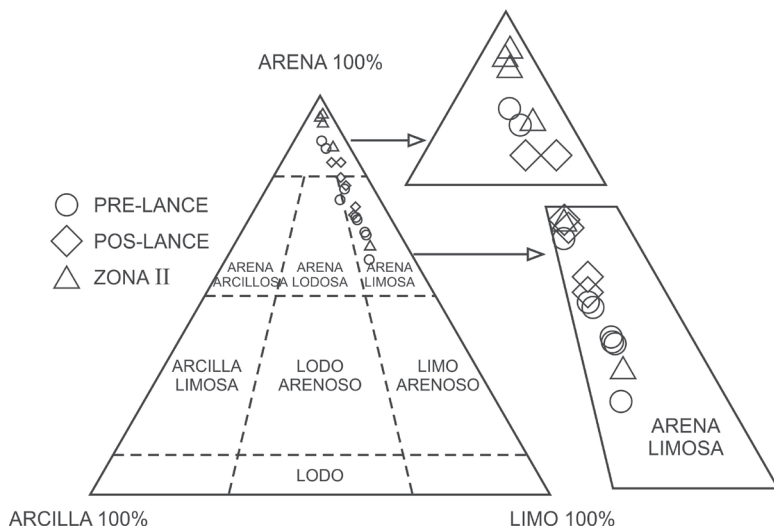


Figura 2. Clasificación de las muestras de sedimento previas y posteriores al lance en la Zona II o de referencia de arrastre pesquero, de acuerdo al criterio de Folk (1956).

Las muestras de sedimento colectadas en las áreas previas y posteriores al lance se localizaron en el campo granulométrico areno-limoso. Específicamente en áreas previas al lance, los porcentajes fueron: arena (66%), limo (27%) y arcilla (7%), lo que está revelando un fondo sedimentario en su estado inicial, sin perturbar. En áreas posteriores al lance se encontraron las muestras más arenosas de todas (78%), con limo (17%) y con menor en arcilla (5%). Indicando que buena parte del material sedimentario más fino estuvo en suspensión; mientras que en la zona II o sitio de referencia, las áreas fueron netamente arenosas, por lo que el porcentaje de limo no supera en ninguna ocasión el 10%.

Los parámetros estadísticos permiten realizar una descripción eficiente de los sedimentos como los establecidos en Chamley (1990). El método estadístico utilizado en este trabajo fue el de los cuatro Momentos, el cual permitió detectar diferencias sutiles para cada una de las áreas, en virtud de que las diferencias en el tamaño promedio del sedimento está controlado principalmente por las condiciones hidrodinámicas, tales como: oleaje, corrientes y mareas, ó bien por la batimetría (Carriquiry y Sánchez 1999), ya que el material sedimentario tiende hacerse más fino conforme se incrementa la profundidad, o bien si las condiciones hidrodinámicas son menos intensas (Carriquiry *et al.* 2001).

Se ha comprobado que la resuspensión del sedimento provocado por los arrastres, permite que el sedimento de fondos blandos como los

limos y arcillas, pueda ser trasladado hacia diversas áreas por corrientes marinas, mientras que el material más grueso con una mayor velocidad de asentamiento puede ser depositado en las áreas donde se efectúa el arrastre (Sparks y Watling 2001).

Al correlacionar el tamaño promedio del sedimento (Mz) y la desviación estándar (Ds) o grado de clasificación del sedimento, para las áreas

