



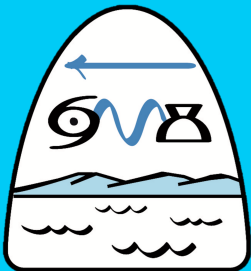
UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Aspectos Físicos del Corredor Seco Centroamericano

Hugo G. Hidalgo^{1,2,3}

1-Escuela de Física, 2-Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica,

3- Miembro de número, Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica



CIGEFI

Taller UCREA-PISC

25 de septiembre, 2017



ESCUELA
DE FÍSICA



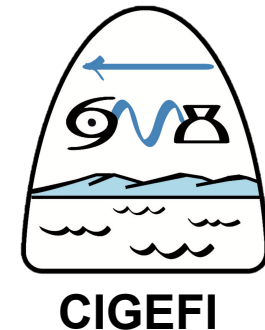
Colaboradores - grupo CSC

- Dr. Jorge Amador Astúa
- Dr. Eric Alfaro Martínez
- Dra. Ana María Durán Quesada
- Dra. Gabriela Mora Rojas
- Dra. Paola Arias
- Srta. Natalie Mora Sandí
- Bach. Geóg. Paula Marcela Pérez Briceño
- Bach. Andrés Jiménez Serrano
- Bach. Álvaro Bastidas Pacheco
- Bach. Óscar Calvo Solano
- Bach. Geóg. Luis Quesada Hernández
- MSc. Ronald Díaz Bolaños



Agradecimientos

- HH es financiado por los proyectos 805-B7-286 (UCREA-UCR), 805-B3-413, B4-227, A9-532 (CSUCA-ASDI), B3-600, B6-143 (Vicerrectoría de Investigación de la UCR, CONICIT y MICITT), B0-810 y A4-906.
- HH agradece el apoyo del Espacio de Estudios Avanzados de la Universidad de Costa Rica, la Escuela de Física de la UCR y de la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica.





¿Qué es el Corredor Seco Centroamericano (CSC)?

Identificación de los límites del CSC



Corredor Seco Centroamericano (generalidades)

- Aunque América Central está localizada en zonas tropicales donde el estrés hídrico es relativamente bajo en gran parte de su territorio, hay ciertas partes en donde las sequías son frecuentes. En especial la aridez climatológica en la zona denominada como Corredor Seco Centroamericano es producto de la alta frecuencia de sequías en la subregión.





Corredor Seco Centroamericano (definición)

- *“El CSC es una demarcación geográfica imprecisa que se entiende como una zona con características climáticas de bosque tropical seco, con una marcada y prolongada época seca y en el que durante la reducida época de lluvias existe un latente riesgo a las sequías recurrentes, las que pueden ocurrir por una entrada tardía de la época lluviosa, una prolongación de la canícula o una suspensión prematura de la época lluviosa en la segunda”* (Peralta Rodríguez et al. 2012).



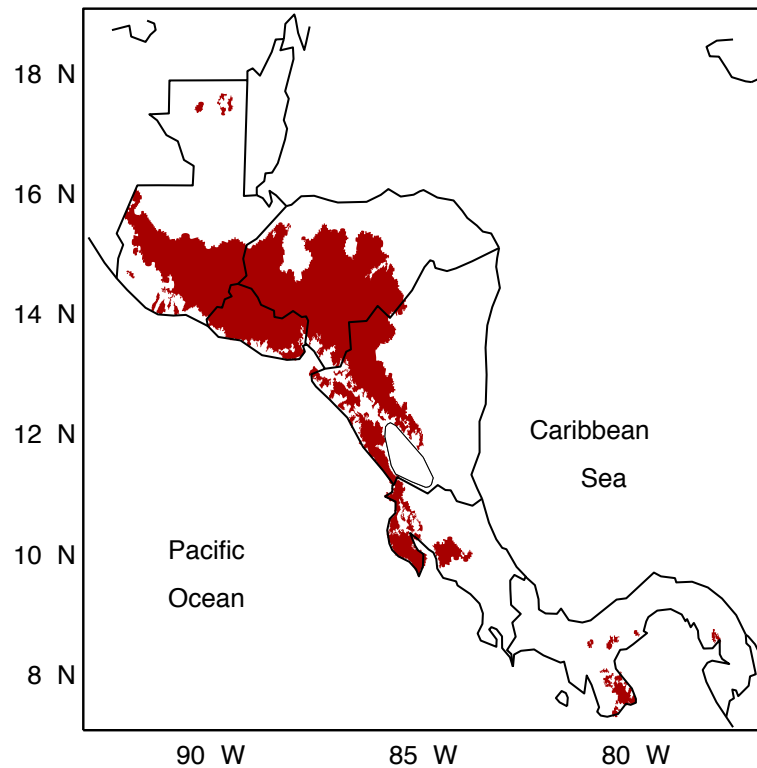
Corredor Seco Centroamericano (delimitación)

- *“El término corredor seco, aunque apunta a un fenómeno climático, tiene una base ecológica: define un grupo de ecosistemas que se combinan en la ecorregión del bosque tropical seco de Centroamérica, que inicia en Chiapas, México; y, en una franja que abarca las zonas bajas de la vertiente del Pacífico y gran parte de la región central premontana (0 a 800 m.s.n.m.) de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y parte de Costa Rica (hasta Guanacaste); en Honduras, además, incluye fragmentos que se aproximan a la costa Caribe.” (van der Zee Arias et al. 2012).*

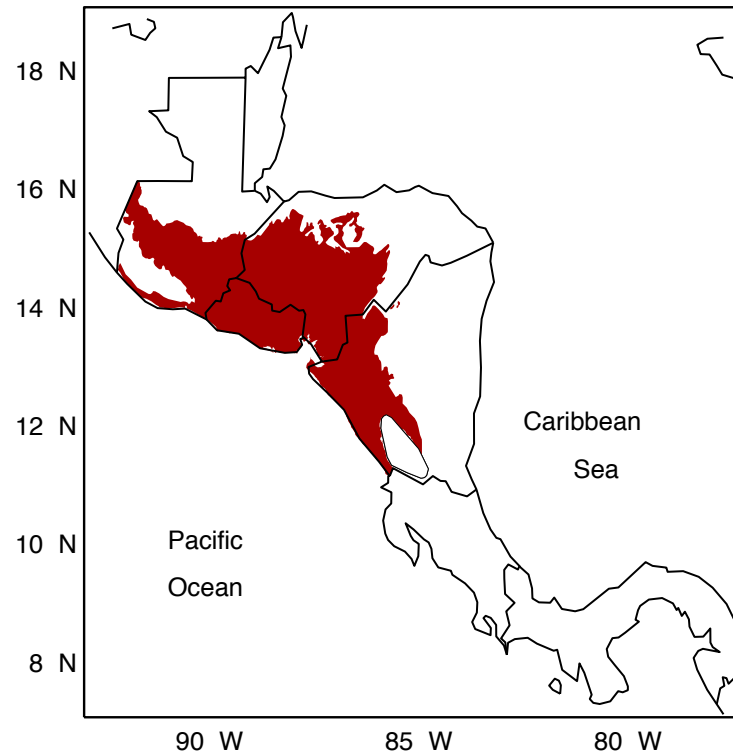


Algunas delimitaciones del Corredor Seco Centroamericano

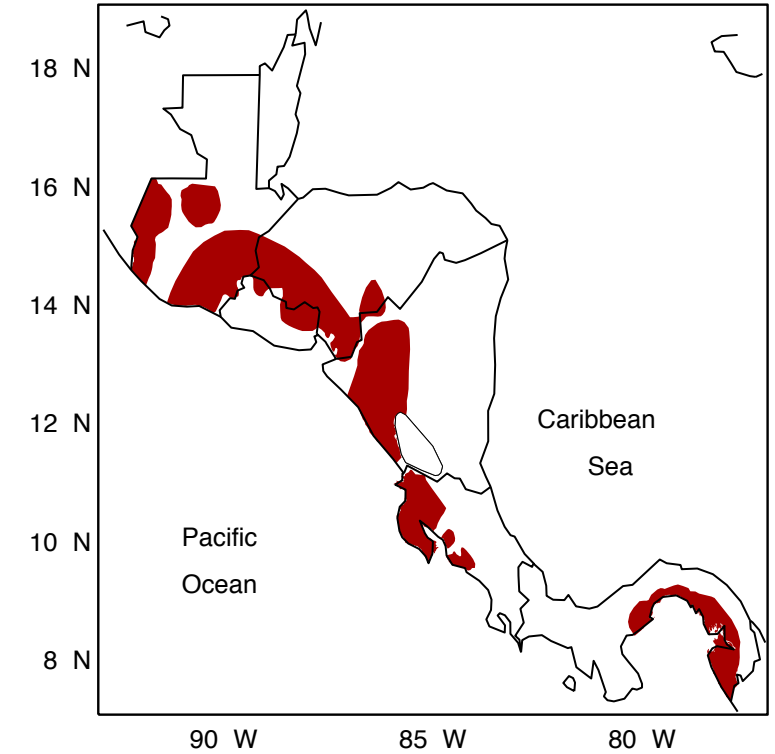
Atlas Centroamericano* (2011)



FAO (2012)



Ramírez (2007)



* Atlas Centroamericano para la Gestión del Territorio (2011)

Datos geoespaciales: Paula Marcela Pérez Briceño

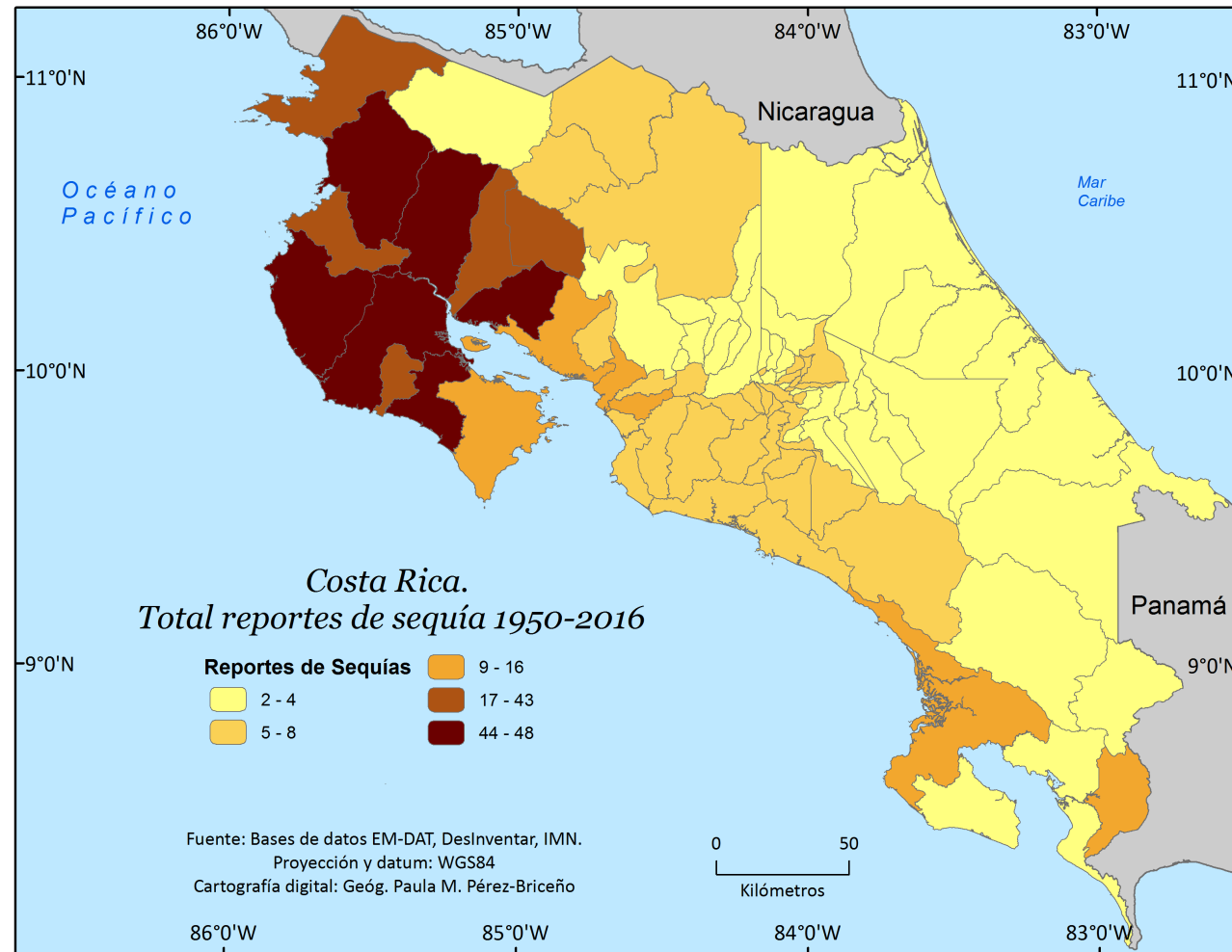


Motivación para estudiar el CSC

- La vulnerabilidad social es mencionada en muchos estudios relacionados con el CSC, ya que los impactos de la sequía y las inundaciones atentan contra la seguridad alimentaria; esto debido a que es común que se produzcan grandes repercusiones de estos eventos extremos debido a la pobreza y la dependencia de la alimentación y sustento económico de la población en la agricultura de subsistencia (Peralta Rodríguez et al. 2012; van der Zee Arias et al. 2012a; 2012b).
- De un total de 10.5 millones de personas que habitan en el área rural del trópico seco -casi todos en Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala- cerca del 60% viven en condiciones de pobreza y dependen de medios de vida muy deteriorados (van de Zee Arias 2012a).
- En Costa Rica la sequía afecta el suministro de agua para consumo humano, agricultura, ganadería y turismo (La Nación 2014; 2015).



Frecuencia de impactos de sequías en Costa Rica (Pérez-Briceño et al., en preparación)



Visual: Paula Marcela Pérez Briceño

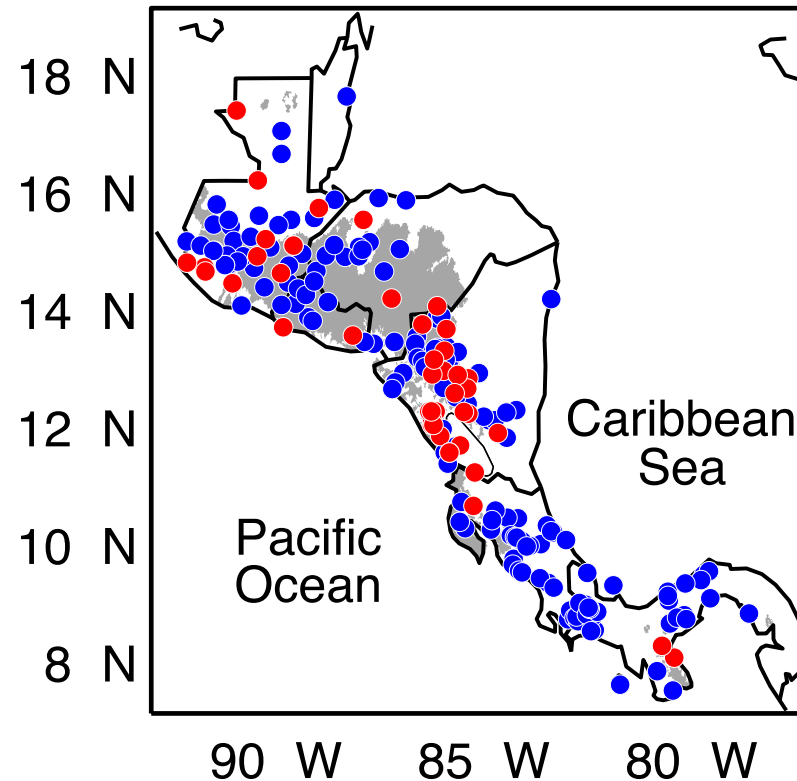


Selección de estaciones meteorológicas típicas del CSC usando índice de aridez Hidalgo et al. (en preparación)

Puntos rojos: estaciones meteorológicas en las cuales la demanda de agua (PET) es igual o mayor a la oferta (Prec), o sea presentan **mayor aridez**.

