

Cambiando Paradigmas: La toma de decisión, pronósticos y su verificación.

Muchas acciones podrían ser implementadas por los tomadores de decisión entre una alerta y la ocurrencia de eventos climáticos extremos para evitar un desastre, pero el tiempo entre estos dos momentos es aún poco explorado; acciones basadas en pronósticos podrían preparar a las poblaciones y sus medios de vida a enfrentar dichos eventos. Sin embargo, existen ciertos elementos que limitan la toma de decisión como la falta de planificación de acciones, el tiempo en que las advertencias meteorológicas son emitidas y, quizás el más importante, el de no conocer la “habilidad del pronóstico”. Estos factores son fundamentales para la toma de decisión oportuna.

La habilidad del pronóstico y la toma de decisión.

Un pronóstico, normalmente tendrá “relevancia”, es decir, que influye positivamente en la toma de decisiones, si la percepción del pronóstico en el lugar de los hechos es positiva (Hansen, 2002). Un estudio sobre el uso de la información climática de “El Niño” para la toma de decisiones agrícolas en las Pampas Argentinas (Podestá et al., 2002) encontró una aparente reticencia a utilizar los pronósticos debido a que la resolución temporal y espacial no era considerada útil o relevante a las condiciones locales, lo que indica que la resolución de los pronósticos no era necesariamente compatible con las perspectivas que se requerían. Por otro lado, en un análisis realizado por Buizer et al. (2000), tomadores de decisión de pronósticos climáticos en el sur de África, América Latina y el Caribe indicaron que las perspectivas, aunque no fueron perfectas, fueron de gran utilidad para muchas personas en la preparación y respuesta ante los efectos de “El Niño 1997-98”. Asimismo Murphy & Katz (1985) y Mylne (2002) mencionan que para la toma de decisión es importante conocer las “habilidades de los pronósticos” por lo que sistemas de verificación operacionales de pronósticos deberían ser parte fundamental de los proveedores de información climática; esto ayudaría a los usuarios de la información a determinar qué pronóstico podrían adaptarse a sus necesidades.



Ph.D Juan Bazo Zambrano
Investigador en el Centro del Clima de la Cruz Roja Media Luna Roja

Doctor en Ciencias del Clima de la Universidad de Vigo. Actualmente es asesor técnico del Centro del Clima de la Cruz Roja Media Luna Roja en Perú y las Américas dando soporte en la interpretación y uso de la información climática para los gestores de desastres. Sus investigaciones se centran en el Riesgo Climático, Variabilidad Climática, eventos extremos y previsión estacional.

En las últimas décadas, la “habilidad” de la predicción ha mejorado de forma constante (Simmons et al., 2002; Hoskins, 2013) y esto ha dado lugar a que cada vez los pronósticos sean usados más eficientemente. Webster (2013) señaló el enorme potencial que los pronósticos tienen para la reducción de daños causados por inundaciones, sequías y ciclones tropicales, especialmente en países en desarrollo. Con una mejor comprensión de las incertidumbres de los pronósticos, los tomadores de decisión podrán incluir este factor en el proceso de la toma de decisión y así podrán manejar de forma más efectiva sus recursos y ser más resilientes a los impactos. Por ejemplo, los directores de emergencias podrían prepararse para inundaciones, sequías y olas de frío; los gerentes de salud podrían almacenar suministros médicos; los gestores del agua prepararse mejor para las condiciones áridas. Principalmente estas acciones preparatorias (figura 1), también pueden comenzar en los plazos de entrega con un mayor tiempo y cuando se han identificado las señales climáticas.

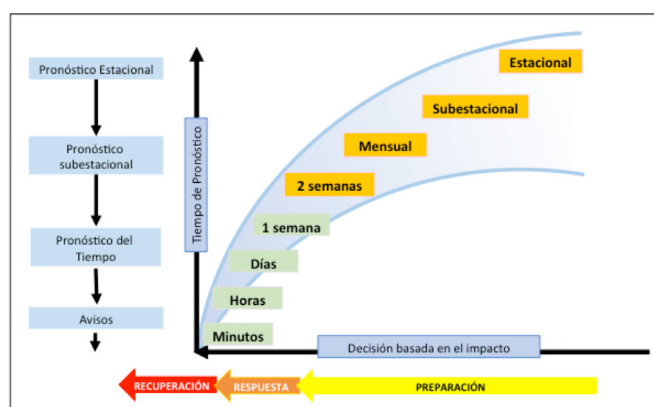


Figura 1. Relación entre pronósticos y la toma de decisión para reducir el Impacto (Adaptado NOAA).

