



Leyendas urbanas en la ciencia

- Verdades y mentiras de la fuerza Coriolis -

por Josep Emili Arias

cel_ras@hotmail.com

Un mito muy curioso y arraigado en la vox populi (incluso divulgado en medios supuestamente «serios», entre ellos, la Wikipedia de Internet) es el conocido como la inversión del giro en la vorticidad (remolino) de los desagües según el hemisferio terrestre. Tal barrabasada estuvo infundada en la incorrecta extrapolación, por analogía, del sentido de rotación que adopta, según hemisferios (Norte ó Sur), la rotación de la vorticidad de huracanes ostensiblemente inferida por el efecto Coriolis.

«La fuerza de Coriolis infiere en la vorticidad de nuestros desagües en la misma magnitud con que repercute la distorsión perihelial de Mercurio sobre nuestras margaritas. Es decir, en nada». (El autor)

«Nuestra sociedad está insaciable de asombro y de sensacionalismo, rehúsa la razón y la más mínima voluntad de constatación».

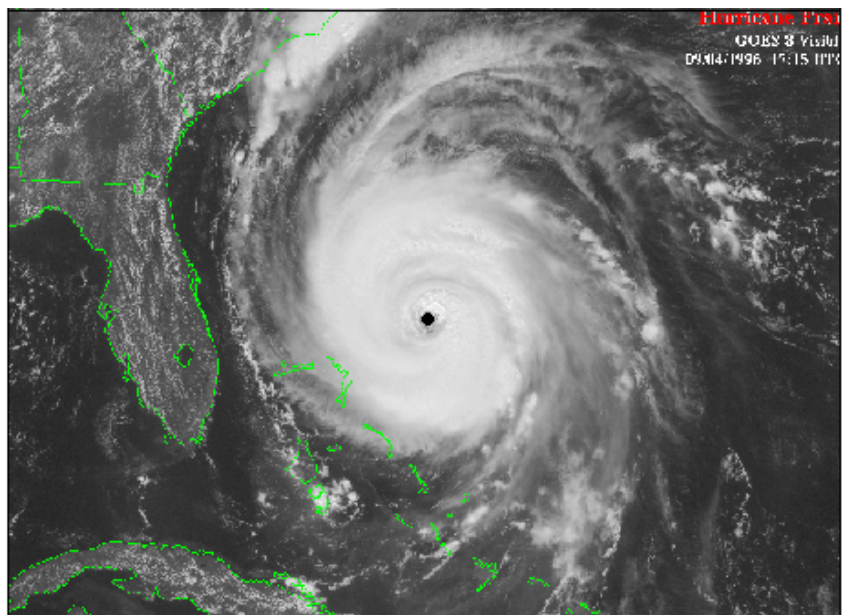
Carl Sagan (1934-1996), astrofísico y gurú de la divulgación.

Nuestra civilización tiene una acusada predisposición a crear nuevos mitos y leyendas, aunque los lerdos son siempre los mismos.

Los mitos que más persisten, como «verdades científicas», en la mente de la gente son los asociados al plenilunio. Esta creencia popular

como que la Luna llena dispara la tasa de partos e induce a una mayor proliferación de delitos y homicidios, así como que conlleva estados de disfunción neurológica (crisis de ansiedad y suicidio), son meras conjeturas que no aguantan la más mínima constatación empírica. Pues

tan sólo nos basta el cotejar la estadística de partos en las Maternidades y el registro criminal de cualquier comisaría para, así, poder constatar que los picos estadísticos de estos sucesos no sostienen ninguna correlación con el ciclo lunar. Aquí, la influencia gravitatoria lunar es nula



Huracán Fran (1996), Costa de Florida. Todos los ciclones y borrascas del hemisferio Norte adoptan un sentido de giro antihorario. Estos episodios de <arremolinado> ciclónico (huracanes) fueron incorrectamente extrapolados, como analogía, en un intento muy pifiado por explicar la dinámica rotatoria en los vórtices de desagüe, acogiéndose al mismo efecto de Coriolis.
- Ilustración 1-

y no propicia ningún «rompimiento de aguas» en los partos. Como tampoco la psiquiatría forense reconoce alteraciones hormonales, psicósomáticas, ni de trastornos en la agresividad por efecto del influjo lunar. El plenilunio no marca ninguna tendencia en la conducta agresiva ni delictiva. No existe ningún delincuente criminal al que se le haya eximido un solo día de cárcel por una supuesta inducción lunar a cometer el delito.

Otro mito muy curioso y arraigado en la *vox populi* (incluso divulgado en medios supuestamente «serios», entre ellos, la Wikipedia de Internet) es el conocido como la inversión del giro en la vorticidad (remolino) de los desagües según el hemisferio terrestre. Tal barrabasada estuvo infundada en la incorrecta extrapolación, por analogía, del sentido de rotación que adopta, según hemisferios (Norte ó Sur), la rotación de la vorticidad de huracanes ostensiblemente inferida por el efecto Coriolis (ilustración 1)

