



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



BICENTENARIO
PERÚ 2021



BOLETÍN CIENTÍFICO EL NIÑO

El impacto de la parametrización de procesos microfísicos en la simulación de dos eventos de lluvia convectiva sobre los Andes centrales del Perú usando el modelo numérico WRF-ARW

Pág. 5

Pronósticos históricos de las ondas ecuatoriales oceánicas utilizando los modelos climáticos CanCM3 y CanCM4

Pág. 16

Resumen del informe técnico de El Niño

Pág. 22

Resumen del Comunicado ENFEN

Pág. 23



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú

Vol. 7 N°09 Setiembre 2020

CRÉDITOS

Kirla Echegaray Alfaro

Ministra del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú:

Hernando Tavera Huarache

Presidente Ejecutivo

Danny Scipión Castillo

Director Científico

Yamina Silva Vidal

Directora

Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera

Equipo editorial:

James Apaéstegui Campos

Kobi Mosquera Vásquez

Diseño y diagramación

Unidad Funcional de Comunicaciones

Carátula: nubes de tipo cumulonimbo en la región Huancayo

Foto: IGP

El boletín científico "El Niño" es generado en el marco del Programa Presupuestal N° 068 "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres".

Producto 1: Estudios para la estimación del riesgo de desastres

Actividad 5: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño

Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169 Mayorazgo, Ate, 15012.

Teléfono: 51-1-3172300

Lima, junio de 2022

EDITORIAL

El Instituto Geofísico del Perú (IGP), institución pública adscrita al Ministerio del Ambiente, tiene por finalidad generar, utilizar y transferir conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines. El IGP forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del riesgo de desastres en el Perú, con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico.

El IGP, a través del Programa de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, genera conocimiento científico sobre los componentes del sistema climático (atmósfera, océano, suelo, biósfera y criósfera) y la interacción entre ellos. El Niño - Oscilación del Sur es uno de los principales modos de variabilidad, el cual es objeto de estudio en el programa de investigación, debido a la alta vulnerabilidad del Perú y los impactos negativos asociados.

Desde el 2014, el IGP y otras instituciones integrantes de la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" (ENFEN) participan en el Programa Presupuestal 068: "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"- PREVAED, contribuyendo con el producto denominado "Estudios para la estimación del riesgo de desastres". El IGP realiza la síntesis y evaluación de los pronósticos de modelos climáticos internacionales, el desarrollo y validación de nuevos modelos, además de otros estudios que fortalecen en forma continua la capacidad de monitoreo y pronóstico de El Niño en el Perú.

Con el fin de divulgar el conocimiento científico, el Instituto Geofísico del Perú presenta periódicamente sus investigaciones y avances en temas de variabilidad y cambio climático, a través de su Boletín Científico "El Niño", tratando de mostrar la información con un lenguaje sencillo, sintetizando los aspectos más relevantes de dichas investigaciones. El objetivo es que las autoridades y técnicos especialistas en la gestión del riesgo de desastres (GRD) pertenecientes a los tres niveles de gobierno, así como el público en general interesado, puedan tener como fuente de conocimiento a los materiales de investigación que el IGP genera.

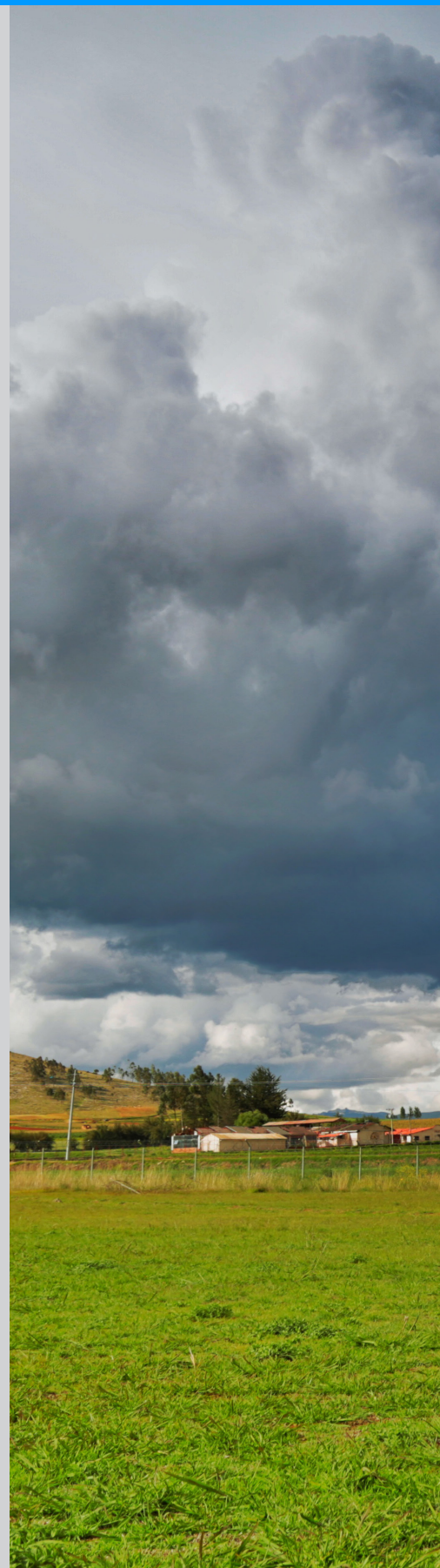
El presente ejemplar suma dos artículos de investigación. El primero, titulado "El impacto de la parametrización de procesos microfísicos en la simulación de dos eventos de lluvia convectiva sobre los Andes centrales del Perú usando el modelo numérico WRF-ARW", presenta la evaluación de 6 métodos de parametrización de procesos microfísicos en el modelo numérico de Investigación y Pronóstico del Tiempo (WRF, por sus siglas en inglés). Los resultados demuestran que la parametrización de Morrison reprodujo los sistemas convectivos de manera más consistente con las observaciones que usando los otros métodos.



EDITORIAL

El segundo artículo, titulado “Pronósticos históricos de las ondas ecuatoriales oceánicas utilizando los modelos climáticos CanCM3 y CanCM4, se presentan los resultados de experimentos numéricos avocados al pronóstico de la dinámica de las ondas oceánicas largas en el Pacífico ecuatorial con diferentes tiempos de antelación. En este boletín se presenta también, el resumen del informe técnico de El Niño, documento que forma parte de los compromisos asumidos por el IGP en el marco del PPR 068. En esta edición el informe indica condiciones neutras a frías débiles tanto como para la región frente a la costa y el Pacífico central. Los modelos muestran que en Pacífico central, según los valores pronosticados, se estaría desarrollando un evento La Niña desde setiembre de 2020, pasando por un máximo en diciembre, hasta el mes de febrero de 2021. Por otro lado, en la región frente a la costa peruana, si bien los pronósticos muestran también valores negativos, estos no cruzarían el límite para alcanzar condiciones frías débiles.

Al final de este boletín también se incluye el resumen del Comunicado Oficial del ENFEN, indicando que se mantiene el sistema de “Vigilancia de La Niña Costera” debido a que persisten las anomalías negativas de la temperatura del mar frente a la costa peruana y se espera que estas continúen en lo que resta del año. Es importante advertir que, en caso de existir discrepancias con el informe técnico de El Niño emitido por el IGP, prevalecerá lo establecido en el Comunicado Oficial del ENFEN.



DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

EL IMPACTO DE LA PARAMETRIZACIÓN DE PROCESOS MICROFÍSICOS EN LA SIMULACIÓN DE DOS EVENTOS DE LLUVIA CONVECTIVA SOBRE LOS ANDES CENTRALES DEL PERÚ USANDO EL MODELO NUMÉRICO WRF-ARW

Daniel Martínez-Castro^{1,2}, Shailendra Kumar², José Luis Flores Rojas², Aldo Moya Alvarez², Jairo Valdivia Prado², Elver Villalobos Puma², Carlos Del Castillo Velarde² y Yamina Silva Vidal²

RESUMEN

El presente estudio explora el impacto del método de expresar los procesos microfísicos en las nubes en la simulación numérica de eventos de lluvia convectiva sobre los Andes centrales, utilizando el modelo numérico de Investigación y Pronóstico del Tiempo (WRF, por sus siglas en inglés). Se probaron seis métodos de parametrización de los procesos microfísicos, a partir de la anidación sucesiva unidireccional de cuatro dominios (18, 6, 3 y 0.75 km de resolución). Las parametrizaciones de otros procesos físicos se mantuvieron invariables en los diferentes experimentos. Se integró durante 36 h con los datos globales del Centro Nacional de Predicción Ambiental de Estados Unidos (NCEP, por sus siglas en inglés) con condiciones iniciales de las 07:00, hora local (GMT-5). Las simulaciones se verificaron utilizando datos de satélite GOES, información del radar perfilador de nubes de banda Ka instalado en el Observatorio de Huancayo y variables meteorológicas medidas en superficie. Todas las parametrizaciones microfísicas describieron aproximadamente el comportamiento de la temperatura durante el paso del sistema, aunque en uno de los casos se subestimó la temperatura y en otros dos se subestimó la precipitación acumulada en 24 h. En particular, las configuraciones del modelo con parametrizaciones de Morrison y Lin reprodujeron la dinámica general del desarrollo de los sistemas de nubes para los dos estudios de caso. No obstante, el análisis del campo horizontal y los perfiles verticales de la masa de agua del sistema, así como los diferentes hidrometeoros muestran que la parametrización de Morrison reprodujo los sistemas convectivos de manera más consistente con las observaciones que los otros métodos.

