



María Adela Monreal Gómez, David Alberto Salas de León

recursos pesqueros, responden a variaciones estacionales de factores ambientales. Fenómenos como cambios en el patrón de los vientos, en el campo de temperatura y en la precipitación influyen en la circulación, la cual es parcialmente responsable de la ubicación espacial de los organismos al definir el patrón de distribución de parámetros hidrográficos como la salinidad, la temperatura y la densidad, y promover la presencia de diferentes especies, dependiendo de su rango de tolerancia. En el Golfo de México la circulación es generada por la energía mecánica resultante de la acción de los vientos, el flujo de agua a través del Canal de Yucatán, la descarga de agua que proviene de los ríos y el intercambio de calor océano-atmósfera. Entre sus principales rasgos destacan la surgencia topográfica de Yucatán, la corriente de Lazo, los giros ciclónicos y anticiclónicos, y los frentes que se producen con el encuentro de aguas de diferentes características (figura 1).

Golfo de México

circulación y productividad

y Adolfo Gracia Gasca

La gran diversidad de ambientes y recursos biológicos que existe en el Golfo de México crea condiciones favorables para la proliferación de la vida, desde los ecosistemas templados y subtropicales, hasta los arrecifes coralinos, pastos marinos, lagunas costeras, estuarios, ríos, pantanos y manglares. Muchos de estos ecosistemas están estrechamente interconectados por un mismo flujo de energía a través de una compleja trama trófica, donde existen mecanismos a diferentes escalas espacio-temporales que promueven una alta producción primaria. Esta energía, si bien no es usada directamente por todos los organismos vivos, coadyuva en el almacenamiento de la energía primaria que fluye subsecuentemente al resto de la cadena alimentaria.

En las zonas costeras los aportes continentales, junto con diversos procesos hidrodinámicos, promueven la producción nueva, que deriva de la contribución externa —aporte alóctono— de nutrientes, particularmente los nitratos, mientras que en aguas oceánicas estratificadas predomina la producción regenerada, que proviene principalmente de los productos de excreción del zooplancton. El conocimiento de la distribución y abundancia de los organismos planctónicos directamente beneficiados por los nutrientes y sus efectos sobre organismos mayores, en condiciones de producción nueva y regenerada, es importante tanto desde el punto de vista científico como económico.

En general, la distribución, composición y estructura de las comunidades marinas, así como la disponibilidad de

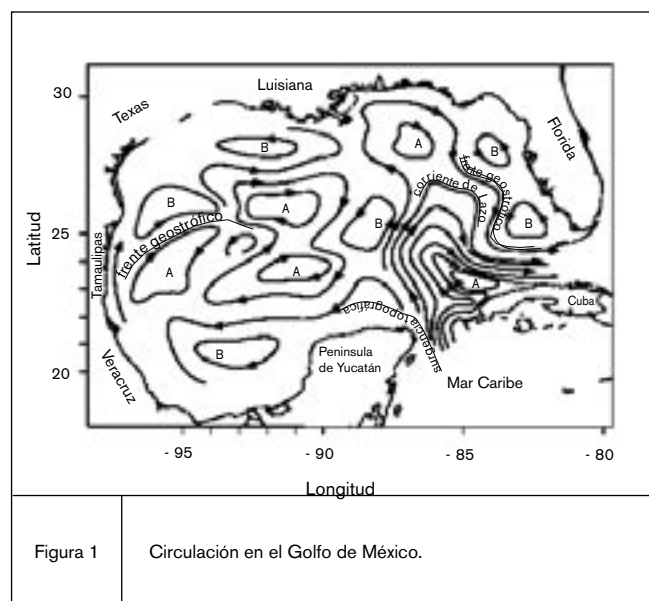
En el océano las corrientes influyen en la distribución de las comunidades marinas, ya que la alta productividad biológica frecuentemente se genera en áreas donde se lleva a cabo un rápido cambio de energía auxiliar, como son las zonas de surgencias o afloramientos costeros, vórtices, mezcla y frentes. Estos procesos favorecen el aumento en la productividad primaria, la cual se transfiere a lo largo de la cadena trófica con efectos en las comunidades marinas. La influencia de las corrientes es mayor en los organismos planctónicos debido a su baja capacidad natatoria. El plancton se presenta en forma de parches, principalmente en giros, al ser transportado por las corrientes; por ello su distribución no puede desvincularse del movimiento de las masas de agua. En el caso de las larvas de animales marinos, el transporte puede jugar un importante papel en el reclutamiento de la población y en el ciclo de vida de algunas especies.

