



INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA
ATMÓSFERA
Y CAMBIO CLIMÁTICO



HIDROCLIMATOLOGÍA
TROPICAL



Cambios futuros en los ciclones tropicales y las ondas del este sobre América del norte

Christian Dominguez^{1*}, James Done², Cindy Bruyère^{2,3}

^{1*} Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México City, México

² National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA

³ Environmental Sciences and Management, North-West University, Potchefstroom, South Africa

Jueves, 5 de octubre del 2023

Autora:
Catherine Preciado Santa
Docente

XIV SEMINARIO INTERNACIONAL
**LA SOSTENIBILIDAD UN
PUNTO DE ENCUENTRO**
¿Cómo estamos enfrentando el cambio climático?



Acreditados
en ALTA CALIDAD



¿Qué es un ciclón tropical?



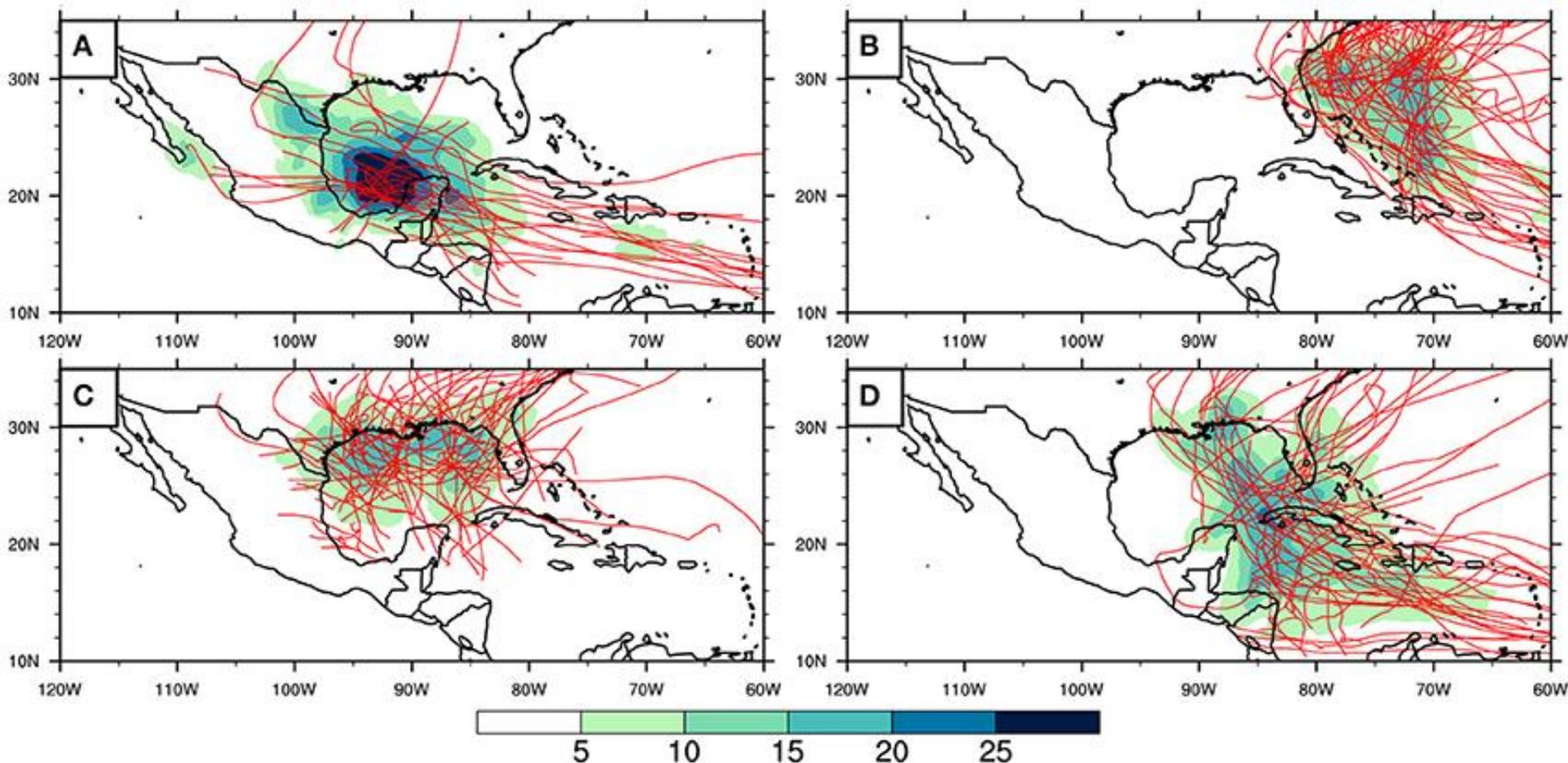
<https://www.nhc.noaa.gov/climo/>

Es un sistema de baja presión en superficie con un patrón organizado de nubes y cuyos vientos rotan alrededor de su centro en sentido contrario a las manecillas del reloj en el HN. Se origina sobre aguas muy cálidas tropicales (o subtropicales), asociado a una perturbación preexistente y vorticidad en la atmósfera baja.

Escala Saffir-Simpson

- **Depresión tropical:** vientos máximos sostenidos de 33 nudos (63 km/h) o menos.
- **Tormenta tropical:** vientos máximos sostenidos de 34 a 63 nudos (64 km/h – 118 km/h).
- **Huracán:** vientos máximos sostenidos de 64 a 95 nudos (119 km/h – 177 km/h).
- **Huracanes “mayores” o muy destructivos:** vientos máximos sostenidos de 96 a 137 nudos (178 km/h – 252 km/h).

Clusters de CTs sobre los Mares Intramericanos y su contribución (%) a la lluvia estacional

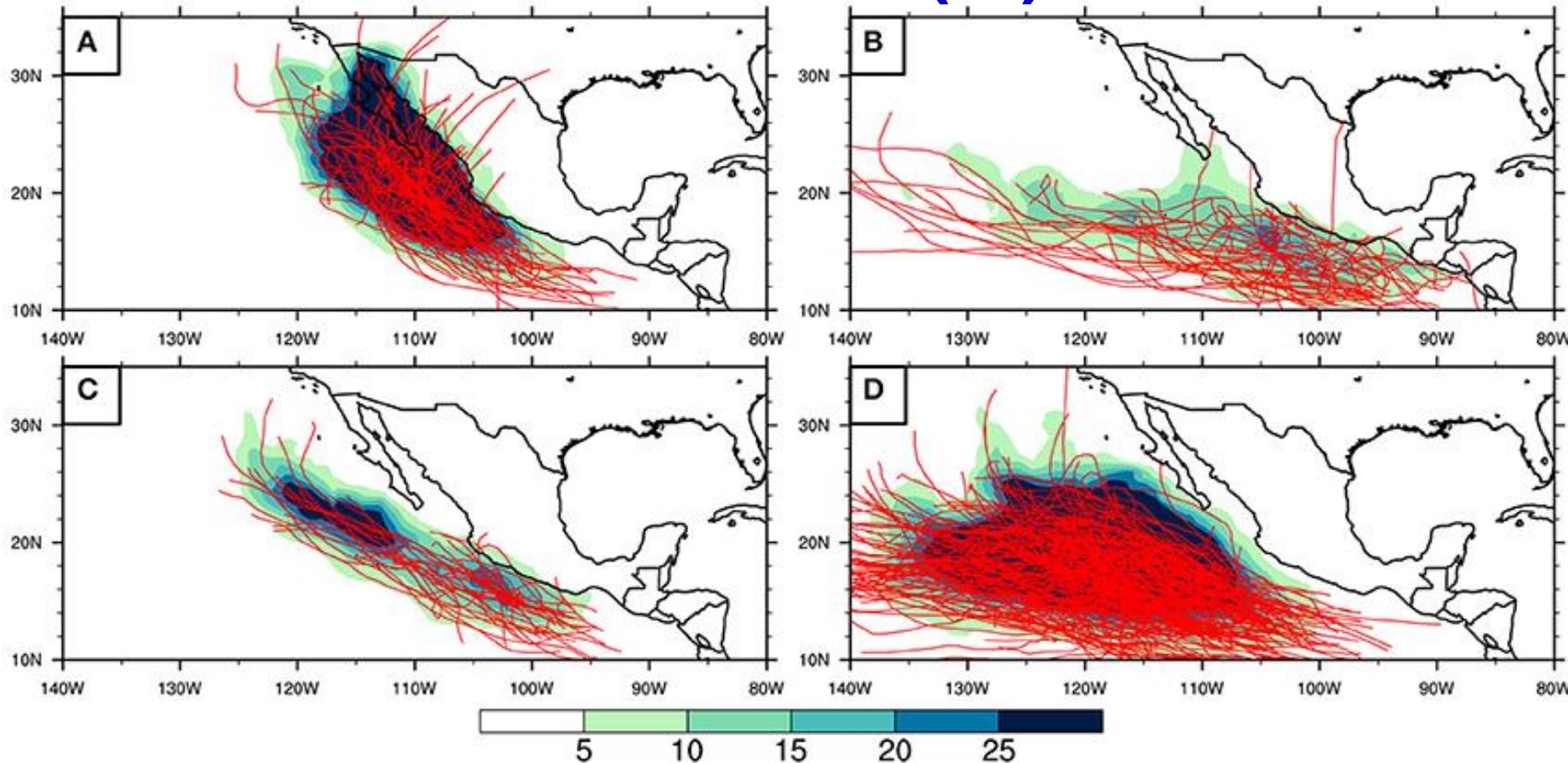


Contribución (%) del cluster (A) IAS-A, (B) IAS-B, (C) IAS-C, y (D) IAS-D a la lluvia estacional (sombreado) sobre los Mares Intra Americanos para el periodo 1979-2009. Las trayectorias de CTs están representadas en color rojo.

La lluvia producida por un CT está confinada en 250 km de radio

Dominguez and Magaña (2018)

Clusters de CTs sobre el Océano Pacífico del este y su contribución (%) a la lluvia estacional



Contribución (%) del cluster (A) TEP-A, (B) TEP-B, (C) TEP-C, y (D) TEP-D a la lluvia estacional (sombreado) sobre el Océano Pacífico del este para el periodo 1979-2009. Las trayectorias de CTs están representadas en color rojo.