Cambiando Paradigmas : La toma de decisión, pronósticos y su verificación.

Bazo J. y Coughlan E.

Ph.D.(c) Erin Coughlan de Perez

Investigadora en el Centro del Clima de la Cruz Roja Media Luna Roja



Manager en Ciencias del Clima del Centro del Clima de la Cruz Roja Media Luna Roja. Actualmente Candidata a Doctor en ciencias del clima y desastres en la Universidad de VU en Ámsterdam, Holanda. Es coordinadora del Centro del Clima en el Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad de la Universidad de Columbia. Asimismo, da soporte técnico para la interpretación y el uso de la información climática a los gestores de desastres de todo el mundo. Sus investigaciones se centran en Reducción del riesgo de desastres, adaptación al cambio climático y eventos extremos.

Uso y valor de la información climática para la toma de decisión

En los últimos años, las ciencias del clima, asociadas al aumento de desastres ha conllevado a que se incrementen investigaciones en los institutos académicos y de investigación en todo el mundo (Stockdale et al., 2011; Barnston et al., 2011; Vitar et al., 2012; Saha et al., 2013). Una gran diferencia entre los pronósticos meteorológicos convencionales y las predicciones estacionales de varios meses es que estas últimas no intentan pronosticar la evolución detallada del día a día. Tal predicción detallada se descarta por la naturaleza caótica del sistema climático, también conocido como el “efecto mariposa” (Lorenz, 1963). Por el contrario, las predicciones estacionales proporcionan estimaciones de las estadísticas medias de la temporada, y normalmente se hacen hasta tres meses antes de la temporada que se quiere pronosticar. Por ejemplo, un pronóstico estacional proporciona información sobre qué tan probable es que la próxima estación será más húmeda, seca, más cálida, o más fría que lo normal, por lo que a partir de esta información los tomadores de decisión podrían prepararse basados en el impacto de los pronósticos. Principalmente la base física para estos pronósticos, se deriva del efecto de la señal climática del océano, y en menor medida de la superficie de la tierra. Una de las señales climáticas más usadas para la predicción estacional es El Niño-Oscilación Sur (ENSO), la cual permite hacer uso de predicciones estacionales hasta 6 meses en adelante (Cane et al., 1986; Weisheimer et al., 2009; Barnston & Tippet, 2013).

Una iniciativa interesante es lo que hace el Instituto Internacional de Investigación sobre el Clima y la Sociedad (IRI) de la Universidad de Columbia, el cual invierten grandes esfuerzos para proporcionar pronósticos del clima sintetizados a partir de los aportes de la comunidad científica internacional, y también como soporte para los servicios meteorológicos nacionales, centros regionales del clima y organizaciones humanitarias, así como para sectores socioeconómicos claves como agricultura, salud, recursos hídricos y de prevención y reducción de desastres. La premisa de estos esfuerzos es que al proveer mejores pronósticos, resultaría inmediatamente mejores decisiones para una planificación más eficaz. Los esfuerzos se concentran tanto en invertir mayores capacidades tanto en los modelos dinámicos y métodos estadísticos que den lugar a pronósticos con una mayor fiabilidad. (Goddard et al., 2010).