Tabla 2. Porcentajes de arena, limo y arcilla y tipo de sedimento

Muestra	% Arena	% Limo	% Arcilla	Tipo de sedimento
Pre-L1	65.978	26.771	7.251	Areno-limoso
Pre-L2	69.640	22.709	7.651	Areno-limoso
Pre-L3	65.481	27.033	7.486	Areno-limoso
Pre-L4	59.079	31.035	9.886	Areno-limoso
Pre-L5	65.347	27.307	7.346	Areno-limoso
Pre-L6	69.019	23.360	7.621	Areno-limoso
Pre-L7	74.191	17.157	8.652	Areno-limoso
Pre-L8	76.575	16.874	6.551	Areno-limoso
Pre-L9	86.853	7.911	5.236	Arenoso
Pre-L10	88.765	6.027	5.208	Arenoso
Pos-L2	77.917	16.685	5.398	Areno-limoso
Pos-L3	72.431	21.215	6.354	Areno-limoso
Pos-L5	70.488	21.865	7.647	Areno-limoso
Pos-L7	83.399	12.271	4.330	Areno-limoso
Pos-L8	79.858	14.230	5.912	Areno-limoso
Pos-L10	83.461	10.588	5.951	Areno-limoso
Pre-L5	62.501	29.446	8.053	Areno-limoso
Pre-L8	77.999	16.309	5.691	Areno-limoso
Zona II-L2	87.157	9.099	3.745	Arenoso
Zona II-L6	95.467	2.655	1.878	Arenoso
Zona II-L8	94.424	2.407	3.168	Arenoso
Zona II-L9	93.407	3.680	2.913	Arenoso
Zona II-L10	93.172	3.776	3.052	Arenoso

previas y posteriores al lance así como de la zona II, se pudieron apreciar diferencias entre las tres. Áreas previas y posteriores al lance no mostraron diferencias significativas, con predominancia de arena muy fina y su Ds de 2, esto es pobremente clasificada, debido probablemente al disturbio provocado. Mientras que la zona II si mostró su separación de las otras dos, que es más arenosa con una Ds de 1, que la cataloga

como arena fina a media moderadamente clasificada, con tamaño de 2-3 ϕ (fig. 3).

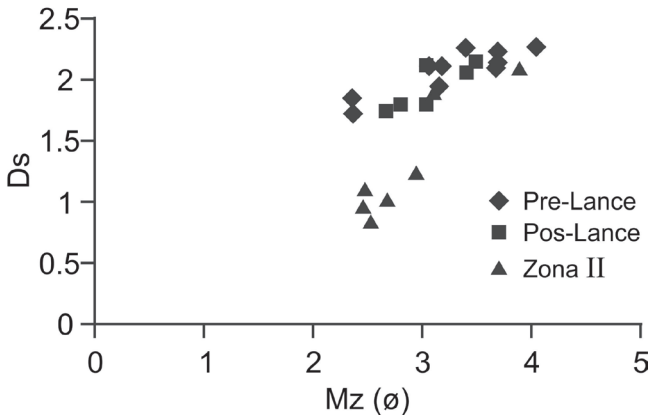


Figura 3. Relación entre el tamaño promedio (Mz) con la desviación estándar (Ds).

Materia orgánica

Se relacionó el tamaño promedio del sedimento (Mz) con el contenido porcentual de materia orgánica en el sedimento, para conocer si existen diferencias o similitudes entre esas variables, y comparar si hubo un comportamiento similar al disturbio en los tamaños de grano en áreas previas y posteriores al lance, ya que existe una tendencia a disminuir el porcentaje después de la realización del arrastre (fig. 4 y 5). La zona II ó de referencia, presentó un contenido porcentual de materia orgánica más bajo (0.85 %) debido a su consistencia totalmente arenosa (fig. 6).

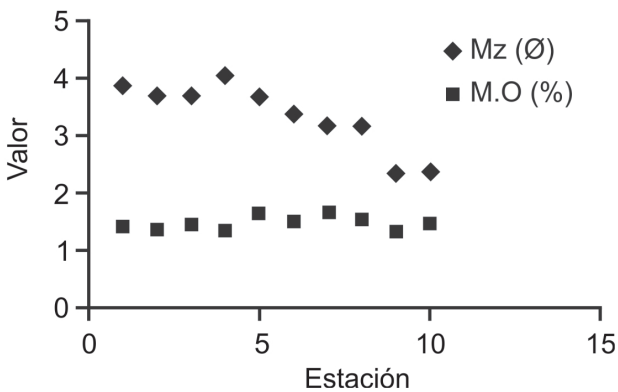


Figura 4. Relación de la materia orgánica con el tamaño promedio del sedimento en áreas previas al lance.

