

NOTA TÉCNICA

IDENTIFICACIÓN DE DEPRESIONES AISLADAS
EN NIVELES ALTOS (DANA) Y SUS EFECTOS
EN EL PERÚ



BICENTENARIO
PERÚ
2024

Octubre 2024

Resumen

Las DANA o bajas segregadas son sistemas atmosféricos que afectan las condiciones de tiempo en diversas regiones del planeta. En Sudamérica, las DANA suelen formarse frente a la costa hiperárida chilena, en promedio alrededor de los 30° S, logrando extender su influencia hasta el sur y centro de Perú. En los Andes peruanos, suelen ocasionar lluvias, descargas eléctricas, granizadas, nevadas, entre otros fenómenos; incluso, puede llegar a afectar a la región costera. El análisis que conlleva a la detección de estos eventos y a la de sus impactos es variado y se sujeta a la evaluación particular del pronosticador. Por ello, la presente nota técnica tiene por objetivo definir los criterios para la identificación de las DANA capaces de generar impactos y cambios significativos en el tiempo del Perú, y que por tanto conduzcan a la emisión de notas de prensa y/o avisos oportunos por peligros meteorológicos asociados a estos sistemas.

En el documento se presenta una revisión bibliográfica de las DANA, incluyendo su estructura, etapas de formación y climatología en la región sudamericana. Además, se incluye un caso de estudio y las emergencias en Perú asociadas a estos sistemas. Finalmente, se establecen los criterios sinópticos definidos por la Subdirección de Predicción Meteorológica, que se usarán para la detección temprana de las DANA; así como, el diagrama de flujo a seguir para la emisión oportuna de notas de prensa y/o avisos meteorológicos asociados.

Introducción

En el Perú, la sierra presenta un régimen de precipitación anual, distinguiéndose una estación húmeda o lluviosa y una seca (Kaser, 2001; régimen pluviométrico Rau y Condom, 2010; Senamhi 2021b). Durante el año, estas estaciones se extienden, aproximadamente, de setiembre a abril y de mayo a agosto, respectivamente; no obstante, el inicio, fin y duración de la estación lluviosa presenta una marcada variabilidad espacial y temporal (Ita, 2020). Gran parte de las precipitaciones se concentra durante la estación lluviosa, con el 85.6 % del total anual (Senamhi, 2021b); mientras que, durante la estación seca la precipitación solo representa el 14.4 % del total anual; en este periodo la zona altoandina suele presentar precipitaciones en menor cuantía y principalmente sólidas (Quispe, 2017; Senamhi, 2021a).

Durante la estación lluviosa, diversos sistemas atmosféricos contribuyen a la generación de precipitaciones en el país, principalmente la Alta de Bolivia, los anticiclones del Atlántico Norte y Sur, que modulan los vientos alisios, y la corriente en chorro de bajos niveles al este de los Andes tropicales (Garreaud, 2009; Senamhi, 2021b); mientras que, durante la estación seca, las vaguadas en altura y las DANA son responsables de la ocurrencia de precipitaciones, en muchos casos sólidas (Quispe, 2017; Senamhi, 2021a y 2021b). Cabe indicar que, la presencia de la cordillera de los Andes modifica las circulaciones atmosféricas sobre Sudamérica, incluyendo a las DANA, y es responsable del contraste climático entre la vertiente occidental y oriental de los Andes (Garreaud et al., 2009), influenciando a su vez, el régimen de precipitación en la región (Senamhi, 2021b).

La presencia de una DANA en el Pacífico suroriental, en conjunto con la humedad atmosférica proveniente desde la Amazonía en niveles medios de la tropósfera, propicia la ocurrencia de precipitaciones (lluvia, granizo, aguanieve y nieve) acompañadas usualmente de descargas eléctricas y ráfagas de viento en la sierra centro y sur del Perú. Las nevadas son el principal fenómeno meteorológico asociado a estos sistemas en las regiones altoandinas del país (Quispe y Avalos, 2006; Quispe et al., 2021), las que afectan principalmente a las pasturas naturales, ganadería y la salud de la población (INDECI, 2004). Además, el incremento de la cobertura nubosa, y el alto albedo de la nieve fresca, asociado a las nevadas, evita el aumento de la temperatura del aire durante el día, incrementando la sensación de frío.

Adicionalmente, y dependiendo de la dinámica e inestabilidad de las DANA, estos eventos pueden producir episodios muy localizados de precipitaciones, descargas eléctricas y/o vientos intensos en la costa sur y centro del país. Ejemplo de esto, es la lluvia extrema sobre los valles costeros del río Rímac (Lima) ocurrida el 5 de abril del 2012, donde se registró 33 mm de lluvia en dos horas, superando la media anual de 8.4 mm, y propició movimientos en masa en la zona de Chosica, Ricardo Palma y Chaclacayo; afectando viviendas y bloqueando vías, calles y avenidas (Guadalupe, 2012; Quispe et al., 2021). Otro ejemplo es el evento de las precipitaciones intensas que generaron inundaciones en el desierto de Atacama en Chile entre el 24 y el 26 de marzo de 2015, cuando una baja segregada se desarrolló frente a la costa del norte de Chile (Bozkurt et al. 2016). No obstante, para ambos eventos fue necesaria la presencia de otros factores, entre ellos, anomalías cálidas de la temperatura superficial del mar.

Las DANA también pueden generar eventos anómalos en el Perú, como la caída de granizo pequeño en la región costera de Chincha (Ica) suscitado el 20 de julio de 2018, que tuvo influencia de la DANA Cristina (Senamhi, 2018); o las descargas eléctricas, relámpagos y truenos, seguidos de lluvia en varios distritos de Lima y Callao el 24 de mayo de 2021, propiciado por la DANA Tania (SENAMHI 2021c). Otros efectos observados en la costa durante el periodo de influencia de las DANA son el incremento de viento, levantamiento de polvo e incremento súbito de las temperaturas diurnas, principalmente, en la costa sur y centro del país, como lo ocurrido el 28 de junio del 2016 en las ciudades de Ilo y Tacna (Senamhi, 2016).

La importancia de la identificación de las DANA radica en el impacto socioeconómico en diversos sectores como la ganadería, agricultura, salud, transporte, entre otros, debido a los fenómenos meteorológicos de tiempo severo que suelen generarse bajo la presencia de esos sistemas, como las precipitaciones intensas en zonas altoandinas. Además, es importante considerar que los impactos están relacionados también con la intensidad del sistema; así como, con la vulnerabilidad y exposición de la población.

En ese sentido, la presente nota técnica establece los criterios para identificar de manera operacional las DANA que puedan afectar al territorio peruano, generando condiciones de tiempo severo o cambios de tiempo significativo, lo que conllevará a la emisión de una nota de prensa (con la nomenclatura de la DANA) y/o avisos meteorológicos por peligros asociados a este sistema con la finalidad de salvaguardar el bienestar de la población y de sus medios de vida.

Definición, estructura y ciclo de vida

Definición

La Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) también llamada “Cut Off Low” (COL, por sus siglas en inglés), “baja segregada” o “gota fría” es un sistema atmosférico de circulación ciclónica cerrada y aislada de su fuente original (una circulación polar o subtropical), por procesos de estrangulamiento de la Corriente en Chorro o Jet Stream. Las DANA poseen un núcleo frío, y se originan y evolucionan en niveles medios y altos de la tropósfera extendiéndose, en algunas ocasiones, hasta niveles bajos de la misma (Quispe, 2009).

Generalmente, este sistema inicia cuando una vaguada, asociada a una onda Rossby, se profundiza en alta tropósfera y sufre un proceso de estrangulamiento y aislamiento por la intensificación de la Corriente en Chorro, la cuál segrega al sistema, aislando al aire frío y cerrando la circulación de vientos (Muñoz et al. 2020). En Sudamérica, esta circulación ciclónica tiende a moverse hacia el este, en dirección al continente, viéndose perturbado por la presencia de la cordillera de los Andes (**Figura 1**). Las DANA tienen tiempos cortos de vida, alrededor de dos a tres días, desintegrándose por procesos de calentamiento adiabático (liberación de calor latente durante la convección) y secundariamente por procesos friccionales (Hoskins et al., 1985). Tienen a adquirir un desplazamiento que, en general, se ajusta al modelo de la circulación general de la atmósfera, en donde los sistemas que se forman al sur de 30° S se tienden a mover hacia el este; mientras que,

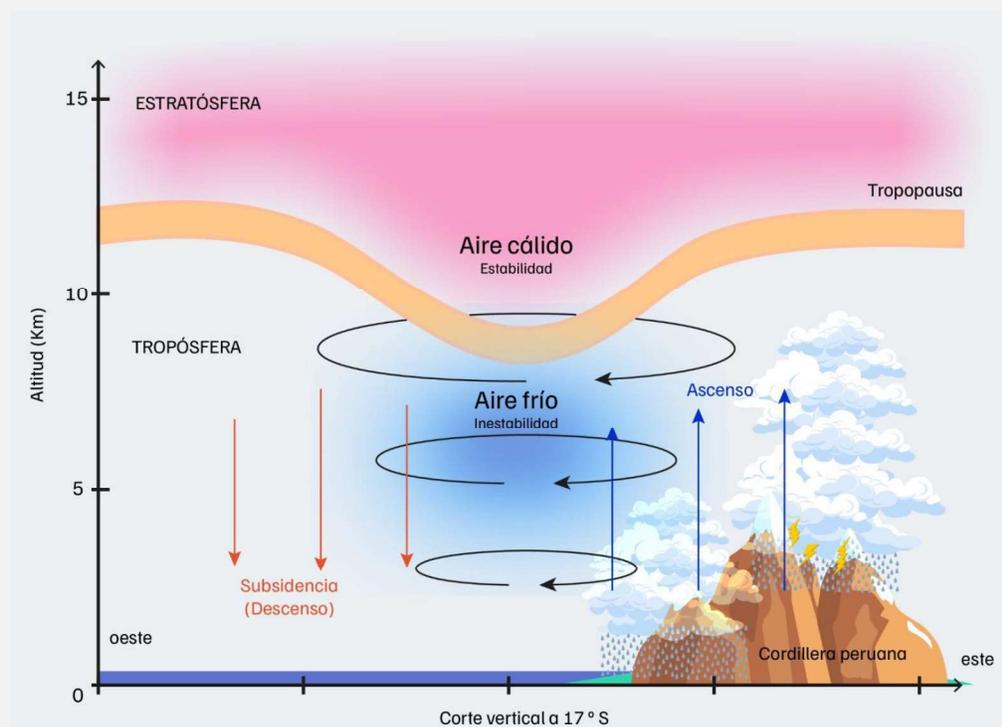


Figura 1. Esquema tridimensional de una DANA en el Pacífico Suroriental. Adaptado de Barahona (2016).

los que se generan en latitudes tropicales se tienden a mover hacia el oeste (Favre et al., 2012; Sakamoto & Takahashi, 2005). Las DANA llevan consigo gran inestabilidad atmosférica y puede generar, bajo condiciones húmedas, abundante nubosidad y precipitaciones. Las áreas más favorables para la generación de precipitaciones son el borde delantero y el centro del sistema (Delgado et al., 2007; Nieto et al., 2005).

En general, la precipitación asociada en estos sistemas está estrechamente ligada a la disponibilidad de vapor de agua en las capas bajas y medias de la tropósfera y a la temperatura en superficie (Kentarchos & Davis, 1998; Llasat et al., 2007; Zhao & Sun, 2007; Hu et al., 2010). La topografía de la zona sobre la cual las DANA se desplazan también contribuye al grado de inestabilidad convectiva, pudiendo generar eventos extremos. Además, las DANA propician la caída de la tropopausa generando una mezcla entre los gases estratosféricos y troposféricos, asociado a episodios de contaminación atmosférica por el ingreso de ozono estratosférico hacia la tropósfera (Rondanelli et al, 2002).

