

Observaciones sobre algunas críticas a la teoría vorticial de los huracanes

MARIO E. RODRÍGUEZ RAMÍREZ

RESUMEN

Se analizan las críticas que se han hecho a la teoría vorticial del autor y se demuestra que en las mismas existen errores cronológicos y de fondo en las citas de autores, y errores científicos en las soluciones propuestas.

En un reciente trabajo de PORTELA (1982), el cual consiste principalmente en la presentación, análisis, y crítica de los aspectos fundamentales de nuestra teoría vorticial, existen errores cronológicos y de fondo en las citas, y errores científicos serios en el análisis de los mismos y en las soluciones propuestas en su lugar. Por ello presentamos las observaciones correspondientes.

1. ERRORES CRONOLÓGICOS EN LAS CITAS

PORTELA (1982, epígrafes 1 y 2), en las citas de Rodríguez, pasa por alto que la teoría vorticial de los huracanes fue presentada por primera vez por el autor en febrero de 1956, según consta en nota al margen del primer artículo de RODRÍGUEZ (1957), así como en el preámbulo de su segundo trabajo (RODRÍGUEZ, 1968). Estas citas incorrectas lesionan la prioridad de Rodríguez en la nueva ideología de la investigación sobre el origen de los huracanes.

2. ERRORES DE FONDO EN LAS CITAS

Estos errores han consistido en atribuir a autores mencionados orientaciones y realizaciones en la investigación que no siguieron u obtuvieron, y en no expresar adecuadamente las que sí siguieron o alcanzaron.

El teorema de FUJIWHARA (1923), que estudia la interacción entre dos vórtices ciclónicos, no se refiere al origen del ciclón tropical, y lo

Manuscrito aprobado el 25 de enero de 1983.

M. E. Rodríguez pertenece al Instituto de Meteorología, de la Academia de Ciencias de Cuba.

mismo ocurre con la ampliación del teorema por GRAY (1968), al investigar la influencia de los niveles altos de uno de los ciclones en el movimiento del otro.

ABDULLAH (1953, p. 9) expresa: "El flujo básico en el cual se forma el huracán está en un estado de reposo".

El modelo de PFEFFER (1958), del transporte del momentum angular de los vórtices anticiclónicos a la zona del ciclón tropical, no constituye un antecedente de la teoría vorticial del autor, la cual fue discutida por L. F. Hubert¹ con meteorólogos del Instituto Tecnológico de Boston, Massachusetts, en febrero de 1956, cuando Pfeffer preparaba su trabajo sobre la misma ideología de RODRÍGUEZ (1957), sobre el transporte de la energía de los vórtices anticiclónicos al ciclón tropical.

MILNE-THOMSON (1950), citado por PORTELA (1982) como antecedente de la teoría vorticial, recoge, actualiza, y amplía los principios de la hidrodinámica clásica desarrollados por H. Helmholtz, Lord Kelvin, H. Lamb, y otros autores, sobre los campos de múltiples vórtices. Ya LAMB (1932) aplicaba el potencial complejo a la hidrodinámica, teoría que fue desarrollada por FORSYTH (1918). Milne-Thomson no es autor de ninguna teoría sobre el origen del ciclón tropical, y solamente lo menciona en su tratado como un ejemplo del vórtice circular rectilíneo.

CHARNEY y ELIASSEN (1964) sostienen que el desarrollo de la perturbación tropical es debido a la convergencia de humedad inducida por la fricción superficial y la correspondiente liberación del calor latente en el centro del ciclón, y no por la circulación mecánicamente forzada.

