

PRÁCTICA MASAS DE AGUA

Objetivos de la actividad:

- Identificar grandes masas de agua que tienen un origen en común y entender la significancia oceanográfica, biológica y meteorológica que poseen.
- Entender mejor los roles de la temperatura, salinidad y densidad en la formación y transporte de masas de agua.
- Determinar la temperatura-salinidad de una muestra de agua y, plotear esos dos parámetros en un diagrama T – S, identificando al área de procedencia.

Definiciones

Masa de agua: Es un gran volumen de agua que puede ser identificado como conteniendo un origen común o área de fuente. Las masas de agua se forman por interacción de agua con la atmósfera o por mezcla de dos o más cuerpos de agua. Una vez formadas, se sumergen a una profundidad determinada por su densidad relativa con las aguas debajo y encima de ella. Los determinantes importantes de densidad son temperatura y salinidad. Toda el agua en una masa de agua posee casi la misma temperatura y salinidad.

Densidad: Se define como la masa por unidad de volumen de una sustancia. En el sistema métrico, las unidades para un líquido son gramos por centímetros cúbicos. El agua de mar tiene una densidad aproximada de 1.0250 g/cm^3 mientras que el agua dulce tiene una densidad de 1.0000 g/cm^3 .

Caballing: Mezcla de dos masas de agua de densidades idénticas in situ, pero diferentes temperaturas y salinidades. La masa de agua resultante se torna más densa que las que le dieron origen.

Isopicnas: Una línea de densidad constante o igual

Identificación de masas de agua

Dado que la mezcla de las masas de agua con el agua circundante es muy lenta, ellas tienden a retener su temperatura y salinidad originales. Así, las temperaturas distintivas y salinidades (y algunas veces contenido de oxígeno) de las masas de agua, hacen posible su identificación. Su identificación es importante porque nos brinda información de su lugar de origen, de la circulación profunda, y de las tasas a las que se mezclan las masas de agua.

Circulación profunda – el movimiento del agua a profundidad es llamada *circulación termohalina* (temperatura-salinidad, por lo tanto densidad) y está casi separado de las corrientes de superficie. Mientras la circulación de superficie es en gran parte con dirección **este-oeste** y mueve aguas cálidas hacia los polos, las corrientes profundas y de fondo transportan agua en una dirección **norte-sur**, devolviendo aguas frías a lo largo de los meridianos hacia el ecuador. Las aguas frías eventualmente regresan a la superficie para ser recalentadas y devueltas a los polos por corrientes superficiales, o para mezclarse con otras aguas y retornar a las profundidades. La velocidad de las corrientes termohalinas es muy

lenta, cerca de 1 centímetro por segundo, mientras que las corrientes de superficie son 10 o 20 veces más rápidas. Utilizando el concepto de tiempo de residencia - el promedio de tiempo que una sustancia (agua de fondo en este caso) permanece en el océano antes de ser reciclada - cerca de 500 - 1000 años sería necesario para reemplazar toda el agua de fondo en el Océano Atlántico.

La identificación de grandes masas de agua en los océanos es posible por colecta cuidadosa de datos oceanográficos. Los datos más usados para este propósito son temperatura, salinidad y contenido de oxígeno. Los extremos-esto es, los máximos y mínimos para esos parámetros en una columna vertical de agua de mar- son importantes para identificación. Dado que el número posible de combinaciones de temperatura y salinidad son limitados, resulta que solamente un número razonablemente de masas de agua se forman en los océanos. Sin embargo, la densidad solamente de una masa de agua no es suficiente para su identificación, porque muchas combinaciones de temperatura y salinidad pueden producir la misma densidad.