Estructura

Las DANA presentan una estructura vertical similar al de las vaguadas, ya que tienen su origen en estas, por lo tanto, las propiedades físicas y termodinámicas son similares. Las DANA se caracterizan por la reducción de espesores de la columna vertical por el efecto del aire frío en la estructura troposférica, además, la vorticidad negativa aumenta con la altura, sinónimo de un sistema de estructura fría (Quispe, 2009).

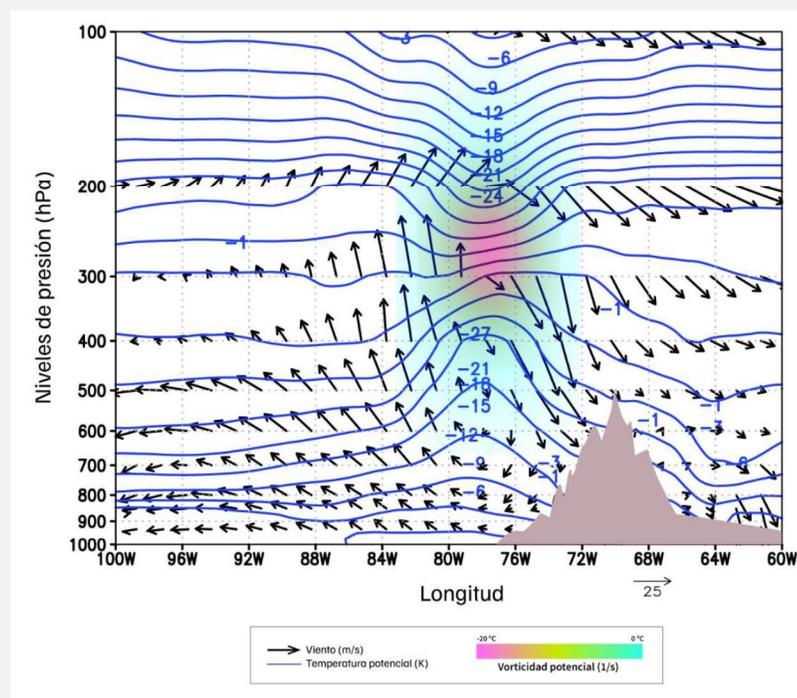


Figura 2. Estructura vertical de una DANA

El corte longitudinal (**Figura 2**) muestra la disminución de la temperatura potencial (líneas sólidas) hacia el centro del sistema desde niveles altos de la tropósfera, extendiéndose inclusive, hasta niveles más bajos, exhibiendo una forma de campana. Mientras que, sobre la tropósfera se observa lo contrario, el incremento de la temperatura potencial asociado a la intrusión de aire estratosférico cálido. Asimismo, la vorticidad potencial (escala de colores) indica la extensión vertical del núcleo de sistema. Finalmente, se observa movimiento horizontal ciclónico (vectores) del sistema.

Ciclo de vida de las DANA

El ciclo de vida de este sistema puede dividirse en cuatro etapas (**Figura 3**), las cuales son: etapa de iniciación, etapa de segregación, etapa de maduración y etapa de disipación (Delgado et al., 2007; Nieto et al., 2005; Cristian Muñoz y David M. Schultz, 2021).

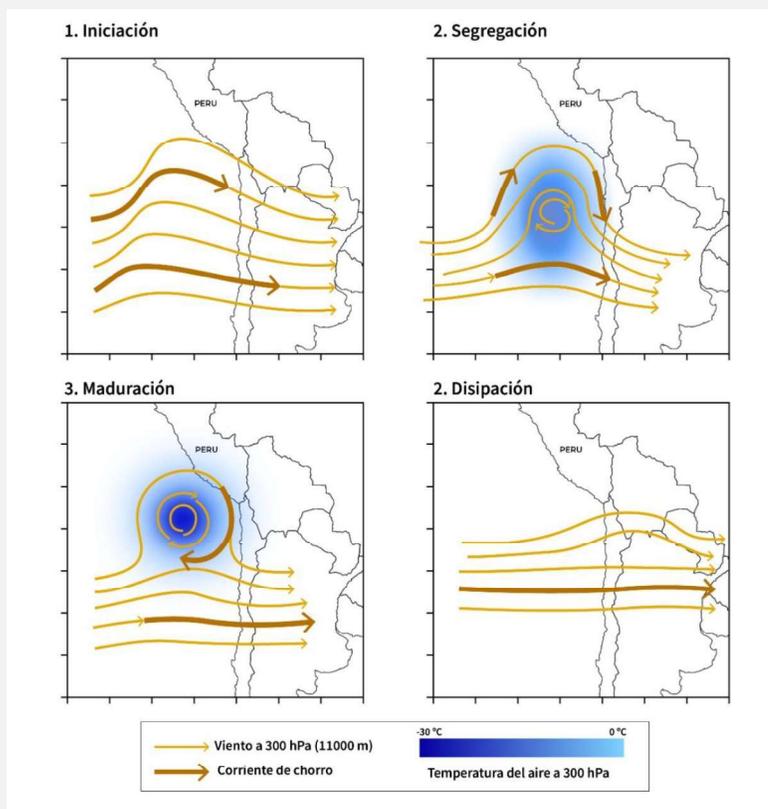


Figura 3. Etapas del ciclo de una DANA (esquema adaptado para el hemisferio sur)

- Iniciación (vaguada en el nivel superior):** La DANA se forma como parte de una onda potencialmente inestable, donde el campo de bajas temperatura se encuentra detrás del de geopotencial, dando lugar a una importante advección de aire frío. En este estado la onda suele amplificarse y en algunos casos disminuir su longitud de onda, lo que es observado a través de los campos de temperatura y geopotencial.

- **Segregación:** La onda continúa amplificándose, mientras la vaguada se profundiza a medida que empieza a separarse del flujo meridional. El aire frío (cálido) proveniente del sur (norte) es advechado en dirección contraria, como consecuencia de este proceso se desarrolla una baja fría en niveles altos y/o medios de la tropósfera.
- **Maduración:** Se alcanza una completa segregación del sistema en altura, mostrando una circulación ciclónica cerrada, así como un núcleo frío. El campo de viento a 200 y 500 hPa, e incluso a 1000 hPa, exhibe una circulación cerrada bien definida. Asimismo, la velocidad y desplazamiento de la DANA se torna lento, incluso retrógrado, por la deriva que experimenta la circulación hacia latitudes más bajas.
- **Disipación:** La DANA se une al flujo medio zonal a medida que empieza a debilitarse debido a procesos convectivos y/o a la fricción generada por su interacción con los Andes; además, la DANA también puede ser absorbida por el flujo de viento al ser alcanzada por una vaguada intensa, profunda y de rápido desplazamiento.

Climatología de las DANA en el Pacífico Suroriental

La climatología de las DANA en el Pacífico Suroriental fue determinada en el área comprendida entre las longitudes de 120° W a 50° W, y las latitudes de 40° S a la línea ecuatorial. Asimismo, se utilizaron datos del reanálisis ERA5 (Hersbach et al. 2023) de 1° de resolución espacial, 38 niveles isobáricos y 3 horas de resolución temporal, en el periodo de 1991 a 2020.

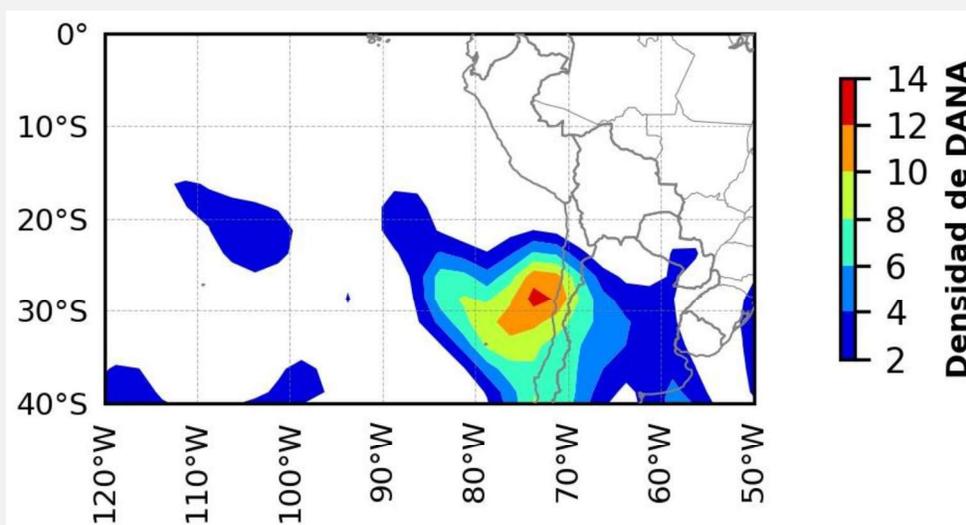


Figura 4. Densidad de DANA en el Pacífico suroriental entre 1991 y 2020

El primer criterio para la identificación de las DANA fue detectar contornos cerrados de altura geopotencial (trazadas cada 30 mgp) en las superficies de 400 y 500 hPa, de forma simultánea. Aunque los primeros estudios que describen estos eventos emplean solo el nivel de 500 hPa (Fuenzalida et al. 2005; Favre et al. 2012), se consideró un nivel adicional, 400 hPa, dada la extensión vertical de este sistema (Garreaud y Fuenzalida, 2007). El segundo criterio fue la detección de un área superpuesta a la anterior, con valores de vorticidad potencial menores o iguales a -1.6 PVU (unidades de vorticidad potencial) calculada en 300 hPa, adaptando el criterio establecido por Hernández Carrascal (1996) y considerando los umbrales definidos por Quispe (2009). El tercer criterio implica contar con al menos 16 grillas donde se cumplan los dos criterios antes mencionados, esto implica que el área del sistema es cercana a lo impuesto por Muñoz (2020) y Barahona (2016), donde mencionan que el criterio mínimo está asociado a 3 puntos de grilla, donde cada grilla representa 2.5°. El último criterio considera una duración mínima de 24 horas en la que los criterios anteriores se cumplan ininterrumpidamente, considerando que, si existiera un contorno cerrado a 850 hPa, este no haya persistido más de 18 horas.

La distribución espacial de la DANA durante el período de 1991-2020 (**Figura 4**) refleja que el mayor número de DANA se presenta frente a la costa norte y centro de Chile. Específicamente, la zona con mayor recurrencia de DANA se encuentra entre los 85° y 70° W y los 35° y 25° S.

A nivel mensual, la mayor cantidad de DANA se presentó en enero (18 sistemas), seguido de marzo (17 sistemas) y octubre (16 sistemas). Mientras que, los meses con menor ocurrencia fueron junio y julio, registrando siete y cinco sistemas, respectivamente (**Figura 5**).