El artículo científico original se encuentra en: <https://doi.org/10.3390/atmos10080442>

AFILIACIÓN:

1. Centro de Física de la Atmósfera - Instituto de Meteorología de Cuba
2. Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

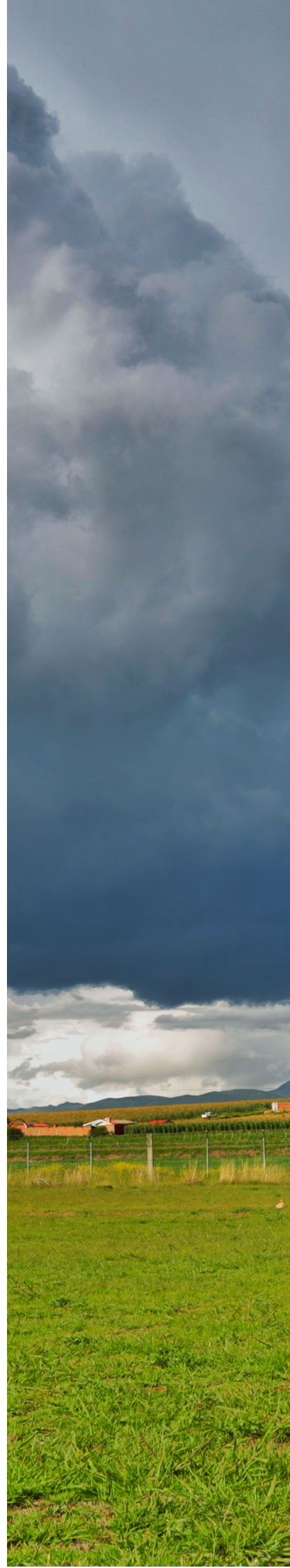
Citar como: Martínez, D., Kumar, S., Flores, J., Moya, A., Valdivia- Prado, J., Villalobos, E., Del Castillo, C., Silva, Y. (2020). El impacto de la parametrización de procesos microfísicos en la simulación de dos eventos de lluvia convectiva sobre los Andes Centrales del Perú usando el modelo numérico WRF-ARW. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N.º 09. pág. 5-15.

INTRODUCCIÓN

Las tormentas que producen lluvias ocasionales y granizo en los valles de los Andes centrales se producen por la interacción de los flujos de la Amazonía y el Pacífico a diferentes alturas, modulados por las complejas condiciones de orografía local (Junquas et al., 2016; 2018). En particular, en la zona del valle del Mantaro, las condiciones tropicales, influenciadas por el viento cálido y húmedo del este proveniente de la Amazonía, sumado a un fuerte calentamiento del suelo durante las horas de la tarde, propician el desarrollo de nubes convectivas que interactúan fuertemente con la circulación local (Garraud et al., 1999; Sulca et al., 2015).

El modelo numérico de investigación y pronóstico meteorológico (WRF, por sus siglas en inglés), en su variante de investigación avanzada (ARW, por sus siglas en inglés) (Skamarock et al., 2008), es una de las principales herramientas para el estudio de los mecanismos de desarrollo de la convección y la estructura interna de las tormentas en el valle, así como para la predicción de precipitaciones. La correcta configuración del modelo es fundamental para lograr un buen pronóstico, como se ha demostrado para diferentes partes del mundo con diversas condiciones geográficas y climatológicas (Ruiz et al., 2010; Rajevan et al., 2010; Mayor et al., 2015).

El presente trabajo se centra en el impacto de la elección, en el WRF, del esquema microfísico para reproducir la estructura de dos sistemas nubosos que producen precipitación en la región de la cuenca del río Mantaro. Las condiciones y mecanismos dinámicos de desarrollo de estos sistemas fueron discutidos por Flores-Rojas et al. (2019). Los eventos de lluvia convectiva (ELC) ocurrieron en las tardes del 29 de diciembre de 2015 (ELC1) y el 7 de enero de 2016 (ELC2), y pueden considerarse como típicos de la región de los Andes centrales. Las ELC fueron documentadas con los datos obtenidos del Observatorio de Huancayo (HYO), así como de bases de datos satelitales.



DATOS Y METODOLOGÍA

Las simulaciones se realizaron utilizando la versión 3.7 del modelo WRF-ARW. Las condiciones iniciales y de contorno se tomaron del "Análisis Operacional Global Final" del NCEP FNL (<https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/>), cada 6 horas, con resolución horizontal de 1°. El análisis contiene datos meteorológicos de superficie y de 26 niveles de la columna de aire (nivel máximo 200 hPa). Para la topografía se utilizó el modelo de elevación digital SRTM NASA / NGA, que, con una resolución de 90 m, reproduce con un grado de detalle aceptable la topografía de los Andes (Shuttle Radar Topography Mission, Farr et al., 2007) (https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/).

Se anidaron cuatro dominios para asegurar el correcto y gradual paso de las variables meteorológicas de entrada al modelo WRF, de escalas mayores a menores. Se siguió la configuración de Moya-Alvarez et al. (2018) en donde se utilizaron sólo tres dominios anidados (18, 6 y 3 km) y se incluyó, además, un cuarto dominio interno, con una resolución de 750 m, el cual cubre el valle del Mantaro y las laderas de las montañas limítrofes (Figura 1a) para poder alcanzar una escala espacial compatible con las dimensiones de las corrientes verticales en el interior de las nubes, donde ocurren los fenómenos microfísicos. El análisis de la evolución de la estructura de los sistemas estudiados se centra en este dominio. Las curvas de nivel del dominio interno se muestran con más detalle en la Figura 1b. El período de simulación fue de 36 horas para cada experimento, a partir de las 00:00 UTC hasta las 12:00 UTC del día siguiente.

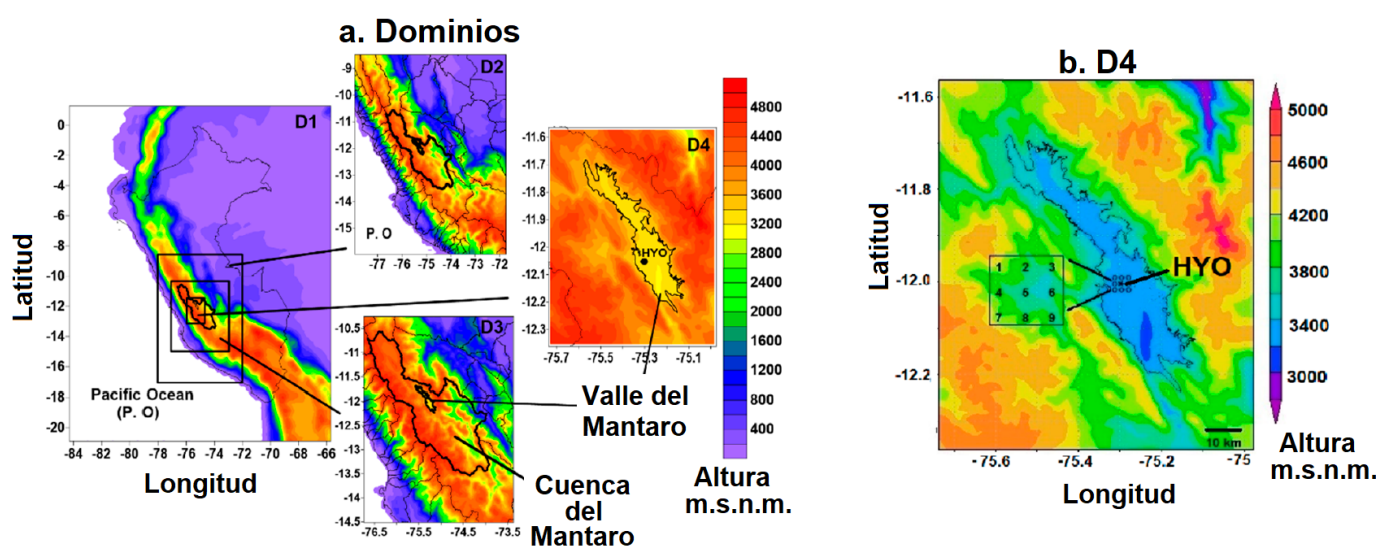


Figura 1. a) Cuatro dominios anidados. Dominio 1 (D1): Perú, territorios circundantes y el próximo océano Pacífico. Dominio 2 (D2): Andes centrales. Dominio 3 (D3): Cuenca del río Mantaro. Dominio 4 (D4): Valle del Mantaro. b) D4 con topografía más detallada, incluidos los 9 puntos que se utilizan para evaluar la precipitación simulada.

Los modelos numéricos como WRF, que reproducen la evolución de las nubes, incluyen la solución de ecuaciones para las razones de mezcla de diferentes hidrometeoros, además de las variables meteorológicas básicas como temperatura, humedad y componentes del viento. La evolución de los diferentes tipos de hidrometeoros se reproduce con ayuda de un esquema de parametrización microfísica, que permite describir los procesos microfísicos de escala menor que la resolución del modelo en cada paso de integración del mismo. En dependencia del grado de complejidad del esquema de parametrización aplicado, se puede describir la evolución de diferentes tipos de hidrometeoros y las interacciones

entre ellos. En los esquemas aplicados en el presente trabajo se consideran al menos cinco tipos de hidrometeoros, a través de sus razones de mezcla: agua de nube, que corresponde a gotas de menos de 0.2 mm de radio y que están suspendidas en las corrientes verticales de las nubes (Qc); gotas de precipitación, que son gotas con diámetros entre 0.2 y más de 5 mm (Qr); cristales de hielo individuales (Qi); copos de nieve (Qs), que son aglomeraciones de cristales de hielo y un quinto tipo de hidrometeoro (Qg) que incluye desde embriones pequeños hasta piedras de granizo.

La distribución por tamaños de los hidrometeoros se describe, en general, mediante funciones de distribución gamma de tres parámetros.

$$N_i(D) = N_{0i} D^{\mu_i} e^{-\lambda_i D}$$

El índice $i=1-5$ representa los diferentes hidrometeoros, N_0 , μ y λ son los parámetros de la distribución. El parámetro μ_i está asociado con la forma de la distribución. Si $\mu_i = 0$, la distribución de tamaños del hidrometeoro i se reduce a una exponencial.

