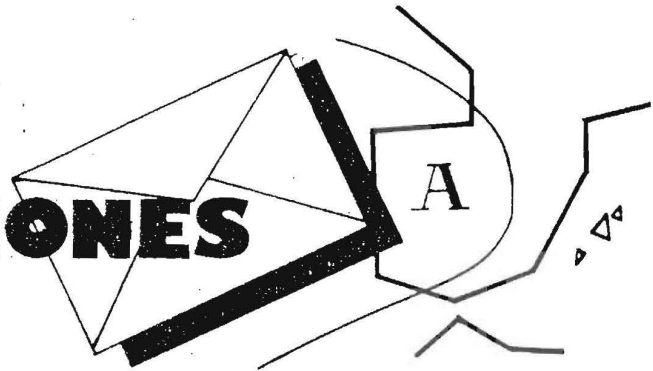


COLABORACIONES



INFLUENCIAS MUTUAS ATMOSFERA—OCEANO

Marfano VICENTE JORDANA
Meteorólogo

Las Influencias océano \rightleftharpoons clima (mar \rightleftharpoons atmósfera) son importantísimas. No obstante, hasta ahora se conoce poco de su interacción y ello casi sólo en plan cualitativo. Se ha realizado un resumen que consideramos de interés profesional. Se enfoca el problema desde tres puntos de vista:

- a). Observación, para obtención de datos básicos sobre los que apoyar estructura y comportamiento de océanos y atmósfera. En cuanto a la atmósfera se poseen datos de superficie de los últimos cien años que también se amplian con datos de radiosondas y satélites meteorológicos. En cambio, los océanos permanecen casi inéditos a la observación; ahora empiezan a coleccionarse datos de los mares.
- b). Teorías del clima, bien sean conceptuales o empíricas. Deben someterse a comprobaciones para ver como encajan los fenómenos observados.
- c). Modelos matemáticos, apoyados en las ecuaciones dinámicas de atmósfera y océano. Esto se halla bastante desarrollado para la atmósfera y poco para los océanos.

Los sistemas climáticos

En el comportamiento de la atmósfera y del océano influyen mucho los hielos (sobre mar o tierra). Así aparece un sistema climático atmósfera-océano-tierra, con sus procesos internos (intercambio de calor - vientos -

precipitación y evaporación - hielos - nubes) y sus procesos externos (radiación solar - albedo - vegetación - salinidad de océanos - cambios de composición de la atmósfera).

La atmósfera es el componente de más rápida respuesta (en meses o a lo más un año se adapta a las condiciones externas). En cambio, el océano es muy lento en sus respuestas (en función de la profundidad de sus aguas puede transcurrir más de un siglo para su readaptación). Las respuestas de los casquetes polares son aún mayores (en Antártida y Groenlandia hay hielos polares desde hace millones de años).

No se puede considerar el clima de la Tierra como un verdadero estado de equilibrio. Por ello, la representación del clima como una estadística del tiempo atmosférico requiere una cuidadosa selección del periodo cronológico a considerar (el periodo de 30 años no es aprovechable ni válido en ocasiones).

Atmósfera y océano se intercambian a través de la superficie ("piel" - del mar), calor, vapor de agua y energías. (Ver fig. 1). Hay que considerar las diferencias físicas entre océano y atmósfera y entonces destaca el gran papel del océano, a saber: está limitado lateral y verticalmente, es un almacén de calor, es un abastecedor de vapor, la densidad de sus aguas cambia con la salinidad y temperatura, etc.. La capacidad calorífica del océano, debido al calor específico del agua, es cien veces la de la atmósfera. El impulso total del océano es varias veces el de la atmósfera, aunque las corrientes de agua se muevan más lentamente que el viento atmosférico.

Debemos destacar que la atmósfera se caldea "por abajo" por radiación de onda larga desde los suelos y calor latente de condensación en la formación de nubes; en cambio, el océano se calienta "por arriba", por absorción de la radiación solar y transmisión hacia abajo de ese calor sensible. La inestabilidad convectiva vertical es acusada en la atmósfera (el aire cálido sube rápido) y poca en el océano (el agua cálida baja poco). En cambio, el aire frío es más estable que el mar frío en la superficie de intercambio aire-agua.

El papel del océano como regulador térmico en el sistema global climático es muy destacado. Así, 1°C de subida media en la atmósfera quedaría equilibrado por un cambio en la temperatura del océano de tan sólo 0'001°C, (pero ello queda fuera de nuestras posibilidades actuales de medida).

Actualmente se sabe que en el almacenamiento de energía para un sistema climático los océanos son tan efectivos como lo es la atmósfera en el transporte de calor hacia los polos.

Hoy por hoy, no existe un sistema único que englobe el total atmósfera-océanos-continentes. A obtener datos al respecto tienden los experimentos del GARP. Actualmente los meteorólogos tratan la variación temporal de la atmósfera suponiendo de carácter constante la superficie del mar. Los oceanógrafos diseñan el comportamiento de corrientes marinas suponiendo preestablecidos los flujos medios de la atmósfera. Y ambas cosas no son ciertas

Modelos físico-matemáticos de la circulación general.

Son muy simplistas en la atmósfera y los océanos; se apoyan en ecuaciones dinámicas (horizontales y verticales), transporte de calor (termodinámica) y condición de contorno y albedo de superficie.

Se podrían resumir así:

Atmósfera: Velocidad horizontal, temperatura, presión, contenido de vapor de agua en el aire y condensación.

Océano: Velocidad de corrientes, temperatura, presión y salinidad del agua y densidad.

En modelos matemáticos más sofisticados se trata de incluir como un todo global la circulación general atmósfera-océanos, a base de distribución simulada y medidas en el transcurso del tiempo.