Un ejemplo es la herramienta del IRI llamada “pronóstico estacional de precipitación flexible”¹. Para el periodo diciembre 2015 – febrero 2016, con condiciones iniciales (CI) de noviembre del 2015 (figura 2a), este muestra un pronóstico de probabilidad de exceder el percentil 80 de la distribución histórica de la climatología 1981-2010 para un valor umbral de precipitación en la estación de Morropón (Piura). Asimismo, se muestra que la función distribución de probabilidad del pronóstico (verde), está desplazada hacia la derecha de la histórica (negro), lo que indica una mayor cantidad de lluvia esperada que lo usual (figura 2b). Para verificar este pronóstico se obtuvieron datos de precipitación observada por SENAMHI para diciembre 2015 – febrero 2016, corroborando que, en Morropón, la precipitación acumulada superó sus valores normales en más del 100% (figura 2c),

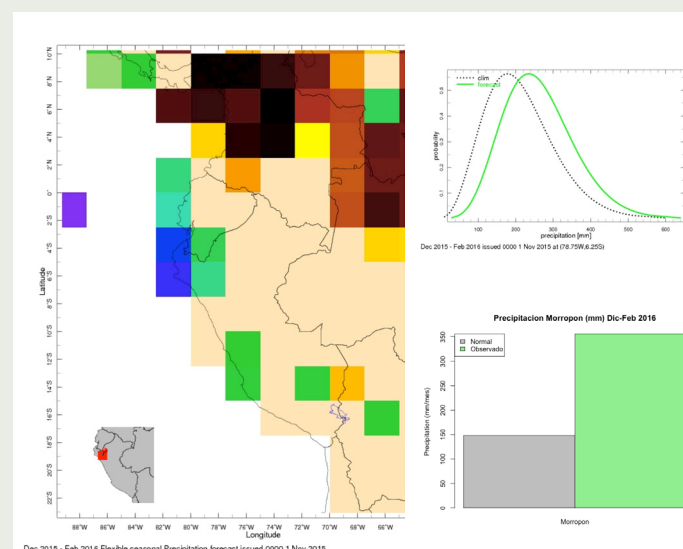


Figura 2. (a) Pronóstico flexible de precipitación IC-Nov-15, (b) función de probabilidad y (c) observación y normal climática del Periodo Dic 2015- Feb 2016 en Morropón-Piura.

¹http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Forecasts/Flexible_Forecasts/precipitation

consistente con el pronóstico del modelo flexible del IRI. Sin embargo, esta no es la mejor forma de verificar un pronóstico, existen diferentes técnicas de verificación y estas son de suma importancia para los tomadores de decisión, porque dan información valiosa acerca de la fiabilidad de los pronósticos.

Razones para verificar pronósticos y sus beneficios

Según Brier & Allen (1951), existen tres razones importantes para hacer verificación de pronósticos: **administrativa, científica y económica**, un tema común para las tres es que cualquier sistema de verificación debe ser informativo. Desde el punto de vista **Administrativo**, hay una necesidad de tener medidas numéricas de lo bien que las previsiones se están realizando. De lo contrario, no hay forma objetiva para juzgar cómo los cambios en la capacidades, equipos o modelos, afectan a la calidad de las predicciones. Los resultados producidos por un sistema de verificación pueden utilizarse para justificar la financiación para la mejora en formación de pronosticadores, equipamiento y para la investigación de mejores modelos de predicción. Desde el punto de vista **Científico** se refiere más a la comprensión, y por lo tanto a la mejora del sistema de pronóstico. Una mayor inversión en sistemas de verificación podría conllevar a una mayor evaluación de exactamente donde están las deficiencias del pronóstico, y con ello la posibilidad de mejorar la comprensión de los errores en los procesos físicos de los modelos, o también en los errores de interpretación de los pronosticadores. En lo **Económico**, el uso que generalmente se da para personalizar a los usuarios de los pronósticos. En ese sentido, los sistemas de verificación deben ser lo más sencillos posibles en cuanto a la comunicación de resultados, la complejidad surge debido a que diferentes usuarios tienen diferentes intereses. Por lo tanto, existe la necesidad de diferentes esquemas de verificación a la medida de cada usuario. Por ejemplo, consideremos un pronóstico de temperatura en invierno: el valor de esta es relevante para una compañía de electricidad, ya que la demanda varía con la temperatura de una manera gradual, en tanto que para una autoridad local de salud, más relevante sería la probabilidad de exceder un umbral, por debajo del cual debe preparar acciones ante un incremento de enfermedades de vías respiratorias. En ambos ejemplos un pronóstico puede ser considerado razonablemente bueno para un usuario, pero puede ser considerado no tan bueno para el otro.