Los parámetros integrales de esta distribución (razón de mezcla, reflectividad y tasa de lluvia) se calculan a partir de los diferentes momentos de orden n de la distribución, dados por:

$$m_{n_i} = \int_0^{\infty} D_i^n e^{-\lambda_i D_i} dD_i$$

Donde $i=1-5$ y n se denomina orden del momento ($n=0$ representa la concentración de partículas y $n=3$ es proporcional a la razón de mezcla de masa de partículas por masa de aire)

Para probar el impacto de la elección de la parametrización de microfísica en la capacidad del modelo para reproducir la evolución de las nubes y las precipitaciones en los estudios de caso, se aplicaron seis esquemas, tres de los cuales se habían probado previamente en la investigación de Moya-Alvarez et al. (2018): el esquema de Lin et al., (2002) y el de Thompson et al. (2008), que son de un solo momento, y el de Morrison et al. (2009), que es un esquema de dos momentos. Considerando su éxito en las simulaciones de eventos de precipitación o pronósticos de precipitación en regiones orográficas o tropicales, se probaron tres esquemas más: el esquema de Milbrandt y Yau de dos momentos (Milbrandt et al., 2005) y los esquemas de un solo momento Goddard, (Tao et al., 2003) y WSM6 (Hong et al., 2006), todos ellos con buen desempeño en trabajos anteriores en situaciones de orografía compleja (Mayor et al., 2012; Tan et al., 2016).

Los esquemas de un solo momento consisten en ecuaciones para el transporte y el balance de masa de cada uno de los tipos de hidrometeoros que están presentes como variables pronosticadas en el modelo. Generalmente, el momento de tercer orden se predice para la distribución de cada hidrometeoro, ya que está relacionado con su razón de mezcla por unidad de masa de aire. En este tipo de parametrizaciones, las concentraciones de hidrometeoros se fijan a priori o se diagnostican a partir de consideraciones teóricas o empíricas, partiendo del momento pronosticado por las ecuaciones. Esto último es una limitación, ya que en muchos casos no existe una correspondencia biunívoca entre la concentración de un tipo de hidrometeoro y su razón de mezcla, pues los procesos microfísicos involucran tanto la unión de hidrometeoros del mismo tipo como el crecimiento por difusión de gotas o partículas de hielo del vapor de agua. Estos procesos pueden implicar el crecimiento simultáneo de un momento y la disminución de otro.

Los esquemas de dos momentos, generalmente, incluyen como variable de pronóstico, además de la razón de mezcla, a la concentración de gotas (momento de orden cero de la distribución de partículas por tamaños). Para la verificación de las simulaciones, se utilizaron las mediciones de la estación meteorológica Huayao y los instrumentos del Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR) del Instituto Geofísico del Perú, ambos ubicados en el Observatorio de Huancayo (HYO) [12° 02'18 "S (12.04° S), 75° 19'22" W (75.32° W), 3350 m s. n. m.; UTC-5]. El radar MIRA 35-C, con frecuencia de 34.85 GHz (longitud de onda de 8.6 mm), resolución de alcance de 31 m y resolución temporal de 5.6 s, es un radar Doppler estático y polarimétrico, de banda Ka, el cual está dirigido verticalmente hacia arriba y que permite registrar la reflectividad, así como los perfiles de velocidad vertical de las nubes y sus partículas de precipitación, a medida que se mueven por encima del radar.

La distribución espacio-temporal de la lluvia se estimó a partir del producto satelital trihorario de lluvia TRMM 3B42 (Huffman et al., 2007). Complementariamente, se utilizaron las imágenes del satélite geoestacionario GOES para obtener la temperatura de brillo de los topos de las nubes.

RESULTADOS

La Figura 2 muestra la evolución del campo de precipitación cada tres horas para la cuenca del Mantaro: el 29 de diciembre de 2015 (paneles superiores) y el 7 de enero de 2016 (paneles inferiores). la temperatura de brillo de los topos de las nubes.

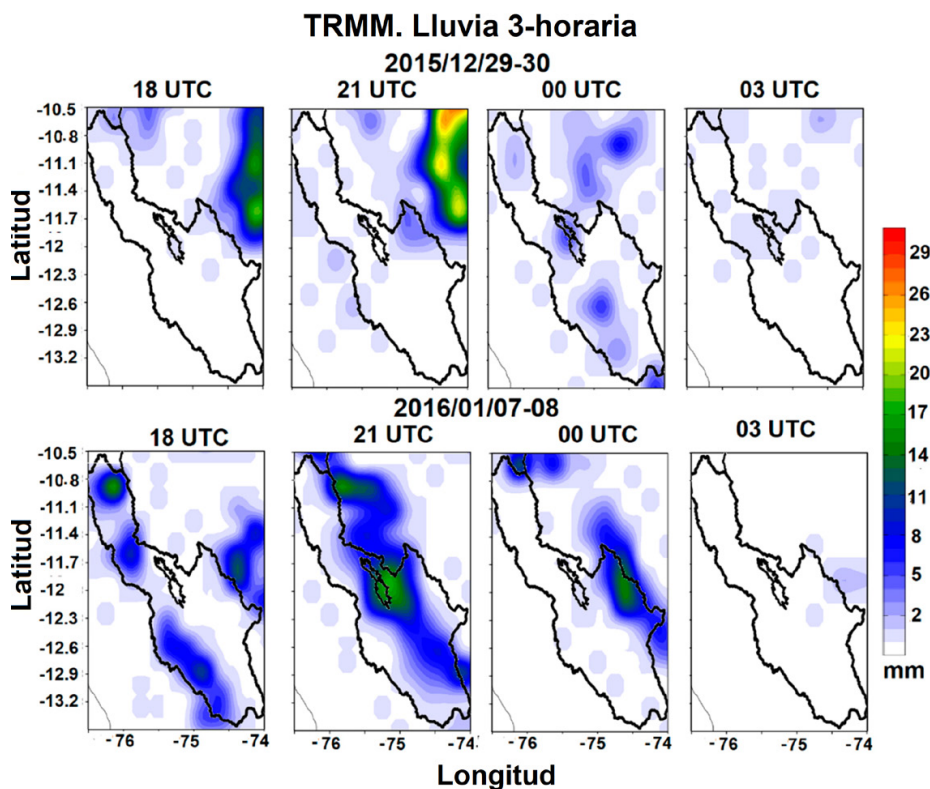


Figura 2. Evolución de los datos de precipitación superficial en cada intervalo de 3 horas usando el producto TRMM 3B42 para los eventos de lluvia convectiva.

Para investigar si el modelo puede reproducir la precipitación de manera consistente con los datos disponibles, se interpolaron ocho puntos alrededor del HYO para obtener la precipitación simulada por el modelo, no para un punto fijo, sino para una región más difusa (Figura 1b). La Figura 3 muestra la serie de tiempo de lluvia observada y simulada. Las líneas punteadas indican las observaciones del pluviómetro (rojo) y del radar terrestre (azul), mientras que las líneas continuas muestran la salida del modelo para las diferentes configuraciones. ELC1 (Figura 3a) se reprodujo en las cercanías de HYO, aproximadamente una hora antes de su detección por el radar y el pluviómetro. Las parametrizaciones de Morrison, Goddard, WSM6 y Milbrandt reprodujeron la lluvia sobre HYO en cierta medida, mientras que Thompson y Lin prácticamente no pudieron reproducirla en el cuadro seleccionado. Morrison, Milbrandt y Goddard simularon el evento de precipitación aproximadamente de 21:50 a 22:50, UTC mientras que WSM6 lo reprodujo una hora antes. Morrison muestra el máximo de precipitación más significativo a las 21:10 UTC, 1 hora y 30 minutos antes que el pico en las observaciones. El modelo reprodujo un evento de precipitación anterior, entre las 20 y las 21 UTC aproximadamente, que no fue registrado por los instrumentos, pero que pudo haber ocurrido cerca de HYO.

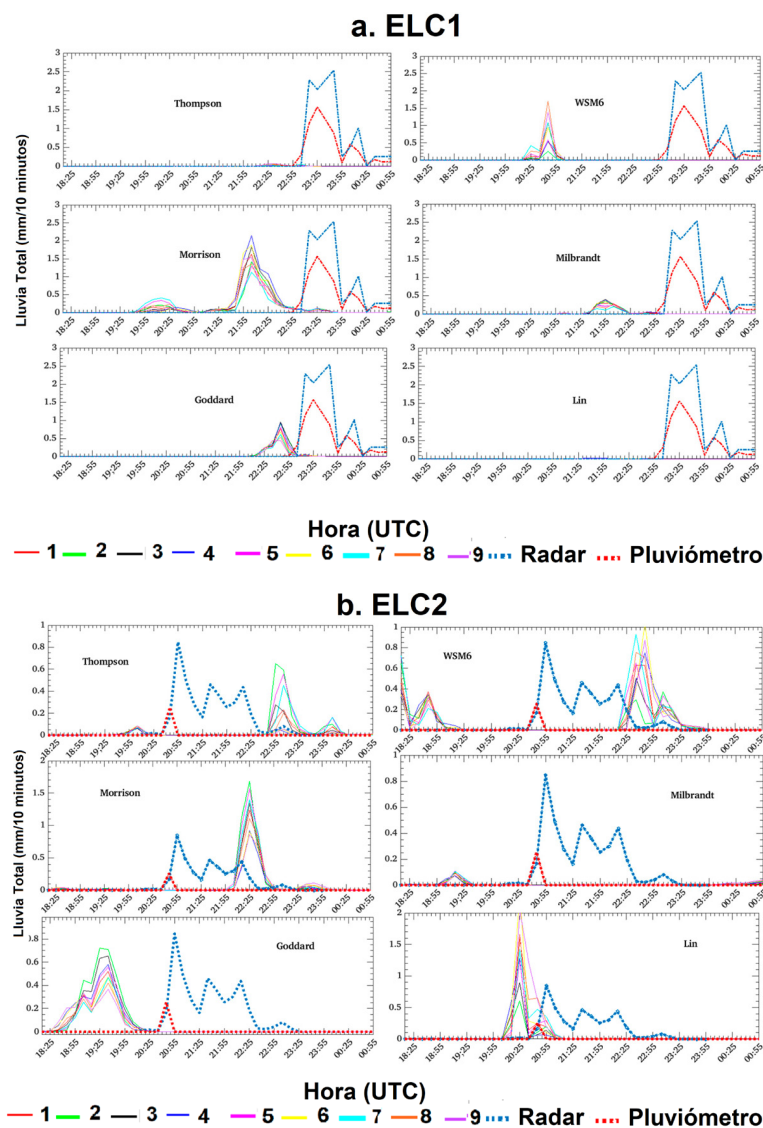


Figura 3. Tasa de lluvia observada en la estación de HYO y lluvia simulada para un arreglo de 9 puntos en la vecindad de la estación para diferentes esquemas microfísicos cuyas ubicaciones se muestran en la Fig. 1b. a) Serie de tiempo de la precipitación estimada por radar de banda Ka (líneas de puntos azules), observaciones del pluviómetro (líneas de puntos rojas) y lluvia simulada (líneas continuas de colores) para ELC1 y b) igual que a, pero para ELC2.