Fuerza de Coriolis, una aceleración complementaria

La aceleración o fuerza de Coriolis no es ninguna fuerza real en sí (pues no se obtiene trabajo) sino, más bien, es la consecuencia o efecto secundario que sufre cualquier objeto que presenta movimiento dentro de un sistema en rotación. Esta aparente aceleración fue descrita en 1835 por el ingeniero francés Gustavo Coriolis al publicar su trabajo *Sur les équations du mouvement relatif des systèmes de corps*, donde

afirmaba que las leyes clásicas del movimiento sólo podían aplicarse sobre un sistema en rotación si se las corregía agregándolas una fuerza vectorial extra. Este matemático e ingeniero militar expresó que todo sistema en rotación (ya sea la Tierra o la plataforma de un carrusel) ejerce en cualquier objeto que se desplazase sobre él una fuerza perpendicular (como una aceleración sobreañadida) a la dirección de su movimiento, dando lugar a una trayectoria desviada o curvada. Por tanto, esta aceleración de Coriolis es la causante de la desviación lateral que se imprime en toda trayectoria de cualquier objeto que se desplace en movimiento paralelo sobre un sistema rotatorio. En la Tierra el efecto Coriolis actúa directamente sobre los macro ciclos geofísicos, tanto atmosféricos (formación de depresiones ciclónicas y anticiclónicas) como en la circulación de las corrientes oceánicas, y que son manifestaciones ineludibles del efecto «colateral» de la rotación terrestre.

El efecto Coriolis sí se imprime en la oscilación pendular de Foucault

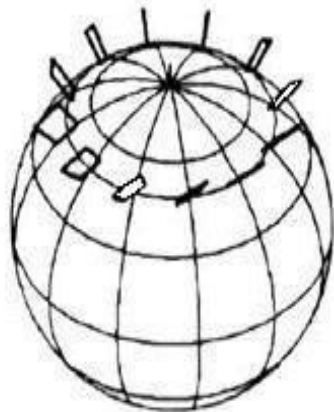
Unos años después, en 1851, otro francés León Foucault, dispuso su famoso péndulo (de 28 kg) colgado bajo la cúpula del Panteón de París y cuyo cable de 67 m permanecía sustentado a una libre rótula flotante. Experiencia que realizó para constatar que la fuerza Coriolis obligaba a girar (a desviar) el plano de oscilación del péndulo para, así, de esta forma, poder validar la primera constatación, no astronómica, de la rotación terrestre. La oscilación del péndulo de Foucault no permaneció fija e imperturbable sobre el mismo plano, sino que, ciertamente, la aceleración de Coriolis fue, lentamente, desviando la oscilación pendular en un sentido horario (sentido de las manecillas del reloj). Para el otro hemisferio Sur, el efecto Coriolis le imprime a esta oscilación pendular un giro en sentido antihorario.

Sólo en el caso particular de situar un péndulo de Foucault sobre el mismo eje polar de la Tierra, es, allí,



Péndulo de Foucault al Hall del Museo de las Ciencias -Príncipe Felipe-, Valencia foto del autor.

Velocidad de giro de la oscilación pendular



$$W_f = \omega \cdot \text{sen } \lambda \text{ (latitud)}$$



Plano de oscilación

Para un péndulo de Foucault situado fuera de los Polos, tanto el observador terrestre como el observador inercial (extraterrestre) visualizan idéntica velocidad de giro del plano de oscilación pendular por efecto de Coriolis.

- Ilustración 3 -

donde este efecto Coriolis resulta inocuo para el plano de la oscilación pendular, manteniéndose éste siempre inmutable, es decir, oscilando siempre sobre el mismo plano inicial, pues no existe ninguna cantidad de fuerza Coriolis que lo saque de él. Ya que, en realidad, allí, las dos únicas cosas que se mueven y rotan son: el soporte de la rótula flotante (sobre la que se apoya y gira la tensión del cable) y el gélido suelo polar. Allí, es donde el péndulo de Foucault se convierte en un preciso reloj que culmina su giro completo (ciclo de 360°) del plano de oscilación pendular en exactamente 24 horas. Otra cosa muy distinta es la velocidad de giro que adquiere el plano de oscilación pendular y que está en función del seno de la latitud (λ) local y que veremos más adelante.

Por tanto, un observador terrícola situado en el mismo Polo, junto al péndulo, observará que el plano de oscilación del péndulo de Foucault sí manifiesta una desviación en sen-

tido horario y que completa una vuelta cada 24 horas. Por el contrario, para un observador extraterrestre o inercial (suspendido en el espacio absoluto) verá que esta oscilación pendular, sobre el eje polar, permanece fija e inmutable, oscilando siempre sobre el mismo plano inicial. Para este observador extraterrestre la oscilación pendular no se desvía, es decir, en ningún momento cambia de plano, lo único que para él experimenta movimiento es la rotación terrestre del suelo polar.

Pero, y ¿cómo ve un observador extraterrestre, desde el espacio fijo absoluto (o inercial), el plano de oscilación cuando este péndulo de Foucault está emplazado fuera de los Polos?. Sin duda alguna, si este observador extraterrestre mira-se con unos potentes binoculares a través de la gran cristalera del *hall* de entrada al Museo de la Ciencia - Príncipe Felipe- de Valencia (latitud 39°, 28'), su visual experimentará idéntica observación que la que

perciben los visitantes que están dentro del Museo contemplando su imponente péndulo de Foucault (Ilustración 2).

Tanto el observador extraterrestre (inercial) como el observador terrícola constatan que el plano de oscilación de este péndulo presenta la misma velocidad de giro (en sentido horario) y a razón de 9,5° grados/hora. La esfera de este péndulo tarda 37 horas y 53 minutos en completar una vuelta completa o ciclo de 360°. La velocidad de giro (grados/hora) del plano de oscilación obedece siempre a la latitud local (λ), en respuesta a la ecuación $W_f = \omega$ (velocidad angular Tierra, 15°/hora) $\times \text{sen } \lambda$ de la latitud local (Ilustración 3)

. Siendo para la línea del Ecuador, con el seno de su latitud (λ) 0°, (sen 0° = 0), allí, el efecto Coriolis es nulo, la oscilación pendular permanece inmutable, siempre oscilando sobre el mismo plano inicial. Por tanto, en el Ecuador, el péndulo carece de velocidad de giro, es decir, la oscilación pendular no experimenta la más mínima desviación o sentido de rotación.