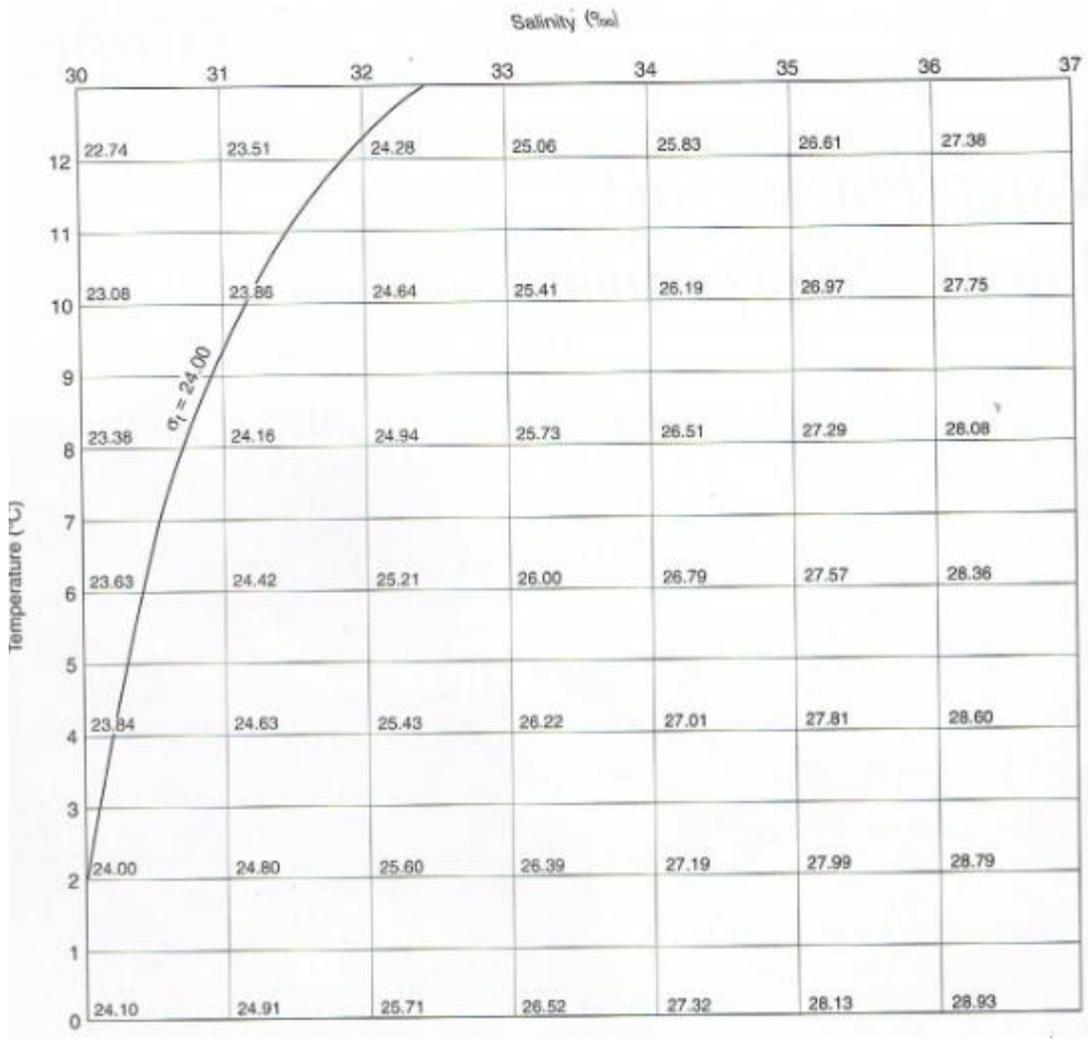


Figura 1. Diagrama de temperatura – salinidad mostrando valores de sigma t. Aquí el contorno es $\sigma_t = 24.0$

TABLE 8-1

Density factor, σ_t values for various temperatures and salinities

Temperature (°C)	Salinity (‰)						
	30	31	32	33	34	35	36
0	24.10	24.91	25.71	26.52	27.32	28.13	28.93
2	24.00	24.80	25.60	26.39	27.19	27.99	28.79
4	23.84	24.63	25.43	26.22	27.01	27.81	28.60
6	23.63	24.42	25.21	26.00	26.79	27.57	28.36
8	23.38	24.16	24.94	25.73	26.51	27.29	28.08
10	23.08	23.86	24.64	25.41	26.19	26.97	27.75
12	22.74	23.51	24.28	25.06	25.83	26.61	27.38