Para ELC2 (Figura 3b), las seis configuraciones son capaces de reproducir la ocurrencia de lluvia de baja intensidad en la estación y los alrededores, pero con un desfase de tiempo en relación con el evento de lluvia. Como ejemplo, las parametrizaciones de Thompson y WSM6 reproducen dos eventos de lluvia débil, uno antes y otro después de las observaciones (entre las 20:25 UTC y las 22:25 UTC). La parametrización de Morrison reproduce solo un máximo de lluvia, casi 2 horas después del pico de lluvia en las observaciones, mientras que la de Goddard reproduce el máximo de lluvia 2 horas antes que las observaciones. Lin simuló la precipitación máxima casi 1 hora antes que las observaciones. Las diferentes configuraciones del modelo sobrestiman o subestiman en casi la misma cantidad la precipitación superficial en comparación con las observaciones, a excepción de Milbrandt, que simula la menor cantidad de lluvia.

SIMULACIÓN DE HIDROMETEOROS EN EL VALLE DEL MANTARO Y SUS ALREDEDORES

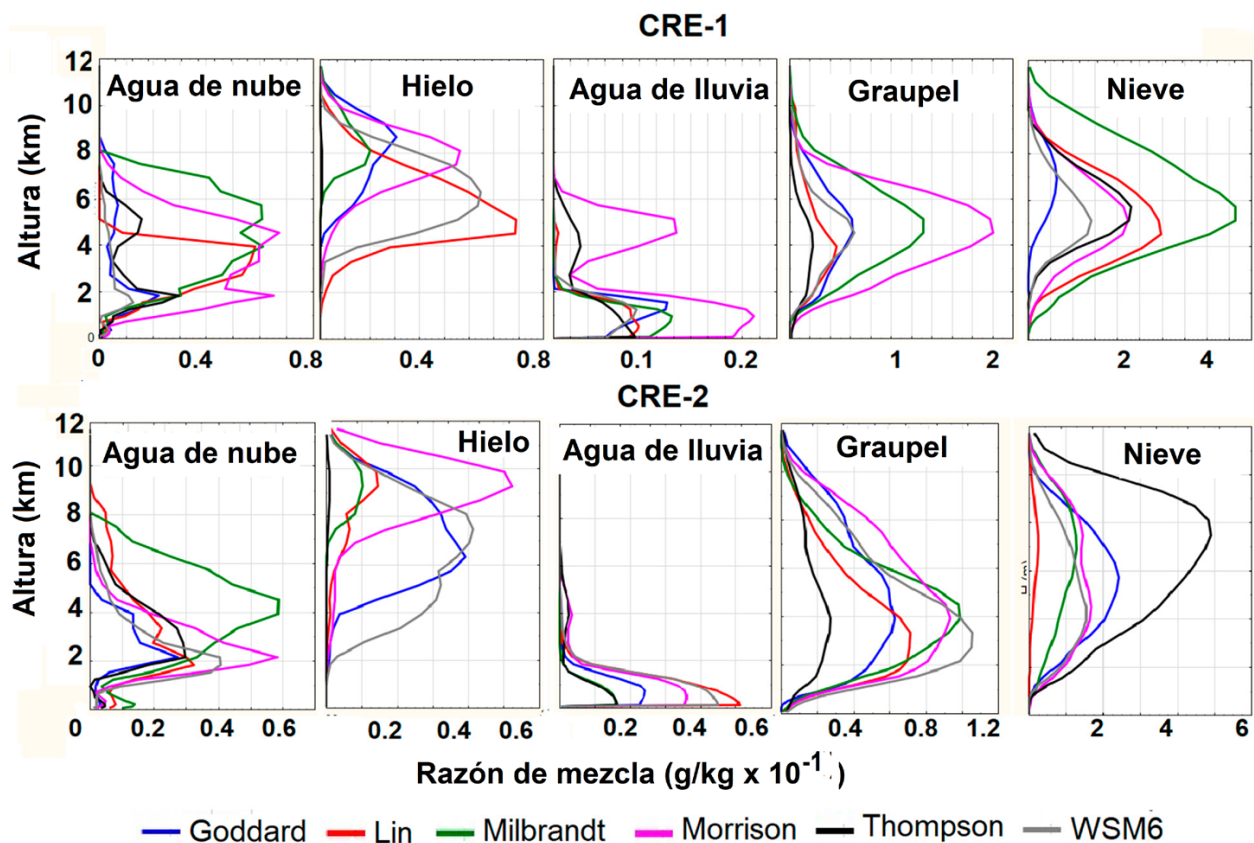


Figura 4. Perfil vertical promedio de hidrometeoros simulado por esquemas de microfísica del modelo WRF para ELC1

La Figura 4 muestra los perfiles verticales promediados en el tiempo y área para los seis esquemas de los diferentes hidrometeoros en el dominio 4, cerca del observatorio HYO, para el caso de ELC1. Existen grandes diferencias entre los perfiles verticales simulados de las razones de mezcla de diferentes hidrometeoros para las diferentes configuraciones del modelo. Las razones de mezcla se promediaron sobre un cuadrado de 10 x 10 km, y el promedio de tiempo se realizó para el periodo de desarrollo de las tormentas simuladas. Para ELC1, la altura del máximo absoluto de los perfiles de graupel (Q_g) y nieve (Q_s) para los seis esquemas no es muy diferente y se encuentra a una altura algo inferior a los

6 km, a excepción de Goddard, para el que el máximo de nieve se ubica un poco más alto. Los perfiles del resto de hidrometeoros dependen fuertemente del esquema de la microfísica. En los esquemas de dos momentos de Morrison y Milbrandt, se observa el importante aporte del graupel y de las gotas de nube, lo cual es consistente con la activación del crecimiento de graupel a partir de la incrustación de gotitas de nubes superenfriadas en presencia de corrientes ascendentes. El buen desempeño del esquema de Morrison parece ser consecuencia de su capacidad para producir agua de lluvia (Q_r) a partir de gotas de nube, simulando adecuadamente el proceso de coalescencia, ya que los máximos de ambas relaciones de mezcla son coincidentes cerca de los 4.5 km, lo que favorece la formación eficiente de graupel por incrustación de gotas pequeñas de agua superenfriada en gotas de precipitación congeladas. Para todos los esquemas, pero marcadamente para Morrison, se observa un máximo secundario de agua de nube y agua de lluvia a una altura de aproximadamente 1 km sobre la superficie, lo que coincide con la isoterma de cero grados Celsius para una gran parte del dominio 4. Milbrandt no reproduce el máximo de agua de lluvia a 4.5 km, lo que implica que el proceso de coalescencia no se representa correctamente, prefiriendo la conversión de hielo y nieve en graupel por el mecanismo de hielo-incrustación-graupel. Esto trae como consecuencia la menor producción de graupel.

Las Figura 5 muestra la evolución espacial de la razón de mezcla $Q_g + r = Q_g + Q_r$, que son los hidrometeoros asociados más directamente a la producción de precipitación en tierra durante la mayor parte del período correspondiente a la detección de lluvia por el radar para ambos casos (20:00 UTC a 23:00 UTC), utilizando los diferentes esquemas microfísicos a la altura de salida de WRF de 5.1 km sobre el suelo.