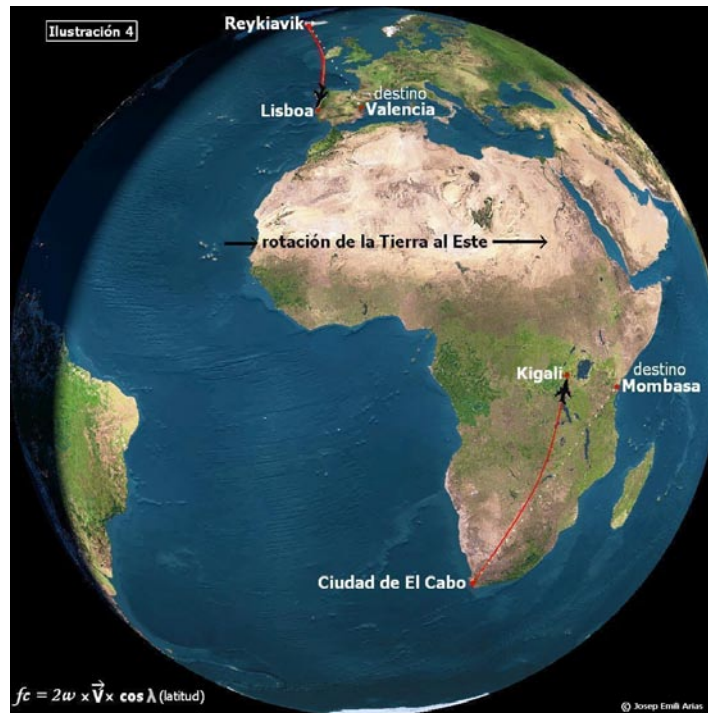
La fuerza de Coriolis en la geofísica terrestre

La fuerza de Coriolis es un fenómeno que se implica fundamentalmente en la dinámica circular de los océanos (Corriente del Golfo, Corriente de Canarias, Corriente de Benguela, Corriente Kura Shio), como también se implica directamente en la formación y el sentido de giro de las estructuras

de depresión ciclónica (huracanes, tifones, borrascas) y en los sistemas anticiclónicos (o altas presiones). También, en un efecto colateral, implica a la corrección de rumbo en la navegación aérea de largo recorrido por la desviación acumulativa que ocasiona el efecto Coriolis sobre su trayectoria (Ilustración 4).

Todo cuerpo que es impulsado o adquiere movimiento propio en un sistema rotatorio, ya sea sobre la superficie de la Tierra o sobre la plataforma de un carrusel infantil (Ilustración 5), éste sufre una desviación lateral en sentido horario (hacia su derecha) en el hemisferio Norte y en sentido antihorario (hacia su izquierda) en el hemisferio Sur.

En la superficie de la Tierra esta complementaria aceleración de Coriolis, para movimientos horizontales, resulta el producto de la magnitud doble de la velocidad angular de rotación (ω) de la Tierra por la velocidad vectorial del cuerpo en



movimiento, y siempre en función del coseno de la latitud local ($\cos\lambda$). Donde, en consecuencia, para cualquier objeto en movimiento horizontal y desplazándose sobre un sistema rotatorio, éste sufre una aceleración complementaria que lo desplaza lateralmente, en una dirección perpendicular a la dirección del movimiento del objeto (Ilustración 6).

Para la ecuación de Coriolis resultan determinantes tres factores:

- 1- La cantidad de velocidad angular que presenta el sistema madre o plataforma referencial (un planeta, una plataforma carrusel);
- 2- La propia velocidad del objeto en su desplazamiento horizontal y paralelo sobre el sistema madre o plataforma rotatoria;
- 3- La latitud del lugar ($\cos\lambda$) o radio de giro por donde transita el objeto.

La fuerza de Coriolis es una aceleración complementaria que opera siempre en dirección perpendicular,