La lluvia producida por un CT está confinada en 250 km de radio

Dominguez and Magaña (2018)

Los desastres asociados al paso de CTs son los más costosos en México



CTs representan **86.5%** de los costos anuales de los desastres en México y el principal peligro asociado a los CTs es la lluvia extrema que producen (CENAPRED, 2019)

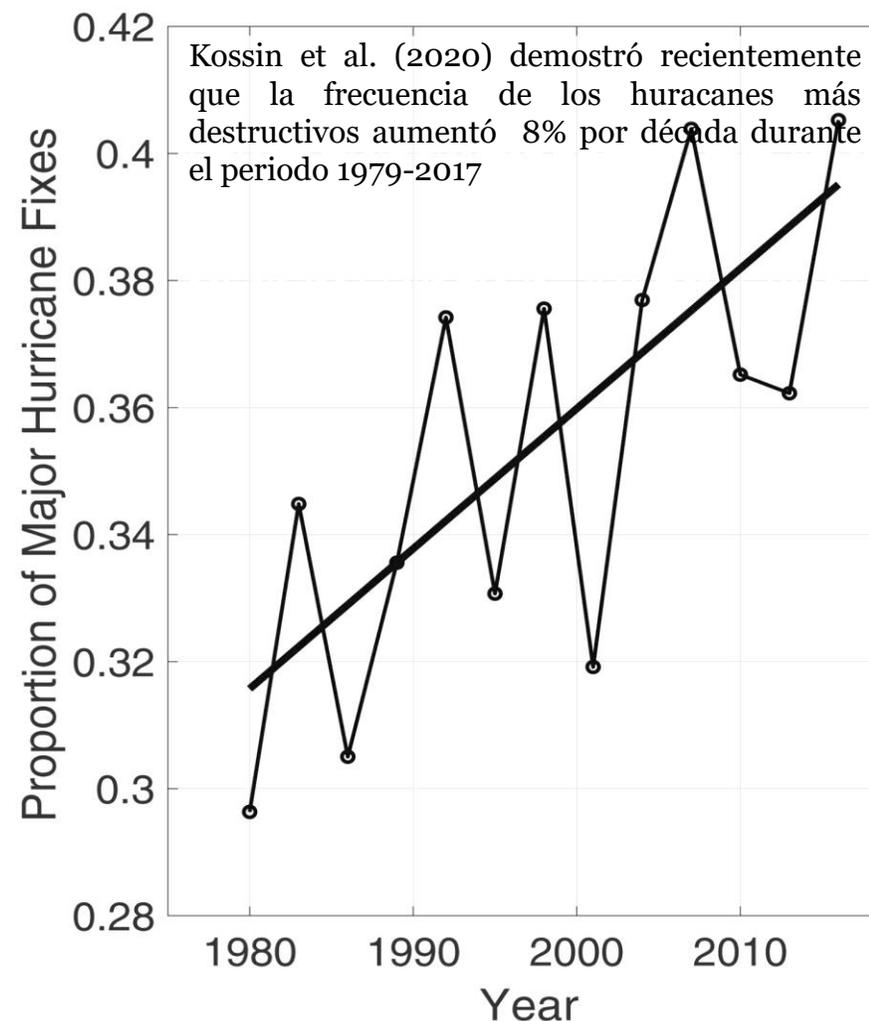
https://en.wikipedia.org/wiki/2020_Atlantic_hurricane_season

¿Qué pasará con los CTs en condiciones de CC?

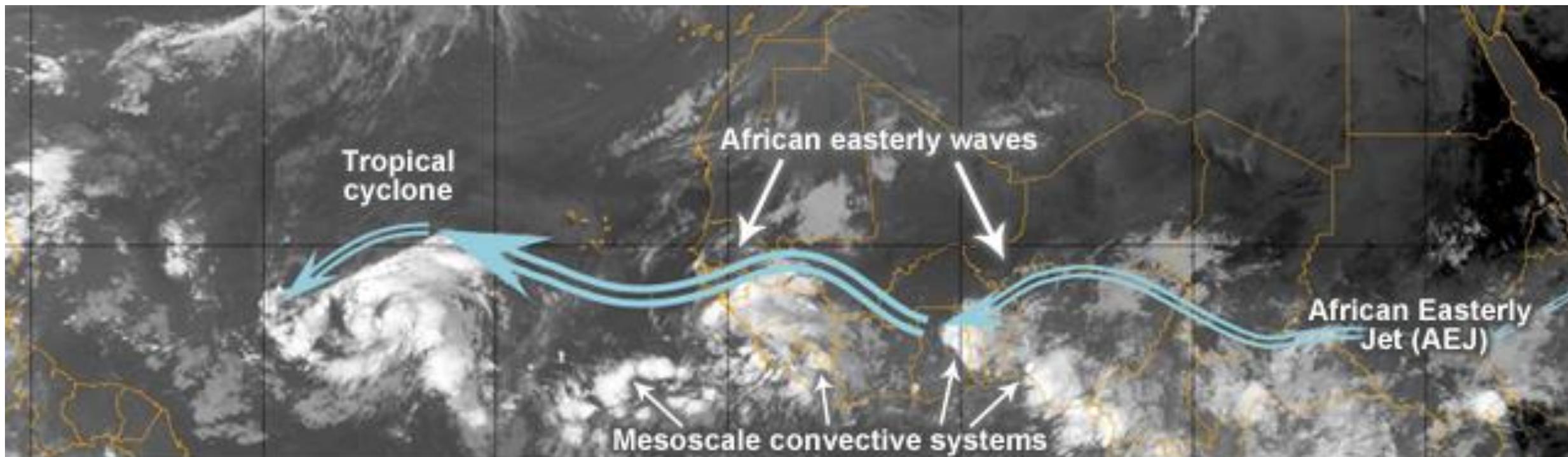
Table 1. Summary of author opinion on key tropical cyclone projections statements. The number in parentheses is the number of authors, out of 11, who responded with the given confidence level.

Precipitation rates of TCs are projected to increase globally. Confidence: high (6); medium-to-high (5)
Intensity of TCs is projected to increase globally. Confidence: high (3); medium-to-high (7); low-to-medium (1)
Proportion of category 4–5 TCs is projected to increase globally. Confidence: high (3); medium-to-high (8)
Frequency of category 4–5 TCs is projected to increase globally. Confidence: high (1); medium-to-high (4); medium (1); low-to-medium (2); low (3)
Frequency of all TCs (category 0–5) is projected to <i>decrease</i> globally. Confidence: medium-to-high (3); medium (1); low-to-medium (7)
Latitude of maximum TC intensity in western North Pacific will migrate poleward. Confidence: medium-to-high: (2); medium (4); low-to-medium (4); low (1)

Knutson et al. (2020) encontraron que las lluvias asociadas a CTs aumentarán 14% mundialmente al calentarse el planeta 2°C (confianza media a alta). *No se obtuvo un consenso sólido en los cambios proyectados en las trayectorias de los CTs y sus tamaños a una escala global.*

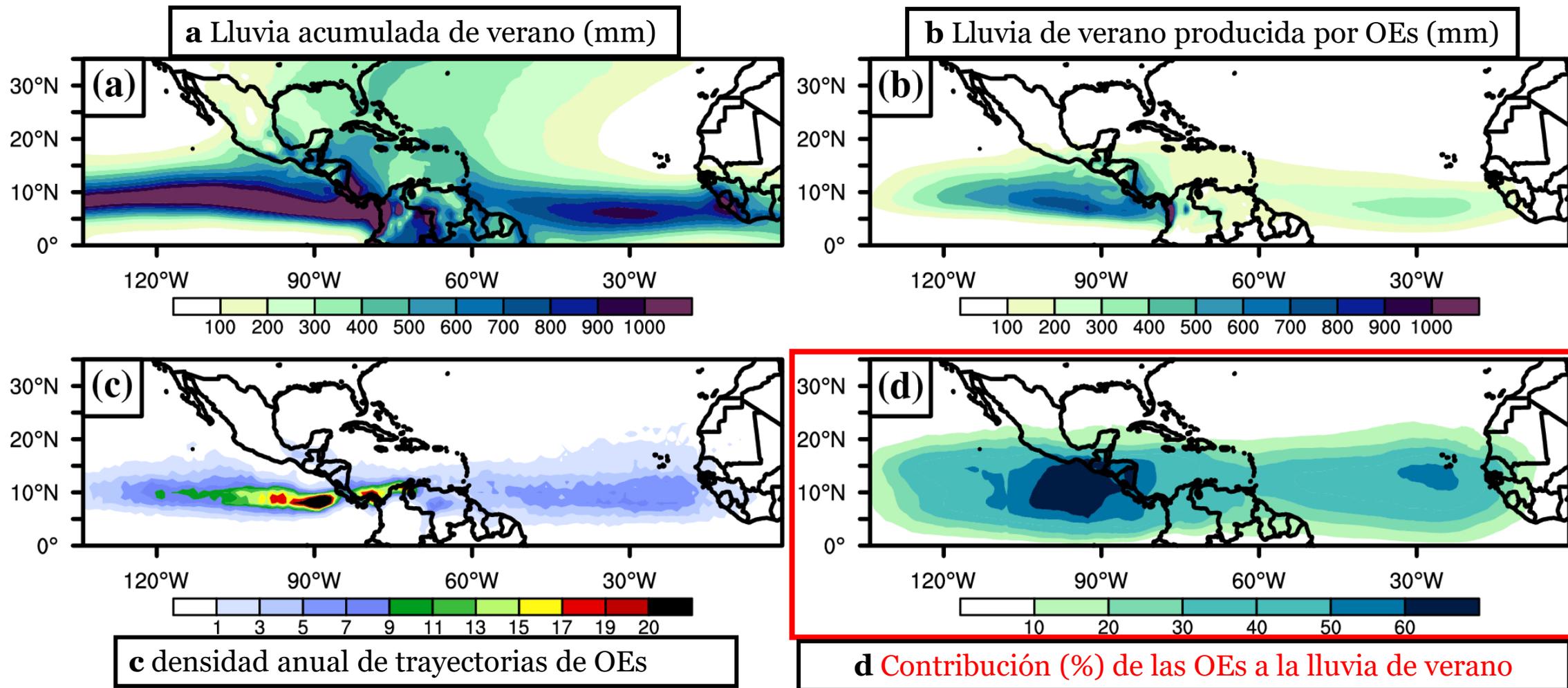


Las ondas del este con frecuencia dan origen a los ciclones tropicales



Sin embargo, no existen muchos estudios que exploren su importancia en la lluvia de los trópicos

Contribución de las ondas del este a la precipitación estacional



Periodo 1980-2013 (ERA-Interim)

Dominguez, Done and Bruyère (2020)