3. ERRORES CIENTÍFICOS EN EL ANÁLISIS Y EN LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

PORTELA (1982) se adscribe a la tesis vorticial del autor, en cuanto a que el origen del ciclón tropical es debido a causas mecánicas que preceden a la liberación del calor latente de condensación, pero inmediatamente expresa que el calor latente es la causa de su intensificación. Para ello se basa en los principios expuestos por BAZAROV (1969) sobre las condiciones para la transformación del trabajo en calor y vice-versa. Y al aplicarlos al proceso del ciclón tropical real en la atmósfera incurre en dos grandes errores. En el primero, pasa por alto que el sistema de la atmósfera reposa sobre la superficie de la esfera de la Tierra (mares y continentes), la cual trabaja como un sistema doble: como centro de gravedad que regula la distribución vertical de las presiones, así como la distribución vertical de la densidad del aire, y a la vez como fuente de energía radiante (en ondas del infrarrojo), que, al ser absorbida por la

¹ Carta privada al autor, de 24 de marzo de 1956, adjuntando sus observaciones a la teoría vorticial.

atmósfera, establece el descenso de la temperatura con la altura, hasta cierto nivel crítico (tropopausa). Y las variaciones de estas características regulan el equilibrio hidrostático, cuyo estudio constituye un capítulo fundamental en meteorología. Y como explicó RODRÍGUEZ (1983, epígrafe 2.4), al absorber el calor latente liberado, la atmósfera saturada de vapor de agua del espacio del ciclón se calienta y queda establecido en ella un gradiente vertical de temperatura prácticamente igual al gradiente adiabático de saturación, que hace a esta atmósfera absolutamente estable, lo cual impide el movimiento vertical (inestabilidad convectiva).

El segundo error de PORTELA (1982:108-109) consiste en asignar a la circulación vertical forzada por los anticiclones la función de convertir el calor latente liberado en trabajo (en movimiento vertical), sin explicar el mecanismo y los procesos involucrados en ello; profundizando el error al expresar: "A medida que el huracán se intensifica, también lo hacen las corrientes verticales ascendentes del aire húmedo, lo que contribuye a la liberación de más calor latente de condensación, y se repite el ciclo", con lo cual cae de lleno en el *movimiento perpetuo de primera clase*.

La crítica sobre la no igualdad entre las dimensiones de la ecuación (1) de la fuente pura de masa y la ecuación (7) del sumidero especial de masa (RODRÍGUEZ, 1968, 1983), es incorrecta. Como explicó RODRÍGUEZ (1983, epígrafe 2.1), ellas no pueden coincidir.

La crítica sobre que la ecuación (1) de la fuente implica una velocidad infinita en el centro, se puede rechazar porque ella se aplica en la teoría vorticial en la zona del ciclón, a gran distancia del centro de la fuente, lo cual es permitido en hidrodinámica aplicada (MILNE-THOMSON, 1950:194).

Para sustituir las ecuaciones (1) y (7), correspondientes a la fuente pura y al sumidero especial, propuestos por RODRÍGUEZ (1968), Portela propone:

Para la intensidad de la fuente horizontal especial:

$$m_f = \frac{v_{if} A^2}{r_a} \quad \text{si } r_a \leq A \quad (1)$$

$$m_f = v_{if} r_a \quad \text{si } r_a \geq A \quad (2)$$

Para la intensidad del sumidero horizontal especial:

$$m_s = - \frac{v_{rs} a^2}{r_c} \quad \text{si } r_c \leq a \leq C \quad (3)$$

$$m_s = -v_{rs} r_c \quad \text{si } a_c \leq r_c \leq C \quad (4)$$

Al introducir estas ecuaciones para la fuente y el sumidero se violaría un principio físico-matemático, un principio físico, y habría dos inconsistencias que no corresponderían con la realidad observada en la dinámica del ciclón tropical. Veamos:

Los factores A^2 y a^2 , introducidos arbitrariamente en las ecuaciones (1) y (3) como supuestas variables, son simplemente valores constantes de las variables respectivas de los radios r_a de la fuente y r_c del sumidero, y Portela no explica qué función desarrollan esas supuestas variables A y a en los procesos de la fuente y del sumidero respectivo, en forma similar a la explicación que ofrece la teoría vorticial del autor, sobre las funciones de las variables de la fuente y el sumidero (RODRÍGUEZ, 1983, epígrafe 2.1) con las ecuaciones (14) a la (18). En una ecuación no se pueden introducir supuestas variables que no desempeñan una función en el proceso físico que dice representar. Ellas han sido introducidas simplemente para balancear la igualdad de las dimensiones de las ecuaciones de dos procesos diferentes (la fuente especial y el sumidero puro).

