



## Tema 1.4.

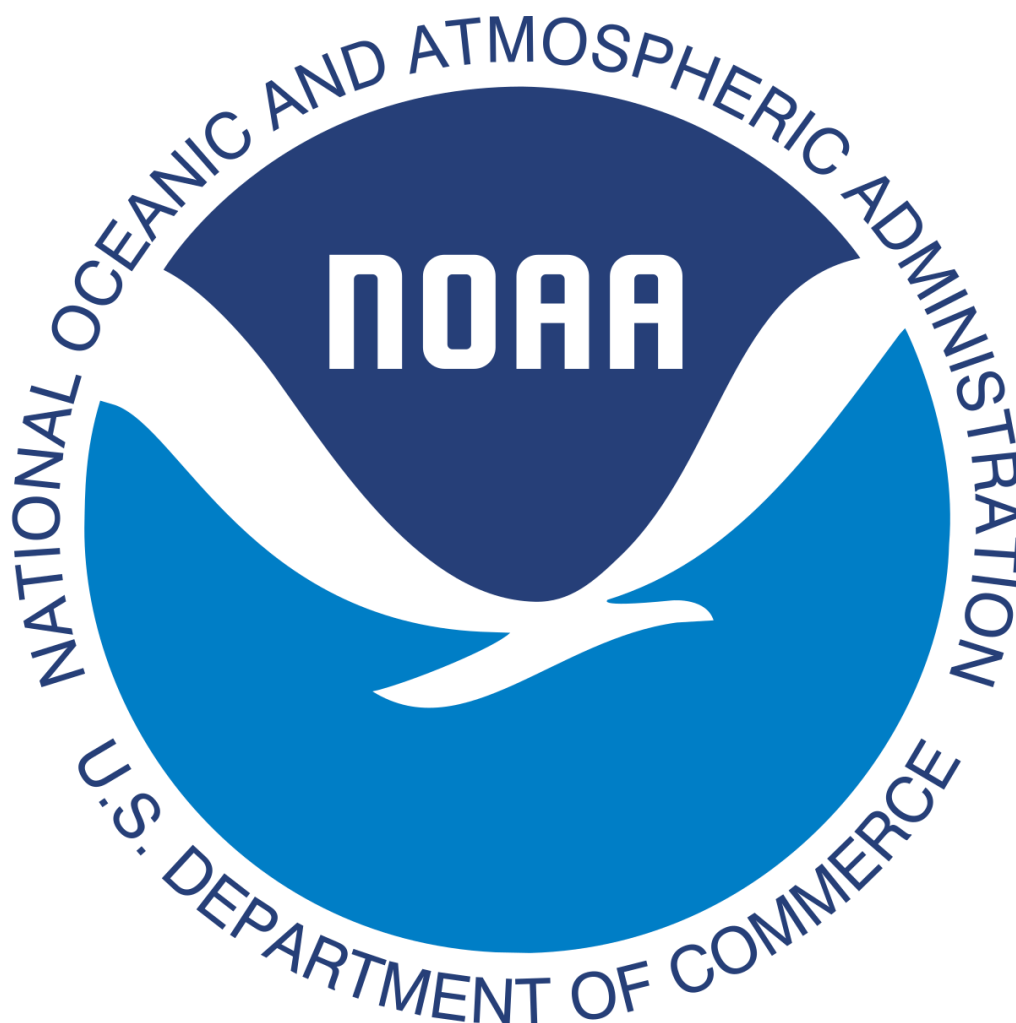
### Programas de simulación de la NOAA: visión general de GNOME y ADIOS2.

#### Contenido

Roles complementarios: transporte vs. meteorización .....	3
ADIOS2 en detalle: base de datos de combustibles y meteorías dominantes.....	3
Supuestos y límites .....	4
GNOME en detalle: núcleo lagrangiano, incertidumbre y resultados operativos .....	5
Inicialización y asimilación ligera .....	6
Trabajo conjunto: de ADIOS2 a GNOME (y vuelta) .....	7
Datos de entrada: qué necesitan (y de dónde salen).....	7
Fortalezas y limitaciones (para usar con cabeza) .....	7
Para el aula: una secuencia didáctica sugerida .....	8
Ideas clave .....	8
Referencias .....	8