Puntos azules: estaciones meteorológicas en las cuales la demanda de agua (PET) menor a la oferta (Prec), o sea **menor aridez**.

CSC según Atlas Centroamericano (2011)





¿Como ha cambiado el clima en el período 1970-1999?

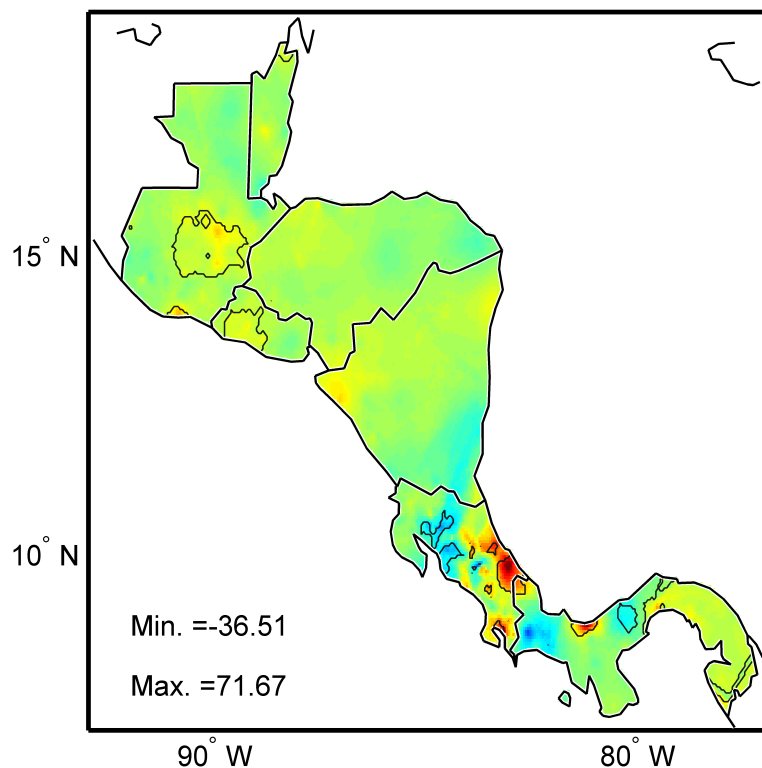
Tendencias en precipitación, temperatura y sequía



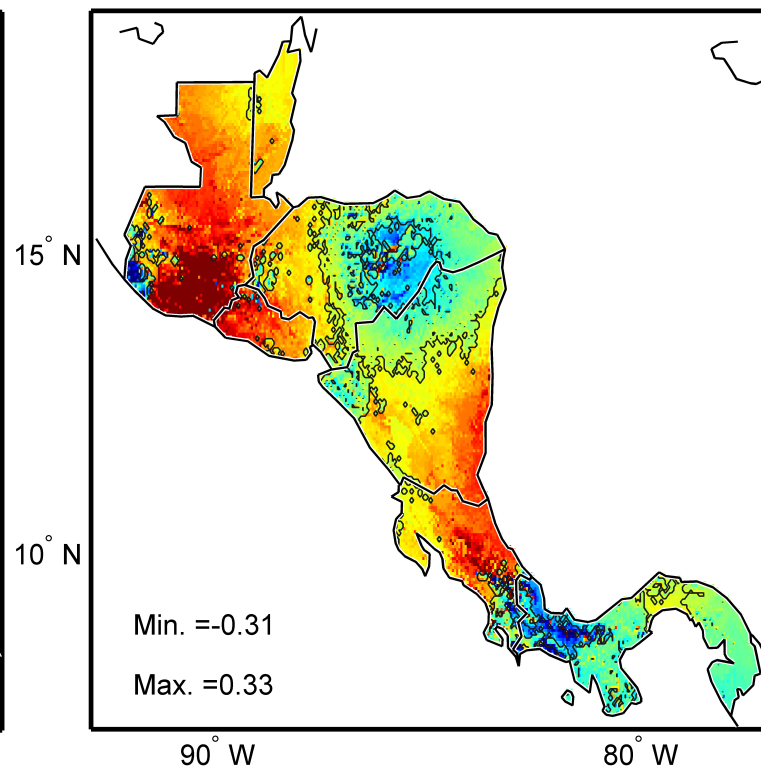
Tendencias en promedios/totales anuales (1970-1999)

Hidalgo et al. (en preparación)

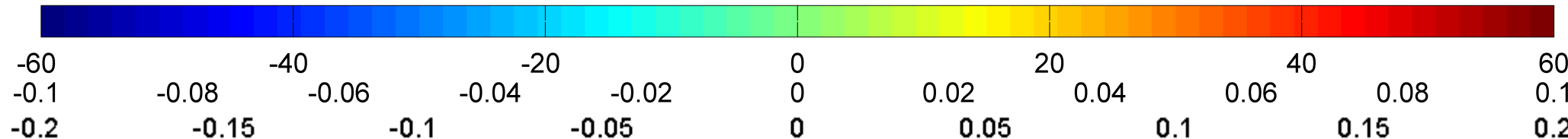
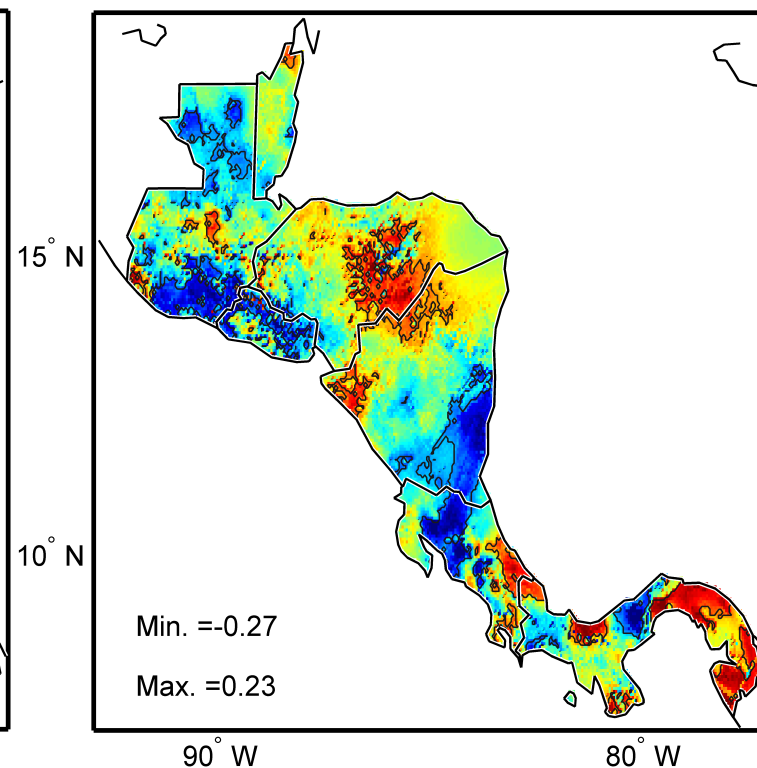
PRECIPITACIÓN



TEMPERATURA



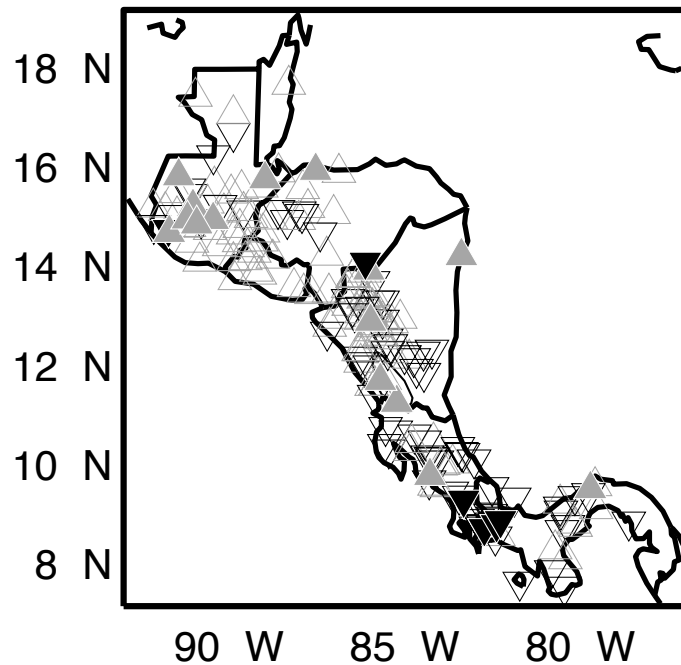
PALMER HYD. DROUGHT INDEX



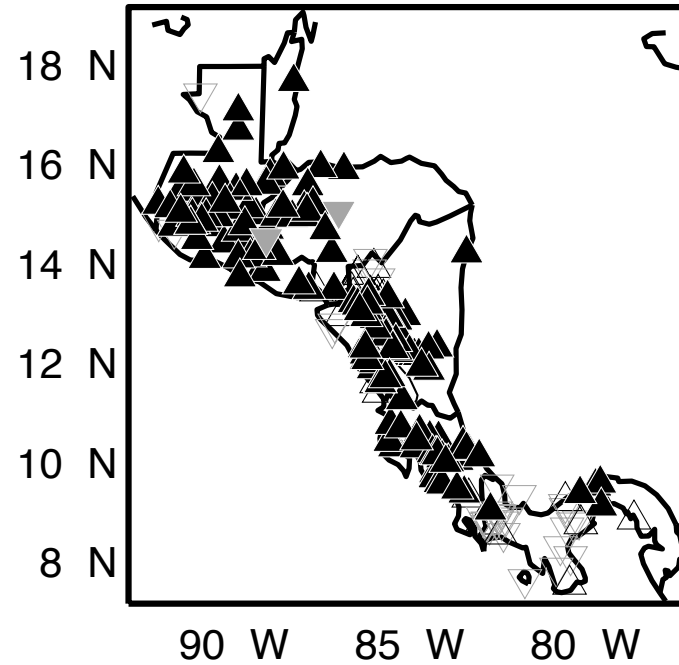
Tendencias en promedios/totales anuales (1970-1999)

Hidalgo et al. (en preparación)

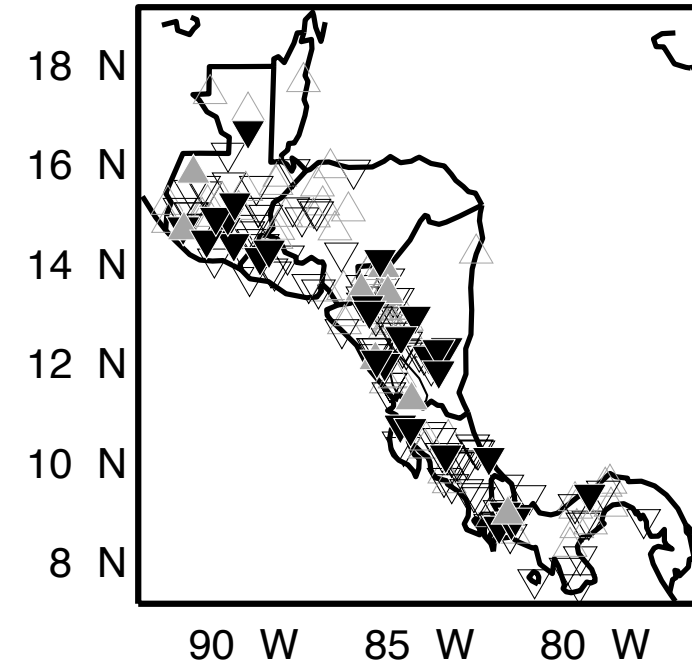
PRECIPITACIÓN



TEMPERATURA



PALMER DROUGHT SEV. INDEX



Colores **negros** (grises) indican tendencias hacia condiciones cada vez más **secas** (húmedas) y **calientes** (frías). La dirección de los triángulos indican la dirección de las tendencias. Símbolos rellenos indican tendencias significativas al 95%.



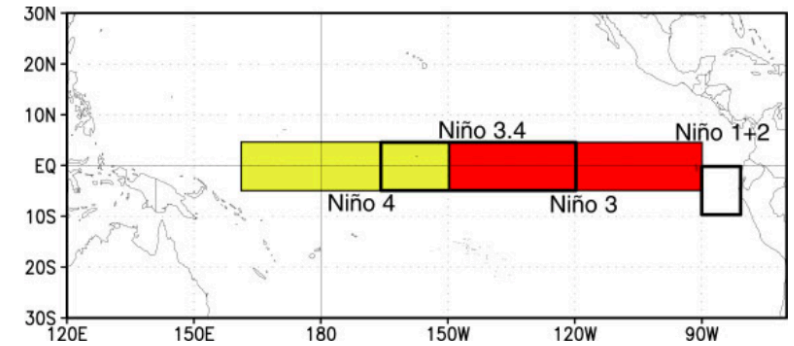
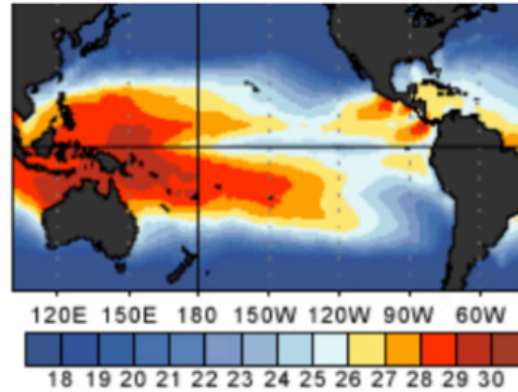
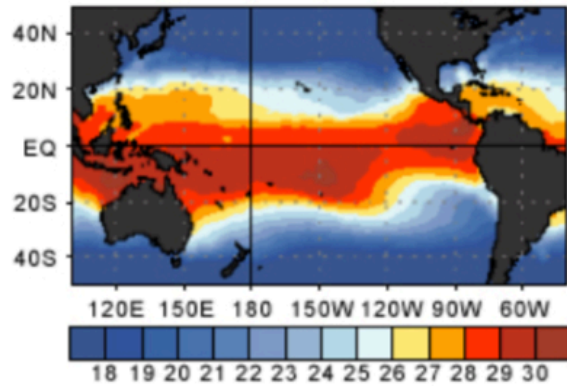
Algunos procesos climáticos en la región centroamericana

ENOS, el Chorro de Bajo Nivel del Caribe, la ZCIT y NASH

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

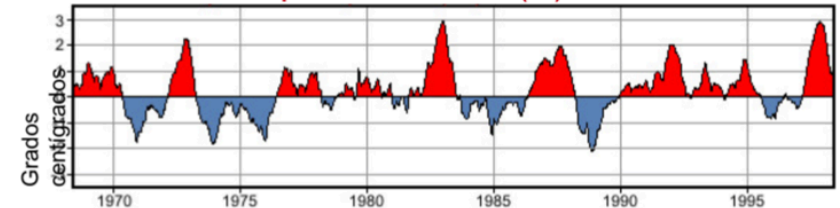
Condiciones de El Niño Ene-mar 1998 Condiciones de La Niña Ene-mar 1989

Temperatura del océano (°C)



CPC/NOAA

Anomalías de temperatura del océano (°C) – Niño 3.4



El Chorro de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ)

Amador (1998 Tópicos Met. y Ocean.; 2008 Ann. N.Y. Acad. Sci.)

