

Introducción a la Meteorología y la Oceanografía aplicadas al Surf



3. Generación de las olas

Generación de las olas

1. **Las teorías de Miles y Phillips**
2. **Generación de olas capilares en un mar plano**
3. **Generación de olas de gravedad**
4. **Crecimiento lineal y exponencial. Saturación**
5. **Límites al crecimiento de las olas**
6. **Modelos numéricos de predicción de oleaje: WAM y WW3**
7. **Anexo: La ecuación de balance de acción (Action balance equation)**

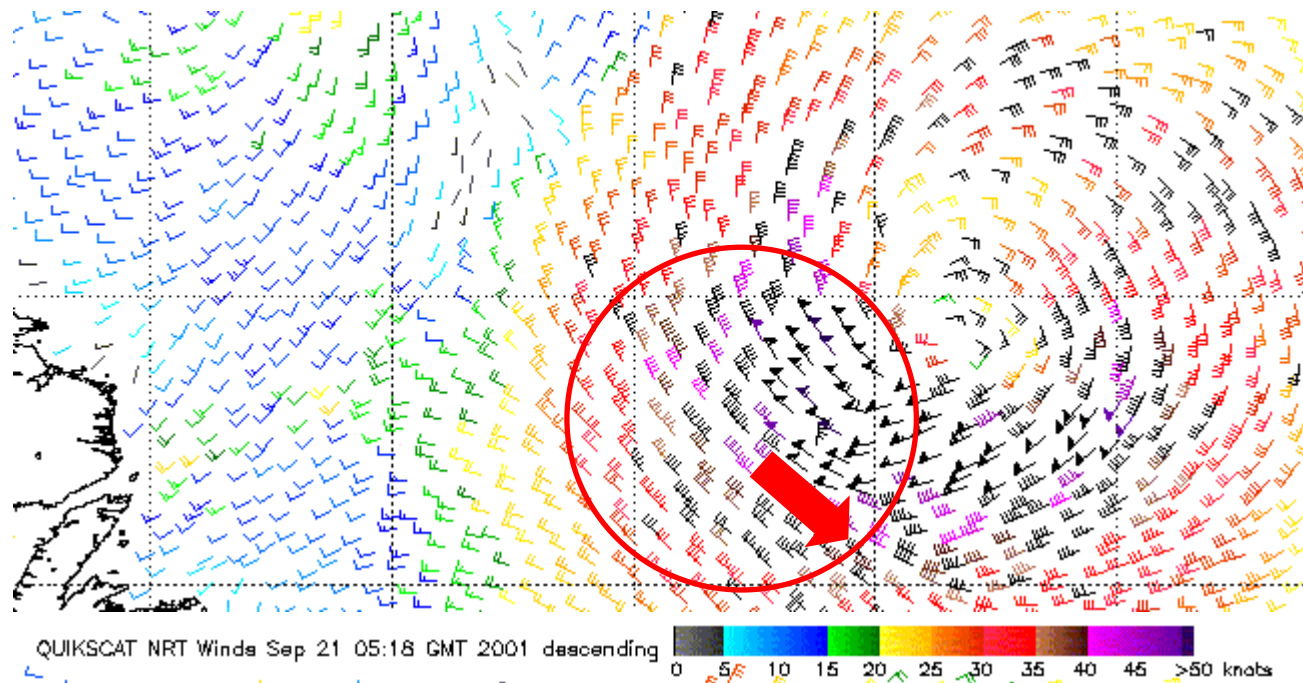
Generación de las olas: introducción

En el tema anterior vimos que:

Borrascas de latitudes medias → son “generadores de olas”

Energía del viento → Energía de las olas

Transferencia de energía
de un medio a otro



Teorías de Miles y Phillips

Miles y Phillips desarrollaron sus teorías alrededor de 1957

Proponen **2 mecanismos fundamentales** para la formación de las olas:

Fase 1: aparecen olas muy pequeñas (**capilares**) a partir de un mar plano

Fase 2: crecimiento de olas y se convierten en **olas de gravedad**

En la fase 2 las olas siguen creciendo hasta alcanzar un máximo teórico

Este máximo teórico se ha verificado recientemente que puede superarse por mucho en casos especiales (interacción de swell con corrientes, transferencia no lineal, etc)