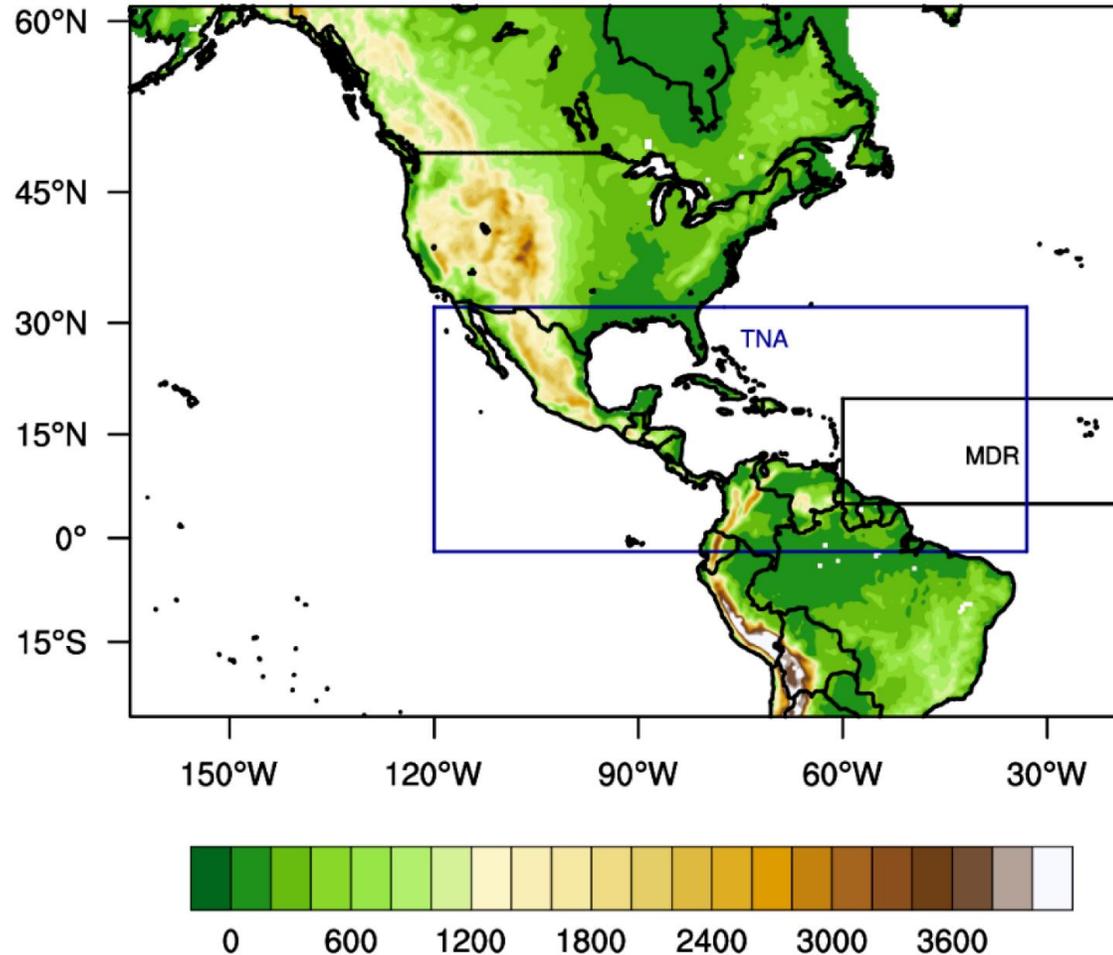
Pregunta de investigación

Las ondas del este (OEs) y los ciclones tropicales (CTs) producen importantes cantidades de precipitación en los trópicos, especialmente en México

¿qué pasará con su actividad y con la lluvia que producen bajo condiciones de cambio climático?



Regiones tropicales que se usaron para estudiar cambios futuros en los CTs y OEs



1. Región principal de Desarrollo (MDR)
2. Américas Tropicales (TAs)

- **71% de todos los CTs se forman en la MDR**
- **79% de los huracanes más intensos (categoría 3, 4 y 5) también se forman en la MDR.**

Diseño del ensamble usando el WRF

Ensamble

		Community Atmospheric Model		Rapid Radiative Transfer Gases Model	
		MYJ	YSU	MYJ	YSU
KF	WSM6	CK6M	CK6Y	RK6M	RK6Y
	Thompson	CKTM	CKTY	RKTM	RKTY
NSAS	WSM6	CN6M	CN6Y	RN6M	RN6Y
	Thompson	CNTM	CNTY	RNTM	RNTY
Tiedtke	WSM6	CT6M	CT6Y	RT6M	RT6Y
	Thompson	CTTM	CTTY	RTTM	RTTY

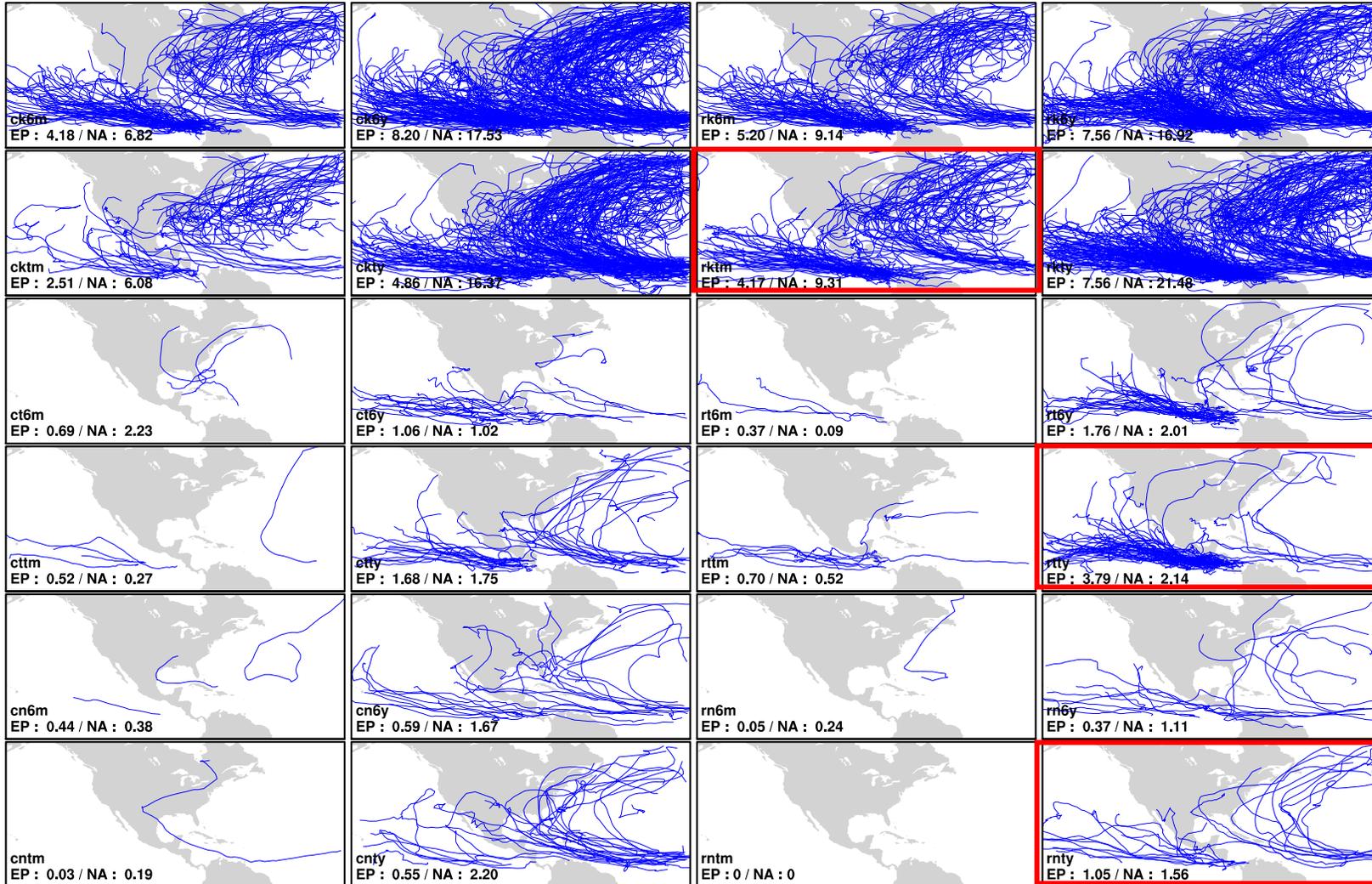
Periodo base (ERA-Interim, presente) = 1990-2000
Cuatro futuros (usando el CESM y el RCP 8.5):

- 1) Futuro cercano (2020-2030)
- 2) Futuro cercano (2030-2040)
- 3) Futuro lejano (2050-2060)
- 4) Futuro lejano (2080-2090)

(Bruyère et al. 2017)

De los 24 miembros creados por NCAR, **sólo se escogieron 10 miembros** que simularan adecuadamente la actividad ciclónica tropical para estudiar los CTs y las OEs en 1990-2000.

