

**Dinámica del Océano**  
**Semestre 1 2024**

**TAREA SURGENCIA**

1) A partir de los datos de velocidad del viento en el archivo **VientosCosteros.mat** (20%) calcule las series de tiempo del transporte de Ekman hacia fuera de la costa (dirección  $x$ )

$$M_x = \frac{\tau_y}{\rho f}.$$

La coordenada “y” representa la dirección a lo largo de la costa.

Note que los vientos están dados en coordenadas Norte (componente V) y Este (componente U). Por lo tanto, **debe rotar adecuadamente los vectores para obtener componentes a lo largo de la costa** (Tau\_y) y la componente perpendicular a la costa (Tau\_x).

El archivo contiene las matrices  $U_i$ ,  $V_i$  y fecha.  $U_i$  y  $V_i$  contienen tres columnas correspondientes a promedios diarios de las velocidades del viento en 37°S, 30°S y 21°S. La matriz fecha contiene [año mes día hr min s] (los últimos tres datos son cero).

Use una densidad para el agua de mar de  $\rho = 1025 \text{ kg m}^3$  y un valor del parámetro de Coriolis ( $f$ ) correspondiente a la latitud indicada.

**Ayuda.** Para calcular el esfuerzo del viento (a partir de la velocidad) use la relación

$$\tau = \rho C_D |\mathbf{W}| \mathbf{W},$$

donde  $\rho$  es la densidad del aire (use  $1.2 \text{ kg m}^3$ ),  $C_D$  es un coeficiente de arrastre (use un valor constante de  $1.3 \times 10^{-3}$ , el coeficiente de arrastre es adimensional).  $\mathbf{W}$  es el vector velocidad del viento y  $|\mathbf{W}|$  es su magnitud,  $|\mathbf{W}| = (W_x^2 + W_y^2)^{1/2}$ .

(10%) Discuta el valor de  $C_D$  dado (constante) en relación con la Figura 9.14 del libro de Pond & Pickard (1983). Compare que tan sensible es el cálculo del esfuerzo de viento cuando se usa un  $C_D$  variable y vientos de 2, 5, 10, 15, 20 y 25 m/s. Discuta sus resultados.

(10%) Grafique las series de Transporte de Ekman en las 3 localidades y **analice los resultados en el marco de la variabilidad sinóptica de la surgencia comparando las tres localidades.**

Comúnmente el transporte de Ekman perpendicular a la costa se utiliza como un Índice de Surgencia, conocido también como Índice de Bakun (debido al trabajo de Bakun, 1973).

2) (10%) Calcule el ciclo anual del transporte de Ekman promediando todos los valores de enero, todos los de febreros y así hasta diciembre. Grafique el ciclo anual. Considere el transporte de Ekman como un Índice de Surgencia (IS) y **analice la figura de los ciclos anuales en términos de la variabilidad anual de la surgencia y como estos varían en las diferentes latitudes.**

3) Considere que el transporte hacia fuera de la costa tiene lugar en una capa superficial de profundidad  $h_E = 20 \text{ m}$  y que este transporte es compensado por un transporte vertical (hacia la capa superficial) en una distancia  $L$  desde la costa (ver esquema en figura abajo y sus apuntes de clases). La distancia  $L$  puede ser relacionada con el radio de

deformación interno de Rossby dado por  $L_R = c_i / f$ , donde  $c_i$  es la velocidad de fase de una onda larga interna de gravedad. Use  $c_i = 2.5 \text{ m s}^{-1}$  y  $f$  correspondiente a la latitud dada en cada caso.

i) (5%) Calcule las series de velocidades verticales en cada localidad (en  $\text{m/día}$ ). Grafique un histograma mostrando los porcentajes de velocidades verticales que caen en los intervalos entre  $-5 \text{ m/día}$  y  $10 \text{ m/día}$  (cada  $1 \text{ m/día}$ , ver figura de ejemplo), para las distintas estaciones del año (considere verano igual al periodo Ene-Mar, otoño Abr-Jun y así sucesivamente). Ver ejemplo en Figura 2.

ii) (5%) Interprete y compare los resultados en términos de intensidad y variación anual (invierno verano) de la surgencia en las tres localidades. Complemente su interpretación con estudios sobre el ciclo anual de la surgencia en Chile y/u otras regiones

