

Variabilidad y tendencias en la precipitación de Chillán: algunas herramientas de análisis y pronóstico

Dr Diego RIVERA
&
Dr José Luis ARUMÍ

Departamento de Recursos Hídricos
Laboratorio de Hidrología Ambiental
Centro del Agua para la Agricultura
Universidad de Concepción
dirivera@udec.cl

Primer Seminario Internacional
Eventos Extremos Hidrológicos: Análisis y Aplicaciones
Universidad de Talca, Santiago 13.01.2012

Contenidos

- 1 Antecedentes
 - El Niño, La Niña y la "normalidad"
- 2 El clima de Chillán
- 3 Variabilidad climática en Chillán
 - Tendencias
 - Asociaciones
- 4 Predicciones
 - Cómo?
- 5 Consideraciones finales
- 6 Bibliografía

Al inicio

- Cambio climático, variabilidad climática y calentamiento global.
- Evidencia y Atribución.
- Idea fuerza: relación hidrología-clima y sus implicancias en el manejo de agua en la agricultura (eventos extremos).

Variabilidad climática

La costa pacífico de América del Sur está sujeta a una considerable variabilidad interanual debido al El Niño- Oscilación del Sur^(20,9).

Manejo del agua en la agricultura

La agricultura está principalmente afectada por las estaciones, pero diferentes eventos climáticos o patrones climáticos tienen diferentes efectos en los cultivos en función del estado fenológico⁽²⁾.

Por lo tanto

El entendimiento (y previsión) de las variaciones climáticas asociadas al ENOS proveería una oportunidad para ajustar los manejos a la estación^(5,10).

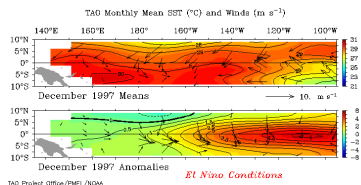
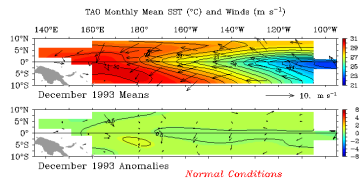
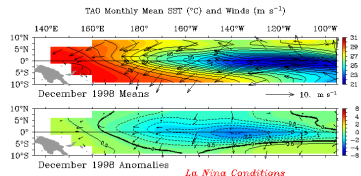
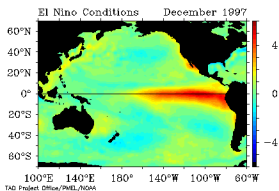
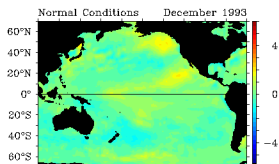
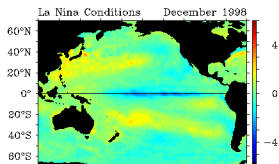
Sin embargo,

El manejo del riesgo requiere variaciones sub-estacionales en precipitación y temperatura, no siempre logradas por modelos climáticos⁽¹⁴⁾.

En resumen,

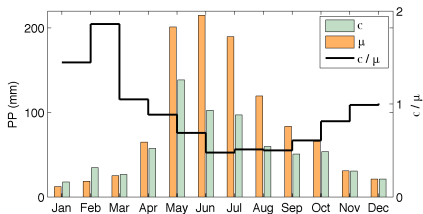
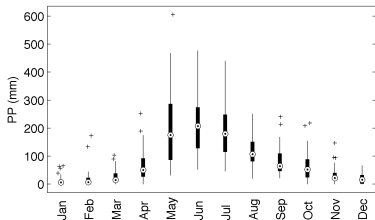
La variabilidad del clima es inherente a la explotación de recursos naturales y al desarrollo de herramientas de manejo (táctica, estrategia, planificación y gestión)⁽⁶⁾

Reynolds Monthly SST Anomalies (°C)

