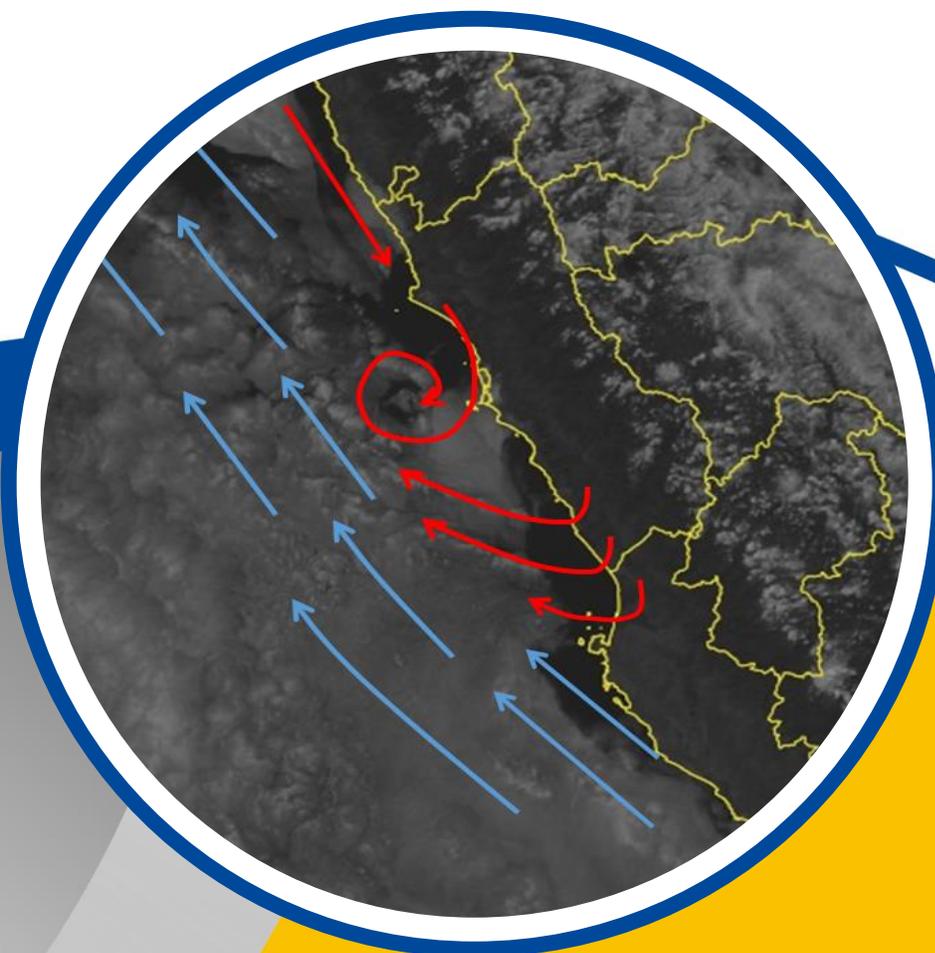


INFORME TÉCNICO

Análisis del Vórtice Ciclónico de Niveles Bajos (VCNB)
en la costa central peruana



ENERO 2021

INFORME TÉCNICO:

Análisis del Vórtice Ciclónico de Niveles Bajos (VCNB) en la costa central peruana

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica

Subdirección de Predicción Meteorológica

Elaborado por:

ALIAGA NESTARES, Vannia

RIVAS QUISPE, Piero

QUISPE GUTIÉRREZ, Nelson

CONTENIDO

.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVO.....	3
3. DATOS Y METODOLOGÍA.....	4
3.1. DATOS.....	4
3.1.1. Imágenes de Satélite.....	4
3.2. METODOLOGÍA.....	4
3.2.1. Identificación de los VCNB.....	4
3.2.2. Clasificación de los VCNB.....	4
4. RESULTADOS.....	4
4.1. Evento Ligero.....	5
4.2. Evento Moderado.....	6
4.3. Evento Fuerte.....	8
4.4. Análisis de frecuencia de ocurrencia de los VCNB.....	10
5. CONCLUSIONES.....	12
6. RECOMENDACIONES.....	12
7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	12

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Lima, según la clasificación climática de Thornthwite, tiene clima árido con precipitación anual menor a 16 mm, por ende, la vegetación es de tipo desértica y la humedad relativa oscila entre 65 y 84% (SENAMHI, 2002; citado por Guillen, 2018). De acuerdo a la nueva clasificación climática del Perú (SENAMHI, 2020), Lima presenta 12 tipos de clima, sin embargo, el clima predominante es árido y templado, con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año.

A pesar que la ciudad de Lima se encuentra dentro del trópico, esta no presenta un clima tropical debido a 3 factores: el anticiclón del Pacífico sur, la corriente de Humboldt y la Cordillera de los Andes (Allasi, 2002; citado por Rivas, 2019).

La ciudad de Lima se caracteriza por contar con cielo cubierto con nubosidad tipo estrato durante el invierno, y principalmente durante el mes de agosto, donde también es más frecuente la presencia de llovizna, la cual está asociada a la Temperatura Superficial del Mar (TSM) fría (Zheng et al., 2011; Chung-Chun et al., 1996). Por el contrario, en los meses de verano se registra mayor cantidad de días con cielo despejado o nubes dispersas, como en el mes de febrero, cuando se presentan las temperaturas más altas del año (Rivas, 2019).

