

MEDICIONES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y SUBSUPERFICIAL AL NIVEL DEL MAR EN ISLA MUJERES

J.I. González, J. Ochoa y A. Badan
División de Oceanología, CICESE
Correo Electrónico: ignaci@cicese.mx

RESUMEN

Se comparan series de tiempo de tres sensores de presión independientes, uno mide la presión atmosférica, otro la subsuperficial al nivel del mar (y anclado en una posición fija), y el último registra la diferencia entre las dos primeras. Por medio de la aproximación hidrostática, es posible inferir el nivel del mar, con las dos primeras o con la última. En esta nota resaltamos las ventajas de medir la presión subsuperficial y la atmosférica por separado.

INTRODUCCION

La medición histórica del nivel del mar esta basada principalmente en observaciones directas, esto es, en mediciones que no requieren de otra variable para inferirlo. Los bancos de datos así colectados solo contienen información del nivel del mar. En la actualidad, en algunas localidades, el nivel del mar se infiere a partir de mediciones de presión subsuperficial compensadas para eliminar la presión atmosférica; a su vez, la aproximación hidrostática permite convertir el nivel del mar en presión y *viceversa*, siempre y cuando se cuente con mediciones simultáneas de presión atmosférica superficial. La aproximación hidrostática considera a la presión como la producida por el peso de los fluidos por encima del punto, sin importar el movimiento. Esta aproximación requiere que las aceleraciones verticales sean insignificantes respecto las fluctuaciones del gradiente vertical de presión, y es apropiada para movimientos de 'frecuencias bajas'. Es importante reconocer que, tanto para el océano como la atmósfera, el gradiente de presión es la variable relevante para el movimiento. Para el océano es de particular interés distinguir la contribución del gradiente de presión ejercido por la atmósfera y aquel debido al desnivel en la elevación de la superficie marina. Con la excepción de las olas u ondas superficiales, la mayoría de los movimientos oceánicos cuya energía es significativa, son de baja frecuencia en este sentido; i.e. son movimientos en los que la presión esta dictada por:

$$P(z,t) = P_{atm}(t) + \rho g(\eta(t) - z), \quad (1)$$

donde P es la presión en el océano a la profundidad z medida en la dirección contraria a la gravedad desde 'el nivel medio del mar', t es el tiempo, P_{atm} es la presión atmosférica, ρ es la densidad del agua de mar, g la aceleración de la gravedad, y η es la desviación del nivel de la superficie marina con respecto al 'nivel medio del mar'. La presión atmosférica también depende de la altura en la cual se mide. Sin embargo, para diferencias del nivel de medición menores de 30 m, el efecto en las variaciones es imperceptible.

Ciertamente, con las tecnologías actuales, podemos detectar fluctuaciones de presión no hidrostáticas muy tenues y con ellas inferir un sinnúmero de fenómenos de interés. Por ejemplo, los perfiladores de corrientes por efecto doppler acústico, conocidos como ADCP por sus siglas en inglés, miden por medios indirectos, emitiendo y recibiendo señales acústicas, pero estas fluctuaciones no son las que aquí tratamos. Las fluctuaciones de presión que aquí nos interesan son aquellas que se tienen que tomar en cuenta en el balance dinámico de las corrientes marinas energéticas y en las que es válida la aproximación hidrostática. Por ejemplo, las mareas, los remolinos de mesoescala y las corrientes semipermanentes o cuasigeostroficas cuyo campo de presión es dictado por la ecuación 1, o en su forma más general:

$$P(x, y, z, t) = P_{atm}(x, y, t) - \int_{\eta}^z g \rho(x, y, s, t) ds, \quad (2)$$

que es la forma integral de la ecuación hidrostática (i.e. $0 = -\partial P / \partial z - \rho g$), considerando que la condición de frontera consiste en tener la presión atmosférica en la superficie marina. La figura 1 representa esta situación

La gran mayoría de las mediciones del nivel del mar en México se han obtenido con mareógrafos de flotador y en menor medida con "burbujeadores"¹. En la última década se han empleado sistemas acústicos que miden el nivel del mar indirectamente con ecosondas o sensores de presión compensados y no compensados.

