

Modelización del movimiento de manchas de petróleo en mar abierto

Aplicación al caso del hundimiento del Oleg Naydenov y de su impacto en las costas de las Islas Canarias y África

Ubay Casanova Blancas

Trabajo Fin de Máster
Máster en Ingeniería Matemática, UCM

Directores:
Benjamín Ivorra
Ángel Manuel Ramos

Índice

- Introducción
 - Contexto
 - El pesquero Oleg Naydenov
 - Objetivos
- Modelo general
 - Modelo particularizado para el Oleg Naydenov
 - Solución numérica
- Experimentos numéricos
 - Validación del modelo
 - Posición de hundimiento del barco
 - Extensión del mallado a las costas africanas
- Conclusiones

Introducción

- Contexto

- Prestige, 2002
 - 20M de galones de petróleo
 - 12.000M de euros para regenerar la zona



- Método de limpieza: barcos de bombeo



Introducción

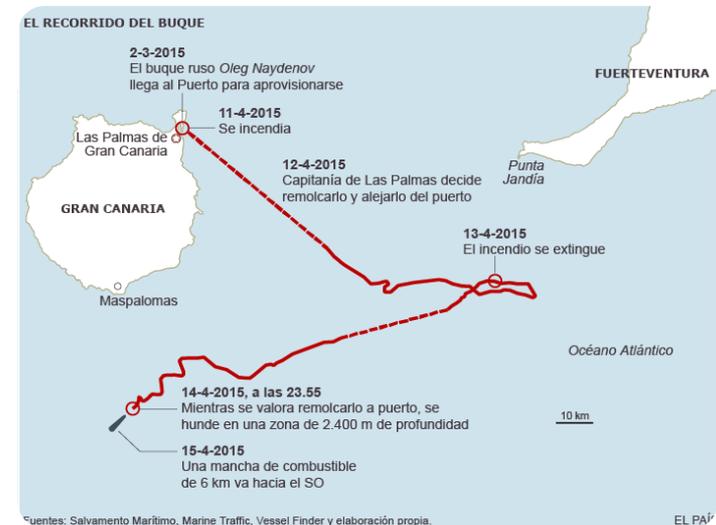
- El pesquero Oleg Naydenov

- 120 metros de eslora
- 370.000 galones de petróleo
- Tripulación de 72 personas



- Fechas

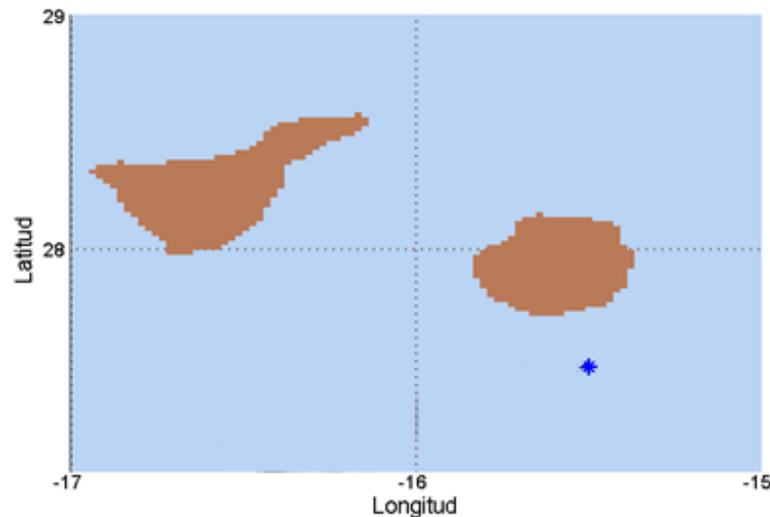
- 11 de abril comienza a incendiarse
- 13 de abril se extingue el incendio
- 14 de abril se hunde al sur de GC



Introducción

● Objetivos

- Validar el modelo propuesto utilizando el caso del derrame del Oleg Naydenov
- Simular diferentes posiciones de hundimiento del barco
- Extender el área de estudio a África



Modelo general

- Modelo de difusión-advección-reacción
 - Parte difusiva: dispersión de las especies involucradas en el proceso a lo largo del dominio físico del problema
 - Parte advectiva: el movimiento del contaminante debido a campos de velocidad
 - Parte reactiva: generación o absorción del contaminante

