

IV Encuentro Extremeño de Climatología
Badajoz, 12-13 de junio de 2025 Facultad de Ciencias, Campus Universitario

Relación fuentes-sumideros de humedad atmosférica en el Atlántico Norte: un enfoque lagrangiano y estadístico a alta resolución en diferentes escenarios climáticos.

Gleisis Alvarez Socorro

Directores: Raquel Nieto, Luis Gimeno, Luis Gimeno Sotelo

Universidad de Vigo

Datos usados y metodología

- Condiciones iniciales y de frontera para el forzamiento de WRF-ARW: datos de reanálisis ERA5 y modelo CESM2.
- Modelo de dispersión de partículas: FLEXPART-WRF.
- Software TROVA: para procesar las salidas de FLEXPART-WRF.
- Escenario climático: SSP5-8.5, alto forzamiento radiativo, 8.5 W/m², más extremo.
- Períodos estacionales: JFM (invierno), AMJ (primavera), JAS (verano), OND (otoño), ANNUAL.

Acronym	Description	Period
HIST	Historical	1985-2014
MC	Mid-Century	2036-2065
EC	End-Century	2071-2100

Identificación de las fuentes y sumideros de humedad. Metodología Lagrangiana (Fremme y Sodemann, 2019)

$$e - p = m \left(\frac{dq}{dt} \right)$$

- m: masa de la partícula
- e – p: aumento o disminución de la relación de vapor de agua a lo largo de la trayectoria (6 h)
- Tiempo de residencia de vapor de agua en la atmósfera para el seguimiento de las trayectoria: 10 días

Regiones consideradas para el seguimiento de las partículas:

- Fuente del Golfo de México y el Mar Caribe.
- Macaronesia: Azores, Madeira, Islas Canarias, Cabo Verde.
- América Central, Orinoco, Noroeste de Sur América (NOSA).

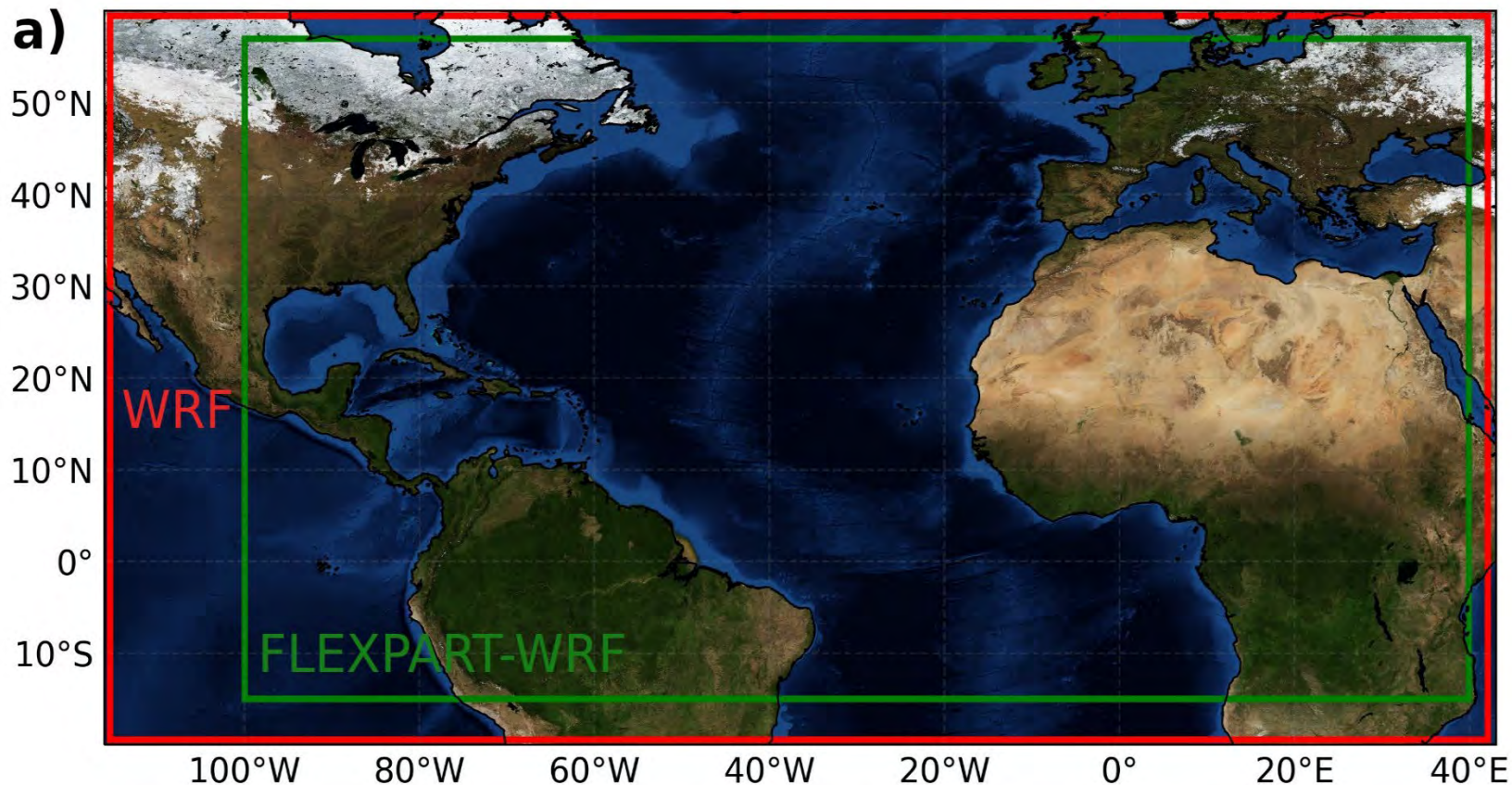


Figura 1: Dominios utilizados para las simulaciones de WRF (rojo) y FLEXPART-WRF (verde).

Modelos de regresión: $Y = \mu(X) + \varepsilon$

- Lineal (LM): $\mu = \beta_0 + \beta_1 X_1 \dots$
 - Aditivos Generalizados (GAM) Escriba aquí la ecuación. $\mu = \beta_0 + f_1(X_1)$
 - Localización y escala: $Y = \mu(X) + \sigma(X) * \varepsilon$
 - Aditivos Generalizados con coeficientes variables: $\mu = \beta_0 + f_1(X_1) X_2$
- **Regresión cuantil:** permite analizar diferentes partes de la distribución de las variables y no solo su valor medio.

