

Las gotas frías/ DANAs

Ideas y conceptos básicos

NOTA TÉCNICA S.T.A.P. N° 38

Francisco Martín León

Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción (S.T.A.P.)

Área de Predicción y Aplicaciones
Subdirección General de Redes, Sistemas y Producción
Meteorológica

Notas. Este documento nace con el objeto de clarificar lo qué entendemos por gota fría y DANA (**D**epresión **A**islada en **N**iveles **A**ltos). Estas ideas e inquietudes surgieron en los "briefings" del STAP después de vivir técnicamente ciertos acontecimientos meteorológicos ocurridos en España durante el periodo otoñal de 2001.

Las gotas frías/ DANAs

Ideas y conceptos básicos

Nota Técnica S.T.A.P. N° 38

Índice

I. INTRODUCCIÓN

II. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

II.1. La gota fría como “comodín” meteorológico

II.2. Definiciones y antecedentes históricos

II.2.1. Origen del concepto de gota fría: la escuela alemana

II.2.2. Las corrientes en chorro y el aislamiento de circulaciones intensas en altura: Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA)

II.2.3. Concepto de DANA en relación con la Vorticidad Potencial, VP: Núcleos aislados en niveles altos de VP respecto al vórtice polar o circumpolar

III. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

Glosario

Resumen

Se presenta un trabajo divulgativo de carácter general sobre el concepto de gota fría. Analizaremos el origen conceptual e histórico de la gota fría. Se presentarán otras ideas y acepciones más modernas acordes con la realidad observacional y de la ciencia meteorológica actual, las Depresiones Aisladas en Niveles Altos, DANAs. Como anexo al trabajo, se adjunta un glosario sobre temas relacionados con la gota fría y DANA.

Elementos claves: gota fría, DANA, chorro, tropopausa, troposfera, convección, vórtice polar o circumpolar, vorticidad potencial.

I. INTRODUCCIÓN

La gota fría es uno de los términos meteorológicos más usados, coloquialmente, y más arraigados en España: está presente cada año en los medios de comunicación, en la calle, etc. Es sinónimo de lluvias catastróficas, intensas y dañinas, así como de situaciones meteorológicas altamente peligrosas. En algunas ocasiones las pérdidas humanas y materiales han sido asociadas a la presencia de supuestas gotas frías que se abalanzan o barren las zonas mediterráneas cuando realmente no eran tales. Pero ¿qué hay de verdad en todo ello?, ¿realmente siempre llevan asociadas lluvias intensas?, ¿cuáles son sus características y qué las distingue de otras perturbaciones atmosféricas?, ¿es el término correcto para describir ciertas situaciones de lluvias intensas?. Vamos a tratar de contestar a estas preguntas a lo largo de este trabajo. Abordaremos en este primer capítulo el origen de esta terminología y su evolución histórica hasta nuestros días. No se trata de hacer un trabajo científico complejo sino más bien clarificador. Trabajos de investigación, publicaciones científicas y notas técnicas ya se han realizado sobre este tema, bien con la denominación de gota fría o bien usando otros términos más evolucionados, modernos y acordes con los actuales conocimientos.

II. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Existen dos acepciones básicas y generales sobre el concepto de gota fría. La primera se fundamenta en la simplicidad y el fácil uso de este término meteorológico y popular como un “comodín”, sin base científica alguna, que sirve para explicar ciertas situaciones meteorológicas de fuerte impacto social. La segunda está basada en los conocimientos adquiridos por la ciencia meteorológica en el devenir de los años. Analicemos cada una de ellas.

II.1. La gota fría como “comodín” meteorológico

Se entiende, coloquialmente, como gota fría a *cualquier situación meteorológica* que lleve o pueda llevar asociada lluvias intensas, efectos desastrosos, preferentemente en la época otoñal y en la zona mediterránea, independientemente del marco sinóptico donde

se desarrollan las precipitaciones. Esta "entidad" o concepto (¡¡¡que no definición!!!) no está basada en aspectos meteorológicos precisos.

Este término está arraigado, sobre todo, en algunos medios de comunicación que tratan de explicar de forma llana y simplista situaciones de lluvias fuertes y dañinas. ¿Cuántas veces se ha culpado a la gota fría de inundaciones y de lluvias que nada tienen que ver con ella? Muchas. La gota fría es la culpable perfecta para explicar lo que de antemano no se entiende, o incluso lo que no se intenta comprender, ya que esto requiere un mínimo esfuerzo que muchos no pueden llevar a cabo por su falta de conocimientos meteorológicos.

Estamos acostumbrados a oír que lluvias cuantiosas, que se han registrado en un lugar determinado, se han producido porque la gota fría ha barrido o afectado a dicha zona. La gota fría se asocia vulgarmente con inestabilidad atmosférica. En esta acepción subyace el hecho de que la gota fría es sinónimo de la presencia de aire muy frío en niveles medios y esto, unido al aire cálido de Mediterráneo en la época otoñal (o incluso durante la primavera-verano sobre las tierras soleadas peninsulares), bastaría para explicar los acontecimientos de fuerte inestabilidad y de carácter tormentoso. ***La gota fría es, conceptualmente, una perturbación o ente "comodín"*** que llanamente explica lo que ciertos lectores y espectadores quieren oír. En este sentido, la gota fría cumple un doble propósito. Por una parte, es la forma, expresión o explicación más simple que algunos lectores u oyentes necesitan percibir cuando cierta fenomenología catastrófica se avecina o ha acontecido. Por otra parte, cumple lo que ciertos medios de comunicación tratan de buscar: un titular espectacular.

Este uso, y su idea implícita, no es científico ni meteorológico. Incluso puede que no sea periodístico pues realmente no informa, pero obtiene los resultados deseados: se ha conseguido alertar, llamar la atención, explicar y "seudoentender" una situación de lluvias intensas con un concepto que, periodísticamente, es rentable y convence a muchas personas que lo perciben.

Debemos olvidarnos de este concepto de gota fría como sinónimo de situación de catástrofe o de lluvias intensas en la zona mediterránea y en otoño, preferentemente, ya que este término causa cierto impacto social y es inadecuado. Debemos pedir al informador que transmita los conceptos o los agentes reales asociados a las precipitaciones intensas y potencialmente dañinas, que no son ni más ni menos que los originados por ***las tormentas intensas o lluvias persistentes. Estos dos últimos elementos locales son los que, en última instancia, provocan los cuantiosos daños en áreas concretas y no la gota fría como tal.***

II.2. Definiciones y antecedentes históricos

Antes de comenzar a definir lo que se entiende por gota fría haremos una breve revisión histórica de este concepto, analizaremos las nuevas ideas y acepciones y, por último, trataremos de dar una definición más concordante con las teorías meteorológicas modernas.