La respuesta moderna ante vertidos de hidrocarburos se apoya en dos preguntas operativas: **(i)** ¿hacia dónde se moverá el petróleo en las próximas horas y días?, y **(ii)** ¿cómo cambiarán sus propiedades físico-químicas con el tiempo y las condiciones ambientales? La **NOAA** (Office of Response and Restoration, OR&R) ofrece dos herramientas complementarias y gratuitas que dan respuesta a esas preguntas: **GNOME** (*General NOAA Operational Modeling Environment*), centrado en la **trayectoria y el destino espacial** de la mancha, y **ADIOS2** (*Automated Data Inquiry for Oil Spills*), enfocado en la **meteorización** o *oil fate* (NOAA, 2023a, 2023b). Usadas de forma conjunta, permiten planificar y ajustar tácticas (barreras, recogida mecánica, uso de dispersantes, protección de recursos sensibles) con base científica y comunicando **incertidumbre** de forma transparente (Reed et al., 1999; French-McCay, 2004).





### Roles complementarios: transporte vs. meteorización

**GNOME** calcula cómo se **desplaza y dispersa** el petróleo: usa un núcleo **lagrangiano** que representa el vertido como “paquetes de partículas” sometidos a **corrientes, viento** (con un término de **deriva por viento** típicamente del 1–4 % del viento a 10 m), **mareas** y, cuando procede, **deriva de Stokes** asociada al oleaje. Sobre esa base, estima **probabilidades de varamiento, tiempos de llegada** a costa y **conos de incertidumbre**, elementos clave para decidir dónde y cuándo desplegar medios (NOAA, 2023b; Reed et al., 1999).

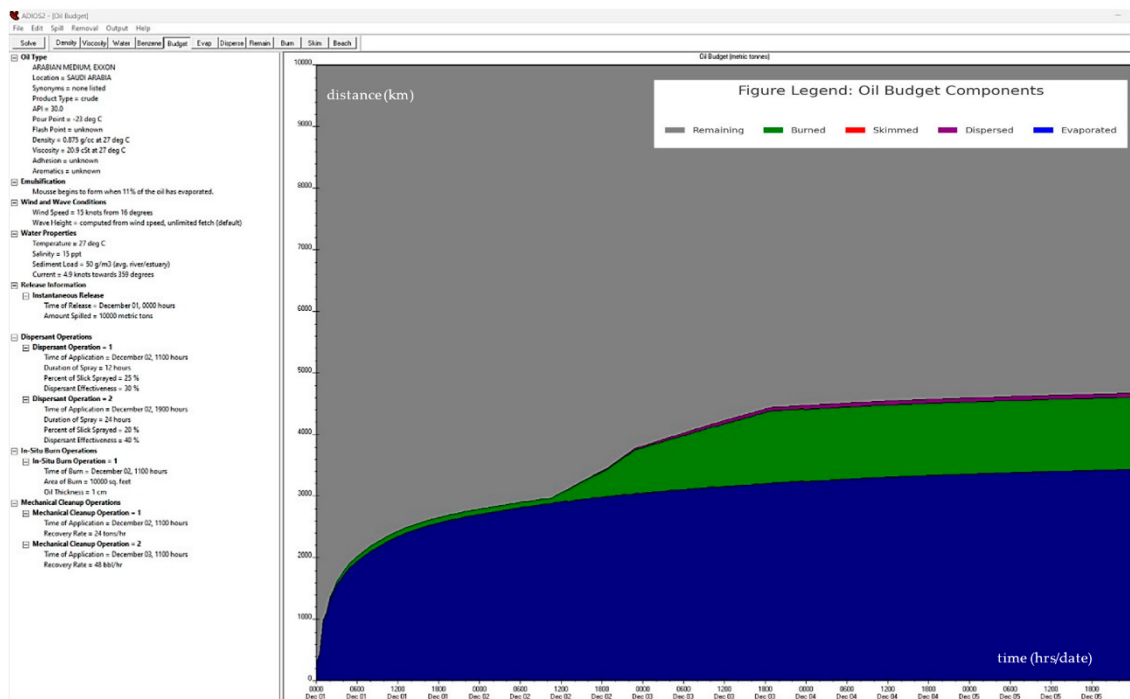
**ADIOS2**, por su parte, modela cómo el crudo **cambia en el tiempo**: cuánta fracción **se evapora**, en qué medida **se disuelve** (especialmente compuestos BTEX), cuál es la probabilidad de **dispersión natural** en forma de gotículas por acción del oleaje, y cuándo se formarán **emulsiones agua-en-aceite** (*mousse*) que aumentan la **viscosidad** y el volumen aparente. También estima la evolución de **densidad/API, contenido de agua** y otras propiedades que condicionan la **efectividad** de cada táctica (NOAA, 2023a; Mackay & Stiver, 1984). En términos operativos: GNOME dice **dónde** estará el petróleo; ADIOS2, **en qué estado** estará cuando llegue.

