

000106

LA TEORIA HYDROTERMODINAMICA
DE LOS
TORBELLINOS ATMOSFERICOS

Ante el problema de las variaciones de
TEMPERATURA DEL AIRE

POR EL

R. P. MARC DECHEVRENS. S. J.

Director del Observatorio de St. Luis
JERSEY
Antiguo Director del Observatorio de Zi-ka-wei, en China.

Traducción de MARIANO LEAL,

Director del Observatorio Meteorológico de León, Gto. México.



LEON

TIPOGRAFIA DE VICENTE GOMEZ RAMIREZ

1905



LA TEORIA HYDROTERMODINAMICA
DE LOS
TORBELLINOS ATMOSFERICOS

Ante el problema de las variaciones de
TEMPERATURA DEL AIRE

POR EL

R. P. MARC DECHEVRENS. S. J.

Director del Observatorio de St. Luis
JERSEY

Antiguo Director del Observatorio de Zi-ka-wei, en China.



Traducción de MARIANO LEAL,

Director del Observatorio Meteorológico de León, Gto. México.



LEON

TIPOGRAFIA DE VICENTE GOMEZ RAMIREZ

1905

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHILIPPS ANDERSON

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

CHICAGO, ILLINOIS

1911

PRINTED IN GREAT BRITAIN

BY RICHARD CLAY AND COMPANY, LTD.

BUNGAY, SUFFOLK, ENGLAND

U.S.A. OFFICE: 505 N. DEARBORN ST., CHICAGO, ILL.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

U.S.A. OFFICE: 100 N. WASHINGTON ST., NEW YORK, N.Y.

LA TEORIA HYDROTERMODYNAMICA DE LOS TORBELLINOS ATMOSFERICOS

ANTE EL PROBLEMA DE LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA
EN LA ATMOSFERA.

Además de las variaciones periódicas y regulares de temperatura dependientes de la marcha natural de las estaciones, sensibles tanto en las montañas como en los valles, se observan otras particulares accidentales, grandes frecuentemente, pasajeras siempre; y los datos recogidos por los globos sondas en las profundidades del aire, nos enseñan que en esas perdidas regiones tambien se sienten esas variaciones, y de una manera muy notable.

Hace 50 ó 60 años que se han emitido muchas teorías para explicar y fijar la causa de esas variaciones; tendremos que citar algunas en el curso de este estudio, que tiene por objeto exponer nuevamente la TEORIA HYDROTERMODYNAMICA, que es la única que puede mantenerse firme ante los descubrimientos hechos recientemente en la alta atmósfera.

PRIMERA PARTE

Distinción y formación de los torbellinos atmosféricos.

DOS ESPECIES DE TORBELLINOS.—Los caracteres distintivos de un torbellino atmosférico son una variación anormal de la PRESION y un movimiento giratorio del conjunto: los hay de dos especies. Los que llamaremos PRIMARIOS se originan en la superficie terrestre, por aumento ó disminución de temperatura; los SECUNDARIOS, á cuya formación concurren las capas bajas y altas del aire, en una capa media que no podrá limitarse netamente y cuya altitud debe referirse, segun las observaciones en globo á 6000 ó 7000 metros.

TORBELLINOS PRIMARIOS:—Tambien son de dos especies: fijos estables, y relativamente pasajeros ó estacionales.

Son estables los vastos sistemas giratorios que, con toda justicia, se han llamado «Grandes Centros de Acción Atmosférica» y que son la resultante de la distribución general del calor, entre el Ecuador y los Polos, y de la rotación del globo: son estacionales los sistemas de bajas y altas presiones que, la no homogeneidad de la superficie terrestre, hace sucederse de una á otra estación en los continentes y en los grandes mares, alternativamente calientes y frios.

La manera como se generan los torbellinos primarios es sencilla: en una superficie con exceso positivo ó negativo de temperatura se dilata ó se contrae el aire mas profundamente; en el primer caso, levantándose las capas de aire, hacen bajar la presión en un lugar determinado, bajo, y subir en otro correspondiente, alto: en el segundo, bajando las capas de aire, hacen subir la presión abajo y bajar arriba.

Cuando están próximos dos de estos sistemas contrarios, las masas de aire que se levantan en uno se derraman, digámoslo así, en la cavidad que dejan, al bajar, las otras; se establece una doble circulación entre las dos superficies; de la caliente á la fría por arriba, y de esta á aquella por abajo, desviando la rotación de la tierra las diversas corrientes horizontales, á la derecha en el hemisferio N. constituyéndose así dos torbellinos primarios que giran en sentido contrario.

He aquí ahora la génesis de los grandes centros de acción atmosférica.—El primer efecto de la rotación de la atmósfera con el globo que cubre, es llevar mucho aire del casquete polar al Ecuador: los excesos de frío polar y de calor ecuatorial exajeran el gradiente ó desnivel atmosférico en las regiones extremas; pero la gran curvatura de los meridianos impide el establecimiento de una circulación netamente caracterizada de el Ecuador á los polos por arriba y del polo al Ecuador en la superficie terrestre; el exceso ecuatorial se derrama hacia uno y otro lado; pero la corriente de aire no pasa de los trópicos, deteniéndose esas masas de aire entre los grados 30 y 35 de latitud, haciendo subir allí fuertemente la presión y estableciéndose inmediatamente una corriente entre las extremidades de la zona tropical y el Ecuador, produciéndose así, abajo el alisio del N.E. y del E. y arriba el contra alisio del S.W. y del W.

Las grandes diferencias de temperatura que se obser-

van, sobre todo en invierno, entre los continentes y los oceanos, modifican esas disposiciones generales: el casquete de las bajas presiones, que debería estar en el mismo polo, se ha repartido en dos areas que ocupan la parte N. del Atlántico y del Pacífico hacia el paralelo 60, sucediendo lo mismo con la zona de las altas presiones del paralelo 35, que se han dividido en dos areas de alta presión que suben, una hasta la mitad de la América del N. y la otra hasta la Siberia Asiática.

Así quedan formados dos cyclones primarios sobre los oceanos y dos anticyclones, tambien primarios sobre los continentes.

Esta es la situación general de donde saldrán los torbellinos secundarios.

TORBELLINOS SECUNDARIOS. — Tienen una constitución esencialmente distinta de la de los primarios con los que solo tienen de comun el movimiento giratorio propio de todo lo que se mueve en la superficie terrestre y las inevitables circulaciones entre las areas de presiones diferentes.

Respecto á las presiones ejercidas en la superficie del globo, son semejantes en las dos clases de torbellinos; porque así como hay cyclones y anticyclones primarios tambien los hay secundarios; distinguiéndose en que, en lugar de que la presión suba ó baje con la altitud como en los primarios, se mantiene baja ó alta en toda la columna; y baja, aun con la altura, hasta cierta altitud en el cyclón y sube en el anticyclón.

Cosa muy distinta pasa con la temperatura en cada una de las dos columnas; un cyclón primario no se sostiene sino cuando la temperatura de toda la columna es constantemente superior á la del medio ambiente; y para el anticyclón primario es preciso que la columna sea siempre mas fria que el medio que la rodea. En un cyclón secundario hace calor cerca del suelo; pero, al elevarse el aire, la temperatura baja rápidamente y cuando llega á la altura de 6000 á 7000 metros, se encuentra notablemente inferior á la normal de esa elevada capa: en el anticyclón secundario, generalmente hace frio en el suelo, y al elevarse el aire, se eleva tambien la temperatura, llegando á ser á esa altura de 6000 á 7000 metros, notablemente superior á su normal.

Un último carácter distintivo de estas dos especies de torbellinos, es que los primarios, van debilitándose con la disminución de diferencia de temperatura á medida que se elevan, no pasando esa altura de 6.000 á 7.000 metros;

y los secundarios se encuentran en pleno desarrollo; porque allí se originan y no en la superficie de la tierra.