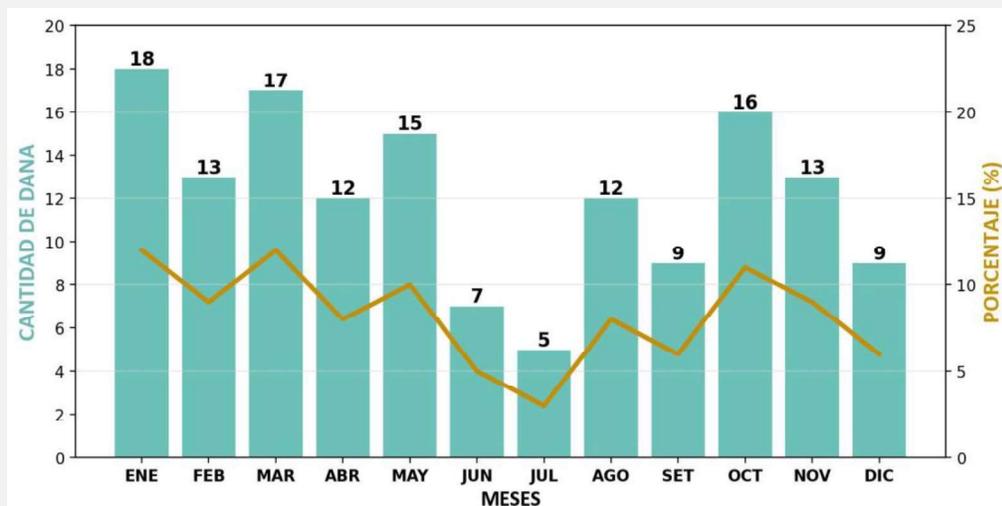


Figura 5. Frecuencia mensual de las DANA en el Pacífico suroriental entre 1991 y 2020 (barras con etiquetas, eje vertical izquierdo), y porcentaje mensual (líneas, eje vertical derecho)

A nivel estacional (**Figura 6**), las DANA son más frecuentes en otoño (trimestre marzo, abril y mayo) totalizando 44 sistemas, lo cual representa el 30 % del total, seguido de verano (trimestre diciembre, enero y febrero) con 40 sistemas (27% del total). Mientras que, la estación de invierno (trimestre junio, julio y agosto) cuando la circulación es predominantemente zonal presenta el menor número de DANA para el periodo analizado, con 24 sistemas (16 % del total). Este comportamiento estacional, si bien no los porcentajes, coinciden con lo descrito por Barahona (2016).

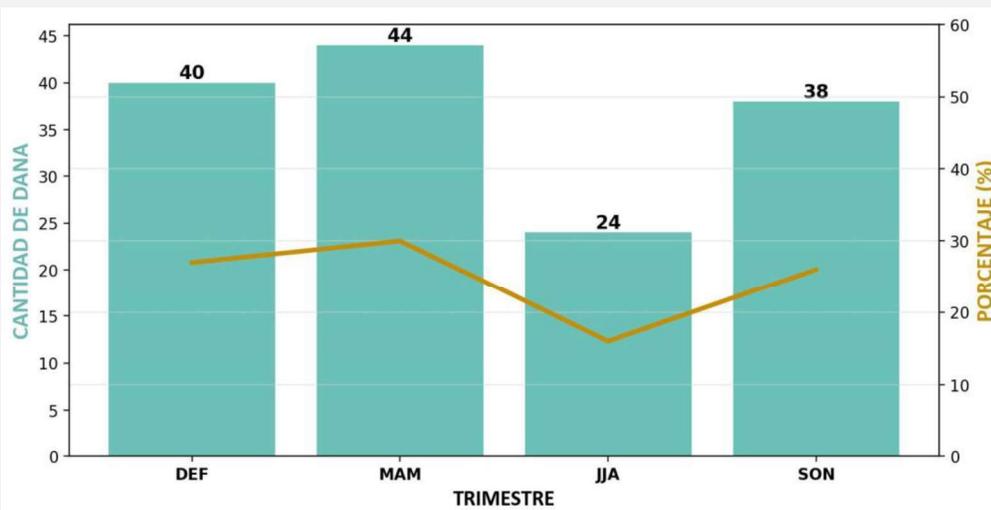


Figura 6. Frecuencia trimestral de las DANA en el Pacífico suroriental entre 1991 y 2020 (barras con etiquetas, eje vertical izquierdo); y porcentaje mensual (líneas, eje vertical derecho). Donde DEF: diciembre, enero febrero. MAM: marzo, abril, mayo. JJA: junio, julio, agosto. SON: setiembre, octubre, noviembre

Investigaciones previas (Reboita, 2010; Pinheiro, 2017; y Muñoz, 2020) coinciden en indicar una alta frecuencia de eventos en el verano para el hemisferio sur; no obstante, se debe considerar que para el presente trabajo, el área de análisis es un sector más acotado al Pacífico suroriental y cuenta con una serie de criterios adicionales, además de analizar un periodo distinto. Pese a ello, estas investigaciones y el presente trabajo concuerdan con la menor frecuencia de DANA en invierno.

Las DANA en el Perú

Las DANA empezaron a nombrarse por el Senamhi en el año 2018 (**Tabla 1** y **Tabla 2**) por la necesidad de tener un adecuado registro de la ocurrencia de estos sistemas e identificación de los fenómenos meteorológicos de tiempo asociados que afectan al país. La denominación de estos sistemas se realizó a propuesta de los pronosticadores del Senamhi, considerando un nombre femenino y otro masculino de forma alternada, con una vigencia de cuatro años. Finalizado el periodo, la lista se renueva, aún si no se ha empleado la totalidad de los nombres.

El criterio para nombrar las DANA incluye el análisis sinóptico y la probabilidad de que la DANA genere algún fenómeno meteorológico que modifique significativamente las condiciones de tiempo, principalmente en la zona altoandina del país. Es así como, entre 2018 y 2021, se identificaron veintiún DANA, y en lo que va del periodo 2022 a 2025, diez (la lista de nombres vigentes hasta el 2025 se encuentra en el **Anexo 1**).

Tabla 1. Lista de DANA y fechas asociadas a la emisión de notas de prensa y/o avisos meteorológicos emitidos por el Senamhi entre 2018 y 2021

N°	Año	Nombre	Días	Mes	Aviso meteorológico y/o nota de prensa
1	2018	Anissa	2-6	Junio	Aviso N° 058
2		Benito	13-15	Julio	Aviso N° 074 Aviso N° 075
3		Cristina	18-21	Julio	Aviso N° 077
4		Diego	7-8	Agosto	Aviso N° 086
5		Elida	24-26	Agosto	Aviso N° 100
6		Félix	3-5	Setiembre	Aviso N° 106
7		Gabriela	7-9	Setiembre	Aviso N° 108
8	2019	Hernán	3-5	Abril	Aviso N° 052
9		Isabel	22-24	Julio	Aviso N° 102
10		José	7-10	Setiembre	Aviso N° 123
11		Kelita	12-16	Octubre	Aviso N° 138
12		Luis	16-19	Octubre	Aviso N° 140
13	2020	Mia	5-8	Mayo	Aviso N° 101
14		Nelson	13-16	Setiembre	Aviso N° 185
15	2021	Olga	24-25	Enero	Aviso N° 014
16		Piero	18-20	Marzo	Aviso N° 054
17		Raquel	3-5	Abril	Aviso N° 069
18		Samuel	11-12	Mayo	Aviso N° 096
19		Tania	23-26	Mayo	Aviso N° 108 Aviso N° 109
20		Ulises	3-5	Junio	Aviso N° 113
21		Vannia	19-20	Julio	Aviso N° 142

Tabla 2. Lista de DANA y fechas asociadas a la emisión de notas de prensa y/o avisos meteorológicos emitidos por el Senamhi entre 2018 y 2021

N°	Año	Nombre	Días	Mes	Aviso meteorológico y/o nota de prensa
1	2022	Aymara	15-16	Marzo	Aviso N° 058 Aviso N° 059
2		Bernardo	7-9	Mayo	Nota de prensa-06 de mayo
3	2023	Carmen	4-6	Febrero	Aviso N° 022
4		David	10-13	Mayo	Aviso N° 106
5		Esther	28-30	Julio	Nota de prensa-26 de julio
6	2024	Fausto	6-8	Febrero	Nota de prensa-4 de febrero
7		Grinia	28-29	Marzo	Nota de prensa-25 de marzo Aviso N°080
8		Héctor	29-30	Junio	Nota de prensa-27 de junio
9		Ivana	20-23	Julio	Nota de prensa-16 de julio Aviso N° 176 Aviso N° 178
10		Julio	24-26		Nota de prensa-21 de julio
11		Kathia	31 agosto – 1 setiembre		Nota de prensa-29 de agosto Aviso N° 237 Aviso N° 239
12		Lorenzo	6-9	octubre	Nota de prensa-3 de octubre Aviso N°289 Aviso N° 290 Aviso N° 291 Aviso N° 292

1

<http://sinpad2.indec.gov.pe/sinpad2/faces/public/portal.html>

Reporte de emergencias asociadas a DANA en el Perú

Usando los reportes del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD v2.0)¹ en el periodo del 2018 al 2023, y considerando un día previo y uno posterior respecto al periodo indicado en la **Tabla 1** y **Tabla 2**, se identificaron nueve tipos de emergencia reportadas en las regiones de costa y sierra para los sectores centro y sur. Entre las emergencias figuran las lluvias intensas, vientos fuertes, granizadas, nevadas, descenso de temperatura, heladas, temporales (viento con lluvia), lloviznas y tempestades eléctricas (**Figura 7**). De estos eventos, las lluvias intensas fueron las más recurrentes con 747 reportes, representando el 42%

del total de emergencias; seguido de las granizadas y vientos fuertes, las cuales representan el 13%; las heladas y el descenso de temperaturas representan el 9%, mientras que, las nevadas, el 8%; el resto de los peligros (temporales, lloviznas y tempestades eléctricas) representan el 4% (Tabla 3).

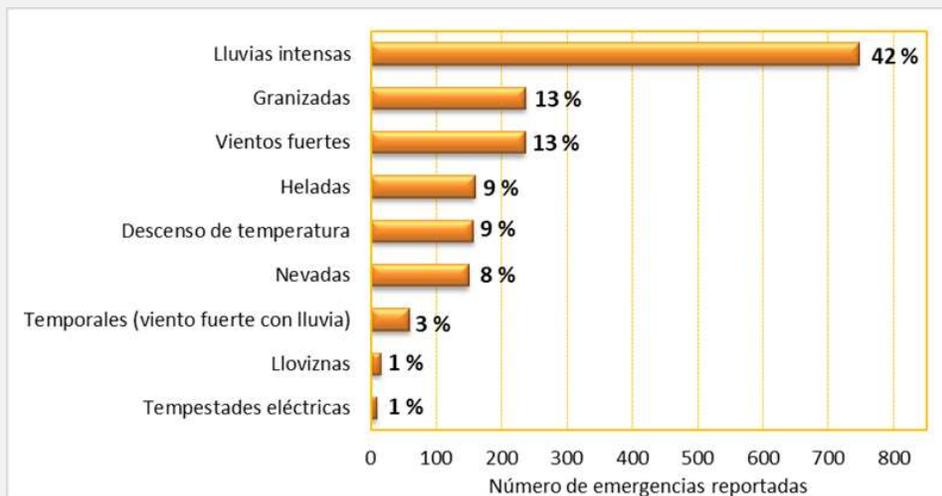


Figura 7. Número y porcentaje de emergencias reportadas en el SINPAD asociados a las DANA entre 2018 y 2023

Además, el reporte del SINPAD muestra que el mayor número de emergencias se registró en la sierra sur, totalizando 1089 reportes (61.6% del total), seguido de la sierra centro con 645 (36.5% del total). En ambas regiones, las emergencias por lluvias son las más recurrentes. Por otro lado, la región costera totaliza 35 reportes de emergencias (2%), en esta región las emergencias más frecuentes son lloviznas, vientos fuertes, descensos de temperatura y temporales (Tabla 3 y Figura 8).