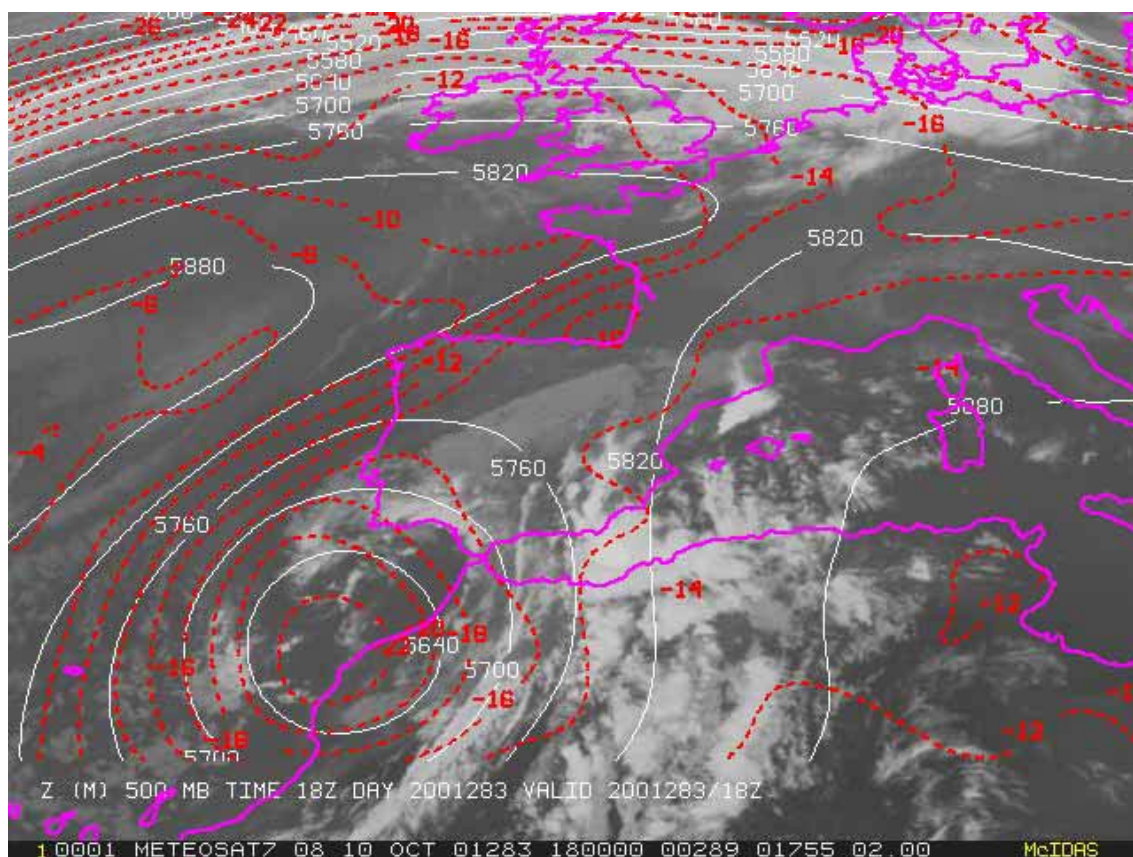
Al igual que en otras ciencias, en Meteorología existen “escuelas” o grupos de personas que en determinados países y en unos momentos específicos tuvieron un gran auge e influyeron en la Meteorología por sus ideas y conceptos innovadores a la hora de explicar ciertos fenómenos atmosféricos. Así, se habla de la escuela noruega asociada a la teoría del frente polar con las borrascas móviles de latitudes medias y sus sistemas frontales, la escuela anglosajona e incluso la escuela alemana.

II.2.1. Origen del concepto de gota fría: la escuela alemana

El origen de la gota fría aparece en 1886 en la escuela alemana, que introdujo la idea de *“kaltlufttropfen”*, cuya traducción aproximada es gota de aire frío. Llasat (1991) hace un buen resumen histórico del concepto de gota fría a partir de las ideas de la escuela alemana con sus referencias oportunas. Señala que fueron Köppen y, posteriormente, Sherhag los que definieron una gota fría como “una marcada depresión en altura, sin reflejo en superficie, en cuya parte central se encuentra el aire más frío”. Esta definición se centra en los aspectos dinámicos (depresión en altura) y, sobre todo, en sus aspectos térmicos (aire muy frío en altura). Hay que resaltar aquí que estamos frente a dos elementos que son básicos:

- Perturbación de altura (digamos a partir de 5500 m para fijar ideas) sin reflejo aparente en superficie.
- Aire frío en niveles medios de la troposfera.

Por lo tanto, una gota de aire frío no es una borrasca o una depresión de latitudes medias con sistemas frontales asociados y bajas presiones en superficie sino una entidad diferenciada, meteorológicamente, de otras. El hecho de estar aislada y sin aparente reflejo en superficie significó, en su momento, un concepto innovador. Posteriormente, este concepto de “separación” entre niveles altos y bajos ha quedado superado, como veremos más adelante.



Ejemplo de gota fría. En esta imagen podemos ver un embolsamiento de aire frío aislado en el mapa de 500 hPa (geopotencial, en línea blanca, continua y metros, y temperatura, T, en rojo, discontinua y en °C) correspondiente al 10 de Octubre de 2001 a las 18 UTC (ó 20 horas local) situado al SW de la península. La imagen de fondo corresponde al canal infrarrojo del Meteosat. Bandas nubosas con tormentas se sitúan al sur y sureste de la península y mar de Alborán. Otros focos convectivos están frente a las costas de Castellón y Tarragona, relativamente lejos de la influencia de la llamada gota fría. Pulse para ampliar la imagen.

A mediados del siglo pasado, con la mejora de los métodos de observación, se comprobó que algunas gotas frías podían tener reflejo en el campo de presión en superficie pero no llevaban asociado ese contraste de masas de aire frío-cálido, típico de los sistemas frontales de la escuela noruega. Cuando debajo de la perturbación fría en altura se apreciaba una baja en superficie con una circulación cerrada, entonces decimos que se ha generado una borrasca fría aislada (este último concepto se ampliará posteriormente).

Nota 1. Como se verá en el último apartado de este capítulo, las nuevas teorías modernas en Meteorología dinámica señalan que las depresiones de altura tienen un reflejo en niveles bajos y superficie, que se manifiesta en forma de algún tipo de anomalía (presión, temperatura, estabilidad, viento, etc).

El concepto inicial y básico de gota fría, que se ha expuesto, no se centra directamente en su génesis ni, por supuesto, en otras características que se han observado con la llegada de las nuevas formas de observar y analizar a la atmósfera (sondeos, observaciones de superficie y altura, satélites, modelos numéricos, nuevas teorías dinámicas, etc.). En España el concepto de gota fría se arraiga y permanece en el lenguaje técnico-meteorológico porque la escuela alemana influyó mucho en el antiguo

Servicio Meteorológico español y en ciertos estamentos universitarios en los años de la guerra civil y posteriores a ella. Importantes meteorólogos y profesores de Meteorología usaron este término hasta que se hizo popular.