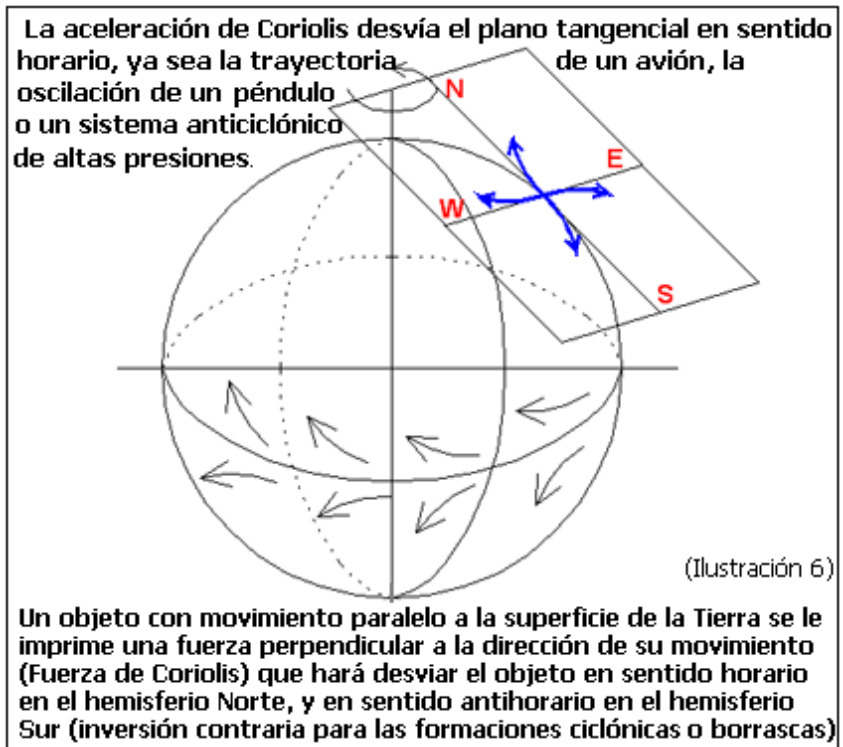
tanto a la velocidad vectorial del objeto como al eje del sistema rotatorio (eje Tierra). En particular, si el movimiento del objeto transita en paralelo al eje de rotación del sistema, esta aceleración complementaria que llamamos Coriolis resulta de valor cero. De ahí, que en la franja del ecuador (latitud < menor a 7°), al tener la componente de aceleración Coriolis un valor nulo, allí, predomina la calma oceánica y la ausencia de formaciones ciclónicas. También, allí, en el Ecuador, el péndulo de Foucault permanece oscilando inmutablemente, en el infinito, sobre el mismo plano inicial. Por otra parte, si el movimiento del objeto (u oscilación pendular) transita en las proximidades del eje rotacional del sistema, la componente de la aceleración Coriolis también adquiere un valor nulo.

En la Tierra las manifestaciones geofísicas del efecto Coriolis derivan en un lento proceso acumulativo debido a que esta aceleración

complementaria está originada y accionada por la velocidad lenta de la rotación terrestre.

En nuestra atmósfera, el sutil equilibrio existente entre las fuerzas debidas al gradiente de presión y la fuerza de Coriolis generan los denominados vientos geostróficos (que exclusivamente están gobernados por dichas dos fuerzas) y que afectan a las isobaras (líneas que comparten un mismo nivel geopotencial barométrico). Esta adición de fuerza Coriolis obliga a que las moléculas atmosféricas se desplacen desde una zona de alta presión hacia otra zona de baja presión describiendo trayectorias curvadas (curvilíneas isobáricas). En consecuencia el efecto Coriolis, de alguna forma, es un potenciador y determinante de tendencias isobáricas donde, por un lado, hace confluir las moléculas de vapor de agua que determinarán la formación de estructuras ciclónicas o borrascosas (bajas presiones) y, por el otro lado, disipa estas moléculas de vapor de agua, formando los sistemas anticiclónicos (altas presiones).

En el hemisferio Norte la aceleración Coriolis imprime un giro horario a los sistemas de altas presiones o anticiclones (idéntico sentido de giro que adopta, allí, la oscilación pendular de Foucault) e imprime un giro antihorario (Ilustración 7) para la formación de depresiones ciclónicas, borrascas, huracanes y tifones (la nominal contrapartida asiática). Por el otro lado, en el hemisferio Sur sucede lo contrario, la aceleración de Coriolis imprime un giro antihorario al sistema anticiclónico



(idéntico sentido de giro que adopta, allí, la oscilación pendular de Foucault) e infiere un giro horario para la formación de depresiones ciclónicas, huracanes y borrascas.

El mito de la vorticidad en los desagües

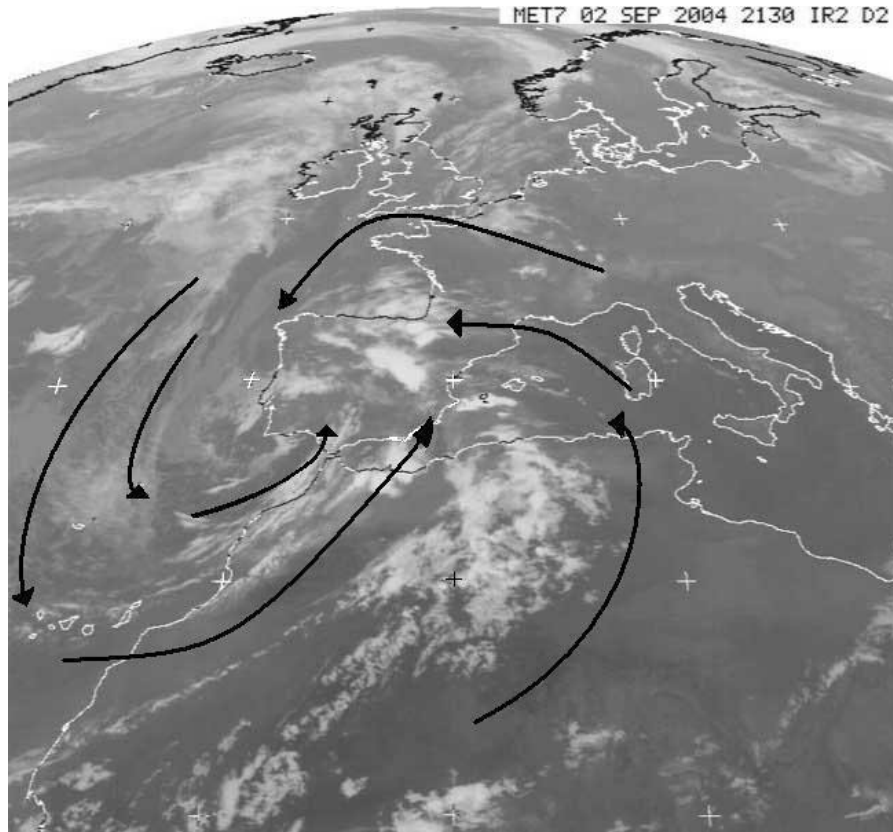
¿Es el efecto Coriolis quien determina, para cada hemisferio, el sentido de giro de los vórtices en el desaguado de piletas, baños, lavabos e inodoros?. Tal falacia cabe contestarla con otra pregunta: ¿En las ciudades de Quito y Singapur, -ambas en la línea del Ecuador terrestre y donde la fuerza Coriolis resulta nula-, allí, toda dinámica de desaguado sufre estados de colapso e incertidumbre?. Pues, cabría conjeturar que, allí, para toda dinámica en el arranque de la vorticidad (inicio del arremolinado circular) éstas deberían sufrir un colapso al quedar presas de esquizofrenia, al no saber los vórtices que sentido de rotación iniciar. En el entorno del Ecuador existen muchos parajes exóticos

