



INFORME DE SITUACIÓN SINÓPTICA EN LA SIERRA Y COSTA SUR DURANTE ENERO Y FEBRERO 2020

I. OBJETO:

El objetivo del presente informe técnico es brindar un análisis sinóptico de los diferentes episodios de lluvia ocurridos en la sierra y costa sur del Perú durante enero y febrero del 2020.

II. ANTECEDENTES:

Durante los meses de enero y febrero del 2020, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) emitió 24 avisos meteorológicos de precipitaciones en la sierra, en los cuales estaba considerada la sierra sur del país. Nueve de estos avisos fueron de nivel "Rojo" y el resto, de nivel "Naranja" (Tabla 1).

Tabla 1: Lista de avisos vigentes en enero y febrero 2020 que incluyeron la sierra sur del Perú.

Aviso	Nro.	Emisión	Inicio	Fin	Duración	Nivel
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA (MODIFICACIÓN DE AVISO N°053)	55	28/02/2020	29/02/2020	03/03/2020	72 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	53	26/02/2020	28/02/2020	01/03/2020	57 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRO Y SUR (ACTUALIZACIÓN DEL AVISO N°051)	52	26/02/2020	26/02/2020	28/02/2020	42 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRO Y SUR	51	24/02/2020	26/02/2020	28/02/2020	42 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRO Y SUR (EXTENSIÓN DEL AVISO N°047)	48	22/02/2020	24/02/2020	25/02/2020	24 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRO Y SUR	47	20/02/2020	21/02/2020	24/02/2020	72 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRO Y SUR	40	14/02/2020	16/02/2020	19/02/2020	72 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA SUR	38	12/02/2020	13/02/2020	15/02/2020	57 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA (ACTUALIZACIÓN DEL AVISO N° 034)	35	10/02/2020	10/02/2020	13/02/2020	72 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	34	08/02/2020	10/02/2020	13/02/2020	72 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRO Y SUR	31	06/02/2020	08/02/2020	10/02/2020	57 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	29	03/02/2020	04/02/2020	06/02/2020	57 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	27	01/02/2020	02/02/2020	04/02/2020	48 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	25	29/01/2020	31/01/2020	02/02/2020	57 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	23	26/01/2020	27/01/2020	29/01/2020	48 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	22	23/01/2020	25/01/2020	27/01/2020	60 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRAL Y SUR (ACTUALIZACIÓN DEL AVISO N°018)	21	23/01/2020	23/01/2020	25/01/2020	36 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRAL Y SUR	18	20/01/2020	22/01/2020	25/01/2020	72 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	14	17/01/2020	19/01/2020	22/01/2020	60 Hrs.	ROJO
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRAL Y SUR (ACTUALIZACIÓN DEL AVISO N°009)	13	16/01/2020	16/01/2020	18/01/2020	51 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	9	11/01/2020	13/01/2020	17/01/2020	81 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRO Y SUR	7	08/01/2020	10/01/2020	13/01/2020	72 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA CENTRO Y SUR	1	01/01/2020	02/01/2020	04/01/2020	57 Hrs.	NARANJA
PRECIPITACIONES EN LA SIERRA	192	30/12/2019	31/12/2019	02/01/2020	45 Hrs.	NARANJA

Efectivamente, como se pronosticó en los avisos, durante los meses de enero y febrero del 2020 se presentaron episodios de lluvia en la sierra sur del país que permitieron

caracterizar a los días como lluviosos (amarillo), muy lluviosos (anaranjado) o extremadamente lluviosos (rojo), de acuerdo a la superación del percentil 90, 95 o 99, respectivamente (Tabla 2 y 3).

En la Tabla 2 se pueden observar dos episodios marcados de precipitación intensa en la sierra sur que alcanzó a la costa sur durante enero 2020; el primero, del 1 al 8 de enero y el segundo, del 13 al 31 de enero, con un período más intenso y generalizado durante el 19 al 24 de enero.

En cuanto a febrero 2020 (Tabla 3) se observan tres episodios marcados de precipitación intensa en la sierra sur, el primero del 1 al 7 de febrero que afectó a la sierra sur oriental principalmente, el segundo del 9 al 17, y el tercero del 19 al 26 de febrero, que afectó a toda la sierra sur. Cabe resaltar que los dos eventos que afectaron a la sierra sur occidental también permitieron tener acumulados de precipitación significativos en la costa sur (Tabla 3).

Tabla 3: Caracterización de la precipitación diaria en la sierra y costa sur del Perú durante febrero 2020