Teorías de Miles y Phillips: Fase 1 Olas capilares

El viento no sopla únicamente en horizontal todo el tiempo

Sopla en todas direcciones de forma **aleatoria**



Este es el **mecanismo básico y fundamental** de generación
Sin esto no tendríamos las olas más grandes que se forman
después

Fase 1: Olas capilares

En el movimiento aleatorio del aire se forman pequeños “**vórtices**” o **tornados**



Los vórtices **siguen** durante unos instantes **a las ondulaciones**



Al seguirlas **las hacen crecer** un poco más

- El crecimiento en este mecanismo es **LINEAL**
- Olas del orden de algunos centímetros
- Fuerza restauradora: tensión superficial del fluido

Fase 2: Olas de gravedad

Las olas capilares modifican el flujo de aire en la superficie



Los vórtices se transforman en “**turbulent eddies**” (remolinos)



Se establece una **realimentación positiva** entre los eddies y las olas

- El crecimiento en este mecanismo es **EXPONENCIAL** (+ rápido que en las olas capilares)
- Fuerza restauradora: Gravedad

Fase 2: Olas de gravedad

Realimentación positiva

Una vez que la ola empieza a modificar el campo de viento



Cuanto más grande la ola, más presión hay en la parte trasera de la ola (líneas de corriente del viento más juntas)