pero, éstos, nunca lo son por haber manifestaciones estafalarias en la dinámica de los desagües.

La física-dinámica que inicia e imprime la fuerza rotatoria y su sentido de giro en la vorticidad de líquidos y fluidos, de ningún modo, viene determinada por los hemisferios.

El agua, u cualquier otro líquido, retenido y en reposo absoluto dentro de un recipiente, cuando destapamos el sumidero central, el agua empieza a moverse (enroscarse) hacia el centro y hacia abajo. ¿Qué rompe la simetría del flujo e introduce una dirección privilegiada de giro?. La fuerza de Coriolis desde luego que no. Tan sólo nos basta comprobar que para cualquier latitud planetaria el sentido de giro que adoptan los vórtices de desagüe en nuestras piletas, lavabos, bañera e inodoros resulta totalmente aleatorio (por no decir, caótico), tanto para Madrid, Montevideo, Singapur o Reykiavik.

¿Por qué el efecto Coriolis



**Imagen del Meteosat. Gota fría del 2 de septiembre de 2004
Esta baja presión (borrasca), como en todo el hemisferio Norte,
gira en sentido antihorario.**

(Ilustración 7)

es nulo en la vorticidad de los desagües?

La aceleración de Coriolis generada por la rotación terrestre carece de influencia sobre las pequeñas masa y sistemas minúsculos, además que para que se inicie esta asimilación e impresión de la desviación por efecto Coriolis requiere de un proceso dilatado, lento y acumulativo ya que este proceso está sujeto a la lenta velocidad de la rotación terrestre. De ahí, que no todo cuerpo moviéndose en paralelo (en horizontal) sobre la plataforma terrestre se le infiere la desviación por efecto Coriolis. De ser, así, jugar al tenis sería un deporte arto difícil, antiintuitivo y paradójico. Aunque todo intento de practicar juegos de pelota sobre la plataforma de un gran carrusel, girando a tan solo 12 r.p.m., resulta una practica muy

graciosa pero inviable. Pero, afortunadamente, este efecto Coriolis resulta inapreciable en nuestra vida cotidiana, cuando andamos o paseamos sobre el hemisferio Norte no sufrimos ningún desplazamiento lateral en sentido horario, no nos decantamos con una determinada desviación.

Esta adición de aceleración angular provocada por el efecto Coriolis, como consecuencia de la rotación terrestre, interfiere y se manifiesta exclusivamente en aquellos macro objetos y sistemas mayúsculos que se desplacen y transiten sobre la superficie de la Tierra. Pues, digamos que si un tenista consigue meter un raquetazo que impulse la pelota a miles de kilómetros, a esta trayectoria, sí se le va a inferir una desviación por efecto Coriolis.

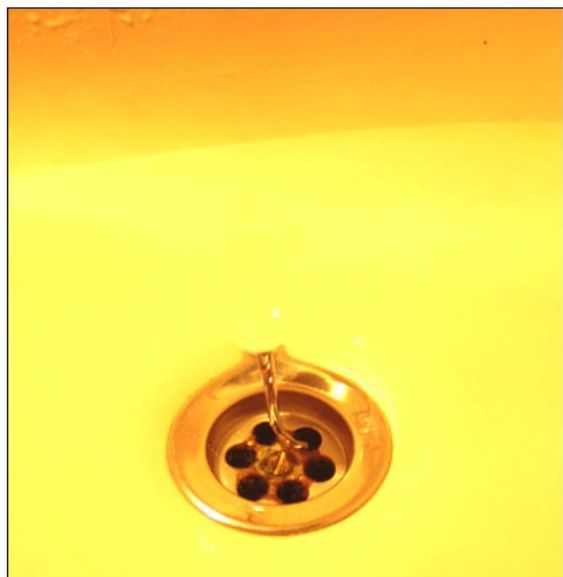
En nuestro planeta Tierra la débil aceleración de Coriolis generada por la rotación terrestre es acumulativa y se imprime muy lentamente, involucrándose exclusivamente en macro objetos como la formación de estructuras de depresión ciclónica (huracanes y borrascas) y los sistemas anticiclónicos, así, como también infiere en la circulación de las corrientes marinas y en los llamados sistemas mayúsculos extendidos en el tiempo, como son los trayectos de avión de largo recorrido donde se aplican correcciones de rumbo para compensar la desviación por efecto Coriolis, y, por supuesto, también incide y desvía el plano de oscilación del péndulo de Foucault.