4) Considere la serie de  $37^\circ\text{S}$  durante el verano del año 2000 (1 enero al 31 marzo) y

a) (10%) Grafique (puede usar un gráfico de barras) la serie de tiempo del esfuerzo del viento paralelo a la costa (promedios diarios de  $\text{Tau}_y$ ) durante el periodo. Describa los eventos de surgencia (según los datos de esfuerzo del viento) en este periodo: duración del evento, intensidad promedio y máxima del esfuerzo de viento ( $\text{Tau}_y$ ) durante el evento de surgencia. Compare la magnitud promedio de  $\text{Tau}_y$  durante los eventos con la magnitud promedio de  $\text{Tau}_y$  del verano de 2000 (enero a marzo).

b) (20%) Calcule el impulso  $I$  del viento para los eventos del 7 al 11 de enero de 2000 y del 13 al 27 de enero de 2020.

$$I \approx \frac{1}{\rho H} \int_{Di}^{Df} \tau dt$$

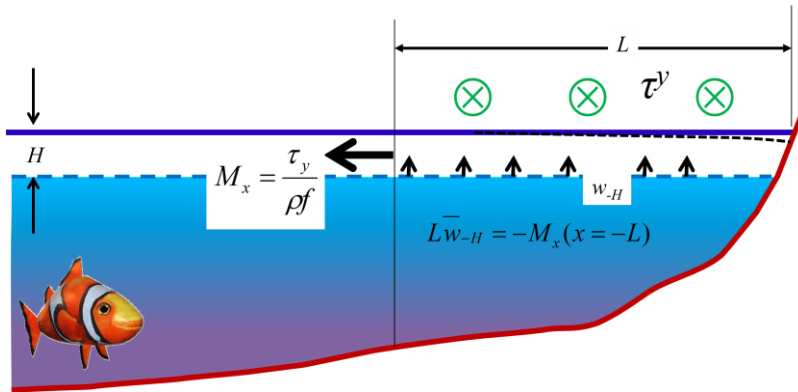
Donde  $Di$  y  $Df$  son los días inicial y final del evento en cuestión (en Matlab usar la función trapz.m para evaluar la integral). Considere la densidad  $\rho = 1025 \text{ kg m}^{-3}$  y  $H = 50 \text{ m}$ .

Usando el modelo de Csanady (ver ppt de clases) determine si la surgencia se desarrolla totalmente en cada caso, utilice un valor de  $(g'H)^{1/2} = 2.5 \text{ m s}^{-1}$  (que corresponde a la velocidad de fase una onda larga baroclínica en la región).

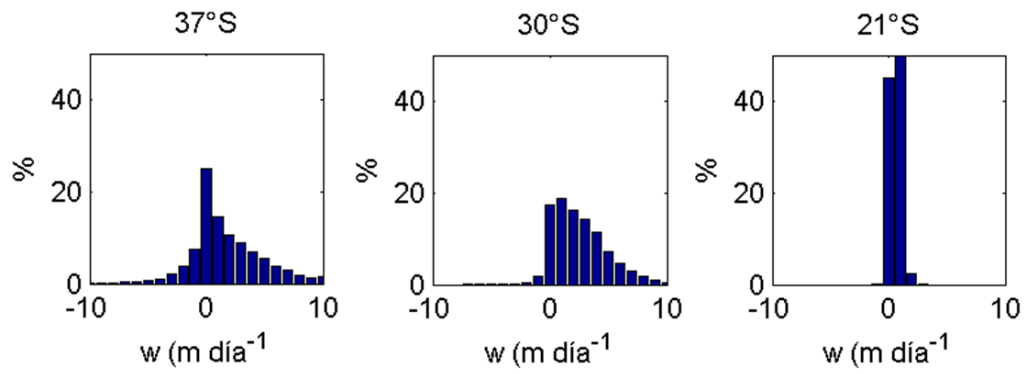
Grafique el perfil del chorro costero  $v(x)$  versus  $x$ , donde  $x$  es la coordenada hacia afuera de la costa, al final de cada uno de los eventos.