Para la vida práctica comunitaria es más útil especificar nivel del mar que la presión. Las tablas de mareas históricas y las actuales son del nivel del mar y no de presión. Estas tablas proporcionan lo que un observador puede apreciar directamente como las lecturas de la regla de mareas o la altura del nivel del mar respecto algún

¹ Los "burbujeadores" registran precisamente la diferencia de presión que se necesita para lograr el burbujeo (i.e. miden $\rho g \eta$), por lo que usando la densidad del agua del mar se puede traducir a nivel del mar. Los burbujeadores son entonces medidores casi directos del nivel del mar, pues solo necesitan la medición de densidad para tal determinación.

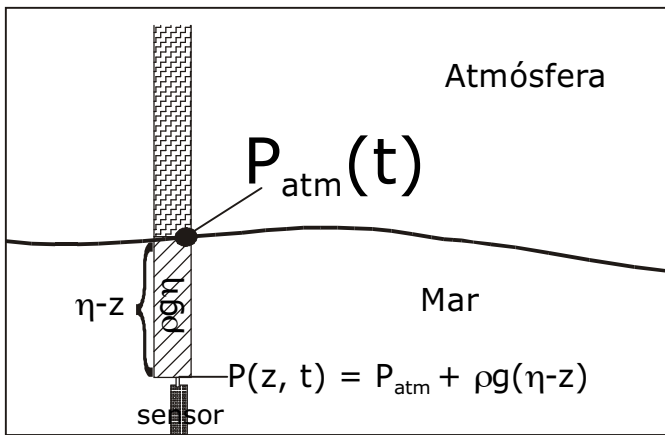


Figura 1. Representación esquemática de la relación entre la presión (P), presión atmosférica (P_{atm}) y nivel del mar (η).

muelle, etc. Para estudios dinámicos, la variable importante es la presión. El campo de presión en el océano incluye la contribución de la presión atmosférica superficial.

En este artículo mostramos series de tiempo de P , P_{atm} y de $P - P_{atm}$ (interpretado en el resto del escrito como $\rho g\eta$, según la ecuación 1) obtenidas con instrumentos independientes. Estas mediciones se tomaron en Isla Mujeres entre los meses de septiembre a diciembre de 1999. Las características de estas series hacen notar que la variación en presión atmosférica es apreciable, en particular para la frecuencia diurna. A partir de esta característica se discute la conveniencia de medir tanto la presión subsuperficial como la barométrica.

DATOS

Los datos provienen de un barómetro y dos sensores de presión subsuperficial, uno compensado y otro no compensado. Los tres instrumentos son independientes entre sí. El sensor de presión subsuperficial no compensado (midiendo P) fue instalado por CICESE, el de presión compensado (midiendo $P - P_{atm}$ e interpretado como $\rho g\eta$)

y el barómetro midiendo P_{atm} fueron instalados y operados por la Secretaría de Marina. Los tres instrumentos si están distanciados unas decenas de metros el uno del otro. La profundidad en la que operan los sensores no es importante, pues lo relevante son las fluctuaciones de presión y no sus valores totales. Las tres mediciones deben cumplir $P - P_{atm} - (P - P_{atm}) = P - P_{atm} - \rho g\eta = \text{CONSTANTE}$, pues la notación en este escrito usa $\rho g\eta = (P - P_{atm})$. Cualquiera de las tres mediciones, en ausencia de ruido o error instrumental, es redundante a las otras.

Las observaciones de P se hicieron a intervalos de 10 minutos. Los datos de $\rho g\eta$ se registran cada 6 minutos. Estos datos del sensor de presión compensado ya habían sido transformados a nivel del mar en unidades métricas, por lo que utilizando la densidad correspondiente a 25°C y salinidad de 36.5 ups se transformaron a milibares. Los datos de P_{atm} se obtuvieron a intervalos de tiempo de 15 minutos. Los tres conjuntos de datos se uniformizaron en milibares a un mismo intervalo de tiempo de 6 minutos, usando interpolación lineal.