Con el devenir de los años, y a mediados del siglo pasado, se acuñó otro vocablo más preciso de gota fría, que en la terminología anglosajona se le denominó "*cut-off low*". Como veremos en el siguiente apartado, la gota fría es un elemento de niveles altos desgajado y aislado de la corriente en chorro que llega a tener independencia propia. En esta línea, Mariano Medina (1976) ya lo apuntaba en sus trabajos pero mantenía la expresión de gota fría a las perturbaciones que estamos analizando. Su uso en las pantallas de televisión pudo ser el origen del arraigo popular de que goza hoy.

La terminología de gota fría fue progresivamente abandonada por las diferentes escuelas meteorológicas debido, como se comentó anteriormente, a los nuevos enfoques que iban apareciendo en la segunda mitad del siglo veinte. Sólo en España y en Alemania se sigue empleando técnicamente el nombre de gota fría, aunque no de forma mayoritaria.

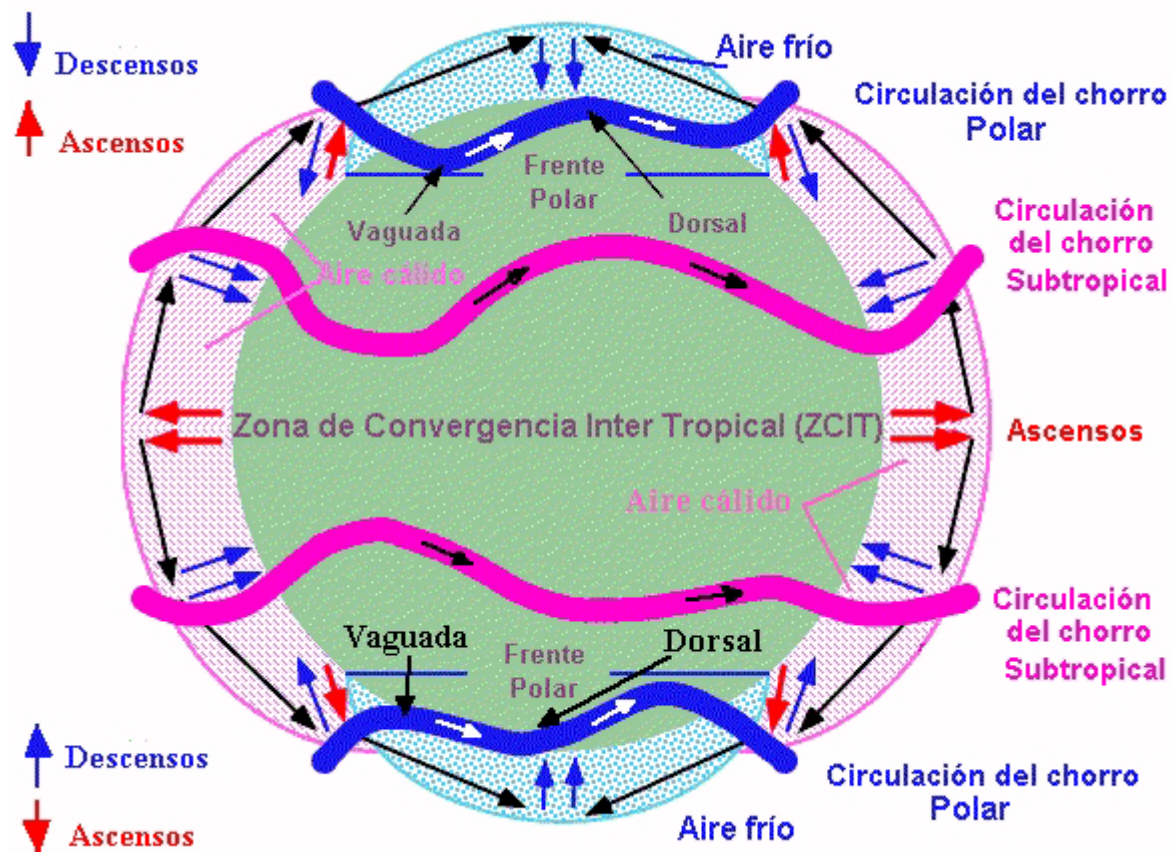
II.2.2. Las corrientes en chorro y el aislamiento de circulaciones intensas en altura: Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA)

La existencia de intensas corrientes canalizadas que circunvalan la Tierra, aproximadamente a unos 9.000 m de altura o a 300 hPa en nuestras latitudes, es un hecho conocido. A estas circulaciones concentradas en niveles altos se les denominan corrientes en chorro. Su ubicación exacta hay que buscarla en la tropopausa y, particularmente, en los dobleces de la tropopausa donde existen intercambios de aire entre la estratosfera y troposfera.

Existen distintos tipos de "jets" o chorros a diferentes latitudes, el más conocido es el chorro polar. Este lleva asociados máximos de vientos muy intensos, que superan ampliamente los 100 kt (180 Km/h). La dirección que normalmente posee el chorro es zonal: fluye de oeste a este rodeando a la Tierra y está limitado a un cinturón de latitudes medias. En el hemisferio norte y en el lado izquierdo del chorro polar, o el lado que "mira" al polo Norte, el aire es relativamente frío. En su lado más meridional el aire es más cálido que el del lado polar. Cuando el chorro, originalmente rectilíneo, se intensifica, se ondula y toma una componente norte-sur muy marcada, se puede generar un proceso de aislamiento y estrangulamiento de parte de esta circulación intensa. Estas circulaciones se aíslan de la circulación general, se alejan de las zonas de origen y llegan a cerrarse sobre sí mismas. Las primeras ideas sobre este nuevo enfoque y origen de las gotas frías provienen de Palmén (1949) y Palmén y Newton (1969). Como se comentó anteriormente, el término inglés empleado en la actualidad para nombrar a estas perturbaciones es el de "*cut-off low*", que podría traducirse como depresión o baja aislada. Meteorológicamente, se le denominó o "bautizó" en español como Depresión Aislada de Niveles Altos, DANA. Esta palabra no fue introducida y usada en el INM hasta mediados de los ochenta como una terminología más apropiada que la de gota fría dentro del Área de Predicción y Vigilancia.

Obsérvese que en el término anglosajón sólo se habla de baja o depresión aislada sin hacer referencia al nivel, ya que se supone, de hecho, que se encuentra separada de la circulación en chorro de niveles altos. Por contra, en la terminología española hemos

añadido explícitamente el concepto de "niveles altos" para diferenciarlas de otro tipo de depresiones o bajas aisladas, como, por ejemplo, las de origen térmico que se dan en la península durante los meses cálidos en capas bajas.



El sistema básico de la circulación atmosférica. Dos cinturones de vientos muy intensos, elevados y canalizados en cada hemisferio se sitúan en latitudes medias y subtropicales: son los chorros polar (en azul) y subtropical (en rosa), respectivamente. Aunque su componente fundamental o direccional es zonal (los llamados vientos de los oestes), en muchas ocasiones aparece una componente meridional (norte –sur) significativa, dando lugar a las típicas ondulaciones que observamos en la figura adjunta. En determinadas ocasiones, esta última componente es tan intensa que puede dar lugar a rupturas y aislamientos de estructuras, dando origen a las DANAs.