La rotación de los vórtices de desagüe no es modelo para constatar la rotación terrestre

Desde los primeros años del s. XX hubo intentos de crear, en condiciones de laboratorio, modelos donde la rotación de los vórtices del desagado pudiese constatar (como prueba física) la propia rotación de la Tierra. Ni los experimentos, en este sentido, del austriaco Otto Turmlitz en 1908, ni los realizados por el norteamericano Ascher Shapiro en 1961, como tampoco, un año después, los ensayos sobre esta particular fenomenología realizados por Merwin Sibulkin, nunca hubo resultados que arrojaran pruebas concluyentes o modelo satisfactorio repetitivo.

A pesar de los muchos modelos exclusivos que fueron proyectados,

junto a otros más recientes experimentos de otros investigadores, todavía contribuyeron más a oscurecer el mecanismo que determina la intensidad rotatoria y el sentido



Esta preciosa vorticidad, introduciéndose por el agujero superior derecho, se generó a tan solo 7 segundos de destapar el sumidero. La rotación terrestre nunca podría interaccionar o imprimirse con tanta rapidez ni en la cantidad desmesurada de rotaciones de esta vorticidad. (Ilustración 8) foto del autor

superficie de la Tierra, todo objeto o fluido que presente giros o revoluciones superiores al periodo de rotación terrestre (360° por día) estos giros para nada están inducidos por el efecto Coriolis. Por tanto, la aceleración de Coriolis para nada es la responsable de generar (ni de iniciar) las fuerzas rotatorias ni el sentido de giro que adquieren la vorticidad de los líquidos en los desagües. Y, como tampoco, el efecto Coriolis infiere en los vórtices de los tornados, incluso aunque este peculiar episodio meteorológico derive de una nube madre asociada a una depresión ciclónica o borrascosa. Estos espectaculares vórtices (garganta) que presentan los tornados no están sujetos directamente a la mecánica del efecto Coriolis. Es decir, los

de giro que adquieren los vórtices y la dependencia de su profundidad. ¿Qué rompe la simetría de flujo e introduce una dirección privilegiada de giro?, ¿Qué es lo que da lugar al debilitamiento del vórtice, flujo estabilizador por excelencia, e invierte la dirección cuando el tirante es muy pequeño?. Desde luego, si sabemos, que esta aceleración complementaria de Coriolis no interfiere en la vorticidad de los desagües domésticos pues en el Ecuador, donde esta fuerza de Coriolis es nula, allí, los vórtices de los desagües domésticos presentan idénticas manifestaciones.

Valga la expresión: “Dime con que velocidad rota el objeto y te diré si éste imparte el efecto Coriolis terrestre”. Afirmando que, sobre la

tornados, en muchas ocasiones, presentan sentidos de giro contrarios a la propia rotación del sistema madre ciclónico. Como tampoco, en ningún caso, el efecto Coriolis genera los llamados remolinos de tierra, ni tampoco los vórtices de mareas (línea de remolinos marinos generados por la confrontación de mareas opuesta, -los *Caribdis* del Mediterráneo en el Estrecho de Messina y los *Maelstrom* en los fiordos del mar de Noruega y en los Estrechos de Naruto en el Mar de Japón).

En la Tierra, donde la velocidad angular de rotación ω (momento angular) es de tan sólo $360^\circ \times 86.400$ seg. (1 rotación terrestre cada 24 h), esta aceleración de Coriolis jamás

podrá inferirle a un objeto o fluido que se desplace en horizontal, sobre la superficie terrestre, más rotaciones periódicas de las que es capaz de generar el sistema madre, la Tierra (Ilustración 8).

Admitir que el efecto Coriolis, generado por la rotación terrestre, es el responsable de generar la fuerza rotatoria y de imprimir un «instantáneo» sentido de giro en los vórtices de nuestros desagües domésticos, sería como conjeturar que la trayectoria de un avión de largo recorrido pudiese entrar, en un determinado momento, en un fatídico episodio de torbellino por un desmesurado efecto Coriolis. Dicho con otra argumentación más esclarecedora, el período completo (o revolución) de toda la masa espiral de una depresión ciclónica (o huracán) nunca puede superar al periodo rotacional (o momento angular) del sistema madre, la Tierra. La masa global de una depresión ciclónica nunca puede rotar a mayor revolución (o velocidad angular) que lo hace la propia Tierra.

Hablando claro, sería como pretender que el plano de oscilación de un péndulo de Foucault girase infinidad de ciclos completos (o rotaciones) por día, cuando sabemos que esta fuerza de Coriolis está generada por el lento ciclo de una rotación terrestre diaria. Por tanto, la cantidad de fuerza rotatoria que presentan los ciclones, huracanes, borrascas y las corrientes marinas, jamás su momento angular (en revoluciones) podrá superar a la velocidad angular del sistema madre: la

rotación terrestre.

Adelantemos a decir que el megavórtice de la Gran Mancha Roja del gigante Júpiter requiere de 14 días jovianos para que toda la masa global de este torbellino gaseoso complete una rotación o revolución.

Todos estos lógicos y elementales razonamientos desmitifican y desmienten que el sentido de giro y la fuerza rotatoria que adquieren los vórtices de los desagües estén gobernados por la fuerza o efecto Coriolis.