Por la ecuación (2) de Portela la velocidad radial del flujo saliente de la fuente especial, que es el flujo entrante en el espacio del ciclón, debe disminuir al aumentar el radio del vórtice anticiclónico, o sea, al acercarse al centro del ciclón, pero por su ecuación (4) la velocidad radial del flujo entrante en el área del ciclón tiene que aumentar al disminuir su radio, o sea, al acercarse al centro del ciclón. Esto es, las dos ecuaciones (2) y (4) son incompatibles para explicar el comportamiento de la velocidad radial del flujo dentro del espacio del ciclón, constituyendo lo que puede ser calificado de evidente contradicción hidrodinámica, que violaría al principio físico de que ningún cuerpo puede moverse en sentidos opuestos al mismo tiempo.

Por otra parte, por la ecuación (1), para que la intensidad de la fuente especial propuesta por Portela no disminuya al aumentar el radio de ella, tiene que aumentar la velocidad radial del flujo, y por lo tanto, aumentar el volumen por unidad de tiempo emitido por la fuente, alcanzando un máximo en la periferia del vórtice anticiclónico. Y al aplicar esta ecuación al vórtice anticiclónico de la atmósfera real, en la cual se supone, en este caso, la densidad constante, tendría que crearse una entrada de masa en el volumen del vórtice anticiclónico, la cual aumentaría al aumentar el radio, alcanzando un valor máximo en la periferia del vórtice anticiclónico, de radio A , adyacente al espacio del ciclón tangente. Y esta entrada de masa solamente sería posible por el movimiento de descenso del aire en la circulación vertical dentro del vórtice anticiclónico, cuya velocidad de descenso aumentaría con el radio del vórtice anticiclónico, alcanzando un máximo en la periferia, y estableciéndose una violenta discontinuidad en la frontera con el ciclón, donde comienza, desde valores mínimos, el movimiento vertical ascendente de masa hasta alcanzar un máximo en la pared del ojo. Y este incorrecto planteamiento

de Portela no corresponde con la circulación vertical del sistema anticiclón-ciclón real de la atmósfera, en el cual el movimiento descendente de masa en el anticiclón es máximo en su región central y mínimo en la periferia, frontera donde comienza el movimiento ascendente en el espacio del ciclón.

De todo lo anterior se deduce que la inconsistencia y la incompatibilidad anulan la aplicación al ciclón tropical de las ecuaciones propuestas por PORTELA (1982:110-111).

Las críticas de PORTELA (1982:112-123) sobre el uso del potencial complejo aplicado en el método práctico para el pronóstico del movimiento del ciclón tropical, las analizaremos en sus tres aspectos principales:

a) El uso del potencial complejo. En este aspecto consideramos innecesario el planteamiento de la ecuación sumatoria para n casos de vórtices espirales anticiclónicos, para al final aplicarla al caso de tres vórtices. RODRÍGUEZ (1957, 1968) expresó: "El ciclón tropical se supone como un vórtice espiral ciclónico especial generado en el espacio de interacción de dos, tres, o más vórtices espirales anticiclónicos", y lo aplicó al supuesto caso ideal de tres vórtices.