Comprehensive Lagrangian assessment of Canary Island precipitation moisture sources

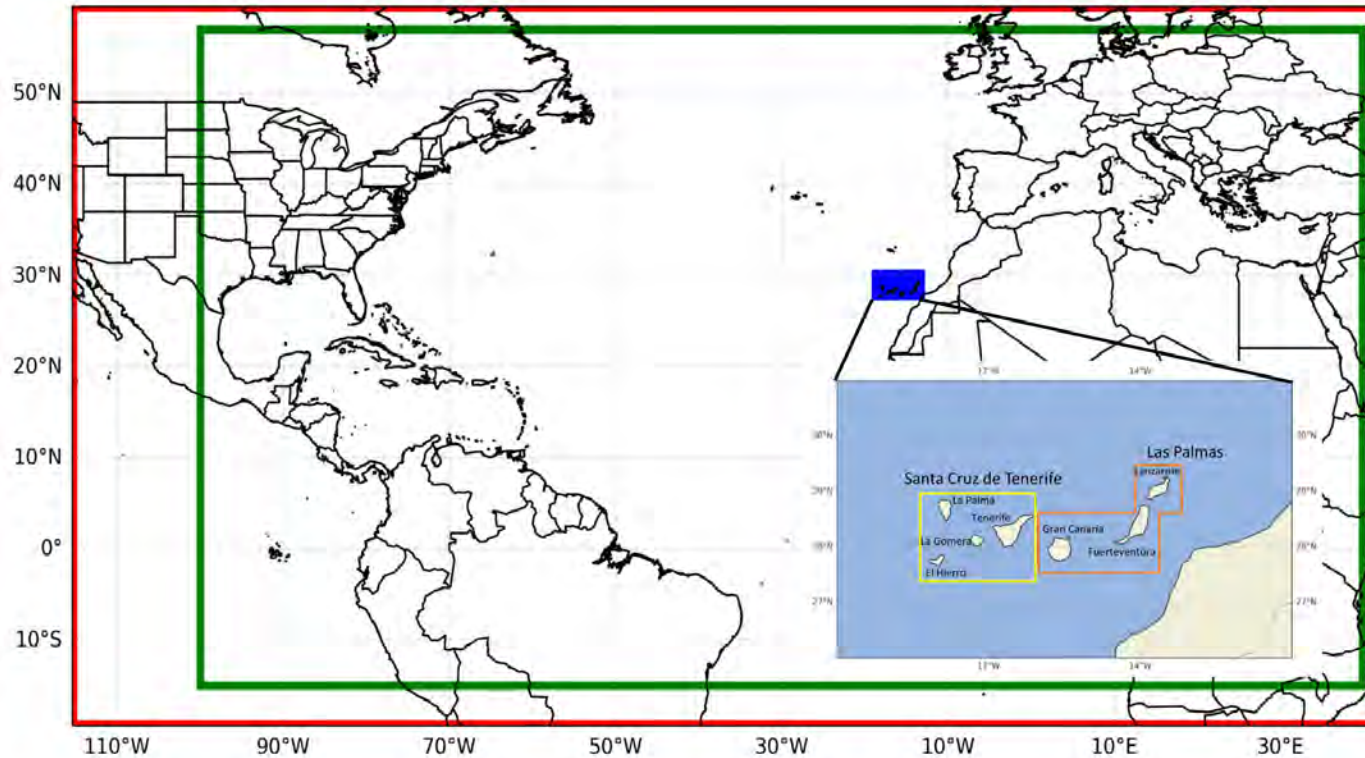


Figura 2

Condiciones para determinar las fuentes de humedad:

- Por encima y por debajo de 900 hPa (capa de inversión asociada a la parte superior de la capa límite marina (MBL) y la inversión de los vientos alisios).
- Estaciones y en el período anual.
- Días con y sin precipitación (AEMET).
- Cuantiles 5% y 95% de la precipitación.
- Provincias occidentales y orientales.

Comprehensive Lagrangian assessment of Canary Island precipitation moisture sources