Tabla 3. Número de emergencias reportadas en el SINPAD asociados a las DANA entre 2018 y 2023, por regiones

Emergencia	Costa centro	Costa sur	Sierra centro	Sierra sur	Total
Tempestades eléctricas	0	0	1	8	9
Lloviznas	0	15	0	0	15
Temporales (viento fuerte con lluvia)	2	1	26	30	59
Nevadas	0	0	2	148	150
Descenso de temperatura	0	5	67	85	157
Heladas	0	0	103	56	159
Vientos fuertes	6	6	64	160	236
Granizadas	0	0	51	186	237
Lluvias intensas	0	0	331	416	747
Total	8	27	645	1,089	1,769



Figura 8. Porcentaje de emergencias reportadas en el SINPAD asociadas a las DANA entre 2018 y 2023, en las regiones de la costa y sierra del Perú

Las emergencias asociadas a las DANA, reportadas entre 2018 y 2023, muestran una variación en la cantidad y tipo de emergencia (**Figura 9**). Entre esos años, en el 2020 se reportó únicamente 20 emergencias, lo cual estaría asociado a limitaciones con el registro de emergencias por el confinamiento impuesto durante la pandemia del Covid-19; mientras que, el 2021, reportó el mayor número de emergencias con un total de 502. En promedio anual, sin considerar el 2020, las DANA se asocian a 346 emergencias por año.

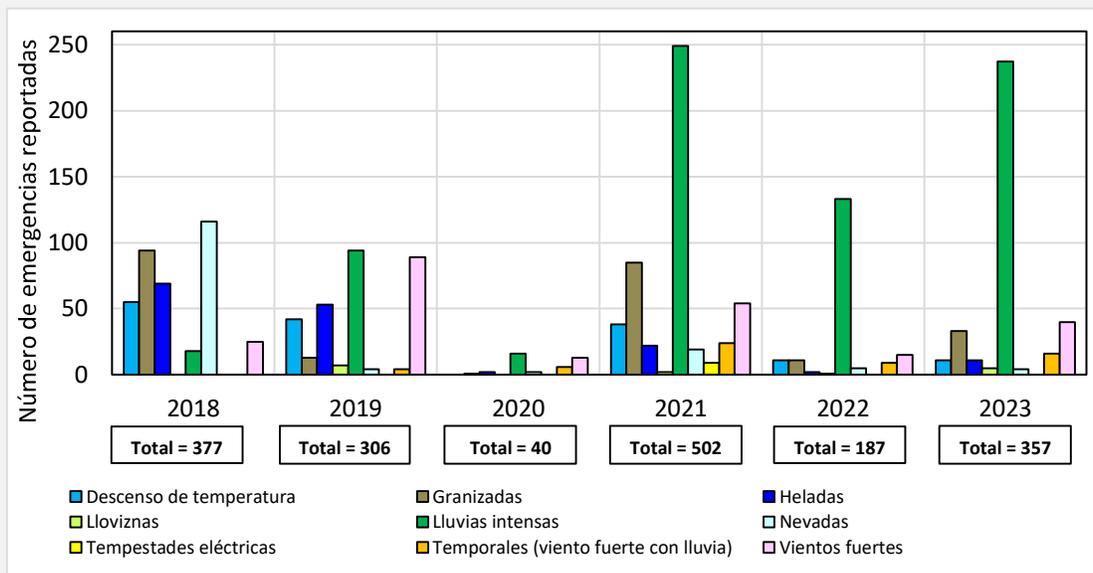


Figura 9. Número y tipo de emergencias reportadas a través del SINPAD entre el 2018 y el 2023. Los recuadros indican el total de emergencias anuales

Ubicación de DANA asociadas a emergencias en el Perú

No todas las DANA que se forman sobre el Pacífico suroriental tienen la capacidad de impactar en las condiciones de tiempo del Perú. De hecho, la cercanía de estos sistemas al territorio juega un papel predominante en cuanto a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos de tiempo severo. Con el propósito de establecer un área clave del desarrollo de las DANA que generen efectos en el tiempo del Perú, se analizaron los eventos descritos en las Tablas 1 y 2, en el periodo del 2018 al 2023. Se utilizó el reanálisis ERA5, con una resolución espacial de 0.25° y resolución temporal de 6 horas. Para ubicar estos sistemas, se identificaron los contornos cerrados de altura geopotencial (gpm) superpuesta a valores de vorticidad potencial por debajo de -1.6 UVP, ambos en el nivel de 300 hPa. El núcleo de las DANA se estableció como el valor más bajo de vorticidad potencial.

La distribución espacial de las 26 DANA analizadas indica que el núcleo de estos sistemas se encuentra comprendido entre los 35° S y los 14° S, y los 96° W y 64° W (**Figura 10a**). Los valores de vorticidad promedio indican que las DANA más intensas suelen formarse frente a la costa norte de Chile, alcanzando en promedio, valores por debajo de -1.0 UVP. Adicionalmente, la mayor densidad de las DANA se encuentra en frente a la costa norte de Chile. No obstante, se aprecia otra zona de densidad considerable, al noroeste de la región de mayor densidad, en los 20° S y 82° W (**Figura 10b**). Las DANA analizadas mostraron desplazamientos variados durante su ciclo de vida (**Figura 10c**). Aunque la mayoría de estos sistemas no se posicionan sobre el territorio peruano, su cercanía puede generar el cambio significativo de las condiciones de tiempo en la sierra y costa del país.

Criterios para la identificación de DANA que influyen el tiempo en el Perú

Teniendo en cuenta la revisión minuciosa de estudios sobre las DANA, el criterio experto de los pronosticadores de la Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM) y los resultados de la sección anterior, la SPM ha establecido criterios sinópticos para detectar oportunamente estos sistemas y emitir notas de prensa y/o avisos oportunos sobre la ocurrencia de fenómenos meteorológicos asociados (**Tabla 4**).

El primer criterio para la identificación de una DANA es detectar contornos cerrados de altura geopotencial (trazadas cada 50 mgp) en al menos uno de los siguientes niveles isobáricos: 300, 400 y 500 hPa, con el fin de determinar la estructura vertical del sistema (Fuenzalida et al. 2005; Garreaud y Fuenzalida, 2007; Favre et al. 2012). Sumado a ello, como segundo criterio se debe detectar un área superpuesta a la anterior, con valores de vorticidad potencial menores o iguales a -1.6 PVU (unidades de vorticidad potencial) calculada para cada nivel isobárico analizado (Hernández Carrascal, 1996; Quispe, 2009). El tercer criterio está vinculado al análisis de la evolución del sistema, el cual debe evidenciar el proceso de estrangulamiento de la DANA por la

Corriente en Chorro, mejor detectado en 300 hPa, y aislamiento del sistema en la etapa de segregación. Luego, según el cuarto criterio, se observa el giro ciclónico en la etapa de maduración. El quinto criterio está directamente vinculado a la generación de alteraciones en el tiempo según el análisis de eventos entre 2018 y 2023 (secciones 6 y 7). Como sexto y último criterio, el sistema debe persistir por lo menos 24 horas; que si bien es menor a lo señalado por otras investigaciones (Fuenzalida et al., 2005; Nieto et al., 2005); sin embargo, coincide con el criterio de Barahona (2016) Reboita (2010), es tiempo suficiente para generar cambios importantes en las condiciones de tiempo del país. Además, debe encontrarse en el área comprendida entre los 35 – 14° S y 96 – 64° W (**Tabla 4**).

Es necesario el cumplimiento de estos criterios para la denominación de una DANA y la emisión de notas de prensa y/o avisos meteorológicos asociados a este sistema. No obstante, el pronosticador puede complementar el análisis mediante cortes transversales de temperatura potencial, viento, vorticidad relativa u otras variables que considere necesarias. La vigencia de las notas de prensa y/o avisos meteorológicos irá acorde al periodo en el cual se cumplan los seis criterios descritos. El tratamiento de los avisos meteorológicos se realizará de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento de Avisos Meteorológicos (Senamhi, 2024). Finalmente, cabe indicar que estos criterios se han establecidos para Perú y están directamente asociados a los cambios significativos de tiempo en el país.

Flujo de trabajo para la emisión de notas de prensa y/o avisos meteorológicos asociados a las DANA en el Perú

El diagrama de flujo (**Figura 11**) describe el proceso para identificar las DANA para la emisión de notas de prensa y/o avisos meteorológicos ante la ocurrencia de estos sistemas.

El primer paso en el diagrama es la evaluación de las condiciones sinópticas descritas en la sección anterior. Como resultado de dicha evaluación se decidirá la emisión de una nota de prensa y/o aviso meteorológico, considerando que se prevé cambios significativos en las condiciones de tiempo de la costa y/o sierra del país.

En los Andes peruanos, los posibles fenómenos meteorológicos desencadenados por la presencia de una DANA en la cercanía del país dependerán del contenido de humedad atmosférica advectada desde la cuenca amazónica. En condiciones húmedas, los fenómenos principales que se pueden presentar son precipitaciones (nevadas, lluvias) y el descenso de la temperatura máxima (diurna); mientras que, en condiciones secas será el incremento de viento y el descenso de la temperatura nocturna (mínima). La evaluación de los pronosticadores determinará la emisión de avisos meteorológicos en base al Procedimiento de Elaboración de Avisos Meteorológicos Versión 2 (SENAMHI, 2024).

Tabla 4. Criterios sinópticos para la detección de las DANA con impactos en el Perú

Criterios	Altura geopotencial (m _g p)	Vorticidad potencial (10 ⁻⁶ Kg ⁻¹ m ⁻² s ⁻¹)	Corriente en Chorro (m _s ⁻¹)	Viento (m _s ⁻¹)	Ubicación del sistema	Duración	Cortes transversales*
<i>Análisis</i>							
200 hPa		≤ -1.6 UVP al menos en un (1) nivel isobárico		Circulación cerrada con giro horario	Considerando los sistemas en el periodo del 2018 al 2023	Persistencia del sistema	Velocidad del viento, temperatura potencial, vorticidad relativa.
300h Pa	x	x	x	x			x
400 hPa	x	x		x		24 horas mínimo en los modelos numéricos operacionales.	x
500 hPa	x	x		x	Dentro del área comprendida entre: 35 – 14° S 96 – 64° W		x
600 hPa							x
700 hPa							x
850 hPa							x
<i>Observación</i>	El sistema puede extenderse en niveles bajos, más no reflejarse en superficie.	Variable asociada a las isohipsas cerradas.					Complementa el análisis de la estructura y extensión vertical del sistema.

*Los cortes transversales complementan el análisis, pero no representan un criterio indispensable para la detección de las DANA.

En la costa peruana, aunque el reporte de emergencias del SINPAD indica que los eventos asociados a las DANA son las lloviznas, vientos fuertes y descenso de temperatura, estos suelen ser localizados y su pronóstico suele darse en escalas de tiempo más cortas. Por esta razón, los posibles efectos en la costa se detallarán en la nota de prensa.

La nota de prensa contendrá un encabezado que detallará el nombre de la DANA, según la lista de nombres vigente, así como las regiones del país afectadas con este sistema y la fecha aproximada de ocurrencia de los fenómenos asociados.

Caso de estudio: DANA ocurrida del 29 de junio al 6 de julio de 2004

Esta DANA afectó al territorio peruano del 29 de junio al 6 de julio del año 2004, siendo uno de los eventos más representativos desde el 2000. Favoreció la ocurrencia de lluvias y nevadas, entre otros eventos meteorológicos, en los Andes del Perú y el altiplano de Perú, Bolivia y Chile.