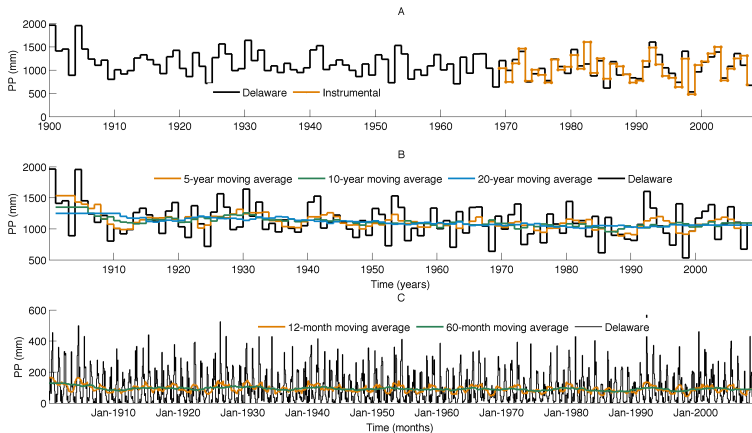


<http://www.pmel.noaa.gov/tao/elinino/el-nino-story.html> Zona Central LN: Primavera, EN: Invierno y primavera (12)

Fuerte componente estacional $\mu=1118$ mm, $\sigma=262$ mm (1900-2008), $\mu=1058$ mm, $\sigma=257$ mm (1975-2005)

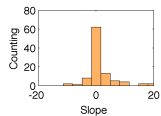
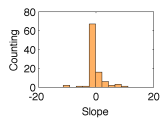
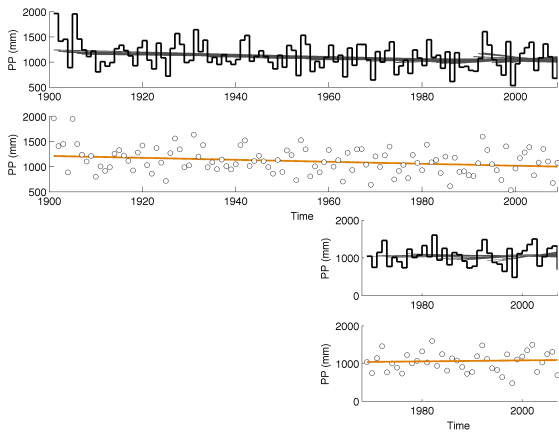


Datos Estación agrometeorológica Udec-Chillán 1969-2009 (cacea@udec.cl)



Willmott & Matsuura University of Delaware Temperature and Precipitation Reconstruction <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

$R^2=0,73$, $a=100$ mm

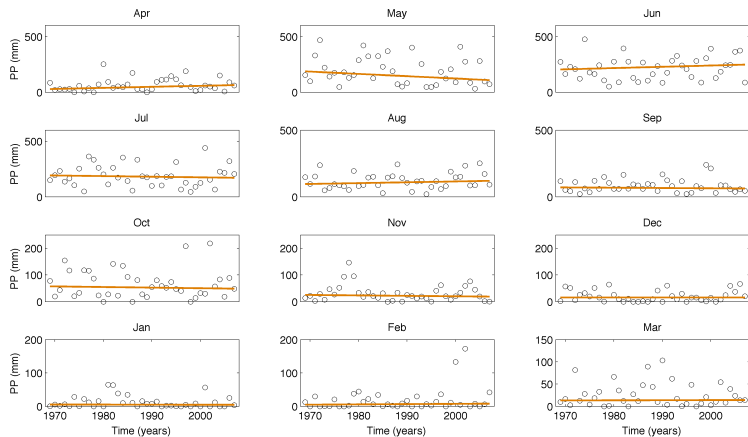


Mann-Kendall trend test (3)