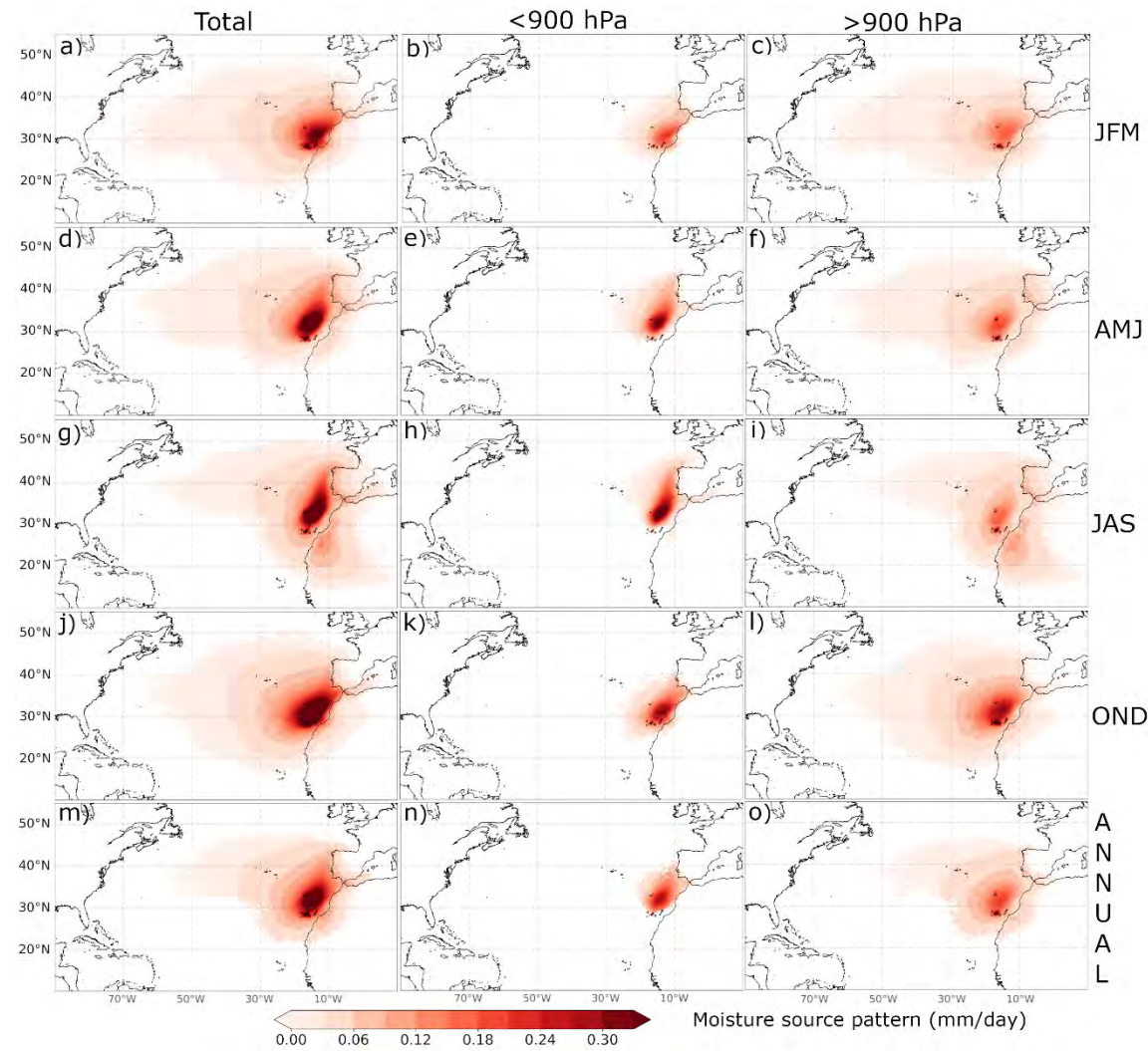


Figura 3: Patrones estacionales y anuales de las fuentes de humedad (en mm/día) que contribuyen a las Islas Canarias entre 1985 y 2022. Las columnas, de izquierda a derecha, muestran los campos de humedad de toda la columna vertical atmosférica, la capa desde la superficie hasta 900 hPa y la capa por encima de 900 hPa.

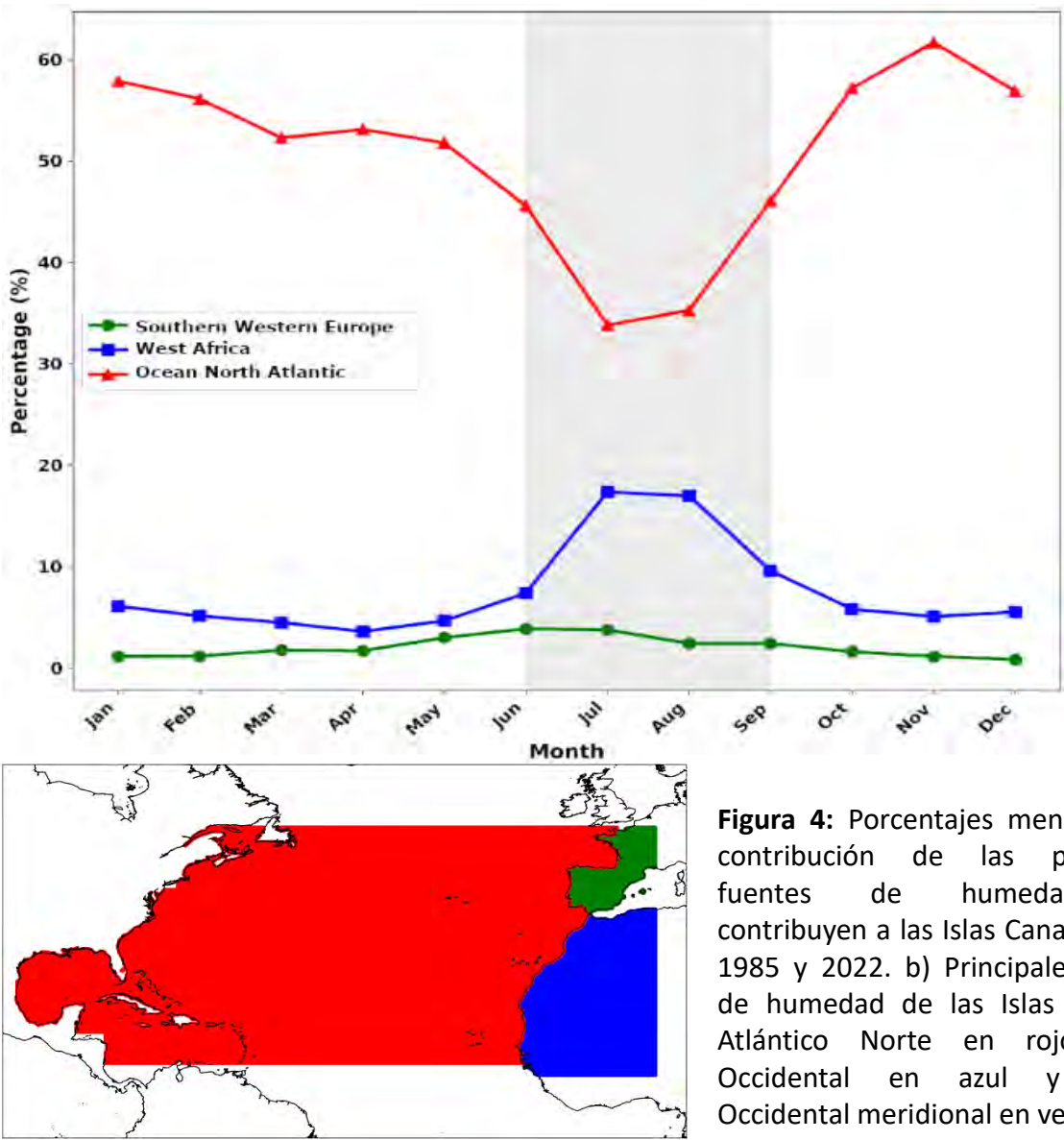


Figura 4: Porcentajes mensuales de contribución de las principales fuentes de humedad que contribuyen a las Islas Canarias entre 1985 y 2022. b) Principales fuentes de humedad de las Islas Canarias: Atlántico Norte en rojo, África Occidental en azul y Europa Occidental meridional en verde.