más succión en la parte delantera, lo cual hace crecer la ola todavía más rápido

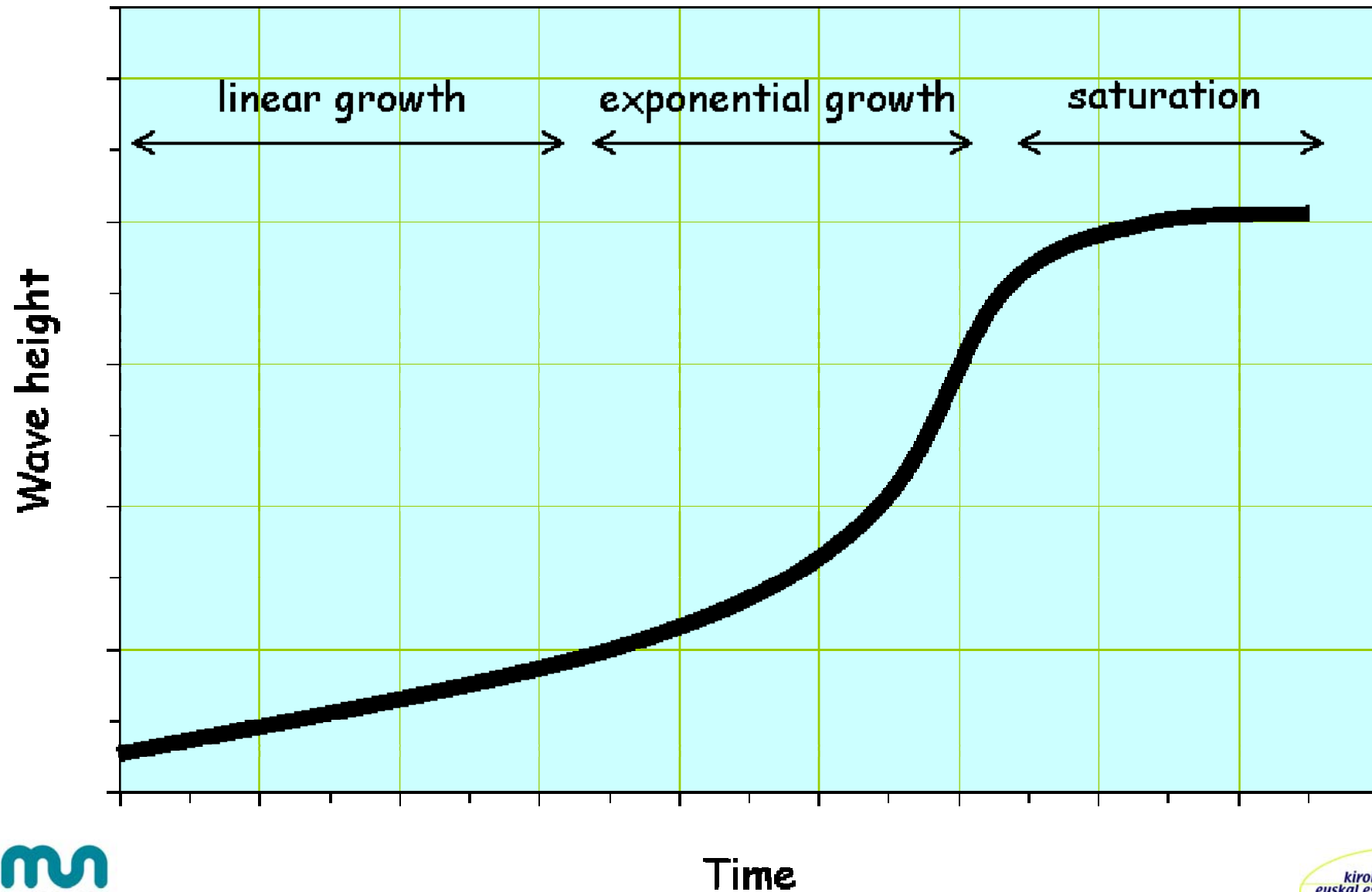
Fase 2: Olas de gravedad

Diferencia con las olas capilares:

- Los **eddies van asociados a las olas** (ya no son totalmente aleatorios)
- **Crecimiento exponencial**: cuanto más grandes son las olas, más rápido crecen


Por medio de este mecanismo las olas van creciendo hasta que se alcanza un **LIMITE**

Crecimiento lineal y exponencial



Límites al crecimiento de las olas

A partir de cierta altura de las olas:

- 1) Equilibrio: **viento**  **gravedad**
- 2) Energía se disipa en el **Whitecapping** (borreguillos)

¿Cuál sería el **tamaño máximo teórico**?

Si el fetch y la duración fueran **ilimitados**



Mar totalmente desarrollado con Hs máxima para la fuerza de viento que haya (Saturación)

Límites al crecimiento de las olas

Pero **si el viento para** antes de Hs máxima (duración limitada)

O el **fetch es pequeño** (limitado)



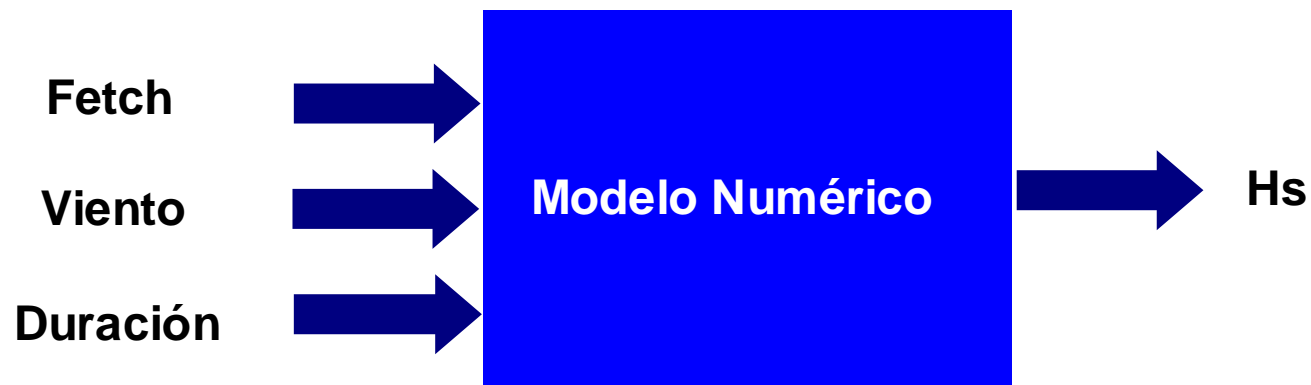
Las olas nunca alcanzaran el tamaño máximo

Nota: Fetch = área generadora de oleaje sobre la que sopla el viento en una dirección aproximadamente constante

Modelos numéricos de predicción de oleaje

Primeros modelos: Munk y colegas (años 40) Modelo empírico (SMB)

Relacionaban la altura del oleaje con el fetch, la fuerza del viento y la duración



Modelos numéricos de predicción de oleaje (Modelos de 1ª generación)

Posteriormente: al aplicar las teorías de Miles y Phillips (finales 50s)



Se obtiene la **Ecuación de balance de acción**
(tiene en cuenta rozamiento, whitecapping, etc)



Modelo WAM 1G (1ª generación)

Modelos numéricos de predicción de oleaje (Modelos de 2ª generación)

Años 60: trabajo de Klaus Hasselmann



Se incorpora el término de transferencia no lineal de energía entre las olas a la **Ecuación de balance de acción**