En ese contexto, existen algunos días en los que el comportamiento del tiempo en Lima presenta variaciones inesperadas, como cielos despejados en invierno o cubiertos en verano. En la mayoría de los casos, este comportamiento insólito está asociado a circulaciones mesoescalares. Una de estas circulaciones es el Vórtice Ciclónico de Niveles Bajos (VCNB), el cual se forma sobre el Pacífico frente a la costa de la región Lima, principalmente entre abril y noviembre de cada año.

En este informe se identificarán y clasificarán los eventos de VCNB y luego se realizará el análisis estadístico básico de los mismos. Para su identificación se utilizaron imágenes cada 30 minutos en el canal visible del satélite geoestacionario GOES 13, desde el 2011 hasta el 2018.

2. OBJETIVOS

- 2.1. Identificar y clasificar los días con VCNB frente a la costa de Lima durante el 2011 hasta el 2018.
- 2.2. Mostrar la evaluación horaria de cada tipo de VCNB.
- 2.3. Realizar el análisis estadístico de los eventos de (VCNB) identificados.

3. DATOS Y METODOLOGÍA

3.1. DATOS

3.1.1. Imágenes de Satélite

Imágenes de satélite en el canal visible, con resolución horizontal de 1km y temporal de 30 minutos del satélite geoestacionario GOES 13, desde el 2011 hasta el 2018. Estas imágenes se encuentran disponibles en el repositorio del SENAMHI.

Cabe destacar que en algunos días solo se tenían disponibles imágenes cada 3 horas en lugar de cada 30 minutos.

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Identificación de los VCNB

Para la identificación se utilizaron animaciones de las imágenes de satélite (cada 30 minutos) en las cuales se observó el giro horario de las bandas nubosas frente a la costa de la región Lima, lo cual es un indicador del giro ciclónico de vientos y, por ende, del Vórtice Ciclónico.

Para ser considerado dentro del conteo, el vórtice debe tener una extensión mesoescalar β o γ (2-200 km) (Orlsanski, 1975).

3.2.2. Clasificación de los VCNB

Se consideraron tres tipos de eventos de VCNB, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Evento Ligero - EL: El Vórtice tiene un diámetro inferior a 50 km. Normalmente puede tener una duración menor a 5 horas, sin embargo, existen casos con mayor duración.
- Evento Moderado - EM: El Vórtice tiene un diámetro entre 50 y 100 km y una duración mayor a 5 horas.
- Evento Fuerte - EF: El Vórtice tiene un diámetro superior a 100 km y una duración mayor a 5 horas.

