

Aplicación del modelo de transporte  
MOCAGE/AEMET (*Modélisation de la Chimie  
Atmosphérique Grande Echelle*)  
a la dispersión de contaminantes radiactivos  
en la atmósfera

María Allué Camacho  
Servicio de Modelización de la Calidad del Aire



- La detección y seguimiento de contaminantes radiactivos emitidos accidentalmente a la atmósfera se puede hacer básicamente mediante:
  - Medida de parámetros relacionados con la radiactividad ambiental en estaciones de medida
  - Modelización numérica: modelos de dispersión, modelos de trayectorias
- AEMET posee herramientas de modelización de gran utilidad para este fin:
  - Modelo de transporte MOCAGE (MODO DISPERSIÓN)
  - Modelo de trayectorias FLEXTRA



## *Versión de MOCAGE en modo ACCIDENTE*

- En AEMET funciona una versión de MOCAGE en la que los módulos de química están desactivados. En este caso MOCAGE funciona como modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos pasivos o radiactivos (versión de MOCAGE en **MODO ACCIDENTE**).
- Únicamente el transporte, las deposiciones seca y húmeda y (en su caso) el decaimiento radiactivo están activados.
- Sólo tiene en cuenta los parámetros de emisión de la especie emitida sin considerar ninguna información sobre otro tipo de emisiones naturales o antropogénicas.
- No se tiene en cuenta la dinámica de la fuente ni la dinámica de elevación del penacho, se supone que todo el material se distribuye uniformemente en una columna entre dos niveles verticales por encima de las coordenadas de la fuente.
- Es de gran utilidad para simular la evolución de la nube generada por un contaminante pasivo o radiactivo emitido accidentalmente a la atmósfera.

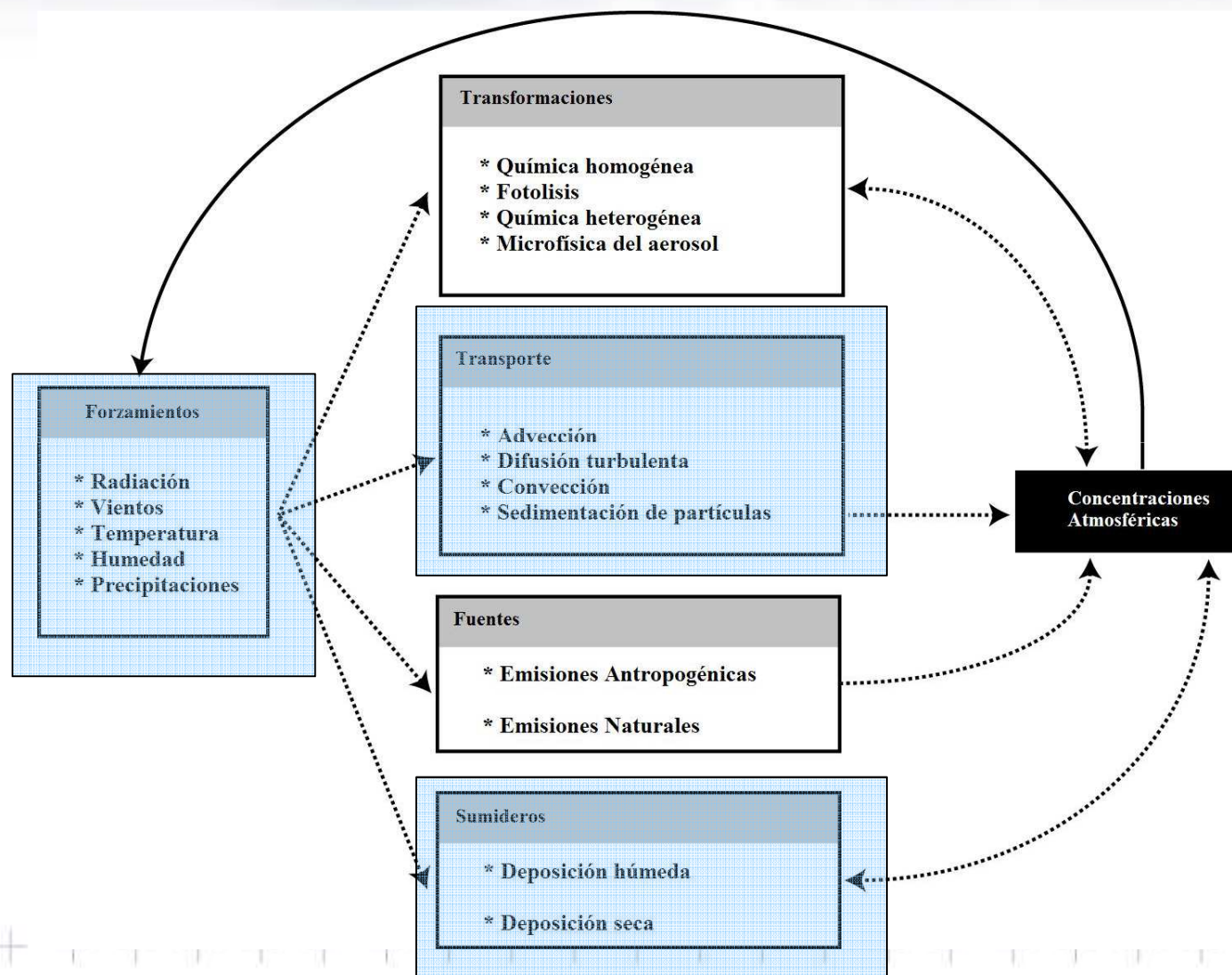
# Procesos físico-químicos



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

AE Met  
Agencia Estatal de Meteorología



Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN





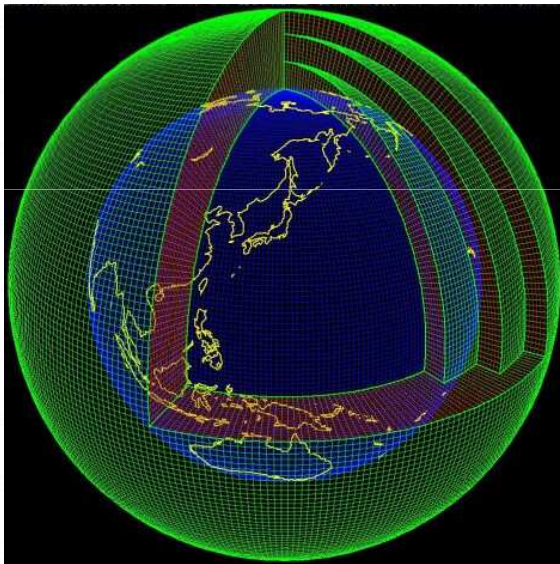
GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

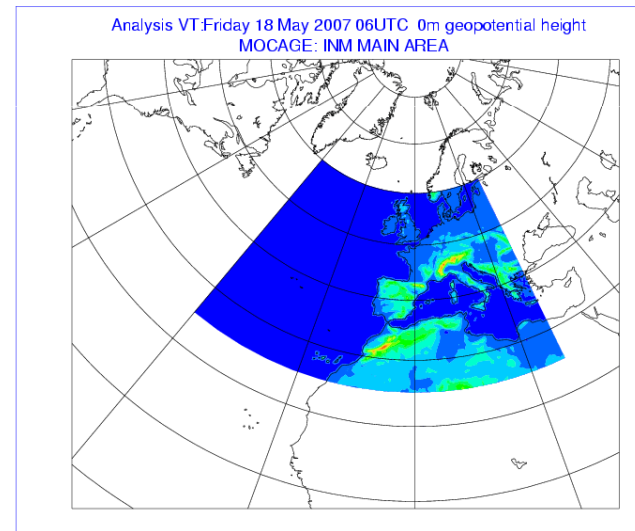
AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