Desde el momento en que los torbellinos secundarios no nacen de condiciones particulares que afecten las partes bajas del aire, son independientes de esas condiciones: originados en el seno de una vasta corriente superior, que ocupa todas las zonas templada y glacial y que va incesantemente de W. á E., estos torbellinos se mueven con esa capa que los arrastra hacia el E. al derredor del polo á la manera de flotadores.

FORMACION DE LOS TORBELLINOS SECUNDARIOS.—Hecha, como lo está, la teoría de los torbellinos primarios, queda por hacer ó aceptar si ya está hecha, la de los secundarios; fin á que tiende éste estudio.

En los E. U. donde tanto se ha adelantado en Meteorología, es en donde parece estar mas atrazada la cuestión del origen de los torbellinos secundarios; puesto que se ha vuelto ó casi, á la teoría del americano Espy; teoría que por razones verdaderamente graves se ha abandonado universalmente. Espy, en un principio no distinguía los torbellinos primarios de los secundarios confundiéndolos en el mismo dictado. Es curioso que en la misma Europa los meteorologistas que apoyan la idea de que los torbellinos móviles se originan en una capa atmosférica alta y que, por su misma altitud, se encuentren en condiciones distintas de la superficie del suelo, no se preocupen de la manera de sostener estos principios y recurran á la teoría de Espy para explicar la existencia de los torbellinos secundarios.

TEORIA HYDROTERMODINAMICA DEL AUTOR

PAPEL DE LOS TORBELLINOS SECUNDARIOS.—Para el autor los torbellinos secundarios son el resultado de la lucha entre las grandes fuerzas generales del globo en rotación calentado por el sol en el Ecuador, fuerzas que tienden á dar y á conservar á la atmósfera su equilibrio normal, y las diferencias de temperatura entre los continentes y los mares en la superficie de la tierra que son los agentes de la perturbación.—Cada cyclón errático empuja por una parte, por decirlo así, una porción de las bajas presiones concentradas anormalmente en uno ú otro oceano caliente y las lleva á la región polar, su lugar natural.—Cada anticyclón errático es, por otra parte, un fragmento de altas presiones trasportadas anormalmente á las regio-

nes frías y que vuelve á la zona tropical de donde se había desprendido.

Tal es la idea guiadora en esta investigación de la causa original de los torbellinos.

¿Cuáles son, pues, los dos luchadores encargados de representar las fuerzas antagonistas y cual el limitado campo de la lucha?

Tenemos en favor del equilibrio normal de la atmósfera la gran corriente superior del W. al E., de espesor considerable, sobre las dos zonas templada y glacial; siendo difícil precisar su límite inferior, por los grandes trastornos á que están sujetas las capas bajas; pero que, en algunos países, como los Estados Unidos y China, bajo hasta 300 metros é invade las mas altas regiones que hasta hoy han visitado los globos y pasa de 25.000 metros.

El equilibrio anormal es sostenido por los torbellinos primarios cuya influencia, completamente de inercia, por decirlo así, se hace sentir hasta mas allá de las mas altas montañas, donde se observan fuertes gradientes de presión y de temperatura en relación con los de la estación.

Probablemente el limitado campo de la lucha á esta altura de 6.000 á 7.000 metros donde, en Europa por lo menos, como despues veremos, se presentan con un carácter de intensidad máxima que es casi simétrica arriba y abajo, se borran y se trasforman dejando la impresión de un doble movimiento giratorio en sentido contrario, nacido en esta capa.

LA LUCHA TERMINA CON LA FORMACION DEL CYCLON Y ANTICYCLON SECUNDARIOS.—Solo podremos dar aquí indicaciones generales; pues seria temerario pretender dar detalles de fenómenos tan grandiosos y tan poco accesibles á nuestras observaciones directas: las circunstancias que acompañan á la formación de estos torbellinos secundarios deben ser tan múltiples y variables como las mismas condiciones de la superficie donde reposan los torbellinos primarios; tan múltiples y variables como sus mismas fisonomías cuando ya están formados y en marcha,

He aquí lo que de una manera general debe pasar, segun entendemos.

Supongamos para fijar las ideas, dos torbellinos primarios bien constituidos; un cyclón en un gran mar, el Pacífico Norte por ejemplo, y un anticiclón en un continente como el territorio de los Estados Unidos.—A pesar de los derrames laterales, que podemos despreciar, se levanta la masa cyclónica y penetra bastante arriba en

las regiones superiores del aire como una inmensa protuberancia, cuya densidad fuera bastante fuerte en sus partes mas elevadas.—Al contrario, la masa anticiclónica es fuertemente deprimida y ahondada en forma de cuenca, debiendo ser considerable el gradiente de uno á otro centro.

Aquí tenemos ya dos de estas protuberancias en la zona comprendida entre los paralelos 40 y 60, alternados con dos cuencas.

Figurémonos ahora la marcha de la gran corriente del W. adelantándose, algo entorpecida, en su parte baja por esos obstáculos que encuentra en su camino y teniendo que precipitarse en la cuenca de la depresión despues de haber remontado una eminencia. ¿Qué sucederá? Las masas que se han levantado mas, no permanecen firmes sino que su equilibrio es inestable y la formidable corriente no les permite levantarse inútilmente, sino que se abatirá el obstáculo, se dispersará y sus restos rodarán como precipitados en la cavidad superior que á su vez se colmará.

Véamos ahora las consecuencias de esta victoria: toda la cabeza del ciclón primario se ha abatido como si se hubiera producido un grande y rápido vacío en esta región del aire; porque las masas de la corriente que la atraviesan no tienen la densidad de las que han desaparecido: trayendo como primera consecuencia un enfriamiento general: en seguida las masas inferiores de la columna ciclónica que solo se mantenían por la fuerte presión superior, hacen como explosión y se extienden, girando en el espacio abandonado, mezcladas á las masas que se han distendido mas arriba y bajan á la vez que las de abajo suben.—Estos diversos movimientos acaban por constituir dos remolinos ciclónicos sobrepuestos, de intensidades desiguales, siendo mas importante el inferior por ser la exageración del ciclón primario transformado: se ha disminuido la presión en toda la altura, hasta en la superficie del suelo correspondiente á la misma protuberancia; llegando á hacerse tumultuosas las corrientes tanto las horizontales como las verticales.

Tambien, por efectos contrarios, se transforma el anticiclón primario en secundario; la presión, que arriba era débil, se ha aumentado con la acumulación de las grandes masas que han venido de la protuberancia y que han arruinado á la corriente principal, habiendo debido invadir esta región un fuerte desprendimiento de calor. Además, bajo el exceso de presión se forman corrientes verticales ascendentes en las capas superiores donde la

presión era débil; pero sobre todo las que descienden por las capas superiores se han reforzado, activando al mismo tiempo las corrientes superficiales de salida.

En fin, lejos de debilitarse el cyclón y el anticyclón con tantos trastornos y transformaciones, se han estrechado y en lugar de dos sistemas fijos y tranquilos, tenemos dos torbellinos perfectamente constituidos, que no tienen liga alguna con el suelo y que están listos para seguir la corriente superior, de que no son mas que una parte muy agitada en estos momentos.

ALGUNAS CONSECUENCIAS DE LA TRANSFORMACION DE LOS TORBELLINOS PRIMARIOS EN SECUNDARIOS.—La destrucción repentina del andamiaje de alta presión que sostenía al cyclón primario, ha sido la causa principal del enfriamiento que ha seguido á ese trastorno en esa elevada región; lo mismo que el amontonamiento de masas sobre el anticyclón primario da cuenta clara del calentamiento producido.—Se explican tambien los exajerados frios que se observan al pié de este cyclón transformado; porque activándose demasiado en todas direcciones las corrientes de salida, se produce tambien una dispersión de aire, análoga á la de la parte alta del cyclón, hacia los dos lados, que es lo que produce ese frío.