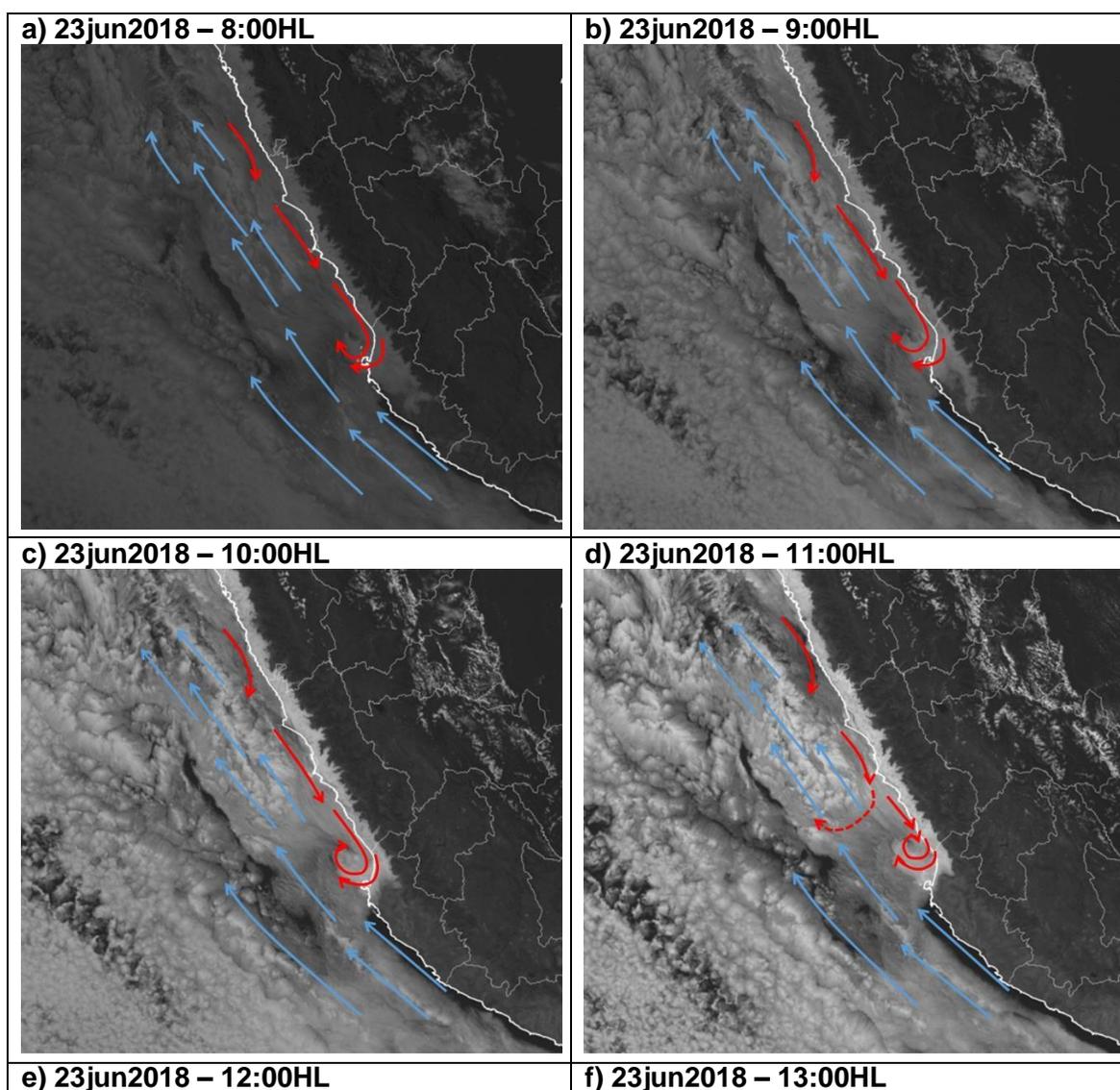
4. RESULTADOS

Durante los 8 años de análisis, se identificaron un total de 355 VCNB frente a la costa de Lima, de los cuales 50% fueron eventos ligeros, 41% eventos moderados y 9% eventos fuertes. A continuación, se presentará la evolución temporal horaria de un ejemplo de cada tipo de evento de vórtice.

4.1. Evento Ligero

En la Figura 1 se observa el desarrollo de un evento ligero de VCNB frente a la costa sur de Lima, límite con Ica, durante el 23 de junio de 2018. El vórtice se formó frente a Pisco (costa norte de Ica), al norte de la península de Paracas y permaneció ahí en las primeras horas de la mañana, luego, durante el día fue migrando hacia el norte alcanzando el sur de Lima (frente a la provincia de Cañete). Durante todo el día en el que se presentó este vórtice, Lima Metropolitana se presentó con cielo cubierto.

Es claro el giro en forma horaria (ciclónica) de la nubosidad para la identificación del vórtice e intensificándose hacia el mediodía, pero desintensificándose hacia la tarde. La circulación cercana a costa está señalada con las flechas rojas y la circulación sinóptica, con flechas celestes.



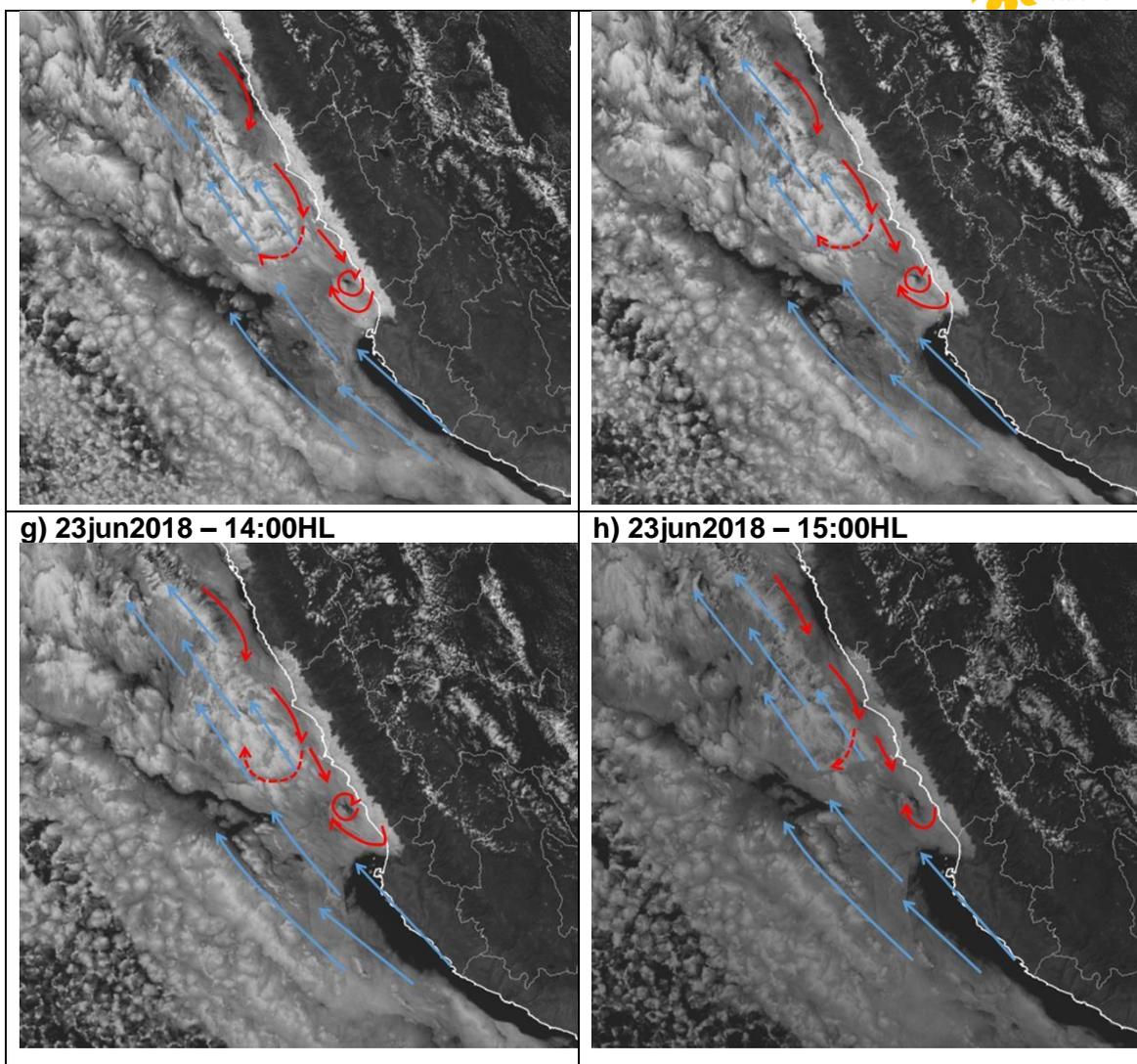
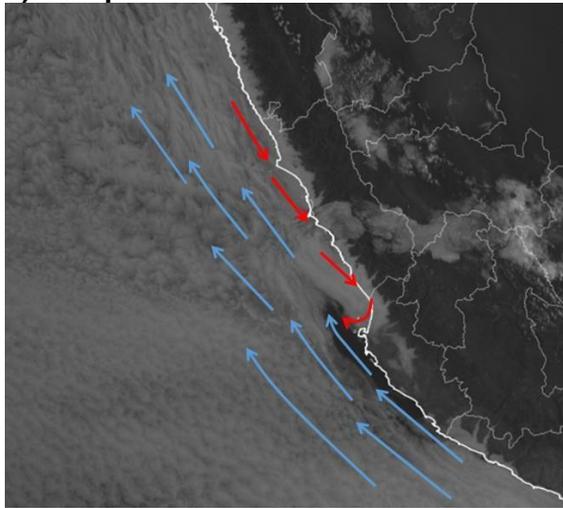