El desarrollo de la DANA inició el 29 de junio de 2004 con la amplificación de la dorsal y la consecuente profundización de la vaguada (etapa de iniciación); esta última, localizada frente a la costa de Chile, se profundizó en sentido NO-SE (**Figura 12a**). El 30 de junio (**Figura 12b**), el sistema se empezó a separar del flujo meridional (etapa de segregación) migrando lentamente hacia el noreste. El sistema se mantuvo dos días bajo estas condiciones. El 1 de julio (**Figura 12c**), el sistema se aisló completamente del flujo zonal (etapa de maduración) ubicándose frente al codo peruano-chileno con su núcleo posicionado entre 23° S y 80° W. Durante esta etapa, la DANA presentó un desplazamiento lento, alcanzando su ubicación más próxima al Perú el 3 de julio, con su núcleo posicionado entre 20° S y 78° W. A partir de ese día, la DANA empezó a debilitarse y a migrar progresivamente hacia el sureste. Desde el 6 de julio (**Figura 12d**), la DANA empezó a unirse, como parte de la etapa de disipación, con el flujo zonal a medida que sufre los efectos de la fricción en su paso por los Andes del norte de Chile.

La **Figura 13** y **Figura 14** refuerzan el análisis de la formación de la DANA. En la etapa de iniciación, se observó la amplificación de la dorsal que favoreció la profundización de una vaguada ubicada al este de la dorsal, consistente con lo mencionado por Bell y Bosart (1993). Esta vaguada se asoció con bajos valores de vorticidad potencial, inferiores a -1.6 PVU.

Durante la etapa de segregación, se evidenció que la profundización de la vaguada estuvo asociada a una disminución de la altura geopotencial, que se visualizó en la **Figura 10b**. Las isohipsas cerradas son señal de la formación de la DANA e inicio de su segregación. Además, se observó la superposición de la vorticidad potencial con valores por debajo de -1.6PVU.

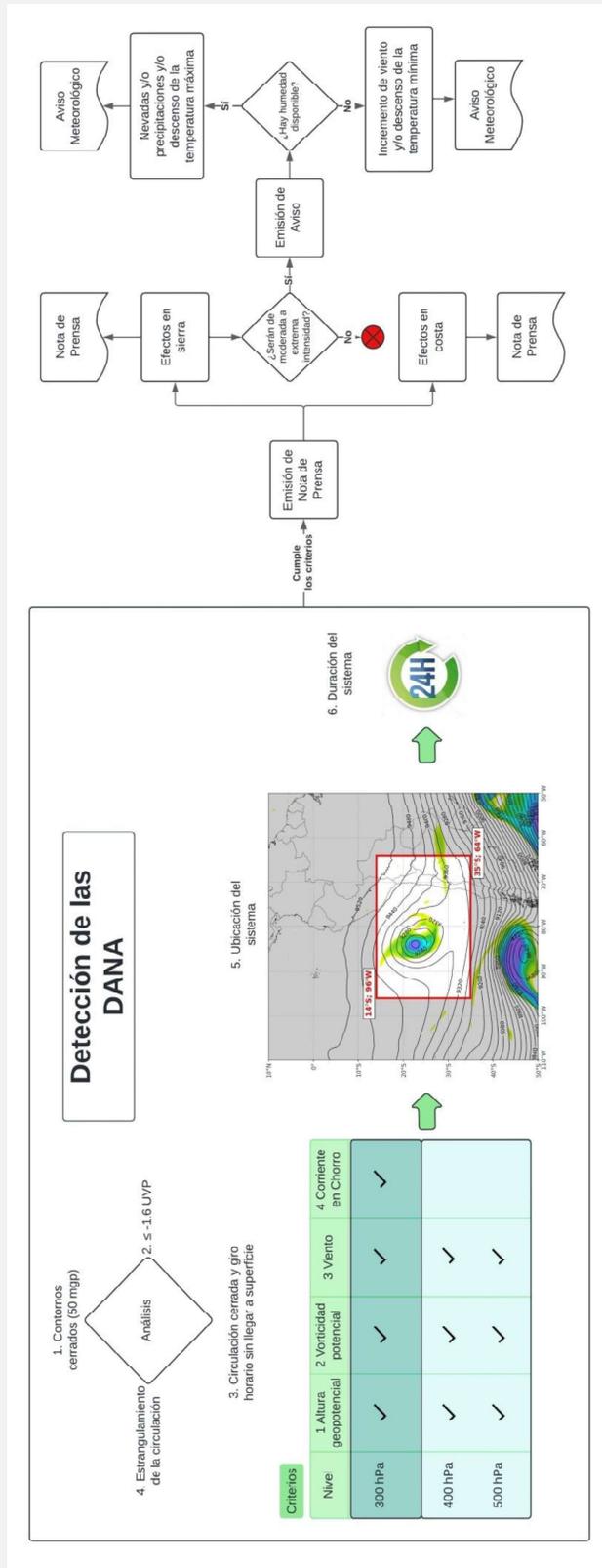


Figura 11. Diagrama de flujo del proceso establecido para la identificación de DANA y la emisión de notas de prensa y/o avisos meteorológicos asociados

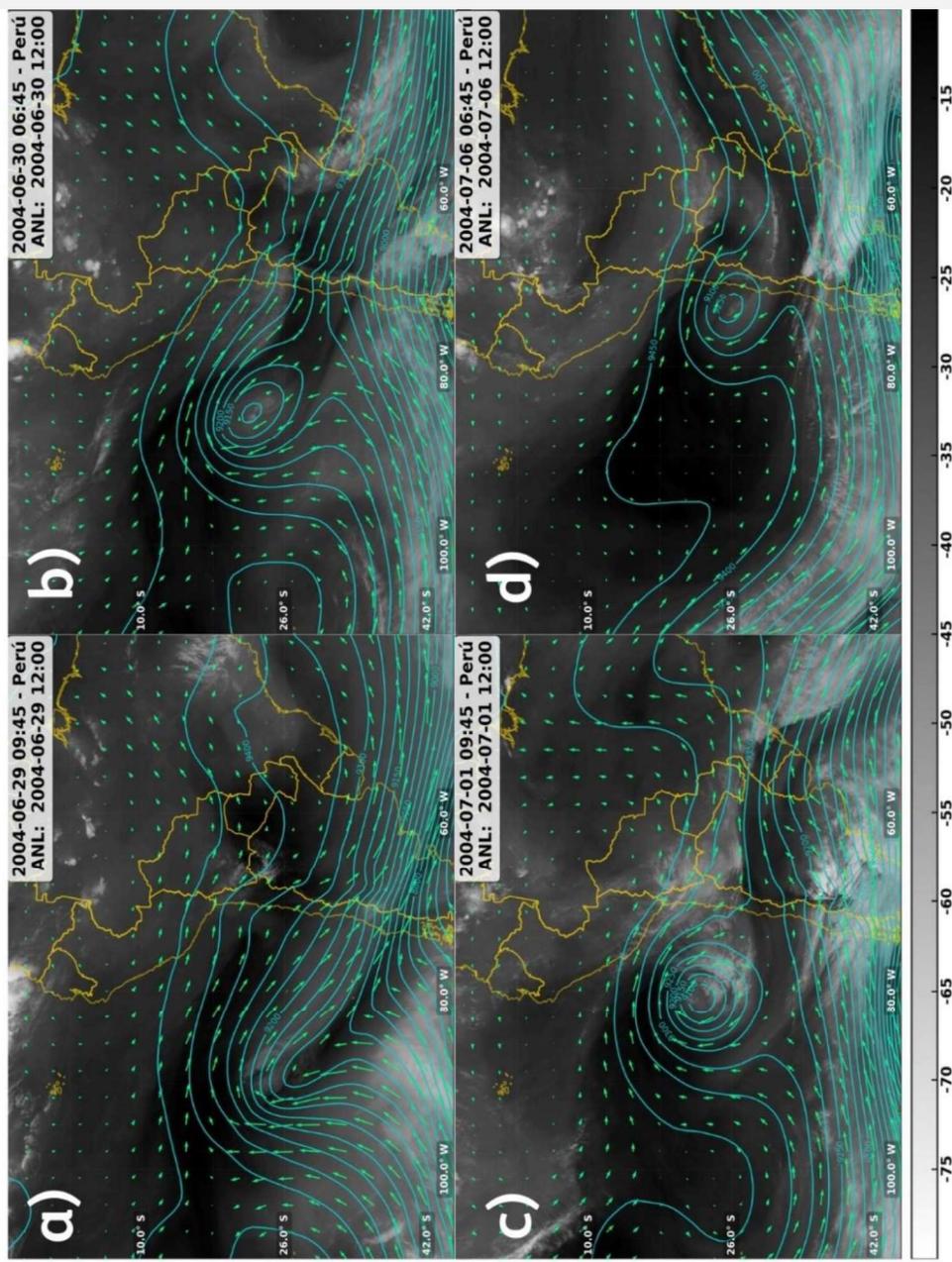


Figura 12. Imagen satelital de vapor de agua del GOES 12 (colores grises); altura geopotencial (m/gp, líneas sólidas turquesas) y viento (m/s, vectores) en 300 hPa del reanálisis ERA5 de los días que marcan el inicio de las etapas del desarrollo de la DANA: a) iniciación, el 29 de junio; b) segregación, el 30 de junio; c) maduración, el 2 de julio y d) disipación, el 06 de julio de 2004

En la etapa de maduración, la DANA se desprendió totalmente del flujo zonal. Observando los vectores de viento se logró visualizar una circulación cerrada con giro horario. Además, la presencia de la Corriente en Chorro se mantuvo, al igual que los valores de la vorticidad potencial por debajo de -1.6 UVP, que se superponen a las isohipsas cerradas. La proximidad de la DANA al suroeste del Perú favoreció la presencia de flujos del noroeste sobre la cordillera sur del Perú, advectando aire frío. Este sistema también facilitó el transporte de aire húmedo y cálido desde la Amazonía. La interacción de ambas masas de aire favorecieron las precipitaciones sólidas en los Andes.

Finalmente, en la etapa de segregación, se observó que el sistema continuó desplazándose hacia el oeste y acercándose a continente, pero debilitándose y perdiendo su configuración.

