

CAPÍTULO 7 – RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este estudio presenta resultados de la aplicación de un modelo numérico tridimensional de circulación a la región de los Golfos Norpatagónicos. El estudio está orientado fundamentalmente a una exploración sistemática de los procesos físicos que controlan la dinámica del océano y su relación con el ecosistema regional más que a desarrollar una herramienta de tipo predictivo o de pronóstico. De esta manera, el análisis físico del problema progresa mediante una sucesión de experimentos numéricos de complejidad creciente. La circulación oceánica fue simulada empleando un solo forzante por vez (i.e. mareas) y en situación no estratificada (barotrópica), luego en combinación con otro único forzante (i.e. viento) y finalmente en simulaciones más realistas con estratificación de la columna de agua y forzantes combinados de marea, viento, y flujo de calor y humedad en la superficie. Adicionalmente se diseñaron experimentos simplificados en dominios idealizados para profundizar el estudio de aspectos particulares de la dinámica oceánica (giros oceánicos y frentes de marea). En sistemas dinámicos complejos como el que nos ocupa, ésta parece ser la técnica más adecuada para atacar el problema ya que la contribución de cada proceso físico puede ser cuantificada separadamente. Aunque los resultados de este trabajo están aún lejos de ser definitivos, creemos que contribuyen ampliamente a incrementar el conocimiento sobre el ecosistema de los Golfos Norpatagónicos y los principales factores hidrodinámicos que lo sostienen.

Los resultados más importantes obtenidos por el trabajo de modelado pueden resumirse como sigue:

- 1) En primer término se analizó la propagación de la onda de marea en el dominio de estudio. La distribución espacial de cotidales e isoamplitudes y las corrientes (elipses) para las tres principales componentes semidiurnas (M_2 , S_2 y N_2) y dos semidiurnas (K_1 , O_1), son similares a las obtenida con modelos de similar resolución (Moreira, 2008). El flujo de energía mareal de la componente más energética (M_2) ingresa desde el Sur al GSM, bordea la costa, y egresa por el Norte con una magnitud muy inferior, describiendo de esta manera un giro horario en el interior del golfo. Los máximos valores de disipación de energía mareal alcanzan los 7 W/m^2 y

se concentran mayormente al NE de PV, siendo la disipación total causada por la propagación del armónico M_2 cercana a los 12.3 GW. Estos valores están en concordancia con los reportados por Moreira (2008), pero son menores a los estimados por Glorioso y Simpson (1994). Es interesante observar que, a pesar de las diferencias de formulación entre ambos modelos de alta resolución [Moreira (2008) emplea un modelo en coordenadas z , mientras ROMS emplea coordenadas σ , con mejor resolución de la capa límite de fondo), ambos reproducen similar intensidad y estructura de disipación energética mareal. La correcta reproducción de este fenómeno es crucial, ya que un aumento en la tasa de disipación de energía mareal está directamente asociado con un incremento en la eficiencia de la marea en el mezclado de la columna de agua (*tidal mixing*) [Loder y Greenberg, 1986] e indirectamente como veremos, en labrar la estructura de la circulación en los Golfos.

2) Siendo completamente no-lineal, el modelo de mareas genera una respuesta dinámica más allá de la inducida por el forzante armónico de borde. Las corrientes residuales marcan características de circulación básicas para la comprensión de la circulación media, tales como giros de recirculación (vórtices) al Norte de PV, sobre bancos de baja profundidad y estructura de cuadrupolos en las bocas del GN y GSJ. En el interior del GN y GSM la circulación residual debida a la marea forma giros ciclónicos. Aplicando la clasificación de Ridderinkhof (1989), éstos se pueden clasificar como Vórtices de Cuenca, y son debidos a la advección y efecto de Coriolis en presencia de topografía variable. Experimentos idealizados muestran que en el GN el giro está regulado principalmente por la estrangulación del flujo en la boca, mientras que en el GSM es más importante la ubicación de los cuencos de máxima profundidad. La estructura de cuadrupolos en la boca del GN y GSJ, se genera por el flujo oscilatorio de la marea (rectificación no -lineal) en un canal de restringidas dimensiones. Están regulados principalmente por el rotor de la advección y el rotor de la fricción de fondo, el cual es altamente dependiente de la forma de la línea de costa. Experimentos de sensibilidad con el modelo realista muestran la importancia fundamental del término advectivo no-lineal y de la correcta representación de la topografía de fondo y forma de la costa en la generación de los patrones de circulación residual forzada por la marea. Por ejemplo, en los experimentos sin el término de advección desaparecen las estructuras básicas

encontradas: cuadrupolos, vórtices de recirculación (topográficos) y giros ciclónicos en el interior de los golfos.