La teoría y la observación están tambien de acuerdo en demostrar que las masas de aire venidas de todas direcciones, se comprimen cerca del eje antes de elevarse por allí; explicando este movimiento de concentración el calentamiento particular propio de esta parte de la columna cyclónica.—Estos mismos principios deben aplicarse á las regiones mas altas de los dos torbellinos superiores: en el cyclón las corrientes se juntan antes de descender y se calientan; en el anticyclón las masas que suben se dispersan y se enfrian. Ya veremos que las observaciones en globo confirman plenamente esta explicación, acusándose las mismas temperaturas: otros fenómenos peculiares de estas altísimas regiones, como la formación de los cirrus, apoyan tambien la teoría de las variaciones térmicas en y por las corrientes horizontales.

El territorio de los Estados Unidos, por ser frío naturalmente, en invierno, es el asiento de un anticyclón primario; su transformación en secundario ha debido exajerar el frío superficial, dándole mas extensión la movilidad del nuevo torbellino; siendo esta la única manera de explicar las famosas ondas frías que asolan este país hasta las costas del Golfo de México y hasta la Florida: estas mismas ondas frías se ceban en tierras chinas hasta

la embocadura del Yang-tze-Kiang; porque las vastas y áridas comarcas de la Mongolia y de la Siberia, siendo el asiento de un enorme anticiclón primario, producen muy frecuentes é importantes anticiclones secundarios.

Estas ondas frías son desconocidas en Europa, principalmente en los lugares próximos al Oceano: lo que mejor podría allí producirse serían las ondas de calor que acompañan á las depresiones barométricas, es decir á los cyclones secundarios que vienen del Oeste marítimo.— La temperatura relativamente alta, producto de uno de los dos cyclones primarios, grandes centros de acción de la atmósfera, en el Atlántico Norte; aumenta con la formación del cyclón secundario; y á esta circunstancia se debe ver frecuentemente, en invierno, igual temperatura formando la misma isoterma en todas las costas de Europa, desde Argel en Africa hasta Bodö y Tromso en Laponia, con una extensión de casi 3500 kilómetros en latitud.

Las masas de aire que se abaten en una depresión anticiclónica primaria pueden adquirir la velocidad suficiente para hundirse profunda y oblicuamente en las masas subyacentes y descender hasta el suelo. ¿No será esto el origen y la causa de los tornados tan frecuentes y terribles de los Estados Unidos y de esas cintas de granos, con ó sin tormenta, que de ordinario reemplazan á los tornados en Europa?

PERSISTENCIA Y MANTENIMIENTO DE LOS TORBELLINOS SECUNDARIOS.—La gran agitación que sucede á la transformación de los torbellinos primarios en secundarios no podría calmarse *pronto* en un medio tan elástico como la atmósfera; y puesto que, por el momento ha desaparecido todo obstáculo, la corriente vuelve á seguir su marcha hacia el oriente, á pesar del trastorno de sus masas inferiores y medias, que continuarán girando; pero pronto se encuentra una nueva protuberancia y mas lejos otra depresión aerea: ademas fuera de los continentes existen tambien tierras mas ó menos aisladas y bastante extensas para que puedan ser asiento de anticiclones de menor importancia; lo mismo, fuera de los oceanos, en medio de los continentes, se encuentran tambien vastas superficies líquidas propias para engendrar cyclones primarios: parece bastante esto para explicar como los movimientos giratorios, una vez engendrados en la masa de la gran corriente pueden mantenerse, fortificarse, dividirse á veces y seguir una carrera bastante larga.

SUERTE RESERVADA A LOS TORBELLINOS SECUNDARIOS.—

Después de la partida de los torbellinos secundarios, las superficies del globo vuelven con bastante rapidez á las condiciones de temperatura que convienen á su naturaleza y á la estación; para empezar á formarse de nuevo torbellinos primarios; pudiendo considerarse á los secundarios como flotadores en el seno de la corriente principal: ya veremos en la segunda parte que el cuerpo del ciclón es mas ligero y el del anticiclón mas pesado que la masa atmosférica ambiente: en estas condiciones, en virtud de la fuerza centrífuga que desarrolla la rotación del globo con su cubierta gaseosa, envía al flotador ligero ó ciclón hacia el polo, y al pesado ó anticiclón hacia el Ecuador; contribuyendo así, la desaparición final del ciclón en la región polar, á restituírle las bajas presiones que se habían desviado y localizado en el paralelo 60: y la absorción del anticiclón por las altas presiones de los trópicos vuelve á esta zona una porción de esas altas presiones que de allí se habían separado para fijarse sobre los continentes.

PRUEBAS DE LA EXISTENCIA DEL TORBELLINO SUPERIOR.—

En la teoría de Espy los torbellinos móviles provenían solamente de la diferencia de temperatura entre dos comarcas mas ó menos próximas y no había que buscar un torbellino superior sobrepuesto al de las capas inferiores, pues no había razón para ello: pero todas las teorías que asignan su origen á los torbellinos móviles en una capa elevada del aire, deben admitir la existencia del torbellino superior; puesto que las capas atmosféricas situadas arriba de ésta capa son tan susceptibles como las de arriba de reaccionar y sufrir el contra golpe de las acciones que modifiquen el equilibrio de esta capa media.

Véamos ahora otras pruebas que nos suministran los hechos de observación.

1ª En invierno, el estado normal en los Estados Unidos, es el de un anticiclón primario de profundidad relativamente débil á causa de la fuerte depresión en sus partes centrales; lo que quiere decir que la corriente del Oeste baja muy poco en estos países fríos pudiendo conservar una velocidad bastante grande y por consiguiente los torbellinos secundarios no podrán estorbar su marcha y serán menos profundos que en Europa, sabiéndose ya el por qué. Efectivamente, Mr. Bigelow, del Weather Bureau, ha encontrado ya sin que se dé cuenta de ello, por cierto, que entre 3000 y 4000 metros de altura hay trazas evidentes del torbellino superior, durante las altas

presiones: véamos lo que escribía en 1902 (M. W. B. R.) sobre el resultado de un análisis de la dirección de las nubes arrastradas por la corriente superior: «existe notable simetría en la configuración, en conjunto, del torbellino anticyclónico, particularmente en las regiones mas altas y en las mas bajas: las corrientes son netamente divergentes en las dos extremidades de la columna y tangenciales en su medio.»—Esta notable simetría no puede explicarse de otra manera que admitiendo dos torbellinos simétricos y sobrepuestos.

2ª En Europa, donde es mas notable la influencia del gran cyclón primario del Atlántico Norte que la del anticyclón primario asiático, la corriente superior es débil y se levanta demasiado por la gran altura de la columna cyclónica: debe elevarse hasta la región de los cirrus, pues allí se notan claras las manifestaciones de esa simetría entre las corrientes giratorias mas altas y mas bajas: además, como veremos en la segunda parte al hablar de las temperaturas de esas altas regiones, se conservan las mismas particularidades de dirección en ciertos rumbos, al derredor del centro de las bajas y de las altas presiones; ya sea que se consideren las componentes giratorias en los Estados Unidos; ó las direcciones de los cirrus en Europa; y estas particularidades solo se explican admitiendo la existencia de los torbellinos sobrepuestos.

SEGUNDA PARTE

Acciones dinámicas y temperaturas en los torbellinos secundarios.