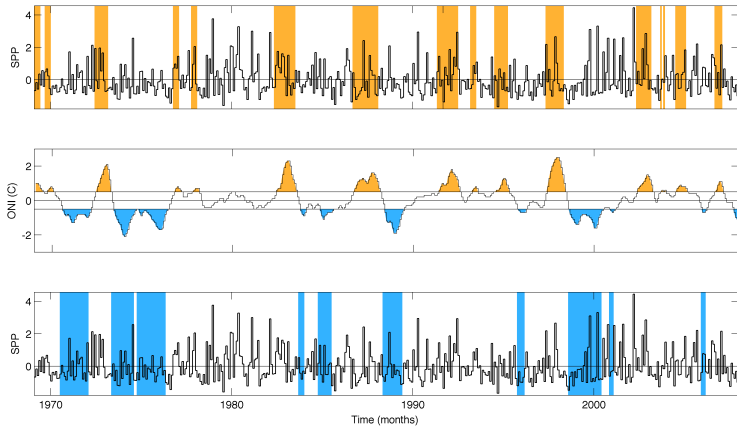
$p=0,05$

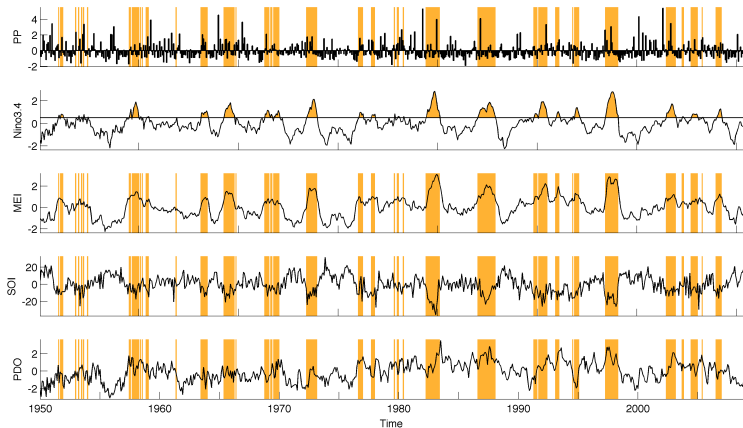
Mann-Kendall Tau with Sen's Method MATLAB function by Jeff Burkey

Variaciones intra-anales (5+,6-,1 sc; ninguna significativa ca. 1 mm/año)



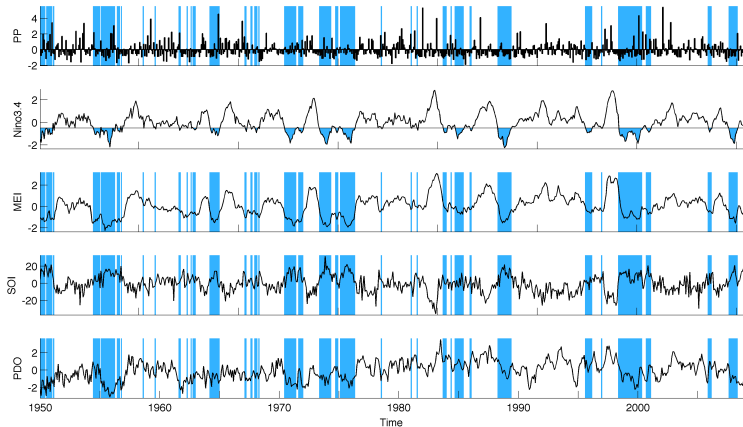
Relación SST-PP^(12,11): Variaciones estacionales, interanuales. Modulación decadal⁽¹⁵⁾





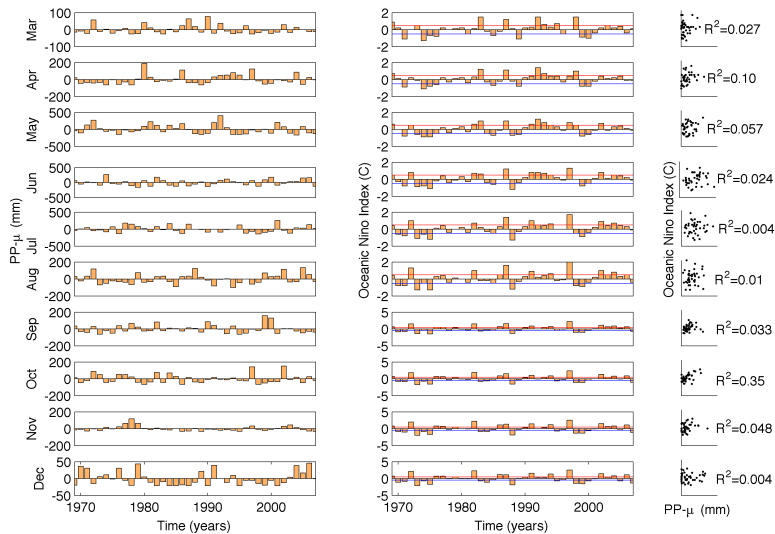
Niño3.4 Monthly ERSST.V3B (1971-2000 base period) y Southern Oscillation Index (SOI) <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>
 Multivariate ENSO Index (MEI) <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>
 Pacific Decadal Oscillation <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>