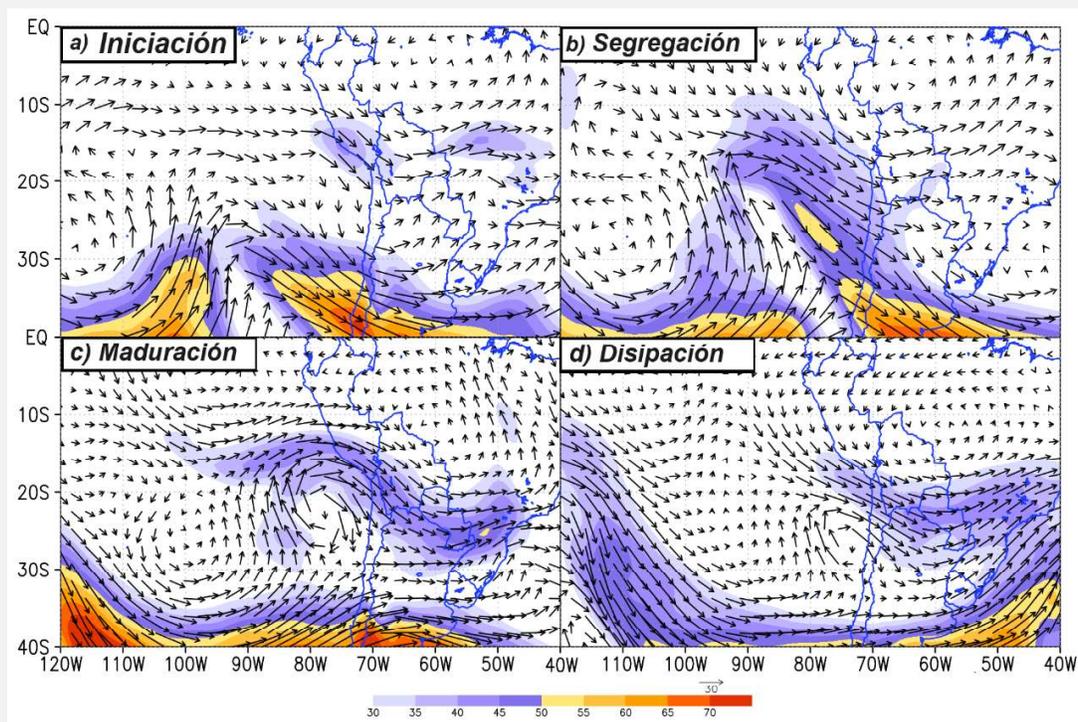


Figura 13. Viento (m/s), vectores) y Corriente en Chorro (m/s, matiz de colores) durante las etapas de a) iniciación, el 29 de junio; b) segregación, el 30 de junio; c) maduración, el 2 de julio y d) disipación, el 06 de julio de 2004 en el nivel de 300 hPa

En la **Figura 15**, el corte latitudinal en los 20° S permitió observar el desplazamiento hacia el este de la vaguada en niveles medios (500 hPa) y altos (200 hPa) de la tropósfera. Además, al oeste del sistema se evidenció la advección fría en niveles medios de la tropósfera, lo que apoyó a su profundización. Al este del sistema, se observó la advección de vorticidad asociada a su avance. En niveles altos, también se logró observar las isohipsas cerradas del 2 al 4 de julio, con su centro en los 82° W y asociado a la etapa de maduración.

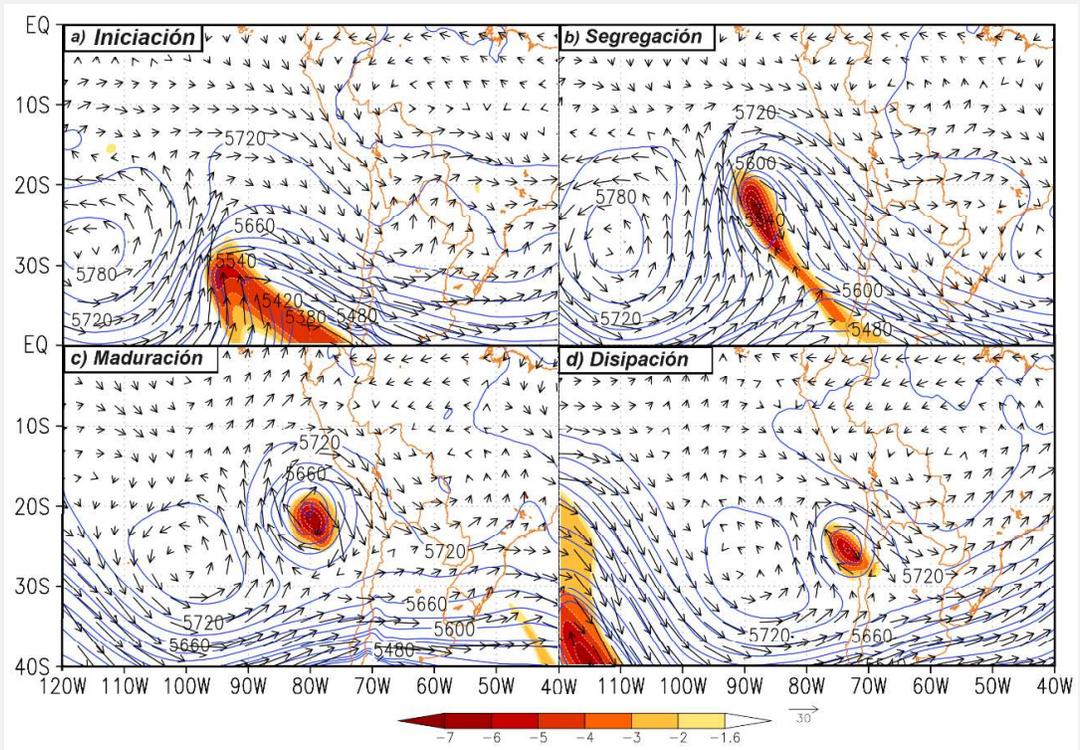


Figura 14. Viento (m/s, vectores) y Corriente en Chorro (m/s, matiz de colores) durante las etapas de a) iniciación, el 29 de junio; b) segregación, el 30 de junio; c) maduración, el 2 de julio y d) disipación, el 06 de julio de 2004 en el nivel de 300 hPa

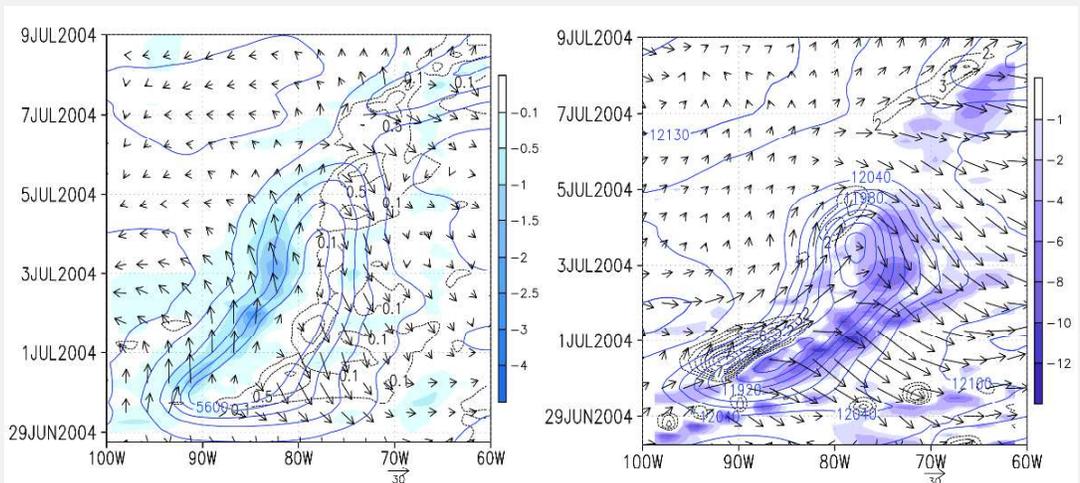


Figura 15. Diagrama de Hovmöller en los 20° S. a) Isohipsas (mgp, líneas sólidas), viento (m/s, vector) y advección de temperatura ($^{\circ}\text{C}/3\text{h}$, matiz de colores) en el nivel de 500 hPa. b) Isohipsas (mgp, líneas sólidas), viento (m/s, vector) y advección de vorticidad (10^{-9}S^{-2} , matiz de colores) en el nivel de 200 hPa

Para un análisis más profundo de una DANA, la **Figura 16** muestra su estructura vertical mediante un corte latitudinal en los 20° S. El eje del sistema se posicionó próximo a los 78° S, con vientos del sur al oeste de la DANA y vientos del norte al este de la misma, reflejando una circulación horaria. Esto, se evidencia también con la vorticidad relativa ciclónica (negativa) en el centro del sistema que se extiende a lo largo de la columna vertical, con su valor mínimo en los 300 hPa.

En altura (300 hPa) se observó una diferencia en el comportamiento de la temperatura potencial. En niveles inferiores, predominó una configuración en forma de campana asociada a la presencia de aire frío. En contraste, en niveles superiores se observó una configuración en forma de valle asociada a la presencia de aire cálido y que también denota la intrusión de aire estratosférico. Además, se identificó la Corriente en Chorro a ambos lados del sistema, con el Jet Streak posicionado en el nivel de 300 hPa.

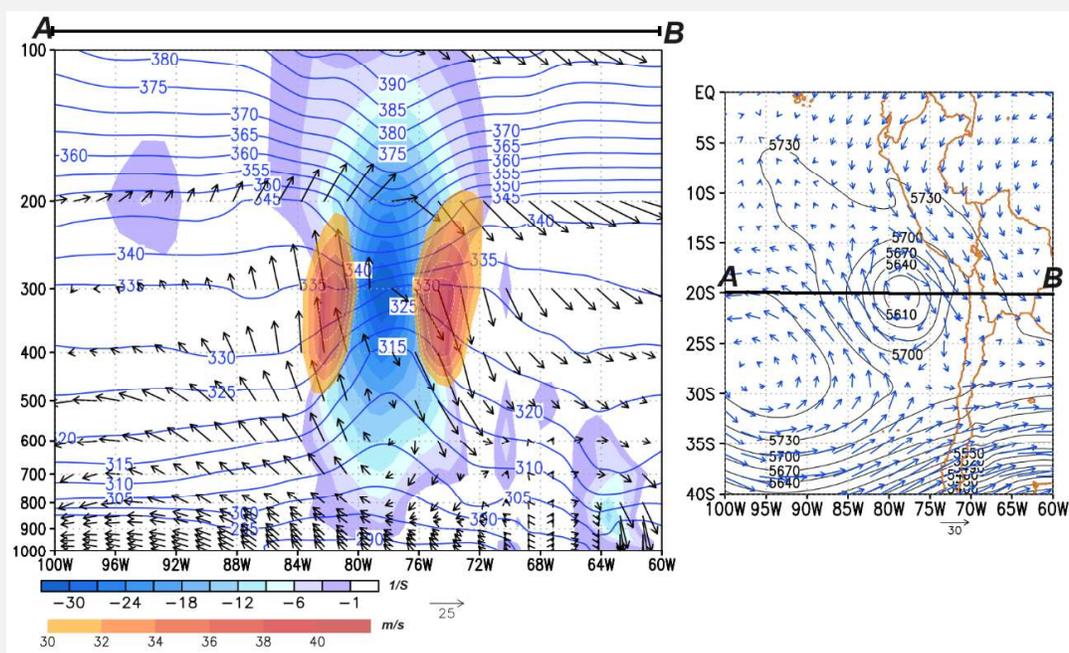


Figura 16. Estructura vertical de la DANA para el 3 de julio. a) viento horizontal (m/s, vector), temperatura potencial (K, líneas azules), Corriente en Chorro (m/s, matiz de colores naranjas) y vorticidad relativa (s-1, matiz de colores lilas a azules). b) altura geopotencial (mgs, líneas negras) y viento horizontal (m/s, vector)

Entre el 3 y 4 de julio, la DANA provocó nevadas intensas en sectores de la sierra central y gran parte de la sierra sur del país (**Figura 17**). Nueve estaciones meteorológicas convencionales de la red del Senamhi, ubicadas sobre los 3500 m s. n. m, reportaron la ocurrencia de este fenómeno. Asociado a ello, la cobertura nubosa se incrementó sobre los Andes del centro y sur del Perú, la cual persistió hasta la mañana del 4 de julio.