Por otra parte, al expresar Portela que las ecuaciones (24) y (25) de RODRÍGUEZ (1968:15-16) no satisfacen la espiral logarítmica, pasa por alto que ellas no la pueden satisfacer, ya que se obtuvieron al desprestigiar la contribución de la intensidad de la fuente ($m_i = 0$), por ser muy pequeña la velocidad radial, método que sigue el mismo PORTELA (1982:113) al suponer $m_j \ll K_j$. La crítica es incorrecta.

b) El método práctico del pronóstico del movimiento del ciclón. PORTELA (1982:113) califica de incorrecto el método práctico de RODRÍGUEZ (1968:23-25) y propone sustituirlo por uno que, según expresa, "responde exactamente a ecuaciones teóricas del método analítico". Y el método propuesto es un método práctico, basado en la aplicación del procedimiento (a), el menos idóneo de los analizados por RODRÍGUEZ (1983, epígrafe 3.1), al utilizar los vientos en los puntos de tangencia del ciclón con los anticiclones (puntos de encuentro del flujo anticiclónico con el flujo ciclónico), afectados por la convergencia lateral. Al ser aplicadas en el centro de ciclón las magnitudes de estos vientos como las de las componentes, se introducen errores en magnitud y dirección en la resultante para la traslación, probablemente mayores que los que acompañan al método práctico del gradiente geopotencial (RODRÍGUEZ, 1983, epígrafe 3.1).

c) El modelo numérico de la trayectoria del ciclón tropical. Antes de analizar el modelo propuesto por PORTELA (1982:118-121), debemos consignar que la primera sugerencia de aplicar la teoría vorticial del

autor a un modelo numérico para el pronóstico de la trayectoria del ciclón tropical, fue hecha por el Prof. Y. Kibel, uno de los padres del pronóstico numérico, en 1969, en ocasión de la conferencia del autor en el Servicio Meteorológico de la URSS, en Moscú. Kibel aconsejó atacar el problema utilizando los gradientes geopotenciales de los vórtices anticiclónicos. Y esto fue explicado ese año al entonces Jefe del Departamento de Pronóstico Numérico del Instituto de Meteorología, T. Gutiérrez, y a su asesor el Dr. S. Bornikov, antes de comenzar a laborar M. A. Portela en el Instituto de Meteorología.

El modelo numérico elaborado por Gutiérrez y Portela es un esfuerzo loable, pero tiene la inconsistencia de fondo al utilizar como componentes los vientos en los puntos de tangencia antes mencionados, que, además de introducir los errores por convergencia lateral, tienden a igualar sus valores entre sí por efecto de la alta velocidad de rotación, cuando el ciclón tropical gana en intensidad, lo cual daría por resultado que la resultante pueda aproximarse al valor cero, ocasionando un pronóstico de estacionamiento del ciclón, cuando en la realidad las diferencias de los gradientes geopotenciales de los vórtices anticiclónicos generadores pueden determinar un desplazamiento definido y hasta acelerado. En este modelo numérico también se ha cometido la incorrección de combinar los resultados del pronóstico numérico de los geopotenciales con el método de selección de los vientos en los puntos críticos de tangencia (y de máxima convergencia lateral) antes mencionados. Este procedimiento debilita los resultados con que contribuye el pronóstico puramente numérico, y ello es innecesario, pues si se dispone de la adecuada información de datos de la estructura troposférica del sistema vórtices anticiclónicos-ciclón para confeccionar un pronóstico numérico basado en los geopotenciales (el método más idóneo), es incorrecto inyectarle al modelo numérico puro el factor perturbador de la selección de los vientos en los puntos críticos de convergencia. En los últimos años el autor del presente trabajo ha elaborado una nueva ideología para un modelo de pronóstico numérico basado exclusivamente en los valores y gradientes geopotenciales de los vórtices anticiclónicos generadores.