Surgencias, corrientes y giros

Durante primavera y verano, en la costa oriental de la Península de Yucatán la corriente se intensifica y la fricción con el talud continental produce una surgencia topográfica. Ésta genera un ascenso de agua desde las capas subsuperficiales hacia la capa eufótica —la más iluminada—, llevando consigo partículas suspendidas o nutrientes que incrementan la productividad biológica en dicha zona.

En esta región, existe una relación directa entre la intensidad de la surgencia y el estrangulamiento de la corriente. La geometría de la plataforma de Yucatán juega un papel primordial en la formación y extensión del afloramiento. El ancho de la plataforma al este de la Península es apenas de dos kilómetros, mientras que al norte tiene doscientos cincuenta. Esto permite que el agua de la surgencia permanezca sobre la plataforma dentro de la zona eufótica por largo tiempo —aproximadamente 40 días—, aumentando la fertilidad. A la altura del arrecife Alacranes —alrededor de 23°N— ésta se separa de la plataforma continental a una velocidad estimada, cerca de la costa, en 10 centímetros por segundo, aumentando hasta 23 en la región más alejada.

Una vez que la corriente de Yucatán entra al golfo se produce una circulación en forma de Lazo que la une a la corriente de Florida. La corriente de Lazo engloba agua cálida y de alta salinidad, en su periferia se forman núcleos de agua fría que generan fuertes cambios en la



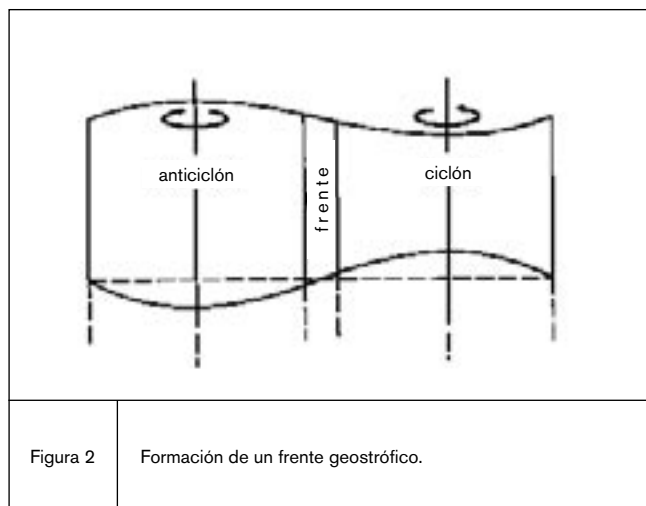


temperatura superficial y frentes térmicos.

En la región próxima al Cañón de Campeche se ha observado un afloramiento de agua cercano al talud continental —éste queda de manifiesto por las bajas temperaturas superficiales y el ascenso de las isotermas e isolíneas de oxígeno— y aún cuando su mecanismo de generación no ha sido completamente explicado, se considera que es muy similar al del margen oriental de la Península de Yucatán. Allí se forma también un par de giros anticiclón-ciclón, lo que favorece la productividad biológica, tanto en la frontera entre giros como en la zona de ascenso del agua.