Figura 1: Evolución horaria de un Evento Ligero (EL) de VCNB durante el 23 de junio de 2018.

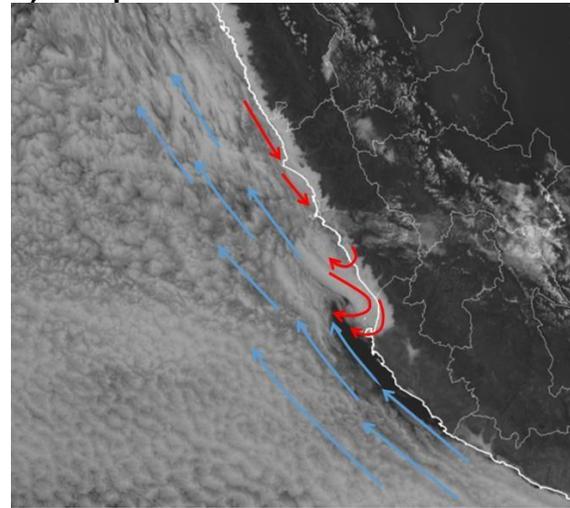
4.2. Evento Moderado

En la Figura 2 se observa el desarrollo de un evento moderado de VCNB frente a la costa sur de Lima, límite con Ica, durante el 12 de septiembre de 2018. El vórtice se formó frente a la costa sur del departamento de Lima y fue migrando hacia el norte a medida que pasaban las horas hasta llegar a situarse frente a la costa de Lima Metropolitana. Durante ese día se presentó cielo cubierto en Lima Metropolitana en las primeras horas de la mañana; sin embargo, cuanto más se intensificaba el vórtice, la cobertura nubosa se iba situando más al oeste que al este.