En nuestras latitudes podemos estar afectados también por el chorro subtropical: un cinturón de vientos máximos zonal muy concentrado, equivalente al polar, pero situado en latitudes más bajas y a mayor altura, entre 11.000 y 13.000 m, aproximadamente. Para él también vale lo comentado en el caso del polar. Por lo tanto, del chorro subtropical se puede separar y aislar un ramal o circulación cerrada cuando éste llega a ondularse marcadamente. En ambos casos, el resultado de este proceso es la presencia y generación de circulaciones cerradas y separadas de la zona “madre” originaria. Se forma una depresión en altura que posee una circulación propia, independiente y que ha perdido el contacto con la circulación que la generó (polar o subtropical), desplazándose de forma independiente del flujo de los oestes.

Las DANAs poseen un ciclo de vida característico bien diferenciado de otras perturbaciones sinópticas: se generan en niveles altos asociadas a un proceso de ondulación, separación, ruptura y aislamiento de la circulación del chorro. En su estado de aislamiento completo poseen una circulación ciclónica cerrada que se refleja en niveles altos y medios, digamos en 300 y 500 hPa. Estas perturbaciones conservan parte de las propiedades de la circulación que las originó: en su lado izquierdo tendremos un núcleo de aire muy frío en niveles medios, mientras que en su lado derecho el aire es, relativamente, más cálido.

Por lo tanto, la explicación basada en circulaciones intensas, que se aíslan de las fuentes originarias (polar o subtropical) y, posteriormente, se cierran sobre sí mismas nos da una visión simple, efectiva y elegante del concepto de DANA, que, a su vez, incluye a lo que anteriormente se denominaba gota fría.

PROCESO DE FORMACIÓN DE UNA DANA

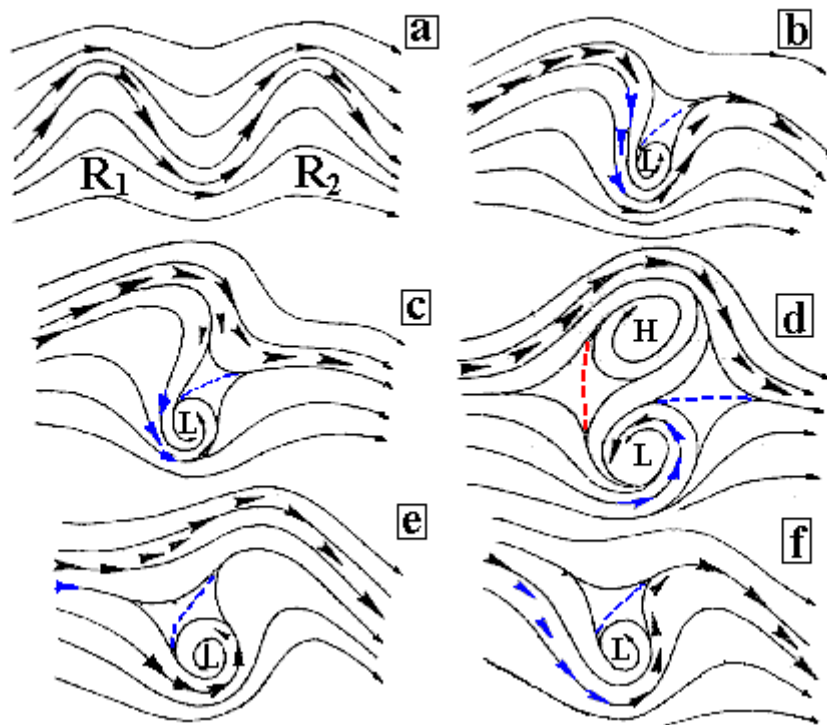


Figura adaptada de Smigelelski y Ellrod (NOAA, sin referencia bibliográfica concreta)

Proceso conceptual de aislamiento y evolución de una DANA y sus fases según las ideas de la circulación en chorro en niveles altos. a) Ondulación de la circulación en chorro (flechas negras). R1 y R2 son dorsales. b) Estiramiento meridional norte-sur. El crecimiento e inclinación de la dorsal R1 genera un incremento de la intensidad de la componente meridional del viento en la parte descendente de ella (flechas en azul). L indicaría la DANA en sus momentos iniciales. c) Aislamiento o estrangulamiento inicial. La circulación del chorro de latitudes más altas se recompone (en negro). La circulación propia e independiente de la DANA, en su parte trasera, la aleja de la circulación “madre”. d) Aislamiento total. La DANA está separada completamente de la circulación originaria, desarrollando su propia circulación. En muchas ocasiones se desarrolla en su parte norte una dorsal o región de altas presiones, H en la figura. e) Inicio de la absorción. Un ramal del chorro (en azul) asociado a una vaguada tiende a absorber y a capturar a la DANA, L. f) Estiramiento sur – norte y absorción completa. La circulación del chorro recurva por la parte occidental de la DANA a la vez que está sube hacia latitudes más altas y es reintegrada a la circulación polar o “madre”.

Nota 2. Este es uno de los procesos más comunes del ciclo de vida de las DANAs. Lógicamente, existen otras formas de generación, evolución y disipación, pero con las mismas ideas subyacentes: la DANA se forma como una entidad singular, aislada y separada de una circulación intensa o chorro del flujo de los oestes.

En la península Ibérica y Baleares, las DANAs más significativas e intensas suelen provenir de ondulaciones y aislamientos de aire en niveles altos asociados al chorro polar. A partir de ahora nos focalizaremos en éstas.

La diferencia fundamental de ambas teorías es el enfoque más realista, genético y dinámico de la segunda (DANA) frente a la primera (gota fría). Mientras que en el

concepto de gota fría se prima el hecho de ser una depresión soportada por un núcleo de temperatura muy fría, el de DANA, lleva implícito aspectos asociados a circulaciones intensas y cerradas, que a su vez conforman un mínimo depresionario dinámico y térmico. Las observaciones, sobre todo a partir de imágenes de satélite, ponen de manifiesto los conceptos anteriormente enumerados y su ciclo de vida.

Es importante hacer notar que las DANAs son perturbaciones de altura y que se pueden propagar de arriba a abajo. En su fase inicial y de madurez aparecen en los mapas de altura (250, 300 y en 500 hPa). A medida que su movimiento se hace más lento, la perturbación, siempre y cuando sea intensa, se propaga hacia abajo y se ve reflejada en los mapas de 700 hPa: circulación cerrada y mínimo de temperatura en su seno. Cuando el proceso llega hasta 850 hPa y superficie, a la DANA se le puede denominar borrasca fría aislada. Esta última representaría una parte del ciclo de vida de una DANA: una perturbación ciclónica aislada que se refleja verticalmente en todos los niveles y lleva asociado un seno de aire frío preferentemente en capas medias y bajas. Si por algún motivo meteorológico la circulación ciclónica desaparece en capas bajas (de 700 hPa hasta superficie) dentro de una borrasca fría aislada tendremos de nuevo, y según los conceptos expuestos, una DANA propiamente dicha (ver Nota 3).