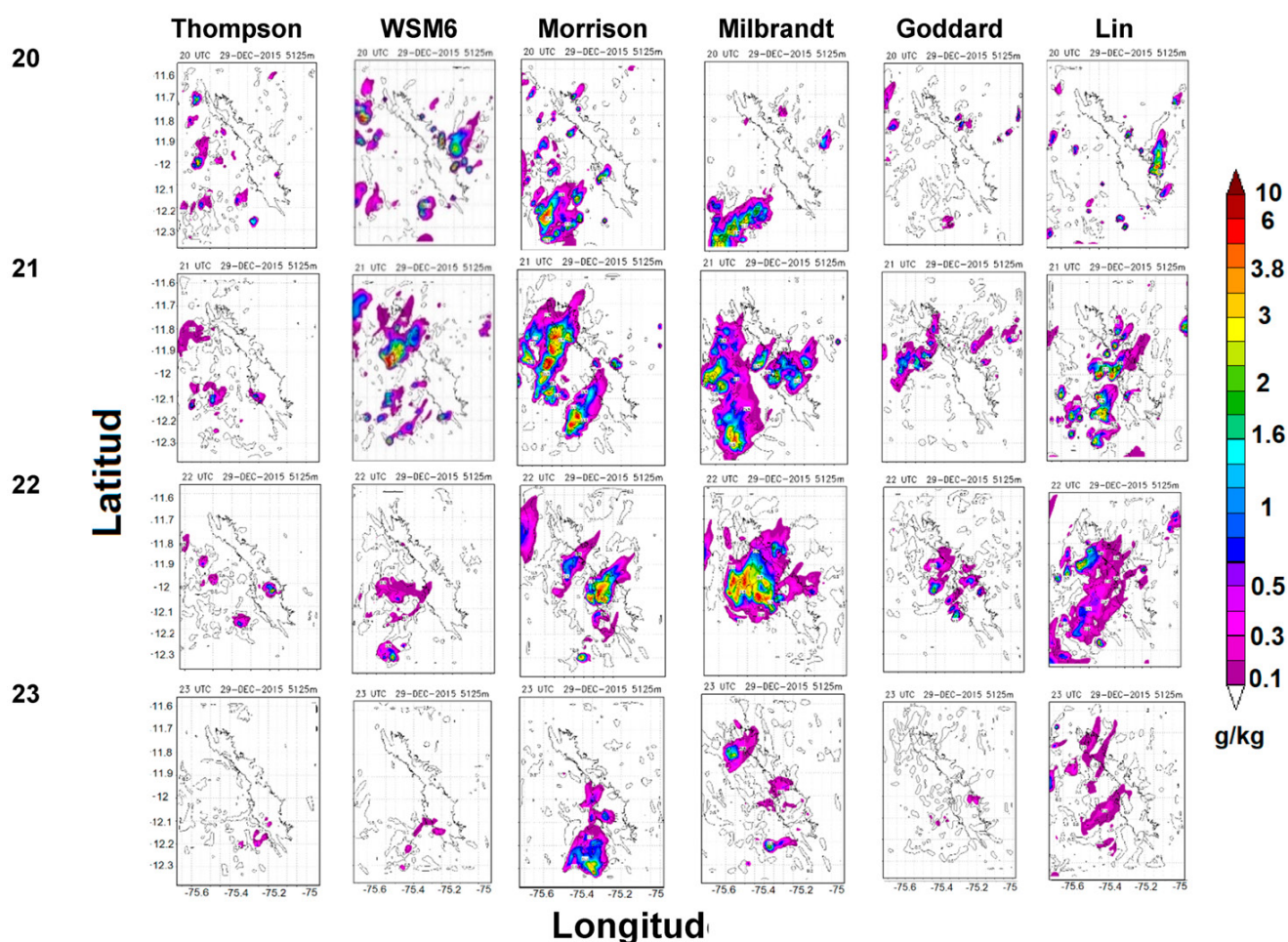


Figura 5. Evolución del campo horizontal de la razón de mezcla de agua de lluvia más graupel ($Q_g + r$; g/kg) al nivel de salida de WRF de 5.1 km de altura y cada 30 minutos: desde las 20:00 UTC a las 23:00 UTC para ELC1.

Para ELC1 (Figura 5), se encontró que el modelo reproducía la actividad convectiva en la vecindad del valle con una duración comparable con las observaciones, aunque con un cierto desplazamiento de tiempo para los esquemas de Morrison, Milbrandt y Lin. Los sistemas convectivos se simularon dentro del intervalo de tiempo que va de 20:00 a 23:00 UTC, casi dos horas antes del sistema observado, aunque su representación difirió para los tres esquemas microfísicos. Asimismo, surgen importantes diferencias en la microfísica y la dinámica de las nubes entre los esquemas. En el caso de Morrison, se reproducen dos sistemas convectivos con núcleos intensos y extendidos, que se acercan al valle por el oeste, con un alto valor de la razón de mezcla (Q_g+r). Las células del noroeste se desarrollan en las montañas occidentales y alcanzan el valle en una etapa madura, correspondiente al primer máximo de precipitación en la Figura 3a, mientras que las células del sureste se desarrollan principalmente en el valle, donde alcanzan un máximo Q_g+r de más de 6 g/kg, correspondiente al segundo grupo de picos de precipitación en la Fig. 7a, que puede coincidir con el evento de lluvia observado, con un adelanto de tiempo de casi una hora. Considerando el contenido total de agua (no mostrado), el sistema cubre prácticamente todo el valle y particularmente el observatorio. El esquema de Milbrandt también produce un sistema extendido en las montañas occidentales, pero está menos desarrollado que en Morrison y no se acerca al valle, pero desde las 20:20 UTC, se desarrolla una celda convectiva en el valle, que produce algunas precipitaciones tempranas, que se expande y eventualmente se fusiona con el sistema en las montañas. También, en este caso, la inclusión de nieve a la velocidad de mezcla (no mostrada) produce la casi total cobertura nubosa del valle por la tarde y noche. En el caso de Lin, el sistema también se reproduce, pero con menos Q_g+r y una menor extensión, por lo que no cubre el observatorio.

El análisis tridimensional de la salida del modelo evidencia la existencia de núcleos convectivos con estructura vertical profunda, que se desarrollan en presencia de una convergencia local, y transportan agua de nubes significativa con contenido de nieve y graupel. El sistema simulado se elevó sobre el valle a las 21:20 UTC y persistió hasta las 23:00 UTC, permaneciendo en el valle hasta las 22:40 UTC. Esto es consistente con el campo de lluvia observado. En particular, sobre el valle del Mantaro, el esquema de Morrison produjo una nube claramente convectiva, con abundante razón de mezcla de graupel de más de 4 g/kg y corrientes ascendentes de hasta 12 m/s. Para ELC2, las diferentes configuraciones reproducen los eventos convectivos en diferentes períodos de tiempo. En el caso de WSM6 y Morrison hay un rezago relativo a las observaciones, y en el caso de Lin un adelanto. Del análisis anterior, se deduce que las configuraciones de WRF que reprodujeron el campo de convección horizontal general consistentemente con las observaciones para los dos casos fueron Morrison y Lin, aunque en el caso de Lin, el sistema se formó con un desplazamiento hacia el norte con respecto a HYO. En el caso de ELC1, la configuración de Morrison desarrolló por la tarde un sistema convectivo extendido en el este de la cuenca, propagándose hacia el valle y produciendo graupel y agua de lluvia a las 21:20 UTC, más de una hora antes del inicio del evento de lluvia observado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente estudio, se han realizado simulaciones de alta resolución de sistemas de nubes utilizando WRF-ARW para reproducir dos eventos de lluvia convectiva que se desarrollaron en el valle del Mantaro. Su principal objetivo fue examinar el impacto del esquema de parametrización microfísica para simular las propiedades centrales de los eventos de lluvia convectiva en la compleja topografía de los Andes. El estudio se realiza utilizando seis esquemas de parametrización para comprender la estructura y la microfísica de los eventos de lluvia convectiva sobre el valle del Mantaro y su área montañosa circundante. Las principales características y resultados de la simulación se enumeran a continuación:

1. Durante el desarrollo de los dos eventos de lluvia convectiva, que fueron utilizados como estudios de caso, el valle del Mantaro estuvo bajo la influencia de un flujo de viento de nivel bajo y medio del norte y noreste. Al mismo tiempo, un viento de alto nivel del océano Pacífico fluía sobre la cordillera de los Andes centrales e interactuaba con el flujo húmedo del este proveniente de la Amazonía, provocando inestabilidad, que fue mayor en el caso de ELC1.

2. Las observaciones desde tierra muestran que la mayoría de las precipitaciones se produjeron en la tarde (después de las 19:00 UTC) y principalmente después de las 20:00 UTC para ELC2 y después de las 23:00 UTC para ELC1. Por otro lado, el radar de nube de banda Ka capturó las ELCs desde su etapa inicial, en su parte central en el caso de ELC1, pero solo en su periferia en el caso de ELC2. Sin embargo, ambos eventos dejaron su rastro en el registro de radar, mostrando perfiles de velocidad vertical y reflectividad de radar significativos, consistentes con nubes convectivas profundas que duran hasta casi las 02:00 UTC para ELC1 y 23:00 UTC para ELC2. En ambos casos, los sistemas convectivos coexisten en al menos parte de su tiempo sobre el radar con la lluvia estratificada de la periferia de la tormenta.
3. En el caso de ELC1, en el que el núcleo del sistema pasó por encima del radar, el registro de temperatura fue bien reproducido por la mayoría de las configuraciones, particularmente por Morrison y Milbrandt. Para ELC2, para el cual la periferia del sistema pasó por el radar, todos los esquemas microfísicos producen una subestimación de la temperatura superficial durante el evento de lluvia, y coinciden después de la lluvia, mostrando la caída de temperatura relacionada con el efecto de enfriamiento evaporativo de la lluvia.
4. La comparación del campo de lluvia entre el producido por las diferentes parametrizaciones y el observado, así como la evolución de los sistemas nubosos, las precipitaciones asociadas y los perfiles verticales de los hidrometeoros, conduce a concluir que el único esquema de parametrización que propició una simulación correcta de ambos sistemas fue el de Morrison.

En general, el esquema microfísico que mejor describió la evolución de los sistemas convectivos fue la parametrización de Morrison, por lo que se propone para el pronóstico de lluvia a muy corto plazo y alta resolución en la región del valle del Mantaro.

REFERENCIAS

Farr, T. G.; Rosen, P. A.; Caro, E.; Crippen, R.; Duren, R.; Hensley, S.; Kobrick, M.; Paller, M.; Rodriguez, E.; Roth, L.; et al. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews in Geophysics*. 45, RG2004. <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>.

Garreaud, R. (1999). Multiscale Analysis of the Summertime Precipitation over the Central Andes. *Monthly Weather Review*. 129, 901-921. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1999\)127<0901:MAOTSP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1999)127<0901:MAOTSP>2.0.CO;2).

Hong, S. Y., & Lim, J. O. J. (2006). The WRF single-moment 6-class microphysics scheme (WSM6). *Journal of the Korean Meteorological Society*, 42, 129-151

Huffman, G. J.; Bolvin, D. T.; Nelkin, E. J.; Wolff, D. B.; Adler, R. F.; Gu, G.; Hong, Y.; Bowman, K. P.; Stocker, E. F. (2007). The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. *Journal of Hydrometeorology*. 8, 38-55. <https://doi.org/10.1175/JHM560.1>.

Junquas, C.; Li, L.; Vera, C. S.; Le Treut, H.; Takahashi, K. (2016). Influence of South America Orography on Summertime Precipitation in Southeastern South America. *Climate Dynamics*, 46, 3941-3963. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2814-8>.