La correlación entre el porcentaje de materia orgánica y el tamaño promedio (Mz) del sedimento de las áreas previas al lance, posteriores al lance y de la zona II, mostró una adecuada caracterización de cada uno de ellos (fig. 7).

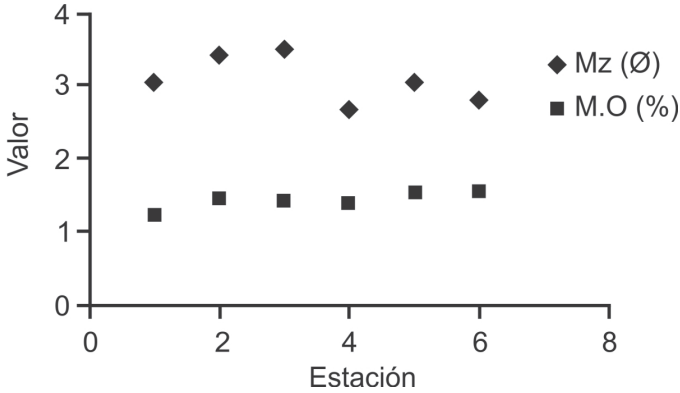


Figura 5. Relación de la materia orgánica con el tamaño promedio del sedimento en áreas posteriores al lance.

De forma similar, los porcentajes de materia orgánica al contrastarse con la Desviación estándar (Ds) mostraron agrupaciones de sedimentos pobremente clasificados (2) con las mayores abundancias de material orgánico. Mientras que en la zona II, la Ds fue de 1, es decir moderadamente clasificado con sedimento arenoso y con bajas concentraciones de materia orgánica (fig. 8).

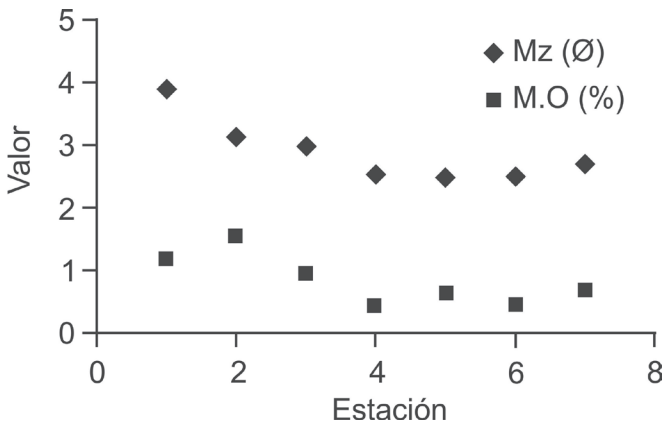


Figura 6. Relación de la materia orgánica con el tamaño promedio del sedimento en la zona II.

ÁREAS RASTREABLES Y NO RASTREABLES

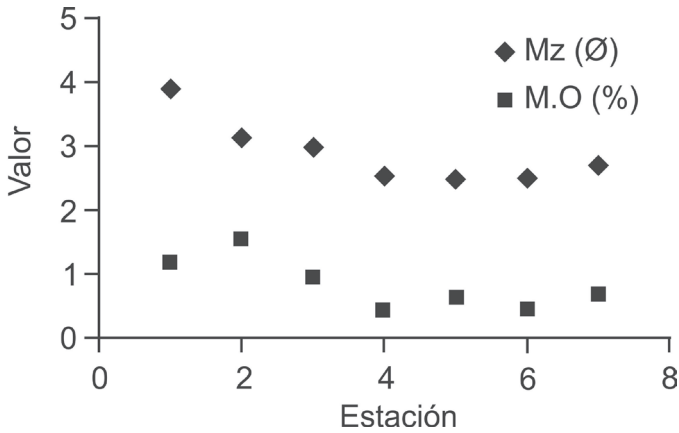


Figura 7. Relación entre el tamaño promedio (Mz) y la concentración de materia orgánica en los sitios estudiados.