Modelo WAM 2G (2ª generación)

Mientras tanto los PC's evolucionan y se hacen más potentes

Modelos numéricos de predicción de oleaje (Modelos de 3ª generación)

Experimento **JONSWAP** (Mar del Norte, 1973)



Se descubre que la **distribución de Hs** es prácticamente la misma en cualquier mar de viento en desarrollo

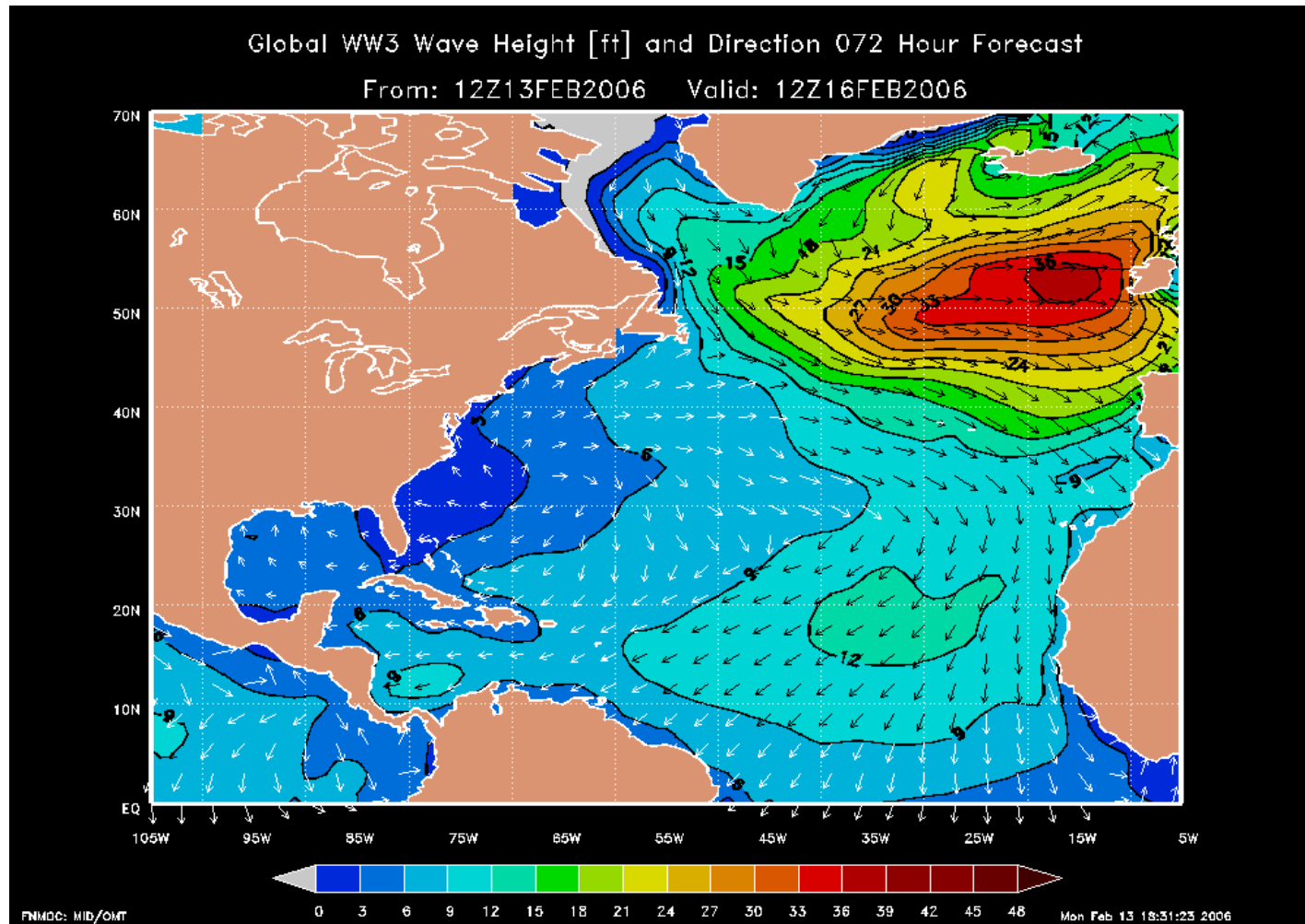


Modelo WAM 3G (3ª generación)
Modelo Wavewatch III (3ª generación)