ALT.	ESTACIÓN	DEP	ALT	feb																												
				1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
SIERRA SUR OCCIDENTAL	ARAPA	PUNO	3830																													
	CAPACHICA	PUNO	3828																													
	ILAVE	PUNO	3871																													
	PAUZA	AYACUCHO	2477																													
	HUAC-HUAS	AYACUCHO	3180																													
	CARAVELI	AREQUIPA	1755																													
	PAMPACOLCA	AREQUIPA	2950																													
	CHIVAY	AREQUIPA	3644																													
	MACHAHUAY	AREQUIPA	3150																													
	HUANCA	AREQUIPA	3065																													
	CHIGUATA	AREQUIPA	2902																													
	CHOCO	AREQUIPA	2428																													
	QUINISTAQUILLAS	MOQUEGUA	1590																													
	CALACOA	MOQUEGUA	3260																													
	PUQUINA	MOQUEGUA	3284																													
	OMATE	MOQUEGUA	2080																													
	UBINAS	MOQUEGUA	3380																													
	CALIENTES	TACNA	1200																													
ILABAYA	TACNA	1375																														
ARICOTA	TACNA	2825																														
CANDARAVE	TACNA	3435																														
TARATA	TACNA	3050																														
SUSAPAYA	TACNA	3433																														
TALABAYA	TACNA	3420																														
SIERRA SUR ORIENTAL	GRANJA-KCAYRA	CUSCO	3219																													
	MACHU-PICCHU	CUSCO	2548																													
	URUBAMBA	CUSCO	2850																													
	ANTA-ANCACHURO	CUSCO	3340																													
	SICUANI	CUSCO	3574																													
	PISAC	CUSCO	2950																													
	COLQUEPATA	CUSCO	3729																													
	VILCASHUAMAN	AYACUCHO	3656																													
	ANDAHUAYLAS	APURIMAC	2865																													
	CURAHUASI	APURIMAC	2763																													
	CURPAHUASI	APURIMAC	3579																													
	AYMARAES	APURIMAC	2964																													
	CAYLLOMA	AREQUIPA	4318																													
	LAMPA	PUNO	3892																													
	CRUCERO	PUNO	4183																													
MAZO-CRUZ	PUNO	4003																														
COSTA SUR	PALPA	ICA	340																													
	HACIENDA-BERNALES	ICA	293																													
	HUAMANI	ICA	790																													
	SAN-CAMILO	ICA	407																													
	OCUJAJE	ICA	311																													
	RIO-GRANDE	ICA	325																													
	COPARA	ICA	587																													
	APLAO	AREQUIPA	618																													
	PUNTA-ATICO	AREQUIPA	20																													
	PAMPA-DE-MAJES	AREQUIPA	1498																													
	LA-JOYA	AREQUIPA	1278																													
	CAMANA	AREQUIPA	8																													
	MOQUEGUA	MOQUEGUA	1450																													
	ILO	MOQUEGUA	75																													
	PUNTA-COLES	MOQUEGUA	25																													
	SAMA-GRANDE	TACNA	534																													
	ITE	TACNA	154																													
	CALANA	TACNA	871																													
JORGE-BASADRE	TACNA	538																														
LA-YARADA	TACNA	21																														

Leyenda: Negro (sin datos), blanco (día sin lluvia), plomo (lluvias menores al percentil 90 o lluvias dentro de su variabilidad normal), amarillo (día lluvioso), naranja (día muy lluvioso) y rojo (día extremadamente lluvioso).

Ante lo acontecido, en el presente informe el SENAMHI realiza un análisis meteorológico de las condiciones atmosféricas que se presentaron en los meses de enero y febrero 2020.

III. ANÁLISIS:

Datos:

En el siguiente informe se utilizaron datos de análisis del modelo del *Global Forecast System* (GFS) de viento y relación de mezcla en diversos niveles troposféricos, desde la superficie hasta niveles altos (200hPa ~ 12km aproximadamente); así como agua precipitable, radiación en onda larga, y presión reducida al nivel del mar. Simultáneamente se utilizaron datos de temperatura superficial del mar del *Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis* (OSTIA).

Resultados:

En la Fig. 1 se observa que desde enero se presentó anomalía positiva de Temperatura Superficial del Mar (TSM) frente a la costa sur del país, así como la presencia de una circulación ciclónica de vientos en superficie en la misma región. Esta condición estuvo asociada a la desintensificación de la presión reducida a nivel del mar en el Pacífico sur oriental (Fig. 2).

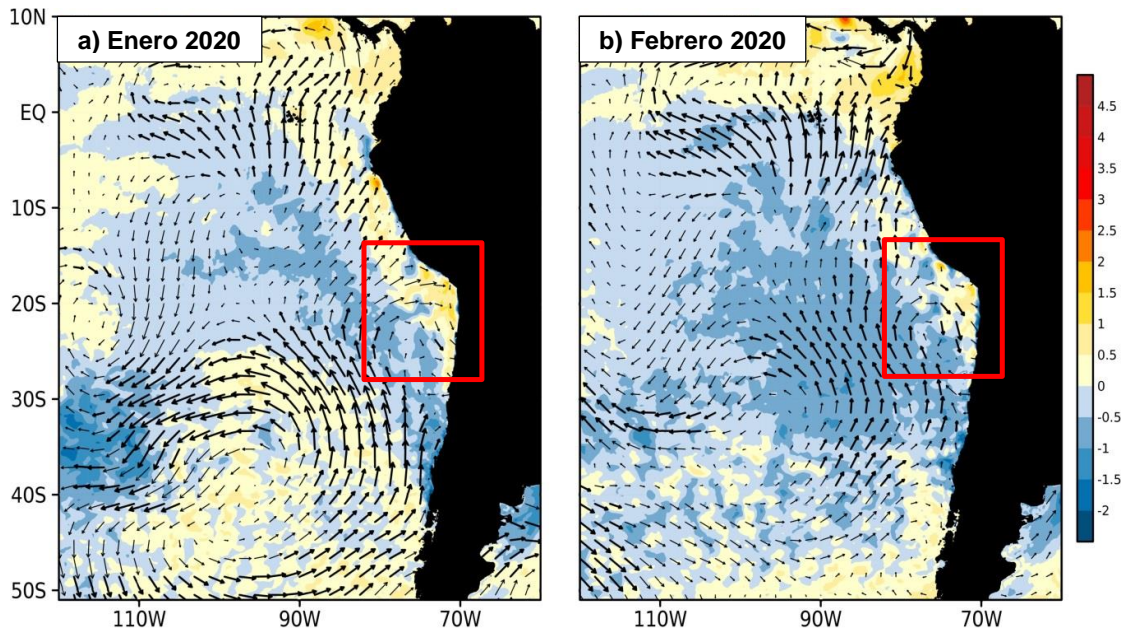


Figura 1: Anomalía de TSM [$^{\circ}\text{C}$, sombreado) y viento a 10m de la superficie [m/s , vectores) para a) enero y b) febrero 2020