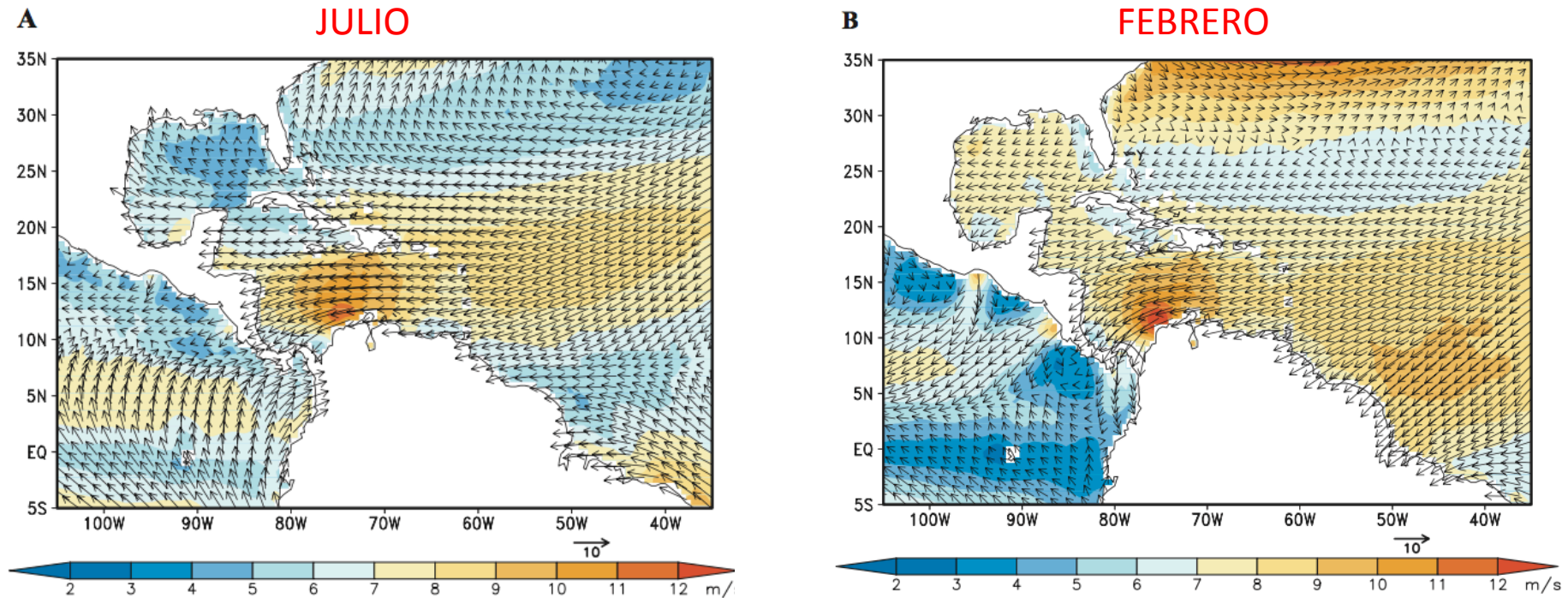
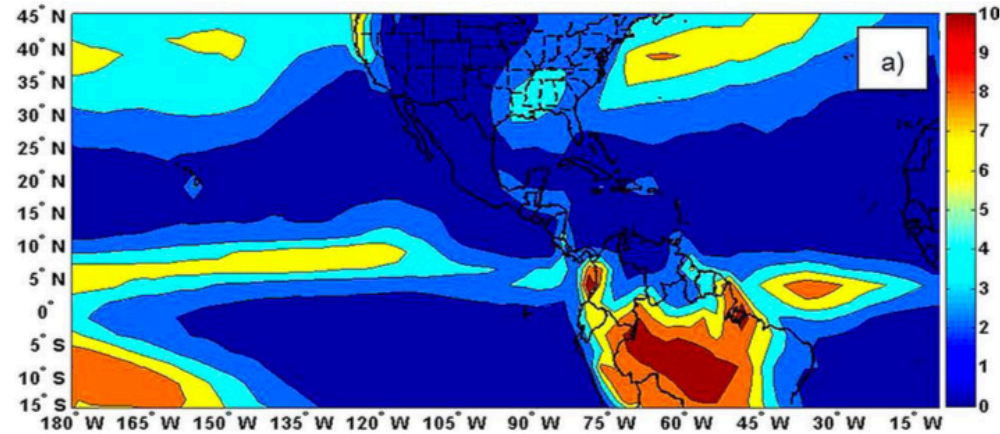


Figure 8. Mean QuikSCAT winds (m s^{-1}) for **(A)** July and **(B)** February for the period 2000–2007. (In color in *Annals* online.)

La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)

Quirós e Hidalgo (2016 Tópicos Met. y Ocean.)

DIC-ENE-FEB



JUN-JUL-AGO

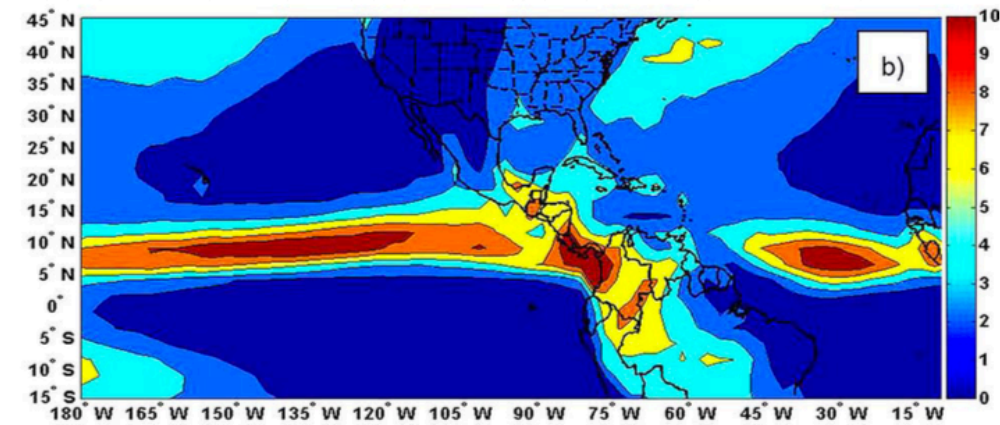
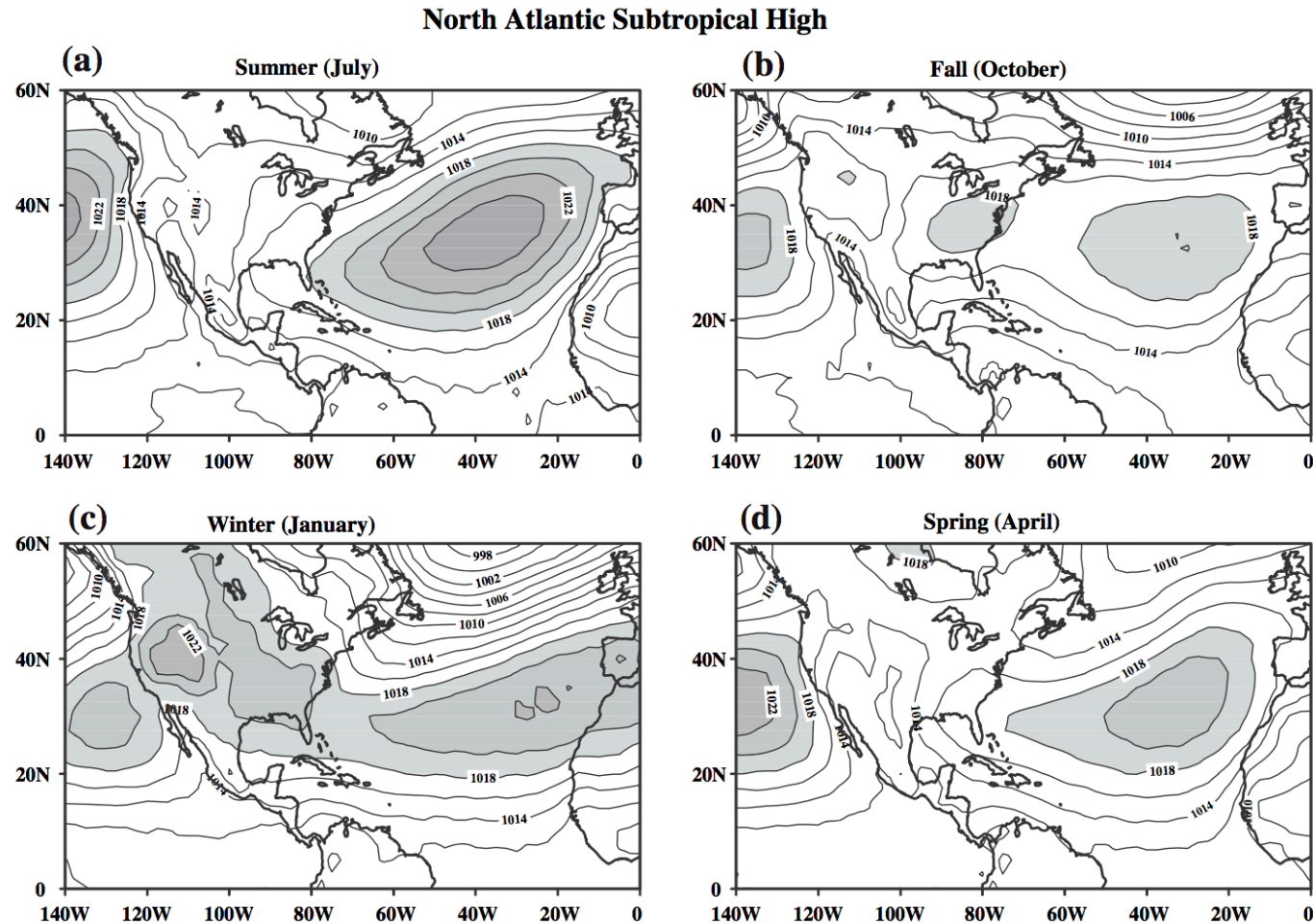


Figura 5 .Ubicación espacial de la ZCIT en el trimestre a) DEF y b) JJA, con datos de precipitación (mm/mes) del GPCP del periodo 1979-2012.



El “North Atlantic Subtropical High” (NASH) Wang (2007 Clim. Dyn.)

Fig. 4 Sea level pressure (hPa) in the **a** summer (July), **b** fall (October), **c** winter (January), and **d** spring (April) showing the seasonal variations of the North Atlantic Subtropical High (NASH). Sea level pressure larger than 1,018 hPa is *shaded*





¿Qué controla la lluvia en el CSC a escalas de tiempo interanuales?

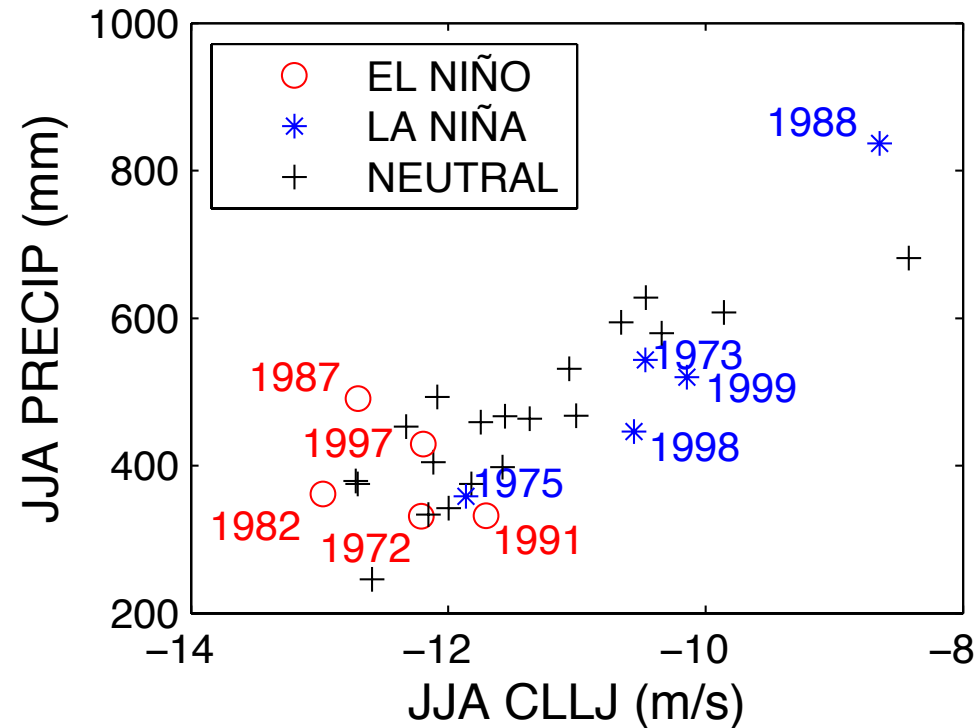
Relaciones entre la precipitación y el Chorro de Bajo Nivel del Caribe, y ENOS



Relación entre El Chorro de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ), ENOS y precipitación en el Corredor Seco Centroamericano

Hidalgo et al. (en preparación)

JJA CLLJ vs JJA PRECIP, ($r=0.74$)



Correlación entre Chorro de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ) y clima en América Central

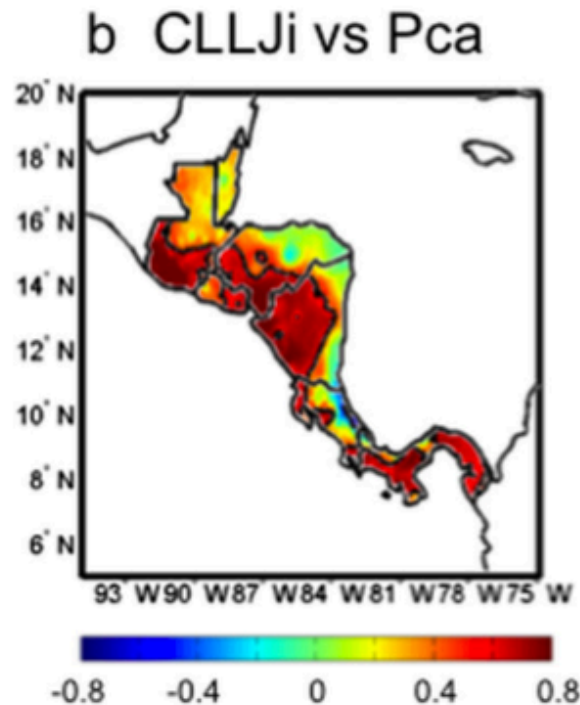


Fig. 4. JJA Spearman's rank correlations between (a) LATC and *Pedreiros precipitation (Pca)* and (b) CLLJi and *Pca*. The dark contour lines showed the correlation significant at the 95% confidence level.