Muy buena puntualización la expresada por el divulgador de la NASA, el Dr. Tony Phillips:

«Los científicos llaman a esto el efecto Coriolis, y ocurre en cualquier plataforma giratoria. Los huracanes se arremolinan [según hemisferios, en un determinado sentido] debido al efecto Coriolis, siendo la Tierra la misma plataforma giratoria. Contrario a la creencia popular, las fuerzas de Coriolis jamás controlan el drenaje de su baño -la Tierra no gira tan rápido-. Pero el jugar a la pelota en un carrusel infantil es definitivamente toda un espectáculo y experiencia Coriolis», Dr. Tony Phillips (Portal divulgativo *Ciencia@NASA*), -Cerebros que giran- (artículo del 23 julio, 2004).

El efecto Coriolis en otros planetas del Sistema Solar



La Gran Mancha Roja (GRS) de Júpiter, el megavórtice más longevo y exótico del Sistema Solar. Debajo, su adyacente óvalo blanco (BA)

Nunca mejor dicha esta expresión: “Cada planeta es un «mundo»”. Los planetas Venus, Júpiter, Saturno y Neptuno poseen atmósferas masivas de características morfológicas y dinámicas muy distintas a la de la Tierra. En estos cuatro casos la dinámica de la circulación atmosférica es muy diferente de la terrestre y su origen físico aún no está resuelto. Júpiter y Saturno poseen atmósferas profundas de hidrógeno y son planetas diez veces más grandes que la Tierra y rotan más de dos veces más rápido. El planeta Júpiter completa una rotación en tan solo 9h y 50m. Un hecho a recordar es que el masivo Júpiter fue candidato frustrado a protoestrella (binaria). Los planetas Júpiter y Saturno carecen de superficie sólida y emiten una potente fuente de calor interna que incide en la atmósfera superior emergiendo a la superficie en calientes corrientes gaseosas, en un ciclo de continua convección.

Por su parte, Venus rota muy lentamente (cada 243 días terrestres) y en sentido retrogrado y posee una atmósfera 90 veces más densa que la terrestre, y sometida a un descomunal efecto invernadero. En Venus, Júpiter, Saturno y Neptuno, sus dinámicas atmosféricas están dominadas por intensas corrientes de viento que circulan en la misma dirección de los paralelos (vientos zonales y cinturones de corriente gaseosa), según la latitud para Júpiter y Saturno, y formando una única y ancha corriente en Venus y Neptuno. Estos planetas presentan fortísimos vientos, con unas velocidades máximas de 140 m/s (500 km/h) en Júpiter, 475 m/s en Saturno y 120 m/s en Venus. Estos fortísimos vientos zonales presentes en los cinturones de Júpiter y Saturno surgen a causa de la interacción entre la intensa rotación y las ascendentes corrientes en ciclo continuo de convección, generadas éstas por

la potente fuente interna de calor. Además de estas grandes consecuencias climáticas en la atmósfera de Júpiter la densidad depende sólo de la presión, o lo que es lo mismo, las regiones con igual presión tienen la misma temperatura, y decimos que su atmósfera es barotrópica. En nuestro planeta Tierra la atmósfera es baroclínica.

Por lo tanto, nuestra geodinámica atmosférica es muy distinta y bastante particular y desconocemos en qué intensidad y consecuencias se pueda manifestar la aceleración de Coriolis en la dinámica atmosférica del resto de planetas del Sistema Solar.

El megavórtice más famoso, longevo, vasto y exótico del Sistema Solar es, sin duda, la Gran Mancha Roja (GRS) de Júpiter (paralelo latitud, -22° Sur) (Ilustración 9), junto a su adyacente turbulencia menor, el Óvalo Blanco (BA). En ambas vorticidades no hemos obtenido suficientes evidencias para poder afirmar que estos torbellinos estén gobernados por mecanismos asociados al efecto Coriolis generado por la propia rotación de Júpiter. Este vasto torbellino de color rojo ladrillo, con una extensión de 35.000 km de longitud y 13.000 km de ancho y que rota en sentido antihorario, realiza una rotación completa cada seis días terrestres. Su óvalo blanco (BA) adyacente, situado abajo a la derecha, gira en sentido contrario.

El material gaseoso de este longevo megavórtice requiere de 14 días jovianos para completar una sola rotación. En analogía a la Tierra, durante el intervalo temporal de 14

días terrestres cualquier episodio de nuestros ciclones y huracanes, éstos ya han quedado disipados.

Esta longeva vorticalidad de la Gran Mancha Roja de Júpiter, que sigue girando después de haber sido observada por primera vez hace más de 300 años, actualmente presenta un periodo de rotación alrededor del eje planetario de 9 h y 55 m.

***Jet-stream*, las corrientes de chorro de la alta troposfera no obedecen al patrón de fuerza de Coriolis**

A partir de determinada altitud, concretamente a partir de los 9.000 m de altitud, estos vientos y corrientes atmosféricas en la alta troposfera ya no permanecen sometidos a los patrones de las fuerzas de Coriolis. De hecho, estas corrientes de chorro (*Jet-stream*) mantienen un constante desplazamiento en dirección a las líneas geo-paralelas. Estas corrientes de chorro de la alta troposfera soplan sobre el océano Atlántico siempre en dirección de Oeste a Este, y con diferencia en cuanto a intensidad (con vientos sostenibles de 80, 90, 125 km/h), altitud y latitud según la época del año y con diferencias apreciables incluso en días consecutivos, y donde estas corrientes son las auténticas responsables de que los vuelos intercontinentales de EEUU con destino Europa adquieran un ventajoso avance y acorte temporal de 1h, 1,30 h, o incluso de 2 horas, en comparación con la misma ruta de ida hacia los EEUU.