3) La circulación barotrópica inducida por viento del Oeste (predominante) en los tres golfos responde a un patrón general, separando cada golfo zonalmente en dos giros, uno antihorario en el Oeste y otro horario en el Este. En el caso del GSM el giro Este es el que se comunica parcialmente con la plataforma. En el caso de los Golfos Nuevo y San José la comunicación con el exterior se halla muy restringida. El flujo superficial en los Golfos consiste en campos asociados a la capa de Ekman y al campo de presiones generado por el gradiente de elevaciones. En regiones profundas el flujo superficial gira hacia la izquierda con respecto a la dirección del viento siguiendo la teoría de Ekman. El flujo de fondo presenta una estructura más compleja. Se observan giros de recirculación horarios en el GN y GSM que confirman la hipótesis de que a excepción de las zonas sur y norte de la boca, las aguas del Golfo por debajo de la capa de Ekman se hallan en buena medida aisladas de la plataforma exterior. El GSJ muestra una estructura compuesta de dos giros tanto en superficie como en el fondo debido a la reducida profundidad. Cuando adicionamos el efecto disipativo de la marea se define una circulación más homogénea y de intensidad reducida en el interior de los golfos, con velocidades más altas en la región costera. Se produce una reducción muy importante de las corrientes en las bocas y zona NE de PV, aunque se mantienen los patrones de distribución de circulación anteriormente descritos.

Rivas (1989) utilizó un modelo bidimensional lineal para estudiar el efecto de la intensidad y dirección del forzante de viento sobre las corrientes oceánicas en el GN. Sus resultados indican que se generan flujos en la dirección del viento y paralelos a las costas que retornan por la zona central donde las variaciones de profundidad son más suaves. A pesar de que este comportamiento induciría patrones definidos de circulación (giros) dentro del GN similares a los calculados con nuestro modelo, no se hace mención a los mismos en el trabajo. Akaprahamyan (1991) aplicó el modelo oceánico Bryan-Cox a la región del GSM. Los resultados del modelo muestran que existen dos sistemas de circulación dentro del golfo forzados por los vientos del Oeste. Uno de ellos está compuesto por un giro antihorario al SO del Golfo y otro de circulación horaria, cercano a la boca del mismo, que realiza el

intercambio de agua con la plataforma adyacente. Estos giros descriptos se ajustan con buena aproximación a nuestros resultados para vientos del Oeste, aunque la intensidad descrita por la autora en el giro conectado a la boca y corrientes en PV pareciera ser mayor. Siendo el modelo empleado por Akaprahamyan (1991) de tapa rígida (no permite inclusión de mareas) es posible que la autora utilice una disipación de fondo menor a la generada naturalmente por nuestro modelo (a través del forzante mareal y el esquema de mezcla turbulenta).

5) Los balances de movimiento en dirección zonal muestran que, en primer orden, se establece un equilibrio entre el término de Coriolis, la difusión vertical y el gradiente de presiones, que controla el giro antihorario sobre la costa Oeste del GSM. En la zona costera (0-15 km) el gradiente de presiones supera a la difusión vertical (el balance es mayormente geostrófico) y la corriente media se dirige hacia el sur. En la zona central del Golfo, sin embargo, la difusión vertical es mayor al gradiente de presiones (el balance es mayormente de Ekman) y la corriente es hacia el norte. El balance de momento en dirección meridional es principalmente geostrófico, entre el gradiente de presión y la aceleración de Coriolis y según la importancia relativa de estos términos muestra dos zonas bien definidas al Sur y al Norte del golfo de acuerdo a sus magnitudes.