En el Golfo de México se presentan giros de diferentes escalas, ciclónicos y anticiclónicos dependiendo de la dirección de rotación y si tienen núcleos de baja o alta presión —el movimiento alrededor de un área de baja presión es ciclónico, mientras que alrededor de una de alta presión es anticiclónico. En el hemisferio norte el agua circula en sentido contrario de las manecillas del reloj en un sistema ciclónico e inversamente en uno anticiclónico. Sobre la plataforma continental de Florida, de Texas-Louisiana y en la Bahía de Campeche se presen-

tan giros ciclónicos de un diámetro aproximadamente de 150 kilómetros, que producen un ascenso de agua. Por la gran cantidad de nutrientes que llega a la capa eufótica, aumenta la productividad primaria, transfiriéndose a lo largo de la cadena trófica y generando una cascada de energía hacia los organismos marinos, lo que favorece las pesquerías. Contrariamente a los giros ciclónicos, los anticiclónicos presentan un hundimiento de agua de alta temperatura y con bajo contenido de nutrientes; por sus características estos giros son denominados cálidos y pobres. No obstante, éstos son importantes en los procesos biológicos porque cuando se presentan en una región próxima a un giro ciclónico, en la frontera entre ellos se forma un frente oceánico, denominado frente geostrofico, ya que existe un balance entre las fuerzas de gradiente de presión y la de Coriolis. La corriente de Lazo es generadora de giros anticiclónicos, y tiene un mecanismo que explica la formación de un núcleo cálido muy energizado cuando los núcleos fríos presentes en la periferia se aproximan al Lazo y se estrangulan. Ese núcleo, al desprenderse de la corriente se desplaza hacia el oeste hasta llegar frente a Tamaulipas, donde sufre una colisión con



el talud continental. Al unirse las oscilaciones se produce el estrangulamiento de la corriente de Lazo y se desprende el núcleo cálido de alta salinidad. Si bien, la máxima intrusión de la corriente de Lazo se ha observado en verano y la mínima en invierno, existe una alta variabilidad y el periodo de desprendimiento del giro anticiclónico se ha calculado entre tres y veinticinco meses.

Debido a su movimiento y aporte de material en suspensión a la superficie, los giros ciclónicos establecen una configuración radial; al diferenciarse en mayor grado del centro hacia los bordes, como resultado de la física del giro que pone en contraste las condiciones del centro con la de sus bordes, producen un reacomodo de las diversas comunidades que inicialmente se hallan distribuidas homogéneamente dentro del giro y en el agua circundante. Las contrastantes condiciones entre el giro ciclónico y el agua circundante se reflejan en la existencia de diferentes comunidades, por ello generalmente la composición de organismos en un giro es tal que su centro es ocupado por los dinoflagelados, mientras que en su periferia, debido a los procesos de mezcla y a la entrada de silicato, domina la comunidad de diatomeas.

Mareas y frentes

En las regiones someras, las mareas generan una turbulencia que puede funcionar como agente que recicla los nutrientes provocando su resuspensión, lo que permite que estén disponibles para la fotosíntesis. Este proceso representa una fuente continua de enriquecimiento que induce la producción, siempre y cuando la iluminación

sea suficiente. Por su parte, los frentes oceánicos y costeros delimitan las fronteras entre aguas con características diferentes y son interfaces en las que la energía mecánica es accesible y puede contribuir en el balance de la energía trófica. Los frentes pueden ser superficiales o bentónicos —en el fondo—, halinos, térmicos o termohalinos, dependiendo de su localización y de las causas que los provoquen. Las surgencias, los dipolos ciclón-anticiclón, las mareas y la descarga de ríos pueden causar frentes. La frontera entre núcleos de agua fríos y cálidos es una zona de posible frente, debido al fuerte gradiente de temperatura que suele ocurrir. Los frentes de marea se forman generalmente entre áreas bien mezcladas y regiones dentro de la plataforma continental donde el agua permanece estratificada.

En el Golfo la marea es generalmente débil, pero su tenue y casi imperceptible acción controla el ritmo de los hábitats costeros, posibilitando la existencia de numerosos organismos que dependen de la materia orgánica transportada por sus flujos y reflujos. En la zona costera, y sobre todo en lagunas como la de Términos, la marea juega un papel muy importante en la mezcla, alcanzando su máximo durante la luna nueva y llena, cuando ocurren las mareas vivas, mientras que su menor intensidad se presenta en cuarto menguante y creciente, es la marea muerta, cuando ésta alcanza un mínimo rango. Las corrientes instantáneas son muy importantes en la mezcla. Sin embargo, en cuanto al transporte de material en suspensión y de larvas lo determinante son las corrientes residuales, definidas como el promedio de las corrientes instantáneas en un ciclo de marea.