Junquas, C.; Takahashi, K.; Condom, T.; Espinoza, J. C.; Chavez, S.; Sicart, J. E.; Lebel, T. (2018). Understanding the Influence of Orography on the Precipitation Diurnal Cycle and the Associated Atmospheric Processes in the Central Andes. *Climate Dynamics* 50, 3995-4017. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3858-8>.

REFERENCIAS

- Mayor, Y. G.; Mesquita, M. D. S. (2015). Numerical Simulations of the 1 May 2012 Deep Convection Event over Cuba: Sensitivity to Cumulus and Microphysical Schemes in a High-Resolution Model. *Advances in Meteorology*. Article ID 973151, <https://doi.org/10.1155/2015/973151>.
- Milbrandt, J. A.; Yau, M. K. A Multimoment (2005). Bulk Microphysics Parameterization. Part I: Analysis of the Role of the Spectral Shape Parameter. *Journal of Atmospheric Sciences*. 62, 3051–306, <https://doi.org/10.1175/jas3534.1>.
- Morrison, H.; Thompson, G.; Tatarskii, V. (2009). Impact of Cloud Microphysics on the Development of Trailing Stratiform Precipitation in a Simulated Squall Line: Comparison of One- and Two-Moment Schemes. *Monthly Weather Review*. 137, 991–1007 <https://doi.org/10.1175/2008mwr2556.1>.
- Milbrandt, J. A.; Yau, M. K. A Multimoment (2005). Bulk Microphysics Parameterization. Part I: Analysis of the Role of the Spectral Shape Parameter. *Journal of Atmospheric Sciences*. 62, 3051–306, <https://doi.org/10.1175/jas3534.1>.
- Morrison, H.; Thompson, G.; Tatarskii, V. (2009). Impact of Cloud Microphysics on the Development of Trailing Stratiform Precipitation in a Simulated Squall Line: Comparison of One- and Two-Moment Schemes. *Monthly Weather Review*. 137, 991–1007 <https://doi.org/10.1175/2008mwr2556.1>.
- Moya-Álvarez, A. S.; Martínez-Castro, D.; Flores, J. L.; Silva, Y. (2018). Sensitivity Study on the Influence of Parameterization Schemes in WRF-ARW Model on Short- and Medium-Range Precipitation Forecasts in the Central Andes of Peru. *Advances in Meteorology*. Article ID 1381092, 16 p. <https://doi.org/10.1155/2018/1381092>.
- Rajeevan, M.; Kesarkar, A.; Thampi, S. B.; Rao, T. N.; Radhakrishna, B.; Rajasekhar (2010). M. Sensitivity of WRF Cloud Microphysics to Simulations of a Severe Thunderstorm Event over Southeast India. *Annals of Geophysics*. 28, 603-619. <https://doi.org/10.5194/angeo-28-603-2010>.
- Ruiz, J. J.; Saulo, C.; Nogués-Paegle, J. (2010). WRF Model Sensitivity to choice of Parameterization over South America: Validation against Surface Variables. *Monthly Weather Review*, 138, 3342-3355. <https://doi.org/10.1175/2010mwr3358.1>.
- Skamarock, W. C.; Wang, W.; Klemp, J. B.; Dudhia, J.; Gill, D. O.; Barker, D. M.; Duda, M. G.; Huang, X.; Powers, J. G. (2008). *A Description of the Advanced Research WRF Version 3*. NCAR Tech Note NCAR/TN-475+STR <https://doi.org/10.5065/D68S4MVH>
- Sulca, J.; Vuille, M.; Silva, Y.; Takahashi, K. (2015). Teleconnections between the Peruvian Central Andes and Northeast Brazil during Extreme Rainfall Events in Austral Summer. *Journal of Hydrometeorology*. 17, 499-515. <https://doi.org/10.1175/jhm-d-15-0034.1>.
- Tan, E. (2016) Microphysics Parameterization Sensitivity of the WRF Model Version 3.1.7 to Extreme Precipitation: Evaluation of the 1997 New Year's Flood of California. *Geosciences Model Development Discussions*. <https://doi.org/10.5194/gmd-2016-94>.
- Tao, W. K.; Simpson, J.; Baker, D.; Braun, S.; Chou, M. D.; Ferrier, B.; Johnson, D.; Khain, A.; Lang, S.; Lynn, B.; et al. (2003). Microphysics, Radiation and Surface Processes in the Goddard Cumulus Ensemble (GCE) Model. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 82, 97-137 <https://doi.org/10.1007/s00703-001-0594-7>.
- Thompson, G.; Field, P. R.; Rasmussen, R. M.; Hall, W. D. (2008). Explicit Forecasts of Winter Precipitation Using an Improved Bulk Microphysics Scheme. Part II: Implementation of a New Snow Parameterization. *Monthly Weather Review*. 136, 5095–5115 <https://doi.org/10.1175/2008MWR2387.1>.

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

PRONÓSTICOS HISTÓRICOS DE LAS ONDAS ECUATORIALES OCEÁNICAS UTILIZANDO MODELOS CLIMÁTICOS CanCM3 Y CanCM4

Brayan Urbina¹ y Kobi Mosquera¹

RESUMEN

Tener una previsión de las condiciones oceánicas a través de las ondas ecuatoriales (Kelvin y Rossby) resulta ser un factor importante para el trabajo de monitoreo sistemático que realiza la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), ya que estas ondas pueden ser, en algunos casos, desencadenantes de episodios de El Niño o La Niña. Por ello, en este trabajo se realizan experimentos numéricos que permitan pronosticar, hasta con 12 meses de antelación, la dinámica de las ondas oceánicas largas en el Pacífico ecuatorial. Para esto se usan los campos de vientos superficiales, pronosticados entre 1980 y 2009, de dos versiones del modelo climático acoplado Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CCCma). Esta información se usa como forzante del Modelo Oceánico Multimodal (MOMM) para simular el nivel del mar. Los resultados indican que el MOMM reproduce con relativa precisión las condiciones oceánicas con algunos meses de anticipo. Asimismo, la variabilidad de las anomalías del nivel del mar se corresponde con eventos cálidos y fríos característicos de ENOS. Los resultados también arrojaron que existe una mejor predictibilidad para los meses desde septiembre hasta enero del siguiente año. Por último, se emplea un enfoque de conjunto multimodelo denominado EMN evidenciando una mejora en la habilidad del pronóstico.

Palabras clave: Modelos climáticos CanCM3 y CanCM4, EMN, anomalías del esfuerzo de vientos, anomalías del nivel del mar, ondas ecuatoriales y ENOS.

AFILIACIÓN:

1- Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.

Citar como: Urbina, B., Mosquera, K. (2020). Pronósticos históricos de las ondas ecuatoriales oceánicas utilizando los modelos climáticos CanCM3 y CanCM4. Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7 N.º 09. pág. 16-21.

INTRODUCCIÓN

Uno de los posibles factores que pueden desencadenar la ocurrencia de una de las fases de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es el debilitamiento de los vientos del este en el océano Pacífico que, a su vez, reduce la intensidad del afloramiento en nuestras costas y a lo largo del ecuador; provoca cambios en la termoclina en los niveles de presión superficial y en la temperatura del mar. Todo esto genera impactos en las comunidades costeras, los ecosistemas marinos y los activos industriales (Bertrand, 2020). El mecanismo principal sucede cuando al debilitarse los vientos se produce una onda de Kelvin oceánica, que está atrapada en la franja ecuatorial, la cual se propaga hacia la costa americana, alterando las variables oceánicas (Wyrki, 1975).

En tal sentido, anticipar la generación y el arribo de las ondas ecuatoriales responsables de la variabilidad en el nivel del mar es de suma importancia debido a que frecuentemente se asocian con los modos de variabilidad climática intraestacional o interanual de ENOS. Dado que las versiones del modelo acoplado Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CCCma) utilizadas en la primera versión del sistema de pronóstico Canadian Seasonal to Interannual Prediction System (CanSIPsv1) modelan regímenes de ENOS más realistas que su versión anterior debido a la mejora en sus componentes oceánicos y atmosféricos en CanCM3 y CanCM4 (Merryfield, 2013). Esto nos permite aprovechar las salidas atmosféricas de los pronósticos climáticos globales como forzantes de un modelo de ondas oceánicas para describir la dinámica del Pacífico ecuatorial con algunos meses de antelación.

En consecuencia, el presente trabajo evalúa si estos modelos globales proporcionan una representación adecuada de la variabilidad interanual e interestacional necesaria para reproducir, con ello, la dinámica oceánica en la franja ecuatorial del Pacífico. Para ello los resultados se validan con información de altimetría satelital en el periodo 1993-2010. También se utiliza un enfoque multimodelo de dos miembros (CanCM3 y CanCM4), EMN con el propósito de mejorar la capacidad de pronóstico y el contenido de información del mismo dado que los sistemas de pronósticos conjuntos evidencian mayor habilidad que los de modelos individuales (Mitra, Iyengar & Durai, 2011).

DATOS Y EL MODELO MULTIMODAL

En este trabajo se utilizan los pronósticos de esfuerzos de vientos superficiales, los cuales comprenden 12 meses desde el inicio de cada mes en todo el periodo de las predicciones históricas (1980-2009) y con 10 tipos diferentes de inicialización o miembros para cada uno de los modelos climáticos CanCM3 y CanCM4 (Merryfield, 2013) con una resolución temporal diaria y una resolución espacial de 1° por 1° . El periodo climatológico que se utiliza comprende 30 años (1980-2009).

Estos datos de esfuerzos de vientos se utilizan como forzantes de un Modelo Multimodal (Urbina & Mosquera, 2020) que se basa en la descomposición baroclínica de un océano estratificado y cuyos resultados reproducen con cierto detalle la dinámica del Pacífico Ecuatorial. Asimismo, se extrajo la información de datos de altimetría proporcionados por CMEMS (AVISO, 2016) utilizando una climatología que comprende los años desde 1993 hasta 2009.