6) Los experimentos numéricos de sensibilidad a la magnitud del viento muestran que ésta impacta directamente sobre la intensidad de la circulación generada, tanto en la distribución horizontal como vertical. A mayor intensidad del viento se intensifican los giros antihorarios sobre la costa Oeste e indirectamente los horarios, como así también el transporte en la boca del GSM y se profundiza notablemente la capa de Ekman afectada por los flujos superficiales. Los cambios de dirección en el viento muestran una estructura similar y opuesta de comportamiento para vientos zonales (Oeste y Este) y para los meridionales (Norte y Sur) tanto en elevaciones como en la función corriente. Sin embargo, la respuesta presenta leves no-linealidades atribuibles a las costas que presentan surgencia (upwelling) o subsidencia (downwelling) con respecto a la dirección del viento. En los experimentos forzados con vientos meridionales la circulación media general responde con dos giros separados zonalmente cuyos centros se hallan en dirección NO. El giro Norte se halla completamente aislado de la plataforma externa mientras

que el giro Sur establece una mejor conexión con el exterior que los casos de viento zonal. El sentido de circulación de estos giros depende de la dirección del viento, siendo ciclónico (anticiclónico) el giro Norte y anticiclónico (ciclónico) el giro Sur para vientos del Sur (Norte). Los vientos del Norte favorecen la producción de surgencia en la costa Oeste del GSM y PV mientras que los del Sur incrementan el hundimiento en la región costera.

7) Si adicionamos las corrientes residuales de marea la circulación media queda en gran medida dominada por estas últimas y se visualizan los patrones típicos producto de la rectificación de la onda de marea por variación de la topografía de fondo. Se hace necesaria la presencia de vientos de gran intensidad y principalmente del Norte o Este para romper algunas de las estructuras mencionadas. El balance dinámico impuesto por la marea se halla claramente representado en la boca del GSM y mayormente costa Sur del GSM entre fuerzas de advección (términos no-lineales) y gradientes de presión. Algo similar ocurre en las entradas del GSJ y GN. El forzante de viento tiene preponderancia mayormente en zonas cercanas a la costa donde la profundidad es baja y el gradiente de elevaciones puede ser comparativamente alto (balance geostrófico). Esto se puede visualizar en la costa Oeste del GSM y GN para vientos desde el Oeste y costa Norte y Oeste de los mismos golfos para vientos desde el Norte. En los experimentos forzados con vientos y mareas podemos destacar que el GSM tiende a quedar más aislado de aguas externas para los casos de viento Este y Sur, mientras que los golfos GN y GSJ, logran variaciones en intensidad en los flujos de intercambio pero sin modificar su dinámica, siendo principalmente dominada por las corrientes residuales de marea. Los máximos transportes de intercambio se obtienen en el GN y GSM para los vientos meridionales del Norte, tanto para el caso de viento y marea como viento solo. En el GSJ las variaciones del transporte de intercambio son mínimas con los cambios de dirección de viento.

8) La circulación media barotrópica generada por los vientos climatológicos (SCOW), muestra una estructura más intensa y definida en las estaciones de Otoño e Invierno con patrones de circulación similares a los casos de viento homogéneo, mientras que en las estaciones de primavera y verano la circulación es más débil y menos definida. El GSM muestra un giro horario con variaciones de intensidad en la

parte central y un giro antihorario sobre la costa Oeste en la estación de invierno. El GN muestra un giro antihorario que gobierna gran parte del golfo durante todo el ciclo anual, mientras que el GSJ presenta una circulación débil y poco definida. Cuando son forzados con vientos estacionales, los golfos Norpatagónicos muestran una mayor actividad de intercambio con el exterior en los meses de invierno donde las componentes zonales intensifican la circulación en el interior y los jets costeros. El GSM, muestra un intercambio más dependiente del viento sobre la costa Norte, mientras que en la costa Sur al igual que en los GN y GSJ, el intercambio está principalmente regulado por las corrientes residuales de marea.

Los experimentos conducidos por Akaprahamyan (1991) con vientos estacionales también muestran que el intercambio del GSM con la plataforma es más intenso en invierno-otoño que en primavera-verano. Sin embargo, salvo en los meses de mayor intensidad de viento (Junio) los patrones de circulación mostrados en los experimentos estacionales difieren en gran medida de los de nuestro modelo, posiblemente por las diferencias presentes entre las bases de datos de viento empleadas.

La inclusión de las corrientes residuales de marea modifica completamente la circulación media estacional, imponiendo una distribución muy similar a la generada por la marea. Sólo en los meses de Junio y Julio, el GSM logra romper la estructura del giro horario sobre la costa Oeste, donde aparece un giro antihorario propio de los vientos offshore. El GN modifica radicalmente la estructura de circulación con respecto al caso forzado sólo por viento, manteniendo un giro horario durante todo el ciclo anual con leves modificaciones sobre Bahía Nueva y zonas de poca profundidad. El GSJ mantiene mayormente la estructura de circulación del dipolo interno durante todo el año.