Actividad ciclónica del ensamble de 24 miembros del WRF

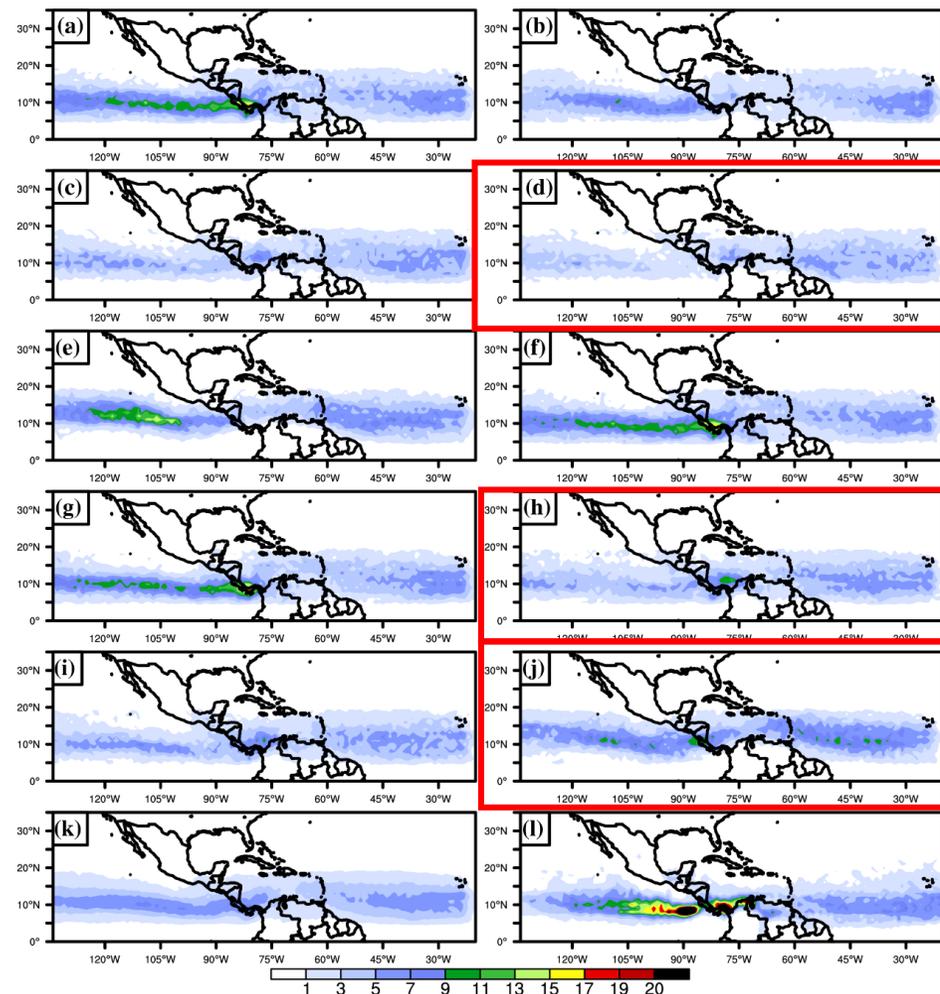


WRF a 36 km

(Bruyère et al. 2017)



Densidad de trayectorias de las OEs en las simulaciones climáticas regionales (1990-2000)

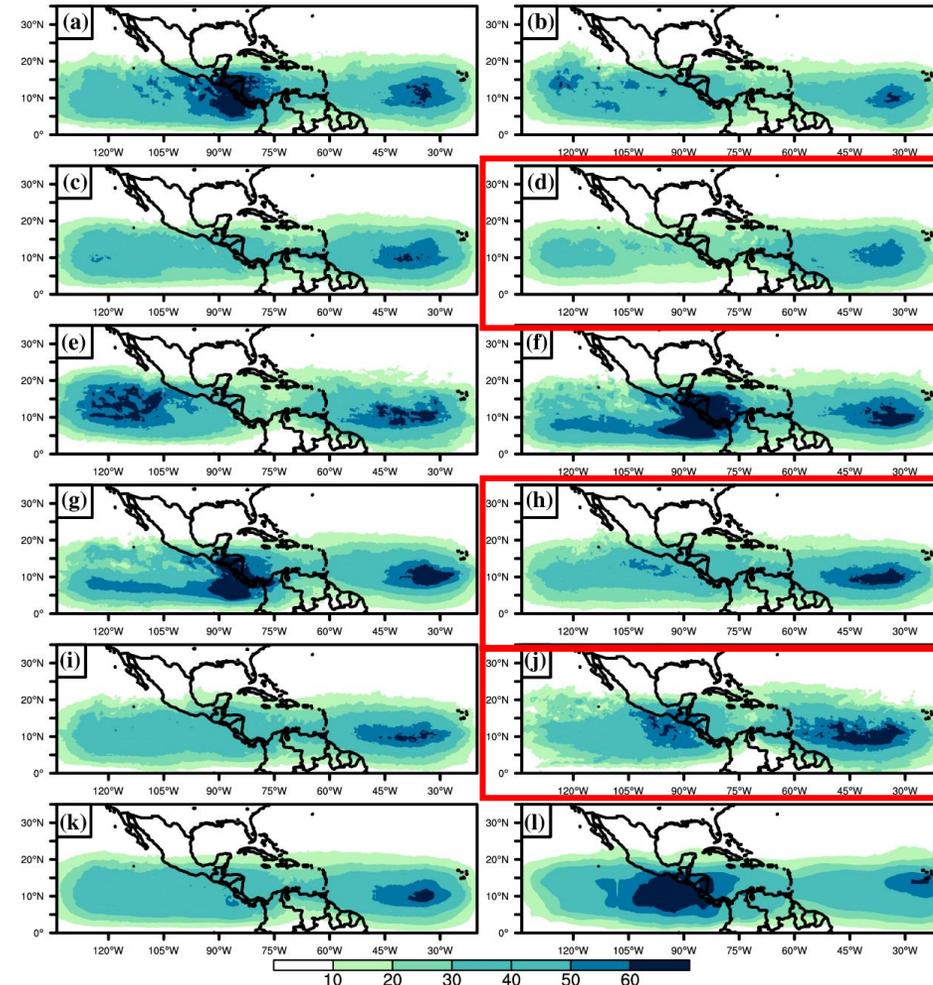


Densidad anual de las trayectorias de las OEs en 10 miembros del ensamble del WRF: **a** ck6m, **c** ck6m, **e** cn6y, **g** cnty, **i** ctty, **b** rk6m, **d** rk6m, **f** rn6y, **h** rnty, **j** rtty, **k** promedio del ensamble y **l** ERAI durante el periodo 1990-2000.

Dominguez, Done and Bruyère (2020)

La primera letra indica el esquema de radiación (c para CAM y r para RRTMG), la segunda letra indica la parametrización de cúmulos (k para KF, n para NAS y t para Tiedtke), la tercera letra indica el esquema de microfísica (6 para WSM6C, t para Thompson) y la cuarta letra representa el esquema de la capa límite planetaria (m para MYJ, y "y" para YU). El esquema Noah fue el único esquema usado de la superficie terrestre para todos los experimentos.

Contribución (%) de las OEs a la lluvia estacional en las simulaciones climáticas regionales (1990-2000)

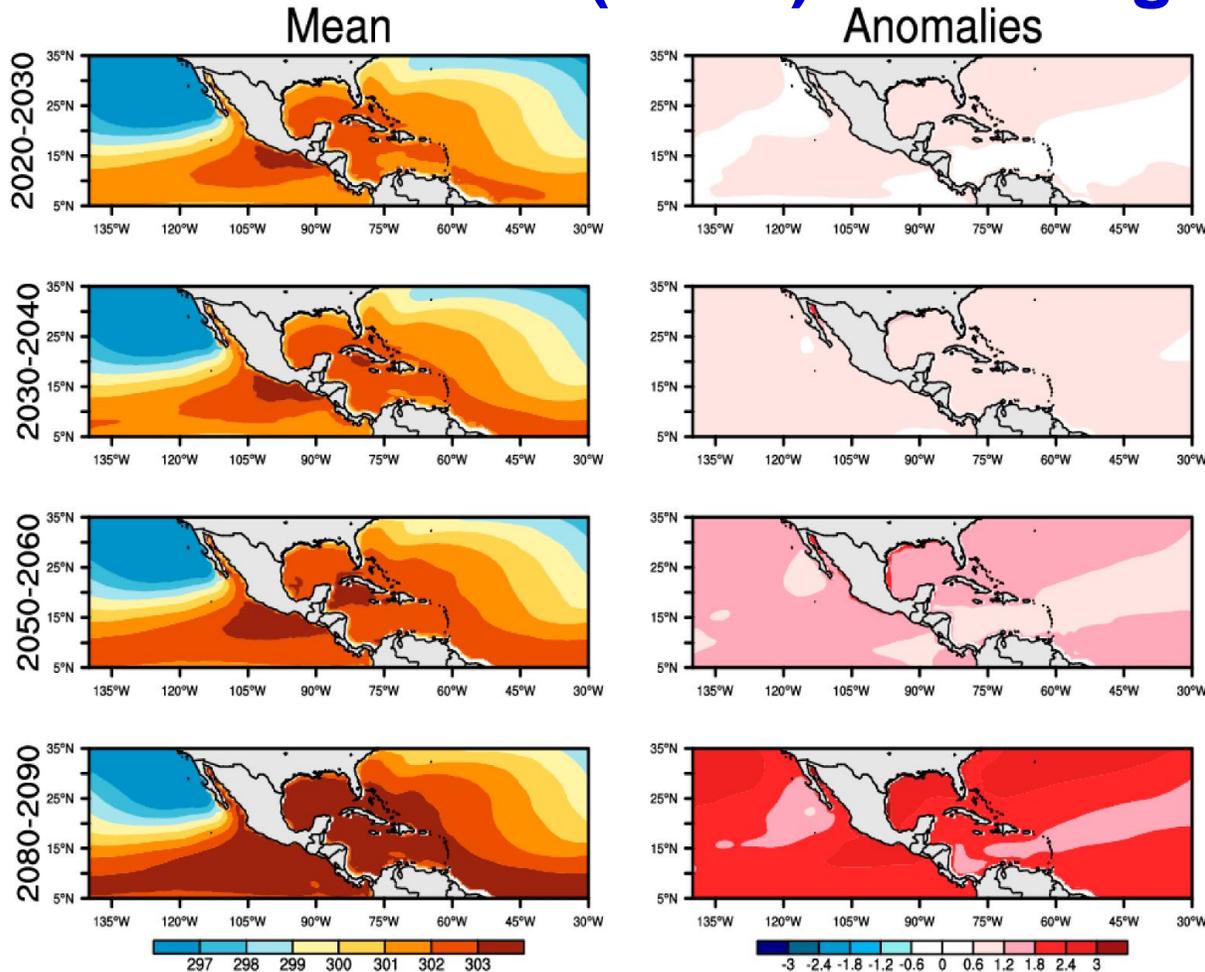


Contribución (%) de las OEs a la lluvia estacional en 10 miembros del ensamble del WRF: **a** ck6m, **c** cktm, **e** cn6y, **g** cnty, **i** ctty, **b** rk6m, **d** rktm, **f** rn6y, **h** rnty, **j** rtty, **k** promedio del ensamble y **l** ERAI durante el periodo 1990-2000.

Dominguez, Done and Bruyère (2020)

La primera letra indica el esquema de radiación (c para CAM y r para RRTMG), la segunda letra indica la parametrización de cúmulos (k para KF, n para NAS y t para Tiedtke), la tercera letra indica el esquema de microfísica (6 para WSM6C, t para Thompson) y la cuarta letra representa el esquema de la capa límite planetaria (m para MYJ, y "y" para YU). El esquema Noah fue el único esquema usado de la superficie terrestre para todos los experimentos.