En la Fig. 2 se observa que la circulación ciclónica que se observó en superficie frente a la costa sur también continuó manifestándose en 850 hPa (~1.5 km), así como anomalías negativas de presión en la misma región que se presentaron desde enero y continuaron manifestándose en febrero. Respecto al Anticiclón del Pacífico Sur (APS), en enero se presentó más intenso que en febrero, pero desplazado hacia el sur. Además, en febrero se presentó de forma más zonal y desplazado hacia el oeste, lo cual favoreció la formación de la circulación ciclónica frente a la costa sur peruana y norte chilena.

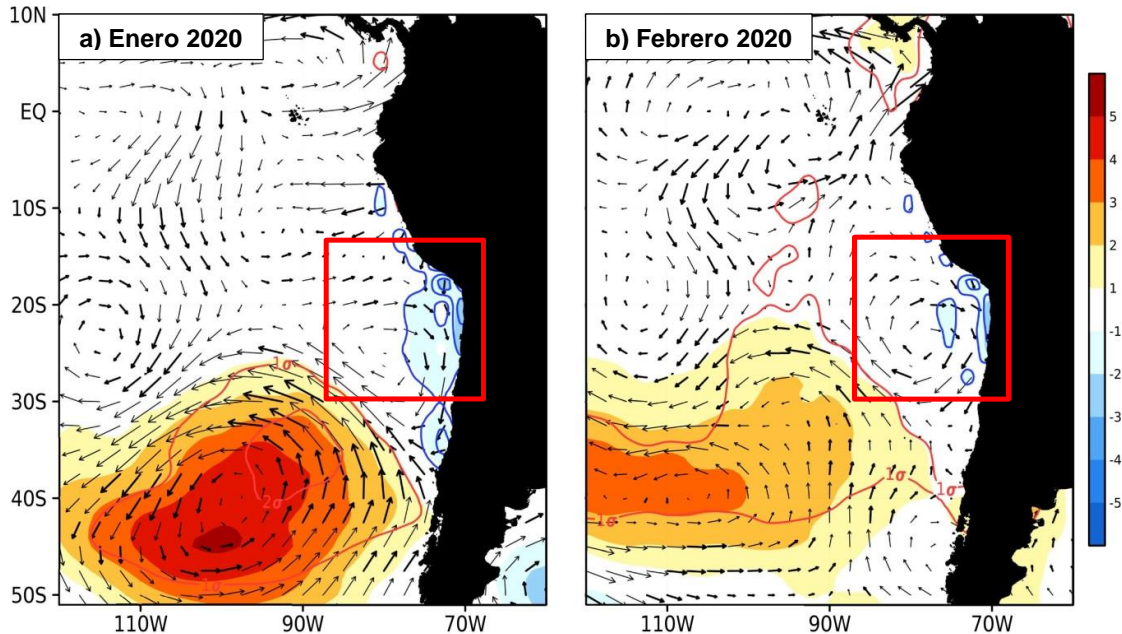


Figura 2: Anomalía de presión reducida a nivel del mar ([hPa], sombreado) y viento en 850 hPa ([m/s], vectores) para a) enero y b) febrero 2020.

Estas condiciones de superficie y niveles bajos observadas en las Figs. 1 y 2 condicionaron al incremento del agua precipitable en la franja costera durante la segunda quincena de enero y desde el 11 hasta fines de febrero del 2020, principalmente en la costa sur (Fig. 3). En cuanto al viento en 850 hPa en la Fig. 3, se observa que durante los días de incremento de agua precipitable en la costa sur estaban asociados a una componente anómala del suroeste al inicio del incremento, para luego tornarse del noroeste.

En estos períodos de incremento de agua precipitable en la costa sur se dieron los eventos de precipitación extrema en costa sur y sierra sur occidental (Tablas 2 y 3).