Por su parte, las zonas frontales, consideradas como altamente productivas, presentan singularidades en el gradiente horizontal de temperatura, salinidad, densidad, velocidad y nutrientes. Existen frentes de diferentes escalas, los geostroficos, generados principalmente por el gradiente horizontal de temperatura, son mayores que aquellos producidos por descarga de agua dulce. Las fronteras entre la corriente de Lazo y los giros ciclónicos son zonas frontales y de tipo geostrofico, y se pueden presentar por tres mecanismos de interacción. El primero corresponde a una zona de divergencia en la que el agua de la capa inferior emerge. El segundo a una zona de convergencia producto de la interacción de la circulación ciclónica en dirección a la corriente de Lazo, cuando las densidades no son muy diferentes. El tercer mecanismo es similar al segundo, la única diferencia es que en este



caso la densidad del agua de la corriente de Lazo es marcadamente más baja que las del ciclón, por lo que serán empujadas hacia arriba generando la zona frontal.

Los giros ciclónicos y anticiclónicos juegan un papel importante en la generación de frentes (figura 2). En la vecindad del gran giro anticiclónico enfrente de las costas de Tamaulipas, se tienen dos giros ciclónicos, uno en la costa de Texas-Louisiana y el otro en la Bahía de Campeche. Por ello es factible que se generen frentes geostroáficos.

La zona frontal próxima a la Corriente de Lazo es muy importante desde el punto de vista de las comunidades. No obstante que el atún azul se encuentra ampliamente distribuido en el Atlántico oeste, desde el Labrador hasta la costa Brasileña, la única área de desove descrita se ubica dentro de los confines del Golfo de México. El atún azul se captura en la vecindad de los frentes superficiales asociados con la corriente de Lazo en la capa de la termoclina. Este frente representa una zona en la cual existe un fuerte mecanismo de concentración conectado con uno de enriquecimiento. La fricción entre la Corriente de Lazo y el agua de la periferia tiende a producir una

circulación ciclónica, lo que provoca intensos afloramientos en los vórtices del frente actuando como una fuente de nutrimentos que se distribuyen a lo largo de la corriente de Lazo, llevando continuamente nutrimentos de las aguas de la termoclina hacia la capa iluminada.

En las regiones próximas a las desembocaduras de los ríos, las condiciones son favorables para el desarrollo de la estructura frontal. Estos frentes costeros, generados principalmente por la descarga de agua dulce, dependen de las condiciones meteorológicas y climáticas. El Golfo de México es influenciado tanto por frentes atmosféricos o "nortes" como por tormentas tropicales. En los meses de octubre a abril ocurren los frentes, que consisten en el intercambio de masas de aire frío y seco que viene del continente con las masas de aire marítimo tropical propias del golfo. Durante el verano se presentan tormentas tropicales que se forman generalmente fuera del golfo, y el centro de éstas se traslada hacia la costa de Texas o de Florida. En estos casos la interacción océano-atmósfera produce importantes flujos de vapor de agua que al condensarse se transforman en lluvia; parte de ésta, al caer sobre el continente, regresa al mar siguiendo el cauce de



los ríos. En su recorrido transporta material en suspensión, que sirve como alimento o ayuda a establecer las condiciones óptimas para el crecimiento de organismos estuarino-dependientes que requieren bajas salinidades en una etapa de su crecimiento.

El mayor aporte de agua dulce hacia el golfo se debe al río Misisipi, seguido por el sistema Grijalva-Usumacinta. El primero es la principal fuente de nutrimentos en la margen continental, mientras que en el sur del golfo existe una fuente importante de nutrimentos de tipo autóctona debido no sólo a la descarga del Grijalva-Usumacinta, sino también a la contribución del San Pedro y San Pablo y el río Coatzacoalcas. Estos ríos llevan grandes cantidades de materia orgánica que, conjuntamente con la luz solar, juegan un papel muy importante en la productividad primaria y, en general, en la cadena alimentaria. En esta región, durante el verano y principios de otoño, cuando se presentan las mayores precipitaciones, el frente es muy intenso. En invierno, con vientos del norte, ocurren lluvias esporádicas y, no obstante los intensos vientos que pudieran inhibir al frente, éste persiste adquiriendo el carácter de semipermanente.