9) El modelo baroclínico muestra que la circulación en el GSM durante el verano está dominada por dos giros principales de recirculación ciclónica (horaria), generados principalmente por la interacción del flujo de calor superficial y de la marea con las depresiones topográficas del centro del Golfo. Esta circulación de verano aísla completamente al golfo de la plataforma externa y es muy diferente a la obtenida en el caso barotrópico. En invierno la región se encuentra dominada por

los fuertes vientos off-shore que generan un giro anticiclónico en la costa oeste y uno ciclónico en el Sur. Ambos se intensifican con respecto al caso barotrópico por la interacción del forzante con la estratificación presente. El GN responde de manera similar al GSM en verano, con una intensa circulación horaria en todo el golfo generada por marea actuando sobre topografía variable e intensificada por el flujo de calor en superficie. El GSJ se muestra poco sensible a la inclusión del forzante de flujo de calor en superficie. Tanto en invierno como en verano, se mantiene una estructura de dipolo interno que controla casi completamente la dinámica dentro del golfo y que es generada por las corrientes residuales de marea. Sólo cuando los vientos son intensos se observan algunas modificaciones a este patrón en la costa Este del golfo, de menor profundidad.

10) La contribución baroclínica (RB) en verano a las corrientes residuales representa aproximadamente el 80% del total en el GSM (Norte). De esa contribución, la interacción marea estratificación es el 80% de RB, mientras que el restante 20% se debe al viento. En invierno tanto la contribución anticiclónica como ciclónica parece estar equiparticionada entre viento y marea para el GSM, mientras que para el GN el giro antihorario sobre la costa Oeste esta principalmente generado por la interacción con el viento.

11) Las variaciones estacionales más importantes de la circulación se producen en el GSM. La circulación media en primavera-verano (entre Octubre y Marzo), cuando el flujo de calor es intenso, los vientos son débiles y la estratificación es importante, es completamente horaria (ciclónica). La circulación horaria comienza a intensificarse (spin-up) en el mes de Octubre, formada por un único giro centrado al Sur sobre la boca del GSJ. Este giro crece hacia el norte simultáneamente con el debilitamiento del giro antihorario de la costa Este. Hacia fines de la primavera la circulación se subdivide en dos giros, con la formación de un subgiro al Norte del golfo. Estos dos giros se intensifican con el aumento del flujo de calor. En Febrero, el giro Norte se expande ocupando gran parte del golfo (en el cual queda inmerso el subgiro del Sur) y alcanza su máxima intensidad (transportando ~ 0.13 Sv). Al comienzo del Otoño se reducen las magnitudes de la circulación horaria (spin down) y el giro al Norte se desplaza hacia el centro del Golfo y hacia la boca manteniéndose la ubicación e intensidad del giro ciclónico al Sur. A partir de Abril

comienza a formarse en la costa Suroeste un giro anticiclónico producto de la intensificación de los vientos zonales off-shore y la menor estratificación en la zona Sur del golfo por la mezcla vertical inducida por marea. La circulación anticiclónica se expande en invierno hacia toda la costa Oeste del golfo y se subdivide en dos giros de recirculación, uno centrado al Norte y otro al Sur. Simultáneamente, el giro horario Sur remanente del otoño se incrementa durante el invierno llegando a ocupar gran parte del sector SE del golfo. Ambos giros, anticiclónico y ciclónico son más intensos que en el caso barotrópico, denotando una fuerte interacción del viento y la marea con la estratificación remanente del invierno. El GN muestra un comportamiento similar, aunque la influencia de la marea muestra ser más intensa siendo más difícil de modificar la estructura horaria de circulación del golfo. El GSJ no muestra una variación estacional marcada, siendo necesario intensos vientos para modificar la estructura generada por la marea.