Cambios proyectados en la temperatura de la superficie del mar (SSTs) en las siguientes décadas

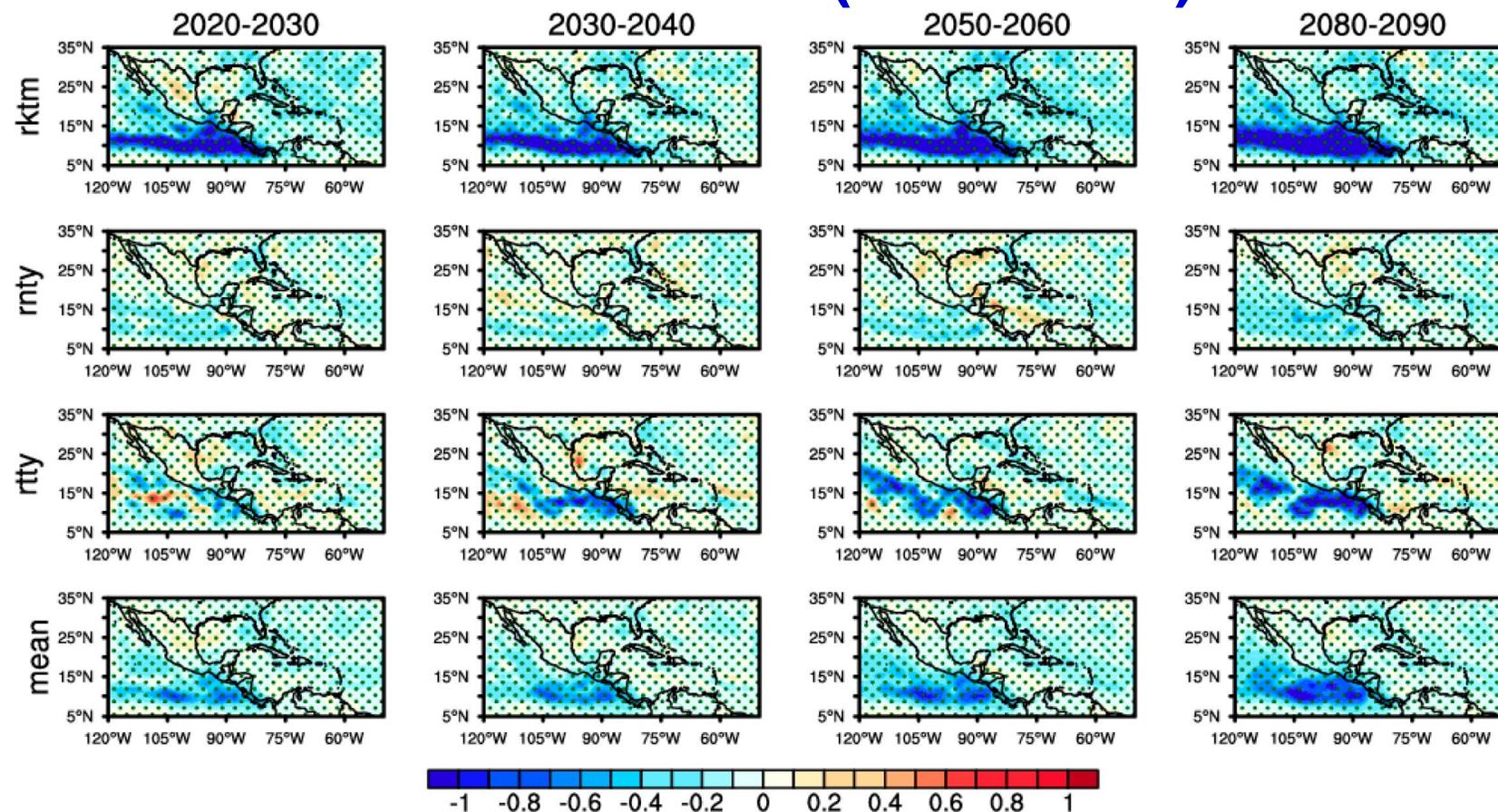


Promedio (mean, K) y anomalías promedio (K) de la temperatura de la superficie del mar sobre las Américas Tropicales, con respecto al periodo de referencia 1990-2000.

Dominguez, Done and Bruyère (2021)



Anomalías promedio de la densidad de CTs en los escenarios futuros con respecto al periodo de referencia (1990-2000)

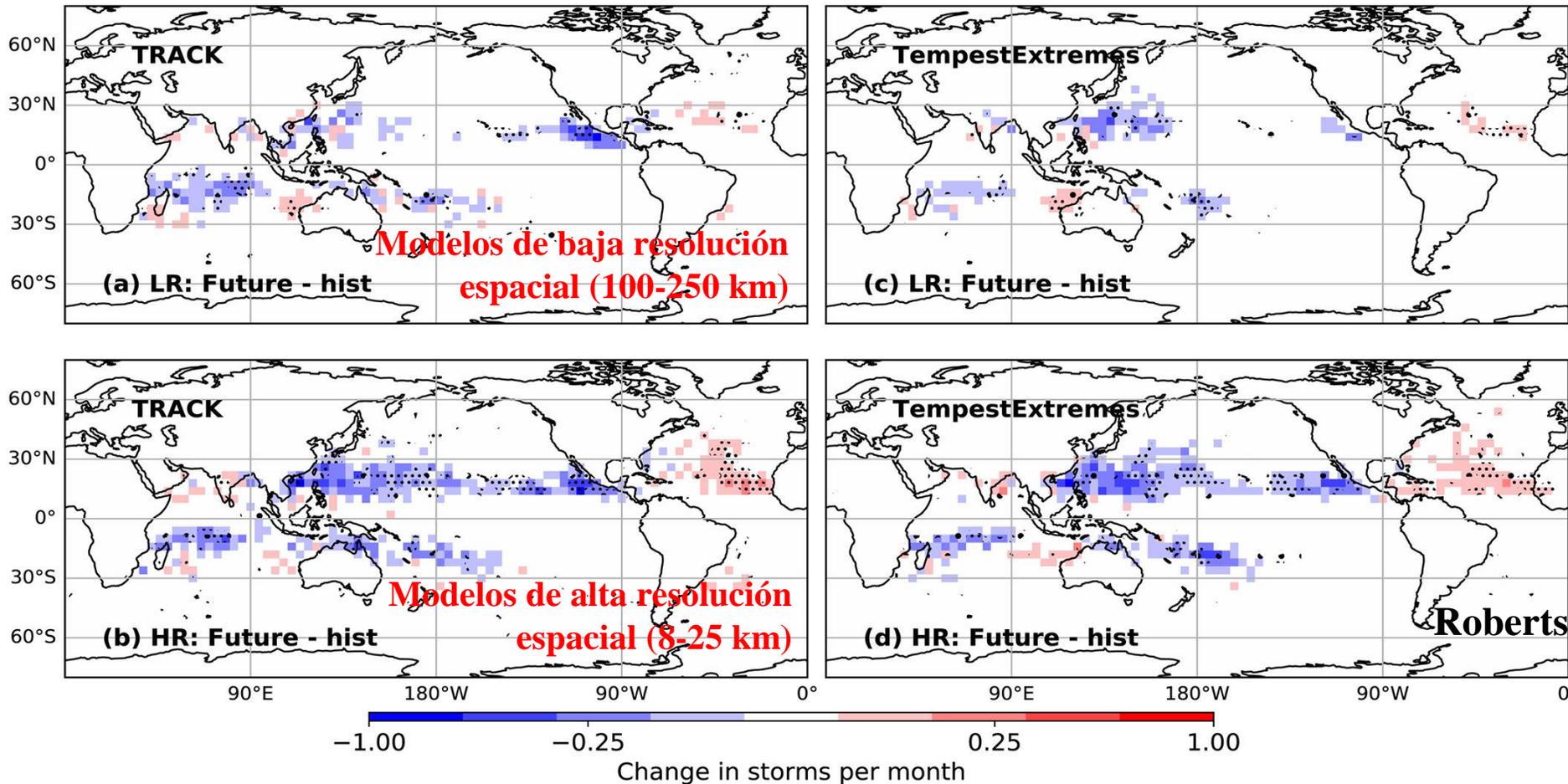


Las regiones punteadas representan un 95% de nivel de significancia aplicando la prueba Kolmogorov–Smirnov para dos muestras independientes.

Dominguez, Done and Bruyère (2021)