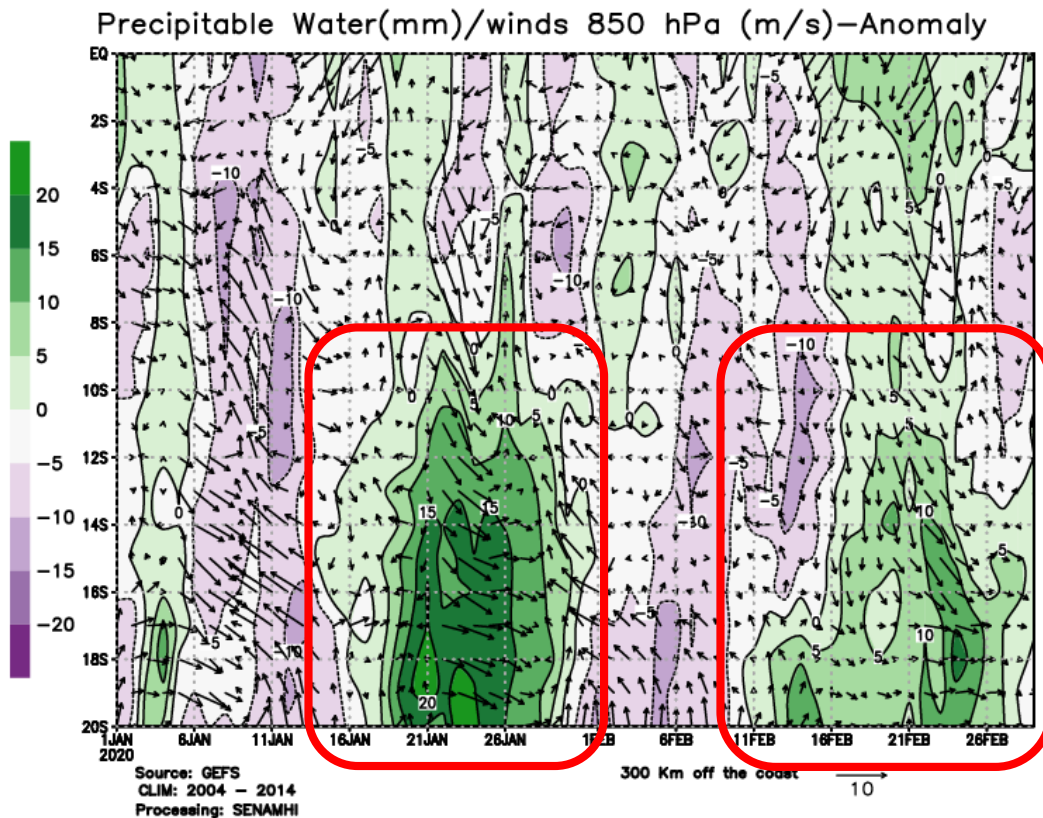


Figura 3: Anomalia diaria de agua precipitable ([mm], sombreado) y anomalia de viento en 850 hPa ([m/s], vector) para enero y febrero 2020. Datos promediados en toda la franja comprendida entre el límite de la costa y 300 km hacia el oeste.

Al realizar una comparación del agua precipitable en la costa sur en el período 2019-2020 con otros años en donde la costa se presentó cálida de acuerdo al Índice Costero El Niño (ICEN), así como con el período 2018-2019 (Fig. 4) se observa que desde el 10 de enero del 2020 empezó el incremento del agua precipitable alcanzando su valor máximo durante el 18 de enero, con un valor de 23 mm por encima de su normal. Luego, se presentó un segundo incremento de agua precipitable desde el 8 de febrero en adelante, pero no tan significativo como el de enero.

Se observa también que un incremento de agua precipitable similar se presentó durante enero y febrero del 2019, temporada en la cual también se tuvo eventos significativos de lluvias intensas en la región sur del Perú.

En comparación a los otros años con costa cálida, se observa que los valores alcanzados durante la segunda quincena de enero 2020 y durante la primera quincena de febrero del 2019 superaron significativamente a otros años y que el agua precipitable en la segunda quincena de febrero 2020 solo fue superado por años El Niño 2017 y 1998, y comparativamente similar a El Niño 1983.

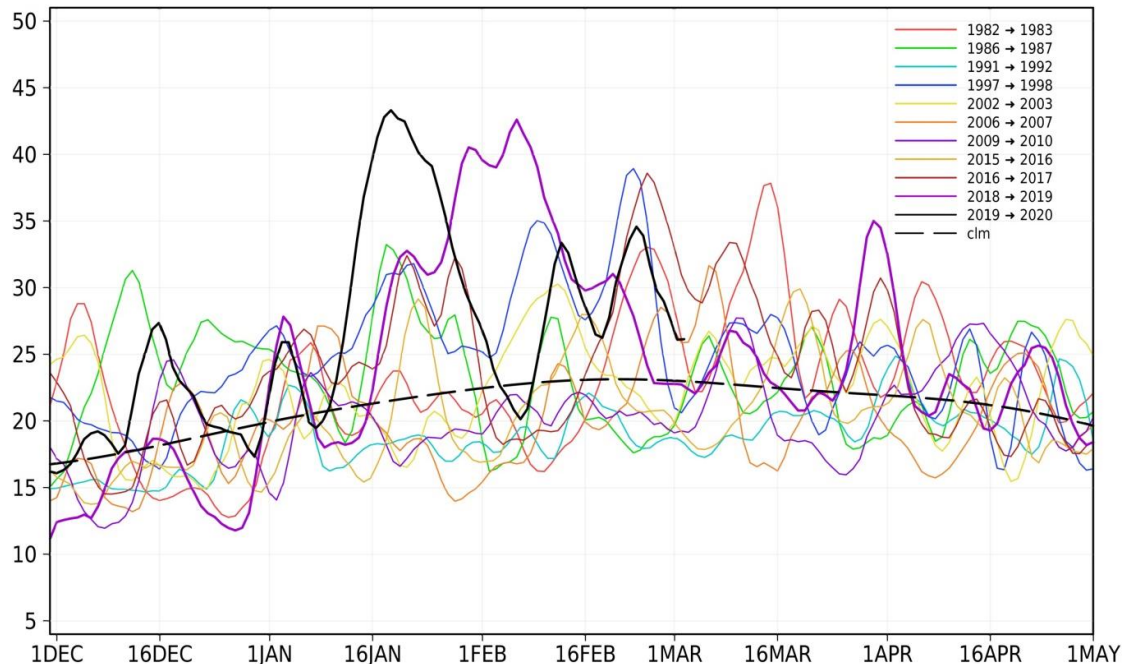


Figura 4: Serie temporal del comportamiento diario del agua precipitable en la costa sur del Perú, para veranos cálidos en la costa de acuerdo al ICEN, comparados con los dos últimos veranos (2018-2019 y 2019-2020).