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} - \underbrace{\vec{\nabla} \cdot k \vec{\nabla}(\phi)}_{\text{Parte difusiva}} + \underbrace{\vec{u} \cdot \vec{\nabla}}_{\text{Parte advectiva}} = \underbrace{-s\phi}_{\text{Parte reactiva}}$$

Modelo general

- Modelo particularizado para el Oleg Naydenov
 - Tiene variaciones respecto al modelo general
 - No se han encontrado referencia de barcos de bombeo ($Q=0$)
 - 33 días después del hundimiento se bloquea la principal fuga de vertido del pesquero Oleg Naydenov mediante un cofre de acero

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial c}{\partial t} - \nabla \cdot \frac{c^\kappa}{c_{\text{ref}}^\kappa} \mathbf{d} \nabla c + \nabla \cdot c \mathbf{w} + \nabla \cdot c \mathbf{s} = \frac{S}{2\pi R_S} \chi_{B(\zeta(t), R_s)}, \quad \text{in } \Omega \times (0, T), \\ L \frac{\partial c}{\partial t} + \left[-(\mathbf{w} + \mathbf{s})c + \frac{c^\kappa}{c_{\text{ref}}^\kappa} \mathbf{d} \nabla c \right] \cdot \mathbf{n} = 0, \quad \text{on } \partial\Omega_o \times (0, T) \\ \left(\frac{c^\kappa}{c_{\text{ref}}^\kappa} \mathbf{d} \nabla c \right) \cdot \mathbf{n} = 0, \quad \text{on } \partial\Omega_c \times (0, T) \\ c(0) = c_0, \end{array} \right.$$

- Solución numérica
 - Método de volúmenes finitos con limitadores de flujo (superbee)
 - Condición CFL
 - Euler explícito

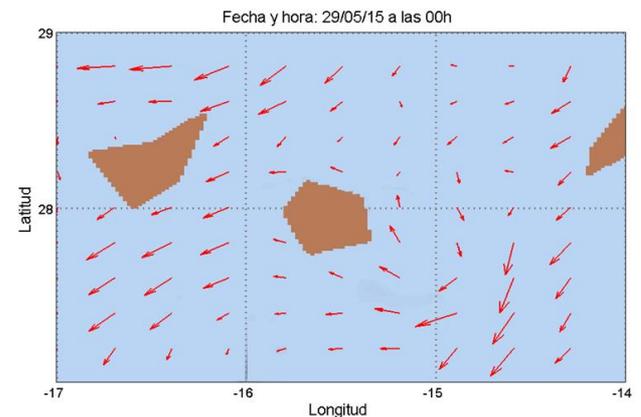
Experimentos numéricos

- Parámetros comunes a todos los experimentos
 - Coeficiente de difusión, $d = 0,5 \text{ m/s}$.
 - Coeficiente no lineal, $\kappa = 1$. Depende del tipo de petróleo
 - Factores de arrastre: 0.022 para el viento y 1 para las mareas
 - Máximo paso de tiempo: hora y media.
 - Fuga de petróleo, $S(t) = 7,5 \text{ l/s}$, los primeros 33 días, 0 para el resto.
 - $T = 45$ días.
 - Datos de vientos y mareas obtenidos de mercator-ocean.fr



Experimentos numéricos

- Validación del modelo
 - Poca información del derrame en los medios
 - Imágenes de satélites
 - Las imágenes rádar necesitan de unas condiciones y un procesado para diferenciar el vertido del mar
 - Componente del viento en la zona predominante con dirección noreste