Lo expuesto hasta ahora no implica solamente un cambio de nombre sino que esta nueva denominación conlleva un sentido más moderno, realista y científico que el anterior. Por lo tanto, podemos definir a una DANA como:

"Una depresión cerrada en altura que se ha aislado y separado completamente de la circulación asociada al chorro, y que se mueve independientemente de tal flujo llegando, a veces, a ser estacionaria o, incluso, retrograda (su desplazamiento es, en estos casos, de dirección este-oeste)".

Obsérvese que en esta definición los elementos fundamentales asociados a las DANAs son el aislamiento, separación y su movimiento singular, independiente de la circulación del chorro donde se generó. En este nuevo, o renovado, concepto no se hace mención alguna de sus posibles reflejos en superficie (baja cerrada, presencia de frentes, etc) ni del tiempo o efectos que potencialmente pueda llevar asociada (lluvias intensas, tormentas, rayos, etc). Como siempre, en la atmósfera se presentan multitud de perturbaciones que entran de lleno en esta acepción de DANA, cada una de ellas con sus singularidades particulares, pero en lo fundamental todas presentarán las mismas características comentadas con anterioridad.

Podríamos haber denominado a las DANAs simplemente como depresiones aisladas (o DA en su versión abreviada) sin el apelativo de niveles altos. Realmente esta sería la traducción más correcta de "cut-off low", pero hemos preferido utilizar su acepción completa de DANA porque:

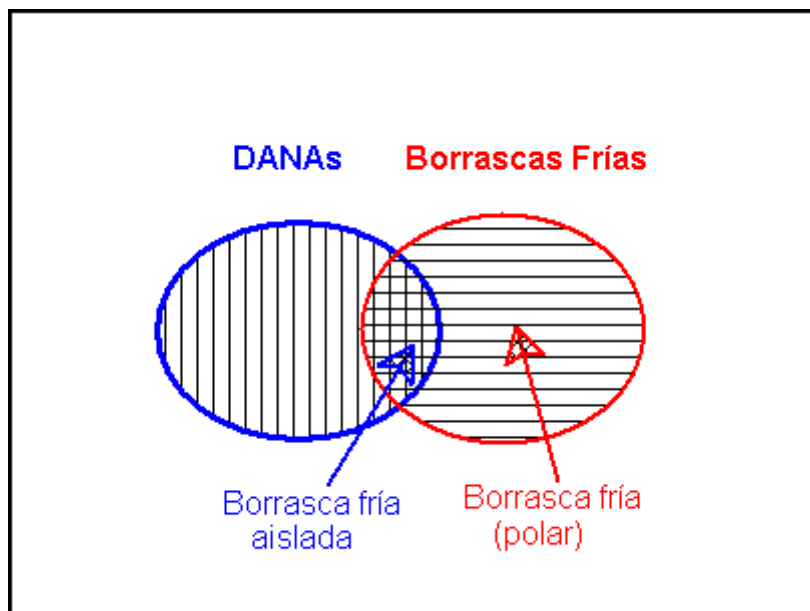
- Refuerza explícitamente el carácter del nivel de su formación: niveles altos
- Elimina la ambigüedad que se puede introducir al poderlas confundir con otras que sólo se encuentran en niveles bajos.

- Por razones históricas y de uso establecidas en el INM

Nota 3. Se introdujo el concepto de baja fría como parte del ciclo de vida de una DANA, cuando esta última tiene un reflejo en todos los niveles: desde niveles altos hasta superficie. Según la Nota 1, toda perturbación en niveles altos genera anomalías en capas inferiores y en superficie, de mayor o menor grado. Por lo tanto, y ahondando en lo comentado en el párrafo anterior, la presencia o ausencia de perturbaciones en niveles bajos o en superficie no se va a utilizar para marcar diferencias entre una DANA u otra perturbación aislada de niveles altos con reflejo en superficie. En otras palabras, una DANA será cualquier perturbación que cumpla la definición anterior, tenga o no reflejo en superficie. Con este concepto en mente se tiene que una borrasca fría aislada es una DANA. **Los técnicos en meteorología podrán y deberán distinguir diferentes tipos de DANAs:** borascas frías aisladas, ciclogénicas, subtropicales, marítimas, etc.,. Estas variedades no serán tratadas en este artículo divulgativo.

Llegado a este punto parece necesario distinguir entre las borascas frías aisladas de las propiamente llamadas borascas frías de tipo polar. Las DANAs, y refiriéndonos al hemisferio Norte, deben quedar aisladas y separadas de la circulación del chorro, situándose en su lado ecuatorial. Cuando la DANA se manifiesta o refleja marcadamente en todos los niveles y en su vertical tendremos la llamada **borrasca fría aislada**. Por otra parte, existen borascas frías que se sitúan en el lado polar de la corriente en chorro. Muchas de ellas se generan como resultado final del ciclo de vida de una depresión móvil de latitudes medias: la depresión en altura queda sobre la baja en superficie y en su vertical. A estas **borascas frías polares** se les denomina, simplemente, borascas frías para diferenciarlas de las borascas frías aisladas generadas a partir de una DANA.

En esta figura tratamos de esquematizar la relación existente entre los conceptos manejados: DANA, borrasca fría, borrasca fría aislada y borrasca fría polar.



Relación conceptual entre DANAs y Borascas frías. Ver texto para detalles

II.2.3. Concepto de DANA en relación con la Vorticidad Potencial, VP: Núcleos aislados en niveles altos de VP respecto al vórtice polar o circumpolar

Antes de comenzar este apartado hay que hacer notar que el nuevo marco descriptivo, que vamos a presentar, está algo más lejos que el nivel divulgativo que persigue este artículo. El lector que lo desee se puede quedar con la idea anterior de DANA, útil ya por sí misma. Para avanzar y entender el nuevo concepto se requieren unos conocimientos básicos de dinámica atmosférica algo más elaborados y profundos.

Hasta aquí, hemos analizado dos definiciones asociadas a las gotas frías y DANAs. En la primera, gota fría, predomina el carácter térmico, en la segunda, la DANA, el dinámico. Ambos conceptos, dinámico y térmico, están íntimamente unidos por las ecuaciones de la dinámica de los fluidos. Veamos una teoría que tiene en cuenta ambos aspectos, el dinámico y el térmico, a la vez.