## Configuración de dominios de MOCAGE- ACCIDENTE/AEMET

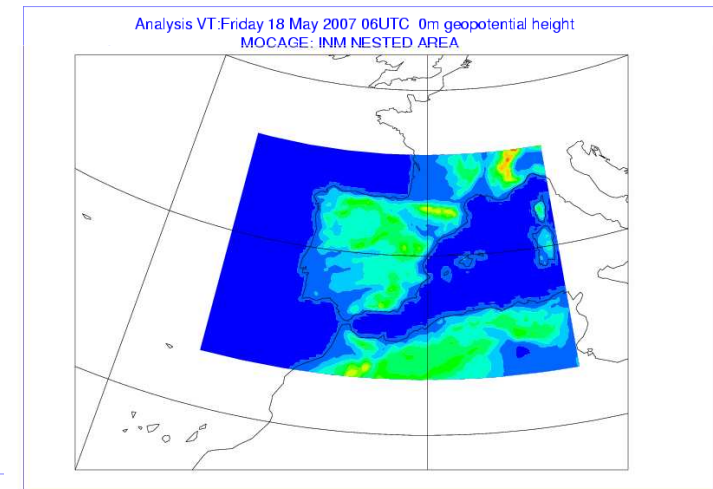
MOCAGE está preparado para ejecutarse con distintas resoluciones y en distintos dominios según las coordenadas de la fuente emisora.



*Dominio global: 1°x1°*



*Dominio continental:  
0.5°x0.5° (50x50 Km)*



*Dominio peninsular:  
0.1°x0.1° (10x10 Km)*

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN



## *Necesidades de MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET*

- Forzamientos meteorológicos: temperatura, viento, humedad y presión en superficie (se refrescan 2 veces al día)
  - Dominio global (resolución  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ )
  - Dominio continental (resolución de  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ )
  - Dominio peninsular (resolución de  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ )
  
- Datos de emisión de la fuente o fuentes emisoras (hasta 10)
  - Coordenadas geográficas
  - Instante inicial y duración de la emisión
  - Tasa de emisión
  - Altura y extensión vertical de la emisión
  - Especie emitida



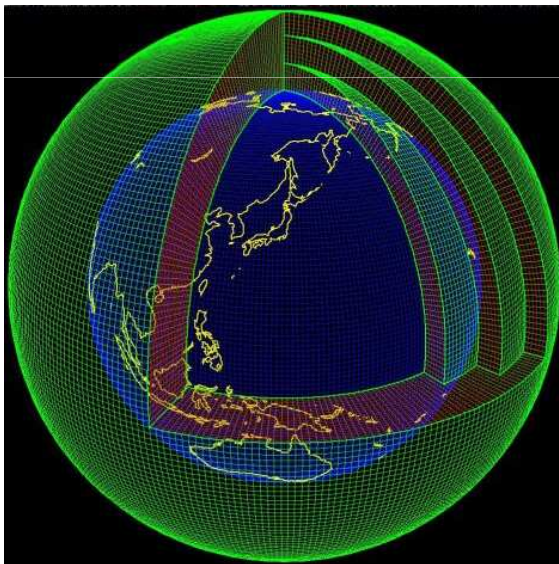
GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

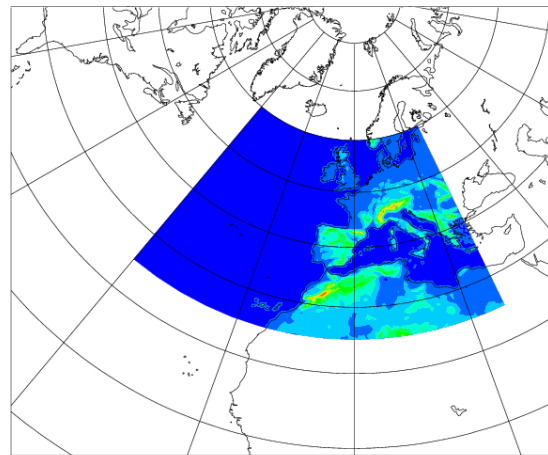
## Alcance temporal de la predicción de MOCAGE- ACCIDENTE/AEMET

El máximo alcance de la predicción que es posible obtener está condicionado por la disponibilidad de forzamientos meteorológicos.



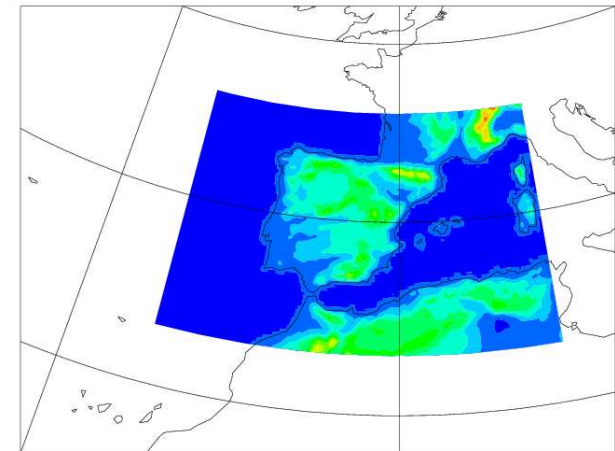
5 días

Analysis VT:Friday 18 May 2007 06UTC 0m geopotential height  
MOCAGE: INM MAIN AREA



48 horas

Analysis VT:Friday 18 May 2007 06UTC 0m geopotential height  
MOCAGE: INM NESTED AREA



36 horas

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN





## *Incertidumbre en las tasas y alturas de emisión.*

- MOCAGE-ACCIDENTE admite tasas de emisión en gr/s para material pasivo y en Bq/h en el caso de material radiactivo.
- Proporcionalidad entre las tasas de emisión y las concentraciones encontradas en los puntos de rejilla:  
**tasas de emisión estándar → unidades adimensionales** referidas en términos porcentuales a un valor de referencia (simulamos la forma que tendrá la nube de contaminante pero no obtendremos valores de concentración reales)
- Las concentraciones resultantes pueden darse en unidades adimensionales o en Kg/m<sup>3</sup> (material pasivo) o Bq/m<sup>3</sup> (material radiactivo). Se pueden proporcionar a distintos niveles o su total en columna.