METODOLOGÍA

Cada uno de los modelos climáticos CanCM3 y CanCM4 proporcionan datos de esfuerzo de vientos que se clasifican en 10 miembros con diferentes condiciones iniciales para cada uno, siendo en total 20. Cada miembro se agrupa en 12 lead times, donde cada lead time se denomina con un número fraccional que caracteriza al mes de pronóstico, desde el inicio de cada mes (por ejemplo, un lead time 2.5 indica el pronóstico utilizando las condiciones iniciales de hace dos meses). Así, en total, tenemos 240 campos de esfuerzos de vientos superficiales pronosticados de cuyos valores se obtienen las anomalías utilizando un periodo referencial de 30 años.

Considerando, en conjunto, que cada modelo CanCM3 y CanCM4 aporta muchas simulaciones (miembros), lo cual es un método común para predicciones del clima, se usan aquí todos ellos, dado que con esto se puede tener un mejor pronóstico (Donat, 2010). Aunque el rendimiento del conjunto multimodelo depende de la forma en que este se construye (Weigel, 2007), en este estudio se aborda una combinación de media simple del conjunto de modelos, el que se conoce como simple ensemble mean (EMN); es decir, se da igual peso a cada miembro de los modelos y, de esta manera, se ignora la incertidumbre que conlleva cada modelo.

Debido a que las anomalías del campo de vientos determinan la intensidad y la temporalidad de eventos de El Niño (Penland & Sardeshmukh, 1995), estos se utilizan como forzantes en un modelo lineal de ondas ecuatoriales multimodal con un esquema de parametrización específico bajo la condición de un océano estratificado (Urbina & Mosquera, 2020). De esta forma se realizan 240 simulaciones de las cuales se obtienen las anomalías de nivel del mar (ANM), que finalmente son promediados para obtener 12 lead times para cada modelo.

Con el propósito de conocer la efectividad de los pronósticos, en esta ocasión los resultados se comparan con las anomalías del producto de altimetría de CMEMS y; mediante métodos estadísticos como la correlación de Pearson, que nos permite medir el potencial predictivo básico y la diferencia del error cuadrático medio (RMSD); cuantificamos la distancia entre el valor predictivo y el observado.

RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

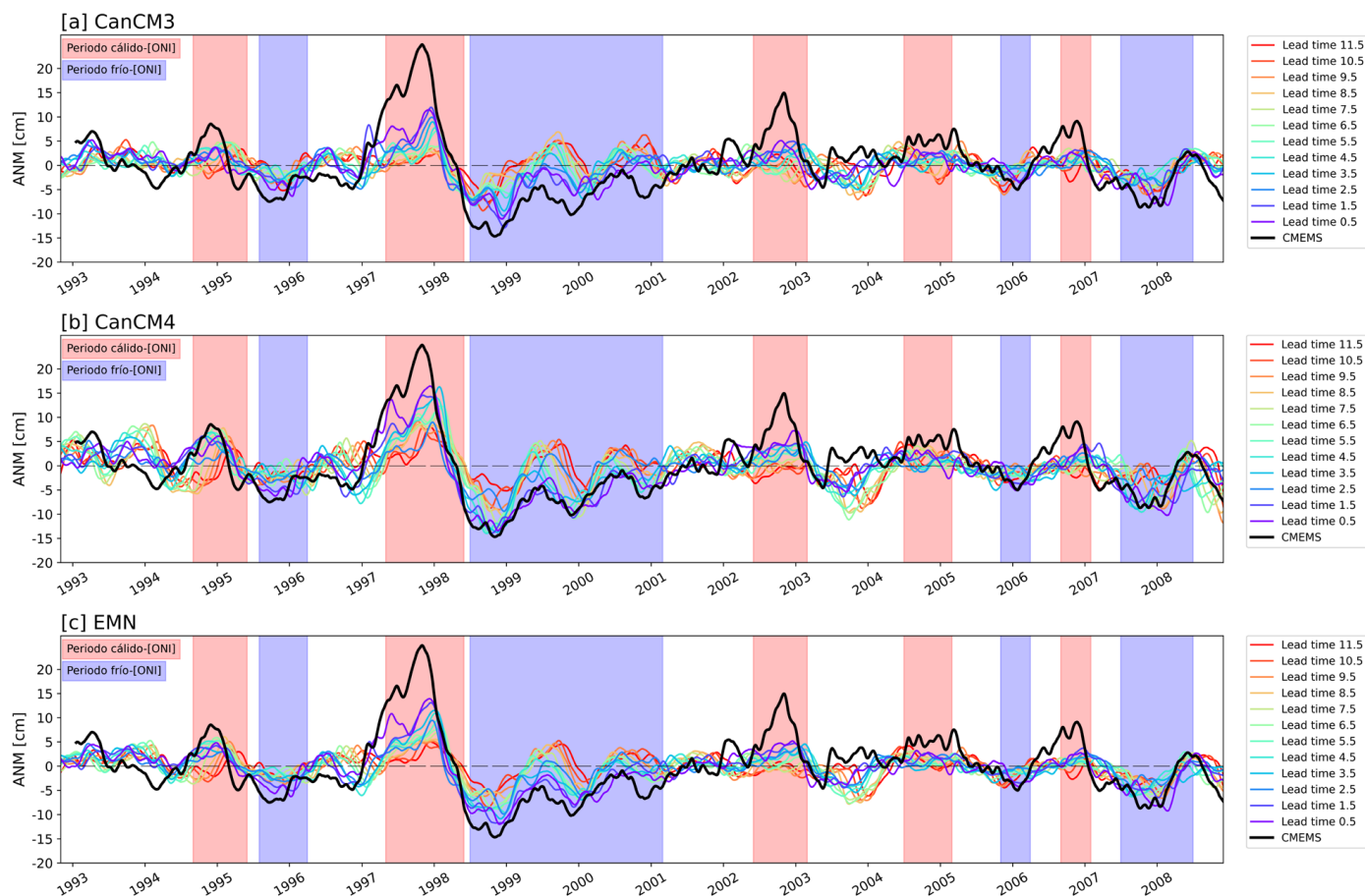


Figura 1. Series de tiempo de ANM del producto CMEMS (negro) y de los pronósticos o lead times (colores) obtenidos desde a) CanCM3, b) CanCM4 y c) EMN a través del periodo de estudio. Las temporadas cálidas de ONI se muestran en los rectángulos en color rojo, mientras que temporadas frías en color azul.

La figura 1 muestra series de tiempo de las ANM promediadas en la franja ecuatorial del Pacífico desde la línea internacional de cambio de fecha hasta la proximidad de la costa Sudamericana. La ilustración compara las predicciones de ANM, empleando CanCM3 y CanCM4, con las observaciones de anomalías de CMEMS, directamente. Como la longitud del pronóstico de los modelos llega hasta los 12 meses, se comparan las proyecciones de hasta 12 lead times con la serie observada. Así tenemos que las predicciones hasta el lead time 6.5 coinciden visualmente en dirección con las anomalías observadas sobre todo en periodos donde el índice ONI indica periodos cálidos o fríos, esta correspondencia se debilita con lead times superiores. En general, se aprecia que CanCM4 permite amplitudes de ANM cercanos a lo observado, mientras que CanCM3 ofrece una adecuada direccionalidad, pero menor amplitud en sus resultados. EMN evidencia una mejora en cuanto a la direccionalidad de la serie de tiempo estimada hasta lead times superiores, aunque todavía mantiene una menor amplitud promedio como CanCM3. Asimismo, los modelos parecen no acertar en periodos neutros de ONI, como se observa a finales de 2003 e inicios de 2004 los modelos proyectan anomalías negativas mientras que lo observado evidencia lo opuesto.

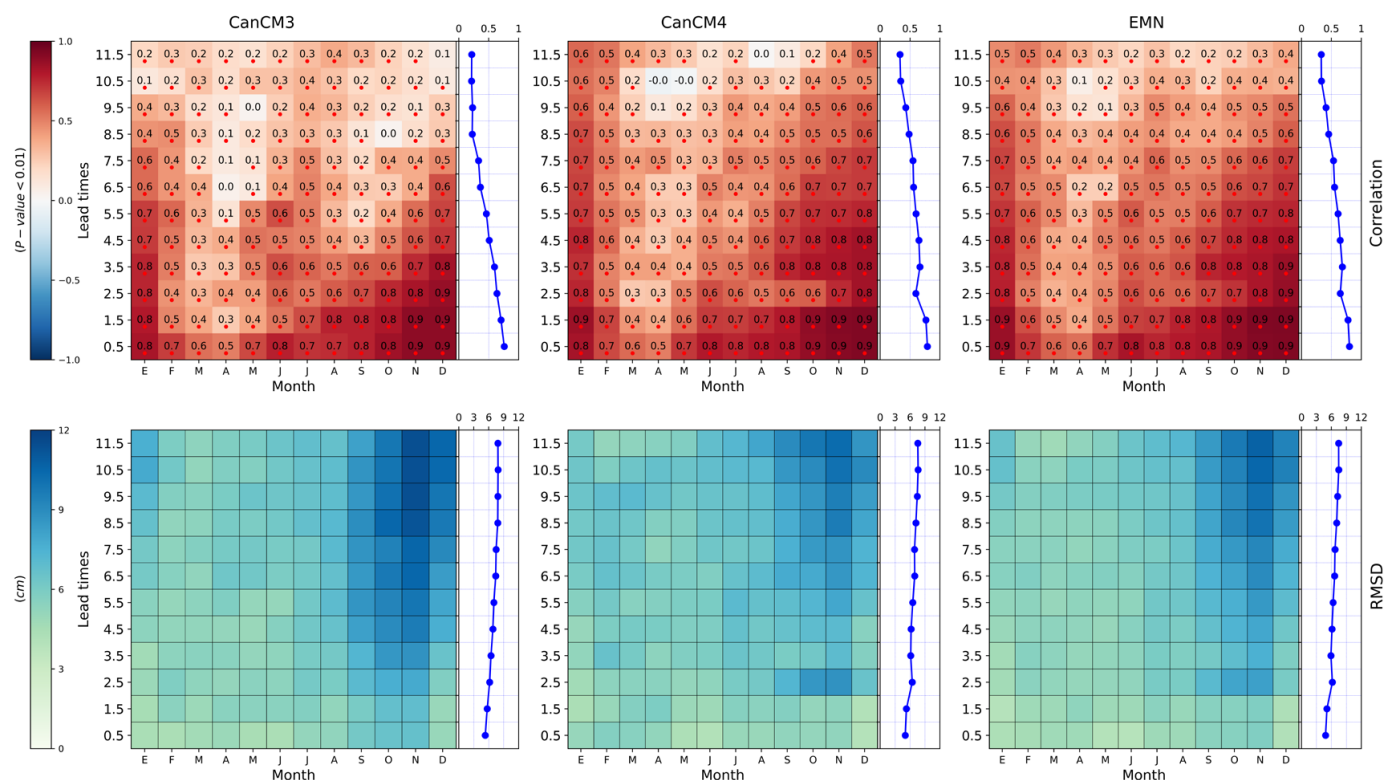


Figura 2. Correlación (arriba) y RMSD (abajo) entre las ANM del producto de altimetría CMEMS y la ANM de los modelos climáticos CanCM3, CanCM4 y del multimodelo EMN como una función de los meses y los lead times. Los puntos rojos indican valores de correlación que son estadísticamente significantes con un nivel de significancia del 1%, usando un t test.