La Fig. 5a muestra a la Alta de Bolivia¹ (AB) con núcleo sobre el norte de Paraguay durante enero 2020 y anomalía negativa de radiación de onda larga sobre el Pacífico frente al sur de Perú y norte de Chile, asociada a cobertura de niveles bajos sobre esa región. En febrero 2020 (Fig. 5b), el centro de la AB se ubicó sobre Bolivia y un núcleo de anomalía negativa de radiación de onda larga se presentó sobre la sierra y costa sur del Perú, asociado a cobertura nubosa de niveles medios y altos en esa región.

En cuanto a divergencia en niveles altos, en la Figura 6 se observa que solo se presentó una anomalía positiva de divergencia sobre la costa peruana y el Pacífico frente a la costa sur en enero 2020; sin embargo, febrero 2020 no presentó un patrón significativo de anomalía de divergencia para la región de análisis.

¹ Alta de Bolivia: Es una circulación de vientos que se presentan en niveles altos de la tropósfera (~10km) y tiene influencia hasta los 5km sobre la superficie y se presenta en el verano austral. Este sistema es importante porque favorece la ocurrencia de lluvias en el Perú.

Sus características principales son: tiene giro antihorario, se presenta en el hemisferio sur, y su área de dominio es Sudamérica tropical. Su núcleo generalmente se encuentra sobre Bolivia (de ahí su nombre), sin embargo, este se desplaza condicionado al calentamiento de la superficie, determinando las lluvias en diversas regiones del país.

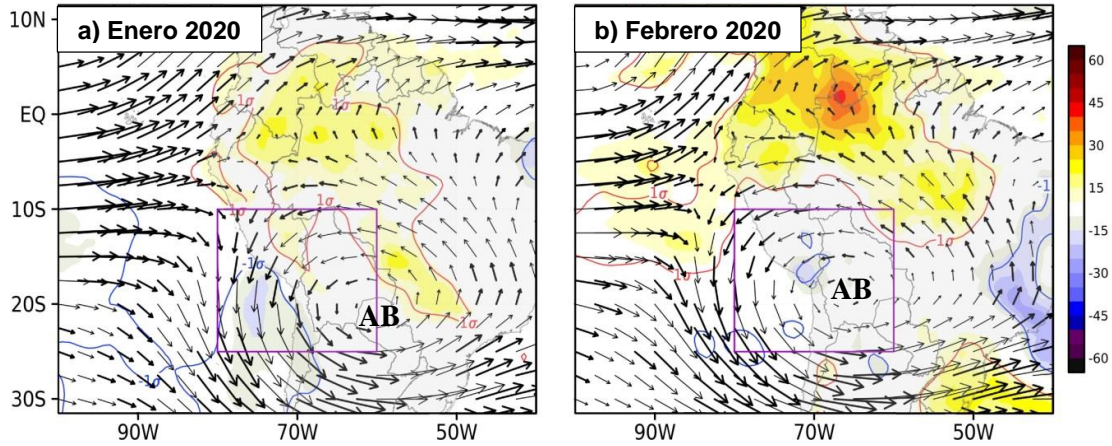


Figura 5: Vientos ([m/s], vectores) en 200 hPa y anomalía de radiación de onda larga ([W/m²], sombreado) para a) enero 2020 y b) febrero 2020.

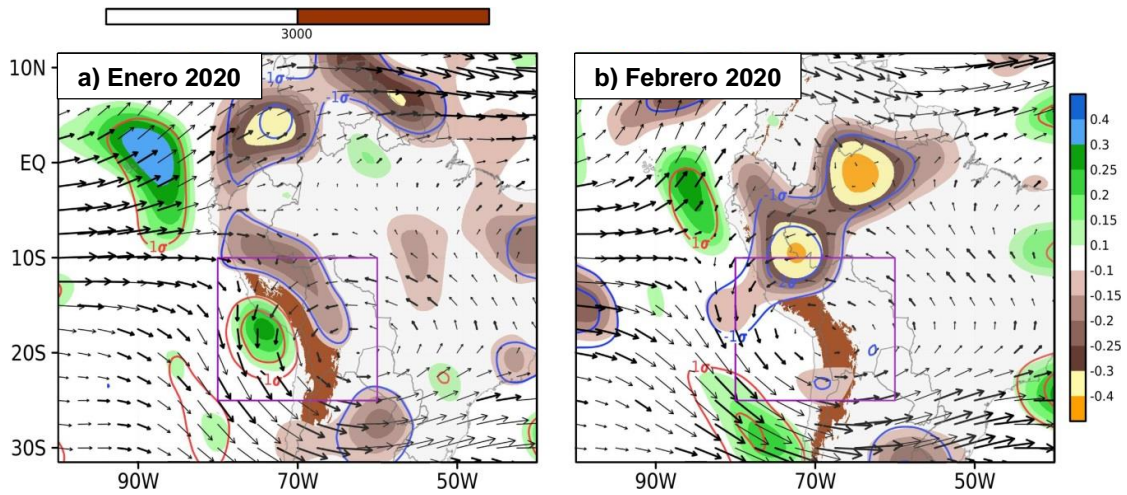


Figura 6: Anomalía de divergencia ([10⁵/s], sombreado) y viento ([m/s], vectores) en 300 hPa para a) enero 2020 y b) febrero 2020.

En la Fig. 7 se observa que tanto en enero como en febrero 2020 se presentó anomalía positiva de relación de mezcla en 500 hPa en el sur del país, sin embargo los vientos en niveles medios no presentaron un patrón significativo sobre la región de análisis.