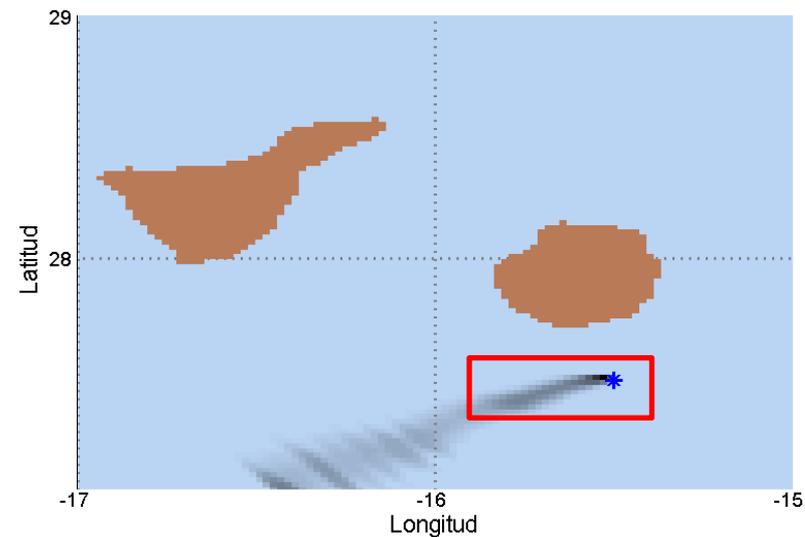
Experimentos numéricos

- Validación del modelo, 18 de abril.
 - Malla cuadrada de 100 x 100
 - $\Omega \subset [-17, -15] \times [27, 29]$ en coordenadas longitud-latitud
 - Posición del barco [-15.5 27.5]

NASA WorldWide



Simulación



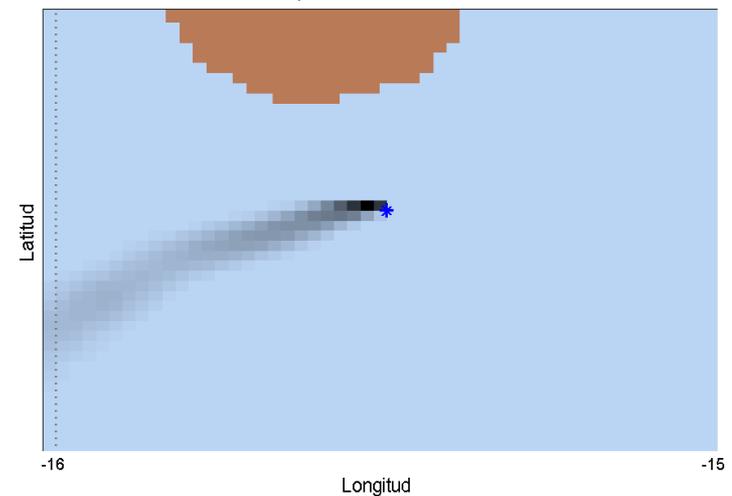
Experimentos numéricos

- Validación del modelo, 22 de abril.
 - Imagen radar de alta resolución. Necesita un procesamiento posterior para diferenciar el vertido del mar
 - En esta fecha todavía se seguía derramando petróleo

IOCAG (ULPGC)

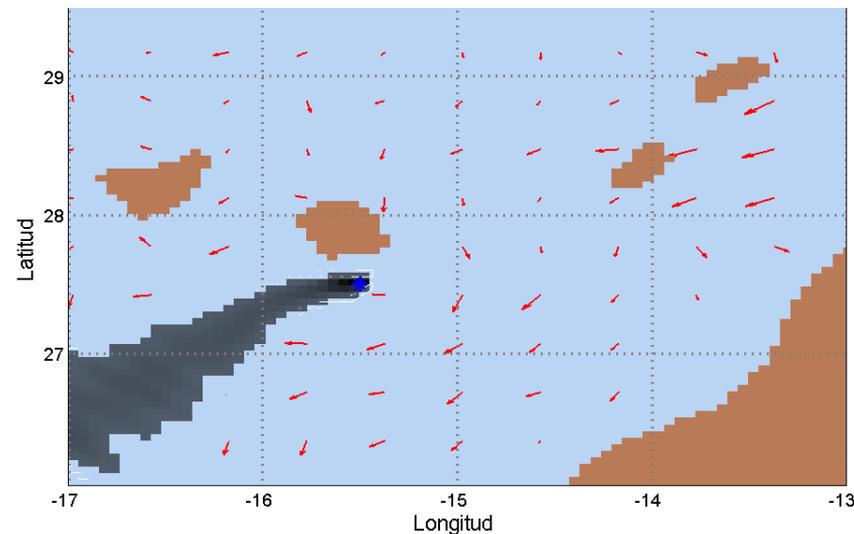


Simulación



Experimentos numéricos

- Validación del modelo, 23 de abril.
 - Se reportan las primeras manchas de petróleo en la costa, en las playas del sur de Gran Canaria
 - Se verifica en el modelo que el vertido está muy cercano a la costa