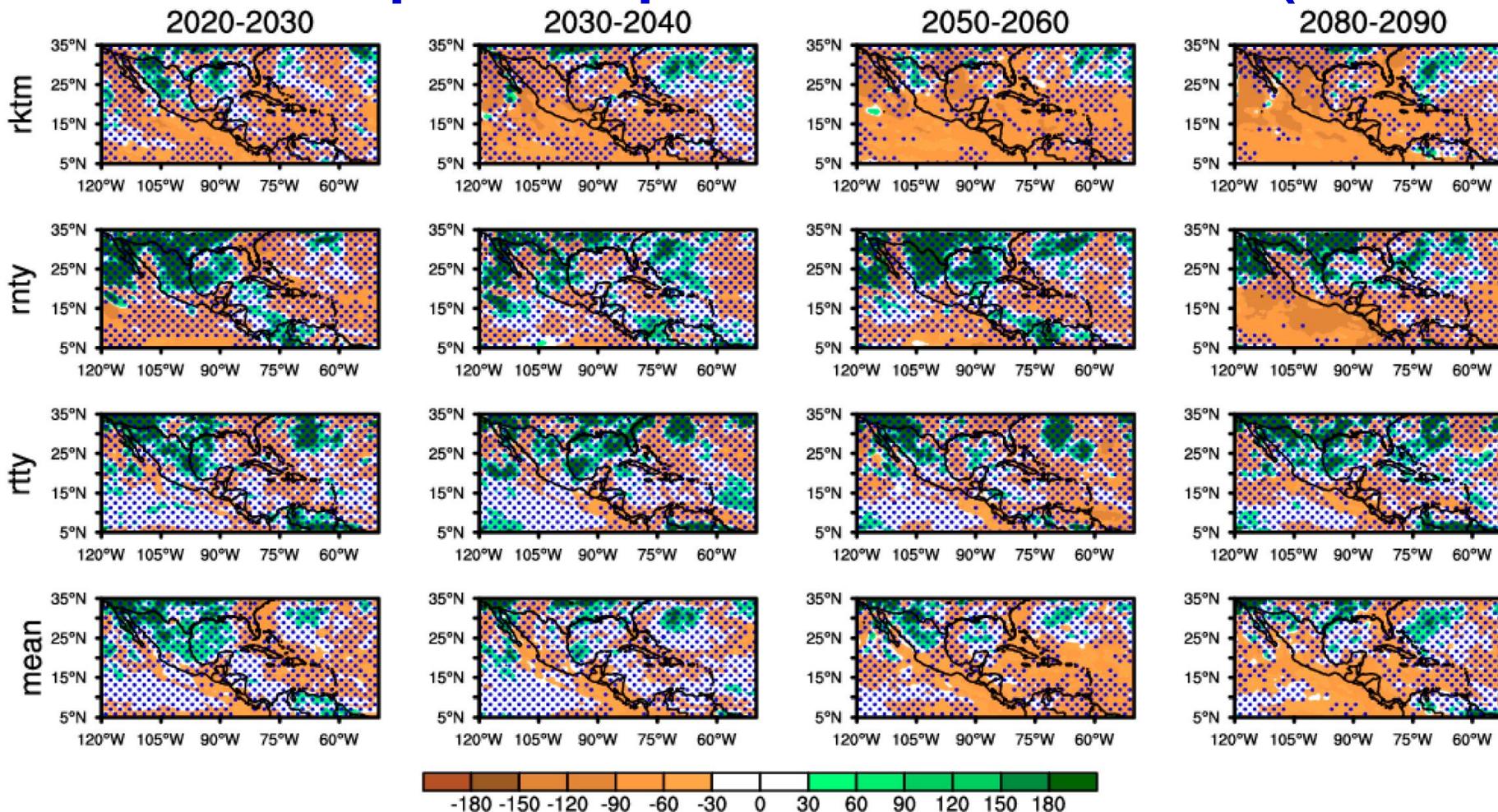


Cambios proyectados en la actividad ciclónica tropical para 2020-2050 en comparación con 1950-1980 (RCP8.5)



Roberts et al. (2020)

Cambios proyectados (%) en la precipitación asociada a los CTs con respecto al periodo de referencia (1990-2000)

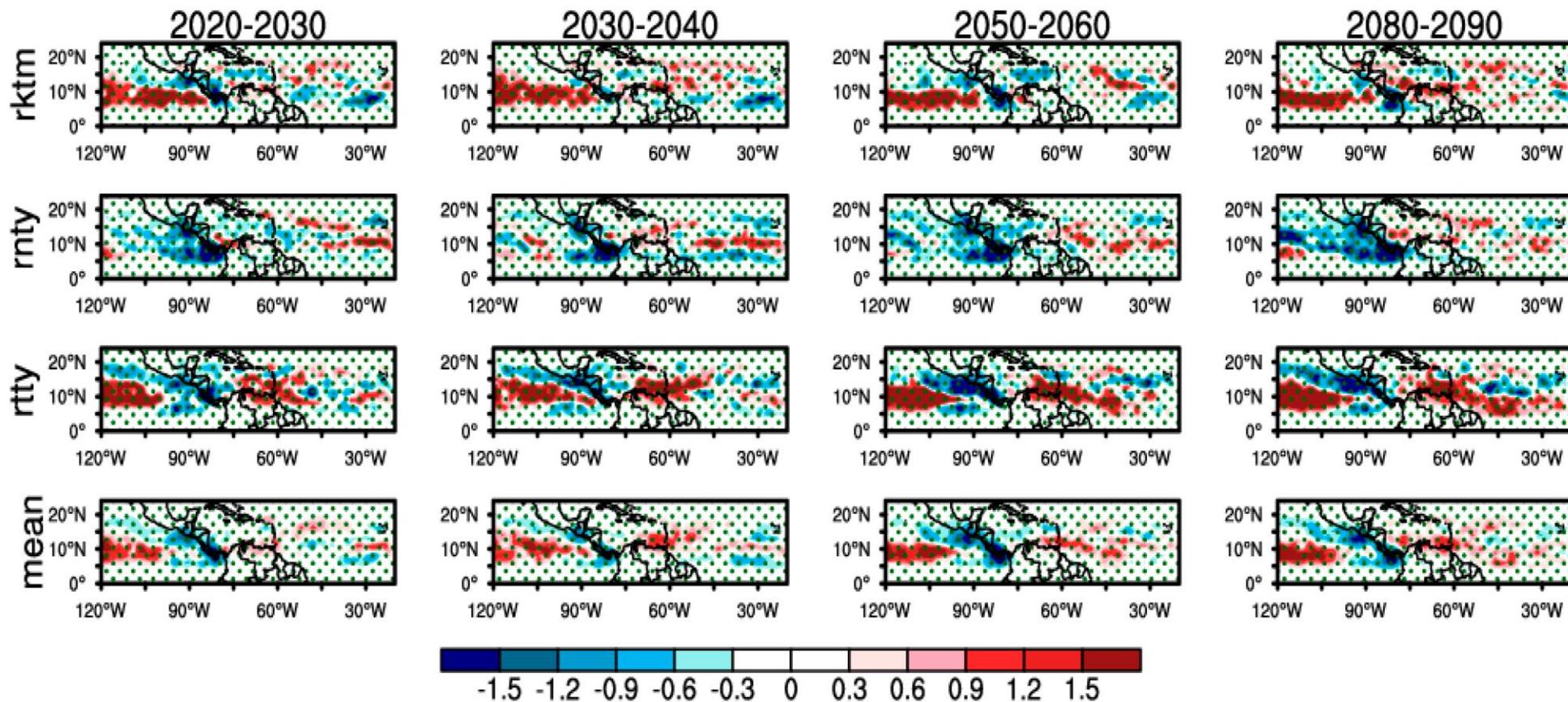


Las regiones punteadas representan un 95% de nivel de significancia aplicando la prueba Kolmogorov–Smirnov para dos muestras independientes.

Dominguez, Done and Bruyère (2021)



Anomalías promedio de la densidad de OEs en los escenarios futuros con respecto al periodo de referencia (1990-2000)

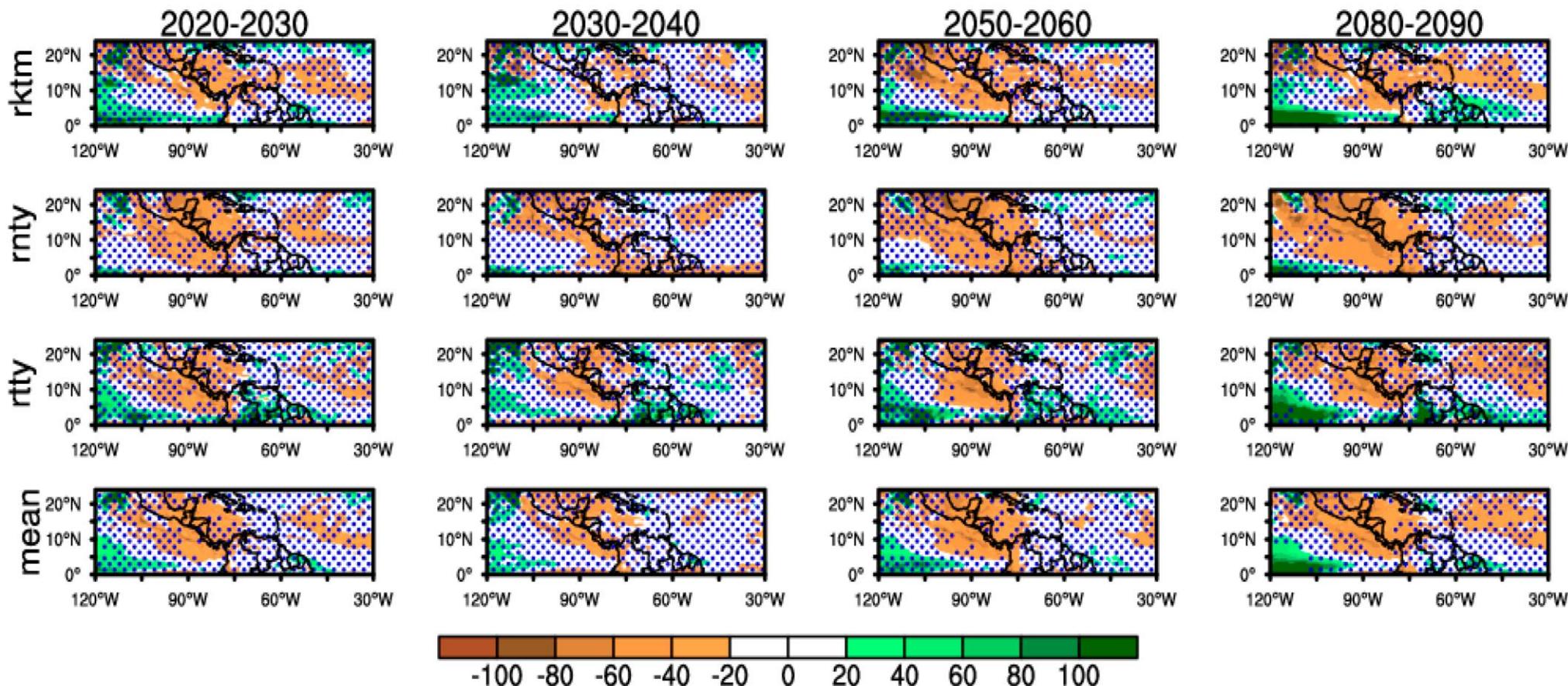


Las regiones punteadas representan un 95% de nivel de significancia aplicando la prueba Kolmogorov–Smirnov para dos muestras independientes.