Los torbellinos secundarios ó móviles son verdaderas máquinas termógenas: desde las partes mas bajas hasta las mas altas á donde han podido llegar los globos sondas, se han encontrado tan distintas temperaturas en las areas de bajas y de altas presiones y tan curiosamente distribuidas que es imposible explicarlas de otra manera que por acciones mecánicas; pero para ésta explicación fracasaron las teorías en que interviene el gran principio de la termodinámica de los gases; sobre todo despues de los descubrimientos de los últimos años: en cambio la teoría hydrotermodinámica que desde hace 20 años venimos recomendando á los meteorologistas, dá clara y neta explicación de todas las particularidades de los fenómenos térmicos observados en los torbellinos atmosféricos.

En las páginas siguientes queremos demostrar en donde está la falta de las teorías mecánicas que no admiten acciones dinámicas mas que para las corrientes verticales y porqué, al contrario, se recomienda la teoría hydrotermodinámica que atribuye la mayor eficacia á los movimientos horizontales.

1.—GOLPE DE VISTA GENERAL SOBRE LA DISTRIBUCION DE LAS TEMPERATURAS EN LOS TORBELLINOS.

LAS CORRIENTES.—Los dos sistemas giratorios, el cyclón y el anticyclón son siempre complementarios: el movimiento giratorio, debido á las causas originales, tiende sin cesar á vaciar, por su medio, á la columna cyclónica, disminuyendo en esa región su peso y su presión, obligando, al mismo tiempo, al aire que de allí sale á entrar por la región media tambien de la anticyclónica, cuyos peso y presión aumentan: el exceso de presión en la región media obliga al aire á salir por los extremos superior é inferior de la columna, volviendo á entrar á la circulación giratoria por el pié y por la cabeza tambien de la columna cyclónica de baja presión. Debemos hacer notar que las corrientes giratorias de salida del aire de una columna son esencialmente divergentes y las de entrada convergentes; de suerte que hay divergencia y dispersión del aire en el medio de la columna cyclónica y en los extremos de la anticyclónica; con convergencia y concentración de aire en el medio de esta última y en los dos extremos de la primera.

En cuanto al sentido de las corrientes verticales, con esto quedan bien determinadas: son ascendentes en el cyclón inferior y en el anticyclón superior, y descendentes en el cyclón superior y en el anticyclón inferior.

La importancia relativa de estas dos especies de corrientes se desprende de los hechos siguientes: primero que las corrientes horizontales son la causa del movimiento giratorio del conjunto; y segundo que su desarrollo es enorme comparado con el de las corrientes verticales: cerca de la superficie terrestre las corrientes verticales, propiamente dichas, tienen una sección muy pequeña y una altura de mas de 7 kilómetros; mientras que el area donde se despliegan las corrientes paralelas al horizonte, en el cyclón, alcanzan á 800.000 kilómetros cuadrados de superficie con un radio de 500 kilómetros; además la velocidad del aire es verdaderamente despreciable comparándola con la horizontal al derredor del eje del cyclón.

No son inútiles estas observaciones que utilizaremos cuando señalemos la causa de las variaciones de temperatura, que encontremos en las acciones dinámicas de los movimientos del aire.

LAS TEMPERATURAS.—Estando ya dibujadas y bien localizadas las corrientes que forman un torbellino completo; quedan de la misma manera las diversas temperaturas que las acompañan. En el esquema puede observarse fácilmente que las mayores diferencias, positivas ó negativas, con las temperaturas normales, que es lo que hemos querido indicar con los signos + y — quedan localizadas justamente en lo que llamaremos las desembocaduras de los torbellinos.

Hay centros de reunion de las masas aéreas por las vías horizontales, y de salida por las verticales; y centros de llegada por las verticales y de salida por las horizontales; á los primeros corresponden las temperaturas mas altas relativas y á los segundos las mas bajas: á los primeros corresponden tambien las presiones mas altas en cada una de las dos columnas, como adelante lo demostraremos, y las mas bajas á los segundos.

¿No se explican unas con otras estas dos particularidades de las desembocaduras?—Si hay aumento de presión en algunos puntos, debe ser evidentemente en los de entrada y no en los de salida de aire, y como consecuencia de esta entrada, que se hace horizontalmente, la temperatura se eleva: de la misma manera si disminuye la presión en ciertos puntos es debido á la salida mas bien que á la entrada de aire y como consecuencia de la salida, que tambien se hace horizontalmente la temperatura baja.—Una de dos cosas, ó las corrientes y las temperaturas de los movimientos giratorios no son las que muestra el esquema, ó unicamente deberemos referir las elevaciones de temperatura á las corrientes horizontales y el abatimiento á la dispersión de estas mismas corrientes horizontales. Si las corrientes verticales pudieran tener alguna influencia en este punto, producirían mas bien los efectos térmicos contrarios á los que resultan de todas las acciones dinámicas en juego.

Muy difícil sería imaginarse otra disposición de las corrientes; porque, antes que todo, consideramos las componentes giratorias desprendidas del medio de las corrientes generales que envuelven y arrastran á los torbellinos: afecta menos al torbellino inferior su envoltura, porque el superior, todo, está encerrado en la gran corriente del

W. al E. y todavía allí veremos subsistir las mismas relaciones de temperatura de las componentes giratorias. Teóricamente, la temperatura media del cuerpo del anticiclón debería ser superior á la del cyclón, puesto que su presión media es en realidad mayor y esto no por exceso de temperatura sino porque es mayor su masa total; pero es de admitirse que la temperatura media de las dos columnas es la misma que la del medio ambiente en virtud de la radiación hacia el espacio en tan largo trayecto y de la mezcla constante de las masas del derredor que avanzan mas rápidamente que el torbellino y de la gran lentitud de todos los movimientos verticales; siguiéndose de aquí que todas las diferencias actuales, respecto de la temperatura normal en cada nivel, solo deben depender de las acciones dinámicas efectivas allí ejercidas: sería inútil buscar en cada nivel otras acciones dinámicas distintas de las que provienen de los movimientos horizontales de concentración ó de dispersión del aire.

En la región media, donde tiene mayor desarrollo éste movimiento, es donde se observan las mayores diferencias de temperatura: en las dos altitudes, donde son nulos los movimientos se tendrá la temperatura normal con variaciones ocasionales ya de uno ó de otro sentido, segun que los movimientos verticales, únicos allí, se aceleren ó se retarden; en fin, en las dos extremidades de las dos columnas, donde han reaparecido los movimientos horizontales, pero en sentido contrario de la región media las diferencias habrán cambiado de signo y serán menos considerables que en esa región media.

Estas consideraciones nos han inspirado para hacer el estudio comparado de las observaciones en todos los niveles en las dos clases de torbellinos: no podrían deducirse de las teorías en boga que pecan por estos tres puntos: aplicación distinta, de la que hacemos, de la termodinámica de los gases; creer que se puede suprimir la consideración de toda la capa inferior como no perteneciente á los torbellinos porque no hay necesidad de tenerla en cuenta en su aplicación del mismo principio; y encontrarse, por último, obligados á buscar fuera de la termodinámica causas segundas, tanto mas numerosas cuanto ineficaces, para explicar los fenómenos de temperatura en ésta capa baja.

Toda nuestra discusión va á rolar sobre estos puntos y tendrá por objeto apoyar la teoría hydrotermodinámica tal como se acaba de exponer.

2.—LA OBSERVACION JUSTIFICA LA DISTRIBUCION de la TEMPERATURA en los TORBELLINOS.

a) — LAS TEMPERATURAS EN LA CAPA BAJA. — A M. H. Hildebrandsson, de Upsala en Suecia, se deben las primeras indicaciones precisas sobre las diferentes temperaturas, propias de las areas de baja y de alta presión: sus investigaciones se referían, en 1871, á los países septentrionales; en 1872, encontró hechos análogos en las observaciones de los oficiales del Vega, en los alrededores del estrecho de Behring.