La “bondad” del pronóstico es como la “belleza”, esta es generalmente determinada por el ojo del espectador y tiene muchos aspectos. Murphy & Winkler (1987) reconoce algunos “atributos” de los pronósticos como; la fiabilidad, la resolución, la discriminación y la agudeza, con que pueden ser examinados. Cuál de estos atributos es más importante para el científico, el tomador de decisión o para un usuario final, determinará qué puntuación o medida podría ser la que prefiere cada uno para evaluar los pronósticos. La mayoría de las medidas de puntuación tienen algunos puntos fuertes, pero también puntos débiles, y en la mayoría de las circunstancias se necesitan una o más para obtener una visión más consensuada de las cualidades relativas de los pronósticos. Es en ese sentido Murphy (1993), da tres tipos de bondad para el pronóstico. **Consistencia** se refiere al grado de correspondencia entre el pronóstico publicado y el juicio del pronosticador basado en su evaluación subjetiva de la información basada en su conocimiento, incluyendo las incertidumbres. **Calidad** es el grado con el que el pronóstico corresponde con lo que realmente ocurrió y el **Valor** es el grado con el que el pronóstico ayuda a un tomador de decisión a concretar un beneficio económico.

Habilidad de Pronósticos y acciones en Perú.

En sistemas de verificación de pronóstico, uno de las métricas más usadas es la de fiabilidad de atributos (Reliability diagram²), estas muestran y cuantifican la fiabilidad estadística de un sistema de pronóstico probabilístico, con mayor robustez, porque incluye en un solo gráfico la fiabilidad, resolución y agudeza del pronóstico. Un ejemplo de diagrama de atributos es mostrado en la (figura 3), para pronósticos con diferentes condiciones de inicio (octubre, noviembre, y diciembre) y con un umbral definido (70% probabilidad que exceda la climatología), para la estación lluviosa (enero-marzo) con el fin de evaluar dos modelos climáticos (CFS y ECMWF³) en la región noroeste del Perú, con datos observacionales de precipitación de CMORPH (Bazo et al., en preparación). Para un tomador de decisión, esta información puede ser valiosa, porque permitiría con anticipación saber la fiabilidad del pronóstico, el modelo a usar y cuánta probabilidad de que sus acciones puedan o no ser en vano.

²Grupo de trabajo en investigación de verificación y pronóstico <http://www.cawcr.gov.au/projects/verification/>

³(CFS) Climate Forecast System-NOAA, (ECMWF) Centro Europeo de Predicción del tiempo y Clima.

Cambiando Paradigmas : La toma de decisión, pronósticos y su verificación.

Bazo J. y Coughlan E.