Ambos modelos integran la Ecuación de balance de acción

Modelos numéricos de predicción de oleaje (Modelos de 3ª generación)

Ejemplos mapas de olas: Modelo WW3 (FNOC)



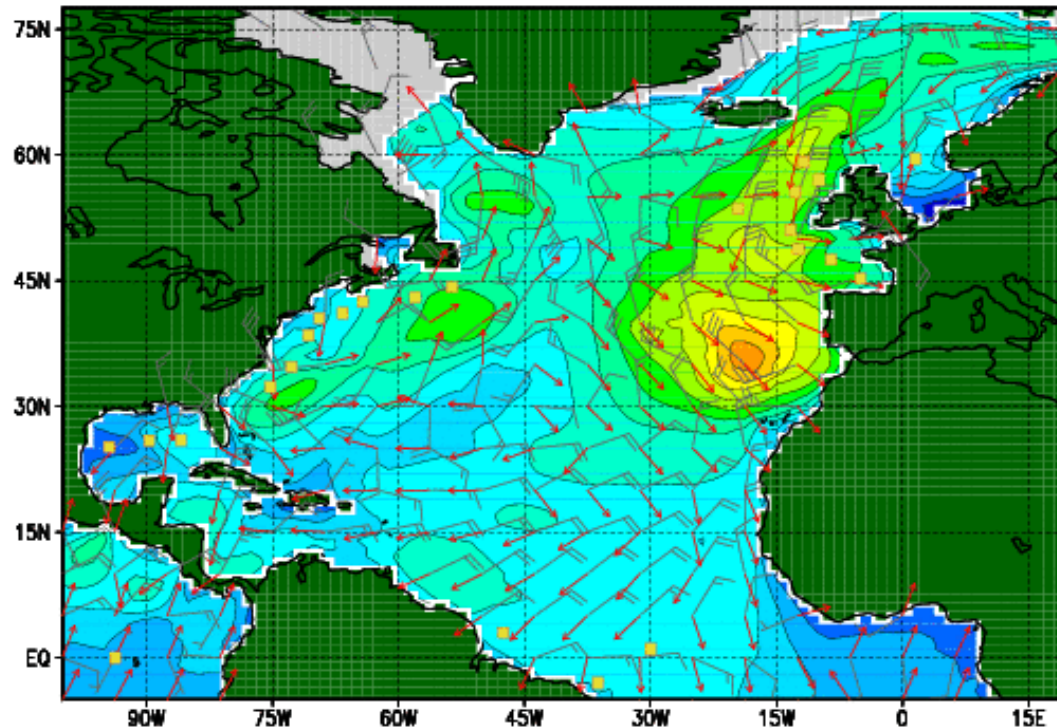
Modelos numéricos de predicción de oleaje (Modelos de 3ª generación)

Ejemplos mapas de olas: Modelo WW3 (NOAA)

NWW3 20090204 t12z 12h forecast

Global 1.25x1 degree model

valid 2009/02/05 00z



wave height (shaded, m), wind speed (barbs, knots)
and peak direction (vector, not scaled)