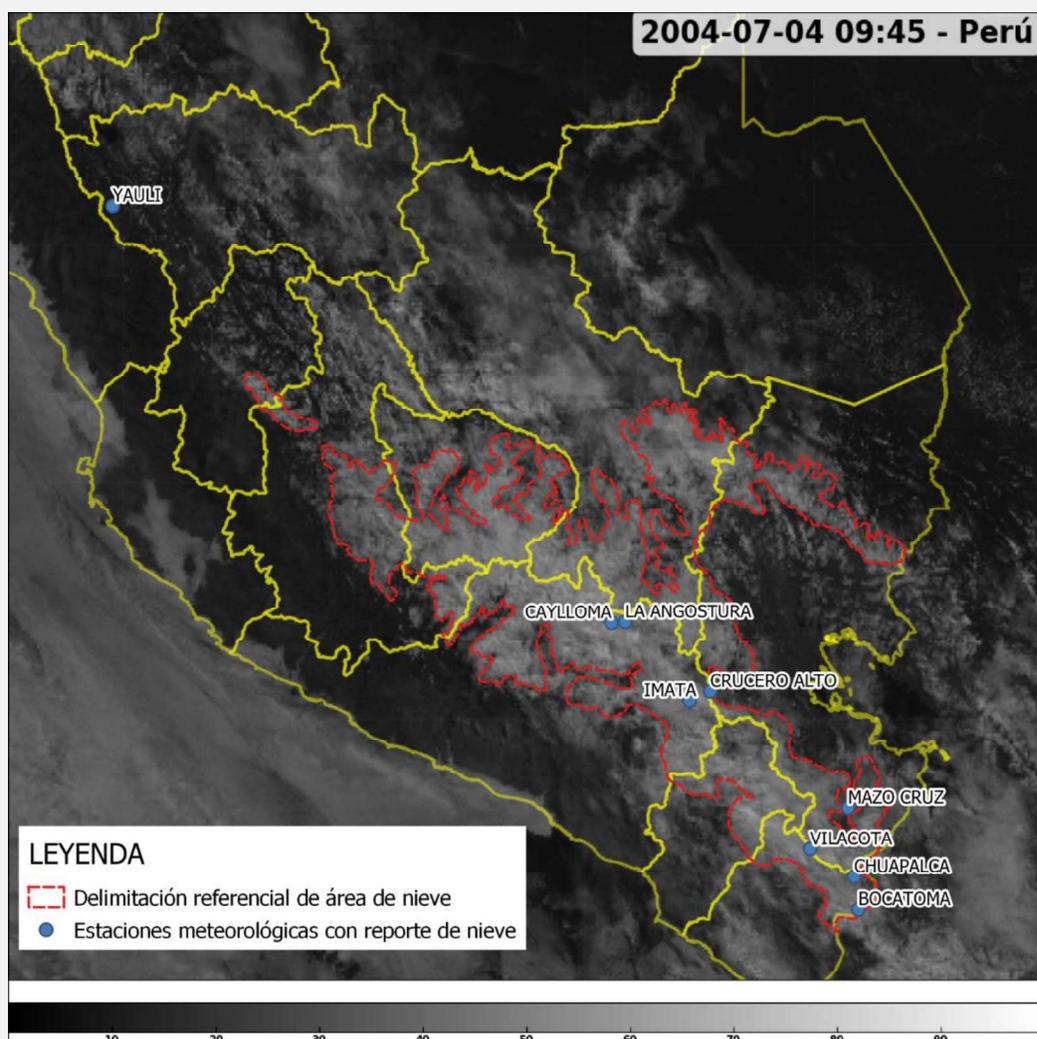


Figura 17. Imagen satelital del canal visible del satélite GOES 12 del 4 de julio de 2004 a las 09:45 hora local de Perú. La línea roja muestra la delimitación referencial del área de la nevada ocurrida entre los días 3 y 4 de julio. Los puntos azules muestran las estaciones meteorológicas con reportes de nieve entre estos días

Además de las nevadas, este evento generó lluvias importantes en la sierra central y sur (**Figura 18**), en especial el 2 y 3 de julio, días que fueron considerados extremadamente lluviosos en las estaciones de Imata y Vilacota.

Analizando los acumulados de lluvia en el periodo del 1 al 5 de julio, los mayores valores se registraron en las zonas altas del sur. El valor más alto registrado fue de 27.9 mm en Ccatcca (Cusco), seguido de 22.3 mm en Imata (Arequipa), y de 21.1 mm en Vilacota (Tacna). Asimismo, en la sierra central, los registros de precipitación alcanzaron valores de 13.8 mm en Marcapomacocha (Junín) y 9.7 mm en Cerro de Pasco (Pasco).

Por otro lado, también se observó el descenso significativo de la temperatura diurna (máxima) debido a la abundante nubosidad durante el día (**Figura 18**). En la sierra sur, se registraron descensos abruptos de hasta 6 °C, en promedio, respecto al día anterior. Las temperaturas diurnas más bajas se registraron entre el 1 y 3 de julio, llegando a caracterizarse como “días extremadamente fríos”. En la sierra central, no se observó una caída brusca de las temperaturas diurnas como en la sierra sur; sin embargo, algunos días llegaron a caracterizarse como “días fríos” y “muy fríos”.

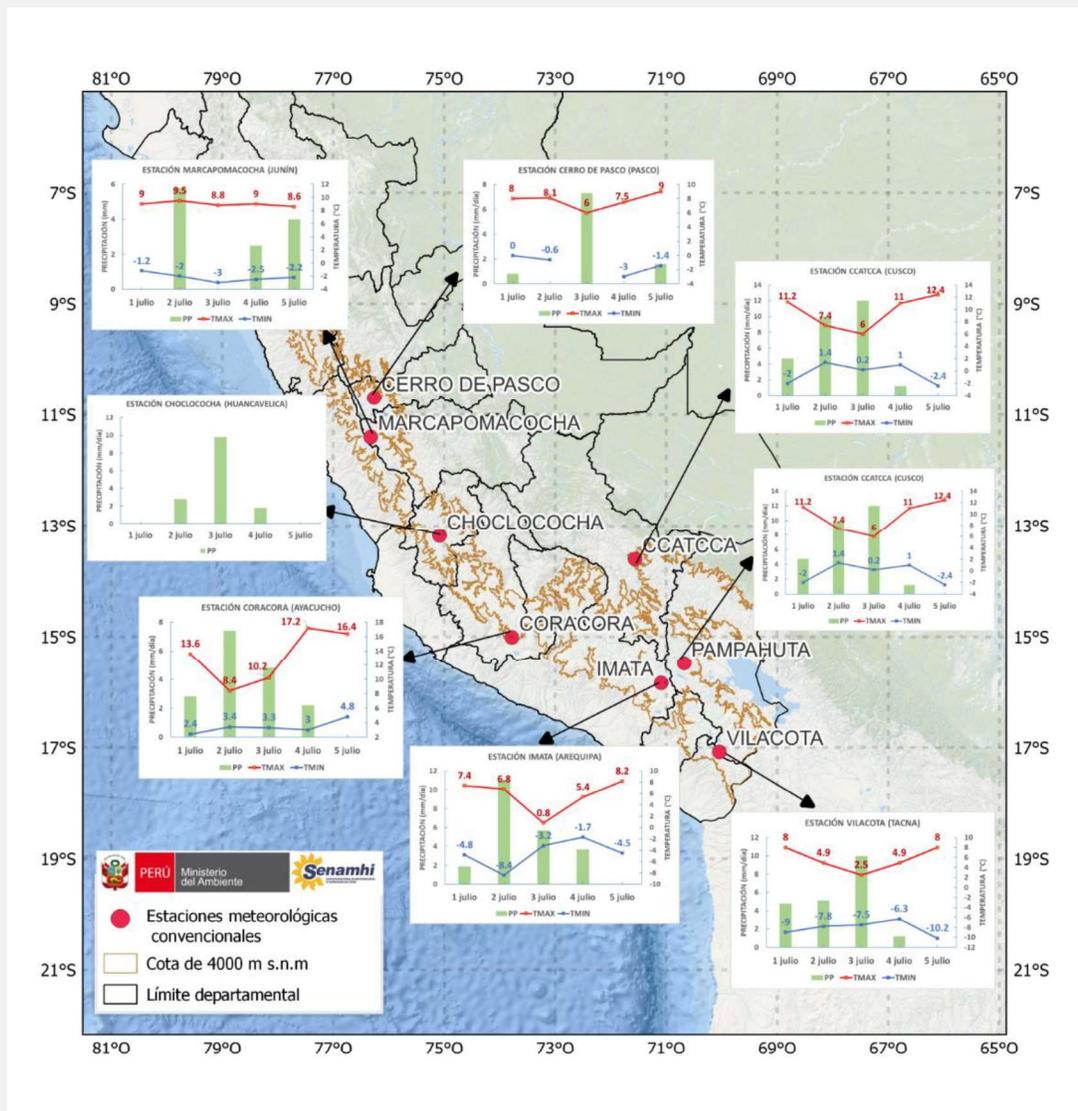


Figura 18. Variación diaria de la temperatura máxima del aire (°C, línea roja), de la temperatura mínima del aire (°C, línea azul) y de la precipitación (mm, barras verdes) del 1 al 5 de julio del 2004

Para finalizar, se comprueba que en este caso estudio se cumplieron los criterios planteados en el numeral 8 para la identificación de las DANA (**Tabla 5**).

Tabla 5. Aplicación de los criterios sinópticos para la detección de las DANA para el caso de estudio

Criterios	Cumple	Observaciones
Altura geopotencial (mgp)	Sí	Contornos cerrados de altura geopotencial en 500 hPa
Vorticidad potencial	Sí	Valores por debajo de -1.6 UVP
Corriente en Chorro	Sí	Existe estrangulamiento del sistema en su etapa de maduración
Viento	Sí	Circulación cerrada con giro horario
Duración	Sí	Más de 24h
Ubicación del sistema	Sí	Posicionado en 20° S - 80° W (dentro del área de análisis)
Cortes transversales*	-	Sistema reflejado hasta aproximadamente los 850 hPa

**Los cortes transversales complementan el análisis, pero no representan un criterio indispensable para la detección de las DANA.*

Conclusiones

1. La zona con mayor presencia de las DANA se ubica en los 85° y 70° W y los 35° y 25° S, frente a la costa de Chile. Además, la mayor frecuencia de formación de las DANA se presenta en el otoño y la menor frecuencia, durante el invierno.
2. En el periodo 2018 – 2021, el Senamhi ha identificado y nombrado 21 DANA; mientras que en el periodo del 2022 hasta la actualidad, 10 sistemas.
3. Las DANA son sistemas que tienen el potencial de generar condiciones de tiempo severo en el Perú. Las emergencias reportadas, asociadas a estos sistemas, entre 2018 y 2023, incluyen a las lluvias intensas, granizadas, vientos fuertes, heladas, descenso de temperatura, nevadas, temporales (viento fuerte con lluvia), lloviznas y descargas eléctricas. Las lluvias intensas son las emergencias más frecuentes, totalizando el 42 % del total de reportes.
4. El mayor porcentaje de emergencias durante el periodo de influencia de las DANA se han reportado en los Andes peruanos con el 98 % del total de reportes, distribuidos entre la sierra sur (61.5 %) y la sierra centro (36.5 %). No obstante, la costa peruana también reportó emergencias, aunque en un porcentaje mucho menor (2 %).