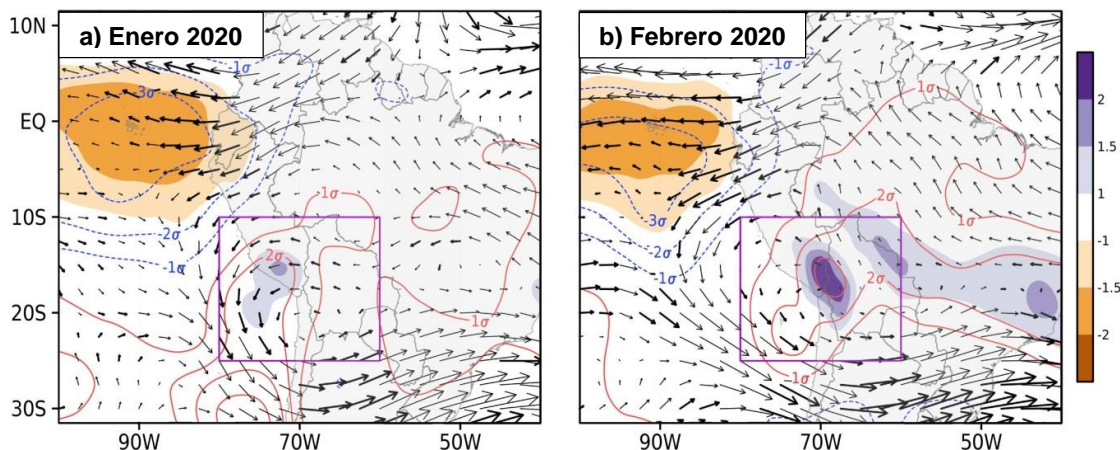


Figura 7: Vientos ([m/s], vectores) y anomalía de relación de mezcla ([g/kg], sombreado) en 500 hPa para a) enero 2020 y b) febrero 2020.

En 700 hPa (Fig. 8) se observa viento con componente norte al este de la Cordillera, tanto en enero como en febrero, hecho que condicionó al incremento de agua precipitable al este de la Cordillera puesto que llevó humedad de la Amazonía hacia esta región. Por el contrario, el incremento de agua precipitable al oeste de la Cordillera se asoció a un comportamiento de niveles bajos, puesto que se observó incremento de TSM y formación de un sistema ciclónico en niveles bajos en esa región (Figs. 1 y 2).

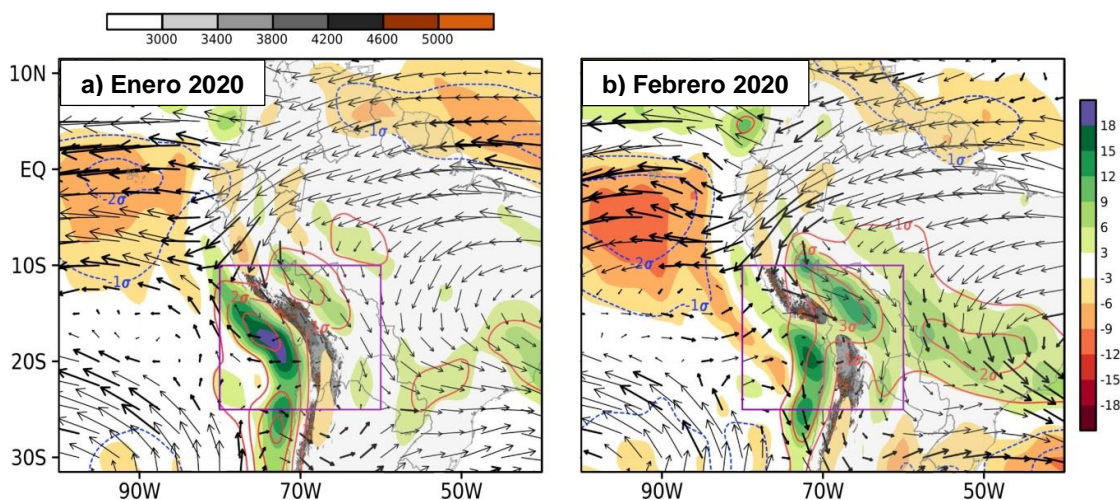


Figura 8: Vientos ([m/s], vectores) en 700 hPa y anomalía de agua precipitable ([mm], sombreado) para a) enero 2020 y b) febrero 2020.

Respecto a la variabilidad interanual del viento zonal en la zona sur del Perú (Fig. 9), se observó que la componente Este del flujo zonal mantuvo un constante debilitamiento durante los veranos desde la última década, observándose una tendencia estacional hacia la normalización en el nivel de 200 hPa.

Es necesario precisar que la ocurrencia de lluvias en la región de interés no está condicionada a un solo indicador climático; no obstante, estacionalmente, la menor frecuencia de los flujos zonales del Este se asocia con la reducida influencia del patrón de la AB durante el presente verano, principalmente hacia la vertiente del Pacífico.