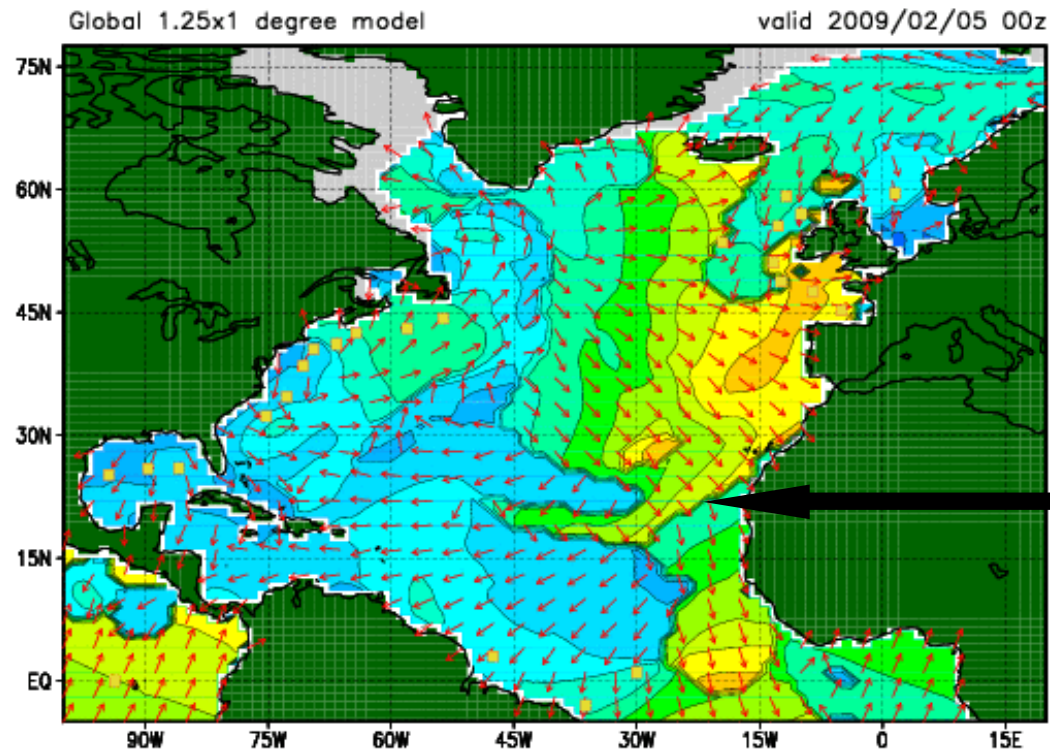
NOAA/NWS/NCEP Marine Modeling and Analysis Branch, 2009/02/04



Modelos numéricos de predicción de oleaje (Modelos de 3ª generación)

Ejemplos mapas de olas: Modelo WW3 (NOAA), periodo y frente del Swell

NW3 20090204 t12z 12h forecast



Frente del Swell
(cambio de periodo)

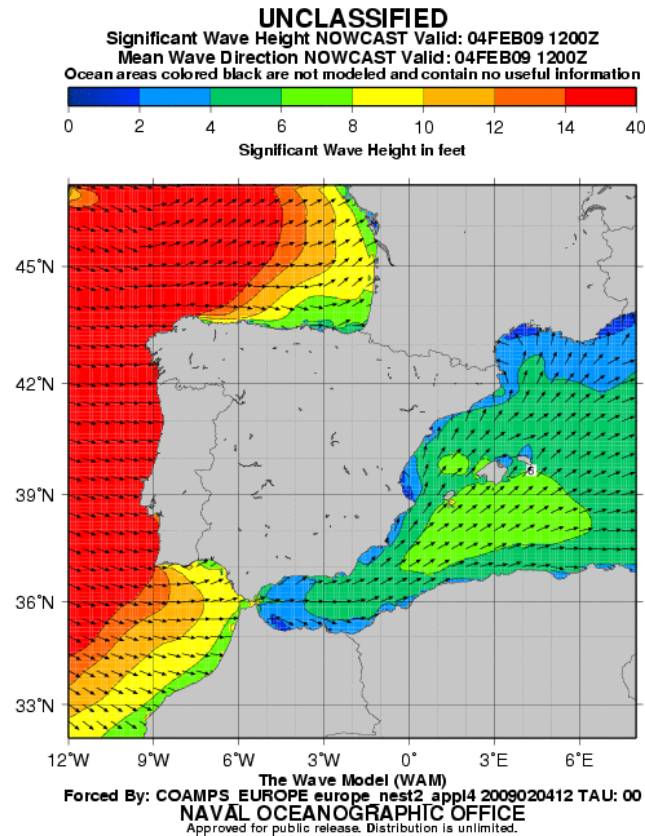
peak wave period (shaded, s) and direction (vector, not scaled)

NOAA/NWS/NCEP Marine Modeling and Analysis Branch, 2009/02/04



Modelos numéricos de predicción de oleaje (Modelos de 3ª generación)

Ejemplos mapas de olas: Modelo WAM (NAVO)