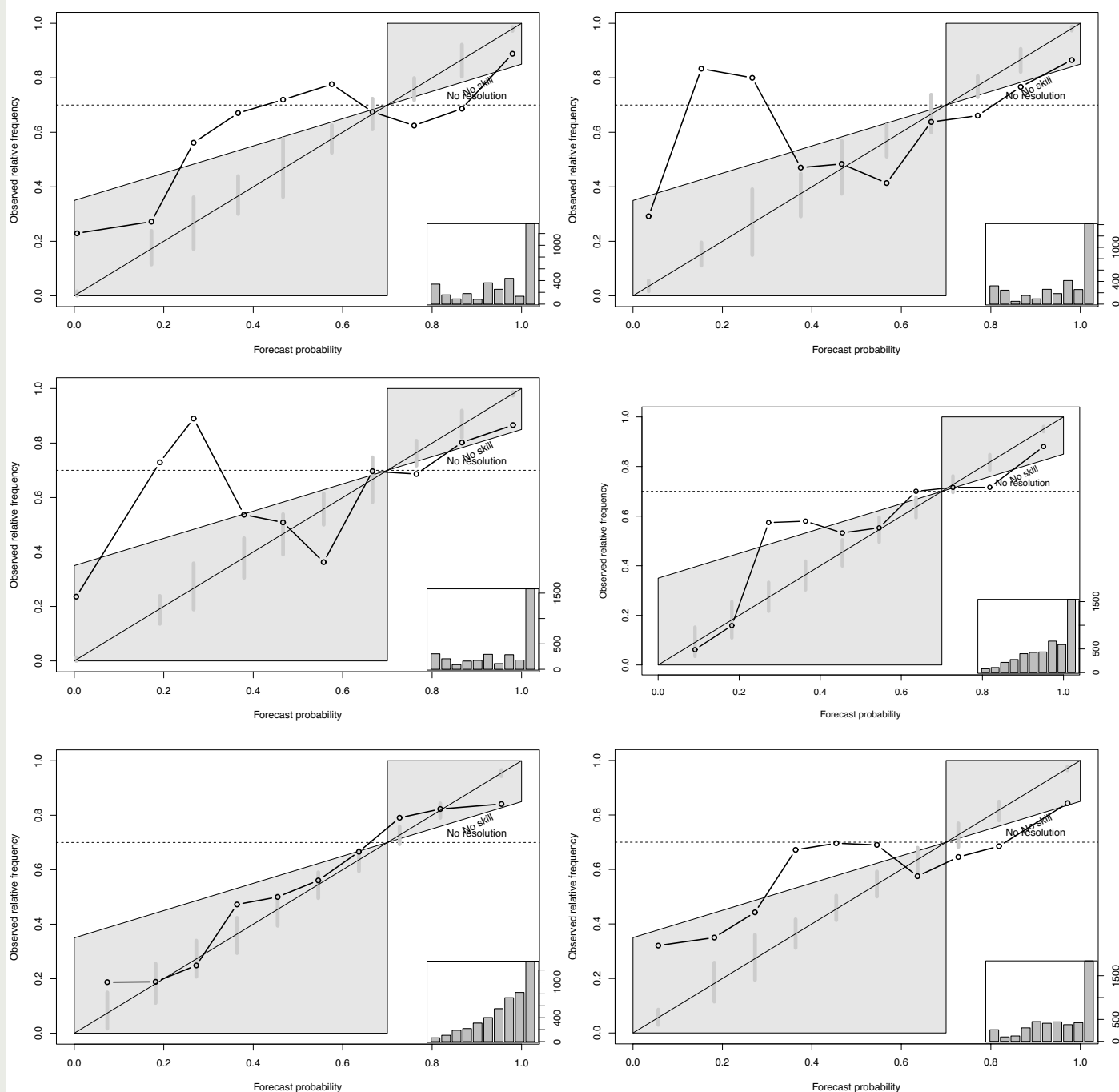


Figura 3. Diagrama de atributos a) CFS (EFM/CI-Oct), b) CFS (EFM/CI-Nov), c) CFS (EFM/CI-Dic), d) Pronóstico (EFM/CI-Oct), e) ECMWF (EFM/CI-Nov), f) ECMWF (EFM/CI-Dic).

Cambiando Paradigmas : La toma de decisión, pronósticos y su verificación.

Bazo J. y Coughlan E.

La ocurrencia del evento El Niño 2015/16 y el conocido vínculo entre El Niño y el peligro de inundación en el norte de Perú llevó a la Cruz Roja, a implementar el mecanismo de financiamiento basado en pronósticos "FbF" ("Forecast based financing"; Coughlan de Pérez et al., 2014), en la región norte del Perú (Piura y Lambayeque). La idea es tener un sistema que permita tomar acciones de preparación, antes de que un evento climático extremo ocurra, usando los pronósticos como guía. El mecanismo establecido usó diferentes procedimientos para activar acciones, según pronósticos con diferentes probabilidades, umbrales de peligro y diferentes tiempos de anticipación. Algunas acciones fueron activadas en el 2015 antes del impacto de El Niño, pero no para acciones de alto impacto. La Cruz Roja acordó hacer una intervención con un 50% de probabilidad de inundación y distribuir los artículos de primera necesidad con una probabilidad del 75%. Nosotros ahora estamos interesados en estudiar con más atención la fiabilidad de los pronósticos de El Niño para saber la real probabilidad para actuar. Este tipo de enfoque objetivo podría también aplicarse a otros ámbitos en los que el uso de los pronósticos probabilísticos es difícil de entender para los tomadores de decisión, permitiéndoles optimizar el uso de los recursos pero además facilitando la acción oportuna ante la incertidumbre.