### ADIOS2 en detalle: base de datos de combustibles y meteorías dominantes

El valor principal de **ADIOS2** reside en su **biblioteca de combustibles**: una base con **más de un millar** de crudos y productos refinados caracterizados por **curvas de destilación, densidad/API, viscosidad** y **fracciones** por rangos de volatilidad. A partir de esas propiedades y de condiciones ambientales (temperatura del agua y del aire, viento, salinidad), ADIOS2 resuelve ecuaciones semi-empíricas de **evaporación** (derivadas de Mackay et al.; cuanto mayor porcentaje de fracciones C5–C12 y mayor temperatura y viento, más rápida es la pérdida de masa), **disolución** de aromáticos ligeros, **dispersión natural** (vinculada a energía de oleaje y cizalla superficial) y **emulsificación**, que describe la incorporación progresiva de agua en el aceite hasta formar mezclas estables con viscosidades elevadas (NOAA, 2023a; Mackay & Stiver, 1984).



Operativamente, ADIOS2 produce **tablas y curvas** de “presupuesto de masa” (fracción evaporada, dispersa, disuelta, en superficie, emulsificada) y de **evolución reológica** (densidad, viscosidad). Esas salidas contestan preguntas tácticas muy concretas: *¿cuánto tiempo tengo antes de que el fuel sea demasiado viscoso para bombeo?; si espero 24 h, ¿la emulsión hará inviable la recogida mecánica?; ¿conviene priorizar protección de marismas frente a recogida en mar abierto?* (NOAA, 2023a). Para el aula, esto permite comparar **aceites ligeros** (rápida evaporación, baja persistencia en playa) frente a **fuels pesados** (emulsificación temprana y alta persistencia).



## Supuestos y límites

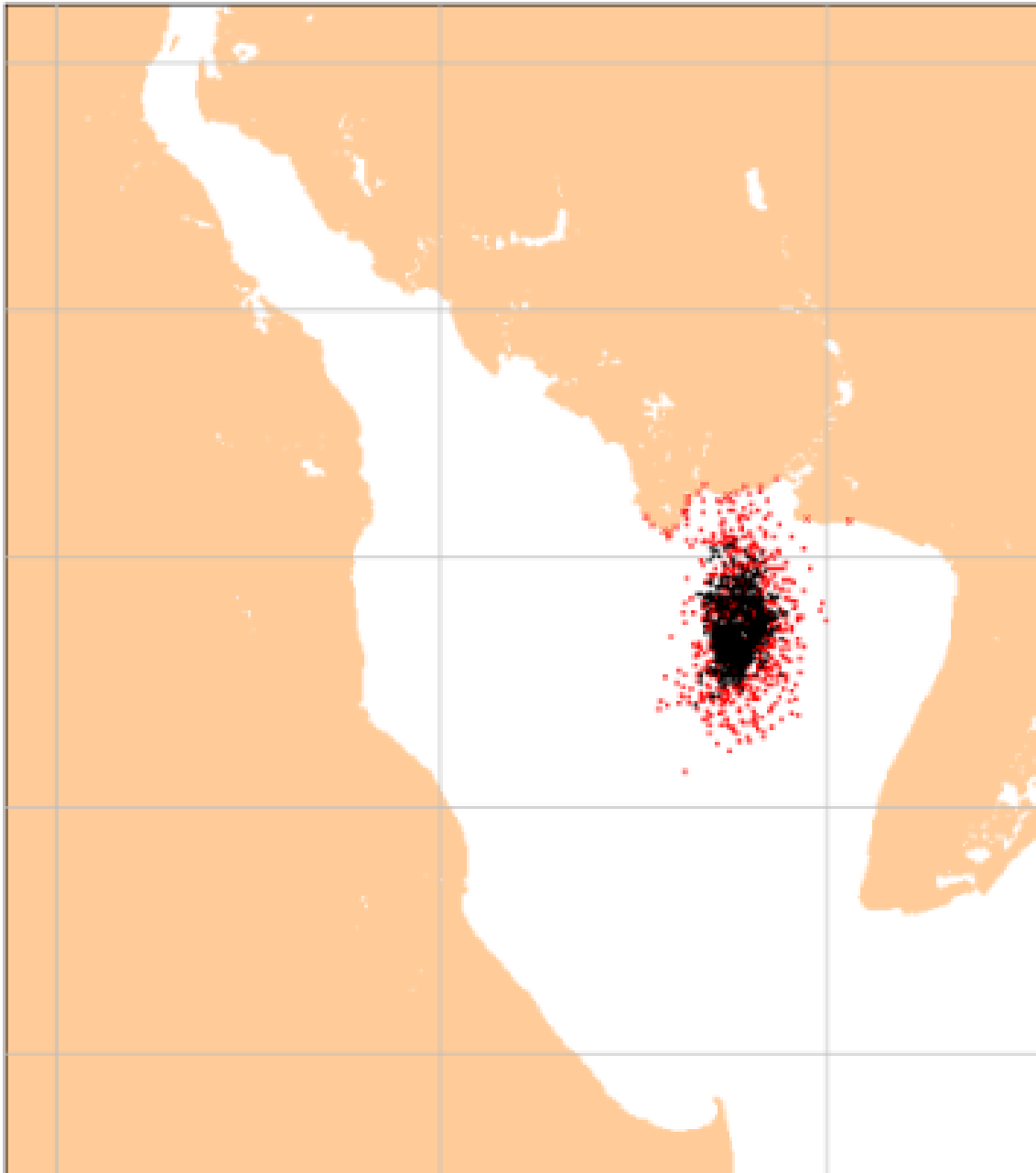
ADIOS2 emplea **modelos paramétricos** cuya validez depende de la **calidad de los datos de aceite** y de que las condiciones de mar/oleaje estén dentro de rangos representativos. No resuelve explícitamente **reacciones fotoquímicas** complejas ni procesos de **agregación aceite-partículas** (OPA/AOP) con detalle mecánico; su función es dar una **estimación robusta y rápida** para apoyar decisiones en las primeras horas-días (NOAA, 2023a; Reed et al., 1999).