En la Figura 2 se comparan las tres mediciones. Las series de tiempo de los sensores de presión compensado ($\rho g\eta$) y no compensado (P) se encuentran en la parte inferior con marrón y verde respectivamente. En la parte superior graficamos con negro la diferencia ($P - \rho g\eta$) y en azul observaciones de P_{atm} . También con línea roja se muestra la tendencia del conjunto P_{atm} y de ($P - \rho g\eta$). Algunas características interesantes se aprecian:

- las señales de P y de $\rho g\eta$ muestran fluctuaciones semidiurnas intensas que no son existentes en P_{atm} .
- la diferencia $P - \rho g\eta$ muestra fluctuaciones significativas con periodos entre 5 y 15 días, que son altamente coherentes con las mediciones de P_{atm} .
- La P_{atm} muestra una tendencia creciente muy lenta que se aleja de $P - \rho g\eta$, indicando una falla en alguno de los instrumentos.

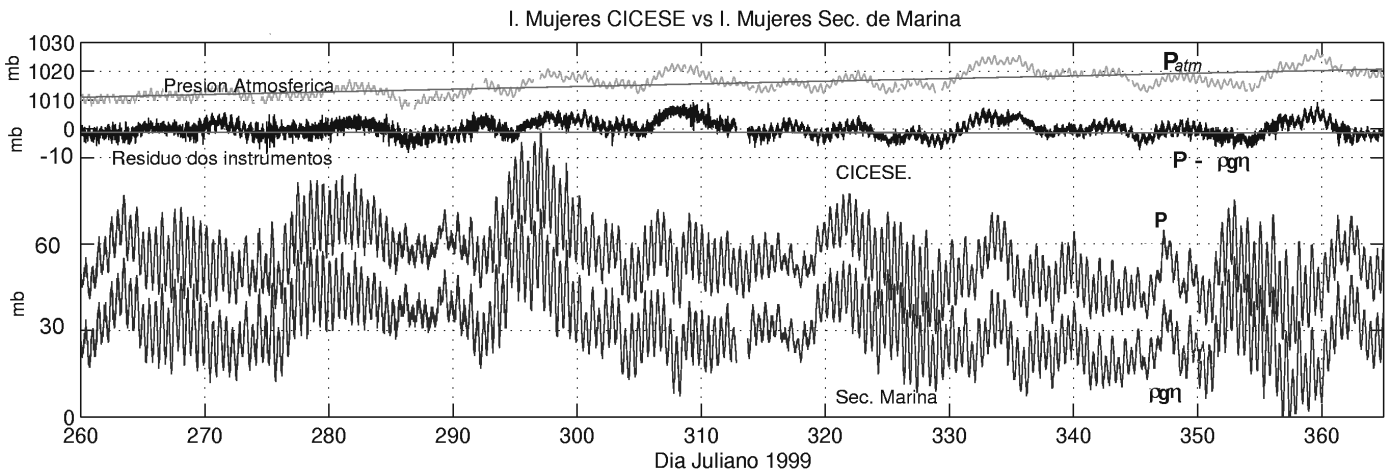


Figura 2. Datos de SCI, SMA, BMA, y RES

CONCLUSIONES

Las variaciones de P_{atm} aunque pequeñas no son despreciables y contribuyen a la presión subsuperficial del sensor no compensado. Estas fluctuaciones en el sensor no compensado pueden malinterpretarse si se asume, como es común, una P_{atm} constante. En los movimientos asociados a tales fluctuaciones el forzamiento directo por la atmósfera no puede descartarse sin un análisis más detallado, que contemple las contribuciones al gradiente de presión.

Sugerimos que hay una mejora substancial al medir al menos dos de las tres variables en los sitios donde se instalen estaciones mareográficas, principalmente aquellas con carácter permanente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Contralmirante A.F. de Abiega Gamez de la Dirección General Adjunta de Hidrografía y Cartografía, Secretaría de Marina, por proporcionar la fracción mayor de los datos. Otra fracción de los datos fueron proporcionados por el Programa Canek con financiamiento por CICESE y CONACYT. Hacemos un reconocimiento especial al Dr. Modesto Ortiz por su extensa y crítica revisión.