5. De forma anual, las DANAS generan, en promedio, 346 emergencias. El tipo y la cantidad de emergencias es variable año a año. Sin embargo, se observó que desde el 2018 las emergencias por nevadas y heladas disminuyeron; mientras que las emergencias por lluvias en los últimos tres años, han sido las más recurrentes.
6. El criterio sinóptico establecido para la identificación de DANA que generen un impacto en las condiciones de tiempo en el Perú considera y amplían los criterios previamente definidos en diversos estudios. Especialmente, establece el criterio de ubicación del sistema, definiendo el área crítica ($35 - 14^{\circ}$ S, $96 - 64^{\circ}$ W) en la cual el desarrollo de estos sistemas puede generar impacto en las condiciones atmosféricas del Perú, resultando clave para la emisión de notas de prensa y/o avisos meteorológicos asociados a DANA.
7. Para la emisión de notas de prensa y/o avisos meteorológicos asociados a DANA, se debe considerar el diagrama de flujo de la sección 10 (Figura 16), el cual se basa en dos criterios fundamentales; el criterio sinóptico, descrito en la sección nueve, y la evaluación de posibles efectos y cambios en las condiciones de tiempo del país, incluyendo las emergencias más comunes reportadas.
8. Los posibles avisos de eventos meteorológicos asociados a DANA dependen en gran medida del vapor de agua disponible en la atmósfera. Basados en este parámetro, los pronosticadores evaluarán la posibilidad de emitir avisos por precipitaciones, nevadas, disminución de temperatura diurna, asociados a alto contenido de humedad; y por incremento de viento y disminución de temperatura nocturna, cuando la humedad en el ambiente sea baja.

Recomendaciones

1. Se recomienda utilizar la presente Nota Técnica como guía para la identificación de las DANA.
2. La nota técnica es una guía inicial, útil y práctica para los pronosticadores para identificar las DANA que pueden generar un cambio en las condiciones de tiempo del Perú. Este documento es factible de ser actualizado, incluyendo nuevas técnicas de análisis y otras fuentes de información, como perfiles verticales de la tropósfera, para complementar información sobre la frecuencia, intensidad e impactos de estos eventos sobre el territorio nacional.

Referencias

- Barahona, C. (2016): Precipitaciones asociadas a bajas segregadas en el hemisferio sur. Tesis para optar el grado de Magister en Meteorología y Climatología. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140815>
- Bell, G. D., and Bosart, L. F. (1993): A Case Study Diagnosis of the Formation of an Upper-Level Cutoff Cyclonic Circulation over the Eastern United States. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 1635-1655, doi: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1993\)121<1635:ACSDOT>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1993)121<1635:ACSDOT>2.0.CO;2)
- Delgado, G., Redaño, A., Lorente, J., Nieto, R., Gimeno, L., Ribera, P., Barriopedro, D., García-Herrera, R., Serrano, A. (2007): Cloud cover analysis associated to cut-off low-pressure systems over Europe using Meteosat Imagery. *Meteorology Atmos Phys* 96, 141–157. DOI 10.1007/s00703-006-0225-4
- Bozkurt, D., Rondanelli, R., Garreaud R., Arriagada, A. (2016): Impact of Warmer Eastern Tropical Pacific SST on the March 2015 Atacama Floods. <http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-16-0041.s1>
- Favre, A., Hewitson, B., Lennard, C., Cerezo-Mota, R, Tadross, M. (2012): Cut-off Lows in the South Africa region and their contribution to precipitation. *Clim Dyn* 41, 2331–2351. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1579-6>
- Fuenzalida, H., Sánchez, R., Garreaud RD. (2005): A climatology of cutoff lows in the Southern Hemisphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* Volume 110, Issue D18. <https://doi.org/10.1029/2005JD005934>
- Garreaud, RD. (2009): The Andes climate and weather. *Adv. Geosci.*, 22, 3–11, 2009. <https://doi.org/10.5194/adgeo-22-3-2009>
- Garreaud, RD; Vuille, M; Compagnucci, R; Marengo, J. (2009): Present-day South American Climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281, 180–195, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032>
- Garreaud RD and Fuenzalida, H. (2007): The Influence of the Andes on Cutoff Lows: A Modeling Study. *Monthly Weather Review*. <https://doi.org/10.1175/MWR3350.1>
- Godoy A., Campetella, C., Possia, N. (2011): Un caso de baja segregada en niveles altos en el sur de Sudamérica: descripción del ciclo de vida y su relación con la precipitación. *Revista Brasileira de Meteorología*, v.26, n.3, 491 - 502.
- Guadalupe, E. (2012): Caracterización y análisis de los huaicos del 5 de abril del 2012 Chosica-Lima.
- Hernández Carrascal, A. (1996): Estudio estadístico sobre depresiones aisladas en niveles altos (DANAS) en el sudoeste de Europa basado en mapas isentrópicos de vorticidad potencial. Instituto Nacional de Meteorología. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/5500>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N. (2023): ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: 10.24381/cds.adbb2d47

- Hoskins, B. J., MC Inttyre, M. E., & Robertson, W. (1985): On the use and significance of isentropic potential vorticity maps. *Royal meteorological Society*, 111, 877-946.
- Hu, K., Lu, R., and Wang, D. (2010): Seasonal climatology of cut-off lows and associated precipitation patterns over Northeast China. *Meteorol Atmos Phys*, 106, 37-48.
- Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI (2004): Compendio Estadístico del Sistema Nacional de Defensa Civil en el Perú (SINADECI). <https://portal.indeci.gob.pe/direccion-politicas-y-planos/compendios-estadisticos/compendios/2004-2/>
- Ita Vargas, T. (2020): Determinación de la Estación Lluviosa en los Andes Peruanos Usando Datos Grillados de Precipitación. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM, 118p. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4700>
- Kaser, G. (2001): Glacier-climate interaction in low latitudes. *Journal of Glaciology*, 47 (157), 195–204. DOI: <https://doi.org/10.3189/172756501781832296>
- Kentarchos, A., and Davis, T. (1998): A climatology of cut-off lows at 200 hPa in the northern Hemisphere, 1990-1994. *Int J Climatol*, 18, 379-390. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(19980330\)18:4,379::AID-JOC257.3.O.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(19980330)18:4<379::AID-JOC257.3.O.CO;2-F)
- LLasat, M. C., Matin, F., Barrera, A. (2007): From the concept of "Kaltlufttropfen" (cold air pool) to the cut-off low. The case of September 1971 in Spain as an example of their role in heavy rainfalls. *Meteor Atmos Phys*, 96, 43-60. <https://doi.org/10.1007/s00703-006-0220-9>
- Muñoz, C. and Schultz M., D. (2021): Cutoff Lows, Moisture Plumes, and Their Influence on Extreme-Precipitation Days in Central Chile. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-20-0135.1>
- Muñoz, C., Schultz M., Vaughan G. (2020): A Midlatitude Climatology and Interannual Variability of 200 and 500 hPa Cut Off Lows. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0497.1>
- Nieto, R., Gimeno, L., De la Torre, L., Rivera, P., Galledo, D., García-Herrera, R., García J. A., Núñez, M., Redaño, A., Lorente, J. (2005): Climatological Features of Cutoff Low Systems in the Northern Hemisphere. *Journal of Climate*, Vol18, 3085-3102.
- Pinheiro, H.R., Hodges, K.I., Gan, M.A. et al. A new perspective of the climatological features of upper-level cut-off lows in the Southern Hemisphere. *Clim Dyn* 48, 541–559 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3093-8>
- Quispe, N and Avalos, G. (2006): Intense snowstorm in the southern mountains of Peru associated to the incursion of cut-off low-pressure systems at upper level. *Proceedings of 8 ISDHMO*, Foz do Iguaço, Brazil, April 14-28, INPE, 1945- 1948.
- Quispe Gutiérrez, N. (2009): Estructura dinámica de una baja fría. *Revista Peruana Geo-atmosférica RPGA* (1), 125-133. https://web2.senamhi.gob.pe/rpga/pdf/2009_vol01/art10.pdf
- Quispe Vega, K. (2017): Patrones Sinópticos de una DANA Asociados a la Ocurrencia de Nevadas en la Sierra Central y Sur del Perú. Tesis Ing. Lima, Perú, UNALM, 106p. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3632>
- Quipe, N., Aliaga-Nestares, V., Rodríguez-Zimmermann, D., Bonshoms, M., Loayza, R., García, t., Mesía, J., Durán, R. and Olivares, S. (2021): Cutoff low over the southeastern Pacific Ocean: a case study. *Journal of Southern Hemisphere Earth Systems Science* <https://doi.org/10.1071/ES19051>
- Rau Lavado, P & Condom, T. (2010): Análisis espacio temporal de la precipitación en las zonas de montaña de Perú (1998-2007). *Revista Peruana Geo-atmosférica Rpga* (2), 16-29.

- Reboita, M. S., Nieto, R., Gimeno, L., Da Rocha, R. P. , Ambrizzi T., Garreaud, R., and Krüger, L. F. (2010): Climatological features of cutoff low systems in the Southern Hemisphere, *J. Geophys. Res.*, 115, D17104, doi:10.1029/2009JD013251
- Rondanelli, R; Gallardo, L. and Garreaud RD. (2002): Rapid changes in ozone mixing ratios at Cerro Tololo (30°10'S, 70°48'W, 2200 m) in connection with cut-off lows and deep troughs. *Journal of Geophysical*. 107.
- Sakamoto, K., & Takahashi, M. (2005): Cut off and Weakening Processes of an Upper Cold Low. *Journal of Met Soc of Japan*, 83 (5), 817-834.
- Senamhi (2016): Nota de prensa: Vientos fuertes y aumento de temperatura en Moquegua y Tacna, disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=tacna&p=prensa&n=419>
- Senamhi (2018): Nota de prensa: Inusual granizada en la costa de Ica asociado a la tercera DANA Cristina. <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/noticias/126408-inusual-granizada-en-la-costa-de-ica-asociado-a-la-tercera-dana-cristina>
- Senamhi (2021a): Actualización del estudio de frecuencia de nevadas en el Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12542/760>
- Senamhi (2021b): Atlas de temperaturas del aire y precipitación del Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1339>
- Senamhi (2021c): Nota de prensa “Sistema de baja presión ocasiona rayos y truenos en el cielo de Lima”.
- Senamhi (2024): Elaboración de Avisos Meteorológicos. Procedimiento: PR-DMA-002. Versión: 02 Subdirección de Predicción Meteorológica - Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/00711SENA-108.pdf>
- Zhao, S., and Sun, J. (2007): Study on Cut-off low-pressure systems with floods over Northeast Asia. *Meteorology Atmospheric Physics*, 96, 159-180.

ANEXO 1: Lista nombres de DANA vigentes hasta el 2025

N°	Nombre	N°	Nombre
13	Maura	20	Tomás
14	Nicolás	21	Úrsula
15	Oriana	22	Velentino
16	Paqari	23	Wara
17	Qori	24	Xavier
18	Ramón	25	Yuri
19	Sandra	26	Zeus

Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica (DMA):

Vannia Aliaga Nestares valiaga@senamhi.gob.pe

Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM):

Kelita Quispe Vega kquispe@senamhi.gob.pe

Elaboración:

- Ita Vargas, Tania
- Goicochea Díaz, Noelia
- Quispe Gutiérrez, Nelson
- Nieto Huayta, Matt
- Mesia Goto, José
- Loayza Ríos, Doris
- Quispe Vega, Kelita
- Rodríguez Zimmermann, Diego
- Huamán Chinchay, Joao

Agradecimiento:

- Yersing Ninanya Brañes, Ricardo Passunni Mesa, Félix Cubas Saucedo, José Ochoa Montero, pronosticadores de la Subdirección de Predicción Meteorológica e INDECI.
- Ilustraciones: Jorge Carrillo Córdoba, Christian Dávila Vilca.

Nota técnica: Identificación de DANA y sus efectos en el Perú



Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú - SENAMHI
Jr. Cahuide 785, Jesús María
Lima 11 - Perú

Central telefónica: [51 1] 614-1414
Atención al cliente: [51 1] 470-2867
Pronóstico: [51 1] 614-1407 anexo 407

Consultas y sugerencias:
pronosticador@senamhi.gob.pe