Determinantes de la densidad, y el factor de la densidad

La temperatura, salinidad y presión son los factores determinantes de la densidad, la cual es medida en gramos por centímetro cúbico. En tanto que la densidad del agua de mar es siempre mayor que 1.0 gramo por centímetro cúbico (la densidad del agua dulce), y nunca es mayor que 1.1 gramo por centímetro cúbico, es más conveniente utilizar un factor de densidad, simbolizado por el sigma griego y el subíndice " t ", σ_t . El factor de densidad más comúnmente utilizado toma en cuenta temperatura y salinidad pero ignora la presión, y se escribe como sigue:

$$\sigma_t = (\text{densidad} - 1) \times 1000$$

Así una muestra de agua de mar con una densidad de 1.02594 tendría un $\sigma_t = 25.94$. Note que la manipulación matemática involucrada en cambiar la densidad por σ_t es simplemente sacar el 1 y mover el punto decimal tres lugares a la derecha.

Diagramas Temperatura - Salinidad

Si nosotros plotamos los factores de densidad para una serie de combinaciones de temperatura y salinidad en un diagrama (T - S), nosotros vemos que los contornos de igual densidad, **isopicnas**, son líneas curvas (Fig. 1). Por ejemplo, agua con una salinidad de 32 y una temperatura de 10°C tiene un σ_t de 24.64 (densidad = 1.02464). Este valor ha sido plotado en el diagrama T-S de la figura 1, donde las líneas de 10°C y 32 se cruzan. Note la isopicna en la figura. Todos los puntos sobre la línea presentan un σ_t de 24.00; por ejemplo, esa línea cruza la temperatura de 12°C a una salinidad de cerca de 31.85. Así el tipo de agua con una temperatura de 12°C y una salinidad de 31.85 presenta un valor de σ_t de

24.00 (densidad = 1.0240 gramos por centímetro cúbico). La Tabla 1 brinda los valores de σ_t para un rango de temperatura y salinidad en condiciones que se encuentran comúnmente en el océano. Note que la densidad más alta, 1.02893 gramos por centímetro cúbico, es producida por el tipo de agua con la más alta salinidad, 36 y la más baja temperatura 0°C

De la figura 2, nosotros podemos ver que la mezcla de dos tipos de agua de la misma densidad, pero diferentes temperaturas y salinidades, producirá una masa de agua que es más densa que las dos que la originan. Este proceso de mezcla es conocido como caballing. En la figura, los tipos de agua A y B, los cuales tienen la misma densidad, se mezclan para formar la masa de agua C.

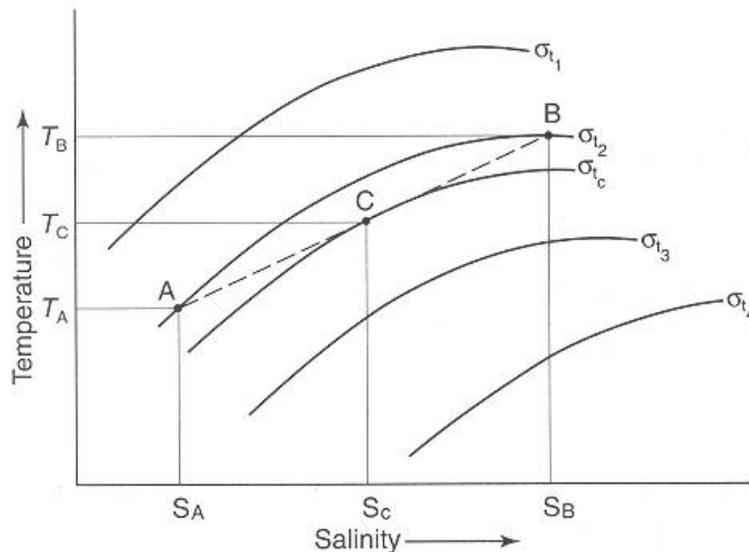


Figure 2. A temperature-salinity diagram showing the simple mixing of two water types, A and B, to form water mass C. Note that the density of C is greater than that of either of its end members A or B. The density increases from σ_{t_1} to σ_{t_4} .