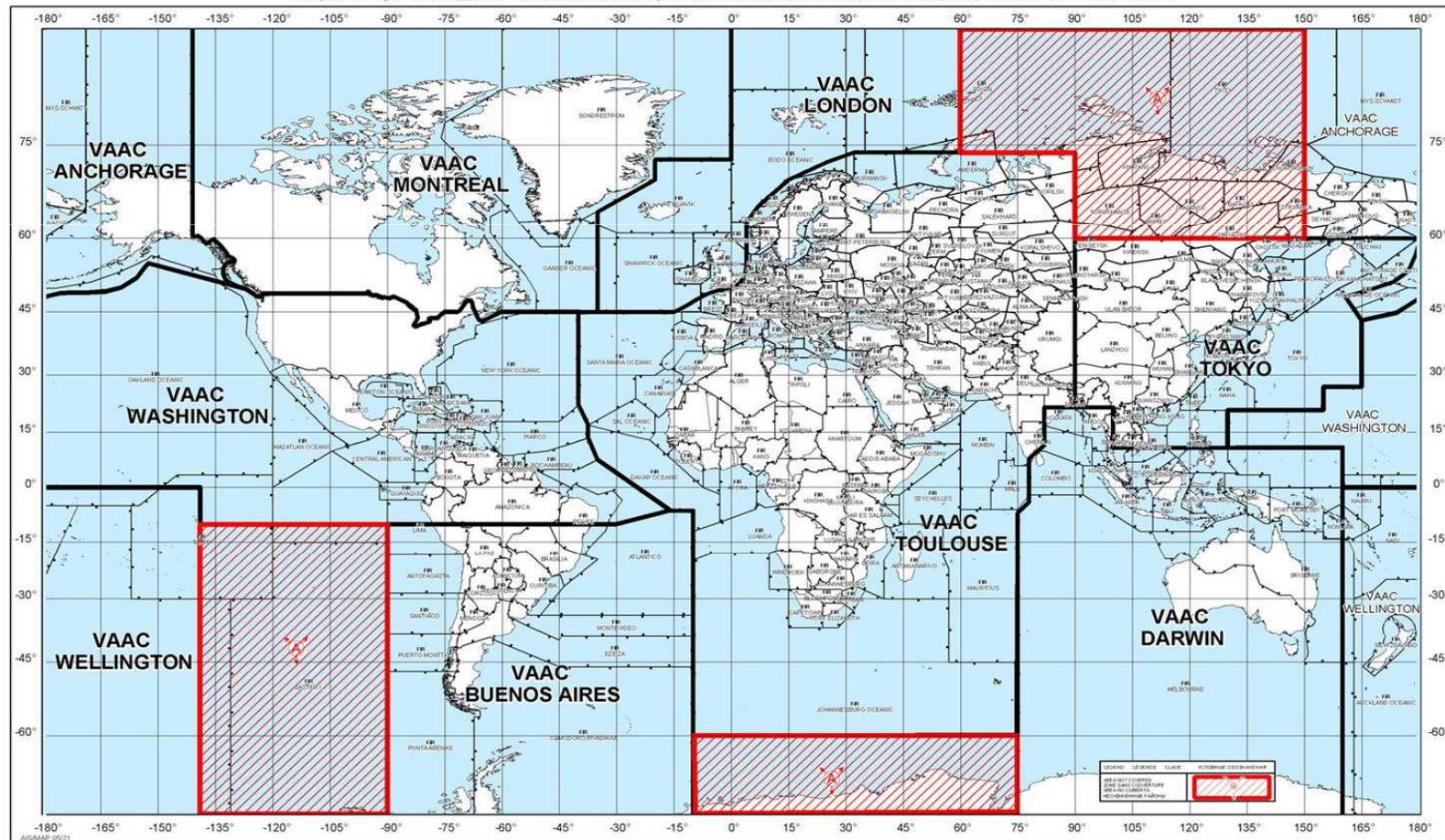
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

Aemet  
Agencia Estatal de Meteorología

# Uso del modelo MOCAGE en MODO ACCIDENTE en AEMET.

CURRENT STATUS OF ICAO VOLCANIC ASH ADVISORY CENTRES (VAAC) - AREAS OF RESPONSIBILITY  
SITUATION ACTUELLE DES CENTRES OACI D'AVIS DE CENDRES VOLCANIQUES (VAAC) - ZONES DE RESPONSABILITÉ  
ESTADO ACTUAL DE LOS CENTROS DE AVISOS DE CINIZAS VOLCÁNICAS (VAAC) DE LA OACI - ÁREAS DE RESPONSABILIDAD  
СУЩЕСТВУЮЩЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ЦЕНТРОВ ИКАО ИО ВУЛКАНИЧЕСКОМУ ПЕПЛУ (VAAC) - РАЙОНЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ



S

S

EDUCACIÓN



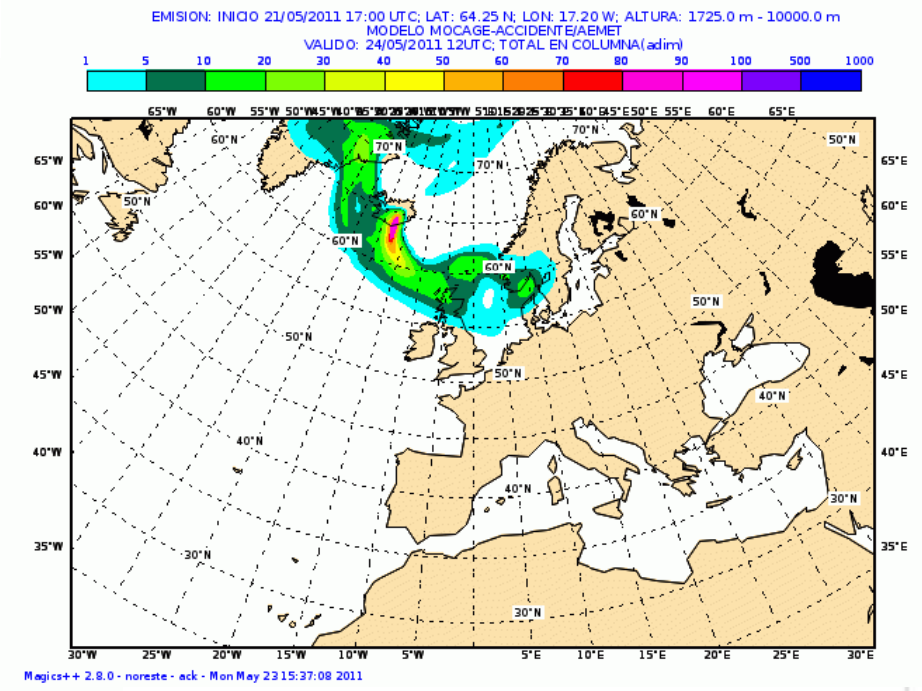
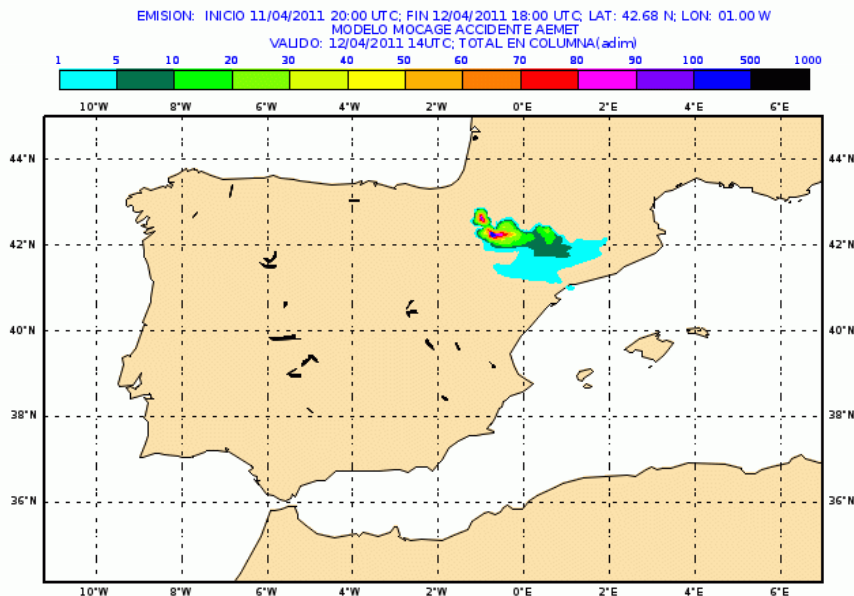
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO



# Ejemplos de aplicación de MOCAGE-ACCIDENTE

## resolución 0.1°x0.1°



## resolución 1°x1°

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN



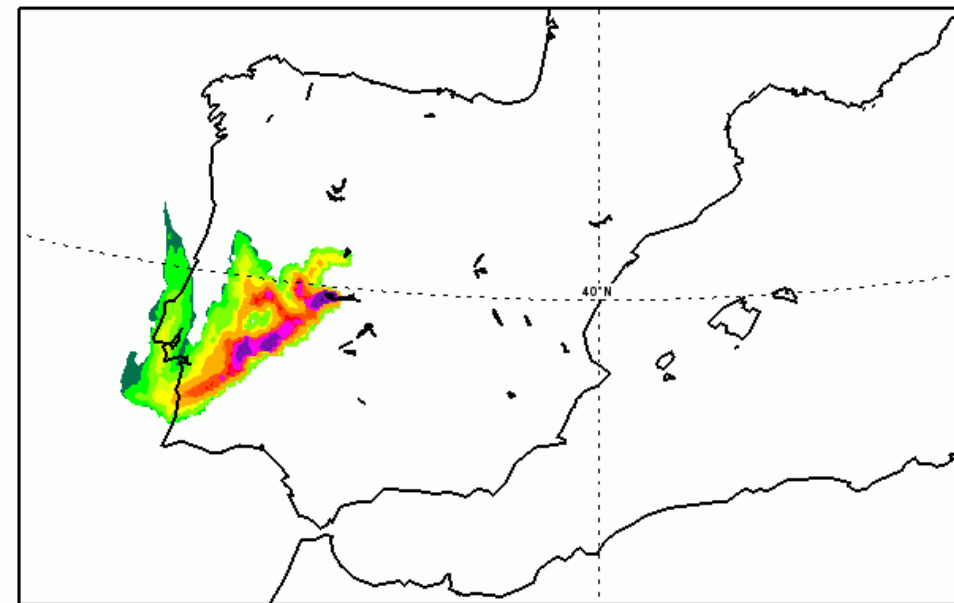
GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

- En AEMET, MOCAGE se ejecuta rutinariamente en modo ACCIDENTE, todos los días a las 0Z, para calcular una posible dispersión de material contaminante sobre cada una de las 6 C. Nucleares españolas con el fin de comprobar y asegurar su buen funcionamiento en caso de necesidad.

Martes 20 Sep 2011 00 UTC AEMET Previsto H+24 Valido: Miercoles 21 Sep 2011 00 UTC  
Modelo: MOCAGE ACCIDENTE INMH01: Emision sobre C.N.ALMARAZ [ADIM] TOTAL EN COLUMNA



Magic++ 2.8.0 - noreste - pn1 - Tue Sep 20 01:30:10 2011





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

## *Accidente de la Central Nuclear de Fukushima. Actividades en AEMET*

La OMM (Organización Meteorológica Mundial), dentro de su Programa de Respuesta a Emergencias Medioambientales, tiene designados 8 RSMCs (Regional Specialised Meteorological Centers) encargados de elaborar y distribuir información basada en productos procedentes de modelos de dispersión y trayectorias en los casos en que dichas emergencias tengan implicaciones transfronterizas.



Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN





## *Accidente de la Central Nuclear de Fukushima. Actividades en AEMET*

- La información se distribuye a la IAEA (International Atomic Energy Agency) y a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos de los países que se puedan ver afectados por el evento.
- En el caso del accidente de Fukushima: Beijing (China), Obninsk (Rusia) y Tokyo (Japón).
- AEMET mantuvo contacto con los Centros de Toulouse y Exeter que también lanzaron sus modelos de dispersión (MOCAGE/MÉTÉO-FRANCE y NAME respectivamente).
- A instancias del Consejo de Seguridad Nuclear Español (CSN) se empezaron a elaborar predicciones H+72 con MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET que se les estuvo enviando una vez al día.



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

## *Características de la simulación de la nube radiactiva con MOCAGE-ACCIDENTE / AEMET*

- Ejecución en dominio global ( $1^\circ \times 1^\circ$  de resolución)
- Forzamientos meteorológicos a  $1^\circ \times 1^\circ$  de resolución procedentes del modelo IFS de Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo
- Datos de fuente (proporcionados por el RMSC de Exeter):
  - Emisión entre el día 14/03/2011 a las 15:00 Z hasta el final de simulación
  - Tasa de emisión:  $10^{15}$  Bq/h (constante durante todo el episodio)
  - Altura y extensión vertical de la fuente. Entre 0 y 500 m
  - Especie: Cs-137 con 33 años de periodo de semidesintegración