En la figura 2, las gráficas superiores muestran el valor de correlación entre las anomalías de pronóstico y las observadas en función del mes y el lead time correspondiente, además adjuntas a la derecha de cada cuadro se aprecia la correlación total entre el lead time indicado y los datos observados para todo el periodo 1993-2009. Se aprecia que los patrones de correlación son particularmente altos entre septiembre y enero del siguiente año hasta el lead time 5.5 en promedio para el modelo CanCM3 y hasta el lead time 6.5 para CanCM4. Los puntos en rojo indican que la correlación es significativa (1 %, usando un test). De forma genérica los valores son siempre positivos y estadísticamente significativos incluso en valores de lead time superiores con correlación baja, esto implicaría que los modelos permiten discernir si su predicción es útil para la variabilidad de la ANM. Sin embargo, desde marzo hasta julio los niveles de pronósticos parecen disminuir posiblemente a consecuencia de que los modelos tienen dificultades para realizar proyecciones en este periodo debido a la barrera de primavera, ya que se trata de una temporada donde generalmente ENSO se encuentra en transición (Duan & Wei, 2013). Las gráficas inferiores visualizan el cálculo de la RMSD, estas demuestran que para los primeros lead times los errores son pequeños. Una particularidad sucede con el modelo CanCM3 que tiene valores de RMSD particularmente altos desde septiembre hasta enero del año próximo y que podría explicarse al hecho que es la temporada donde los ciclos ENOS alcanza el punto máximo y dado que CanCM3 tiende a subestimar los valores se esperan RMSD altos. Por último, EMN evidencia una mejora notable para todos los cuadros de correlación y RMSD incluso en los meses de poca predictibilidad en ambos modelos. En resumen podemos concluir que podemos hacer un pronóstico histórico de las ondas ecuatoriales utilizando los primeros lead times con una adecuada precisión.

REFERENCIAS

AVISO (2016). SSALTO/DUACS user handbook: MSLA and (M)ADT near-real-time and delayed time products. CLS-DOS-NT-06-034. SALPMU-P-EA-21065- CLS. 5 rev 0.

Bertrand, A., Lengaigne, M., Takahashi K., Avadi, A., Poulain, F. & Harrod, C. 2020. El Niño Southern Oscillation (ENSO) effects on fisheries and aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 660. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8348cn>

Boulanger, J.-P., & Menkes, C. (1995). Propagation and reflection of long equatorial waves in the Pacific Ocean during the 1992–1993 El Niño. *Journal of Geophysical Research*, 100(C12), 25041.

Donat, M.G., Leckebusch, G., Wild, S., & Ulbrich, U. (2010). Benefits and limitations of regional multi-model ensembles for storm loss estimations. *Climate Research*, 44, 211-225

Duan, W. and Wei, C. (2013), The 'spring predictability barrier' for ENSO predictions and its possible mechanism: results from a fully coupled model. *International Journal of Climatology*, 33: 1280–1292. doi: 10.1002/joc.3513

Merryfield, W. J., and Coauthors, 2013: The Canadian Seasonal to Interannual Prediction System. Part I: Models and Initialization. *Monthly Weather Reviews*, 141, 2910–2945,

Mitra, A.K., Iyengar, G.R., Durai, V.R. et al. Experimental real-time multi-model ensemble (MME) prediction of rainfall during monsoon 2008: Large-scale medium-range aspects. *Journal of Earth System Sciences* 120, 27–52 (2011). <https://doi.org/10.1007/s12040-011-0013-5>

Penland, C., and P. D. Sardeshmukh, 1995: The Optimal Growth of Tropical Sea Surface Temperature Anomalies. *Journal of Climate*, 8, 1999–2024.

Urbina, B. y Mosquera, K., (2020). Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico. *Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú*, Vol. 7 No 01, pag. 13-19.

Weigel, A. P., M. A. Liniger, and C. Appenzeller, 2008: Can multi-model combination really enhance the prediction skill of probabilistic ensemble forecasts?. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 134, 241–260.

Wyrtki, K., 1975: El Niño—The Dynamic Response of the Equatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. *Journal of Physical Oceanography*, 5, 572–584.

RESUMEN DEL INFORME TÉCNICO DE EL NIÑO

PP N°068/EL NIÑO -IGP/2020-8



Foto: Sebastian Voortman

El presente informe es elaborado por el IGP y sirve como insumo para el informe técnico y Comunicado Oficial de la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). Se presentan los principales resultados de los modelos climáticos con el pronóstico de El Niño. En ocasiones puede diferir del comunicado del ENFEN, debido a que el comunicado es un consenso. En caso de discrepancias entre el informe técnico de El Niño emitido por el IGP y el comunicado del ENFEN, prevalecerá el comunicado del ENFEN.

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de julio de 2020 según la fuente de datos ERSSTv5 (ICENv5) indica la condición climática neutra (-0.93°C), mientras que el estimado con OISST(ICENOI) es fría moderada (-1.27°C). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) para el mes de agosto de 2020 indica condiciones frías débiles y con la base de datos de OISSTv2 condiciones frías moderadas. Para el mes de setiembre las dos fuentes coinciden en mostrar condiciones neutras. Con respecto al Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) para el mes de julio muestra una condición Neutra (-0.38°C), mientras que los valores temporales para los meses de agosto y setiembre indican condiciones frías débiles.

Según la información de los flotadores ARGO, de altimetría satelital y de los resultados de los modelos de ondas, durante el mes de agosto se hizo evidente la presencia de ondas de Kelvin cálidas y frías en el Pacífico ecuatorial. El paquete de ondas de Kelvin frías habría iniciado su arribo a la costa americana y se mantendrían su impacto hasta el mes de octubre, mientras que la onda de Kelvin cálida, producida por la reflexión de una onda de Rossby cálida en la zona occidental, muestra un aparente disminución en su intensidad.

Las predicciones numéricas de los siete modelos climáticos de NMME, inicializados con la información oceánica y atmosférica del mes de setiembre de 2020, continúan indicando, en promedio y hasta febrero de 2021, valores por debajo de lo normal, tanto en el Pacífico central como frente a la costa peruana. En el Pacífico central, según los valores pronosticados, se estaría desarrollando un evento La Niña desde setiembre de 2020, pasando por un máximo en diciembre, hasta el mes de febrero de 2021. Por otro lado, en la región frente a la costa peruana, si bien los pronósticos muestran también valores negativos, estos no cruzarían el límite para alcanzar condiciones frías débiles.

Puede acceder al informe técnico de El Niño 2020-08 en el siguiente link:
<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4849>

RESUMEN DEL COMUNICADO OFICIAL ENFEN N°10-2020

CALLAO, 04 DE SEPTIEMBRE DE 2020

ESTADO DEL SISTEMA DE ALERTA: **VIGILANCIA DE LA NIÑA COSTERA¹**

La Comisión Multisectorial del ENFEN mantiene el estado del sistema de alerta en "Vigilancia de La Niña Costera" debido a que persisten las anomalías negativas de la temperatura del mar frente a la costa peruana y se espera que estas continúen en lo que resta del año.

Respecto al próximo verano (diciembre 2020 a marzo 2021), la Comisión Multisectorial del ENFEN estima que para la región Niño 1+2, que incluye la zona norte y centro del mar peruano, la mayor probabilidad corresponde a las condiciones neutras (64 %). Para el Pacífico central (región Niño 3.4) la mayor probabilidad es de condiciones neutras (57 %), seguida de condiciones de La Niña débil (29 %).

La Comisión Multisectorial del ENFEN continuará monitoreando e informando sobre la evolución de las condiciones oceánicas y atmosféricas, y actualizando sus perspectivas en forma más frecuente.



Foto: Roman Odintsov

COMISIÓN MULTISECTORIAL
ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL
DEL FENÓMENO "EL NIÑO" (ENFEN)
DECRETO SUPREMO N° 007-2017-PRODUCE



**ESTUDIO NACIONAL DEL
FENÓMENO "EL NIÑO"**

¹ De acuerdo con la Nota Técnica ENFEN 01-2015, el Estado del Sistema de Alerta "Vigilancia de La Niña Costera" se da cuando según los modelos y observaciones, usando criterio experto en forma colegiada, la Comisión Multisectorial del ENFEN estima que es más probable que ocurra La Niña costera a que no ocurra.

Puede acceder al Comunicado Oficial del ENFEN N° 10-2020 en el:
<https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4844>
<http://enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-10-2020/>

Redes IGP:

<https://www.gob.pe/igp>

 <https://web.facebook.com/igp.peru>

 https://twitter.com/igp_peru

 https://www.youtube.com/c/IGP_videos