Finalmente, debe resaltarse que la evaluación de los resultados del método aplicado a los siete casos, presentada por PORTELA (1982:121), tiene muy poco valor, ya que deben evaluarse por separado los errores en dirección (o rumbos del movimiento) y los errores en velocidad de traslación. Por ejemplo, para los siete casos mencionados se expresa: "En promedio, el error del pronóstico de la posición para 24 horas fue de 330 km y para 48 horas de 568 km", sin que se exprese qué peso tiene el error de dirección o rumbo y qué peso corresponde al error en velocidad de traslación. Si, por ejemplo, el error total de la posición se debiera solamente a errores de velocidad de traslación (con pronóstico de rumbo correcto), entonces, para el error medio de 330 km para 24 horas se tendría un error en velocidad de traslación de aproximada-

mente 14 km por hora, que es el 56% de la velocidad media de traslación de los ciclones tropicales (de 25 km por hora). Y si el error medio mencionado se debiera solamente a errores en la dirección del movimiento pronosticada (suponiendo correcto el pronóstico de la velocidad de traslación), entonces, para el mismo error medio de 330 km para 24 horas, el error en dirección sería aproximadamente de 31° para la misma velocidad media de traslación del ciclón tropical. Estos errores en la velocidad y en la dirección del movimiento del ciclón son mucho mayores que los errores medios en los pronósticos subjetivos actuales y que los del método práctico de la teoría vorticial (véase Tabla 1).

Para finalizar el análisis de las críticas expresamos que el artículo de PORTELA (1982) ha consistido en presentar la misma ideología de la teoría vorticial del autor, los mismos esquemas del sistema vórtices anticiclónicos-ciclón tropical, las mismas ecuaciones (sustituyendo las variables complejas $z = x + iy$, $v_w = u - iv$, en función de las variables cartesianas x, y, u, v), las mismas conclusiones de la teoría vorticial referentes a las intensidades y rumbos del ciclón tropical (RODRÍGUEZ, 1957, 1968); que todas las críticas han sido incorrectas, y que las soluciones propuestas se han caracterizado por la inconsistencia y la incompatibilidad entre ellas y con la realidad de la estructura y los procesos físicos del ciclón tropical.

REFERENCIAS

- ABDULLAH, A. J. (1953): On the dynamics of hurricanes. *New York Univ. Meteorol. Pap.*, 2(2):1-43.
- BAZAROV, I. P. (1969): *Thermodynamics*. Edición Revolucionaria, La Habana, 287 pp.
- CHARNEY, J. C., y ELIASSEN, A. (1964): On the growth of the hurricane depression. *J. Atmos. Sci.*, 21(1):68-75.
- FORSYTH, A. R. (1918): *Theory of functions*. Cambridge University Press, Londres.
- FUJIWHARA, J. (1923): On the growth and decay of vortical systems. *Quart. J. Royal Meteorol. Soc.*, 49(206):75-104.
- GRAY, W. M. (1968): Global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Monthly Weather Rev.* 96(10):669-700.
- LAMB, H. (1932): *Hydrodynamics*. Cambridge University Press, Londres, 737 pp.
- MILNE-THOMSON, L. M. (1950): *Theoretical hydrodynamics*. Mac Millan, Londres, 517 pp.
- PFEFFER, R. L. (1958): Concerning the mechanics of hurricanes. *J. Meteorol.*, 15(1):113-120.
- PORTELA, M. A. (1982): Los ciclones tropicales desde el punto de vista de la termodinámica. *Cien. Tierra Espacio*, 4:105-125.
- RODRÍGUEZ, M. E. (1957): Una hipótesis sobre los huracanes. *Rev. Cubana Meteorol.*, 3(1-4):34-50.
- (1968): Teoría vorticial de los huracanes. *Acad. Cien. Cuba, Ser. Meteorol.*, 1:1-43.
- (1983): Aspectos fundamentales de la teoría vorticial de los huracanes. *Cien. Tierra Espacio*, 6:87-121.

ABSTRACT

An analysis is made of recent criticisms to the vortical theory of hurricanes. It is demonstrated that such criticisms suffer from lack of accuracy in author citations, as well as from scientific mistakes in their propositions.