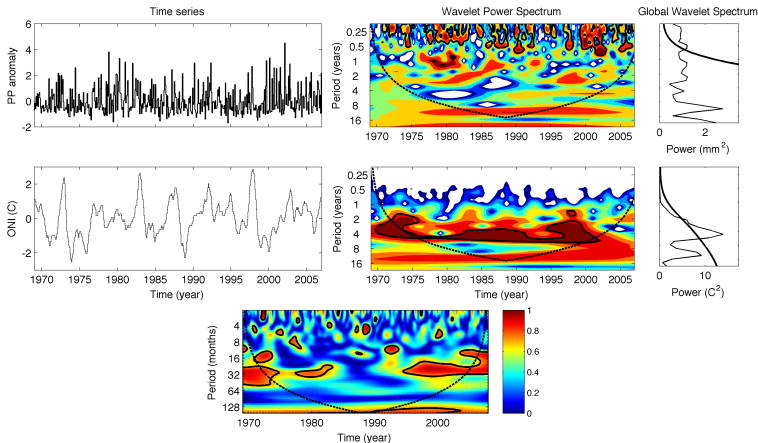
$$PP = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma(x)}$$



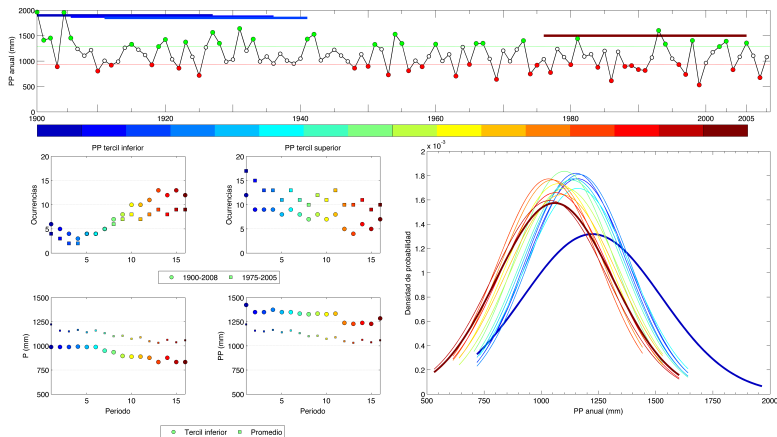
Niño3.4 Monthly ERSST.V3B (1971-2000 base period) y Southern Oscillation Index (SOI) <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>
 Multivariate ENSO Index (MEI) <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>
 Pacific Decadal Oscillation <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>

$$PP = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma(x)}$$

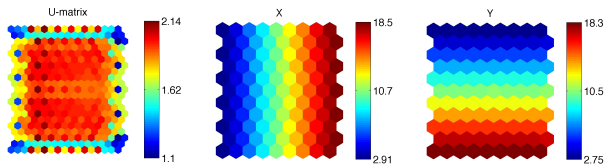
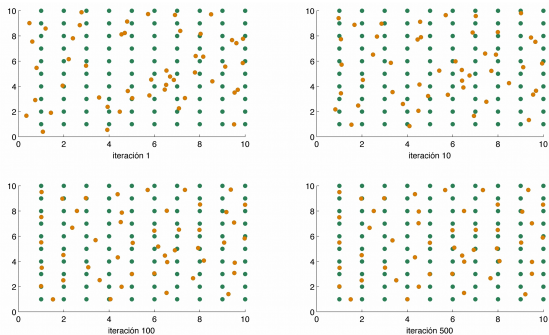
Relación SST-PP: Abril y Octubre significativos para $p=0,05$ 

Asociación SST-PP en tiempo-frecuencia: Análisis wavelet^(18,16)