### GNOME en detalle: núcleo lagrangiano, incertidumbre y resultados operativos

**GNOME** implementa un esquema lagrangiano de **advección-difusión**: cada “partícula” de petróleo se mueve con la **corriente** (de modelos oceánicos costeros/de cuenca) más un término de **deriva por viento** (un coeficiente  $\alpha$  multiplicado por el viento “U10”) y **procesos estocásticos** que representan la **difusión turbulenta**. Puede incorporar **marés**, **river outflows**, y, cuando es relevante, el efecto de **oleaje** vía **Stokes drift**. En modo operativo, GNOME permite ejecutar **conjuntos (ensembles)** perturbando condiciones iniciales, forzamientos y parámetros (p. ej.,  $\alpha$  del viento), generando **mapas probabilísticos** de impacto y **bandas de incertidumbre** que son más informativos que una única “línea de centro” (NOAA, 2023b; Reed et al., 1999).

Las salidas típicas incluyen **mapas de deriva** hora a hora, **probabilidad de varamiento por tramo de costa**, **tiempos de llegada** y **shapefiles/netCDF** exportables a visores geográficos (p. ej., **ERMA** de NOAA, que construye una *Common Operating Picture* junto con capas de **ESI—Environmental Sensitivity Index**). En contexto docente, esto permite ejercicios de **priorización**: seleccionar dónde colocar barreras y qué **recursos sensibles** (marismas, praderas marinas, colonias de aves) proteger según probabilidad y tiempo de arribo (NOAA, 2023b).



### Inicialización y asimilación ligera

GNOME se inicializa con la **localización del vertido** (punto/área), **volumen** y **tasa de descarga** si es continua, y toma **forzamientos** de viento y corrientes de fuentes operacionales. La **validación/ajuste** durante el incidente se apoya en **sobrevuelos**, **imágenes SAR** y **boyas derivadoras**, corrigiendo **offsets** sistemáticos (French-McCay, 2004). Este ciclo **pronóstico–observación–actualización** es esencial para mantener la *skill* del modelo a medida que el sistema atmosférico-oceánico evoluciona.



### Trabajo conjunto: de ADIOS2 a GNOME (y vuelta)

En la práctica, el flujo recomendado es: **(1)** caracterizar el aceite en **ADIOS2** (seleccionando el crudo o producto más parecido de la base y fijando condiciones ambientales); **(2)** exportar parámetros clave (p. ej., **curva de evaporación, tiempos/umbrales de emulsificación y evolución de viscosidad**) y **(3)** alimentar **GNOME** con esa información para que la **trayectoria** esté acompañada por un **estado físico-químico** coherente (NOAA, 2023a, 2023b). Así, el mapa de “dónde estará” la mancha lleva aparejada una estimación de “**en qué estado** estará cuando llegue”: ligera y volátil (recogida factible, riesgo tóxico agudo) o pesada y emulsificada (recogida difícil, alta persistencia en playa).