Como la mayoría de los fenómenos meteorológicos, **las DANAs son perturbaciones tridimensionales** (o cuatridimensional si se incluye el tiempo cronológico). Existen dos conceptos importantes en Meteorología que se usan con relativa frecuencia, son los de vorticidad (dinámico) y de estabilidad, o inestabilidad, estática atmosférica (térmico). La vorticidad es una medida de la rotación a la que están sometidas las partículas que conforman un fluido. A mayor vorticidad, mayor es la intensidad de rotación a la que está sometido el flujo aéreo. El aire gira en torno a las borrascas de forma ciclónica y, a su vez, lo hace con la Tierra alrededor de su eje: decimos entonces que existe vorticidad ciclónica. La estabilidad estática (inestabilidad) atmosférica es una medida de la intensidad con que una partícula o burbuja del aire es devuelta a (o se separa de) su posición original cuando es sometida a un desplazamiento vertical. En condiciones de inestabilidad, cualquier burbuja que se vea desplazada verticalmente, por ejemplo hacia arriba, de su posición inicial seguirá ascendiendo. En una atmósfera estable las burbujas de aire sólo podrían realizar desplazamientos en la horizontal. En la troposfera es posible encontrarnos con áreas sometidas a fuerte inestabilidad (con ascensos y/o descensos marcados) y zonas con estabilidad (ausencia de movimiento vertical del aire). Por el contrario, la estratosfera (la capa que se encuentra por encima de la troposfera) es una zona de fuerte estabilidad. La capa que separa a la troposfera de la estratosfera es llamada tropopausa.

El producto de la vorticidad por la estabilidad estática atmosférica es lo que denominamos Vorticidad Potencial, VP. Zonas con vorticidad ciclónica positiva en áreas muy estables son áreas de fuerte VP positiva. El lector interesado en los conceptos de VP puede verlos en Hoskins et al. (1985) o en los libros de texto modernos de Meteorología para profundizar en ellos, por ejemplo, Bluestein (1992, 1993)

Las zonas ligadas al chorro en su parte polar suelen ser áreas ciclónicas con vorticidad positiva. A esta región se le denomina ***vórtice polar o circumpolar***. La tropopausa no es una capa o membrana completamente impermeable sino que en las zonas donde se sitúa el chorro (polar o subtropical) aparecen unos dobleces o rupturas, de forma que puede haber irrupciones de aire seco, cálido y estable en áreas donde predomina la vorticidad ciclónica. Estas irrupciones de aire son muy ricas en VP. El lado polar del chorro es una zona con altos valores de VP. Las zonas de penetración de aire estratosférico también son áreas de elevados valores de VP.

Cuando en niveles altos el chorro se ondula y se estrangula a sí mismo tiene lugar un proceso de aislamiento de una zona rica en VP respecto a su entorno. Por lo tanto, y conceptualmente, ***una DANA no es ni más ni menos que una anomalía de VP positiva desgajada de la zona depósito del vórtice polar***. Como la VP es el producto de dos factores es posible ver a cada uno por separado en un mapa de niveles altos: campo de vorticidad y campo de estabilidad estática. Cuando analizamos los campos de vorticidad en 300 ó 500 hPa, vemos que una DANA es un núcleo muy concentrado de vorticidad ciclónica que se ha separado de una región fuente, el vórtice polar. En este contexto tenemos que una DANA es un núcleo aislado bien definido de VP en niveles altos. Por lo tanto, podemos definir a las DANAs como vórtices ciclónicos aislados en niveles altos y ricos en VP, que se forman como consecuencia de incursiones meridionales de las circulaciones en chorro. Estos núcleos aislados de VP se mueven de forma independiente de las estructuras de VP que componen el vórtice circumpolar. Una DANA es, a fin de cuentas, una anomalía aislada positiva de VP. De lo comentado hasta ahora, tendremos un concepto dinámico-térmico más moderno de lo que es gota fría o, en su sentido más amplio, la DANA.

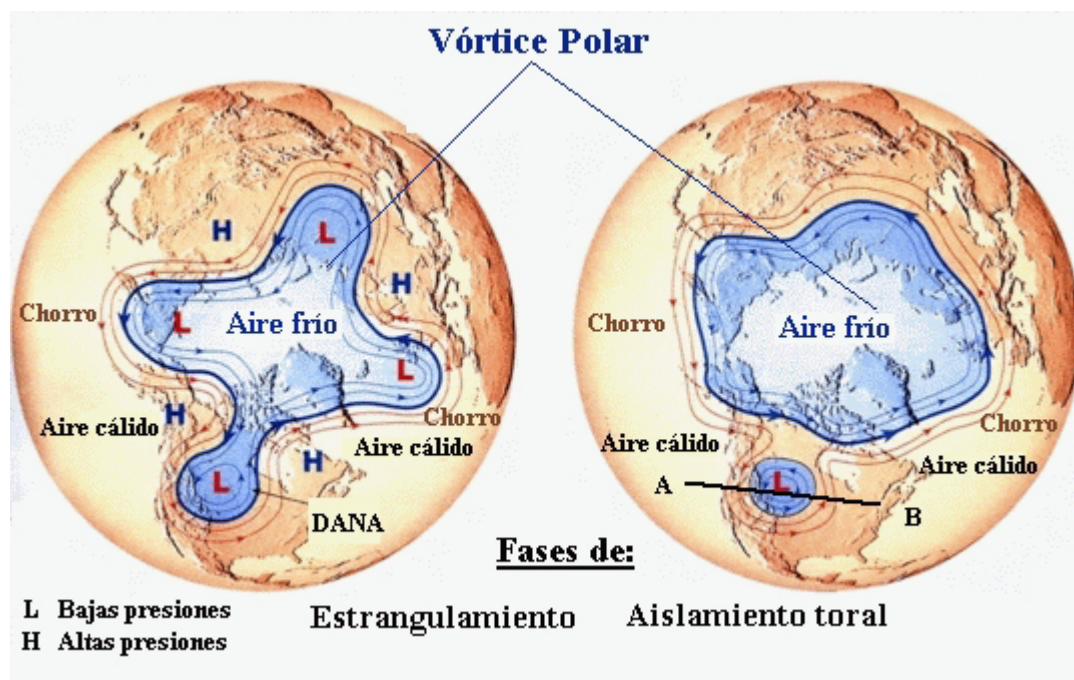


Figura adaptada de Lutgens y Tarbuk (1998). The Atmosphere. PH.

Vórtice Polar en el Hemisferio Norte: Proceso de aislamiento de un vórtice secundario rico en VP (DANA) en niveles altos de la troposfera. La DANA, en la figura de la derecha, conserva parte de las propiedades de la zona originaria pero es una entidad independiente en niveles altos, aunque su posterior desplazamiento no tenga nada que ver con los asociados a los flujos de los oestes ligados al chorro. La línea AB representa el segmento de corte realizado en una DANA para analizar su estructura vertical (ver siguiente figura).

Hay que observar que el concepto de VP lleva asociado dos ideas subyacentes: una relativa a la vorticidad (dinámica) y otra relativa a la estabilidad estática (térmica). Por una parte constituye una zona de vorticidad ciclónica cerrada y por otra una zona en niveles altos de marcada estabilidad.