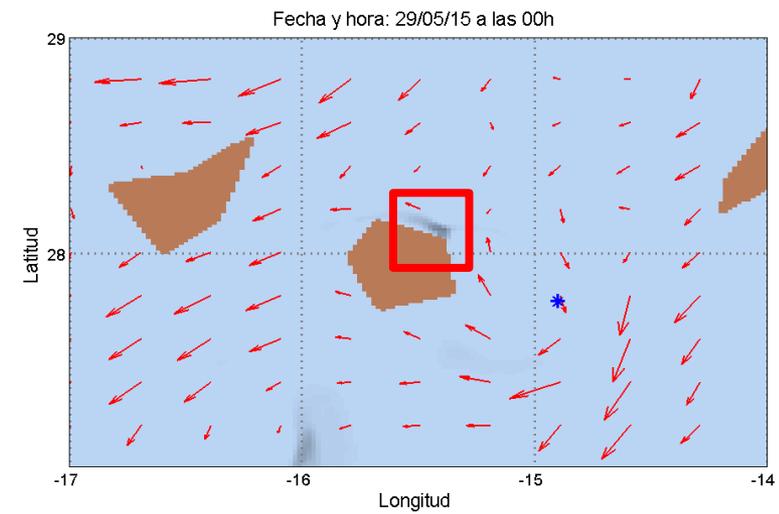
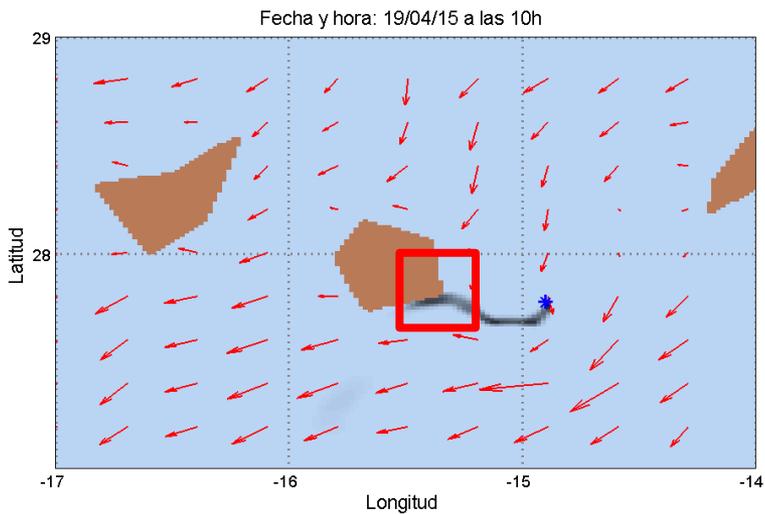
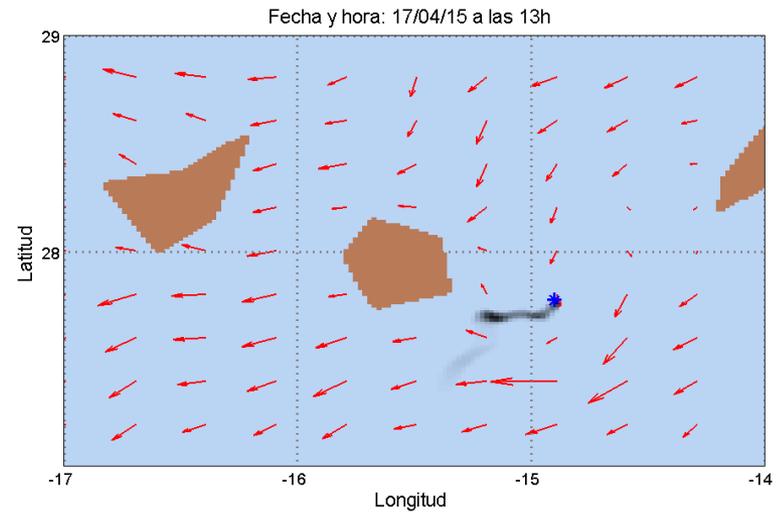
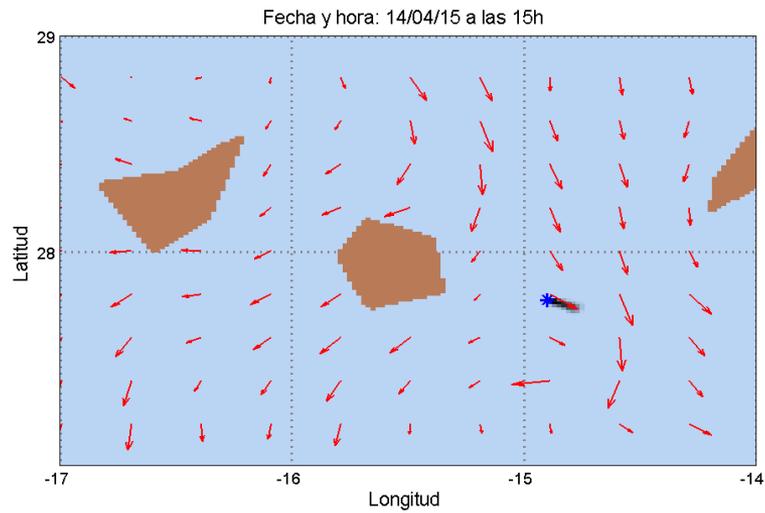
Experimentos numéricos