La cantidad de nutrimentos en los ríos es de varios órdenes de magnitud mayor que la existente en la zona costera. Cuando el agua de los ríos llega a la costa se produce una pluma de agua menos salina y menos densa, que tiende a moverse por encima del agua marina, formando una zona de convergencia, donde frecuentemente se generan zonas con fuertes cambios horizontales no sólo en salinidad sino también en nutrimentos. La productividad primaria es mayor en las capas superiores en donde es baja la salinidad de la pluma. La zona frontal es una región de convergencia entre dos aguas diferentes, donde existe una gran cantidad de detritos que la hace muy atractiva para los organismos. En teoría, la entrada de agua más ligera debe inducir una circulación superficial anticiclónica en la periferia, evitando que se desintegre la pluma y reteniendo las larvas y otros organismos.

El frente halino no siempre se localiza en la desembocadura de los ríos, pues se ha observado en varios puntos, indicando que la corriente costera influye en su posición. Incluso el giro ciclónico de la bahía de Campeche, en ciertas ocasiones, modula la posición de este frente y la distribución de los organismos zooplanctónicos.



Diversidad biológica

Resultado de ésta dinámica, el Golfo de México contiene una rica variedad de complejos ecosistemas con una gran abundancia de especies de animales y plantas. En sus aguas desembocan casi dos terceras partes del caudal de los ríos del país, un flujo que genera gran diversidad ambiental, inmensos humedales costeros, así como abundante materia orgánica.

En la región costera noreste del Golfo, área importante de reproducción de crustáceos, peces, tiburones y moluscos, destacan los fondos blandos, cuya extensión la hace zona de reciclaje de materia orgánica. Allí anidan algunas tortugas marinas y representa un área de migración de peces de interés comercial. En esta región se han reportado 144 especies de aves, 318 de peces y una gran riqueza de crustáceos y poliquetos, y aunque faltan estudios sobre endemismos en el área, existen varias especies de peces y de crustáceos peracáridos endémicos. Por otra parte, las lagunas Madre y de Términos se caracterizan por una alta y conspicua actividad biológica, determinada por una combinación entre la topografía y ciertos procesos físicos, lo que favorece la acumulación y mantenimiento de una gran biomasa en un área geográfica limitada.

En la plataforma de Yucatán se localizan importantes sistemas de humedales, manglares, dunas costeras, pastos marinos y arrecifes. Posee áreas de reproducción de especies como la Laguna de Términos, Celestún, Lagartos e Yalahau. También es zona de migración y reproducción de carito, sierra, atún, mero, pargo, langosta y pulpo. En la isla Aguada y las Coloradas, así como en los retenes y manglares enanos de la zona noroeste y norte de Yucatán, anidan aves y tortugas marinas. Se han reportado aves

residentes y migratorias —patos, garzas y gaviotas—, cocodrilos, manatís y delfines, así como una gran variedad de plantas e invertebrados. En esta zona posiblemente se halle un centro de actividad biológica en el Banco de Campeche.

En la zona oceánica del Golfo de México, pueden encontrarse comunidades de peces, fitoplancton, mamíferos marinos, quelonios, zooplancton, aves residentes y migratorias, y vegetación asociada a islas, cayos y atolones. Ésta es una importante zona de reproducción de atún aleta azul y aleta amarilla, barrilete, pez picudo y tiburón. Entre las especies endémicas de la zona hay equinodermos, moluscos, poliquetos, crustáceos, invertebrados, peces pelágicos migratorios, tortugas marinas, mamíferos marinos, peces picudos, dorado y demersopelágicos —mictófidios, peces linterna.

Algunos de sus ambientes costeros, como estuarios, marismas, manglares y pastos marinos, se caracterizan por una alta productividad biológica más que por una alta diversidad de especies; son importantes para otros ecosistemas marinos, como arrecifes coralinos, así como para el desarrollo humano por las pesquerías y los servicios que proveen.