La teoría de la VP introduce un hecho tremendamente innovador: *una zona rica en VP en niveles altos debe poseer, por contrapartida y debajo de ella (troposfera inferior), una zona de menos estabilidad o incluso inestable*. Este comentario enlaza con las Notas 1 y 3, en las que se hacía referencia a que toda perturbación de altura tiene un mayor o menor reflejo en superficie. De esta forma, cuando una DANA se desplaza hacia latitudes más bajas, separándose de las regiones del chorro polar, y sobrevuela mares más cálidos o tierras caldeadas por el Sol, entonces se pueden observar desarrollos convectivos de importancia en su parte central o seno de aire frío. O sea, una anomalía de VP, como es el caso de la DANA, puede generar a distancia, perturbaciones o anomalías en niveles inferiores. Algo equivalente ocurre en electrostática cuando un cuerpo cargado eléctricamente (una anomalía de carga positiva o negativa) se sitúa en las cercanías, pero alejado, de una superficie, por ejemplo metálica, induciendo una anomalía de cargas opuestas debajo de ella. Este símil inductivo entre las anomalías de VP y las cargas eléctricas ha sido presentado por varios autores. Ver por ejemplo Hoskins et al. (1985), página 910.

De todo lo comentado hasta ahora tenemos que, lo que normalmente denominamos como ***“gota fría” es sólo una parte simple de la compleja estructura de una DANA***. De la misma forma, podríamos denominarla como "gota cálida", si tomamos como referencia otro nivel superior (en rojo en la figura anterior).

El concepto de DANA, como núcleo aislado de una anomalía de VP, fue introducido de manera generalizada en el INM en los cursos de formación de Meteorólogos por Antonio García Méndez (STAP), referencias técnicas y estudios específicos a mediados de los ochenta. Aún más, definir y detectar a las DANAs, a partir de sus valores internos de VP, se ha convertido en un elemento significativo en los estudios, por ejemplo de tipo climatológicos, referidos a ellas (Hernández, 1999; Cuevas y Rodríguez, 2001, por citar algunos realizados en el INM).

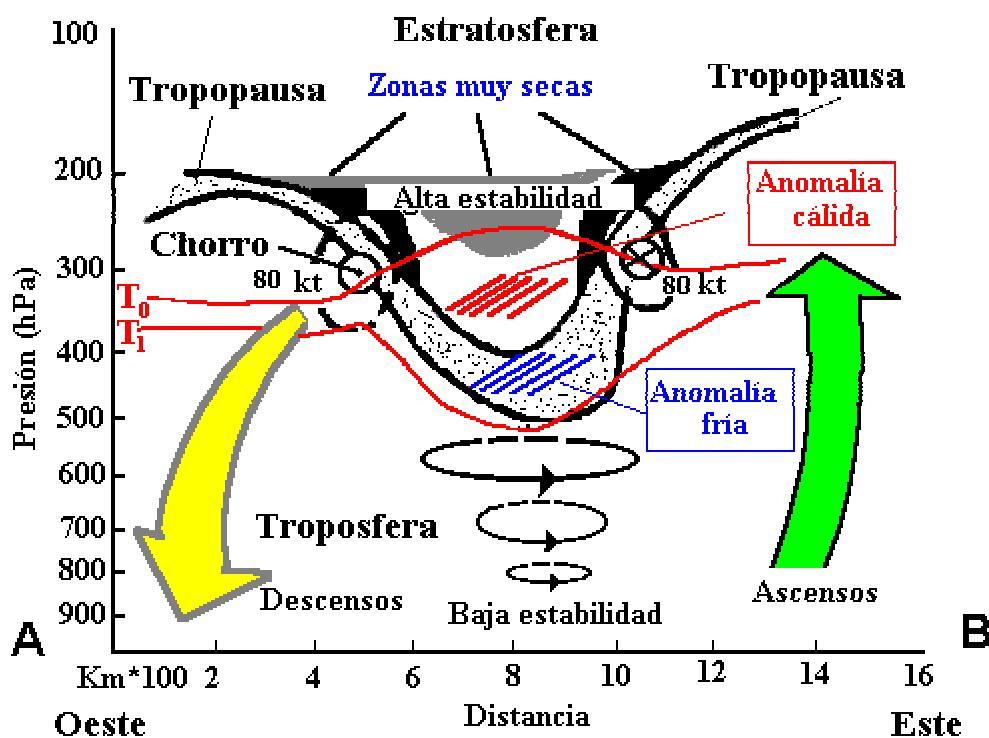


Figura adaptada de A. García Méndez

Corte vertical de una anomalía de VP, según las ideas de la Vorticidad Potencial. Una DANA esta asociada a un hundimiento generalizado y aislado de la tropopausa. Este hundimiento lleva asociado, además:

- Una circulación intensa (chorro) propia en niveles medios-altos, señalado con un " ", apuntando hacia nosotros, y una "x", alejándose de nosotros, en la figura.
- Una anomalía cálida de temperatura en niveles altos (gota cálida) y zonas de alta estabilidad.
- Una anomalía fría en niveles medios (gota fría).
- Una zona de baja estabilidad en capas bajas.
- Una circulación ciclónica cerrada en niveles medios-altos que tiende a propagarse a niveles inferiores.
- Ascensos y descensos en su parte delantera y trasera, respectivamente. El tamaño de las flechas es arbitrario y esquemático.

Obsérvese las relaciones meteorológicas de esta figura conceptual y la imagen infrarroja inicial del trabajo. El borde delantero de una DANA madura tiende a generar en su "borde de ataque" estructuras nubosas asociadas a los ascensos generalizados. En su parte trasera, predominan los descensos y ausencia de nubosidad.

III. CONCLUSIONES

En este breve trabajo hemos tratado de analizar, desde el punto de vista meteorológico, lo que se entiende como gota fría. Este es un concepto relativamente antiguo y ha sido superado por el devenir de los años. Las nuevas formas de entender los procesos de la troposfera y las nuevas herramientas observacionales nos han hecho revisar y redefinir las ideas ligadas a estos embolsamientos aislados de aire frío en niveles superiores. Creemos que el concepto de DANA, que asociamos al término anglosajón de "*cut-off low*", es más acertado y realista que el de gota fría. Al ser el concepto de gota fría poco preciso e incompleto, se entiende que debe ser sustituido por otro más moderno, "elegante" y efectivo que explique la formación y evolución de estas perturbaciones de altura de forma simple y que se ajuste a la realidad observacional.

Por todo ello, se propone que el nombre de estas perturbaciones sea el de **DANA**, en vez de gota fría.

Agradecimientos. A todos las personas que han revisado el documento y han realizado comentarios, sugerencias y críticas constructivas. No puedo reproducir aquí todos sus nombres por lo extenso que sería y seguramente se me olvidaría alguno de ellos. Este agradecimiento es extensivo tanto a las personas del INM como aquellas que lo han hecho desde otros ámbitos o estamentos meteorológicos.