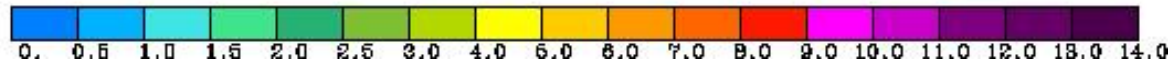
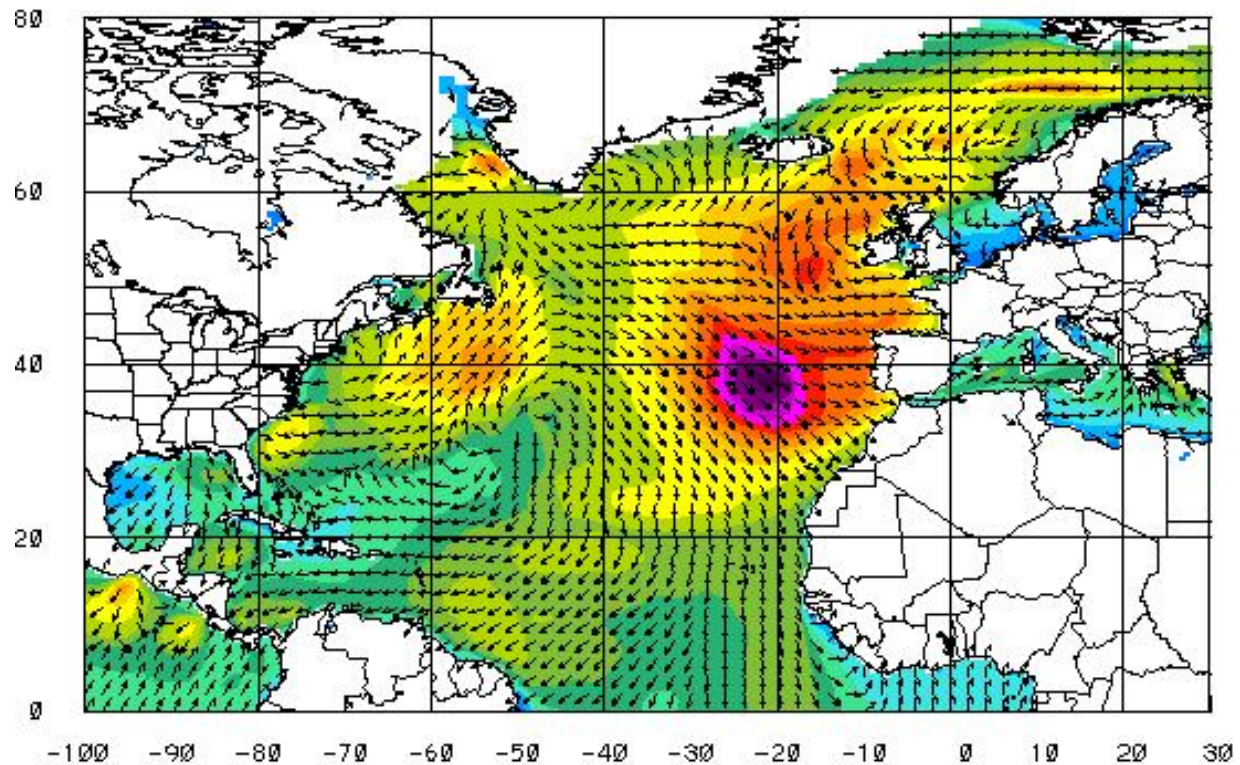
Modelos numéricos de predicción de oleaje (Modelos de 3ª generación)

Ejemplos mapas de olas: Modelo WAM ciclo 4 (Univ.of Athens)

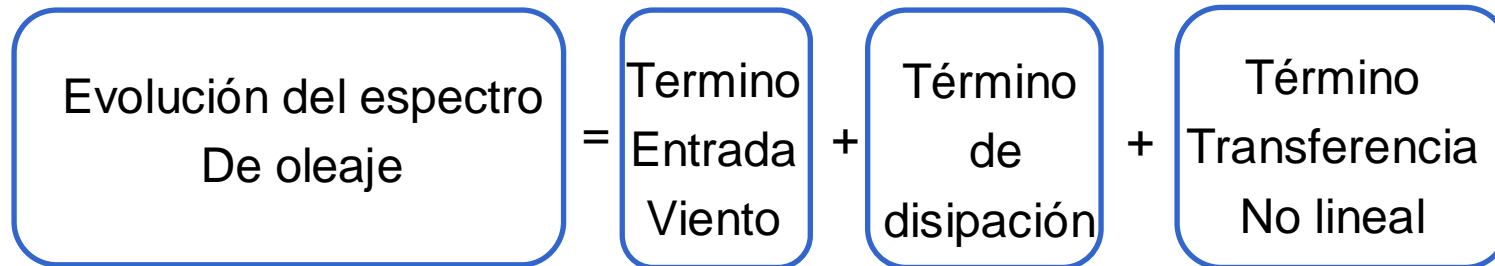
UOA[AM&WFG]