12) En los períodos de verano el GSM se muestra relativamente aislado. La variación estacional del transporte en el caso baroclínico muestra una anomalía estacional del 85%, con máximos del transporte en Julio (0.07 Sv) y mínimos en el mes de Enero de 0.01 Sv. El GN y el GSJ no modifican notoriamente su transporte a través de la boca en el año ya que la dinámica en esta zona está regulada por las corrientes residuales de marea. Los experimentos realizados con flotadores (partículas) indican que durante otoño-invierno el Golfo alcanza a expulsar aproximadamente el 40% de las mismas. Durante primavera-verano se expulsan menos del 5%. En promedio entonces para expulsar del orden del 90% se requiere al menos de un período de dos años (2 temporadas otoño-invierno). Las partículas lanzadas en Julio sobre la costa Oeste del GSM son atrapadas y retenidas por el giro antihorario, mientras que aquellas lanzadas en la zona Norte del GSM son atrapadas a partir de Octubre por la circulación ciclónica. Estas características muestran la influencia potencial de la circulación sobre la dinámica biológica (desove y retención de plankton), como así también en casos de contaminación.

13) Estudios de sensibilidad muestran que la circulación ciclónica de primavera-verano es totalmente dependiente del forzante de marea. La interacción del viento y la estratificación en esta estación produce sólo una circulación anticiclónica débil e indefinida en todos los golfos. La amplitud del ciclo anual de flujo de calor juega un

papel muy importante para el establecimiento de la circulación media. En verano la estratificación genera un gradiente vertical de temperatura mayor, produciendo una mayor curvatura de las isolíneas de densidad e intensificando los giros. La circulación de verano se muestra poco sensible a la variación de la magnitud de los vientos, aunque a mayor intensidad del viento se logra una mayor profundización de la termoclina. En invierno, el forzante de viento es tan importante como el de marea. La forma topográfica de fondo y los términos no-lineales (advectivos) tienen importancia en la formación de las estructuras de dipolos, cuadrupolos y giros de recirculación por rectificación topográfica, modificando completamente la circulación media, principalmente en el GSJ, boca del GN y NE de PV. La circulación en el GSM se muestra afectada por variaciones en los flujos de Plataforma, debido a que a mayor ingreso de aguas frías aumenta la curvatura favorable de las isolíneas de densidad en el fondo y se intensifican los giros ciclónicos del GSM y GN.

14) Los resultados descriptos muestran estructuras robustas y en cierta medida consistentes con las (escasas) observaciones en el área de estudio. La ubicación y sentido de circulación de los giros del GSM fue adelantado mediante un análisis de datos hidrográficos por Piola y Scasso (1988) y parcialmente confirmado por mediciones directas en una estación cercana al giro Norte por Framiñán *et al.* (1991). La generación, mantenimiento y variabilidad estacional del giro parecen ser explicados cualitativamente por los procesos físicos presentes en el experimento de control y considerados individualmente en los experimentos de sensibilidad realizados, pero las velocidades provistas por el modelo, aunque muestran la dirección e intensificación correcta, resultan en cierta medida inferiores a las medidas. Las mediciones recientes de Moreira *et al.* (2009), fueron realizadas en invierno y en zonas muy costeras del GSM (profundidades del orden de los 10m) donde la dinámica está muy influenciada por el viento local, y por lo tanto son difíciles de utilizar para interpretar los patrones generales de circulación provistos por el modelo. De todas formas, la comparación de los resultados obtenidos del modelo con datos de mediciones es difícil de realizar por varias razones, entre las cuales podemos citar: (a) los modelos de mezcla tienen constantes de ajuste cuyos valores óptimos no se han establecido con firmeza, (b) existe incertidumbre en el forzante debido a posibles errores en la parametrización de los flujos de calor y esfuerzo del viento, y c) las mediciones de corrientes corresponden generalmente a

un período temporal (corto) bien definido (p.e., 1987-1988) mientras que el modelo fue forzado con vientos y flujos de calor y humedad climatológicos. En ese sentido, las estimaciones del transporte estacional de los giros de recirculación de los Golfos deben tomarse con precaución hasta la obtención de mayor cantidad de mediciones directas (corrientes) de largo alcance que permitan calibrar y validar los resultados del modelo.