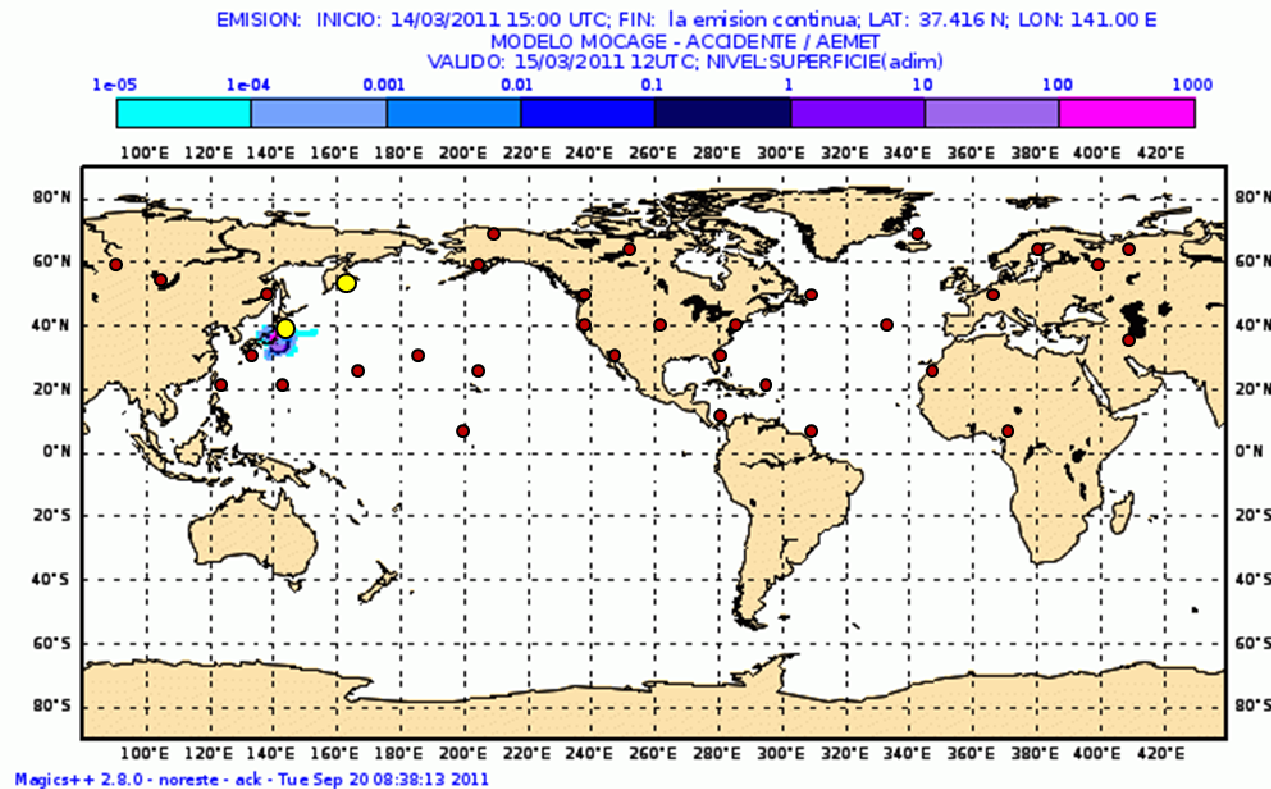


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

# Simulación con MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET de la nube radiactiva provocada en el accidente de la Central Nuclear de Fukushima (Japón) en marzo-abril de 2011



- Estaciones CTBTO del hemisferio norte
- Estaciones que han detectado actividad

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN

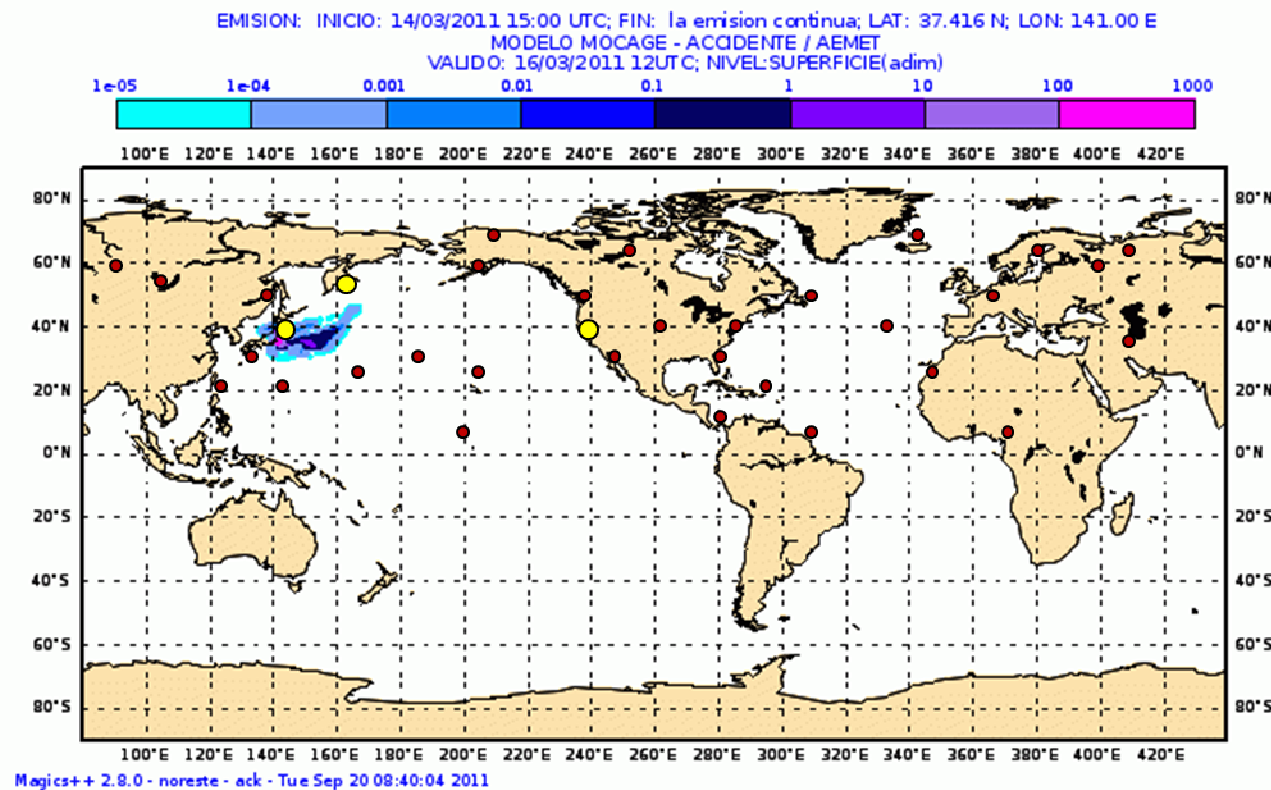


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

Aemet  
Agencia Estatal de Meteorología

## Simulación con MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET de la nube radiactiva provocada en el accidente de la Central Nuclear de Fukushima (Japón) en marzo-abril de 2011