Siendo Director del Observatorio de Zi-ka-wei, en China, en 1886 demostramos que estos mismos fenómenos de temperatura se reproducían con bastante regularidad y constancia hacia los 31 grados de latitud Norte; adquiriendo así el derecho de sentar como ley que la temperatura, en las capas bajas del aire, varía en sentido inverso de la presión; de manera que es normalmente baja en las altas presiones anticiclónicas y normalmente alta en las bajas presiones ciclónicas. Ya hemos visto que estas variaciones de temperatura se explican muy bien dinámicamente, por el hecho de que el aire sale, dispersándose, de la columna anticiclónica y entra concentrándose en la ciclónica. Los meteorologistas que entienden de otra manera la aplicación del principio dinámico; no pudiendo encontrar una acción dinámica en estos hechos de observación diaria, los atribuyen á la radiación terrestre para enfriar el aire, á la nublosidad, á la humedad y á la dirección de los vientos para prevenir este enfriamiento y hasta para calentar el aire. En estos últimos 20 años hemos demostrado en muchos artículos que estas explicaciones eran insuficientes y aun contradictorias; vamos ahora á exponer fenómenos de temperatura análogos y aun mas intensos, en la región media, perfectamente concordantes con las mismas segundas causas, indiferentes por el momento. En fin hemos dicho ya y mas lejos volveremos á tratarlo, que los mismos excesos de temperatura se vuelven á encontrar en el otro extremo de cada columna, á donde no podría recurrirse para la explicación, á ninguna de esas causas tan influyentes abajo. En esas alturas solo puede invocarse una de las condiciones que acompañan á estas temperaturas en la región inferior y es, á que las masas de aire se escapan dispersándose horizontalmente del anticiclón para afluir mas lejos, concentrándose al ciclón; y estas corrientes son precisamente las que engendran las diferentes temperaturas.

El principio de nuestra explicación puede servir muy bien para darse cuenta de los fenómenos locales, sobre los que reinan tan distintos pareceres.—Hemos hablado ya de las ondas frías de los Estados Unidos, queriéndose ver en ellas una manifestación muy intensa (¿por qué?) de la radiación terrestre ó de las radiaciones de las capas bajas (1); siendo efecto, realmente, de la dispersión del aire que baja, en las altas presiones, de un anticiclón secundario, en las condiciones ya dichas, á la superficie de una entrada naturalmente fría en invierno.

El Mistral, frío, en Provenza; el Bora frío en Istria y Dalmacia, resultan de la dispersión de las masas de aire, bajando hacia el mar, de una meseta bastante elevada. La corriente contraria, que empezaría escalando la meseta, sería caliente por el hecho mismo de la concentración que se haría por los lados.

El Siroco es un viento del Sur muy caliente, en Italia y en Grecia, no es caliente porque viene del Africa, donde en el momento puede soplar viento del Oeste menos caliente; sino porque, á la entrada meridional muy estrecha del Adriático, se produce una concentración de aire de las direcciones del S.E., S. y S.W. en marcha hacia un centro de presión situado mas arriba sobre el Adriático mismo ó sobre la Italia.

El Foëhn de los Alpes es un viento que, al bajar de las montañas, se calienta fuertemente; pero no porque baje, sino por la acumulación de masas de aire que no encuentran salida: en cuanto á la corriente que sigue bajando, sea por los flancos, sea sobre el valle, se enfriará invariablemente al extenderse por la planicie. (2)

b)—TEMPERATURAS EN LA CAPA MEDIA.—El esquema de los torbellinos nos muestra que en la capa media, teatro de las acciones generadoras del movimiento giratorio general, los fenómenos de temperatura en cada columna, son inversos de los de la base; es decir que están cam-

(1) En cuanto á las ondas frías, confieso que no tengo mas explicación que la comun de la radiación de las capas bajas, con cielo despejado; *pero dudo que sea esta la única explicación.* (Carta de W. Stupart, del Canadá al editor del M. W. R.—Marzo de 1994)

(2) El calentamiento solo se observa en la vertiente por donde baja el aire y no se propaga muy léjos; pues luego que llega á la planicie se enfría rápidamente al contacto del suelo (?): solo es realmente caliente en los valles en donde se produce el descenso inmediato. (Angot. Tratado elemental de Meteorología,—1899,)

biados los puntos de salida y de entrada del aire; además, sabemos que siendo aquí inmediatas las acciones dinámicas, deben ser mas fuertes las variaciones térmicas.

Hemos tenido la ventaja, en 1886, de haber reconocido con sus verdaderos caracteres las diferentes temperaturas de la capa media, gracias á muchas buenas series de observaciones continuas, hechas sobre las montañas hasta los 4313 metros de altitud (1): entonces, con las pruebas en la mano, pudimos afirmar que el cuerpo del cyclón solo estaba caliente hasta la altura de 1000 metros; que arriba era frio y tanto mas frio cuanto mayor era la altura; que el cuerpo del anticyclón era frio hasta la misma altura de 1000 metros siendo caliente arriba, calor que aumentaba con la altura. A esta interesante altitud, que limita las porciones frias y calientes de los dos sistemas de torbellinos es á la que hemos designado con el nombre de ALTITUD-LIMITE.

En bien de la verdad histórica no podemos dejar en silencio la actitud, por no decir la protesta, de los meteorologistas frente á nuestras declaraciones, que eran directamente opuestas á la idea que se tenía sobre las columnas de baja y de alta presion, segun la teoría mecánica.

En 1888, M. J. Hann, director del Observatorio Central de Viena, se levantó, en nombre de la comprometida teoría, contra nuestras explicaciones y aun contra los hechos que no podía creer ciertos.

No habiéndose hecho aun observaciones sobre las montañas elevadas, creíase, y tememos que todavía algunos meteorologistas se hagan la misma ilusión, que las corrientes ascendentes húmedas debían matener un calor bastante fuerte en toda la columna cyclónica y sobre todo en su vértice; y nosotros afirmábamos lo contrario, que la columna cyclónica era absolutamente fría arriba de 1000 metros de altitud y que el frío crecía con la altitud.

Los hechos se imponen: desde 1899, M. Hann reconocía su error y declaraba, despues de nosotros, que el frío

(1) El P. Marc Dechevrens, S. J. es el primero que ha publicado (1886) observaciones que tienden á destruir la opinión, hasta entonces acreditada, de que los cyclones eran de aire caliente en toda su altura. Sus resultados demuestran con toda evidencia que, sobre las planicies la temperatura sube cuando la presión baja y esto con toda clase de vientos: en las montañas tambien han sido decisivos los resultados; quedando demostrada la existencia del fenómeno contrario, — (Helm Cayton. Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. Estrasburgo 1905.)

muy real en la cabeza del cyclón, era debido á la dilatación del aire; nada mas que él y nosotros entendíamos de distinta manera esa dilatación; nosotros la atribuíamos á las corrientes horizontales y él á las verticales; en 1890 formuló mas netamente su pensamiento en esta proposición: las variaciones térmicas en los torbellinos son efecto de las corrientes verticales ascendentes y descendentes.