Future Changes in the Contribution of Gulf of Mexico-Caribbean Sea Moisture

Source: Impacts on Regional Precipitation Patterns

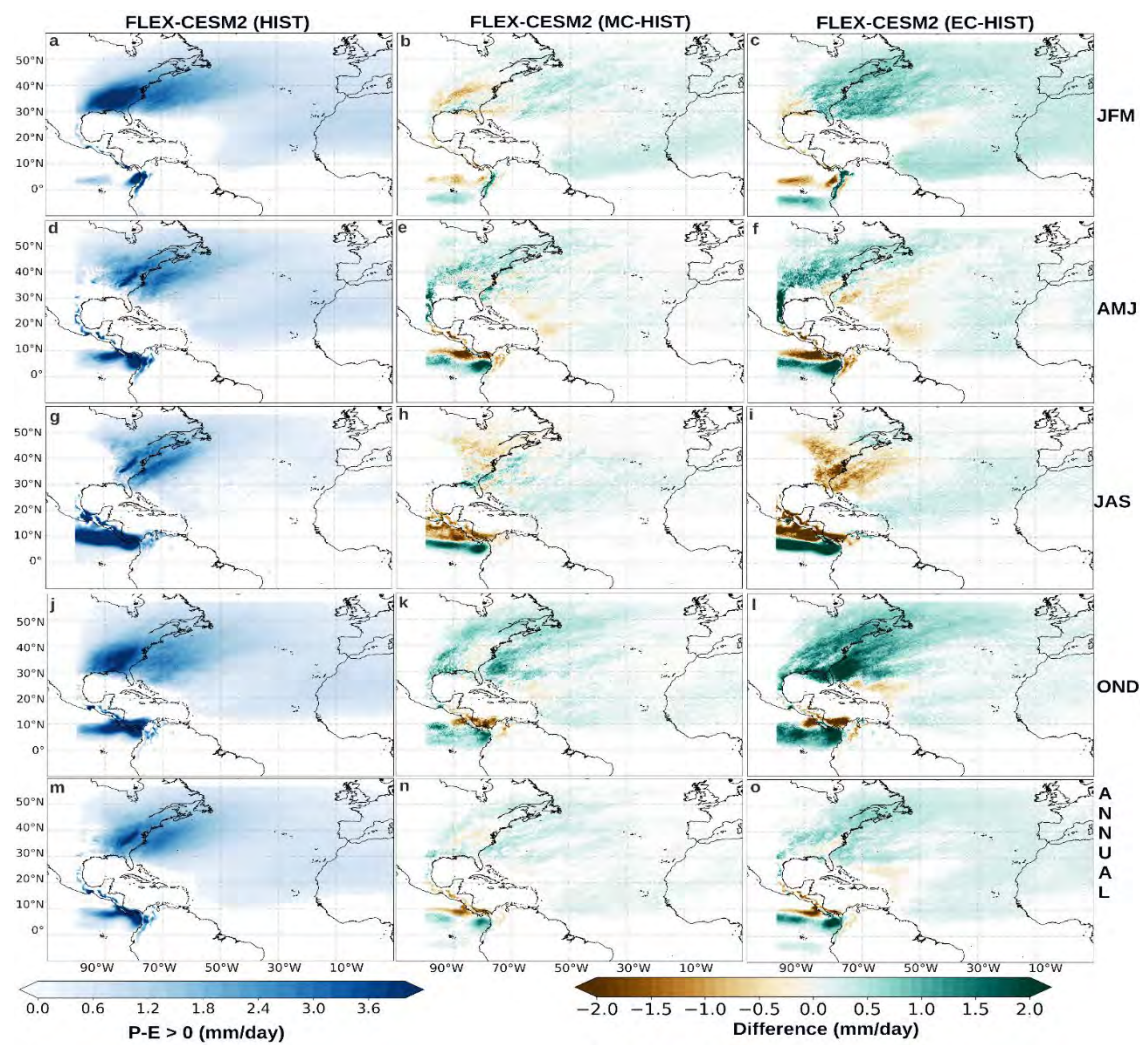


Figura 5: Cambios proyectados en la contribución a la precipitación de la fuente GM_CS (mm/día). Patrón histórico de FLEX-CESM2 (columna izquierda) y diferencias espaciales para mediados de siglo (MC: 2036-2065, columna central) y finales de siglo (MC: 2071-2100, columna derecha). Las filas, de arriba a abajo, corresponden a JFM, AMJ, JAS, OND y ANNUAL, respectivamente.

Future Changes in the Contribution of Gulf of Mexico-Caribbean Sea Moisture

Source: Impacts on Regional Precipitation Patterns

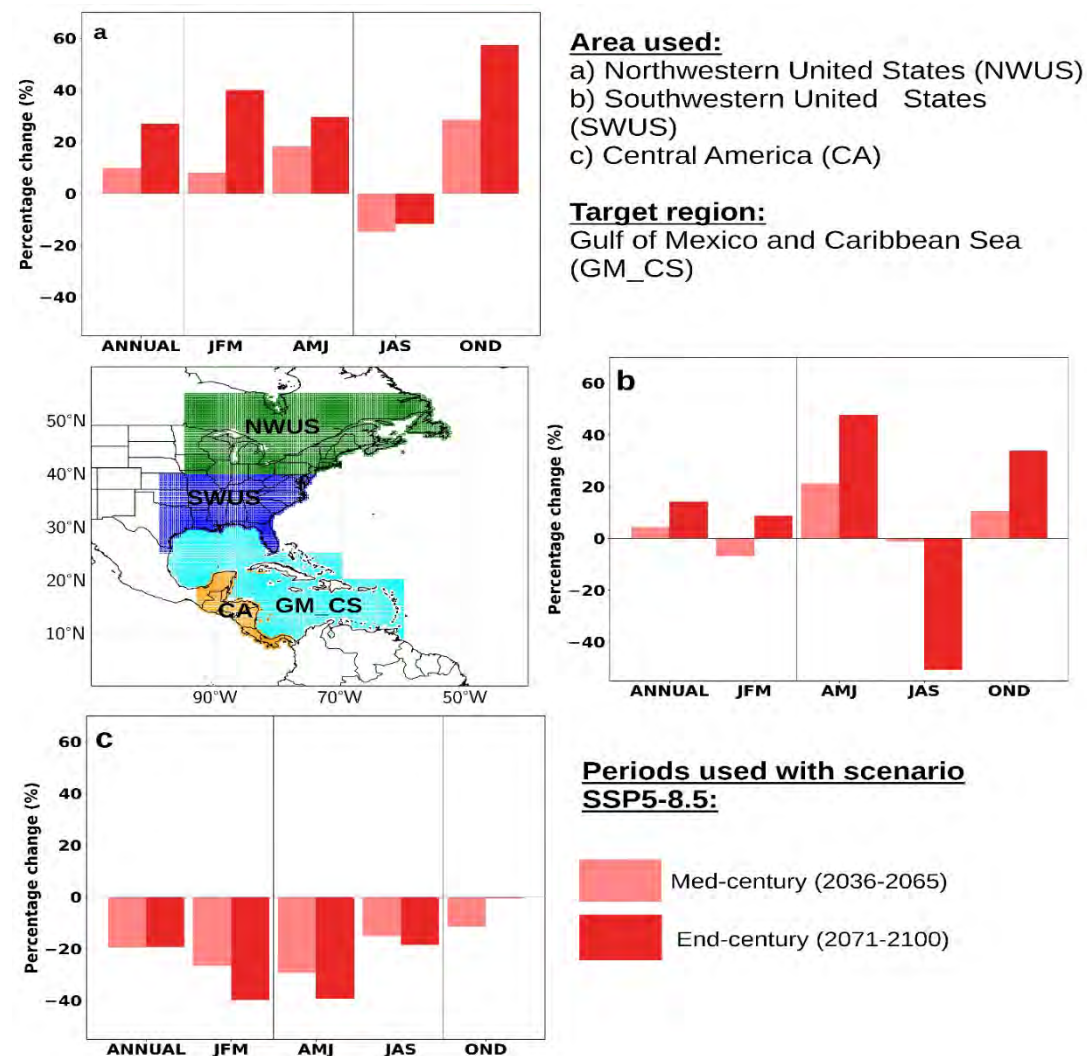


Figura 6: Cambios porcentuales proyectados (%) en la contribución a la precipitación desde la fuente de humedad GM_CS hasta los sumideros del Noreste de Estados Unidos (NEUS), el Sureste de Estados Unidos (SEUS) y Centroamérica (CA) en comparación con el período histórico. Períodos futuros considerados: mediados de siglo (MC: 2036-2065) y finales de siglo (2071-2100) según el escenario climático SSP5-8.5.