En la figura, los tipos de agua A y B, los cuales tienen la misma densidad, se mezclan para formar la masa de agua C. Cuando se mezclan en cantidades iguales, $T_c = (T_A + T_B)/2$ y $S_c = (S_A + S_B)/2$ pero σ_t es mayor que $(\sigma_{tA} + \sigma_{tB})/2$, donde T es la temperatura, S la salinidad, y σ_t el factor de densidad. En general, la temperatura y salinidad que resultan de la mezcla de los tipos de agua pueden ser computadas con un simple promedio, mientras la densidad no. El caballing produce masas de agua intermedias (500 – 1500 metros) masas de agua profundas (1500 – 4000 metros), y masas de agua de fondo en los océanos. La figura 3 muestra esas masas de agua en el Atlántico Sur de la Antártida.

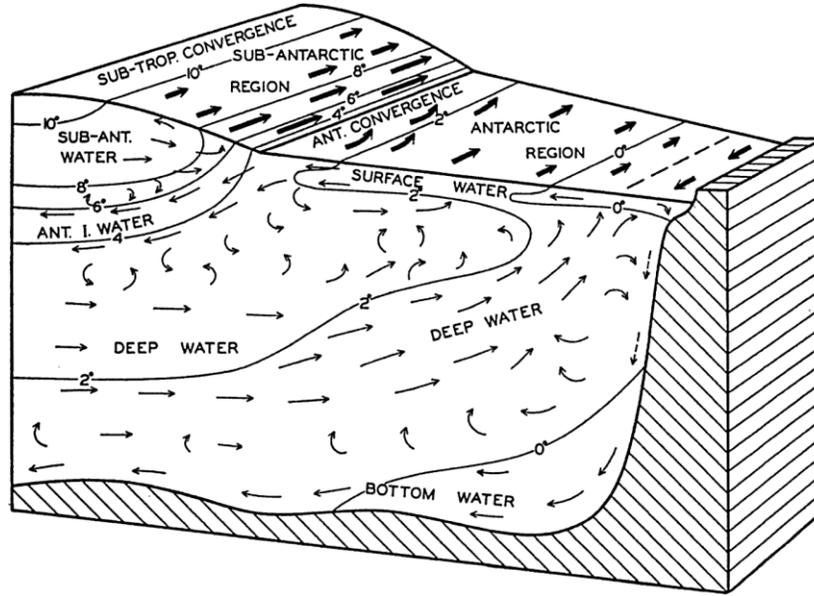


Figura 3. Corrientes termohalinas y superficiales alrededor de la Antártida. La formación del hielo cerca del continente Antártico causa que el agua de superficie sea fría y muy salada.

Masas de agua superficiales son formadas generalmente por interacción directa e intercambio entre el mar y el aire. Las diferentes masas de agua encontradas en el Atlántico Norte se listan en la Tabla 2.

TABLA 2.

Masas de agua en el Océano Atlántico Norte

Masas de Agua	Fuente	Características Identificadoras
Agua Antártica de fondo (AADW)	Mar de Wedell	Mínimo de temperatura en el fondo
Agua profunda del Atlántico Norte (NADW)	Cerca de Groenlandia	Máximo intermedio de salinidad debe mostrar máximo intermedio de temperatura, bajo contenido de Oxígeno en el Atlántico Sur.
Masas de agua de Superficie	Regional	Variable, generalmente cálida
Agua intermedia del Mediterráneo (MIW)	Mar Mediterráneo de Turquía	Alta salinidad y temperatura como lengua a profundidades Intermedias