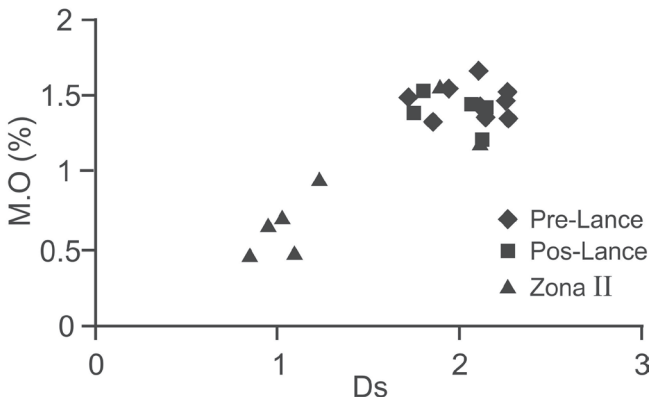


Figura 8. Relación entre la Desviación estándar (Ds) y el porcentaje de materia orgánica en las tres zonas de estudio.

Sin embargo, los contenidos de materia orgánica en sedimentos superficiales recientes de las zonas de arrastre y no arrastre, no mostraron diferencias estadísticamente significativas; indicando con ello que los aportes de materia orgánica, provenientes de la resuspensión de material sedimentario y su exposición, no tienen un efecto significativo en la tasa de la productividad exportada.

CONCLUSIONES

Las variables geoquímicas de materia orgánica en resuspensión en áreas de pesca de arrastre, prácticamente no ha sido evaluada, a pesar de que su conocimiento podría ser interesante, con aportación de datos reveladores para conocer los aspectos de la remineralización de la materia orgánica, que podría influir en cambios netos en la regeneración de nutrientes, e inducir a conocer un indicador de estabilidad del fondo marino.

La relación entre el tamaño promedio (Mz) y los porcentajes de materia orgánica permitieron observar diferencias entre la zona previa y posterior al lance, mientras que el área de referencia o zona II mostró diferencias, con porciones más arenosas y menores concentraciones de materia orgánica de los fondos marinos.

El grado de disturbio en la composición granulométrica causada por la red de arrastre fue notoria durante 2004. Los sedimentos antes del arrastre fueron más finos (3.26 Ø) y se volvieron ligeramente más arenosos después del arrastre (3.07 Ø), mientras que en la zona II se registró el material más arenoso (2.87 Ø).

Existen dos grupos principales de sedimento representativos de las áreas de estudio del presente trabajo, las arenas finas a muy finas para la zona II, y las arenas limosas para las áreas previas y posteriores a los lances. Las primeras caracterizan a los ambientes de mayor energía, y correspondieron a las más cercanas a la costa, donde están las zonas más susceptibles al arrastre. Mientras que las segundas caracterizan a ambientes de menor energía cinética, que favorece el depósito de las partículas sedimentarias más finas. La correlación del contenido porcentual de materia orgánica es pobre con respecto al tamaño promedio del sedimento, con una tendencia a acumular más materia orgánica en los sedimentos más finos y limosos. Los resultados son consistentes con algunos pocos trabajos previos, a excepción del contenido de materia orgánica que se encontró en este estudio, con valores inferiores a los reportados previamente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con el proyecto SAGARPA-CONACY 2003-02-SAGARPA-2003-C01-089, Se agradece al Centro de

Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. específicamente al Programa de Planeación Ambiental y Conservación. Se agradece al Laboratorio de Geología ambiental y Pesquerías de la Unidad Sonora, Campus Guaymas, específicamente a Rufino Morales Azpeitia y Eloísa Herrera Valdivia. Se agradece al Laboratorio de Manejo costero, específicamente a Gustavo Padilla, David Urias, Sara Burrola.