Es un axioma en Filosofía que *la causa de la causa es causa de lo causado*: si pues las corrientes verticales son la causa de las variaciones térmicas, deben serlo tambien de la dilatación y de la contracción del aire, que son las causas inmediatas de las variaciones térmicas en la región media; y esta conclusión es FALSA, tratándose de los torbellinos, donde el aire no se eleva únicamente por su ligereza específica, debida al exceso de temperatura, ni baja por el aumento de peso que le produce la disminución de temperatura: la dilatación y la contracción del aire en la región media SON ANTERIORES á la elevación y al descenso del aire; puesto que ellas son la causa de la disminución y aumento de la presión, *únicas* que provocan la formación de las corrientes verticales; luego las variaciones térmicas que resultan de estas dilatación y contracción del aire no son efecto de las corrientes verticales. (1)

Al razonamiento anterior hay que agregar esta prueba física: es imposible explicar el calentamiento anticiclónico de la región media, por una corriente vertical descendente que falta por completo; á todo rigor, en el cyclón se tiene una corriente ascendente que se extiende y que podría presentarse como una manera de explicar el enfriamiento por ese lado; aunque sería preciso desentenderse, primero de los efectos contrarios debidos á la condensación del vapor de agua, en la subida; y despues, á la existencia arriba y en la misma vertical, de una corriente descendente que debería neutralizar la acción térmica

(1) Pudiera decirse que una parte de la depresión se debería á la contracción de las capas inferiores que se han enfriado abajo de la normal, y sería cierto en las condiciones normales de equilibrio atmosférico; pero en este caso, en vez de bajar esas capas, están obligadas á subir: por otra parte, si se verifica la contracción eso no impide que las masas mas bajas estén á baja presión; y como están á una temperatura inferior á la normal, su dilatación debe compensar, en gran parte, á la contracción que produciría el enfriamiento, aun moderado de las capas medias. De suerte que siempre deberemos buscar en el exterior el origen de la gran dilatación del aire y de su gran enfriamiento en la cabeza del cyclón.

Análogo razonamiento aplicariamos para el anticiclón, cuyo calentamiento no encuentra su causa en el interior.

de la corriente ascendente; pero en el anticiclón el calentamiento, que es real, como lo veremos adelante, exponiendo algunas cifras, va en contra absolutamente de la teoría mecánica; si hay descenso del aire, debería buscarse la temperatura superior á la normal, abajo de esta región, y todavía mejor al pié del anticiclón. Aquí en la región media, nos encontramos entre dos corrientes verticales que emanan como de una misma fuente; y si es cierto que estas corrientes tienen tanta eficacia térmica, como les concede la teoría mecánica, debería observarse frío y nunca calor.

Como en esta teoría no puede explicarse el calentamiento en la cabeza del anticiclón, que no tiene por causa una corriente vertical descendente; tampoco puede explicarse el enfriamiento ciclónico y debe haber, además de las corrientes verticales, otra causa inmediata del aumento de presión y de la contracción observada en las masas de aire; esta causa no es otra que las corrientes horizontales, por salir del ciclón divergiendo, extendiéndose en todas direcciones y entrar en el anticiclón comprimiéndose y concentrándose también por todas partes.

Véamos ahora el papel que desempeñan las corrientes verticales en estas circunstancias; tanto su papel como su objeto consiste, por una parte, en remplazar las masas expulsadas horizontalmente por el movimiento giratorio y en alzar, hasta donde sea posible, la presión que ha bajado: por otra parte, dar salida al exceso de las masas que afluyen sin cesar y disminuir el exceso de presión que así ocasione; contribuyendo por sí mismas á calentar el ciclón que se enfría y á enfriar el anticiclón que se calienta.

Estos fenómenos de calor en la región media, tan caracterizados en uno y en otro sistema de presión, son de orden enteramente dinámico y tan es así que van acompañados de fenómenos secundarios, de que algo debemos decir, teniendo en cuenta la importancia que se les había atribuido y que, á pesar de todo, se les quiere conservar todavía. Si la radiación es activa en las capas bajas del aire, lo es mas aun ciertamente en las altitudes donde han disminuido la presión y el vapor de agua. El anticiclón y el ciclón conservan en la región media las mismas relaciones que tienen en la capa baja con la nebulosidad y con la humedad; con presión alta siempre se tiene cielo puro y cae excesivamente la humedad; mientras que con baja presión el cielo se cubre, se llega á la saturación y llueve ó nieva mas que abajo, Impide esto un fuerte calentamiento en las altas presiones y un gran

enfriamiento en las bajas? Si las fuerzas dinámicas son tan eficaces en esas regiones y tan poco las causas segundas ¿por qué preocuparse tanto por la variación de estos cambios en la proximidad del suelo?

Creemos que no carecerán de interés ni de exactitud las observaciones siguientes; puesto que hay lugar á creer que las dos columnas cyclónica y anticyclónica, tienen la misma temperatura media en toda su longitud, resulta que el cuerpo del cyclón es mas ligero y el del cyclón mas pesado que el aire ambiente; porque las masas son proporcionales á las presiones; pero las densidades se distribuyen de manera muy distinta: en el cyclón ha disminuido mas la presión en la parte media que en las extremidades, sucediendo lo contrario en el anticyclón: nueva prueba de que el aire se ha extraído por un lado para llegar por otro, en esta region media, donde hemos colocado el origen del torbellino; y que se debe referir el enfriamiento, en el cyclón, y el calentamiento en el anticyclón, á estos dos efectos contrarios de la fuerza que obra horizontalmente: en efecto, si repentinamente terminára el movimiento giratorio, el enfriamiento cesaría inmediatamente; pero no la llegada del aire por la columna ascendente, atendiendo á que debería restablecerse la presión normal y se elevaría la temperatura.

Véamos si es cierto que las densidades y las presiones se distribuyen, en las dos columnas, como acabamos de decir. En 1866 y en 1902 hemos demostrado que la presión era simultáneamente alta ó baja, sobre una misma vertical en dos estaciones separadas por muchos miles de metros y mas aun, que las amplitudes totales de las variaciones de la columna barométrica eran iguales: así resultaron el Puy-de-Dome (1467 m.) y Clermont (388 m); el Pic-du-Midy (2860) y Perpignan (0); Pike's Peak (4313) y Denver (1606): agregándose últimamente, sin que hagan excepción á la regla y deducidos de 13 años de observacion los datos de otras dos estaciones nuevas, que son el Grand St. Bernard (2475) y Ginebra (405).

Una misma alza ó una misma baja de la columna barométrica, no corresponden á una misma variación de presión en los dos niveles: tomemos por ejemplo, las dos estaciones con mayor diferencia de altura, el Pic-du-Midy y Perpignan (diferencia 2860 m.): en un periodo de 561 dias de invierno, la amplitud máxima de la variación del barómetro ha sido de 36 mil, en la estación alta, y de 38 en la baja; de aquí se deduce que en ambas estaciones baja el barómetro casi 18.5 milímetros á la vez, al paso de un fuerte cyclón y se levanta otro tanto al de un fuer-

te anticiclón. Siendo las presiones normales respectivas de 533 y de 760 milímetros, las variaciones de presión son entre sí como 18.5/533 y 18.5/760 ó como 34 y 25; siendo más fuerte la variación en la montaña ó parte alta.—Después de esto puede creerse que pasa lo mismo hasta la región media, quedando así claro que el origen del torbellino está en esta región y que la verdadera causa del enfriamiento ciclónico es la dilatación del aire que resulta de su dispersión horizontal: y que la verdadera causa del calentamiento anticiclónico es la concentración en un mismo punto de las masas que horizontalmente han venido de diversos puntos ó lados.

Las diferencias máximas de temperatura á diferentes alturas, determinada por las observaciones de montaña, hasta 4500 metros de altitud, acabarán de darnos datos sobre el carácter de los fenómenos de temperatura en el torbellino inferior.

He aquí un cuadro tomado de nuestra memoria de 1902.

Variaciones máximas de temperatura, en altitud, en las depresiones de invierno, según observaciones de montaña.