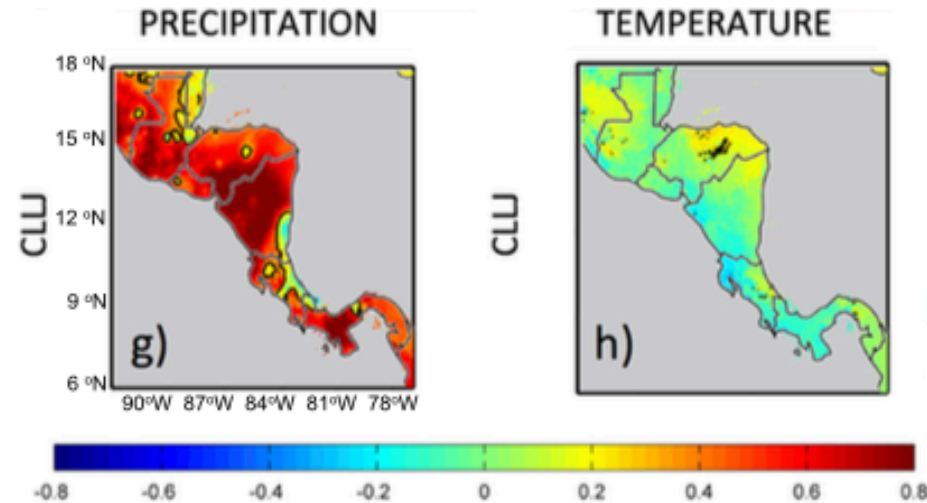


Fig. 3 Annual Spearman rank correlations between climate indexes and precipitation and temperature. The significant correlation at the $p = 0.05$ level is shown with a *black line*. The period of the data is 1970–1999

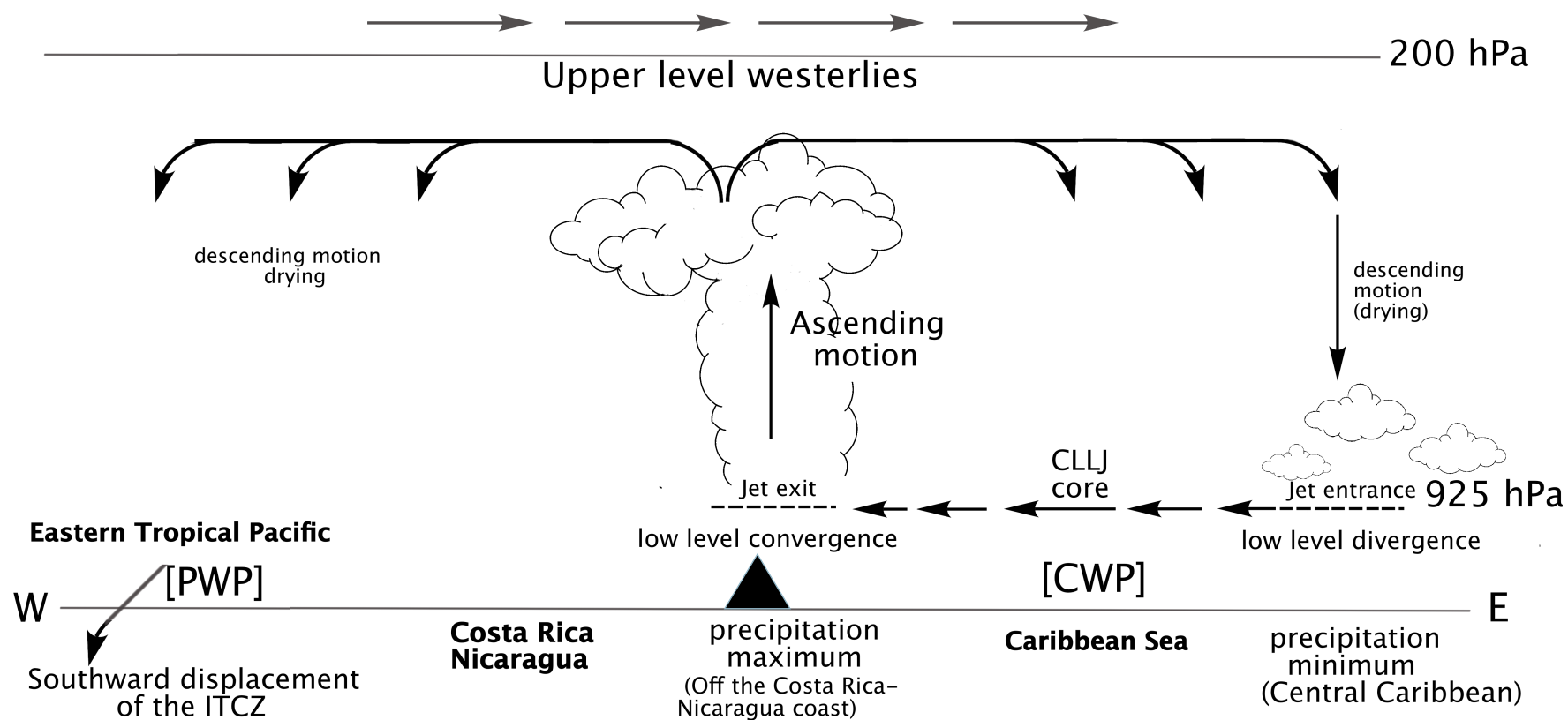
Hidalgo et al. (2016, Climatic Change)

Hidalgo et al. (2015, Geografiska Annaler)



Mecanismo de relación entre vientos del Caribe (CLLJ) y lluvia en el Corredor Seco Centroamericano

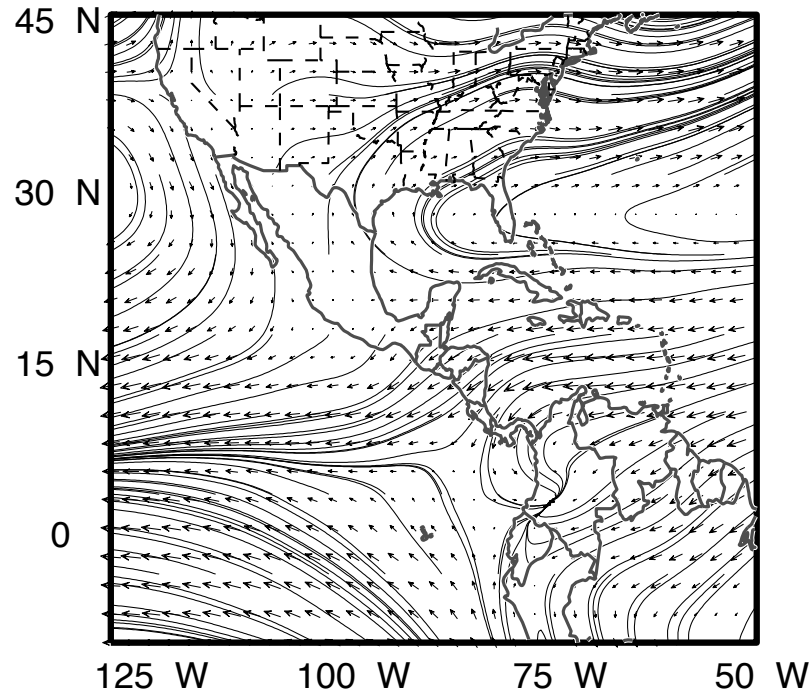
Hidalgo et al. (2015, Geografiska Annaler)



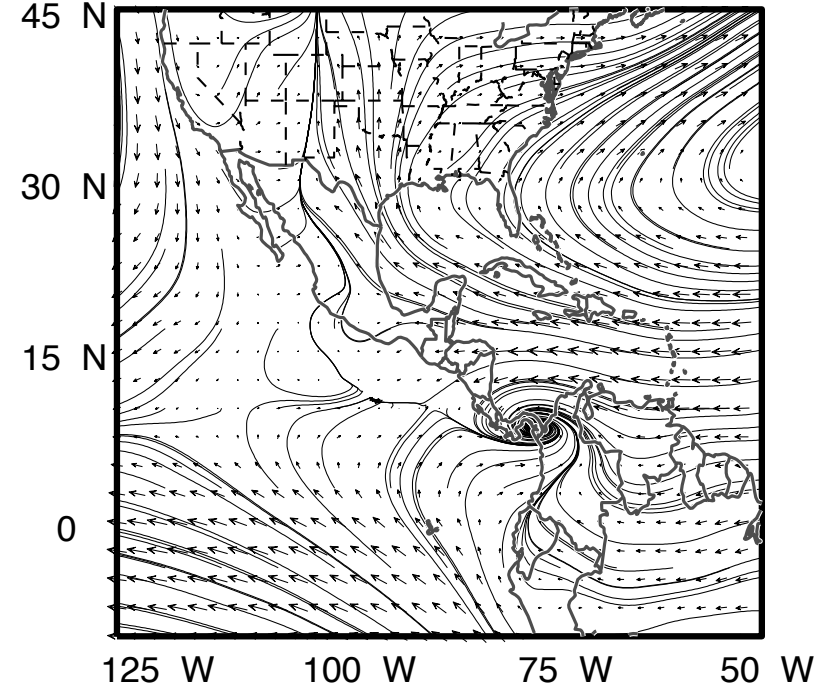
¿Qué papel juega la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT)?

Hidalgo et al. (en preparación)

a) DEF



b) JJA



Líneas de flujo promedio para invierno boreal (a) y verano boreal (b) correspondientes a los vientos a 925 hPa



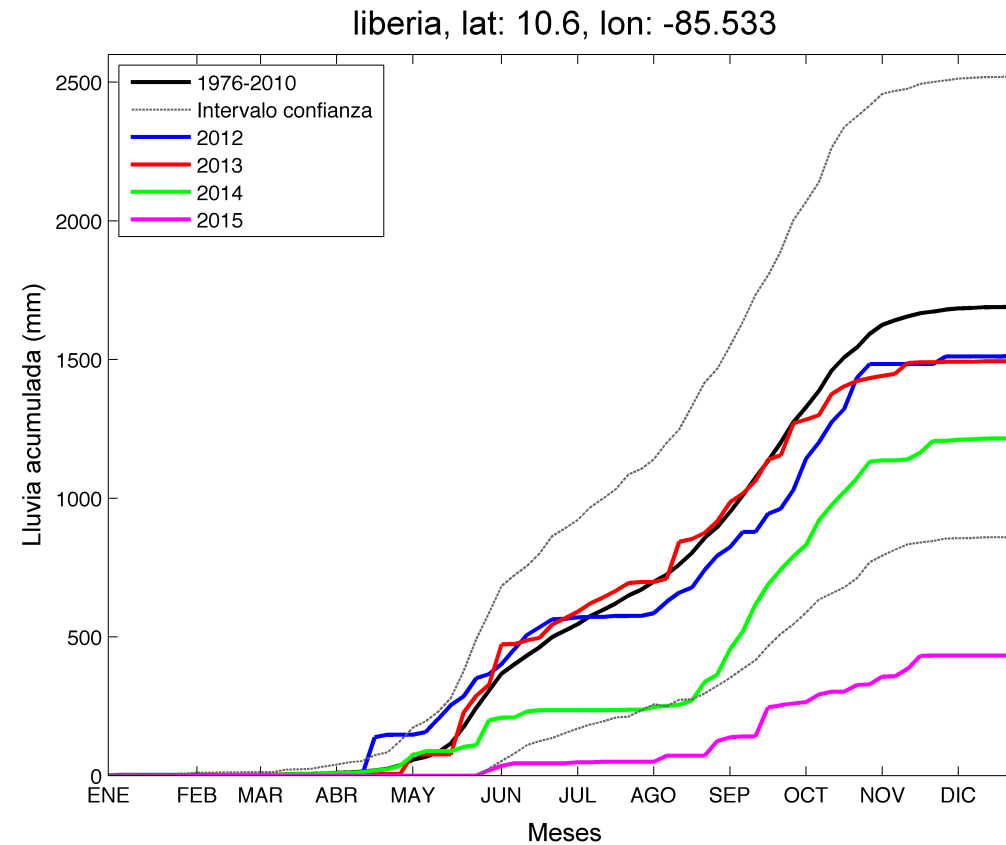
¿Qué controla las sequías severas y sostenidas en el Corredor Seco Centroamericano?

Relaciones entre la precipitación y el Chorro de Bajo Nivel del Caribe, y ENOS. Forzantes.



Liberia, Guanacaste (1976-2015)

Hidalgo et al. (2016, Ojo al Clima)



Índice Normalizado de Precipitación (SPI) de 1970 a 2010

Hidalgo et al. (en preparación).

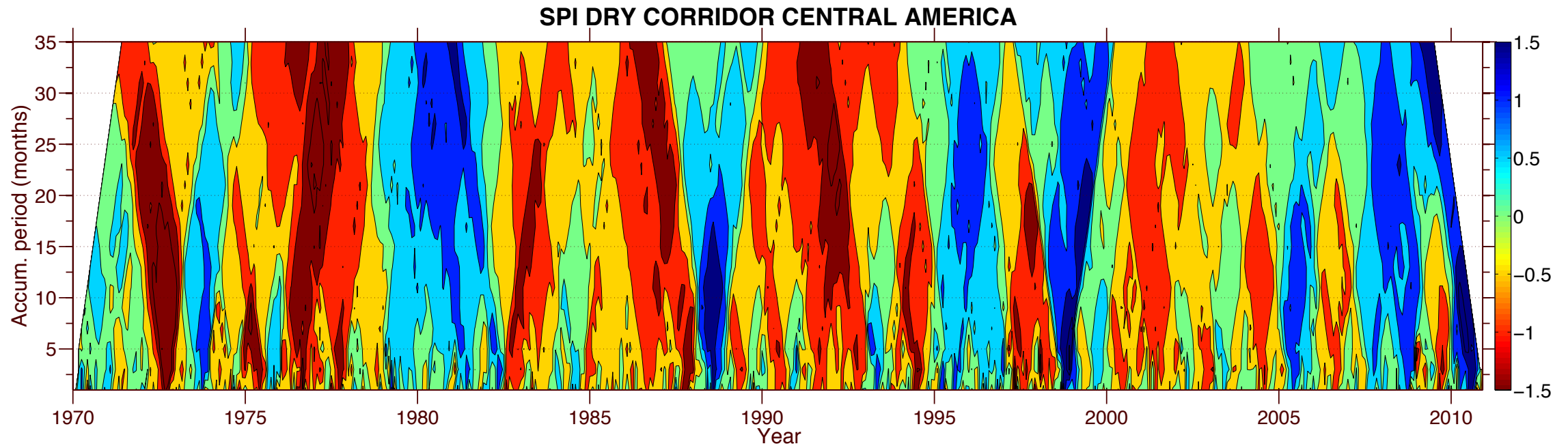


Figure 6. Standardized precipitation Index (SPI) for 14 stations part of the core Central America Dry Corridor for 1 to 35 month time-scales. The SPI data was centered in the middle of the respective time-scale. Data from 1970-2010.



Series de tiempo de algunos índices climáticos Hidalgo et al. (en preparación).