- Posición de hundimiento del barco
 - Se han simulado dos posiciones de hundimiento del barco
 - Ambas posiciones se encuentran dentro de la trayectoria que siguió el barco al ser arrastrado
 - Malla rectangular de 150 x 150
 - $\Omega \subset [-17, -14] \times [27, 29]$ en coordenadas longitud-latitud



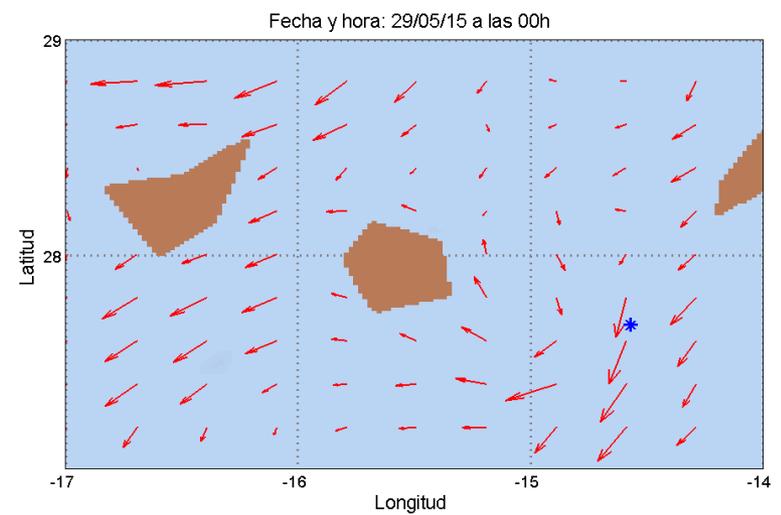
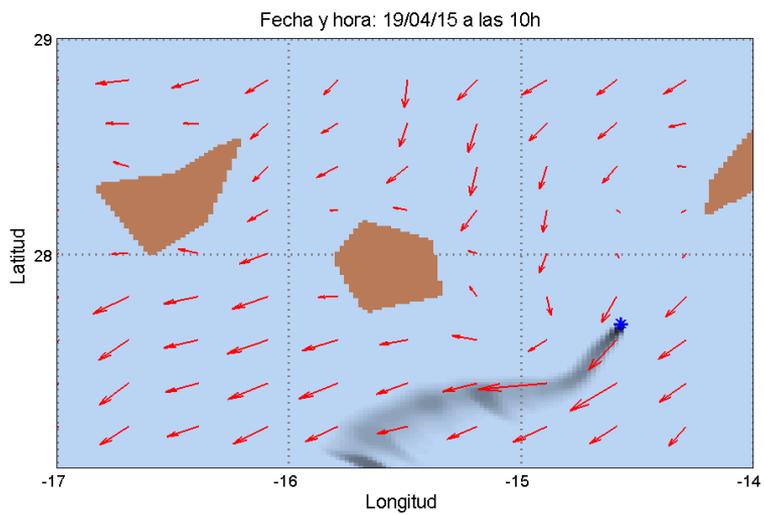
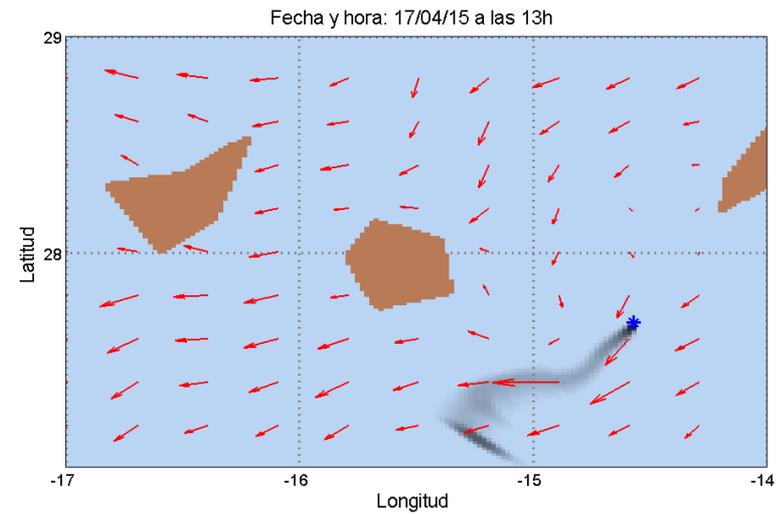
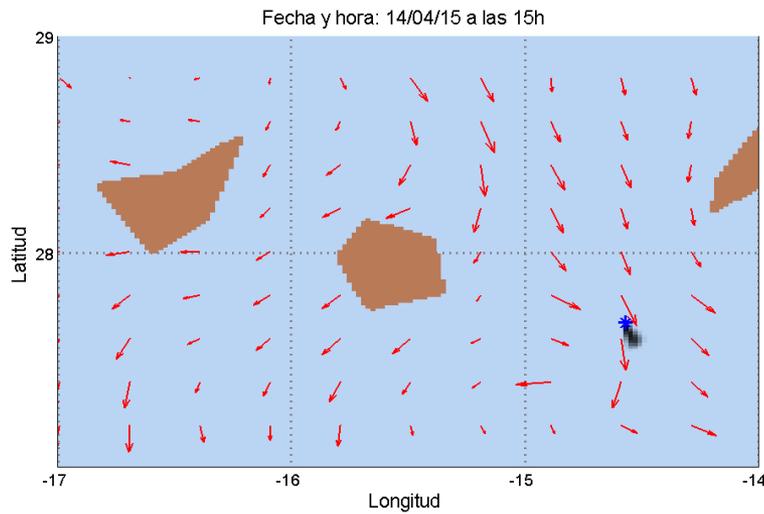
Experimentos numéricos

Posición 1 [-14.9 27.78]



Experimentos numéricos

Posición 2 [-14.57 27.68]