- Estaciones CTBTO del hemisferio norte
- Estaciones que han detectado actividad



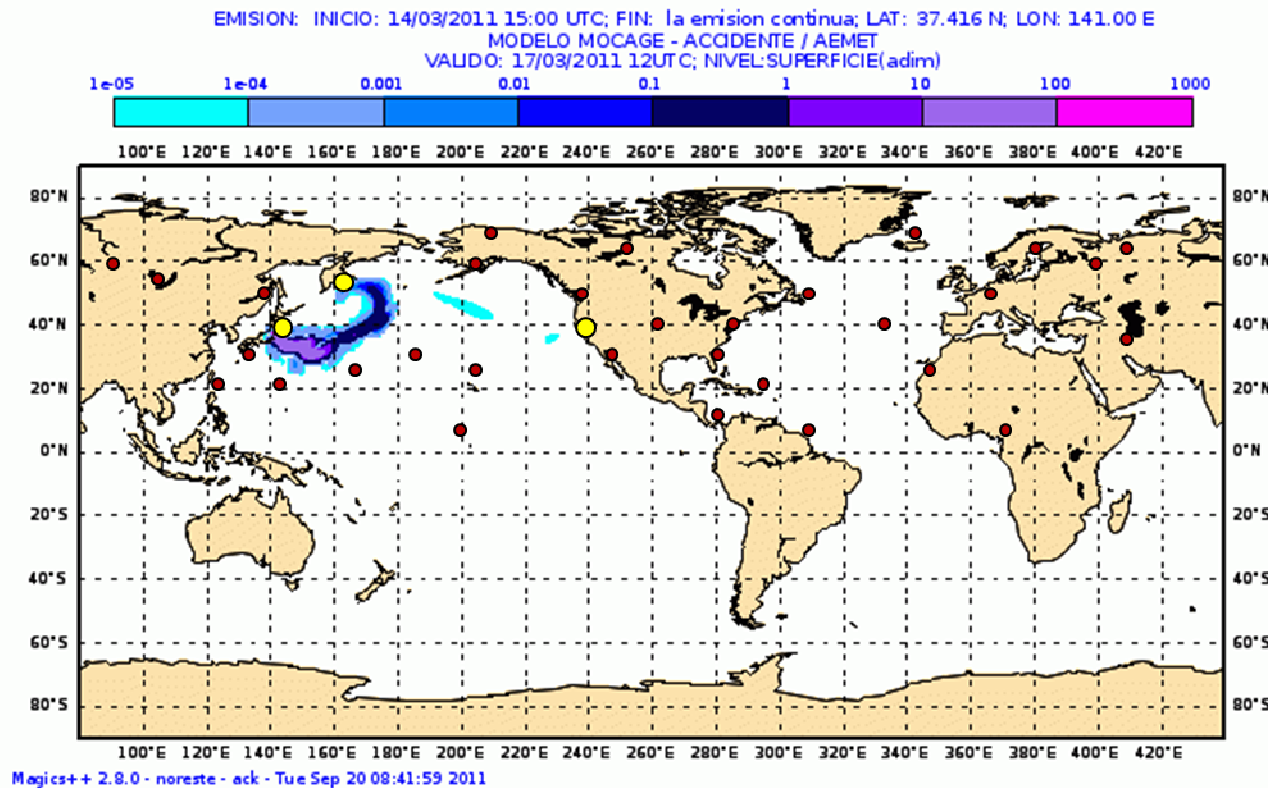


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

# Simulación con MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET de la nube radiactiva provocada en el accidente de la Central Nuclear de Fukushima (Japón) en marzo-abril de 2011



- Estaciones CTBTO del hemisferio norte
- Estaciones que han detectado actividad

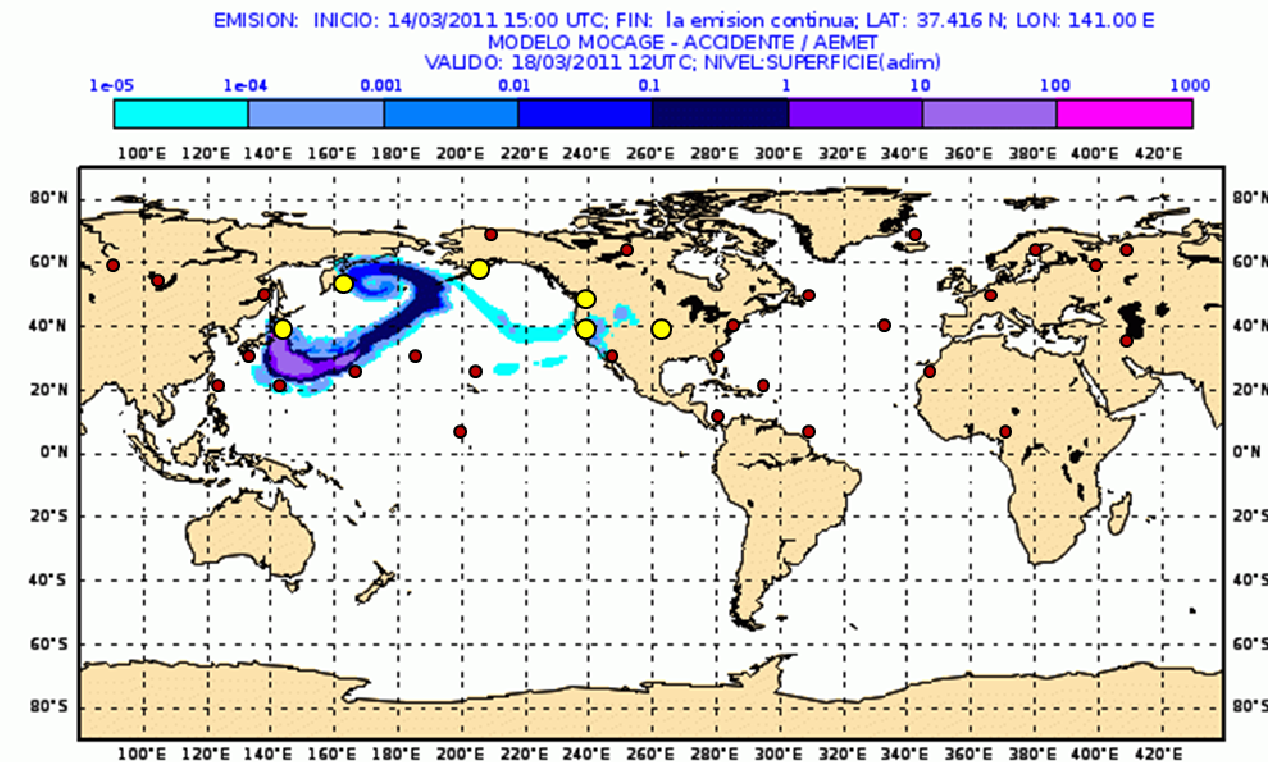


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

# Simulación con MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET de la nube radiactiva provocada en el accidente de la Central Nuclear de Fukushima (Japón) en marzo-abril de 2011



Magic++ 2.8.0 - noreste - ack - Tue Sep 20 08:43:57 2011

- Estaciones CBTBO del hemisferio norte
- Estaciones que han detectado actividad

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN

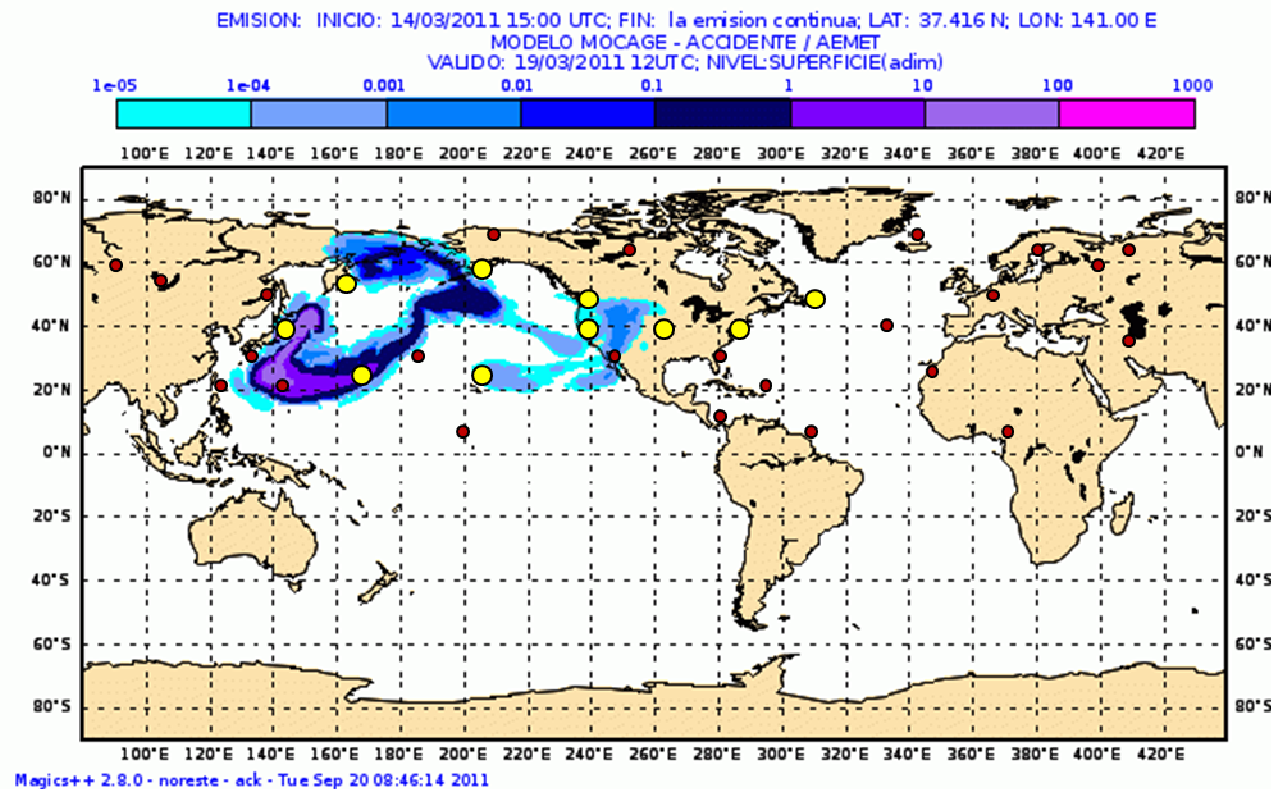


GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

Aemet  
Agencia Estatal de Meteorología

# Simulación con MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET de la nube radiactiva provocada en el accidente de la Central Nuclear de Fukushima (Japón) en marzo-abril de 2011