Aunque lo que sí resulta chocante y contradictorio para el entendimiento neófito de la gente es esa

tan confusa suposición que para estos largos vuelos de la navegación intercontinental, en su largo trayecto de Oeste a Este (de EEUU hacia Europa), la propia rotación de la Tierra debería jugar a la contra, ya que la Tierra sigue rotando hacia el Este y, de alguna manera, le está añadiendo al avión más tierra (por medio) que transitar. De ahí, que estas mentes cortas lleguen a conjeturar, de forma muy errada, que este largo vuelo intercontinental (ejemplo: de Atlanta, destino Madrid) debería adquirir un acusado retraso o demora temporal. Cuando en realidad lo que sucede es exactamente lo contrario, gracias a este empuje, o viento sostenible de cola, que ejercen estas corrientes de chorro (*Jet-stream*) de la alta troposfera sobre los vuelos transoceánicos en dirección Oeste-Este, para el hemisferio Norte. De no existir estos troposféricos vientos de cola (Oeste-Este) el trayecto de ida (Madrid-Atlanta) y el de vuelta (Atlanta-Madrid) durarían exactamente lo mismo, con las mismas condiciones de ruta, altitud y de meteorología.

La dirección de la rotación terrestre, aquí, no influye. Admítanme esta analogía, si usted se desliza en el AVE a 350 km/h, y sentado en su sillón lanza una pelota hacia arriba (por muy alto que este el techo del vagón) no espere que la pelota, en su bajada, la recoja él del asiento de atrás. La pelota volverá a caer en su misma vertical, sobre su propia mano. Los sistemas avión-Tierra y pelota-AVE se comportan como «sistemas aislados» para con la Tierra.

Epílogo: La vorticidad de fluidos conlleva comportamientos impredecibles y algún frágil Efecto Mariposa

En conclusión, la Tierra da una vuelta (o revolución) por día, en tanto que el drenaje del agua en piletas, lavabos, bañeras e inodoros rota muchísimas veces en un solo minuto y, por lo tanto, la magnitud de su fuerza rotatoria superan en creces a la débil aceleración de Coriolis ejercida por la lenta rotación terrestre. Cualquier ínfima imperfección o inclinación en la base del receptor, el diseño de la vertiente de la pileta o recipiente, la inclinación de la boca del sumidero, la forma y diseño del sistema inodoro (sifones), las vibraciones locales, así como las ligeras turbulencias creadas por la propia caída de chorro líquido, son factores que van a determinar el sentido de giro que adopte el inicio de la vorticidad. La fuerza o efecto Coriolis para nada controla ni determina la dinámica rotatoria, ni el sentido de giro, en los drenajes de su baño e inodoro. El sentido de giro que adoptan los vórtices de desagües es totalmente aleatorio y, en algunos casos, de efecto impredecible. No hace falta bajarse al hemisferio austral para poder constatar este hecho, tan solo nos basta observar los drenajes en nuestro propio entorno.

Preestablecer modelos de vorticidad para poder determinar la intensidad de fuerza rotatoria y su sentido de giro para la dinámica de desagües de líquidos y fluidos, resulta un intento arto impredecible. Cualquier

modelo preestablecido de vorticidad puede verse alterado, modificado y/o disipado al siguiente instante. Este comportamiento tan caótico y arbitrario bien podemos condicionarlo a un casual y frágil efecto Mariposa, definiendo éste como: «Todo desencadenante impredecible de caos por causa de un sutil efecto desequilibrante».

Para la descripción de los vórtices en la dinámica de desagües funciona más el resultado estadístico que cualquier intento de formalizar modelos repetitivos.

Nota:

Aquest article divulgatiu el vaig fer a resultes d'una inquietud expressada pel company de treball Jordi Mahiques (de FAUS Group, Gandia) quan tornà del seu primer viatge a Geòrgia (EEUU) on, a l'agost del 2006, s'havia acabat d'instal·lar la nova planta FAUS Group Inc., i qui anà com assessor tècnic d'impregnació melamínica de paper.

Aquí, recordo la qüestió que me fou plantejada per Jordi:

-Per què el vol de tornada Atlanta-Madrid (direcció oest-est) es fa més curt (1h i 15 m. menys) que el vol invers d'anada, ja que pel que fa el desplaçament de la rotació terrestre, sempre cap a l'est, açò ens posa més terra per davant que creuar?

D'entrada ja sospitava que l'efecte de Coriolis no s'implicava amb aquesta qüestió.

Però, aquell moment no vaig saber que contestar-li. Hui sí ho ha fet amb aquest article per a la revista HUYGENS on parle de l'efecte

Coriolis, del sentit de rotació que agafen les formacions ciclòniques (huracans), anticiclons i, sobretot, pel que fan les corrents a doll a l'alta troposfera, i que anomenem de l'anglès, *Jet-Stream*. A l'hemisferi nord aquestes corrents de vent de l'alta troposfera es mouen constantment amb la direcció dels paral·lels terrestres, sempre en direcció oest-est, sense gaire obeir a la mecànica de les forces de Coriolis.

Aquestes corrents de fort vent sottingut, a l'alta troposfera, són les que empenten de valent, amb fort vent de cua, a les aeronaus de vol intercontinental que viatgen d'oest a est, i que puguen a gran altitud per un imperatiu d'estalvi important de carburant.