BIBLIOGRAFÍA

Bluestein, H. B, 1992: Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes. Volume I. Principle of Kinematics and Dynamics. Oxford University Press, 431 pp.

Bluestein, H. B, 1993: Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes. Volume II. Observations and Theory of Weather Systems. Oxford University Press, 594 pp.

Cuevas, E., y Rodríguez, J., 2001: Estadística de las depresiones aisladas en niveles altos. V Simposio Nacional de Predicción. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid. Centro de Publicaciones, Secretaria General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Disponible en la página web del [INM](#) (>> Divulgación Meteorológica>> V Simposio Nacional de Predicción).

Hernández, A., 1999: Un estudio de las depresiones aisladas en niveles altos (DANAs) en el sudoeste de Europa basados en mapas isentrópicos de Vorticidad Potencial. IV Simposio Nacional de Predicción. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid. Centro de Publicaciones, Secretaria General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente, pp. 235-240. El resumen se puede ver en la Página web del [INM](#), Divulgación Meteorológica, apartado del IV Simposio de Predicción.

Hoskins, B.J., McIntyre, M.E. and Robertson, A. W., 1985: On the use and significance of isentropic potential vorticity maps. Quart. J. R. Met. Soc., 111, pp 877-946.

Llasat, M.C., 1991: Gota fría. Editorial Boixareu Universitaria, 165 pp.

Medina, M., (1976): Meteorología básica sinóptica. Editorial Paraninfo, 320 pp.

Palmén, E., (1949): On the origin and structure of high-level cyclones south of the maximum westernlies. Tellus, 1,1 pp 22-31.

Palmén, E. and Newton, W. (1969): Atmospheric circulation systems. Academic Press, New York.

Glosario

Convección del núcleo frío

Convección asociada a la inestabilidad térmica originada por la presencia de un núcleo frío en altura.

Chorro (jet) polar

Cinturón de vientos intensos y, preferentemente, zonales concentrados dentro de la alta troposfera, baja estratosfera, en una banda relativamente estrecha. El “jet” polar se sitúa en latitudes medias y a una altura de unos 9-10 km., soplando con intensidades de 150 km/h ó más. Esta circulación bordea al Vórtice circumpolar.

Chorro (jet) subtropical

Cinturón de vientos máximos, equivalente al chorro polar, pero situado sobre latitudes subtropicales, digamos a unos 13 km. de altura aproximadamente. La intensidad de sus vientos no suele ser tan intensa como el chorro polar. Esta circulación no bordea a ningún tipo de Vórtice equivalente al polar.

Estabilidad

Medida, grado o estado que posee la atmósfera para impedir los movimientos verticales de una burbuja de aire cuando ésta es desplazada de su posición original en la vertical.

Estratosfera

Capa que descansa sobre la troposfera y separada de ella por la tropopausa. Su extensión vertical es de 12 a 50 km. Se caracteriza por un incremento de la temperatura con la altitud y una alta estabilidad que impide los desplazamientos del aire, estando libre de nubes y meteoros. Dentro de esta capa existe otra menor de alto contenido en Ozono; es la ozonósfera. La estratosfera está separada de la capa superior, la mesosfera, por la estratopausa.

Gota fría

Embolsamiento de aire frío bien definido y persistente situado en niveles medios de la troposfera, separado o desprendido de la zona fuente desde donde se originó. Es una parte de un concepto más amplio y realista al que le denominamos DANA.

DANA

Depresión Aislada de Niveles Altos originada por el aislamiento de un ramal del chorro, polar o subtropical, que posee un movimiento completamente independiente del flujo que lo generó. Estas perturbaciones son ricas en Vorticidad Potencial, VP. Desde el punto de vista del Vórtice circumpolar, una DANA es una zona bien definida, persistente, desgajada y aislada de dicho Vórtice, situada en latitudes más bajas y que posee un desplazamiento propio e independiente del flujo de los oestes.

Algunas variantes técnicas de DANA:

Borrasca fría aislada. Aquella que posee un reflejo marcado en la vertical y en todos los niveles de la troposfera.

Marítima. DANA situada sobre una amplia zona acuosa y donde los efectos e interacciones con las masas terrestres continentales sean despreciables o mínimos. En contraposición está la de tipo continental.

Subtropical. Dícese de la DANA que se origina por estrangulamiento y aislamiento del chorro subtropical. El concepto de DANA debe estar asociado, en principio, al chorro o circulación polar, por defecto.

Ciclogénica. Aquella que en su movimiento, o en su interacción con otros factores no atmosféricos (orográficos, costeros, etc), genera o profundiza un seno depresionario en superficie.

Retrograda. La que posee un movimiento opuesto al flujo de la corriente en chorro que la generó y, por lo tanto, se desplaza hacia el oeste.

Dorsal

Área asociada a una circulación anticiclónica y de altas presiones donde las isobaras no se cierran.

Inestabilidad

Medida o estado que posee la atmósfera para acelerar a una burbuja de aire cuando ésta es desplazada de su posición original en la vertical.

Núcleo cálido

Paquete o zona de aire muy cálida a un nivel determinado de la troposfera, normalmente situado en el centro de un sistema de presión.

Núcleo frío

Paquete o zona de aire muy frío a un nivel determinado de la troposfera, normalmente situado en el centro de un sistema de presión.

Vaguada

Área asociada a una circulación ciclónica abierta y de bajas presiones. (Las isobaras no están cerradas).

Vorticidad

Medida del grado de rotación a la que están sometidas las partículas o elementos de un fluido. En los mapas de análisis y predicción se suele referir a la componente vertical de la rotación. Por convenio vorticidad positiva se asocia a rotación ciclónica y negativa a anticiclónica.

Vórtice polar o circumpolar

Zona amplia de circulación ciclónica en la media-alta troposfera y baja estratosfera centrada en las regiones polares. Su forma no asimétrica muestra, normalmente, ondulaciones en forma de vaguadas y dorsales. Esta región es rica en vorticidad potencial. Ocasionalmente se pueden desprender y aislarse de él, persistentes y bien definidas burbujas o anomalías de VP que irrumpen en latitudes más bajas: son las llamadas DANA.

Tropopausa

Capa delgada que separa la troposfera de la estratosfera. Se caracteriza por un cambio brusco de la temperatura con la altura pasando en su base de decrecer la temperatura con la altura (en la troposfera), a ser nulo dicho cambio, para pasar a ser positivo en su parte más alta. Esta capa no es continua, existiendo rupturas en determinadas regiones donde se encuentran los chorros. En estas zonas existe un intercambio de aire entre la estratosfera y troposfera.

Troposfera

Capa atmosférica que va desde el suelo de la Tierra hasta la tropopausa y que se caracteriza por un decrecimiento continuo de la temperatura con la altura (excepto en las inversiones). Es la capa donde se producen los fenómenos meteorológicos más sensibles para el ser humano.