- Estaciones CBTBO del hemisferio norte
- Estaciones que han detectado actividad

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN

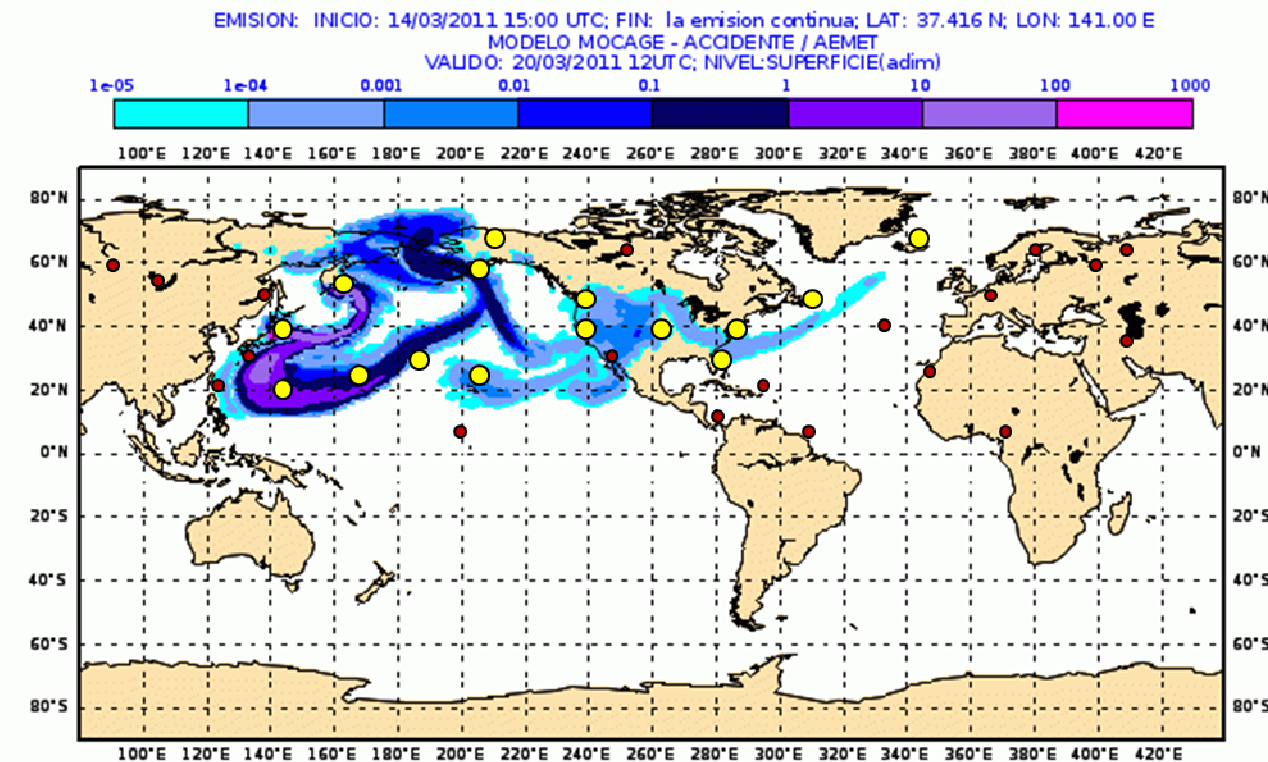


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

## Simulación con MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET de la nube radiactiva provocada en el accidente de la Central Nuclear de Fukushima (Japón) en marzo-abril de 2011



Magic++ 2.8.0 - noreste - ack - Tue Sep 20 08:49:10 2011

- Estaciones CBTBO del hemisferio norte
- Estaciones que han detectado actividad

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN



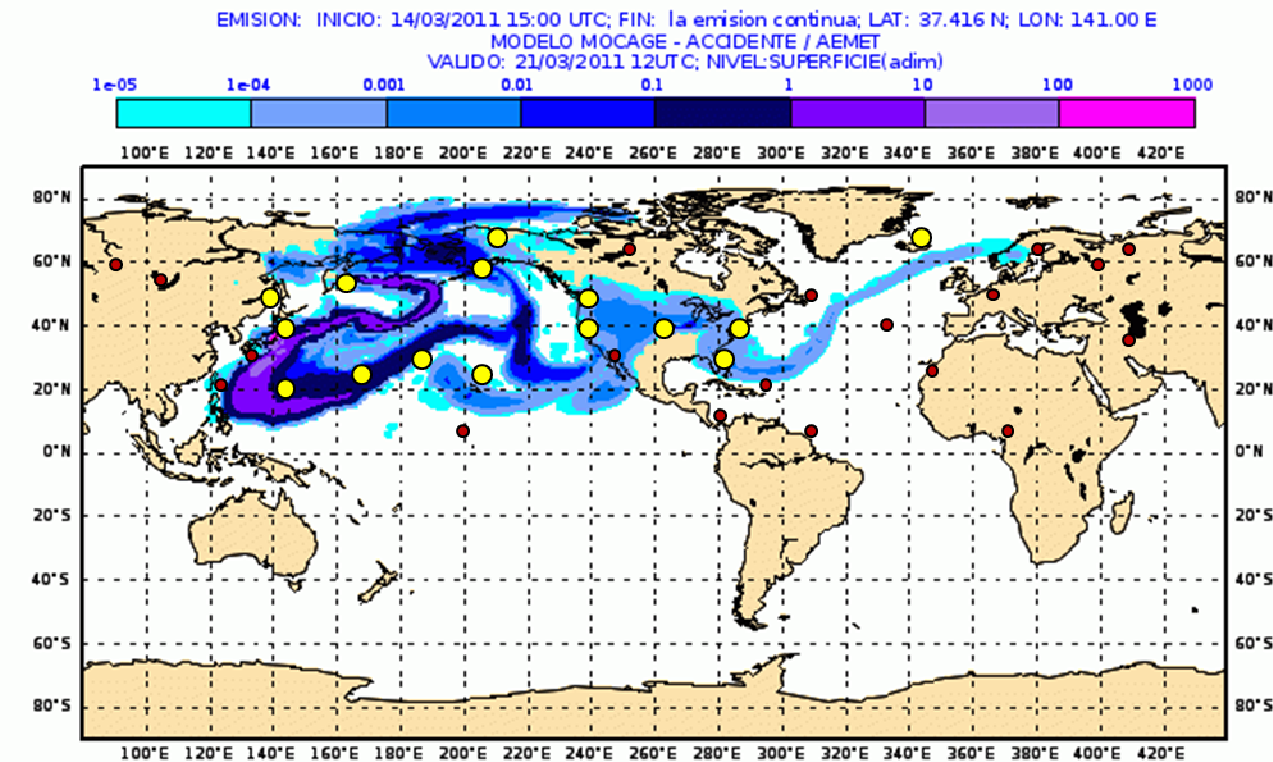


GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

# Simulación con MOCAGE-ACCIDENTE/AEMET de la nube radiactiva provocada en el accidente de la Central Nuclear de Fukushima (Japón) en marzo-abril de 2011