Altitudes	Anticiclón	Temperatura normal	Ciclón
	Exceso sobre la normal		Exceso sobre la normal
	o	o	o
4500 m.	+15.5	-18.0	-12.0
4000 "	+12.8	-16.0	-11.0
3500 "	+10.0	-14.8	-10.0
3000 "	+ 9.0	-13.0	- 8.7
2500 "	+ 8.0	-10.8	- 7.6
2000 "	+ 6.5	- 8.5	- 5.4
1500 "	+ 4.6	- 5.0	- 2.7
1000 "	+ 2.1	- 2.8	0.0
500 "	- 0.4	0.0	+ 2.7
0 "	- 7.6	+ 2.0	+12.0

Estas dos series de excesos sobre las temperaturas normales podrán sufrir modificaciones que las hagan mas exactas y mas generales; pero es difícil que se les quite el carácter que presentan con notable claridad: la columna anticiclónica, fría en su base, se calienta mas y mas con la altura; y la ciclónica, caliente en su pie se enfría con la altura. Si cuando se comenzó á estudiar seriamente el asunto de la inversión de temperatura en las capas bajas del aire, se hubiera formado un cuadro semejante, no se habria ideado la teoría mecánica; pues nada hace

sospechar, en estas series que practicamente, masas de aire bajando desde grande altura puedan calentarse adiabaticamente; ni que masas de aire caliente y muy húmedas partiendo del suelo, puedan llegar con algun exceso de calor, hasta esas alturas; quizá entonces no hubieran parecido tan extrañas nuestras conclusiones de 1886.

LAS TEMPERATURAS EN LAS CAPAS INFERIORES.—Casi todo lo que sabemos de las capas altas de la atmósfera, obtenido por la observación, lo debemos á la infatigable actividad del Sr. L. Teisserenc du Bort, y no se verá mal que á cada conquista de los globos, sobre los misterios de la alta atmósfera, demos la explicación que, acerca de ellos, nos proporciona sin trabajo la teoría hydrotermodinámica. Estas explicaciones deben llamar la atención tanto mas cuanto que la teoría dinámica no solo no ha dado ninguna sino que se ha declarado impotente para ello.

Sin las recientes exploraciones que han producido estos bellos descubrimientos habría permanecido en el estado de hipótesis la parte de nuestra teoría relativa á las capas aereas superiores á 5000 metros, y por consiguiente al torbellino superior, sin dejar de indicarse bastante claramente la fisonomía de los fenómenos de temperatura que debían verificarse en esas inaccesibles regiones; mas hoy nuestras deducciones de 1886, fundadas, ante todo, en la constitución dualística que habíamos asignado á los torbellinos hace 25 años, han recibido la sanción de la experiencia y de la observación.

En 1901, preparando nuestra memoria que apareció en Roma en 1902, sobre las variaciones de temperatura en los torbellinos, y que solo era una nueva edición revisada y aumentada de la de 1886; escribíamos lo siguiente teniendo que presentarnos frente á los descubrimientos que estaban por hacerse en la alta atmósfera: *«Los intensos fríos del cyclón comienzan á atenuarse luego que han pasado la cabeza del torbellino inferior (á los 6 ó 7000 m.) para entrar en el superior: lo mismo pasa en la columna anticiclónica en que los mas fuertes calentamientos de la región media se debilitan arriba y es probable que se encuentren fríos intensos y extremos en las capas altas del aire, en estas regiones del anticiclón.»* Estas previsiones no debían tardar en demostrarse.

En agosto de 1903, hablando el Sr. Teisserenc du Bort ante el Comité Internacional de Meteorología de Southport, resumía así los resultados de 500 ascensiones en globo: *«La temperatura más fría que se observa en la de-*

presión (á 6 ó 7000 m.) tiende mas arriba á igualarse con la del máximo de presión y acaba por serle inferior: este último hecho lo demuestra directamente el que las temperaturas más bajas se encuentran abajo de las regiones de las máximas barométricas.» Y aseguraba en apoyo de esta última conclusión, que los globos mas elevados habían encontrado muchas veces una temperatura de menos de 72 grados C. en las altas presiones, sin encontrarla jamás inferior á menos 55 en las mas bajas presiones y en la misma estación. (1)

Debe confesarse que la teoría y la observación están en perfecto acuerdo respecto de todos los fenómenos de temperatura relativos á los torbellinos entre 7000 y 20000 metros de altitud, teniendo que decir que la teoría precedió á la observación.

Tambien en este largo trayecto vertical, arriba de las bajas presiones, la temperatura, al principio muy baja, se suaviza gradualmente: hacia los 10000 ú 11000 metros llega á la normal y sigue elevándose, de manera que á los 5000 ó 6000 mas arriba todavía, presenta un exceso muy sensible sobre las capas exteriores al torbellino. El esquema demuestra que en estos parajes del cyclón superior la corriente vertical es descendente. Sobre las altas presiones se produce el fenómeno inverso: á los 12000 ó 13000 metros se observa la misma temperatura en el interior de la columna: mas arriba se enfría y contrasta, como acabamos de decirlo, con el aire relativamente caliente del cyclón.

(1) No es por demas hacer observar aquí cuan poco se pliega la atmósfera á ciertas leyes que se ha pretendido imponerle antes de conocerla bien. En las capas mas bajas la temperatura normal varía poco de 0.5 de grado por 100 metros de altitud: se ha creído poder elevar esta proporción en las capas medias; pero las observaciones en globo obligan á bajarla más aun en las capas altas; y sin embargo allí la presión se reduce á valores ínfimos y la humedad es casi nula, por lo que la radiación debe ser extremadamente fuerte: á 20.000 metros de altura la temperatura parece no bajar de 70 á 75 bajo cero; y si la proporción fuera de 0.5 debería ser de 100. Arbitrario sería querer explicar esto por medio de corrientes verticales descendentes: siendo explicación más clara que la atmósfera se mantiene, á esa altura, á temperatura tan elevada relativamente, por efecto del movimiento horizontal allí efectuado. Las masas aéreas que corren de W. á E. cuyo movimiento angular excede, por lo mismo, del de el globo, tiende por eso mismo, á elevar el gradiente hacia el Ecuador y la existencia de ese gradiente tiende tambien á volverlas hacia el eje y el polo; como esto produce resistencia y frotamiento de capas contra capas hay la producción del calor de que hemos hablado.

ALTITUD-LÍMITE Y ZONA ISOTERMA SUPERIOR.—El plano oblicuo al horizonte que contiene las dos secciones de las columnas donde la temperatura es normal se encuentran en la altitud-límite del torbellino superior: á los dos lados de este plano la temperatura varía lentamente como lo hemos visto en la altitud-límite del torbellino inferior. El Sr. Teisserenc du Bort, á quien no se escapó el carácter particular de esta zona la llamó ZONA ISOTERMA SUPERIOR.

INVERSION DE LA TEMPERATURA.—Acabamos de ver que más allá de la altitud-límite, en las bajas presiones, la temperatura excede mas y mas á la normal: ésta relativa elevación puede ser bastante rápida, para que á una grande altura, 15000 metros por ejemplo, alcance el termómetro un grado superior al que marque, en el mismo instante, 3000 ó 4000 metros más abajo; este fenómeno es el que lleva el nombre de inversión de la temperatura con la altura, estudiado ya al hablar del torbellino inferior; con solo la diferencia que, abajo, no puede producirse mas que en el anticiclón, y arriba en el ciclón, lo que se comprende sin dificultad.

PARTICULARIDADES DE LAS COMPONENTES GIRATORIAS Y DE LAS DIRECCIONES DE LOS CIRRUS.—Hemos dicho en la primera parte, como prueba de la existencia de un torbellino invertido en las altas regiones de la atmósfera, que además de las componentes giratorias que han podido desprenderse de la corriente superior, en los Estados Unidos, y de las direcciones de los cirrus en Europa Occidental, tendríamos que indicar algunas particularidades propias de unos y otros en ciertos rumbos al derredor de los centros de baja y alta presión.