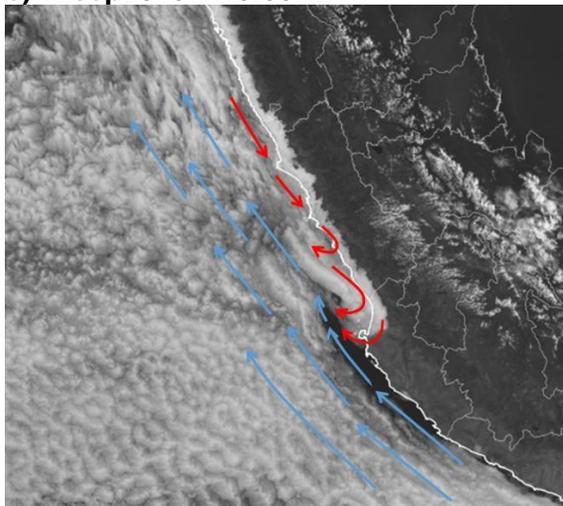
a) 12sep2018 – 8:00HL



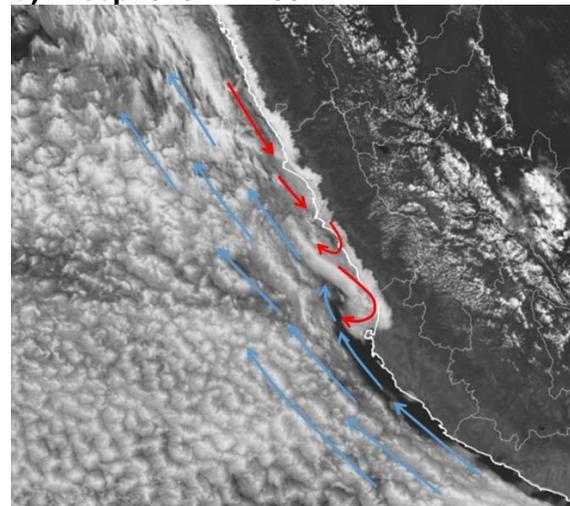
b) 12sep2018 – 9:00HL



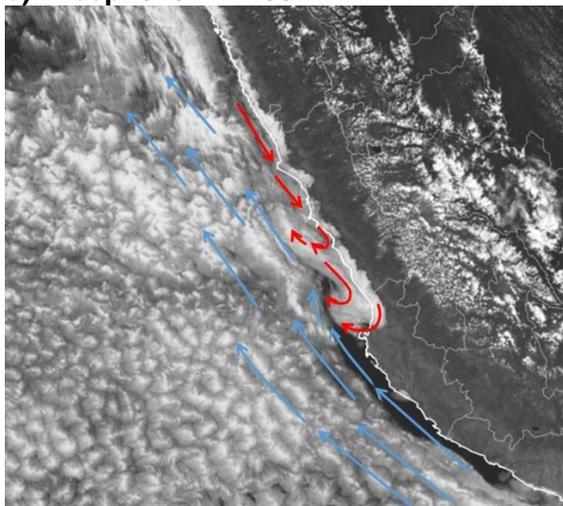
c) 12sep2018 – 10:00HL



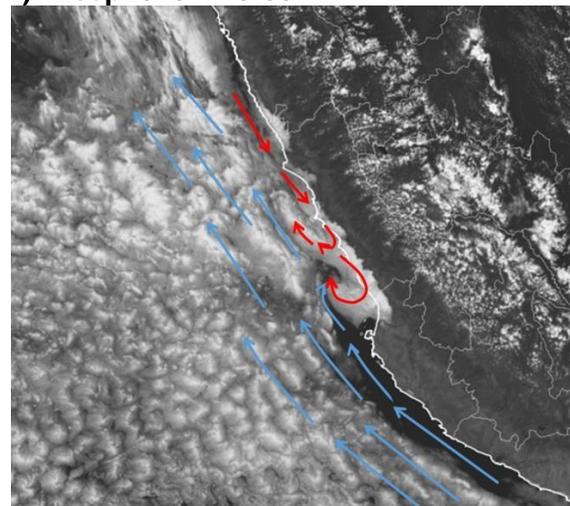
d) 12sep2018 – 11:00HL



e) 12sep2018 – 12:00HL



f) 12sep2018 – 13:00HL



g) 12sep2018 – 14:00HL

h) 12sep2018 – 15:00HL

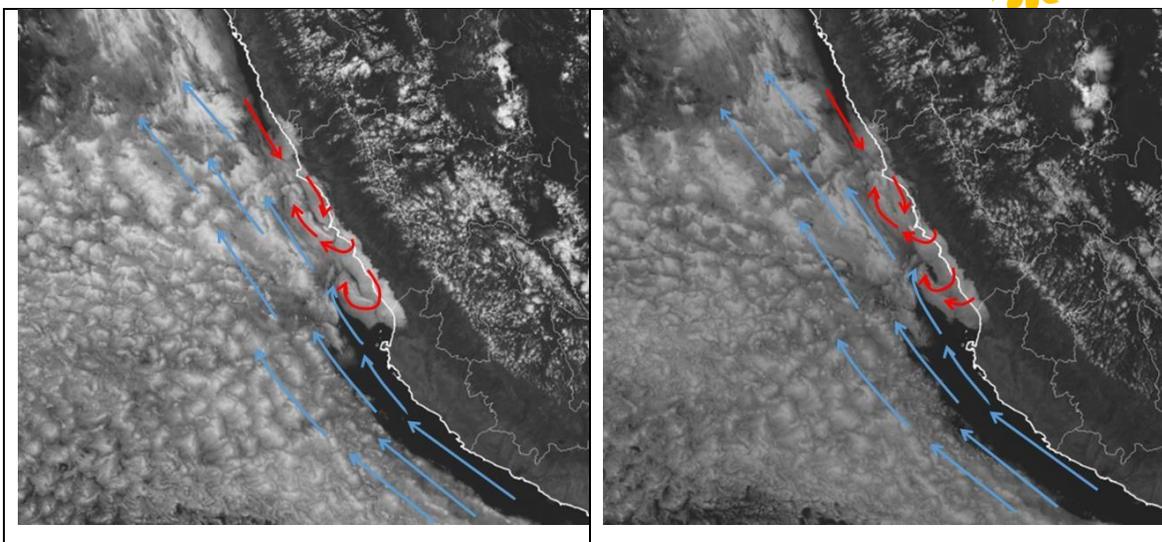
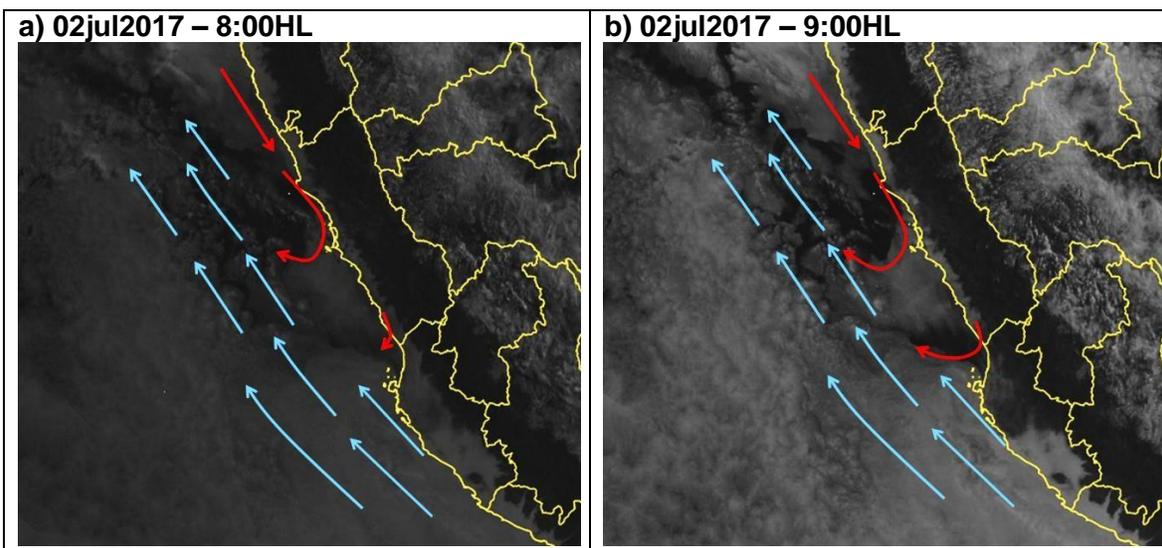