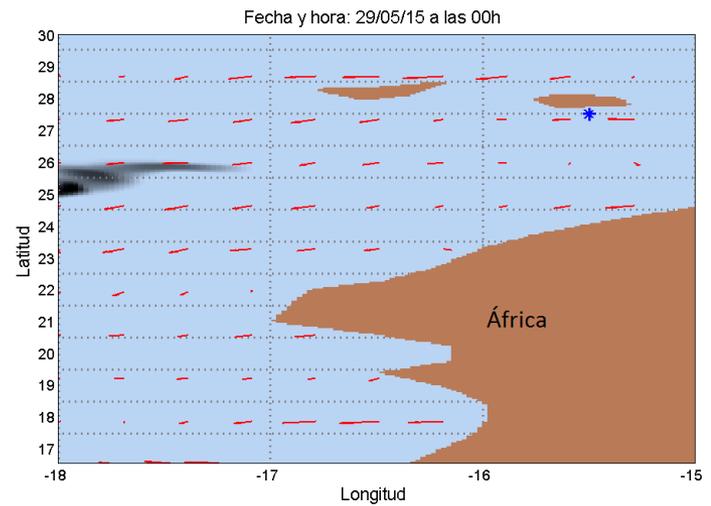
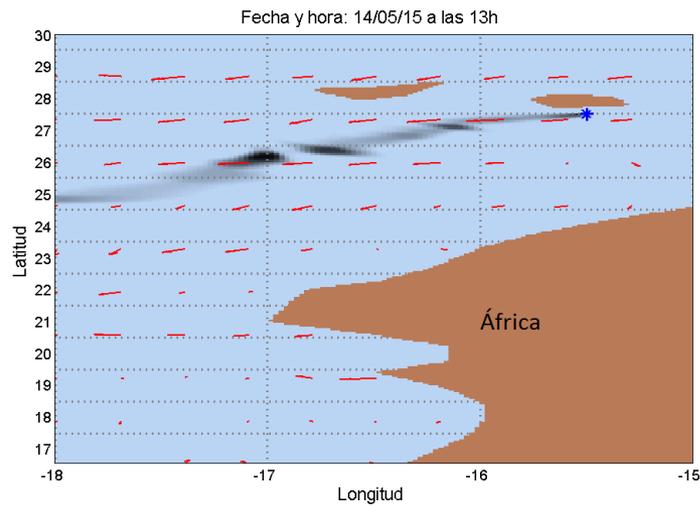
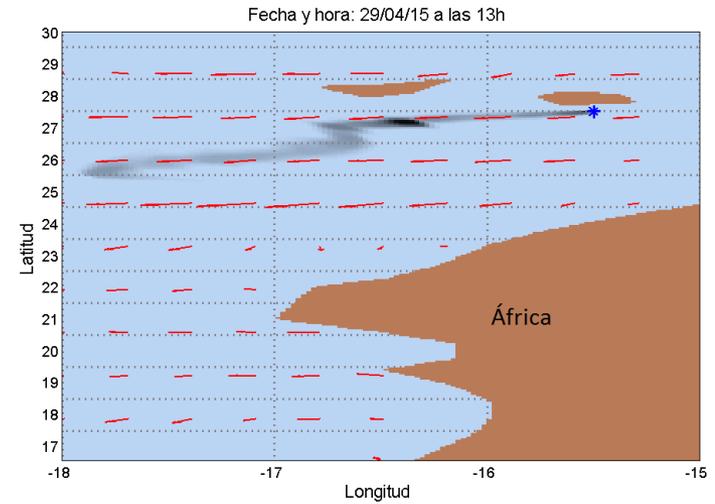
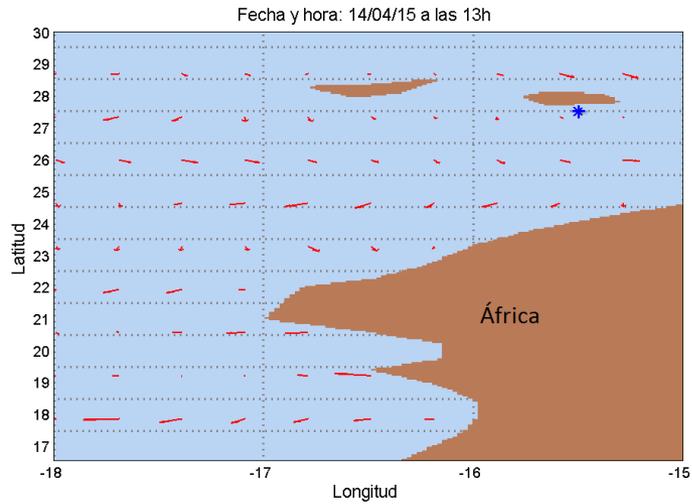


Experimentos numéricos

- Malla extendida a África
 - Malla rectangular de 150 x 250
 - $\Omega \subset [-18, -15] \times [16.5, 30]$ en coordenadas longitud-latitud
 - Posición del barco: $[-15.5 \ 27.5]$



Experimentos numéricos



Conclusiones

- Buena precisión del modelo
- Posible mayor catástrofe en caso de que el barco se hubiera hundido antes
- La costa africana no es afectada por el vertido del Oleg Naydenov
- Posibles líneas futuras
 - Optimizar el traslado del barco para evitar zonas de peligro

Modelización del movimiento de manchas de petróleo en mar abierto

Aplicación al caso del hundimiento del Oleg Naydenov y de su impacto en las costas de las Islas Canarias y África

Ubay Casanova Blancas

Trabajo Fin de Máster
Máster en Ingeniería Matemática, UCM

Directores:
Benjamín Ivorra
Ángel Manuel Ramos