Dominguez, Done and Bruyère (2021)



Cambios proyectados (%) en la precipitación asociada a las OEs con respecto al periodo de referencia (1990-2000)

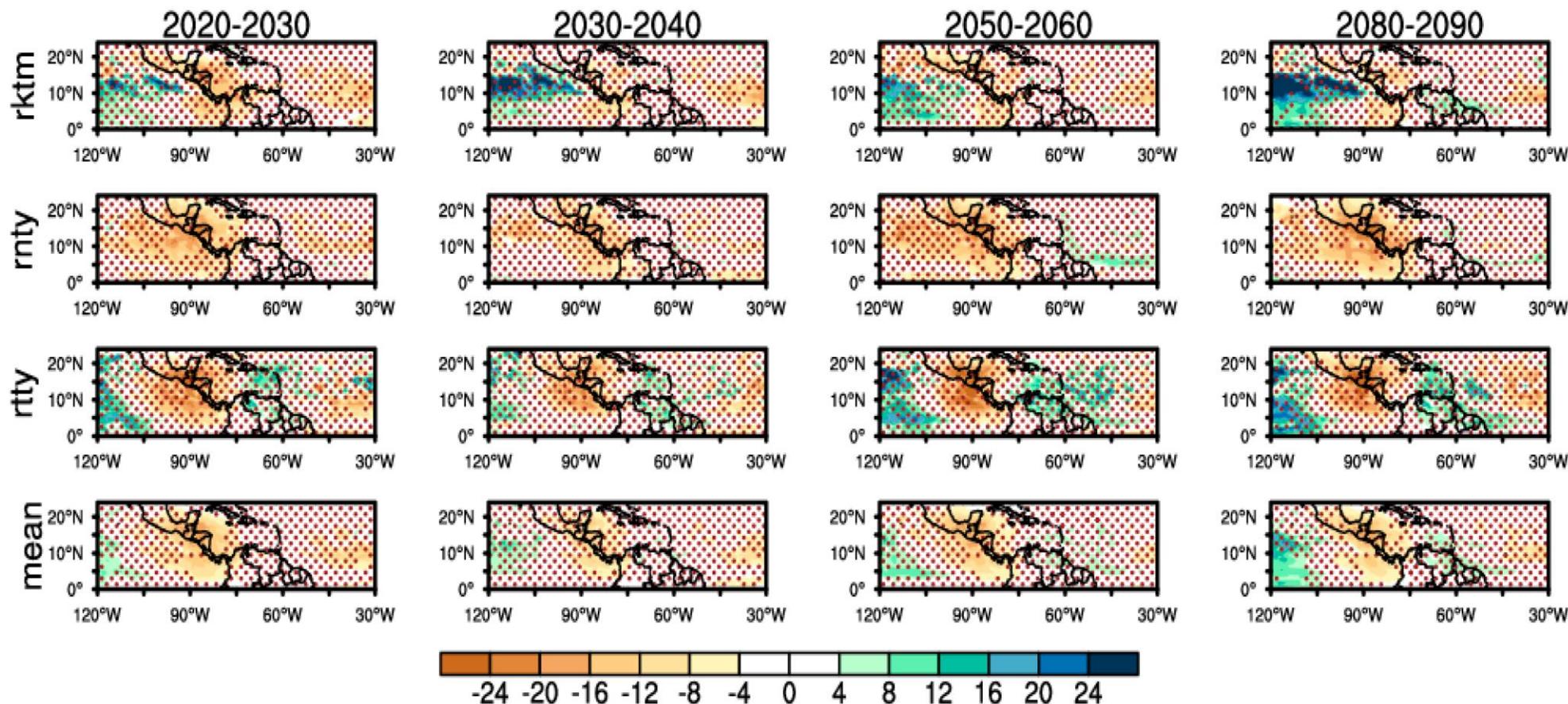


Las regiones punteadas representan un 95% de nivel de significancia aplicando la prueba Kolmogorov–Smirnov para dos muestras independientes.

Dominguez, Done and Bruyère (2021)



Cambios proyectados (%) en la contribución de las OEs a la precipitación acumulada (mayo-noviembre) con respecto al periodo de referencia (1990-2000)

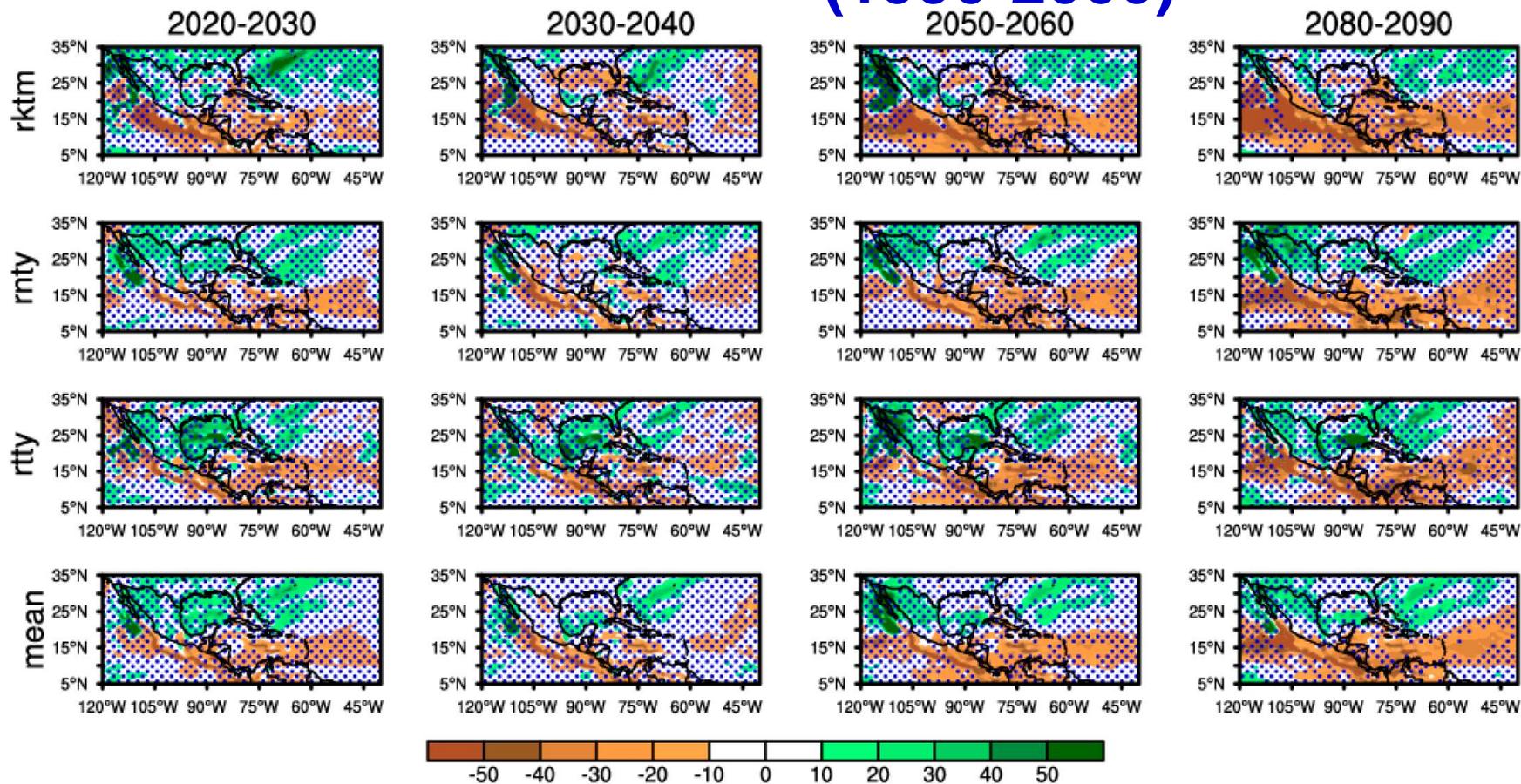


Las regiones punteadas representan un 95% de nivel de significancia aplicando la prueba Kolmogorov–Smirnov para dos muestras independientes.

Dominguez, Done and Bruyère (2021)



Cambios proyectados (%) en la precipitación acumulada (mayo-noviembre) con respecto al periodo de referencia (1990-2000)



Las regiones punteadas representan un 95% de nivel de significancia aplicando la prueba Kolmogorov–Smirnov para dos muestras independientes.

Dominguez, Done and Bruyère (2021)



¡Los desastres **NO** son naturales!

Los *desastres* se definen como la *incapacidad* de la sociedad para *ejecutar estrategias de afrontamiento* ante un fenómeno natural (huracanes, heladas, sequías, etc); provocando así pérdidas económicas, sociales y humanas.

$$\text{VULNERABILIDAD} * \text{FENÓMENO NATURAL} - \text{ESTRATEGIAS DE AFRONTAMIENTO} = \text{DESASTRE}$$

- Planes de adaptación
- Reducción de sobreexplotación de recursos
- Medidas de prevención

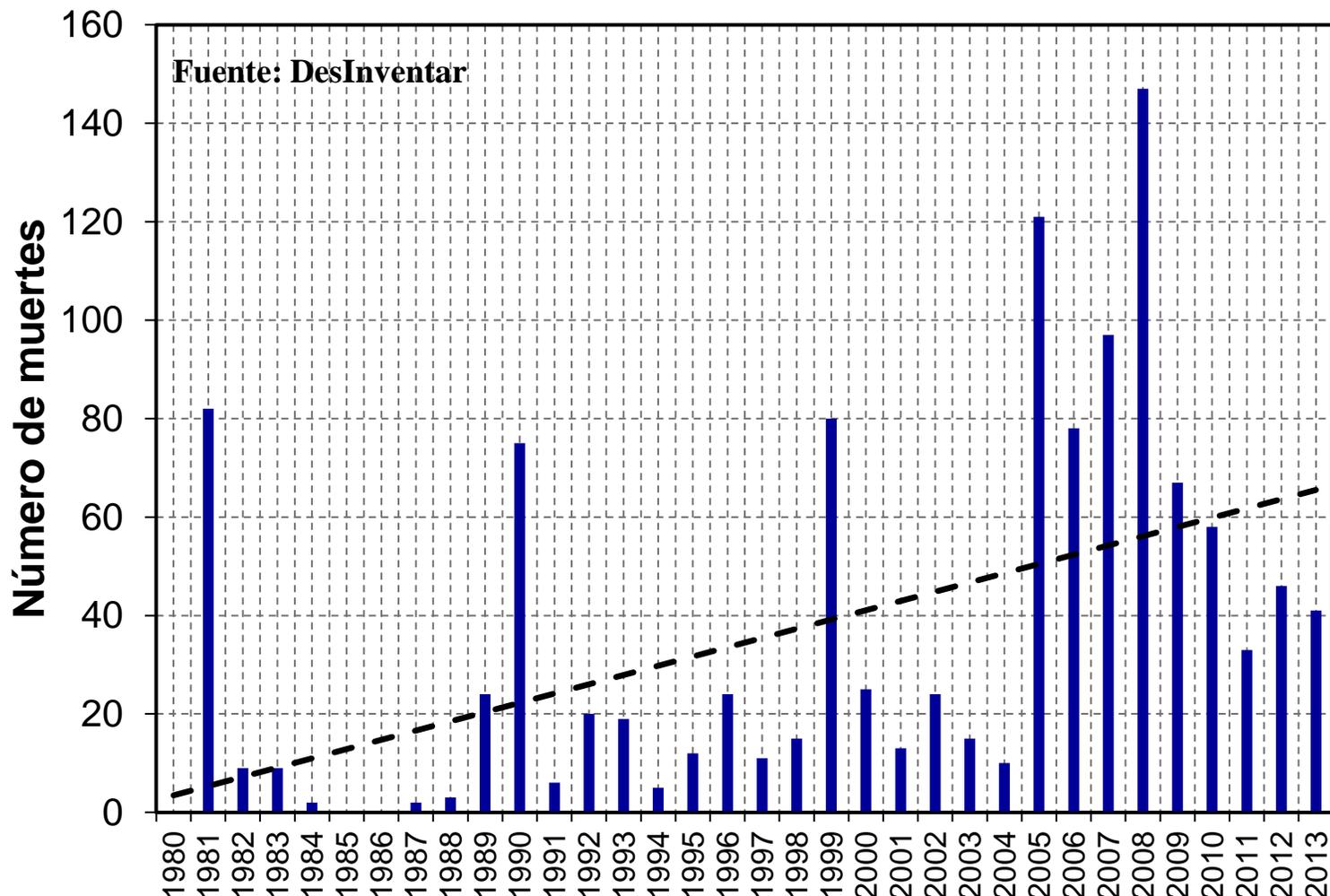
- Desestructuración económica
- Aumento de mortalidad
- Empobrecimiento
- Pérdida de recursos productivos
- Fragmentación de la comunidad