Figura 2: Evolución horaria de un Evento Moderado (EM) de VCNB durante el 12 de septiembre de 2018.

4.3. Evento Fuerte

En la Figura 3 se observa el desarrollo de un VCNB durante el 2 de julio de 2017. Se observa que la costa limeña amanece con cielo cubierto por nubosidad baja tipo estrato, la cual típicamente llega una altitud máxima de 500 metros. Desde la primera imagen de las 8:00 HL (Figura 3a), es evidente la tendencia al giro ciclónico en la nubosidad. Frente a la costa de Lima, se presenta una formación nubosa en forma de “coma (,)”, la cual gira en sentido horario. Este giro, ayuda a desplazar la nubosidad sobre la costa hacia el oeste y suroeste, es decir, hacia el mar. Es así que hacia las 11:00 HL (Figura 3a-d), la región este de Lima Metropolitana se encontraba con cielo despejado; y luego de 2 horas también se despejó el cielo en Lima oeste (Figura 3f). Finalmente, a partir del mediodía, no solo se despejó la costa de Lima, sino también la costa de Ica.



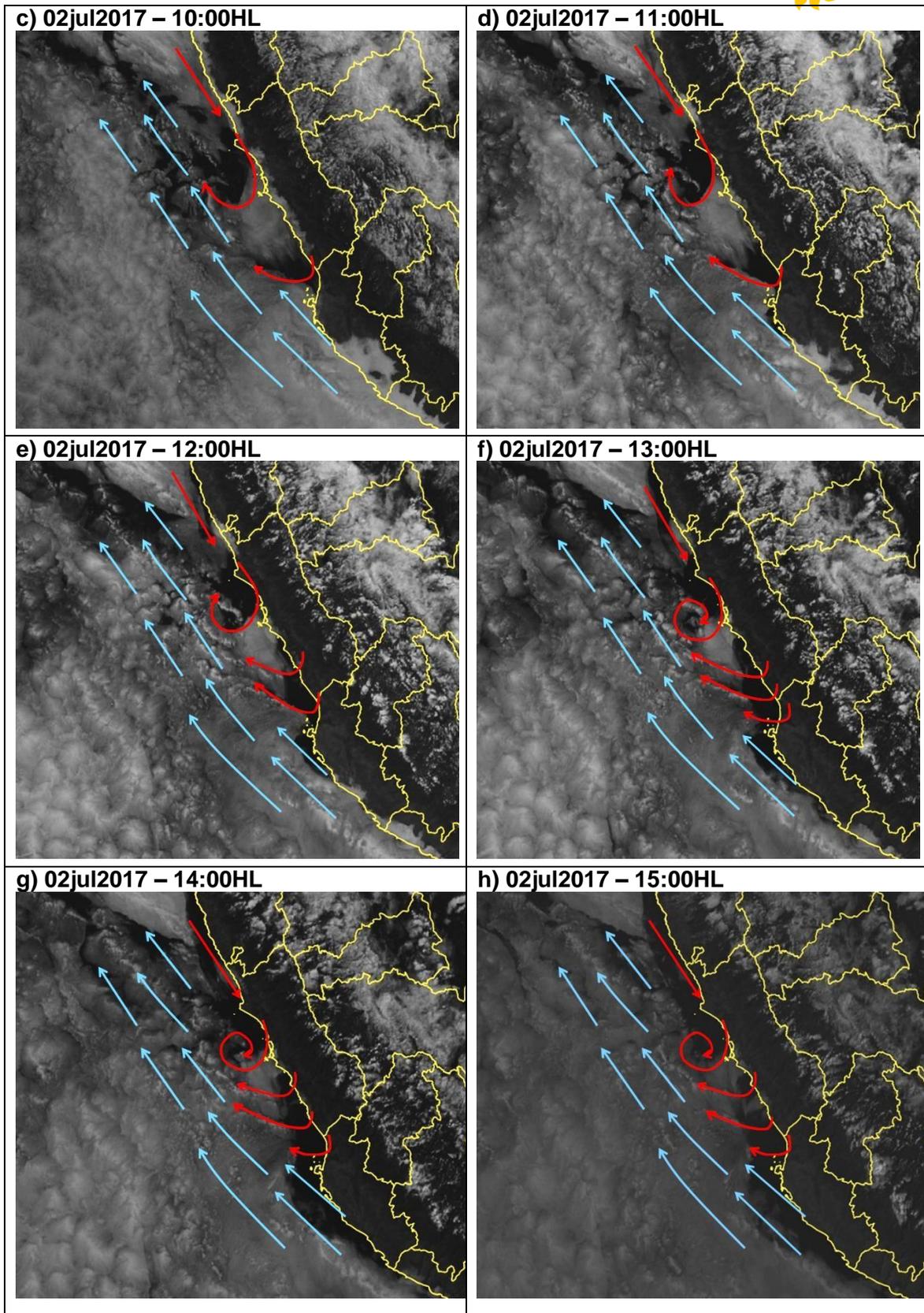


Figura 3.- Evolución horaria de un Evento Fuerte (EF) de VCNB durante el 02 de julio de 2017.