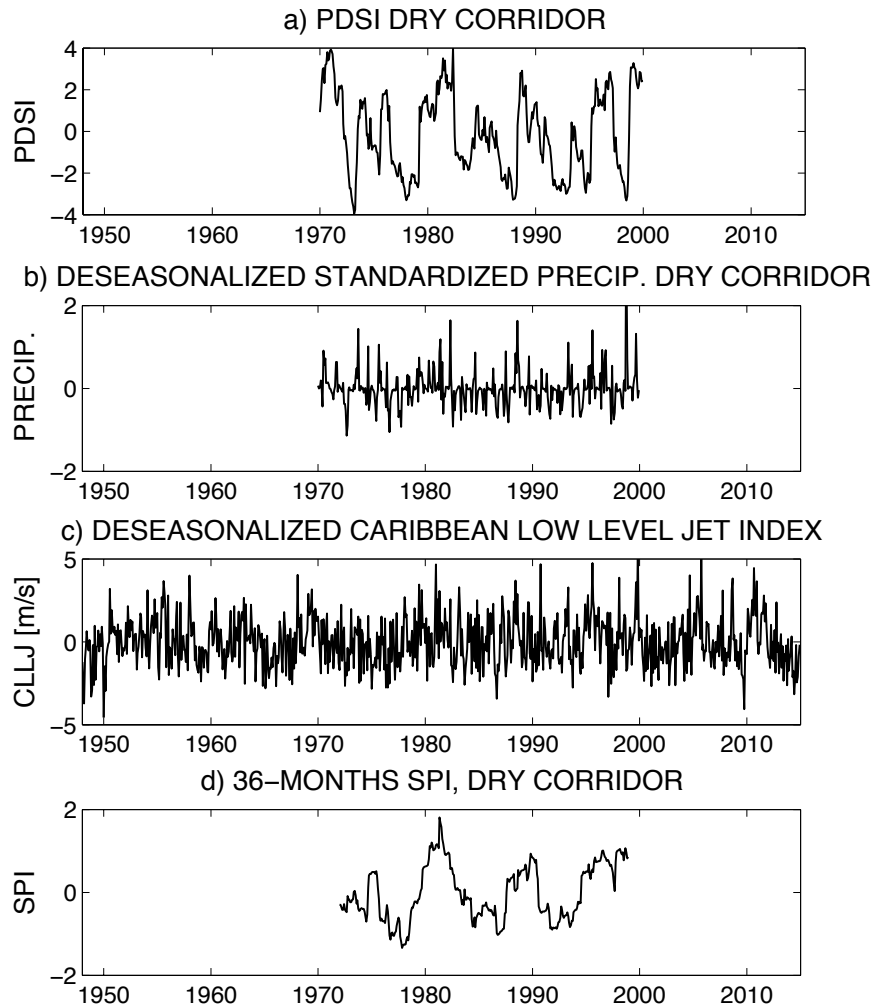


Table 2. Percentage of total spectral power contained in the 6 to 13 year periodicity band.

Time-series	Percentage in 6-13 year band
Monthly PDSI	30.0 %
Monthly deseasonalized Prec CADC	5.8 %
Monthly deseasonalized CLLJ	6.7 %
Monthly SPI, 36 month time-scale	76.6 %

Onduleta cruzada Chorro de Bajo Nivel del Caribe (CCLJ) versus Precipitación en el Corredor Seco Centroamericano

Hidalgo et al. (en preparación).

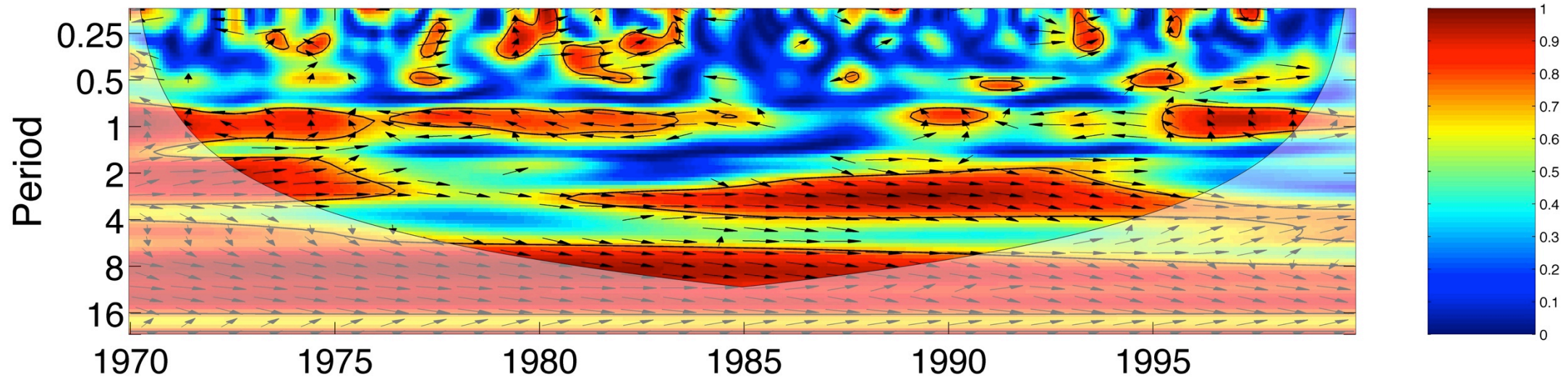


Figure 10. Cross-wavelet spectra between monthly Caribbean Low Level Jet and precipitation in the Central America Dry Corridor. Phase arrows indicate the relative phase relationship between the series (pointing right: in-phase; left: anti-phase; down: series1 leading series2 by 90).

Tele-conexión climática asociada a variaciones decenales

Hidalgo et al. (en preparación).

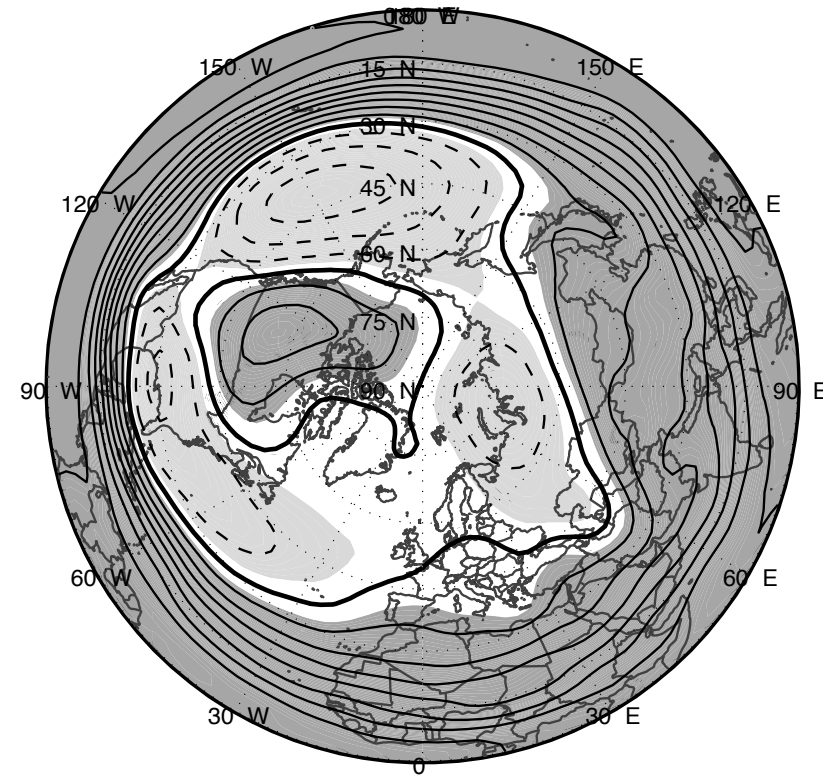
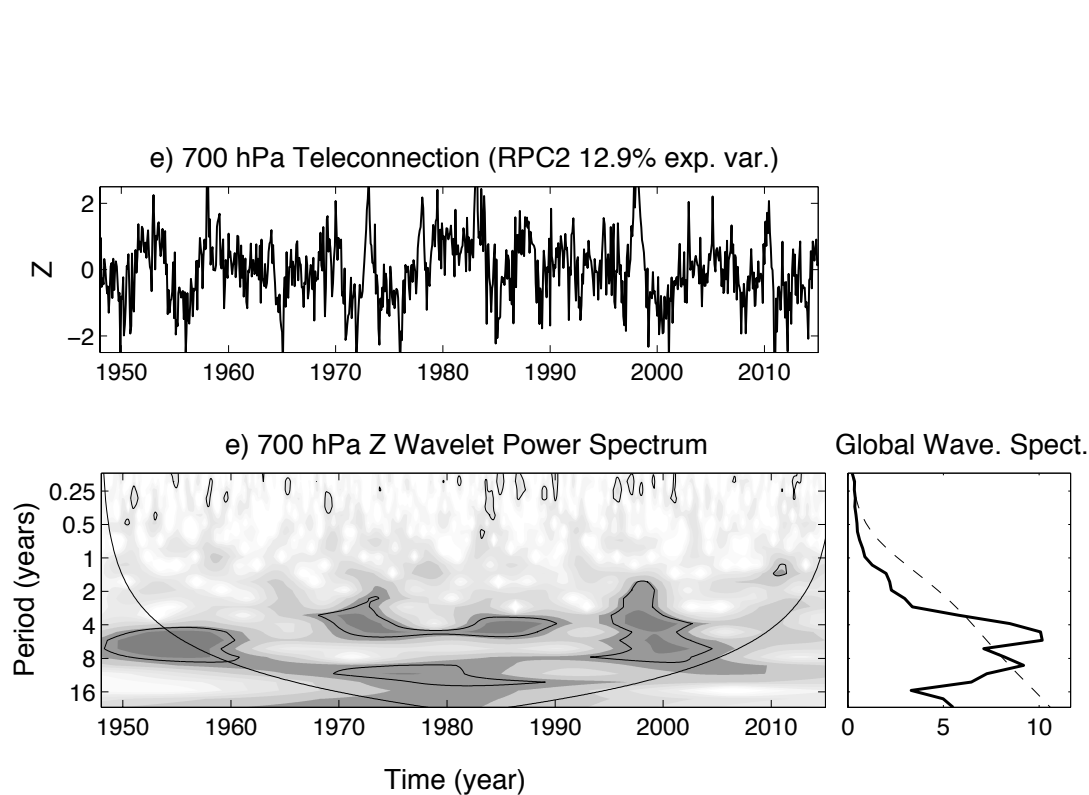


Figure 9. Heterogeneous correlation map of the second Rotated Principal Component (12.9 % explained variance) of 700 hPa geopotential height data for the northern hemisphere. Significant (positive) correlations are shown with dark (gray) shading. Contours every 0.1. Positive (negative) correlations are shown with continuous (dashed) contours. Zero contour is shown with thicker line style.



Versiones filtradas (low-pass) de las series de tiempo Hidalgo et al. (en preparación).

LOW FREQ TIME-SERIES AFFECTING DRY CORRIDOR

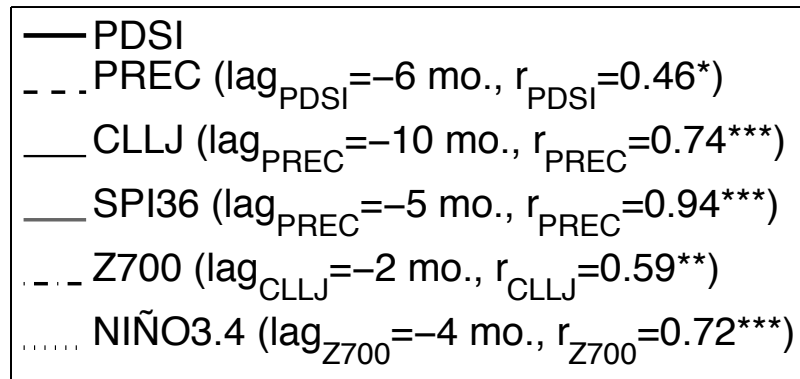
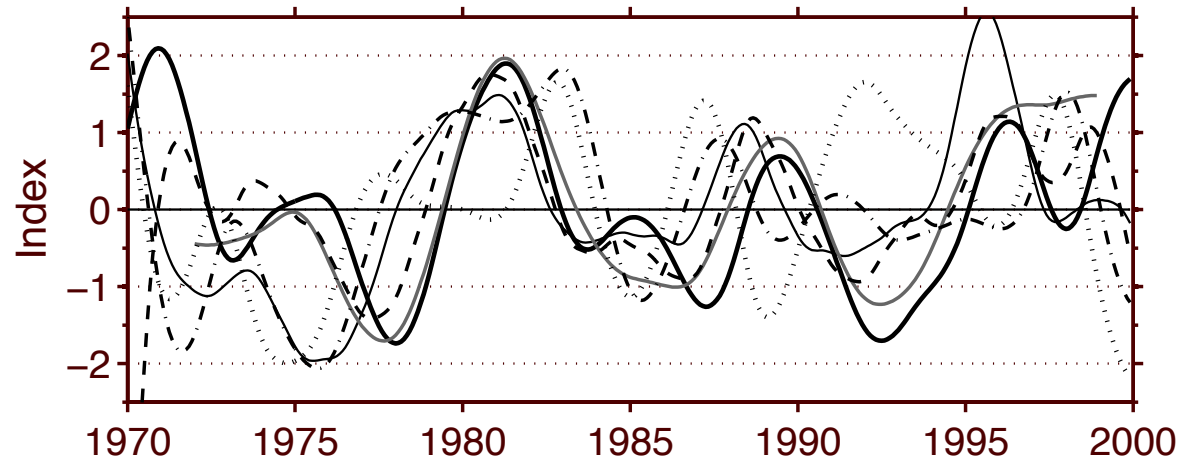


Figure 11. Standardized low-pass filtered data of time-series used in this study. The strongest correlations and their lags are included. Significant correlations are depicted with * (90% confidence), ** (95% confidence) and *** (99% confidence). Significance was established using Monte Carlo simulations of 10,000 realizations.