Principales pesquerías

Las pesquerías de aguas profundas y litorales del Golfo de México representan 40% de la producción pesquera nacional. Se ha reportado un promedio de aproximadamente 235 000 toneladas al año, producción atribuida a cerca de 300 especies, de las cuales 75% vive en la zona costera en alguna etapa de su ciclo de vida.

Destaca la pesquería de camarón, el recurso pesquero más importante del país, contribuye con aproximadamente 30% de la producción nacional. Frente a las costas de Tamaulipas, norte de Veracruz, la Sonda de Campeche y Convoy se encuentran sus principales regiones camaroneras. Al norte y este de la Península de Yucatán se encuentran tres especies de langosta: *Panulirus argus*, *P. guttatus* y *P. laeviscauda*, una de las cuales es muy abundante y soporta una importante pesquería.

Las pesquerías de moluscos bivalvos del Golfo de México constituyen aproximadamente 3% del volumen de la producción pesquera nacional. Sobresalen, en orden decreciente el ostión, pulpo, caracol y otros recursos de menor importancia como almeja, calamar y callo de hacha. En la plataforma continental de Yucatán se lleva a



cabo la pesquería de pulpo y se basa en la explotación de dos especies: *Octopus maya* y *O. vulgaris*.

La explotación de mero en la Sonda de Campeche constituye la pesquería de peces de mayor importancia en el Golfo de México. En la última década se ha reportado un rendimiento promedio de 16 000 toneladas/año. El mero es un pescado fino y tiene un alto valor comercial, y su explotación se lleva a cabo durante todo el año. Mientras que hay peces, como la sierra y el peto, que pasan el invierno en la costa de la Península de Yucatán, en primavera migran hacia el norte y regresan a finales de otoño. El desove, asociado a diferentes factores ambientales, se realiza durante una prolongada temporada. La máxima abundancia de la sierra se presenta en la costa veracruzana, entre marzo y abril, y del peto en Tamaulipas durante junio y agosto, en Veracruz en mayo, agosto y septiembre, en Tabasco en mayo y octubre, en Campeche de febrero a abril y noviembre, y en Yucatán y Quintana Roo de noviembre a enero. Su pesca se está alejando de las zonas tradicionales debido a actividades humanas como el cambio de uso de suelo en las zonas costeras y la transformación física de los ríos y lagunas costeras por construcción

de presas, entre otras. Las mojarra, conformadas por especies marinas, estuarinas y de agua dulce, que pertenecen a tres familias (Gerreidae, Sparidae y Cichlidae), suman un total de 35 especies, y su explotación se ubica en el sureste del Golfo.

El tiburón, con la captura de 15 especies, representa apenas 3.5% de la captura total en el Golfo de México. En Yucatán, el tiburón se pesca de manera incidental en las pesquerías de mero y pulpo, sobre todo individuos juveniles de tiburón sedoso. Apparently la Sonda de Campeche es una zona de apareamiento para tres especies de tiburón. Sin embargo, el conocimiento científico sobre la ecología del tiburón es muy limitado debido a su poca importancia como recurso pesquero, ya que se ve opacado por especies económicamente más atractivas, sea por su alto valor comercial o por su gran abundancia.

El Golfo amenazado

El Golfo de México es un notable ejemplo de las interacciones de distintos procesos que afectan la vida en la Tierra. Algunos de sus ecosistemas se encuentran entre

los más productivos del planeta, sus zonas marinas profundas albergan gigantescos depósitos de hidrocarburos y gas natural y es uno de los centros generadores de huracanes y ciclones tropicales. Todo esto lo hace altamente vulnerable y sensible a las perturbaciones ocasionadas por las actividades humanas. Sus zonas costeras, sobre todo en áreas donde se encuentran diferentes ambientes, como los arrecifes de coral, manglares, humedales, estuarios y pastos marinos, sufren la alteración o pérdida de hábitats.