4.4. Análisis de frecuencia de ocurrencia de los VCNB

La distribución interanual de los 355 VCNB identificados entre el 2011 y 2018 se encuentra representada en la Figura 4 y en la Tabla 1.

Se observa que, en los últimos años, se registró un aumento en la tendencia de VCNB (Figura 4), alcanzando un pico en el año 2017 con 68 casos registrados. Adicionalmente, los Eventos Ligeros (EL) son los más frecuentes, llegando a ser casi el 50% de los eventos en el año 2017. Por otro lado, los Eventos Moderados (EM), fueron mayores a los EL en los años 2012 y 2018. En este último llegaron a representar casi el 50% de los eventos del 2018. Para finalizar, los Eventos Fuertes (EF) son poco frecuentes, registrándose menos de 10 eventos al año. Sin embargo, la frecuencia de los EF se incrementó del 2014 al 2018.

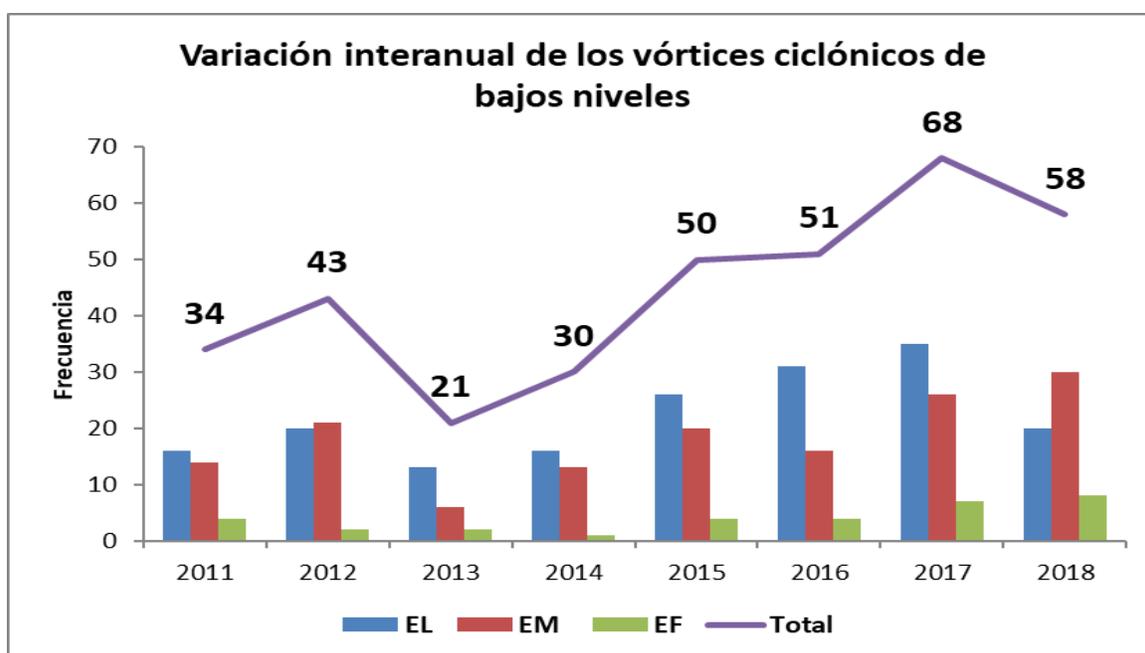


Figura 4.- Variación interanual de los vórtices ciclónicos de bajos niveles. EL: Eventos Ligeros, EM: Eventos Moderados, EF: Eventos Fuertes.

Tabla 1: Número de VCNB identificados entre el 2011 y 2018. EL: Eventos Ligeros, EM: Eventos Moderados, EF: Eventos Fuertes.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Prom	Total
TOTAL	34	43	21	30	50	51	68	58	44	355
EL	16	20	13	16	26	31	35	20	22	177
EM	14	21	6	13	20	16	26	30	18	146
EF	4	2	2	1	4	4	7	8	4	32

Con respecto a la variación mensual de los VCNB (Figura 5), se puede verificar que estos son casi inexistentes en los primeros meses del año, correspondientes a la estación de verano. Esto se puede deber a que, en esta temporada, la nubosidad estrato es muy escasa, y esta es clave para su identificación, ya que al ser un fenómeno de mesoescala, este no es representado por los modelos numéricos de escala sinóptica, y, por lo tanto, su identificación mediante reanálisis se torna complicada. Por el contrario, en los meses de otoño, invierno y primavera, se cuenta con un número significativo de casos por mes. Durante el invierno, es cuando se presenta con mayor frecuencia, principalmente en los meses de julio, agosto y setiembre, con valores entre 6 a 7 casos por mes. A medida que nos acercamos al verano, la tendencia de número de casos desciende, es por ello que, hacia diciembre, solo se cuenta con 3 casos por mes.