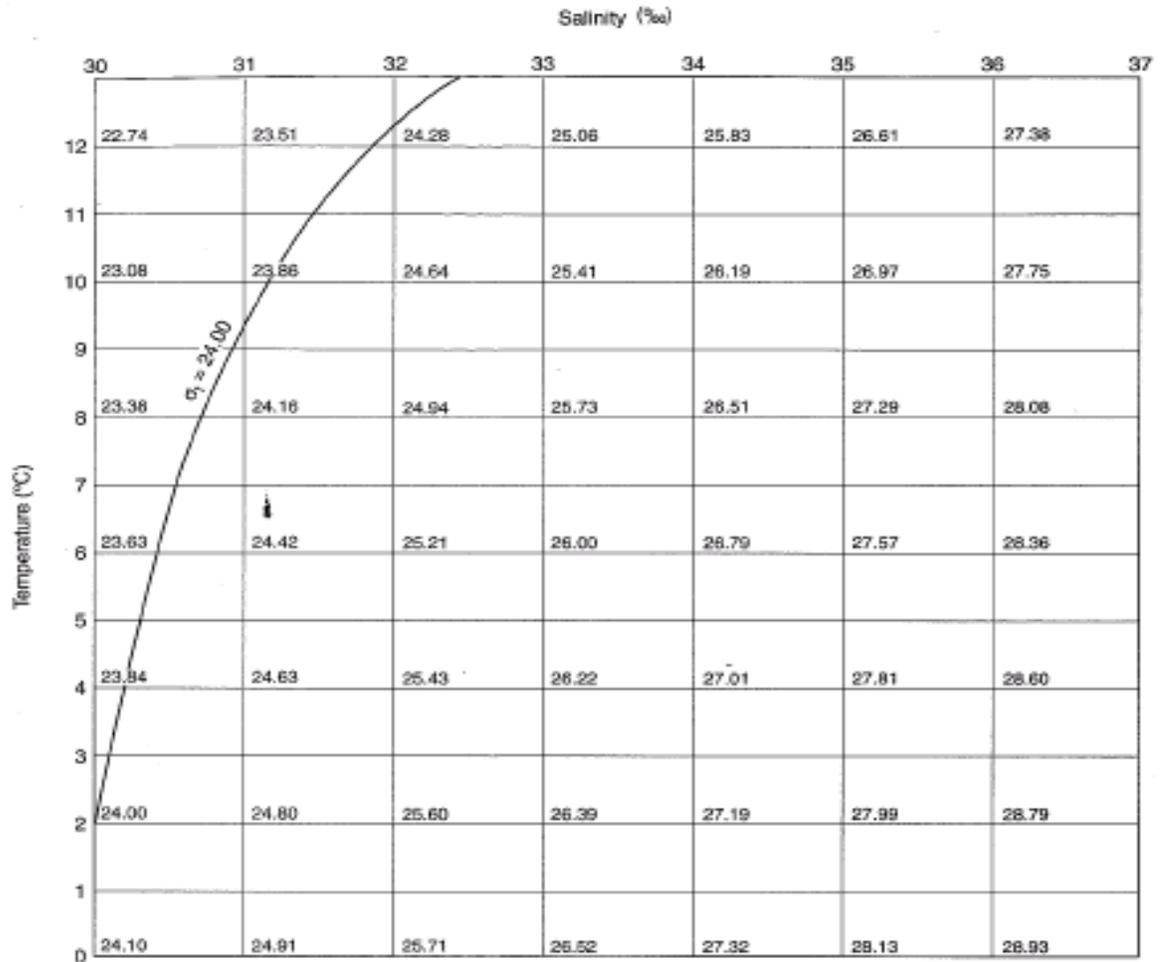
Cuando usted plotea los valores de T-S de una estación real de medición (como en la pregunta 4), notará que se encuentran en una posición estable relativa una a otra porque sus densidades se incrementan a medida que vamos más profundamente en la columna de agua. El grado relativo de estabilidad se muestra en un diagrama T-S por el ángulo que la

curva T-S hace con los contornos de densidad. Si las curvas cortan a lo largo de las líneas de igual densidad en ángulos grandes, la columna de agua cambia de densidad rápidamente. Esto significa que cambios pequeños en la densidad no causará que el agua se hunda o aflore en una gran distancia, y que la columna de agua sea estable. Si las curvas son con ángulos muy pequeños con el contorno de la densidad, entonces el agua cambiara su densidad solamente poco con el incremento de la profundidad, entonces cambios pequeños en la temperatura y salinidad (densidad) causará que el agua se mueva a diferentes profundidades rápidamente.