Cambios futuros en las fuentes de humedad en la región de la Macaronesia

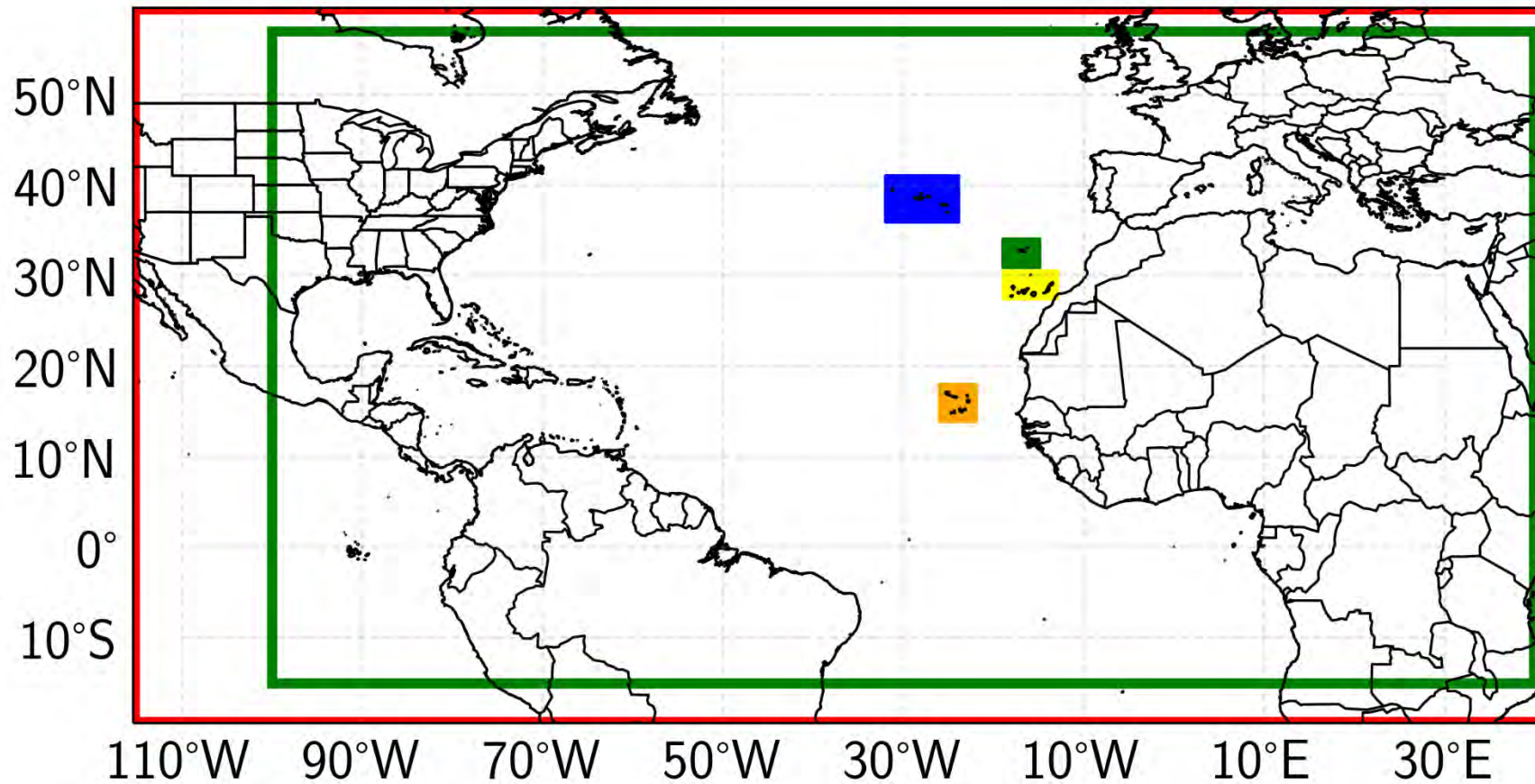