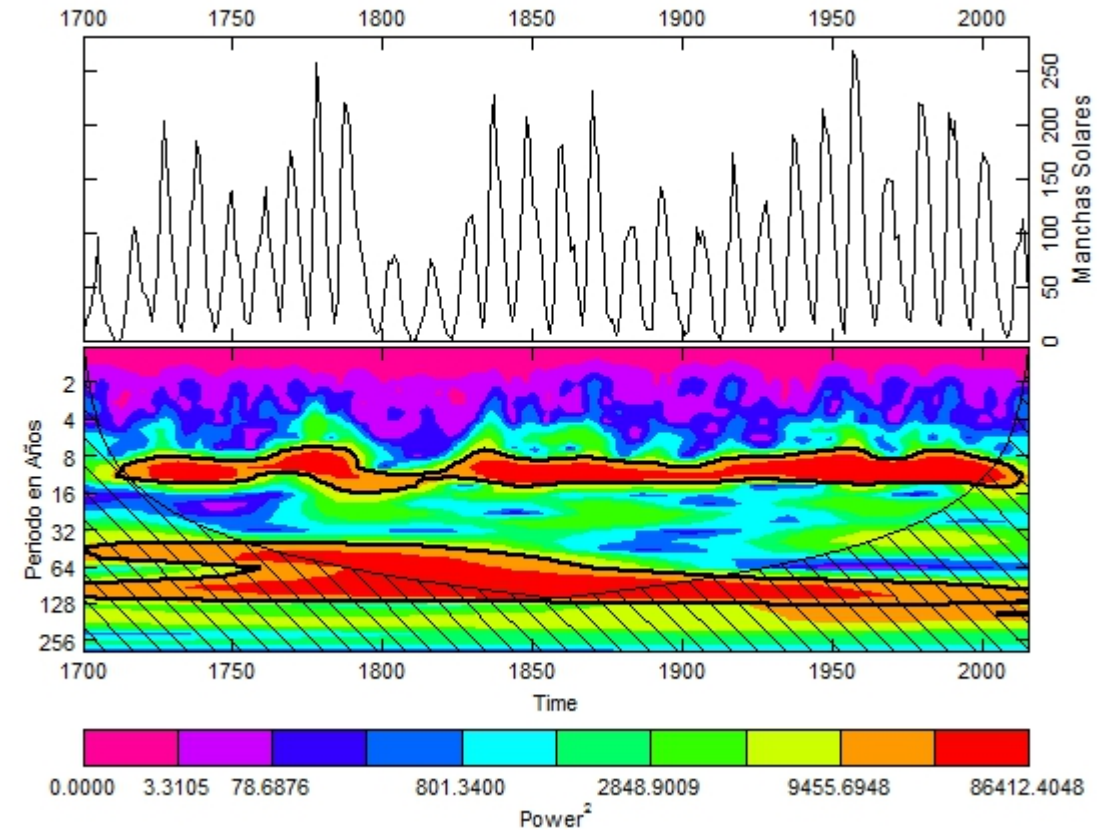
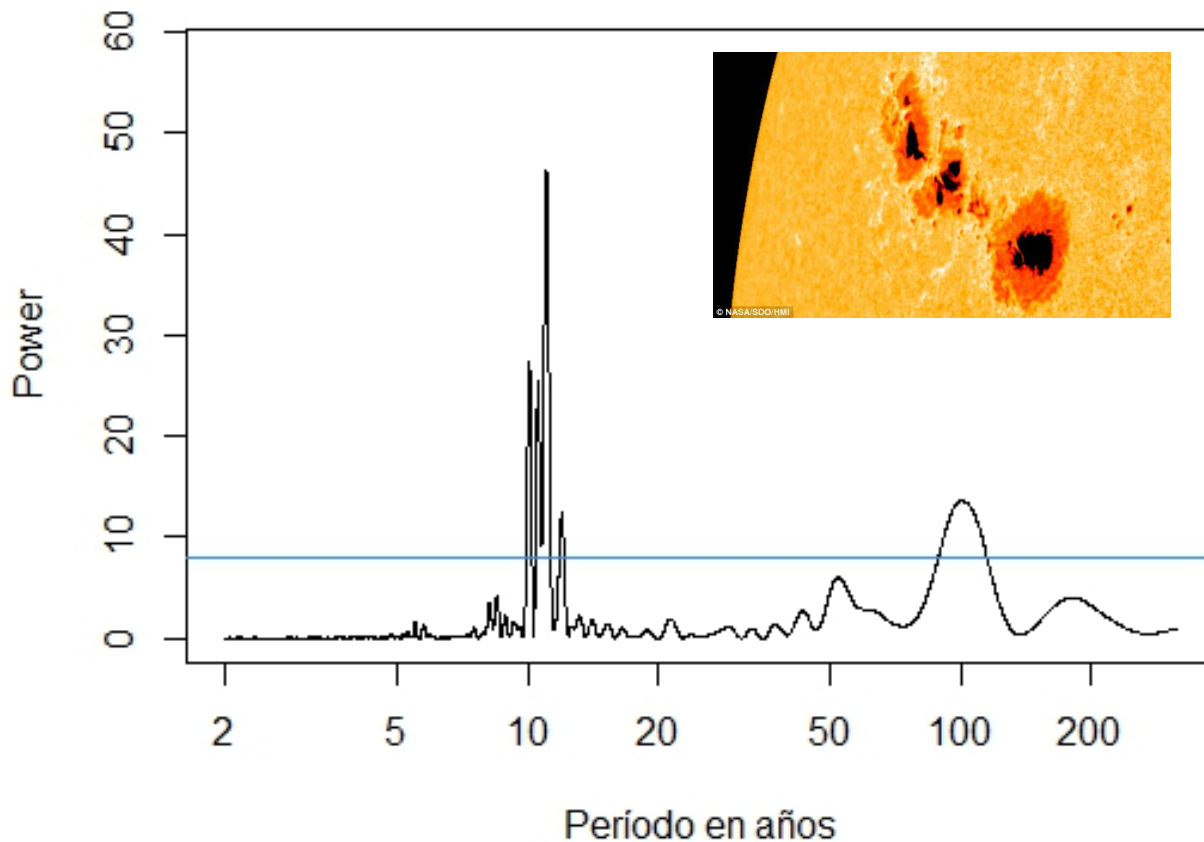


Mecanismo decenal

- Calentamiento en las zonas tropicales da paso a tele-conexión atmosférica con latitudes medias por medio de un reforzamiento de la circulación a gran-escala (celdas de Hadley; Meehl et al. 2009, Science)
- La respuesta en los “subtropical highs”, en particular el North Atlantic Subtropical High (NASH), da paso a reforzamiento en el Chorro de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ) (e.g. Wang 2007, Clim. Dyn.)
- El aumento en el Jet produce condiciones más secas en el CSC (Hidalgo et al. 2015; 2016)

¿Cuál es el forzamiento último de este modo decenal? Hipótesis: ciclo solar de 11-años

Manchas Solares 1700-2016



Datos: WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium, Brussels

Visual: Álvaro Bastidas



Algunas referencias de publicaciones acerca de la influencia del ciclo solar

	Referencia	Artículo	Sitio
1	H. van Loon, G. A. Meehl, J. M. Arblaster, J. Atmos. Sol. Terr. Phys. 66, 1767 (2004).	A decadal solar effect in the tropics in July–August	Global
2	H. van Loon, G. A. Meehl, D. J. Shea, J. Geophys. Res. 112, D02108 (2007).	Coupled air-sea response to solar forcing in the Pacific region during northern winter	Northwest United States.
3	H. van Loon, K. Labitzke, Meteorol. Z. (Berlin) 3, 259 (1994).	The signal of the 11-year sunspot Cycle in the regions around Japan	Japan
4	J. Lean, D. Rind, Science 292, 234 (2001).	Earth's Response to a Variable Sun	-
5	J. Haigh, M. Blackburn, R. Day, J. Clim. 18, 3672 (2005).	The Response of Tropospheric Circulation to Perturbations in Lower-Stratospheric Temperature	North hemisphere
6	K. Kodera, Geophys. Res. Lett. 31, L24209 (2004).	Solar influence on the Indian Ocean Monsoon through dynamical processes	Indian Ocean
7	H. Gleisner, P. Thejll, Geophysical Research Letters, 2003, 30, 1711, doi:10.1029/2003GL017129.	Patterns of tropospheric response to solar variability	From 70 S to 70 N
8	W. B. White, J. Lean, D. R. Cayan, M. D. Dettinger, J. Geophys. Res. 102, 3255 (1997).	Response of global upper ocean temperature to changing solar irradiance.	From 40S to 60 N
9	D. Rind, Science 296, 673 (2002).	The Sun's Role in Climate Variations	-
10	Araya E., J. Bonatti and W. Fernández	Solar activity and climate in Central America	Central America



Ciclo decenal en clima de América Central

Araya et al. (2000, Geofísica Internacional)

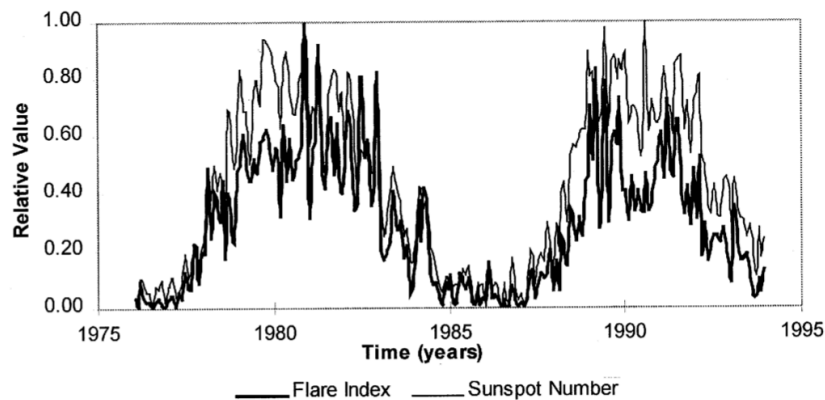


Fig. 1. Temporal variations of relative flare index and relative sunspot number.

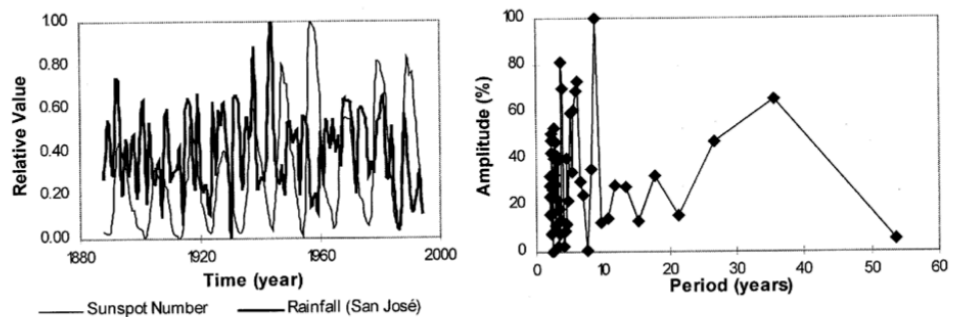


Fig. 7. Temporal variations of rainfall and sunspots (left) and frequency analysis for rainfall (right) in San José, Costa Rica.

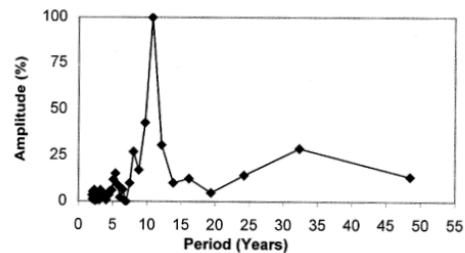


Fig. 4. Frequency analysis for sunspot number. The period considered is 1900-1996.

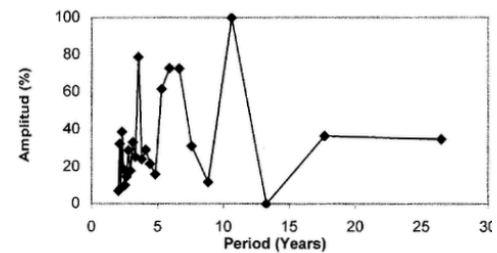


Fig. 5. Frequency analysis for air surface temperature in San José (Costa Rica). The period considered is 1941-1993.

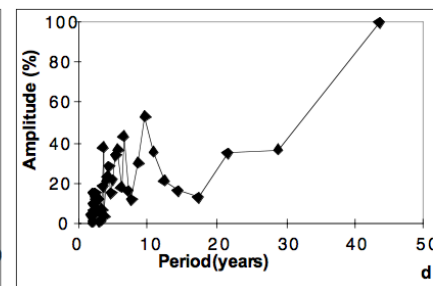
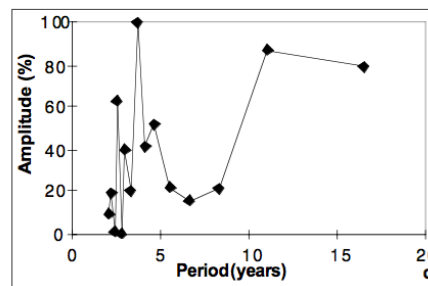
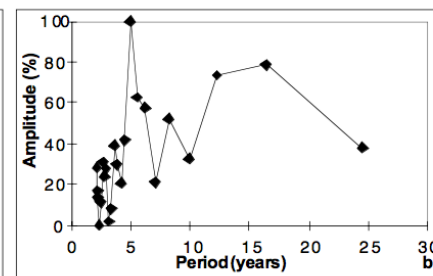
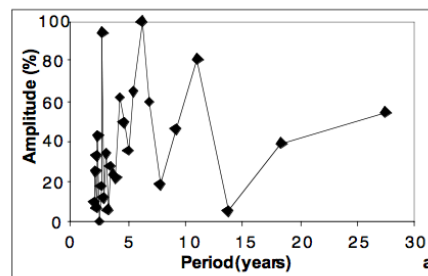


Fig. 6. Frequency analysis for air surface temperature in: (a) La Aurora, Guatemala (1935-1985); (b) Tegucigalpa, Honduras (1944-1992); (c) A.C. Sandino, Nicaragua (1957-1989); and (d) Balboa, Panama (1905-1992).



¿Qué nos indican los modelos hacia el futuro?

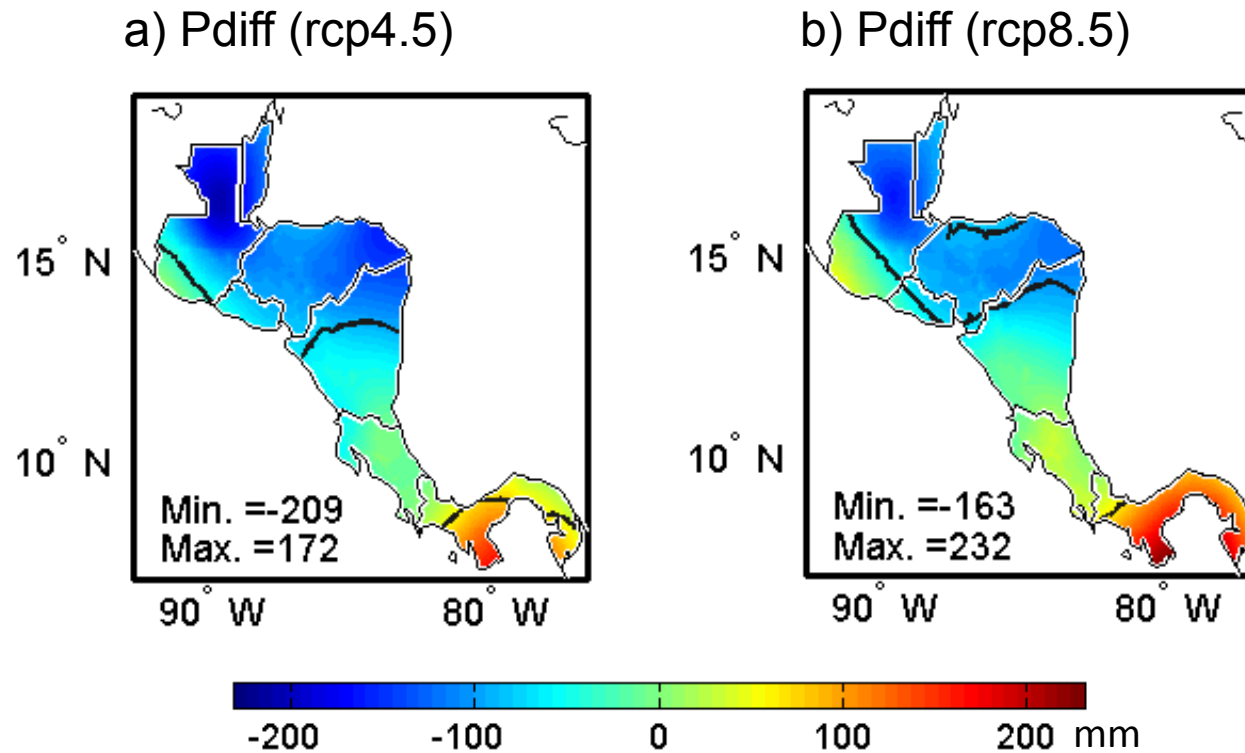
Proyecciones hidroclimáticas en alta resolución (5 km) de 1979-2049