Los modelos de predicción para la atmósfera son más realistas en cuanto a temperatura mensual, viento y presión. La nubosidad y la precipitación (en ocasiones asociadas a procesos convectivos) son más difíciles de parametrizar. Los resultados prácticos obtenidos son, sin embargo, bastante buenos para reflejar los climas estacionales y los balances caloríficos. Ello puede ser importante para predicciones a largo plazo del cambio climático.

Para el océano los modelos son más difíciles. A fin de que puedan reflejar la estructura y circulación de las aguas del mar, se tiene en cuenta la capa de intercambio con la circulación atmosférica en la superficie del agua, las zonas tropicales, las costas y la estructura asociada de termoclinas.

Los modelos conjuntos océano-atmósfera se hallan ahora en sus comienzos.

Modelos de cambio climático.

Se podrían adoptar varios criterios:

- 1). Considerar el clima como el tiempo medio de una región (observación de 30 años, por ejemplo). Además, otros parámetros estadísticos que perm

tan extrapolaciones al futuro, tal como la varianza.

- 2). Considerar el estado climático del sistema en global como en función de atmósfera, océanos, campos de hielo, continentes, ..., considerando la variación climática como diferencia entre dos estados climáticos específicos para periodos de tiempo fijados, en forma anual, estacional, etc.

Los cambios de temperatura en la superficie del mar son bastante importantes a escala temporal y afectan a la formación de un estrato húmedo sobre la superficie de las aguas. Los grandes remolinos de lento movimiento en el seno de los océanos (una especie de réplica a las ondas de Rossby en la atmósfera) son también importantes y asequibles de introducir en modelos simulados.

Necesidades para el futuro.

El diseño de modelos físico-matemáticos a introducir en el ordenador y la mejora de los métodos de observación mediante satélites artificiales -- permitirá en el futuro tener datos directos y calculados de un gran valor.

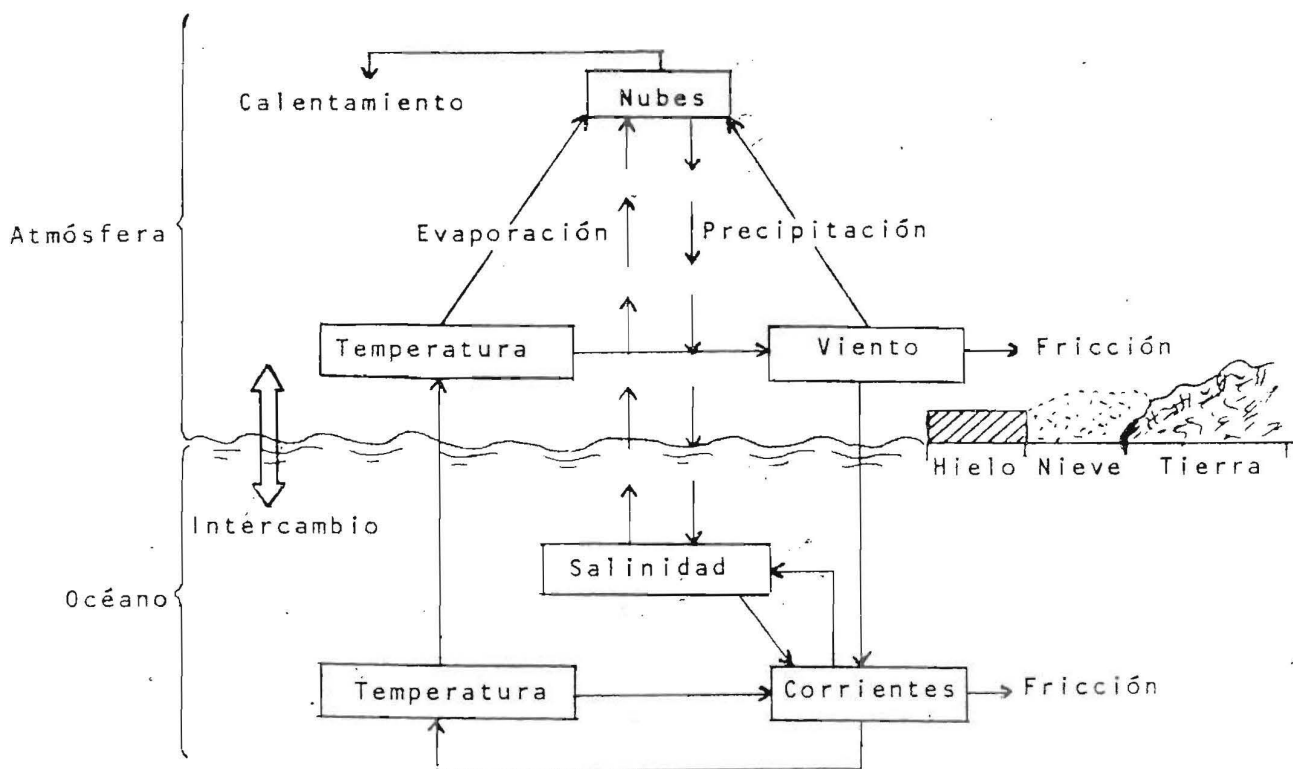


Fig. 1.- Componentes físicos principales para el mantenimiento del clima en el sistema atmósfera-océano.

Volviendo la vista atrás y comparando con lo que se tenía en la década de los cuarenta, los avances técnicos han sido gigantescos. El reto del futuro es encontrar sofisticados modelos de simulación y un gran acopio de datos de los océanos, entre ellos el contenido de calor del estrato superficial y el calor transportado por las corrientes oceánicas. Y en ese punto nos hallamos...