Además un diagrama T-S en un área del océano bien conocida puede utilizarse para corregir o encontrar errores en puntos de datos. Los datos incorrectos aparecerán como puntos aislados en los diagramas, fuera de las áreas en las cuales las condiciones del agua se encuentran usualmente.

EJERCICIOS

1. Abajo aparece un duplicado de la figura 1 en la que se graficó el valor 24,00 de σ_t . Grafica los valores de $\sigma_t = 25$ y $\sigma_t = 28$ en el diagrama T-S. Tendrás que aproximar σ_t entre los listados para las líneas de temperatura y salinidad.



2. En el contorno 25,00 dibuja un tipo de agua A donde la isopicna (contorno de densidad) cruza la línea de salinidad 33,00, y un tipo de agua B en a que la isopicna cruza la línea de temperatura de 3°C. Marca un punto en el medio de esta línea de mezcla. Nota que cae hacia abajo y hacia la derecha del contorno 25,00 σ_t y que por lo tanto, es más densa. Este punto medio muestra la temperatura y la salinidad de un agua producto de una mezcla 50/50 de los tipos A y B y por tanto la masa de agua que se formaría de dicha mezcla teórica.
 - a- ¿Cuál es el rango de temperatura y salinidad que definen la masa de agua producida por la mezcla de los tipos de agua A y B en cualquier proporción?
 - b- ¿Cuál es la densidad de la mezcla 50/50 de los tipos de agua A y B?
 - c- ¿Cuál es la temperatura de la mezcla 50/50 de los tipos de agua A y B?

d- ¿Cuál es la salinidad de la mezcla 50/50 de los tipos de agua A y B?

3. La siguiente tabla lista datos de temperatura y salinidad de una estación oceanográfica en el Pacífico Este. Grafica estos datos de temperatura y salinidad en el diagrama TS de la pregunta 1 y conecta los puntos con líneas rectas.

Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ppm)
0	9.1	32.4
10	9.1	32.4
20	9.1	32.5
50	9.1	32.5
100	8.2	33.6
200	7.1	33.9
300	6.2	34.0
400	5.5	34.1

- a- ¿Qué tan profunda es la capa de mezcla y qué porción de la curva corresponde al agua más estable? Utiliza la tabla y tu gráfica
- b- Señale la parte de la curva donde la masa de agua es mas estable.

4. Los siguientes son datos oceanográficos de una estación típica en Atlántico Norte a una latitud de 20°N.

Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ppm)
100	16.0	36.1
200	13.0	35.7
400	11.0	35.4
500	9.0	35.3
600	8.0	35.2
850	11.8	36.9
950	11.2	36.6
1200	9.9	36.3
2000	4.0	35.0
2200	3.5	34.9
2500	2.0	34.8
3000	0.0	34.7
4000	-1.2	34.6
5000	-1.9	34.5

Tabla 2. Características de las principales masas de agua del Atlántico Norte

Masa de agua	Fuente	Características identificatorias
Agua Antártica de Fondo (AABW)	Mar de Weddell	Mínimo de temperatura de fondo
Agua Profunda del Atlántico Norte (NADW)	Alrededores de Groenlandia	Máximo intermedio de salinidad, bajo contenido de oxígeno en el Atlántico

		Sur
Aguas superficiales	Regional	Variable, generalmente cálidas
Agua Intermedia Mediterránea (MIW)	Mar Mediterráneo	Alta salinidad y lengua de temperatura a profundidades intermedias

Grafica los datos en el diagrama TS en blanco y dibuja una línea de conexión en orden de profundidad. Usando los parámetros diagnósticos de la tabla 2 (masas de agua del Atlántico Norte) nombra las principales masas de agua representadas en el diagrama. Encierra los dos puntos de alta salinidad en profundidad.