REFERENCIAS

- Aller, R. C. (1988). Benthic fauna and biogeochemical processes in marine sediments : The role of burrow structures. In: T. H. Blackburn, (ed.), Nitrogen Cycling in Coastal Marine Environments: Chichester, John Wiley and Sons. pp. 301-338.
- Anónimo. (2002). Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo. Instituto Nacional de Pesca.
- Brown, D. E., Lowe, C. H. (1994). Biotic Communities of the Southwest United States and Northwestern México. University of Utah Press.
- Carriquiry, J. D., Sánchez, A. (1999) Sedimentation in The Colorado River delta Upper Gulf of California after nearly a century of discharge loss. *Mar. Geol.* 158: 125-145.
- Brito-Castillo, L., Crimmins, M. A., Díaz-Castro, S. C. (2010). Clima. In: F.E. Molina-Freaner, T.R. Van-Devender, (eds.), *Diversidad Biológica de Sonora*, UNAM. pp. 73-96.
- Carriquiry, J. D., Sánchez, A., Camacho-Ibar, V. F. (2001). Sedimentation in the Northern Gulf of California after the elimination of Colorado River discharge. *Sediment. Geol.* 144: 37-62.
- Chamley, H. (1990). *Sedimentology*. Springer-Verlag. Berlin.
- Churchill, J. H. (1989.) The effect of commercial trawling on sediment resuspension and transport over the Middle Atlantic Bight continental shelf. *Cont. Shelf. Res.* 9: 84- 164.
- Dean, W. E. Jr. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss in ignition: comparison methods. *J. Sediment. Petrol.* 44(1): 242-248.
- De Biasi, A. M. (2004). Impact of an experimental trawling on benthic communities along the Tuscany coast (North Tyrrhenian Sea, Italy). *ICES J. Mar. Sci.* 61: 1260-1266.
- Diamond, S. L., Cowell, L. G., Crowder, L. B. (1999). Catch and bycatch: The qualitative effects of fisheries on population vital rates of Atlantic Croaker. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 128(6): 1085-1105.
- Diamond, S. L., Cowell, L. G., Crowder, L. B. (2000). Population impacts of shrimp trawl bycatch on Atlantic croaker. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 2010-2021.
- FAO. (1997). Informe del Taller Regional sobre la utilización de la Fauna de Acompañamiento del Camarón (FAC). Centro de Investigaciones Pesqueras, Cuba. FAO.
- FAO. (2000). Report of the four GEF/UNEP/FAO Regional Workshops on Reducing impact of Tropical Shrimp Trawl Fisheries Report No. 627. Rome, FAO. 40 p.