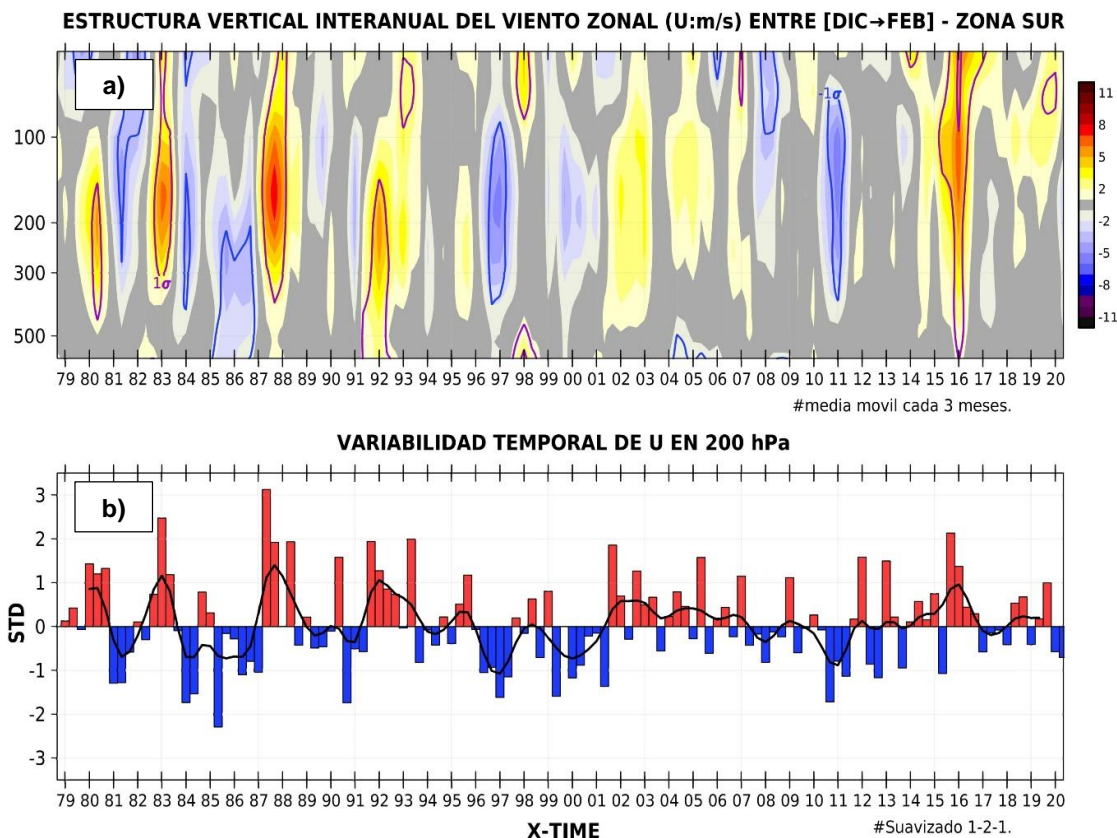


Figura 9: Variabilidad interanual de los flujos zonales del viento (U , en m/s) sobre la región sur del Perú. En a) evolución de las anomalías absolutas de " U " (matices en colores) en la estructura vertical atmosférica; contornos indican el nivel de significancia sobre 1 desviación estándar. En b) Filtro estacional las anomalías estandarizada de " U " en el nivel isobárico de 200 hPa.

Por otro lado, en otras escalas temporales (Fig. 10), la Oscilación Madden & Julian (OMJ) en trópico fue la principal fuente de convección tropical, no obstante, su proyección hacia el Pacífico ecuatorial (zonas 7 y 8 del índice RMM) se redujo en amplitud hacia la segunda quincena del mes de enero. Esta débil influencia continuó durante febrero, con la OMJ emergiendo débilmente a inicios de marzo alrededor del Océano Índico.

De lo anterior, en la Fig. 11 (panel izquierdo), se observa el principal aporte de la OMJ respecto a la convección tropical en la región oriental del Pacífico (entre $120^{\circ}W - 60^{\circ}W$) evidenciado hacia la tercera semana de enero, contribuyendo con la inestabilidad atmosférica de niveles altos. A partir de la última semana de febrero, el predominio de la región divergente de otros modos ecuatoriales tales como ondas Rossby en enero y ondas Kelvin atmosféricas en durante febrero, contribuyeron episódicamente en el incremento de la convección anómala frente a la costa noroeste de Sudamérica, sumándose a las condiciones sinópticas descritas previamente.

Por otro lado, la posición de la AB sobre el continente podría haber tenido una influencia extratropical asociado a un patrón "U-shaped" de onda Rossby equivalente (Fig. 11, panel derecho), la cual mantuvo interacción acoplada con las Kelvin atmosféricas reforzadas en la región oriental del Pacífico. Su configuración sobre la región suroriental del Pacífico habría contribuido en la persistencia de la circulación ciclónica anómala frente al codo Perú - Chile; y, consecuentemente, en conjunto a las condiciones de

superficie, sumó en la persistencia del patrón anómalamente convectivo de la región de interés.

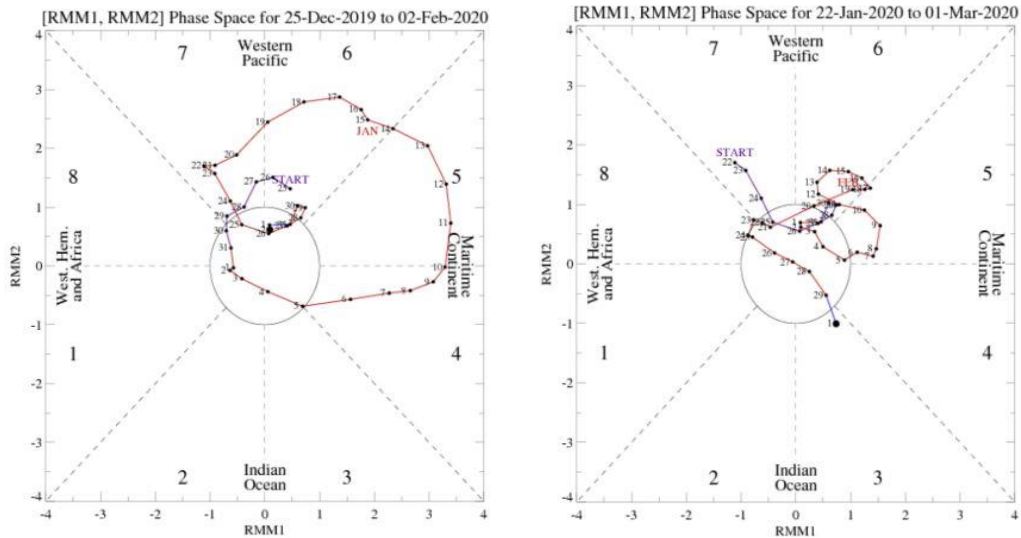


Figura 10: Posición de la señal interestacional de la Oscilación Madden & Julian de acuerdo al Índice RMM durante enero (izquierda) y febrero (derecha) del 2020.