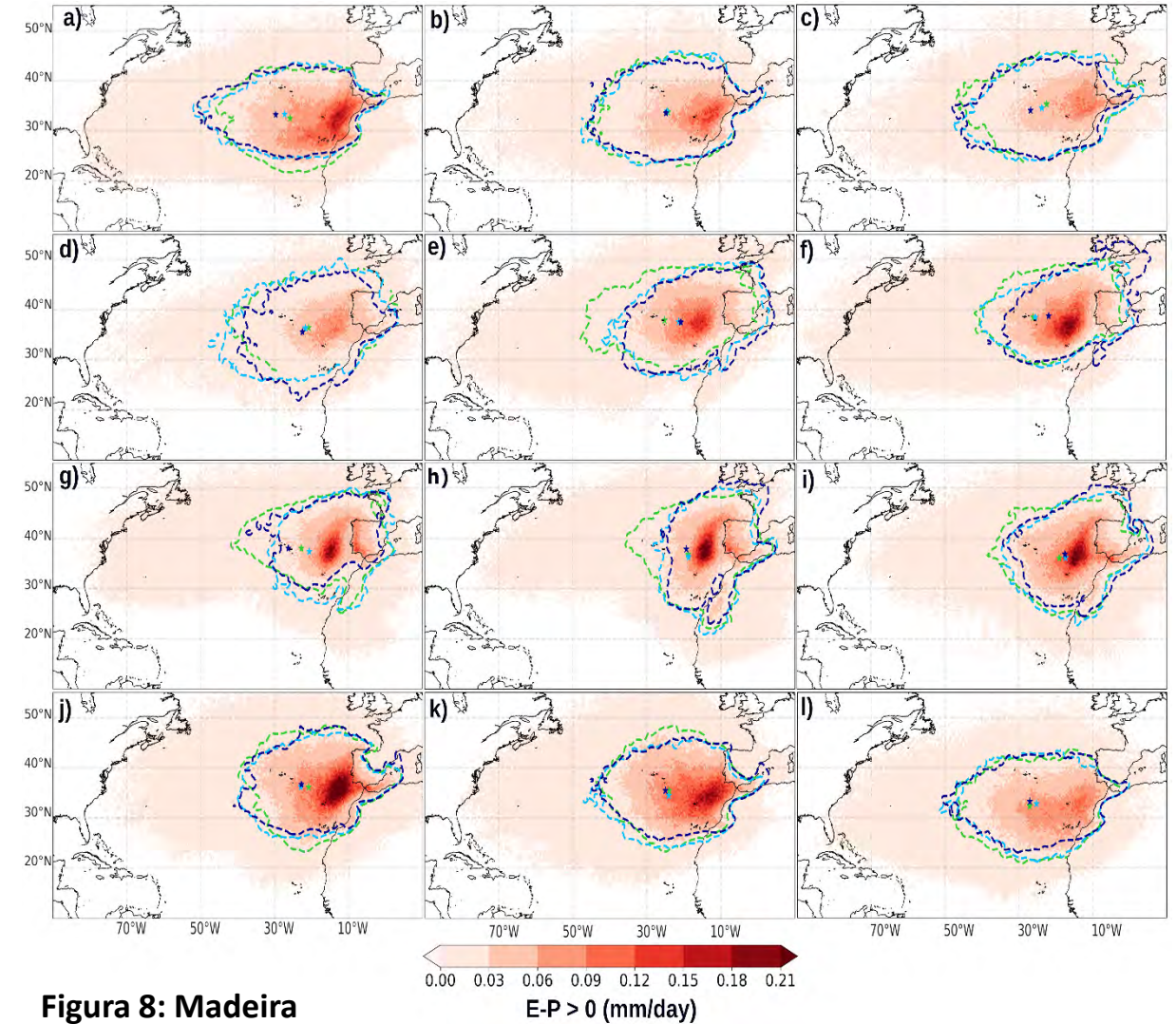
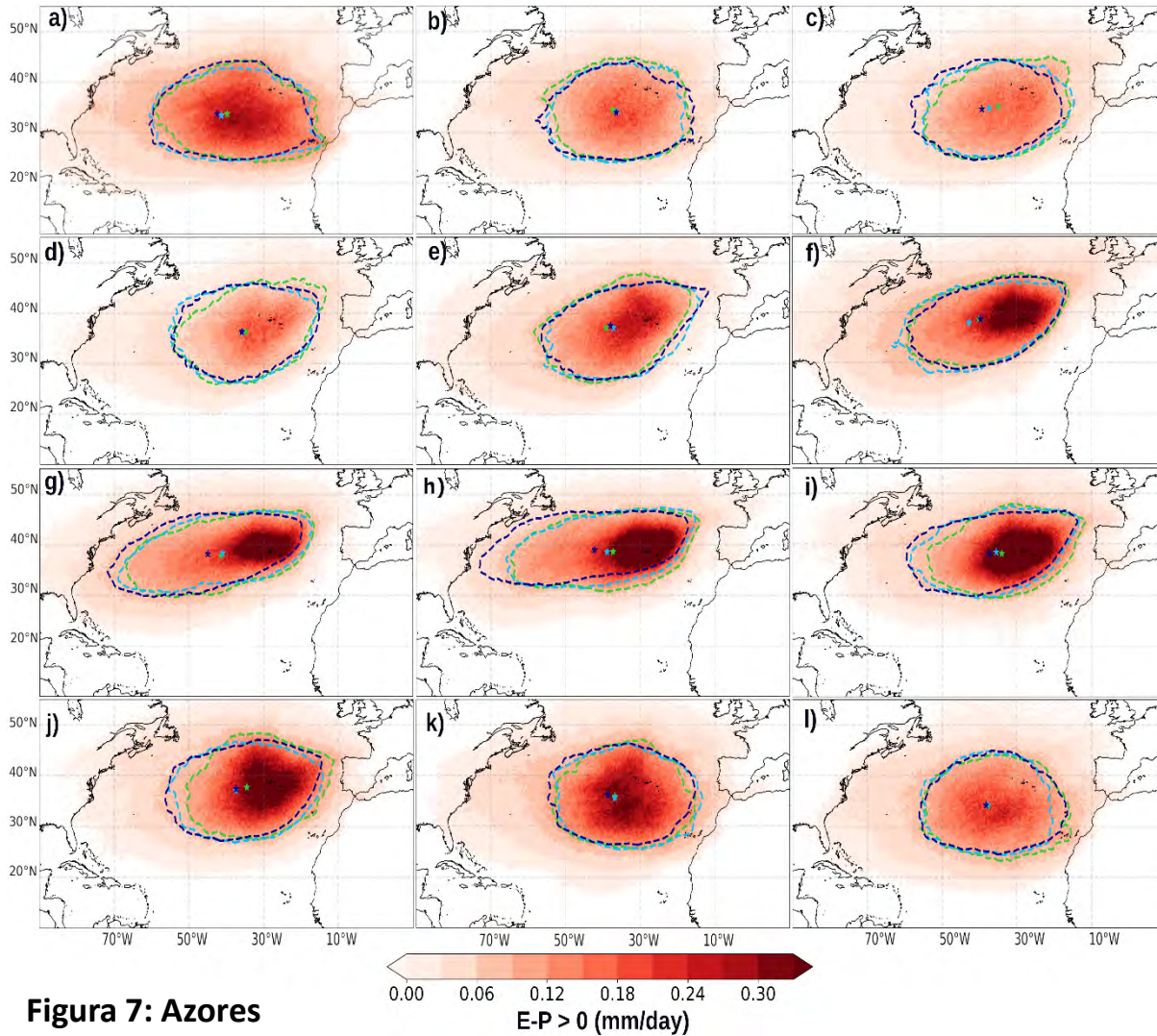