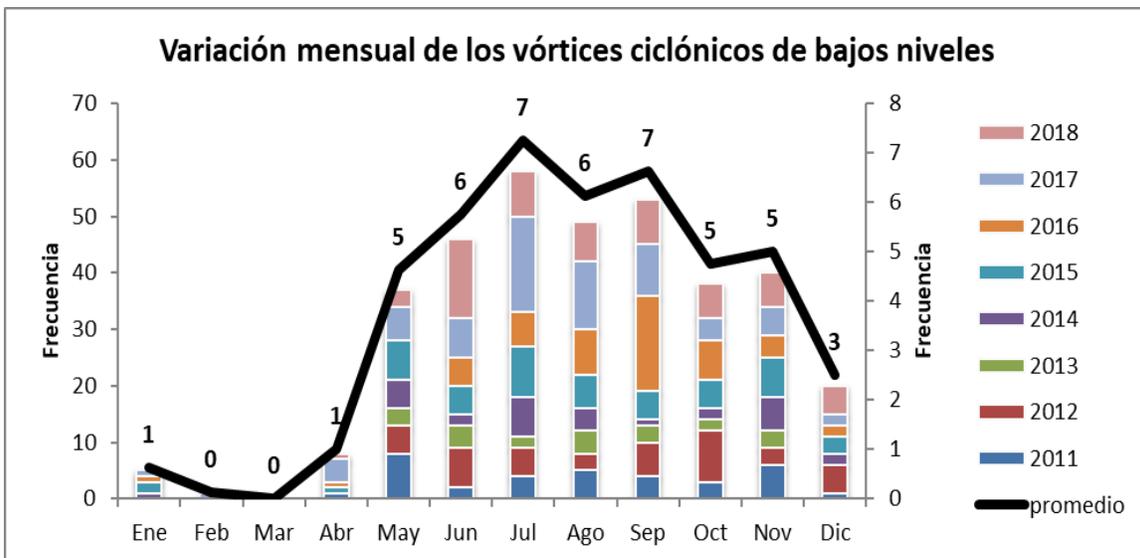


Figura 5.- Variación mensual de los vórtices ciclónicos de bajos niveles. Período 2011 – 2018.

5. CONCLUSIONES

- 5.1. Los VCNB se presentan principalmente durante horas de la mañana y tarde.
- 5.2. A nivel interanual, se registra una tendencia positiva en el número de casos de VCNB desde el 2011 al 2018. El 2017 fue el año con mayor número de casos, con un total de 68.
- 5.3. En general, los eventos más frecuentes son los EL, sin embargo, en algunos años como en el 2012 y 2018 se registró un mayor número de EM.
- 5.4. A nivel mensual, los VCNB son casi inexistentes durante el verano (enero - marzo). Sin embargo, en el resto del año se registra entre 6 a 7 casos durante el invierno, y entre 5 a 3 casos en el otoño y primavera.

6. RECOMENDACIONES

Debido a que la identificación y clasificación de los eventos de VCNB está realizada solo con la observación de la nubosidad asociada, esta puede llegar a generar errores asociados a la subjetividad, es por ello que se recomienda que en estudio futuros se utilicen técnicas de inteligencia artificial o estimación de vientos por satélite para la identificación objetiva (clasificación) del VCNB.

Asimismo, se recomienda utilizar el modelamiento numérico de mayor resolución, el cual identifica de manera más precisa el afloramiento de las aguas costeras en Perú y Chile, y por ende, representa mejor el enfriamiento de la TSM y la formación de estratos (Zheng et al., 2011).

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- 7.1. Allasi, F. 2002. Mecanismos físicos de las lluvias sobre la ciudad de Lima – Perú. Titulación por examen profesional. Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 10.
- 7.2. Guillén, G. 2018. Identificación espacial de zonas vulnerables ante lluvias extremas en lima metropolitana y el callao, a partir de los impactos reportados por la inusual lluvia del 15 de enero de 1970 y otros eventos. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 7.3. Ma, C., Mechoso, C. R., Robertson, A. W., & Arakawa, A. 1996. Peruvian Stratus Clouds and the Tropical Pacific Circulation: A Coupled Ocean-Atmosphere GCM Study. *Journal of Climate*, 9(7). 1635-1645. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<1635:PSCATT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<1635:PSCATT>2.0.CO;2)

- 7.4. Orlanski, I., 1975: "A Rational Subdivision of Scales for Atmospheric Processes", Bull. Amer. Meteorol. Soc., Vol. 56, pp. 527-530.
- 7.5. Rivas, P. 2019. Identificación de patrones de circulación característicos en la formación de precipitación en lima metropolitana y callao durante 1980 – 1995. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 7.6. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. 2020. Climas del Perú. Mapa de Clasificación Climática Nacional. Resumen Ejecutivo. <https://cutt.ly/dlaYHIX>
- 7.7. Zheng, Y., Shinoda, T., Lin, J., & Kiladis, G. N. 2011. Sea Surface Temperature Biases under the Stratus Cloud Deck in the Southeast Pacific Ocean in 19 IPCC AR4 Coupled General Circulation Models. Journal of Climate, 24(15), 4139-4164. DOI: <https://doi.org/10.1175/2011JCLI4172.1>