En la mayoría de sus cuencas hidrológicas se han combinado los contaminantes de la industria petrolera y petroquímica con los que se generan en la actividad agropecuaria, forestal y agroindustrial, sobre todo de in-

genios azucareros, beneficios de café y producción de agroquímicos, desechos urbanos y de la industria en general, lo que ha creado en algunas zonas de Campeche, Tabasco y Veracruz una situación de verdadera emergencia ambiental.

Por otra parte, como consecuencia de la sobrepesca se han observado cambios en la composición de especies, mientras el volumen de las de importancia comercial disminuye el de las no comerciales aumenta. Esto tiene efectos dramáticos sobre otras especies, como las de aves y mamíferos marinos, que dependen estrechamente de diversas poblaciones de peces.



**Maria Adela Monreal Gómez,
David Alberto Salas de León
Adolfo Gracia Gasca**

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología,
Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bakun, A. 1996. *Patterns in the ocean. Ocean processes and marine population dynamics*. California Sea Grant, NOAA y CIB.
- Cochrane, J. D. 1968. *Currents and waters of the eastern Gulf of México and Western Caribbean, of the Western Tropical Atlantic Ocean and of the Eastern Tropical Pacific Ocean*. Reporte no publicado, Departamento de Oceanografía y Meteorología, Universidad de Texas A & M, Referencia 68-8T, pp. 19-28.
- Elliott, B. A. 1982. "Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico", en *Journal of Physical Oceanography*, núm. 12, American Meteorological Society, Washington, D.-C., pp. 1292-1309.
- Merino, M. 1992. *Afloramiento de la plataforma de Yucatán: estructura y fertilización*. Tesis Doctoral, CCH, ICMYL-UNAM, México.
- Merino, M. 1997. "Upwelling on the Yucatan Shelf: hydrographic evidence" en *Journal of Marine Systems*, núm. 13, pp. 101-121.
- Merino, M. y M. A. Monreal Gómez. 2002. "Ocean Currents and their Impact on Marine Life", en *Marine Ecology*, Duarte, C. M. (Ed.). UNESCO/Eolss Publishers, Oxford.
- Monreal Gómez, M. A. y D. A. Salas de León. 1990. "Simulación de la circulación en la Bahía de Campeche", en *Geofísica Internacional*, vol. 29, num. 2, pp. 101-111.
- Ruiz, F. G. 1979. *Upwelling North of the Yucatan Peninsula*. Tesis de maestría en ciencias, Departamento de Oceanografía, Universidad de Texas A & M.
- Salas de León, D. A., M. A. Monreal Gómez, M. Signoret y J. Aldeco. 2004. "Anticyclonic-cyclonic eddies and their impact on near-surface chlorophyll stocks and oxygen supersaturation over the Campeche Canyon, Gulf of Mexico", en *Journal of Geophysical Research*, vol. 109, C05012.
- Salas de León, D. A., M. A. Monreal Gómez, L. Sanvicente Añorve y C. Flores Coto. 1998. "Influence de la circulation a long terme sur la répartition des organismes zooplanctoniques dans la Baie de Campeche, Mexique", en *Oceanologica Acta*, vol. 21, núm. 1, pp. 87-93.
- Smith, D.C. IV. 1986. "A numerical study of loop current eddy interactions with topography in the Western Gulf of Mexico", en *Journal of Physical Oceanography*, núm. 16, American Meteorological Society, Washington, D.C., pp. 1260-1272.
- Vázquez de la Cerda, A. M. 1993. *Bay of Campeche cyclone*. Tesis de doctorado, Universidad de Texas A & M.
- Vidal, V. M. V., F. V. Vidal, A. F. Hernández, E. Meza y J. M. Pérez Molero. 1994. "Baroclinic flows, transports, and kinematic properties in a cyclonic-anticyclonic-cyclonic ring triad in the Gulf of Mexico", en *Journal of Geophysical Research*, núm. 99, American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 7-571-7-597.
- Vukovich, F. M. y G. A. Maul. 1985. "Cyclonic eddies in the eastern Gulf of Mexico", en *Journal of Physical Oceanography*, núm. 15, pp. 105-117.