4/ 2/2009 at 15 UTC

Significant wave height(m) and direction



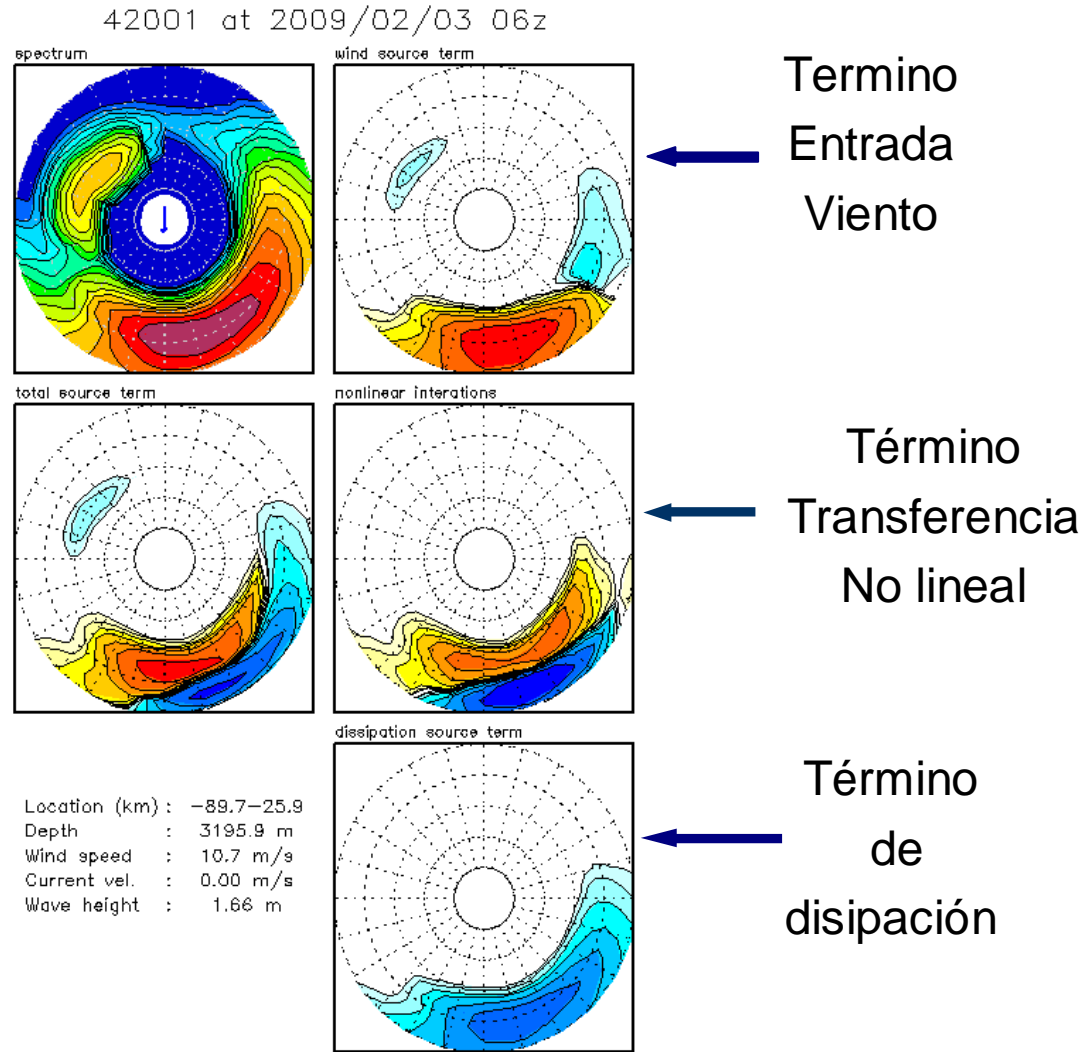
Anexo: Ecuación de balance de acción



Los modelos de predicción resuelven esta ecuación teniendo en cuenta los 3 términos:

- Energía incorporada a través del viento
- Energía disipada por Whitecapping, viento en dirección opuesta, etc
- Transferencia no lineal de energía entre las olas

Anexo: Ecuación de balance de acción



NOAA/NWS/NCEP Marine Modeling and Analysis Branch, 2009/02/03
Multi-grid Wave model (static grids)