15) En el modelo idealizado de frentes, para un forzante fijo de marea un aumento de la intensidad de los vientos del oeste produce una profundización de la capa de mezcla y una disminución en la intensidad de la termoclina en la región estratificada, y un desplazamiento aguas afuera de la zona bien mezclada del frente. Para las condiciones estudiadas, un viento de 0.05Pa no es suficiente para generar una región mezclada cerca de la costa en el mes de octubre. Si el viento es de dirección N-S y favorable para la surgencia, el frente de temperatura de fondo se mueve hacia la costa, aumenta el gradiente térmico de fondo y disminuyen la temperatura y el gradiente térmico superficial. Para un forzante fijo de viento (del oeste y de una intensidad de 0.1Pa) un aumento en la amplitud de la marea produce un desplazamiento aguas afuera del frente de fondo y superficial. La marea tiene poco efecto sobre la profundidad de la capa de mezcla e intensidad de la termoclina de la zona bien mezclada. Los esquemas de mezcla MY y LMD producen termoclinas profundas e intensas con resultados más cercanos a las observaciones, con el esquema de MY prediciendo una capa de mezcla algo más profunda y una termoclina más intensa que el esquema LMD. Los modelos basados en frecuencia de Brunt-Väisälä (BVF) presentan problemas para predecir la formación de la capa de mezcla y la termoclina estacional. El esquema basado en GLS forma una termoclina más difusa y tiene dificultades para generar la zona bien mezclada del frente. El incremento en la resolución vertical tiene algún impacto en la profundidad de la capa de mezcla, pero su efecto es poco importante más allá de cierto límite, que en nuestro modelo es del orden de 20/30 niveles verticales.

16) Los experimentos realistas de frentes muestran una buena correlación con el análisis realizado en los experimentos idealizados y con las escasas observaciones disponibles en la región de estudio. El FPV comienza a formarse entre Septiembre y Octubre y alcanza su máxima intensidad en el mes de Diciembre. Es importante

señalar que el modelo es inicializado con un perfil homogéneo de temperatura en la horizontal y no es relajado a valores medidos de temperatura superficial del mar (SST) por lo que la concordancia entre los resultados del modelo y las mediciones satelitales es una prueba del buen funcionamiento de la física del modelo. El gradiente espacial de temperatura alcanza en algunos sectores hasta $0.4^{\circ}\text{C}/\text{km}$. El modelo muestra una termoclina intensa a una profundidad media entre 10 y 20 metros dependiendo del mes de análisis. Para el mes de Diciembre, por ejemplo, presenta temperaturas de 17°C en superficie y cercanas a 9°C en la zona profunda. Esta estructura del frente es muy similar a la que se observa en mediciones hidrográficas recientes (Mianzán, 2008). El FPV genera una intensificación del flujo de plataforma (jet) en la zona estratificada, debajo de la termoclina, el cual no se observa en los meses de otoño-invierno. En concordancia con los experimentos idealizados en los cuales se variaba la intensidad de la marea, un análisis detallado del frente en el mes de Enero, muestra que el mismo puede sufrir importantes movimientos transversales (y por lo tanto del jet) de acuerdo a mareas de cuadratura y sicigias. Tanto el FPV como el FMGSM son generados por la intensa mezcla por marea en la boca del GSM y la estratificación en superficie. Este mecanismo genera los frentes de superficie a fondo. Por otro lado, el FZGSM se forma por una mecánica diferente siendo más superficial, entre los meses de Enero y Febrero. Esta mecánica puede estar relacionada al debilitamiento de la intensidad de la mitad Sur del FMGSM (que permite el ingreso de agua menos densa) y la mezcla vertical por marea existente en la zona Sur del golfo.

17) Como conclusión general, los resultados presentados en esta disertación revelan que además de generar importantes corrientes instantáneas (algo sobre lo que existe abundante bibliografía) la mezcla mareal contribuye significativamente a la modulación de la circulación residual (en escalas temporales submareales). Este efecto se hace presente en mayor o menor medida en todo el dominio estudiado, tanto con el modelo homogéneo como con el estratificado. En el modelo homogéneo (barotrópico) la circulación residual de marea domina a la generada por los vientos climatológicos, particularmente la circulación ciclónica dentro del GN y el dipolo de la boca del GSJ. Se hace necesario algún evento de viento de gran intensidad y dirección adecuada para modificar estos patrones. En el modelo baroclínico (estratificado) la acción de la marea es la responsable de intensificar el giro ciclónico

dentro del GSM y GN y de la formación de los frentes térmicos durante primavera-verano. La interacción del viento y la estratificación toma importancia en los meses de otoño e invierno. Resumiendo, un modelo de circulación de escala submareal que no contemple los efectos dinámicos directos e indirectos de la marea es completamente inadecuado para modelar el ecosistema de los Golfos Norpatagónicos.