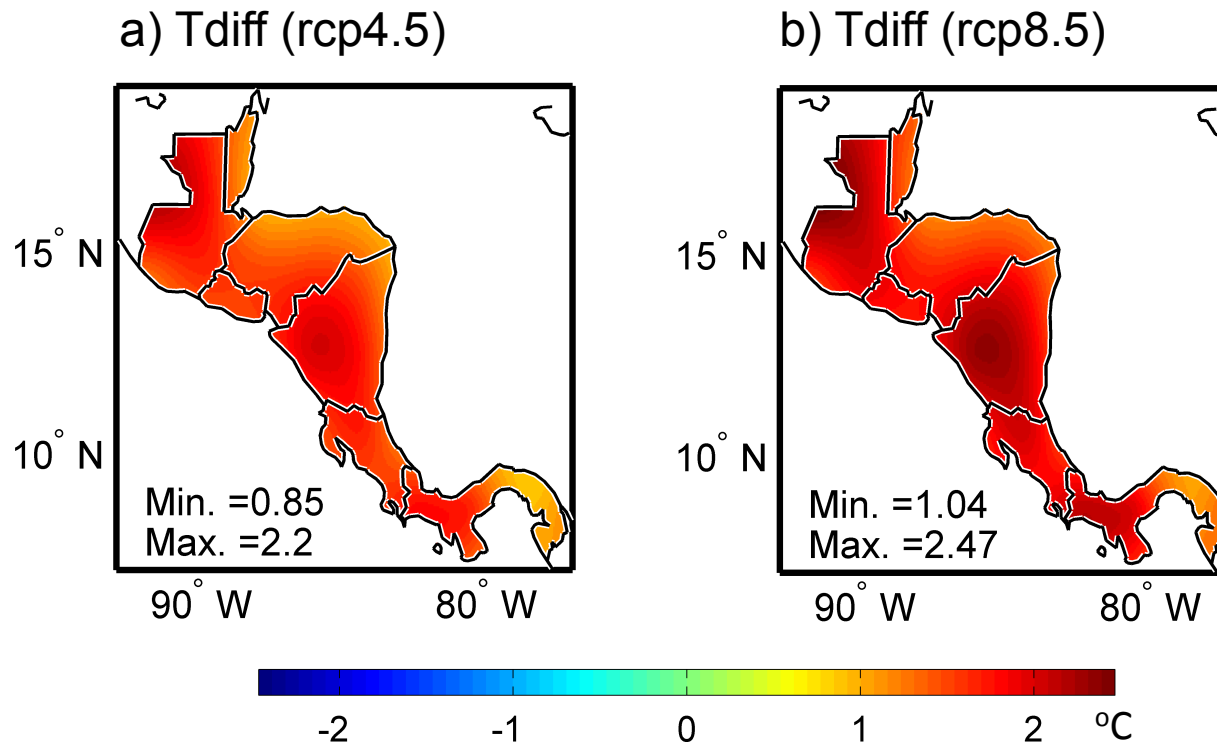
Proyecciones en alta resolución

- Versión CMIP5
- 5 km x 5 km
- 1979-2049
- Datos mensuales
- Precipitación y temperatura
- 17348 puntos de grilla cubren América Central
- Mejores 14 modelos de acuerdo con Hidalgo y Alfaro (2014; Int. J. Clim.)
- Representative concentration pathways: rcp4.5 y rcp8.5

Diferencia entre escenarios futuros (2029-2049) menos escenarios históricos (1979-1999) en **precipitación anual**

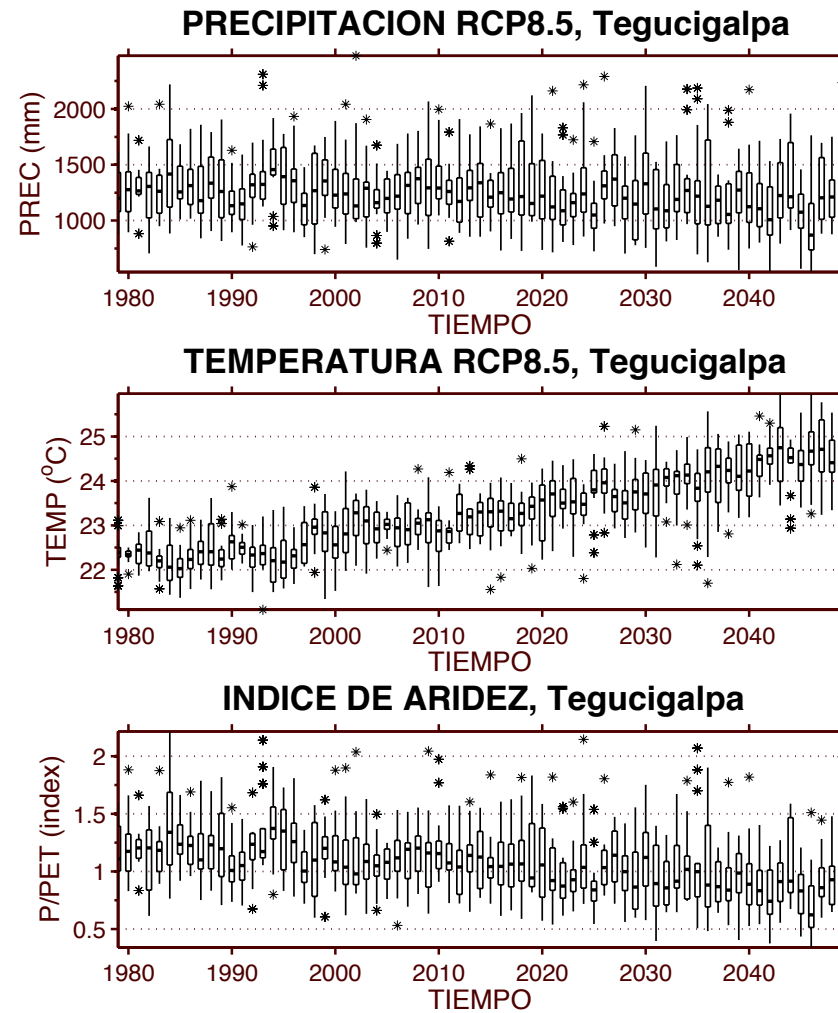


Diferencia entre escenarios futuros (2029-2049) menos escenarios históricos (1979-1999) en **temperatura anual**





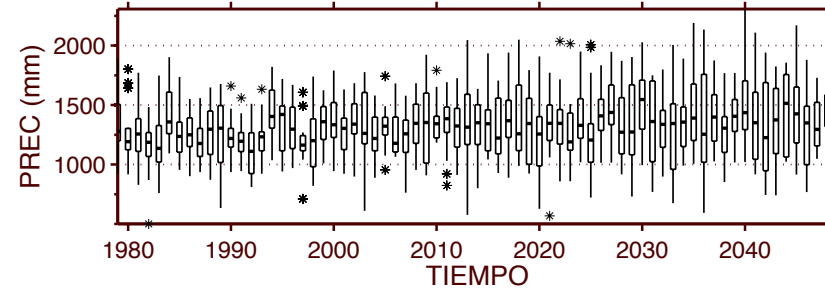
Evolución anual: Tegucigalpa



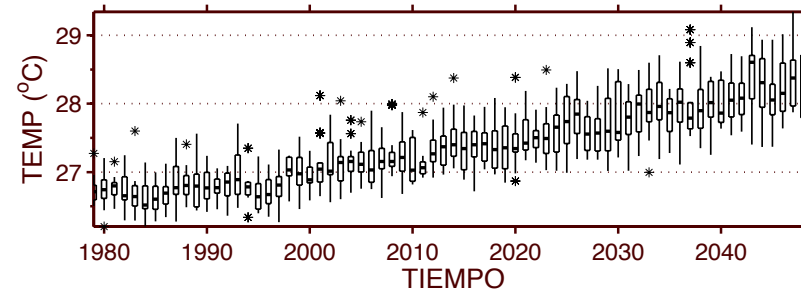


Evolución anual: Panamá

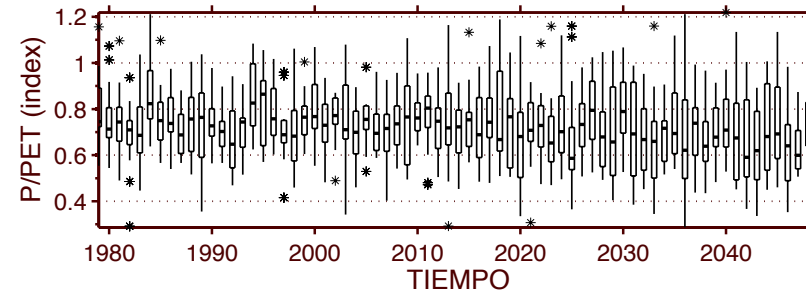
PRECIPITACION RCP8.5, Panama



TEMPERATURA RCP8.5, Panama



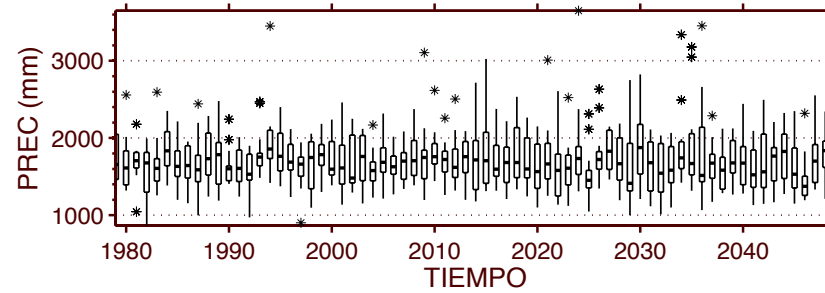
INDICE DE ARIDEZ, Panama



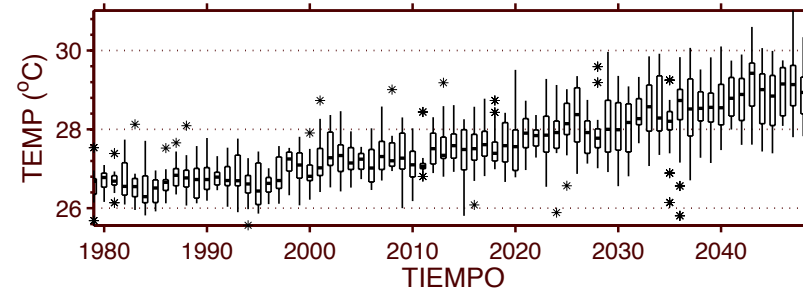


Evolución anual: Liberia

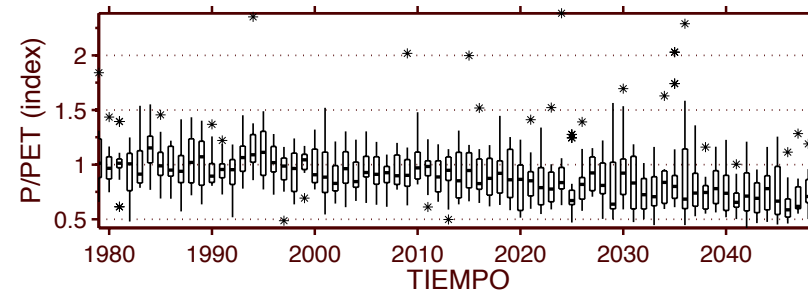
PRECIPITACION RCP8.5, Liberia



TEMPERATURA RCP8.5, Liberia

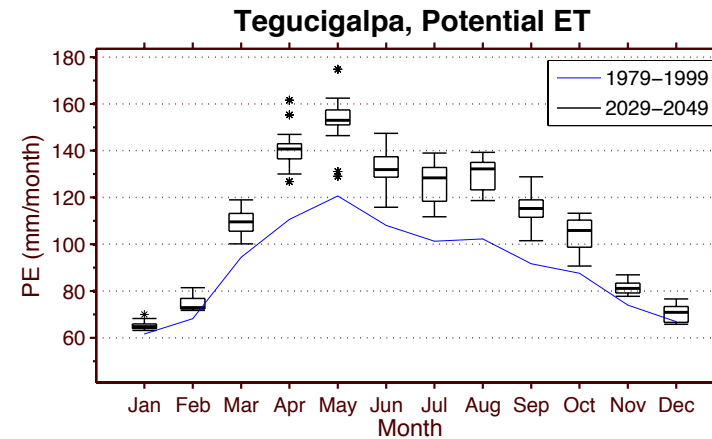
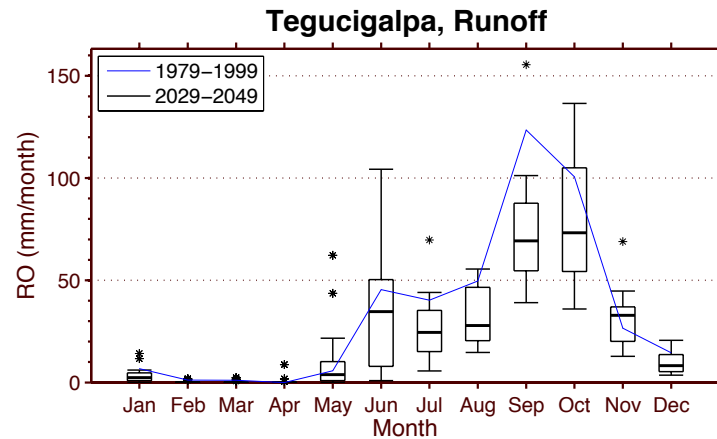
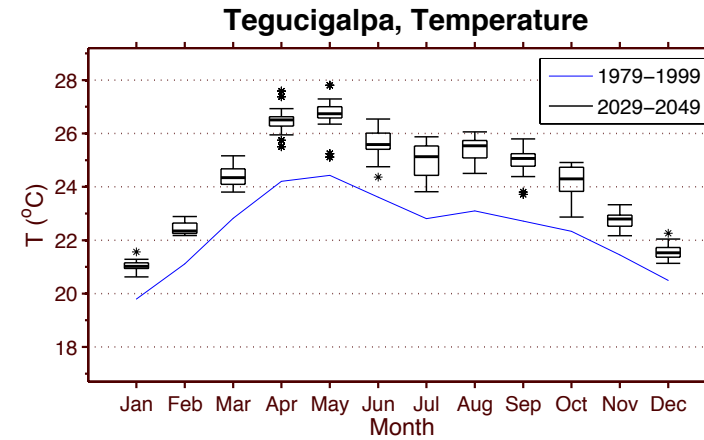
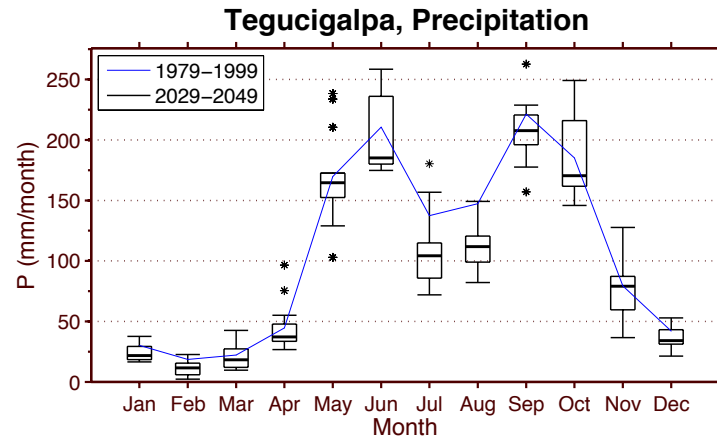