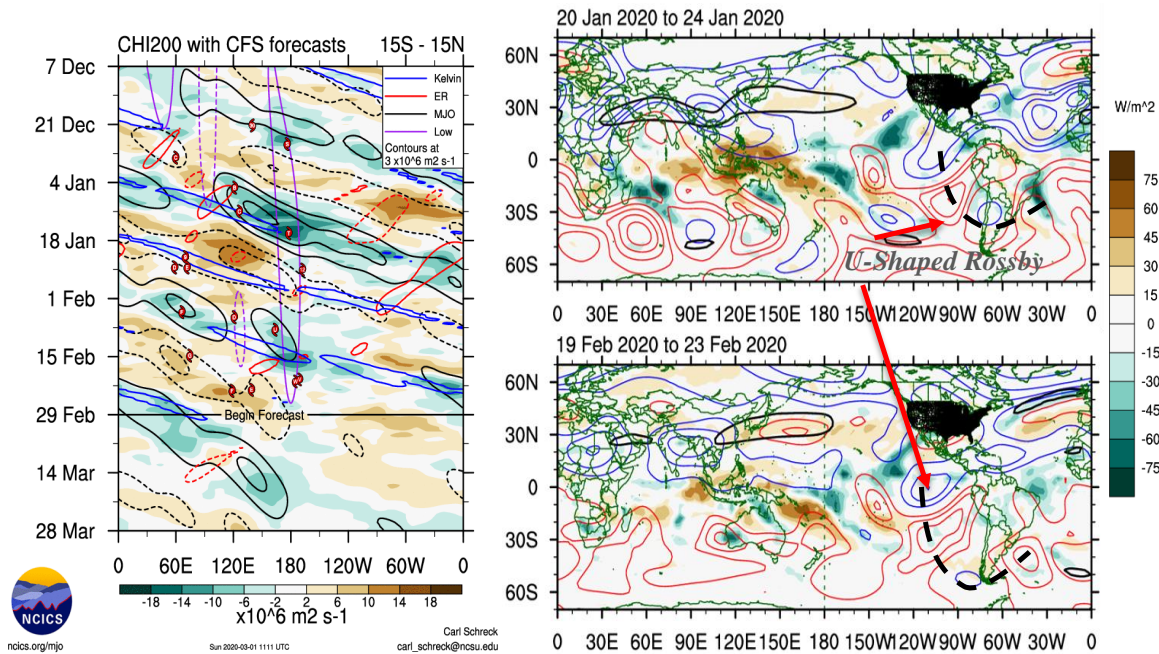


Figura 11: Interacción de ondas tropicales y extratropicales. Izquierda, evolución espacio – temporal del campo de velocidad potencial ($\times 10^{-6} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) en 200 hPa proyectada en la trayectoria de diferentes ondas ecuatoriales en el Pacífico tropical (15S – 15N), regiones en matices de color verde (marrón) indican zonas de divergencia (convergencia) máxima que favorecen (inhiben) la convección tropical. Derecha, mapas de anomalías promedio pentadal a partir de la radiación en onda larga (colores), función corriente (contornos) en 200 hPa (contornos negros en 50 m/s).

IV. CONCLUSIONES:

- 4.1 Durante enero y febrero 2020, el SENAMHI emitió 24 avisos meteorológicos, con niveles de peligro entre "naranja" y "rojo" que consideraron la sierra sur del Perú.
- 4.2 Durante enero 2020 se presentaron dos episodios de lluvia intensa en la sierra sur del país. El segundo episodio fue más intenso y también afectó a la costa sur, puesto que durante el período de 22 al 24 de febrero se presentaron días extremadamente lluviosos en costa, así como en sierra sur occidental.
- 4.3 En febrero 2020 se observan tres episodios de lluvia en el sur, en los dos últimos se vio afectada la costa, alcanzando extremos de precipitación durante el 12 y del 21 al 23 de febrero.
- 4.4 Las lluvias extremas ocurridas en la costa sur del Perú que se presentaron durante enero y febrero 2020 estuvieron asociadas al incremento de agua precipitable al oeste de la Cordillera, que fue producto del incremento de TSM y a circulación ciclónica en niveles bajos troposféricos.
- 4.5 Las lluvias extremas ocurridas en la sierra sur occidental durante enero y febrero 2020 se asociaron a un incremento de humedad en niveles medios troposféricos.
- 4.6 La circulación en niveles altos no fue condicionante para la ocurrencia de los extremos de lluvia en el sur, puesto que se presentó de forma normal para el período.
- 4.7 En la escala interanual, la intensidad del flujo zonal en niveles altos de la atmosfera y sobre la región sur del Perú mantuvo un tendencia próxima a su normal con una componente este débil durante el presente verano.
- 4.8 La influencia de ondas ecuatoriales atmosféricas en interacción con otros modos extratropicales mantuvieron el patrón de convección anómalamente persistente frente al codo Perú – Chile, principalmente durante febrero.