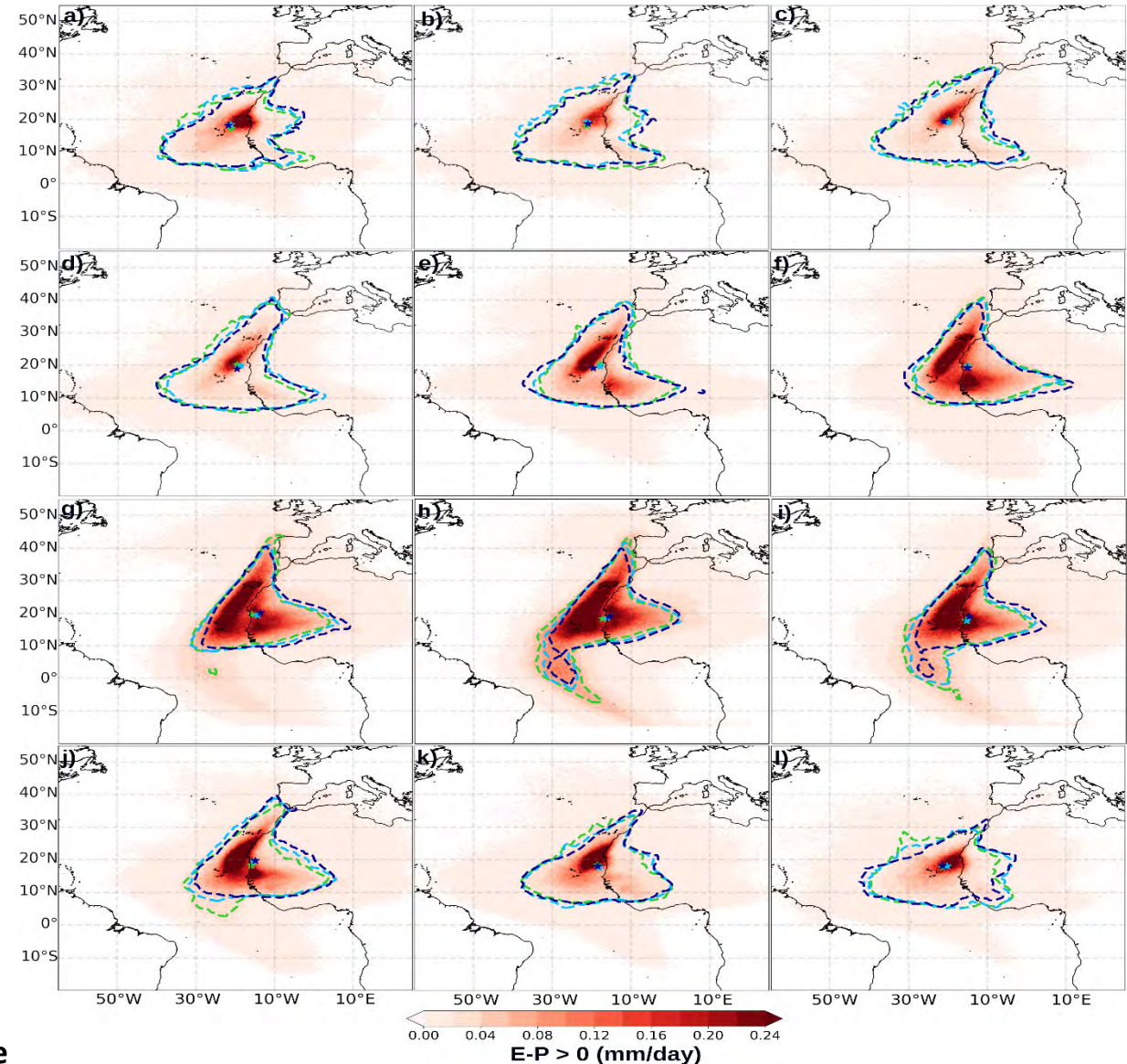
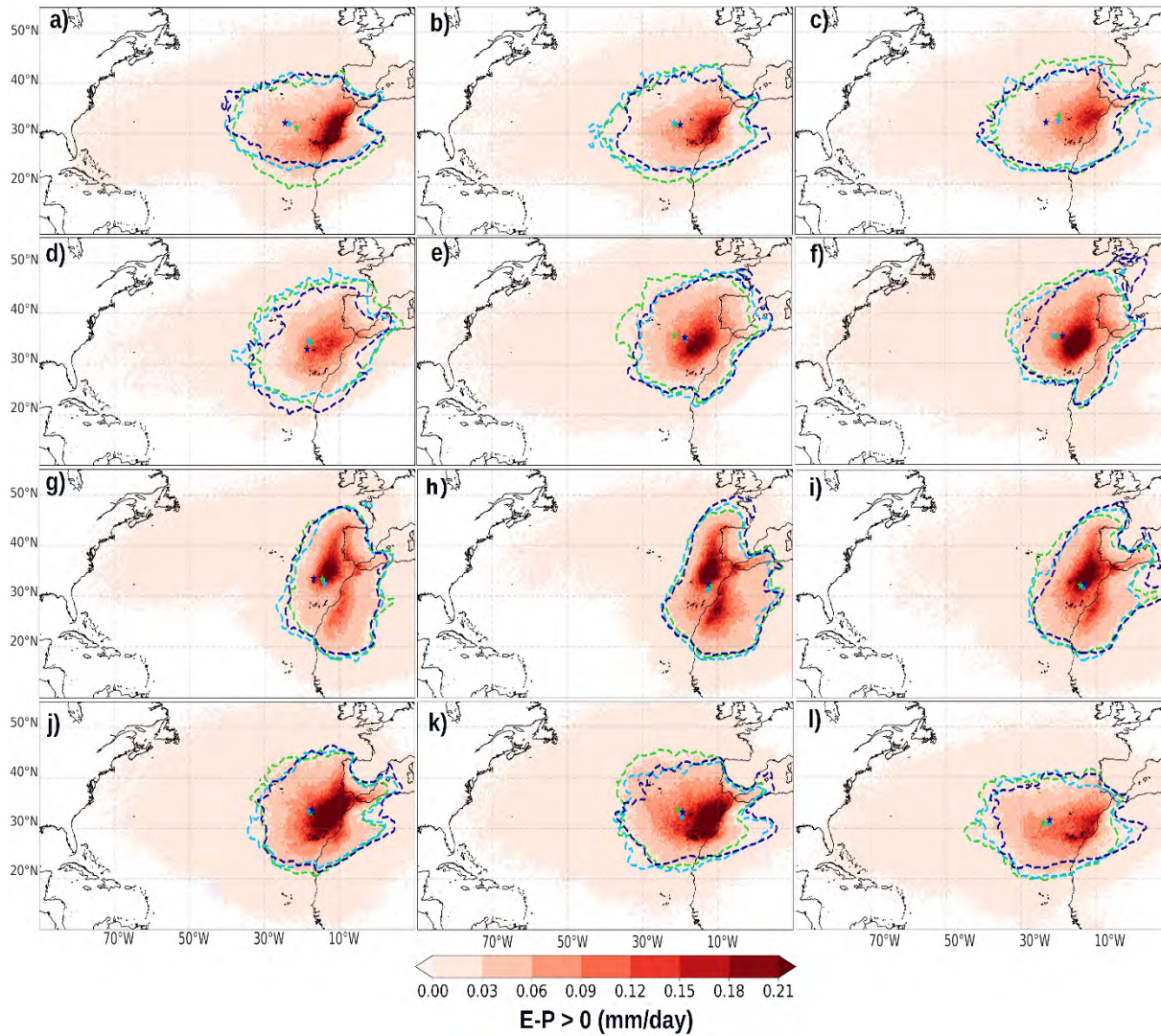
Figura 7: Dominios utilizados para WRF-ARW (rojo) y FLEXPART-WRF (verde) en las simulaciones. Regiones objetivo: Azores (azul), Madeira (verde), Islas Canarias (amarillo) y Cabo Verde (naranja) consideradas para el seguimiento de partículas.