INDICE DE ARIDEZ, Liberia



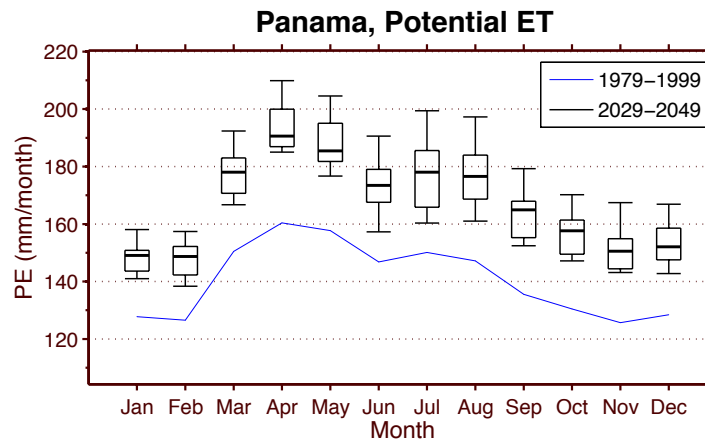
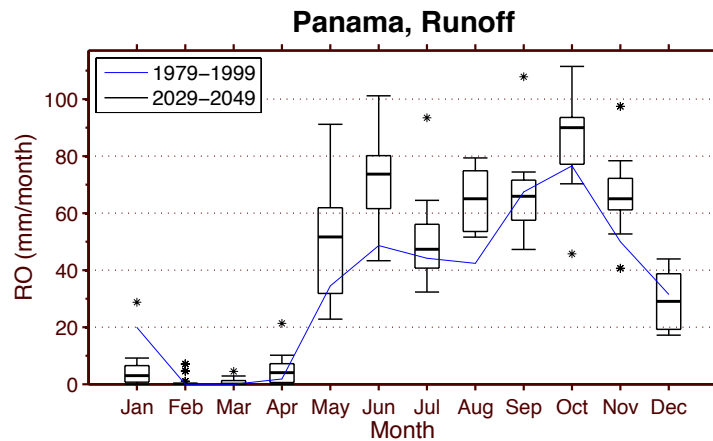
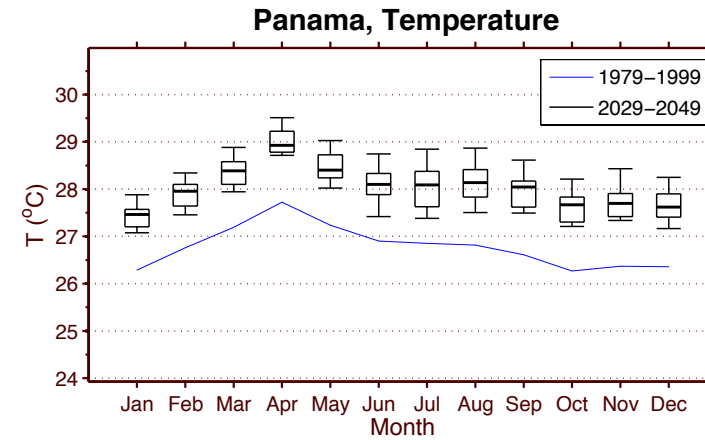
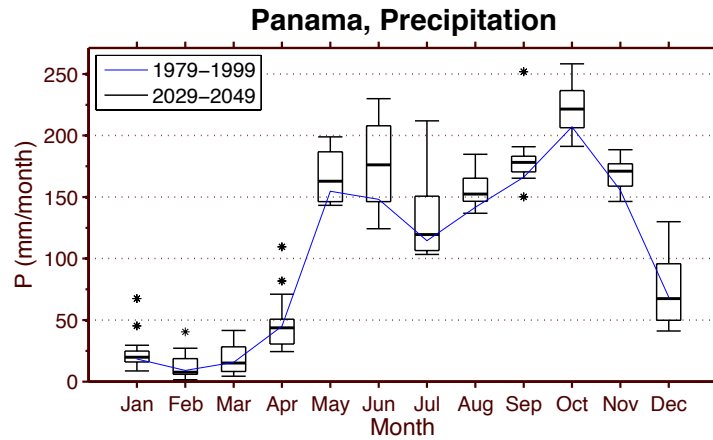


Cambios estacionales: Tegucigalpa



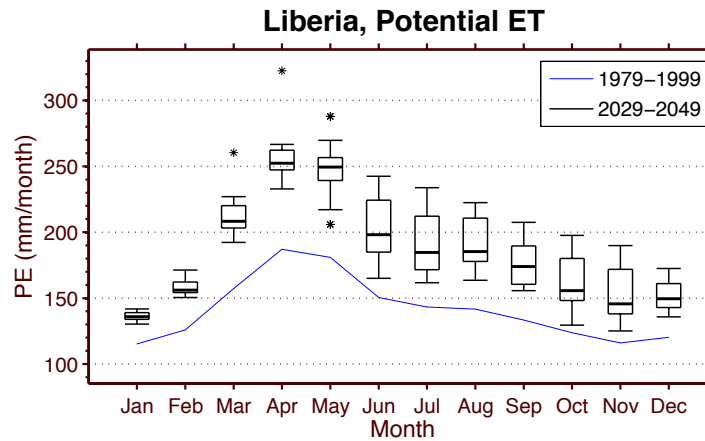
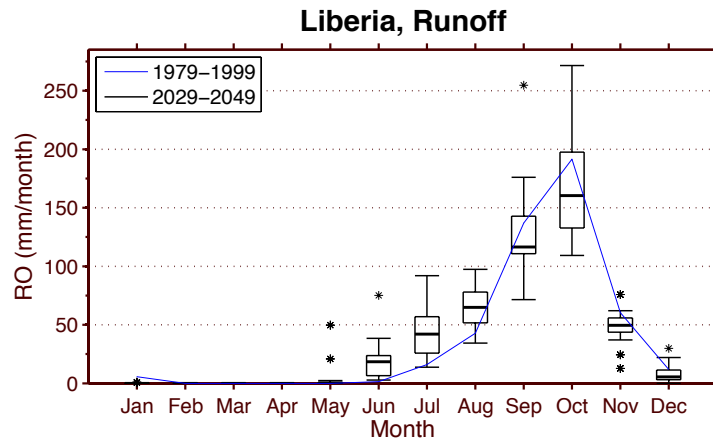
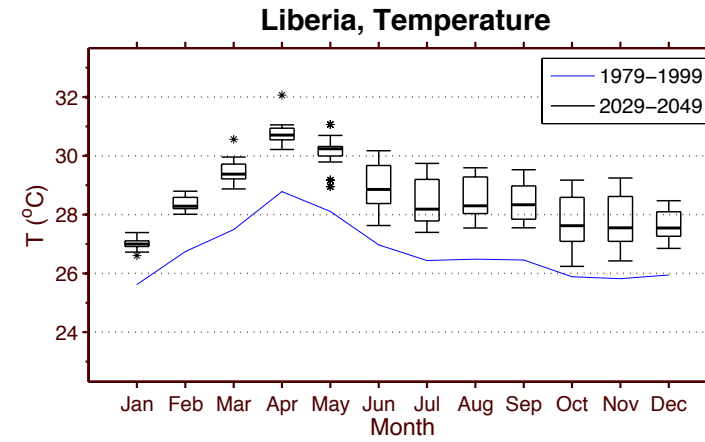
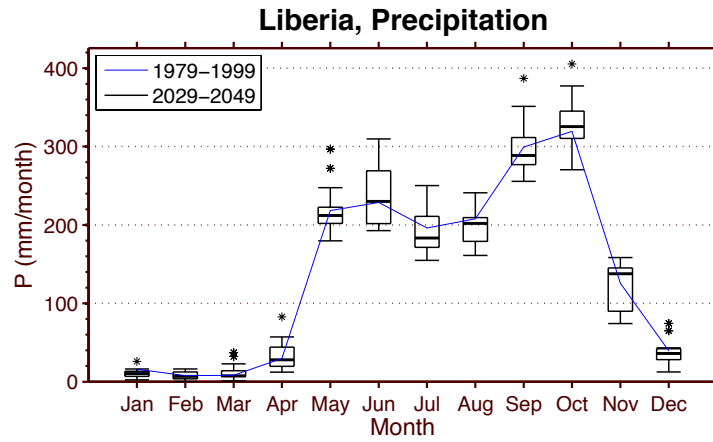


Cambios estacionales: Panamá





Cambios estacionales: Liberia





Conclusiones

- Cambios significativos en la temperatura hacia calentamiento han sido detectados en los datos históricos. Es muy probable que la región ha estado experimentando los efectos del calentamiento global asociados con el cambio climático antrópico (IPCC 2007). Aunque la lluvia no ha cambiado significativamente, el calentamiento puede resultar en suelos más secos, reducciones en escorrentía (Imbach et al. 2012, J. Hydromet.; Hidalgo et al. 2013, J. of Hydrol.) y aumento en la frecuencia de sequías, por lo cual es probable que la aridez aumente en el futuro.



Conclusiones

- Aunque la precipitación no experimenta tendencias significativas, la región experimenta sequías severas y sostenidas con una periodicidad cuasi-decenal. Esta variabilidad está asociada con causas naturales, y relacionadas con variaciones en el calentamiento en los trópicos, que a su vez resulta en una respuesta en las latitudes medias a través de la circulación de gran escala, afectando los “subtropical highs”, los vientos alisios y ultimadamente la sequía en el CSC.



Conclusiones

- Hay información faltante acerca del rol de la ZCIT y de WHWP en el mecanismo que conecta los vientos del Caribe con la lluvia en el CSC. Aquí sugerimos que la curvatura del CLLJ hacia el norte durante JJA permite los vientos calmos en el Pacífico Tropical Este y que la ZCIT tome su posición estacional.
- Cambios significativos en la hidroclimatología de América Central son esperados en los próximos 50 años.
- Condiciones más secas en el norte y más húmedas en el sur están posiblemente relacionadas con los cambios hacia posiciones más hacia el sur de la ZCIT en el futuro, de acuerdo con otros estudios (Rauscher et al. 2011, J. Clim.; Hidalgo et al. 2013, J. Hydrol.).



Conclusiones

- A través de esta presentación se ha enfatizado la importancia de las oscilaciones de baja frecuencia que dan paso a sequías severas y sostenidas en el CSC; entender estos procesos puede preparar la región para períodos largos de desabastecimiento de agua y para aumentar la resiliencia durante tiempos húmedos.
- Mejores pronósticos deben formar parte de un plan integral en el CSC, para mejorar el planeamiento y los sistemas de alerta, y para reducir las vulnerabilidades socio económicas (Hidalgo y Alfaro 2012, Prog.Phys. Geog.).



A scenic landscape featuring a river flowing through a lush green valley. The river is surrounded by tall grasses and reeds. In the background, there are rolling green hills under a bright blue sky filled with large, white, fluffy clouds. A single, tall, thin tree stands prominently on the right side of the valley. The overall atmosphere is peaceful and natural.

¡GRACIAS!



Table 1. Drought severity classification according to the United States Drought Monitor (USDM), produced jointly by the National Oceanic and Atmospheric Administration, the U.S. Department of Agriculture, and the National Drought Mitigation Center (NDMC) at the University of Nebraska-Lincoln. Adapted from USDM website (<http://droughtmonitor.unl.edu/AboutUs/ClassificationScheme.aspx>).

Category	Description	Possible impacts	PDSI	SPI
D0	Abnormally Dry	Going into drought: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Short-term (less than 6 months) dryness slowing planting, growth of crops or pastures Coming out of drought: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Some lingering water deficits ▪ Pastures or crops not fully recovered 	-1.0 to -1.9	-0.5 to -0.7
D1	Moderate Drought	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Some damage to crops, pastures ▪ Streams, reservoirs, or wells low, some water shortages developing or imminent ▪ Voluntary water-use restrictions requested 	-2.0 to -2.9	-0.8 to -1.2
D2	Severe Drought	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Crop or pasture losses likely ▪ Water shortages common ▪ Water restrictions imposed 	-3.0 to -3.9	-1.3 to -1.5
D3	Extreme Drought	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Major crop/pasture losses ▪ Widespread water shortages or restrictions 	-4.0 to -4.9	-1.6 to -1.9
D4	Exceptional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exceptional and 	-5.0 or less	-2.0 or less

Cambios en escorrentía (1948-2012)

Hidalgo et al. (2013)

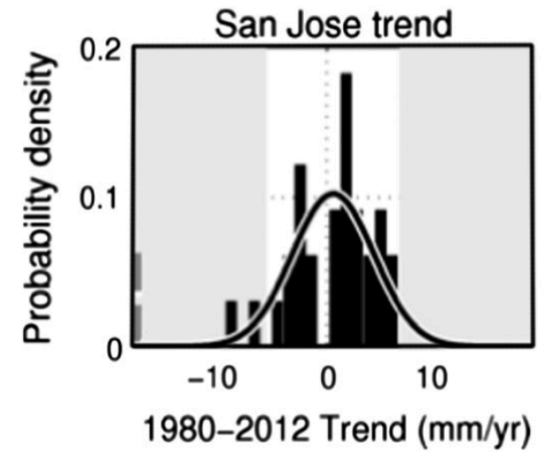
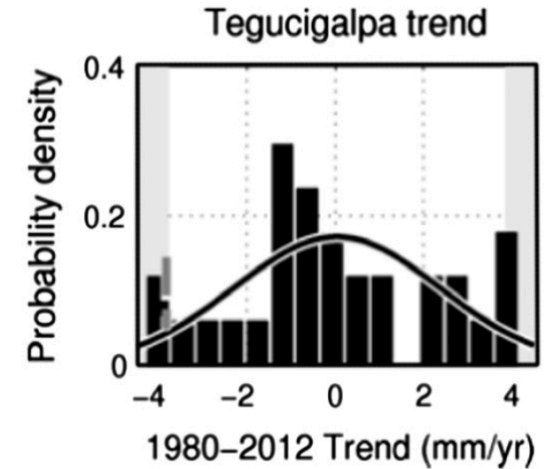
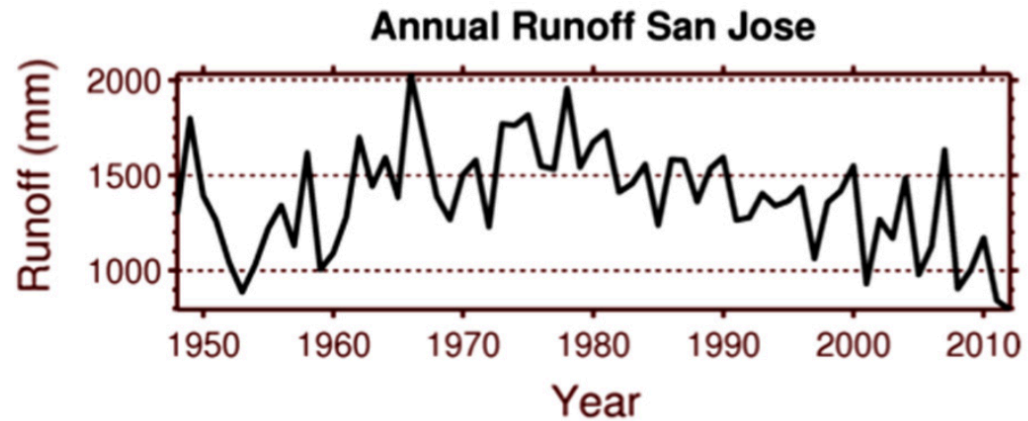
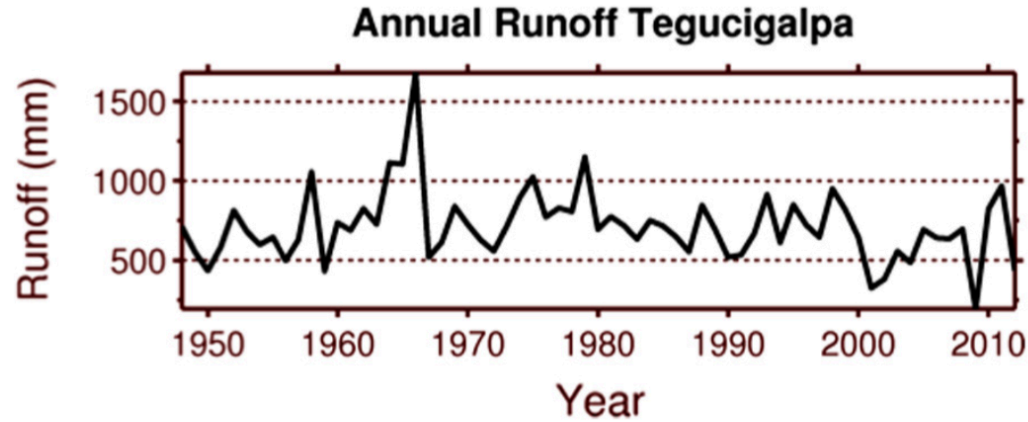


Fig. 14. Annual runoff estimates obtained by downscaling the Reanalysis data and ran them through VIC from 1948 to 2012 for two locations.