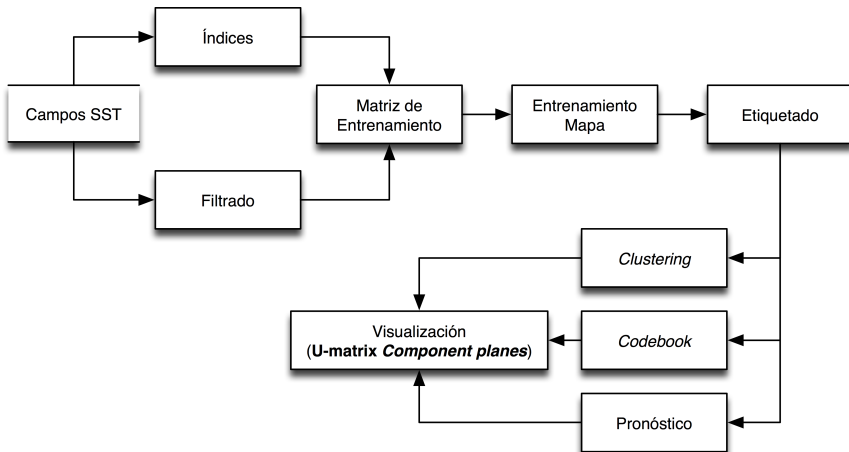
(percepción de) Cambios en la serie. Modulación decadal⁽¹⁵⁾: 30s-40s estable, 70s positiva.

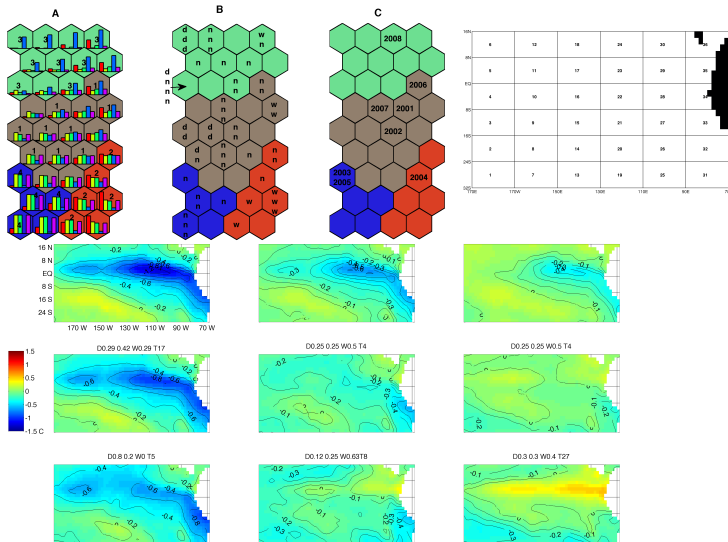


Mapas Auto-organizativos (Mapas de Kohonen) ^(8,7)



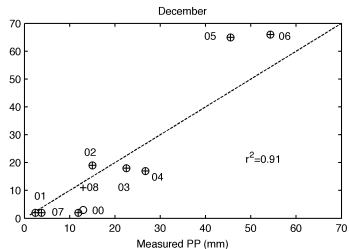
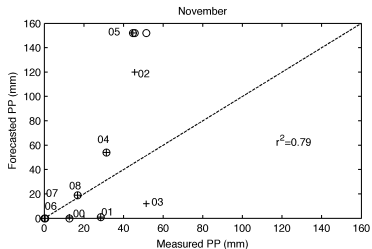
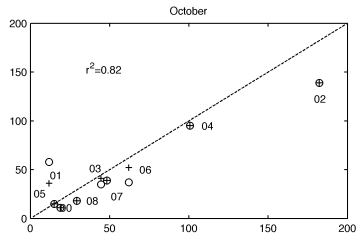
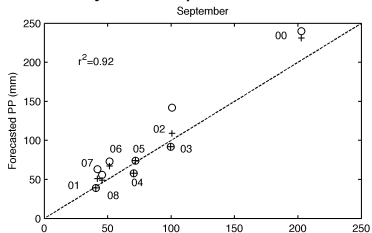
Resultados de Rivera, Uvo, Lillo, Billib y Arumí (2010) Forecasting monthly Precipitation in Central Chile: A Self-Organizing Map approach using filtered Sea Surface Temperature. *Theoretical and Applied Climatology* DOI: 10.1007/s00704-011-0453-5