#DIRRD
#TodoEsGobernanza



13 de octubre, Día Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres

Número anual de muertes asociadas a tormentas en México durante 1980-2013



- 35 muertes, en promedio, están asociadas anualmente a tormentas y este tipo de muertes muestran una tendencia positiva (significativa al 95%) de 2 muertes/año
- **Las personas fallecen porque son vulnerables y tienen una baja percepción del riesgo.**
- **¿Qué pasará bajo condiciones de cambio climático, en el que pueden aumentar los huracanes intensos?**

Dominguez, Ochoa and Llanos (2023) en preparación

Conclusiones

- NCAR creó un ensamble de tres miembros, utilizando múltiples combinaciones físicas de parametrizaciones para el clima actual (1990-2000), usando el reanálisis ERAI, y cuatro escenarios futuros, usando el CESM bajo el escenario de emisiones futuras RCP8.5. **El objetivo de tener tres miembros es proporcionar suficientes muestras de diferentes representaciones atmosféricas.**
- Sin embargo, el conjunto de tres miembros no muestra la gama completa de posibilidades futuras vinculadas a los escenarios de emisión, la variabilidad interna de GCMs o incluso diferentes respuestas oceánicas al forzamiento radiativo.
- Los tres miembros proyectan una reducción en la distribución espacial de los CTs en el NATL oriental, que es consistente parcialmente con Roberts et al. (2020). Además, los tres miembros y la media del ensamble proyectan cambios negativos significativos en la actividad de los CTs sobre EPAC durante todas las décadas futuras. En términos de lluvia, la media del ensamble indica un aumento de al menos 40% en la región norte del país.
- El promedio del ensamble proyecta un ligero aumento significativo en la actividad de OEs hacia el sur 10 °N sobre NATL. Sobre la cuenca EPAC, el promedio indica una disminución en la actividad sobre Centroamérica (no significativa). El promedio del ensamble también proyecta una reducción de hasta un 60% de las precipitaciones producidas por las OEs en las próximas décadas, principalmente en la región del Caribe, el Golfo de México y el centro-sur de México.
- Los cambios futuros en las características de los fenómenos tropicales podrían impactar significativamente la precipitación regional y, por lo tanto, la futura disponibilidad regional de agua.

Conclusiones

- NCAR creó un ensamble de tres miembros, utilizando múltiples combinaciones físicas de parametrizaciones para el clima actual (1990-2000), usando el reanálisis ERAI, y cuatro escenarios futuros, usando el CESM bajo el escenario de emisiones futuras RCP8.5. El objetivo de tener tres miembros es proporcionar suficientes muestras de diferentes representaciones atmosféricas.
- **Sin embargo, el conjunto de tres miembros no muestra la gama completa de posibilidades futuras vinculadas a los escenarios de emisión, la variabilidad interna de GCMs o incluso diferentes respuestas oceánicas al forzamiento radiativo.**
- Los tres miembros proyectan una reducción en la distribución espacial de los CTs en el NATL oriental, que es consistente parcialmente con Roberts et al. (2020). Además, los tres miembros y la media del ensamble proyectan cambios negativos significativos en la actividad de los CTs sobre EPAC durante todas las décadas futuras. En términos de lluvia, la media del ensamble indica un aumento de al menos 40% en la región norte del país.
- El promedio del ensamble proyecta un ligero aumento significativo en la actividad de OEs hacia el sur 10 °N sobre NATL. Sobre la cuenca EPAC, el promedio indica una disminución en la actividad sobre Centroamérica (no significativa). El promedio del ensamble también proyecta una reducción de hasta un 60% de las precipitaciones producidas por las OEs en las próximas décadas, principalmente en la región del Caribe, el Golfo de México y el centro-sur de México.
- Los cambios futuros en las características de los fenómenos tropicales podrían impactar significativamente la precipitación regional y, por lo tanto, la futura disponibilidad regional de agua.

Conclusiones

- NCAR creó un ensamble de tres miembros, utilizando múltiples combinaciones físicas de parametrizaciones para el clima actual (1990-2000), usando el reanálisis ERAI, y cuatro escenarios futuros, usando el CESM bajo el escenario de emisiones futuras RCP8.5. El objetivo de tener tres miembros es proporcionar suficientes muestras de diferentes representaciones atmosféricas.
- Sin embargo, el conjunto de tres miembros no muestra la gama completa de posibilidades futuras vinculadas a los escenarios de emisión, la variabilidad interna de GCMs o incluso diferentes respuestas oceánicas al forzamiento radiativo.
- **Los tres miembros proyectan una reducción en la distribución espacial de los CTs en el NATL oriental, que es consistente parcialmente con Roberts et al. (2020). Además, los tres miembros y la media del ensamble proyectan cambios negativos significativos en la actividad de los CTs sobre EPAC durante todas las décadas futuras. En términos de lluvia, la media del ensamble indica un aumento de al menos 40% en la región norte del país.**
- El promedio del ensamble proyecta un ligero aumento significativo en la actividad de OEs hacia el sur 10 °N sobre NATL. Sobre la cuenca EPAC, el promedio indica una disminución en la actividad sobre Centroamérica (no significativa). El promedio del ensamble también proyecta una reducción de hasta un 60% de las precipitaciones producidas por las OEs en las próximas décadas, principalmente en la región del Caribe, el Golfo de México y el centro-sur de México.
- Los cambios futuros en las características de los fenómenos tropicales podrían impactar significativamente la precipitación regional y, por lo tanto, la futura disponibilidad regional de agua.

Conclusiones

- NCAR creó un ensamble de tres miembros, utilizando múltiples combinaciones físicas de parametrizaciones para el clima actual (1990-2000), usando el reanálisis ERAI, y cuatro escenarios futuros, usando el CESM bajo el escenario de emisiones futuras RCP8.5. El objetivo de tener tres miembros es proporcionar suficientes muestras de diferentes representaciones atmosféricas.
- Sin embargo, el conjunto de tres miembros no muestra la gama completa de posibilidades futuras vinculadas a los escenarios de emisión, la variabilidad interna de GCMs o incluso diferentes respuestas oceánicas al forzamiento radiativo.
- Los tres miembros proyectan una reducción en la distribución espacial de los CTs en el NATL oriental, que es consistente parcialmente con Roberts et al. (2020). Además, los tres miembros y la media del ensamble proyectan cambios negativos significativos en la actividad de los CTs sobre EPAC durante todas las décadas futuras. En términos de lluvia, la media del ensamble indica un aumento de al menos 40% en la región norte del país.
- **El promedio del ensamble proyecta un ligero aumento significativo en la actividad de OEs hacia el sur 10 °N sobre NATL. Sobre la cuenca EPAC, el promedio indica una disminución en la actividad sobre Centroamérica (no significativa). El promedio del ensamble también proyecta una reducción de hasta un 60% de las precipitaciones producidas por las OEs en las próximas décadas, principalmente en la región del Caribe, el Golfo de México y el centro-sur de México.**
- Los cambios futuros en las características de los fenómenos tropicales podrían impactar significativamente la precipitación regional y, por lo tanto, la futura disponibilidad regional de agua.

Conclusiones

- NCAR creó un ensamble de tres miembros, utilizando múltiples combinaciones físicas de parametrizaciones para el clima actual (1990-2000), usando el reanálisis ERAI, y cuatro escenarios futuros, usando el CESM bajo el escenario de emisiones futuras RCP8.5. El objetivo de tener tres miembros es proporcionar suficientes muestras de diferentes representaciones atmosféricas.
- Sin embargo, el conjunto de tres miembros no muestra la gama completa de posibilidades futuras vinculadas a los escenarios de emisión, la variabilidad interna de GCMs o incluso diferentes respuestas oceánicas al forzamiento radiativo.
- Los tres miembros proyectan una reducción en la distribución espacial de los CTs en el NATL oriental, que es consistente parcialmente con Roberts et al. (2020). Además, los tres miembros y la media del ensamble proyectan cambios negativos significativos en la actividad de los CTs sobre EPAC durante todas las décadas futuras. En términos de lluvia, la media del ensamble indica un aumento de al menos 40% en la región norte del país.
- El promedio del ensamble proyecta un ligero aumento significativo en la actividad de OEs hacia el sur 10 °N sobre NATL. Sobre la cuenca EPAC, el promedio indica una disminución en la actividad sobre Centroamérica (no significativa). El promedio del ensamble también proyecta una reducción de hasta un 60% de las precipitaciones producidas por las OEs en las próximas décadas, principalmente en la región del Caribe, el Golfo de México y el centro-sur de México.
- **Los cambios futuros en las características de los fenómenos tropicales podrían impactar significativamente la precipitación regional y, por lo tanto, la futura disponibilidad regional de agua.**

Información de contacto

Email: dosach@atmosfera.unam.mx

 @dosach87

“El corazón de la ciencia es un equilibrio esencial entre dos actitudes aparentemente contradictorias: una apertura a nuevas ideas, sin importar cuán extrañas o contradictorias puedan ser, y el escrutinio escéptico más implacable de todas las ideas, viejas y nuevas. Así es como las verdades profundas se separan de las ideas sin sentido”.

Carl Sagan, The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark (1997), p 304

¿Preguntas?