Magic++ 2.8.0 - noreste - ack - Tue Sep 20 08:53:59 2011

- Estaciones CBTBO del hemisferio norte
- Estaciones que han detectado actividad

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

**AEMET**  
Agencia Estatal de Meteorología

## *Aplicación de modelo de trayectorias FLEXTRA en AEMET como herramienta complementaria a MOCAGE-ACCIDENTE*

- Las retrotrayectorias son de gran utilidad en el análisis de resultados obtenidos a partir de medidas (retrotrayectorias).
- Son útiles también para estimar de una manera rápida y en primera aproximación, el alcance de una emisión accidental a la atmósfera.



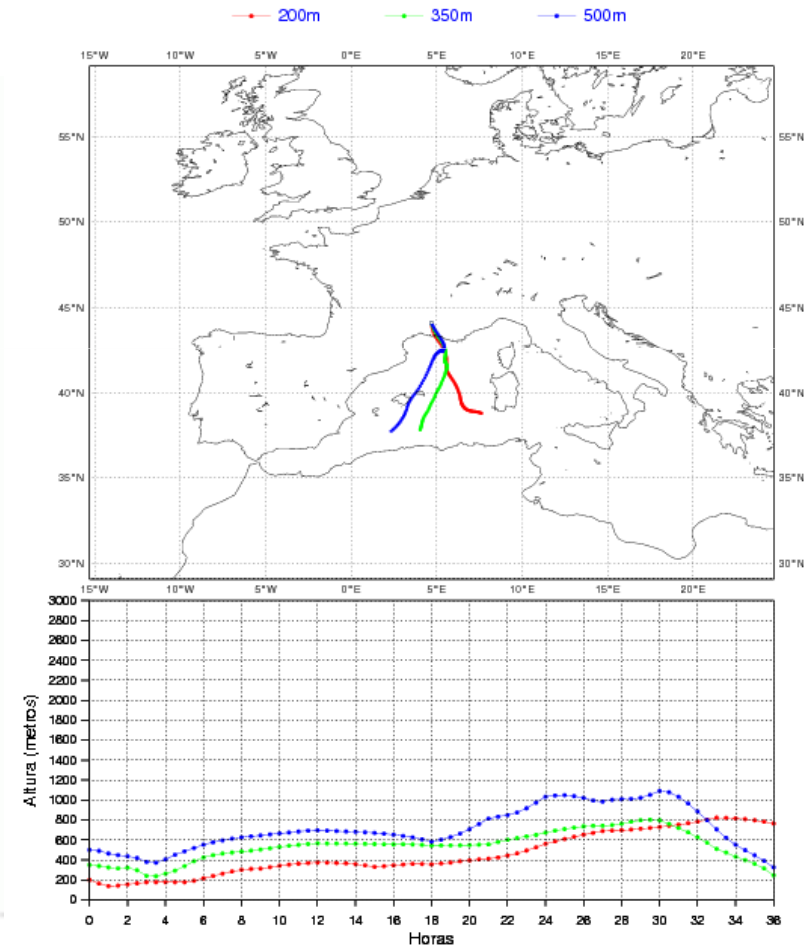
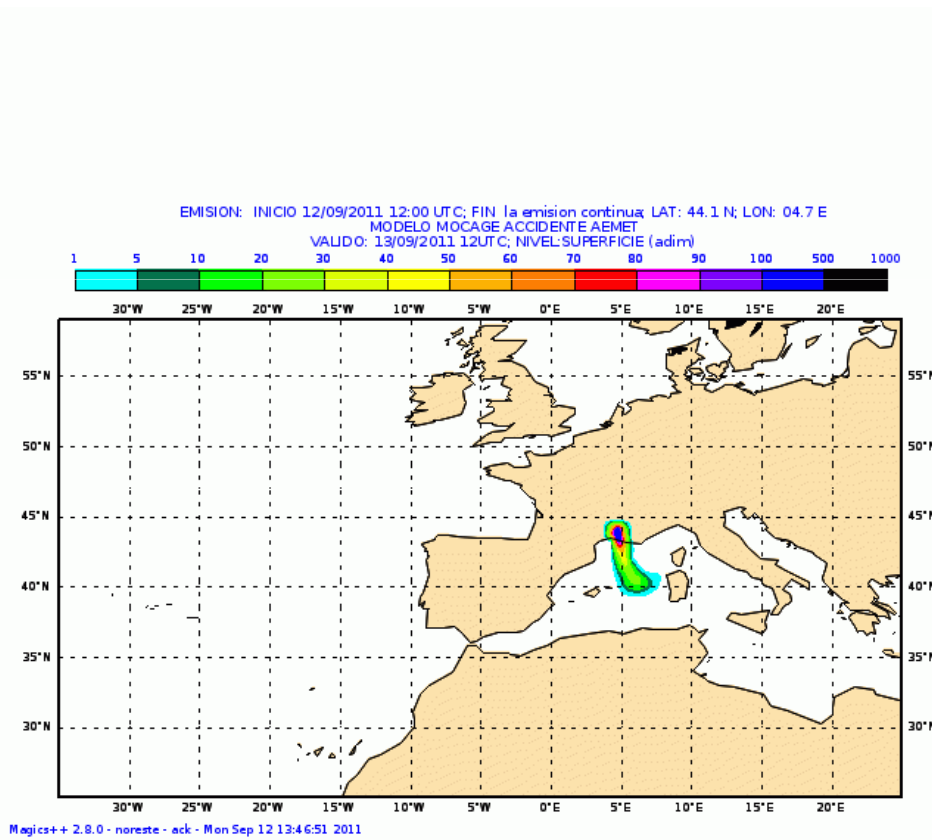
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO



# Incidente en la Instalación Nuclear de Marcoule (Francia) 12/9/2011

Trayectoria simulada para la estación de Francia (Lat.: 44.1°N . Lon.: 4.7°E)  
Emisión realizada el día 13 de Septiembre de 2011 a las 00 UTC



Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN



## *Operatividad continuada*

- Actualmente, aprovechando la operatividad 24h/7d del Centro Nacional de Predicción de AEMET, se está preparando un procedimiento capaz de dar una respuesta, lo más rápida posible y en cualquier momento, a situaciones de emergencia.
- Mediante este procedimiento, a cualquier hora del día y en cualquier fecha, el personal del CNP podría desencadenar la ejecución de MOCAGE-ACCIDENTE , la generación automática de salidas gráficas estándar y la distribución a los usuarios.





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

**Aemet**  
Agencia Estatal de Meteorología

Gracias por su atención

Madrid 23/09/2011

XXVIII JORNADAS NACIONALES SOBRE ENERGÍA Y EDUCACIÓN