Al N.W. de la area ciclónica, las componentes giratorias son particularmente entrantes y vivamente encorvadas al S.; mientras que próximas al N. son, al contrario, empujadas al exterior del S.E. al N.W.; lo que quiere decir que en estos lugares hay una lucha entre las corrientes giratorias que vienen del E. y la gran corriente del W. que cubre á todo el torbellino superior. La gran corriente, de velocidad muy superior, impulsa hacia el interior á las componentes más adelantadas y hacia el exterior á las mas lejanas. Esta lucha enteramente limitada á las corrientes horizontales, tiene sus consecuencias dinámicas; pues hay calentamiento manifiesto en éste tan agitado N.W.; en efecto, se impiden las condensaciones y faltan por completo los cirrus. Las observaciones

belgas estudiadas por el Sr. Vanderlinden en el anuario del Observatorio Real para 1903 y 1904 testifican este hecho singular sin explicarlo: damos aquí un resúmen relativo á los cirrus observados en la area de las bajas presiones:

Rumbos:	W.	NW.	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.
Observaciones de Cirrus }	10	0	13	34	61	107	114	88

El calentamiento que explica ésta singular ausencia de nubes en ésta posición ciclónica es tan real y positivo que, sin poner en duda su importancia, lo ha señalado el Sr. Teisserenc du Bort al tratar de las temperaturas recogidas por sus globos. He aquí sus propias palabras: «Con las bajas presiones, sobre todo al NW. del centro, se llega á la isoterma, á los 8 kilómetros á esta altura deja de bajar la temperatura, mientras que en las altas presiones continua bajando.»

La manifiesta y marcada predilección de los cirrus, por los rumbos opuestos del SE. y del S., donde las componentes giratorias americanas tienen su máximo de intensidad, confirman nuestra explicación de la lucha entre las corrientes horizontales de direcciones opuestas; y siendo éstas componentes del W., es decir del mismo sentido que la gran corriente, producen un aumento de velocidad resultante, que equivale á una dilatación de las masas en movimiento que producen, por lo mismo, un enfriamiento.

Pasemos ahora al anticiclón. Las componentes giratorias, lo mismo que las direcciones de los cirrus están invertidas y volvemos á encontrar las señales de la lucha entre las corrientes, en los rumbos señalados al SW. y al S. del centro, torsión de las componentes y menor frecuencia de condensaciones cirriformes: al N. y NW., al contrario, notamos las componentes mas largas y el máximo de condensaciones. Tampoco aquí faltan las observaciones de temperatura; pues el Sr. Teisserenc du Bort completa así las indicaciones precedentes: «En las areas de fuerte presión, sobre todo al SW. del centro, se encuentra la zona isoterma á 12 ó 13 kilómetros.»

¿No tendrán algun valor real todas estas concordancias entre la teoría y la observación?

RECAPITULACION Y CONCLUSION

En 1879 habíamos indicado claramente, como lo entendíamos, la constitución física de los torbellinos atmosféricos móviles al derredor del polo; encontrábamos tan inseparables al cyclón y al anticyclón, como los torbellinos líquidos, que se presentaban á la observación, como dos torbellinos semejantes sobrepuestos y simétricos á los dos lados de una capa de aire medianamente elevada á 6000 y 7000 metros.

En 1886 se encontraron verificadas las consecuencias dinámicas de semejante constitución, por todo el conjunto de observaciones, que pudimos reunir y comparar, hechas en planicies y en montañas hasta 4500 metros de altitud; pero no fué posible encontrar su verificación en las corrientes verticales solamente, como ya se quería; sino que fué necesario asociar el empleo de las corrientes horizontales divergentes y convergentes para explicar dinámicamente, sin excepción, todos los hechos de temperatura diseminados y localizados en las dos especies de torbellinos dobles.

Los globos son los que han venido á confirmar, no solamente los hechos reconocidos por las observaciones de montaña en 1886, sino tambien las explicaciones que habíamos dado; porque estas explicaciones siguen aplicándose muy bien á todos los fenómenos térmicos de la alta atmósfera, que continúan siendo un misterio para la teoría mecánica corriente.

Hacemos constar, sí, que apoyados en nuestra teoría hydrotermodinámica y en nuestras investigaciones de 1886, jamas en estos 20 años, hemos vacilado en mantener y robustecer su exactitud con hechos nuevos; mientras que los meteorologistas que aceptan la teoría mecánica no han desvanecido las muy serias y justas objeciones que les hemos presentado y, por fin, han tenido el disgusto de confesar su impotencia ante los problemas que han surgido de los descubrimientos de los últimos años.

Creemos haber resuelto y haber dado, con nuestra teoría hydrotermodinámica, la mejor y más completa explicación que podría pedirse y esperarse, en el estado actual de la ciencia meteorológica, de todos los problemas y de todos los asuntos relativos á los torbellinos atmosféricos.

MARC DECHEVRENS, S. J.

Jersey, Observatorio de S. Luis.

Abril de 1905.

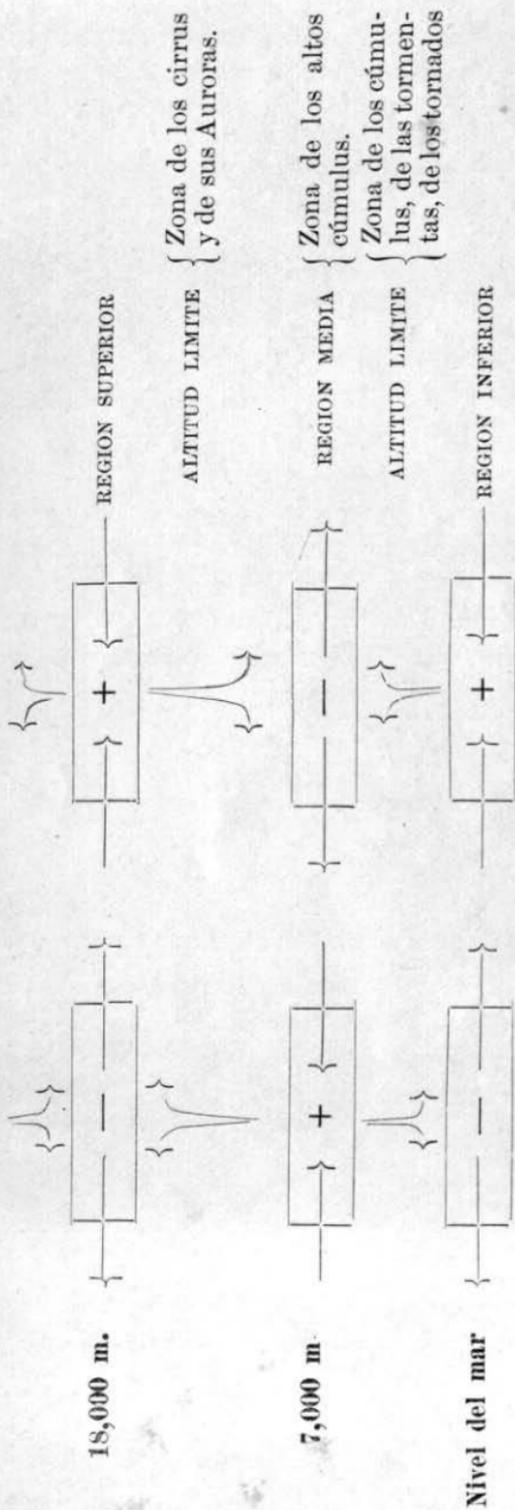
Traducción de M. Leal,

Observatorio Meteorológico de León,

Octubre de 1905.

ESQUEMA

GENERAL DE LAS CORRIENTES Y DE LAS DIFERENCIAS DE TEMPERATURA EN UN TORBELLINO ATMOSFERICO.



CYCLON
 BAJAS PRESIONES.

ANTICYCLON
 ALTAS PRESIONES.

701177
 1950-1951

701176
 1950-1951

1950-1951

1950-1951
 1950-1951
 1950-1951

1950-1951
 1950-1951

AMBUSSA

AMBUSSA