Este acoplamiento es, además, el marco natural para comparar tácticas bajo **NEBA/SIMA**: simular **escenarios alternativos** (p. ej., con/ sin dispersante dentro de la **ventana operativa** antes de que suba la viscosidad) y evaluar el **balance de daños evitados/desplazados** entre **superficie/costa** y **columna de agua** (IPIECA-IOGP, 2015, 2017; French-McCay, 2004).

### Datos de entrada: qué necesitan (y de dónde salen)

Ambos programas requieren **metocean** fiable. El **viento** y el **oleaje** provienen de los servicios meteorológicos (análisis/nowcast/forecast); las **corrientes** de modelos de circulación (**ROMS, HYCOM**) y, en litoral, de **radar HF** que mejora la descripción de flujos de superficie. Para **aceites** no presentes en la base de ADIOS2, es posible **aproximar** con análogos (p. ej., “Crudo Maya pesado” para fuel-oils densos) o introducir **propiedades medidas** en ficha de producto (NOAA, 2023a, 2023b; Reed et al., 1999).

### Fortalezas y limitaciones (para usar con cabeza)

La gran fortaleza de **GNOME** y **ADIOS2** es su **rapidez, transparencia y trazabilidad**: están diseñados para emergencias reales, con hipótesis claras y salidas comprensibles por mandos operativos. Sus límites nacen de la **resolución de los forzamientos**, de **incertidumbres en caudales y tipos de aceite**, y de procesos finos (frentes, jets costeros, interacción río-mar) que pueden quedar sub-resueltos. Por ello, las **buenas prácticas**



insisten en: **(i)** usar **conjuntos** y comunicar **probabilidades**, **(ii)** **documentar** supuestos (coeficientes de viento, difusividades), **(iii)** **validar** con observaciones, e **(iv)** mantener registros reproducibles para auditoría post-incidente (French-McCay, 2004; Reed et al., 1999).

### Para el aula: una secuencia didáctica sugerida

En docencia, una **secuencia de 2–3 sesiones** funciona muy bien: primero, **ADIOS2** con dos aceites contrastados (ligero vs. fuel pesado) para ver **cómo divergen** sus trayectorias de meteorización; después, **GNOME** con el mismo forzamiento ambiental, generando **mapas de varamiento y tiempos de llegada**. Al final, comparar **escenarios** (con y sin dispersante; calma vs. temporal) y pedir al alumnado una **recomendación NEBA/SIMA** razonada, apoyada en las cifras del **presupuesto de masa** y en las **probabilidades de impacto** (IPIECA-IOGP, 2015, 2017; NOAA, 2023a, 2023b).

### Ideas clave

- **GNOME** responde al **dónde/cuándo** (trayectoria, varamiento, incertidumbre); **ADIOS2** responde al **qué/cómo** (evaporación, emulsión, viscosidad).
- La **integración** de ambos es estándar en emergencias y en **planes de contingencia**, especialmente cuando se requiere justificar tácticas bajo marcos **NEBA/SIMA**.
- Su valor aumenta con **forzamientos de calidad, ajustes con observaciones y comunicación probabilística** a los equipos de respuesta.

### Referencias

- French-McCay, D. P. (2004). Oil spill impact modeling: Development and validation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(10), 2441–2456. <https://doi.org/10.1897/03-382>
- IPIECA & IOGP. (2015). *Net Environmental Benefit Analysis (NEBA) in the context of oil spills*. IPIECA–IOGP Good Practice Guide Series.
- IPIECA & IOGP. (2017). *SIMA—Spill Impact Mitigation Assessment*. IPIECA–IOGP Good Practice Guide Series.





- Mackay, D., & Stiver, W. (1984). Evaporation rate of spills of hydrocarbons and petroleum mixtures. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 62(4), 534–540. <https://doi.org/10.1002/cjce.5450620405>
- NOAA. (2023a). *ADIOS Oil Weathering Model (ADIOS2)*. Office of Response and Restoration. <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/adios-oil-weathering-model>
- NOAA. (2023b). *GNOME Suite for Oil Spill Modeling*. Office of Response and Restoration. <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/oil-spills/gnome-suite>
- Reed, M., Johansen, Ø., Brandvik, P. J., Daling, P., Lewis, A., Fiocco, R., Mackay, D., & Prentki, R. (1999). Oil spill modeling towards the close of the 20th century: Overview of the state of the art. *Spill Science & Technology Bulletin*, 5(1), 3–16.