Referencias

- Barnston, A. G., & Mason, S. J. (2011). Evaluation of IRI's seasonal climate forecasts for the extreme 15% tails. *Weather and Forecasting*, 26(4), 545-554.
- Barnston, A. G., & Tippet, M. K. (2013). Predictions of Nino3.4 SST in CFSv1 and CFSv2: a diagnostic comparison. *Climate Dynamics*, 41(5-6), 1615-1633.
- Buizer, J. L., Foster, J., & Lund, D. (2000). Global impacts and regional actions: preparing for the 1997-98 El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(9), 2121-2139.
- Brier, G. W., & Allen, R. A. (1951). Verification of weather forecasts. In *Compendium of meteorology* (pp. 841-848). American Meteorological Society.
- Cane, M. A., Zebiak, S. E., & Dolan, S. C. (1986). Experimental forecasts of El Niño. *Nature*, 321, 827-832.
- Coughlan de Perez, E., et al. Forecast-based financing: An approach for catalyzing humanitarian action based on extreme weather and climate forecasts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2015, vol. 15, no 4, p. 895-904.
- Goddard, L., Aitchellouche, Y., Baethgen, W., Dettinger, M., Graham, R., Hayman, P., & Meinke, H. (2010). Providing seasonal-to-interannual climate information for risk management and decision-making. *Procedia Environmental Sciences*, 1, 81-101.
- Hamill, T. M., Whitaker, J. S., & Mullen, S. L. (2006). Reforecasts: An important dataset for improving weather predictions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(1), 33.
- Hansen, J. W. (2002). Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges. *Agricultural Systems*, 74(3), 309-330.
- Hoskins, B. (2013). The potential for skill across the range of the seamless weather - climate prediction problem: a stimulus for our science. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 139(672), 573-584.
- Lorenz, E. N. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *Journal of the atmospheric sciences*, 20(2), 130-141.
- Murphy, A. H. (1993). What is a good forecast? An essay on the nature of goodness in weather forecasting. *Weather and forecasting*, 8(2), 281-293.
- Murphy, A. H., & Winkler, R. L. (1987). A general framework for forecast verification. *Monthly Weather Review*, 115(7), 1330-1338.
- Murphy, A. H., & Katz, R. W. (1985). *Probability, statistics, and decision making in the atmospheric sciences*. Westview Press.
- Myrne, K. R. (2002). Decision - making from probability forecasts based on forecast value. *Meteorological Applications*, 9(3), 307-315.
- Podesta, G., Letson, D., Messina, C., Royce, F., Ferreyra, R. A., Jones, J., & O'Brien, J. J. (2002). Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. *Agricultural Systems*, 74(3), 371-392.
- Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., ... & Ek, M. (2014). The NCEP climate forecast system version 2. *Journal of Climate*, 27(6), 2185-2208.
- Simmons, A. J., & Hollingsworth, A. (2002). Some aspects of the improvement in skill of numerical weather prediction. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 128(580), 647-677.
- Stewart, T. R., Pielke Jr, R., & Nath, R. (2004). Understanding user decision making and the value of improved precipitation forecasts: lessons from a case study. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(2), 223.
- Stockdale, T. N., Anderson, D. L., Balmaseda, M. A., Doblas-Reyes, F., Ferranti, L., Mogensen, K., & Vitart, F. (2011). ECMWF seasonal forecast system 3 and its prediction of sea surface temperature. *Climate dynamics*, 37(3-4), 455-471.
- Vitart, F., Robertson, A. W., & Anderson, D. L. (2012). Subseasonal to Seasonal Prediction Project: Bridging the gap between weather and climate. *Bulletin of the World Meteorological Organization*, 61(2), 23.
- Webster, P. J. (2013). Meteorology: Improve weather forecasts for the developing world. *Nature*, 493(7430), 17-19.
- Weisheimer, A., Doblas - Reyes, F. J., Palmer, T. N., Alessandri, A., Arribas, A., Déqué, M., & Rogel, P. (2009). ENSEMBLES: A new multi-model ensemble for seasonal-to-annual predictions—Skill and progress beyond DEMETER in forecasting tropical Pacific SSTs. *Geophysical research letters*, 36(21).