En el caso que la surgencia esté completamente desarrollada al final de un evento estime la posición (distancia  $d$ ) del frente.

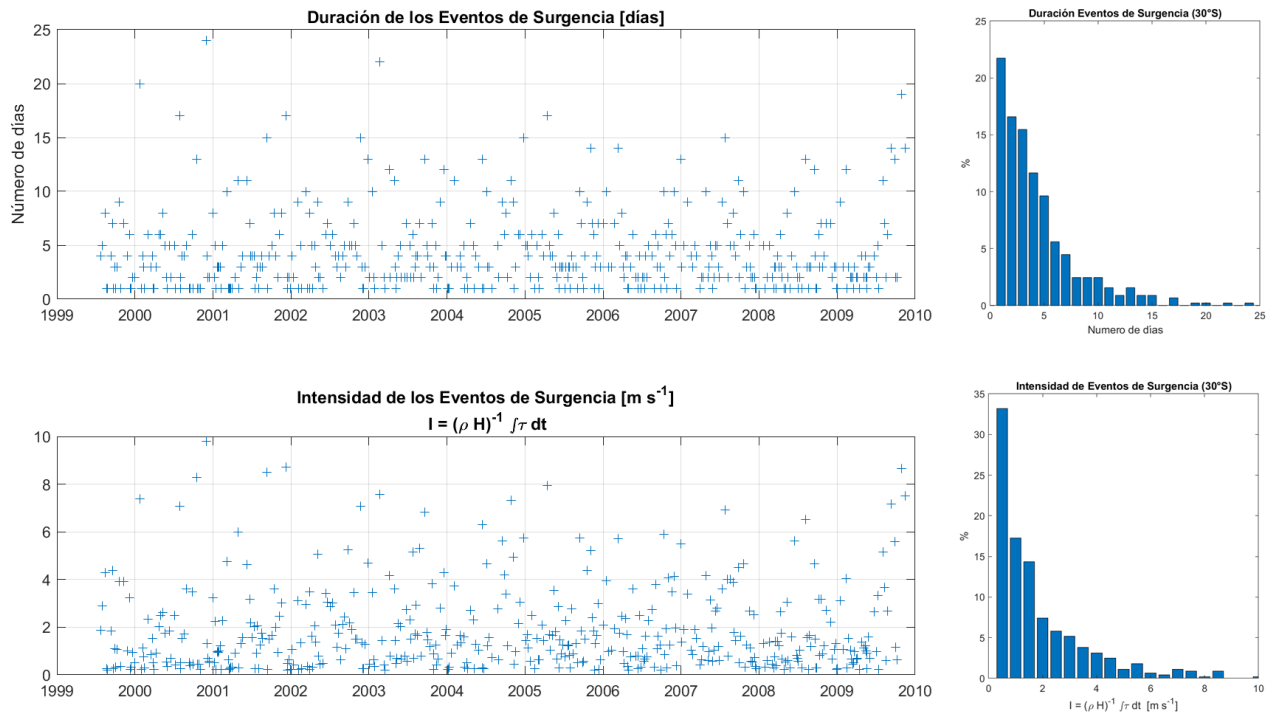
c) (10%) Construya (grafique) histogramas de duración e intensidad (basado en los valores del impulso) de los eventos de surgencia en  $37^\circ\text{S}$  (ver ejemplo en Figura 3 para  $30^\circ\text{S}$ ). Para definir el límite de los eventos, elija de acuerdo a algún criterio un valor umbral, bajo el cual comienza y/o termina el evento de surgencia (defina el valor umbral a partir de las velocidades verticales calculadas en la pregunta 3i. Puede ayudarse con el histograma de velocidades verticales en  $37^\circ\text{S}$  para definir un criterio).



**Figura 1.** Esquema del transporte de Ekman y las velocidades verticales asociadas cerca de la costa.



**Figura 2.** Histograma de las velocidades verticales (en m/día) en las tres localidades para todo el periodo de estudio.



**Figura 3.** Duración de los eventos de surgencia (paneles superiores) y sus intensidades (paneles inferiores) en 30°S.

## Referencias

Bakun, A. Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1946-71. 1973.

Pond, S., and G. L. Pickard. Introductory dynamical oceanography. Gulf Professional Publishing, 1983.