Cambios futuros en las fuentes de humedad en la región de la Macaronesia



Patrón de las fuentes de humedad mensuales (mm/día) desde 1985 a 2014. Líneas discontinuas verdes, cian y azul representan el cuantil 95% de las fuentes de humedad en los períodos históricos, mediados y final de la centuria.

Cambios futuros en las fuentes de humedad en la región de la Macaronesia



Patrón de las fuentes de humedad mensuales (mm/día) desde 1985 a 2014. Líneas discontinuas verdes, cian y azul representan el cuantil 95% de las fuentes de humedad en los períodos históricos, mediados y final de la centuria.

Cambios futuros en las fuentes de humedad en la región de América Central

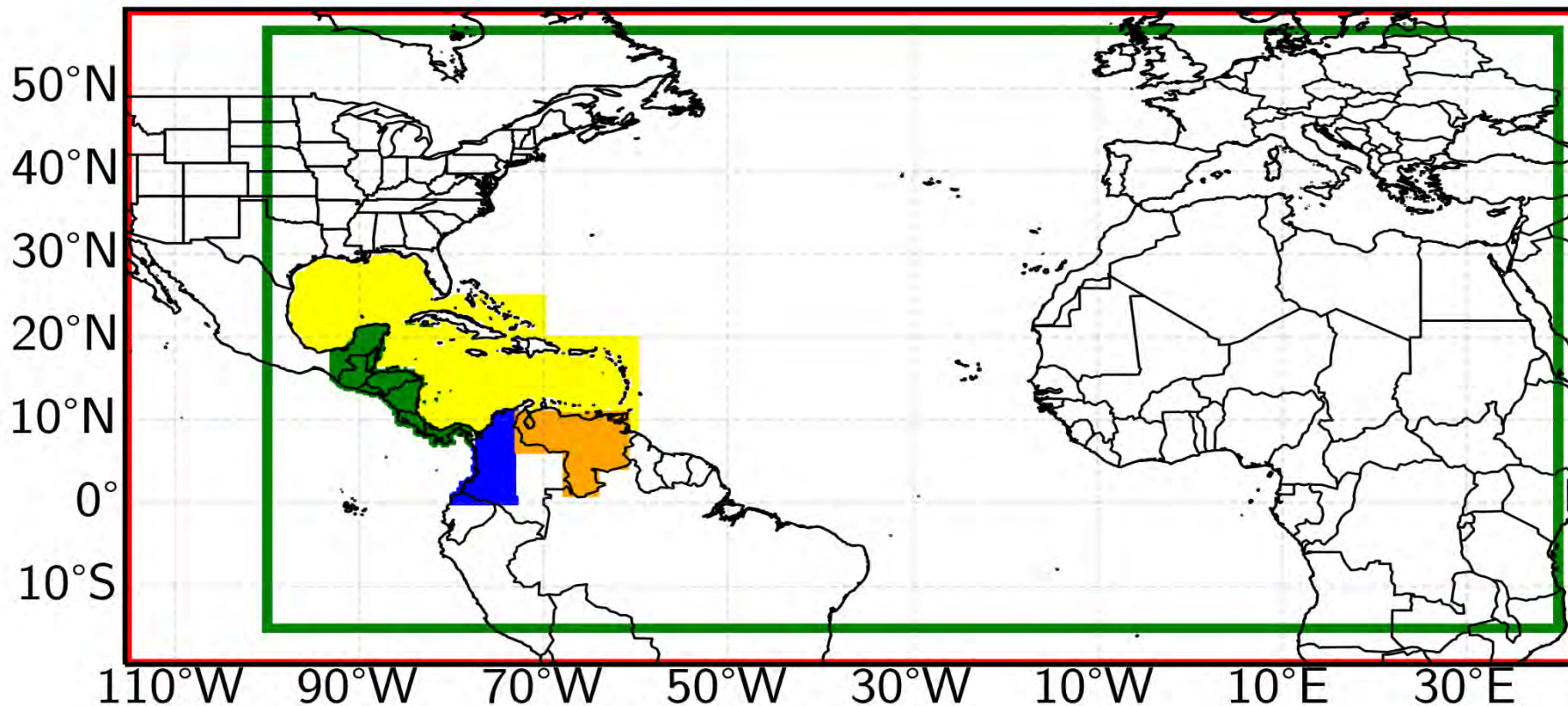


Figura 11: Dominios utilizados para WRF-ARW (rojo) y FLEXPART-WRF (verde) en las simulaciones. Regiones objetivo: Noroeste de Sudamérica (NOSA) (azul), América Central (verde) y Orinoco(naranja) consideradas para el seguimiento de partículas.

Empleo de modelos de regresión:

- Estudiar la relación (dependencia estadística) entre las fuentes de humedad y la precipitación bajo los climas presente y futuro (Variable respuesta es la precipitación y las covariables son las contribuciones).
 - Tres principales fuentes de humedad: Océano Atlántico Norte, Mar Caribe y Mar Mediterráneo.
 - Por regiones (Ej. Macaronesia, Centro América)
- Analizar la relación entre las contribuciones de las fuentes de humedad y los factores climáticos (Variable respuesta es la contribución de humedad y las covariables serían índices climáticos, como modos de variabilidad (por ejemplo, NAO)).
 - Series temporales: 1985- 2100 de las simulaciones de WRF y FLEXPART-WRF.
 - Modelos de regresión lineal, aditivos generalizados, de localización y escala, aditivos generalizados con coeficientes variables y a partir de la regresión cuantílica.

IV Encuentro Extremeño de Climatología
Badajoz, 12-13 de junio de 2025 Facultad de Ciencias, Campus Universitario

Relación fuentes-sumideros de humedad atmosférica en el Atlántico Norte: un enfoque lagrangiano y estadístico a alta resolución en diferentes escenarios climáticos.

Gleisis Alvarez Socorro

Directores: Raquel Nieto, Luis Gimeno, Luis Gimeno Sotelo

Universidad de Vigo