Los problemas de los normales⁽¹³⁾

Extremos y la trampa del r^2



- Cambios futuros en régimen de precipitaciones (a la baja) y de temperatura (al alza) en América del sur. Sin embargo, las predicciones están fuertemente afectadas por el ENSO, efectos orográficos y de resolución de los modelos (IPCC, WGI The Physical Science Basis, 11.6)⁽¹⁷⁾.
- Incerteza en el comportamiento futuro del ENSO debido a alta variabilidad intrínseca⁽¹⁹⁾, aún cuando se informan cambios en los patrones^(21,19).
- Cambios en el riesgo (cambios en los eventos de clima) y cambios en la vulnerabilidad de los sistemas: medidas a corto y largo plazo.
 - Uso de sistemas de pronóstico.
 - Información adecuada y oportuna (Dirección Meteorológica, Geofísica UChile, IRI).
 - Seguros^(4,1).
 - Densificación de redes de monitoreo (AS, nieve, isoterma).
 - Regulación.
- HIDROLOGÍA+CLIMA: Gestión táctica y estratégica.
- Más fácil los extremos que los normales: e.g. Concepción⁽¹³⁾

- [1] M.E. Brown, D.E. Osgood, and M.A. Carriquiry. Science-based insurance. *Nature Geoscience*, 4(4):213–214, 2011.
- [2] K Brumbelow and A Georgakakos. Consideration of climate variability and change in agricultural water resources planning. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 133:275–285, 2007.
- [3] D Burn and M Hag. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 255:107–122, 2002.
- [4] Gobierno de Chile. Comité de Seguro Agrícola. <http://www.seguroagricola.com>.
- [5] G Hammer, D Holzworth, and R Stone. The value of skill in seasonal climate forecasting to wheat crop management in a region with high climatic variability. *Australian Journal of Agricultural Research*, 47:717–737, 1996.
- [6] J.W. Hansen, A. Challinor, A. Ines, T. Wheeler, and V. Moron. Translating climate forecasts into agricultural terms: advances and challenges. *Climate Research*, 33(1):27, 2006.
- [7] A M Kalteh, P Hjorth, and R Berndtsson. Review of the self-organizing map (SOM) approach in water resources: Analysis, modelling and application. *Environmental Modelling & Software*, 23:835–845, 2008.
- [8] T Kohonen. *Self-Organizing Maps*. Springer:, 3rd edition, 2000.
- [9] F Meza. Variability of reference evapotranspiration and water demands. association to ENSO in the Maipo river basin, Chile. *Global and Planetary Change*, 47:212–220, 2005.
- [10] F Meza and D Wilks. Use of seasonal forecasts of sea surface temperature anomalies for potato fertilization management. theoretical study considering EPIC model results at Valdivia, Chile. *Agricultural Systems*, 82:161–180, 2004.
- [11] A. Montecinos and P. Aceituno. Seasonality of the ENSO-related rainfall variability in central Chile and associated circulation anomalies. *Journal of Climate*, 16(2):281–296, 2003.
- [12] A. Montecinos, A. Díaz, and P. Aceituno. Seasonal diagnostic and predictability of rainfall in Subtropical South America based on Tropical Pacific SST. *Journal of Climate*, 13:746–758, 2000.
- [13] A Montecinos, M Kurgansky, C Muñoz, and K Takahashi. Non-enso interannual rainfall variability in central chile during austral winter. *Theoretical and Applied Climatology*, 106:557–568, 2011. 10.1007/s00704-011-0457-1.
- [14] R. Pielke, K Beven, and G Brasseur. Climate change: The need to consider human forcings other than greenhouse gases. *EOS*, 90(45):413, 2009.
- [15] J Quintana and P Aceituno. Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of south america (chile): 30-43^o s. *Atmósfera*, 25(1):1–22, 2012.
- [16] D. Rivera, M. Lillo, and J. Arumí. Influencia del enso en modelos de evaporación: una aproximación usando wavelets. *Ingeniería Hidráulica en México*, 24(1):5–18, 2009.
- [17] S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, KB Averyt, M. Tignor, and HL Miller. *Climate Change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2007.
- [18] C Torrence and G Compo. A practical guide to wavelet analysis. *The Bulletin of the American Meteorological Society*, 79:61–78, 1998.
- [19] G.A. Vecchi and A.T. Wittenberg. El Niño and our future climate: where do we stand? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 1(2):260–270, 2010.
- [20] P Waylen and G Poveda. El Niño-Southern Oscillation and aspects of western South American hydro-climatology. *Hydrological Processes*, 16:1247–1260, 2002.
- [21] S.W. Yeh, J.S. Kug, B. Dewitte, M.H. Kwon, B.P. Kirtman, and F.F. Jin. El Niño in a changing climate. *Nature*, 461(7263):511–514, 2009.