- FAO. (2003). Report the Regional Workshops on approaches to reducing shrimp crawl bycatch in the western Indian Ocean. Fisheries Report No. 734. Rome, FAO.
- Folk, R. L., Ward, W. C. (1956). Brazos River Bar: A study on the significant of grain size parameters. *J. Petrol.* 4: 65-67.
- García, E. (1968). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México, México, DF.
- Godínez-Domínguez, E., Freire, J., González-Sansón, G. (2002). Fishing and environmental disturbance indicators in a shrimp fishing ground at the Mexican central Pacific In: Symposium on the effects of fishing activities on benthic habitats: linking Geology, Biology, Socioeconomic and management. Tampa, Florida.
- Gordon, D. S., Finch, J., Nothnagel, M., Ott, J. (2002). Power and sample size calculations for case-control genetic association test when errors are present: application to single nucleotide polymorphisms. *Hum. Hered.* 4: 22-23.
- Hansson, M., Lindegarh, M., Valentinsson, D., Ulmestrand, M. (2000). Effects of shrimp trawling on abundance of benthic macrofauna in Gullmarsfjorden Sweden. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 198: 191-201.
- Hendrickx, M. E. (1992). Distribution and zoogeographic affinities of decapod crustaceans of the Gulf of California, Mexico. *Proc. San Diego Soc. Nat. Hist.* 20: 1-12.
- Jennings, S., Pinnegar, J. K., Ookunin, N. V., Warr, K. J. (2001). Impacts on trawling disturbance on the tropic structure of benthic invertebrate communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 213: 127-142
- Kaiser, H. M., Liu, D. J., Consignado, T. (2003). An economic analysis' of California raisin export remotion. *Agribusiness.* 19(2): 189-201.
- Kaiser, J. M., Jeremy, S., Collie Stephen, J., Jennings, S., Poines, R. (2001). Efectos de la pesca en los habitats bentónicos marinos. In: Memorias de la Conferencia de Reykjavik sobre la pesca responsable en el ecosistema marino. 1-4 de octubre de 2001- Reykjavik, Islandia.
- Kaiser, J. M., Spencer, B.E. (1996). The effects of beam-trawl disturbance on infaunal communities in different habitats: *J. Animal Ecol.* 65: 348-358.
- López-Martínez, J., Enriquez-Ocaña, L. F., Padilla-Arredondo, G., Urias-Laborin, D., Burrola-Sánchez, M. S., Pedrín-Avilés, S., López-Tapia, M. R., Herrera-Valdivia, E., Morales-Azpeitia, R., Padilla-Serrato, J. (2007) Determinación del Efecto de la perturbación en el fondo marino y el tiempo de respuesta a la remoción. Informe Proyecto Sagarpa-Conacyt, 64 p.
- Maluf, L. I. (1983.) The physical oceanography. In: T. H. an Andel, G. Shor Jr. (eds.), *Marine Gology of the Gulf of California. A Symposium.* The Americana Association of Petroleum Geologist, Tulsa, Mem. 3: 30-58.
- Ortlieb, L. (1987). Néotectonique et variations du niveau marin au Quaternaire dans la region du Golfe de Californie, Mexique: Université de Droit , d' Economie et des Sciences d' Aix-Marseille III, Disertacion Doctoral.
- Palanques, A., Guillén, J., Puig, P. (2001). Impact of bottom trading on waer turbidy and Buddy sediment of an unfished continental shelf. *Limnol. Oceanogr.*

46(5): 1100-1110.

- Royse, Ch. (1970). Introduction to sedimentary analysis. Arizona State University Publications.
- Sanchez, A., Aguiñaga, S., Lluch-Belda, D., Camalich-Carpizo, J., del Monte-Luna, P., Ponce-Diaz, G., Arreguín-Sánchez, F. (2009). Geoquímica sedimentaria en áreas de pesca de arrastre y no arrastre de fondo en la costa de Sinaloa-Sonora, Golfo de California. Bol. Soc. Geol. Mex. 61(1): 25-30.
- Sánchez, A., Carriquiry, J. (2007). Acumulación de Corg. Norg, Porg y BSi en la Margen de Magdalena, B.C.S., México durante los últimos 26 ka. Cienc. Mar. 33: 23-35.
- SOFIA. (2004). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2004. Depto. De Pesca Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO.
- Sparks-McConkey, P. J., Watling, L. (2001). Effects on the ecological integrity of a soft-bottom habitat from a trawling disturbance: Hydrobiologia. 456: 73-85.
- Waitling, L., Norse, E. A. (1998). Disturbance of the seabed by mobile fishing gear: a composition to forest clear cutting: Conserv. Biol. 12: 1180-1197.
- Zenetos, A., Gofas, S., Russo, G., Templado, J. (2001). CIESM. Atlas of Exotic Species in the Mediterranean. Vol. 3. Mollusc. CIESM, Monaco. (www.ciesm.org/atlas).

CITA DE CAPÍTULO 14

Pedrin-Avilés1, S., J. López-Martínez y P. García-Hinostro. 2012. Granulometría y materia orgánica de áreas pesqueras rastreables y no rastreables en la costa central de Sonora, México. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 261-280.