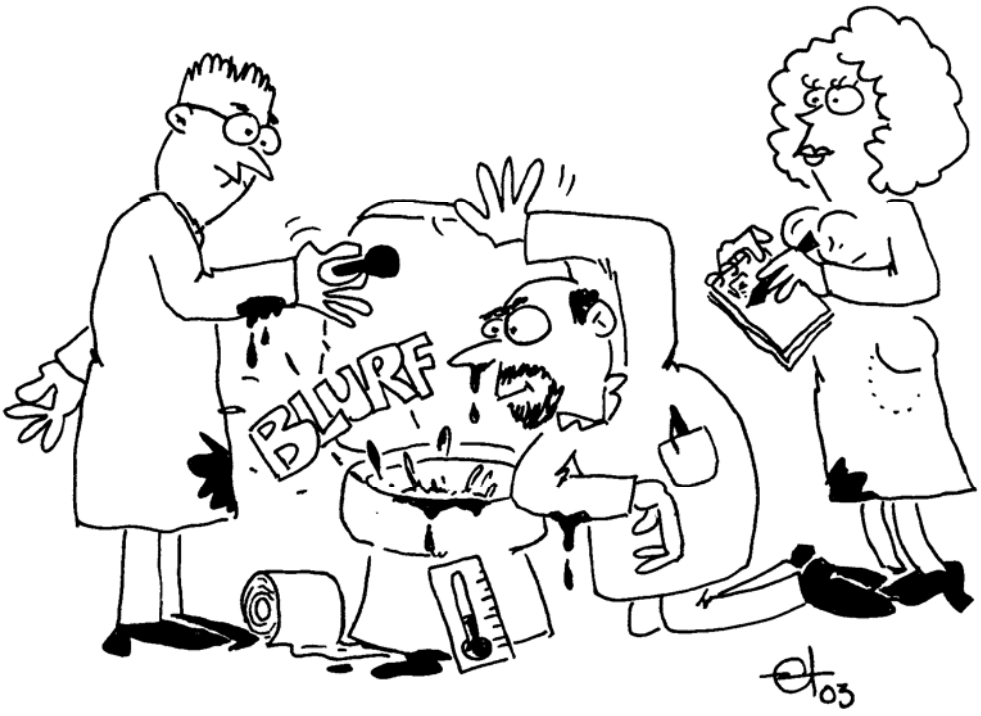
Serendipity



Al escribir éste título, no puedo evitar hacer dos asociaciones mentales diametralmente opuestas. Una, los relatos del viejo Edgar Allan Poe, donde extraños nombres femeninos como *Berenice* o *Ligeia* pueden dejar una marca indeleble en el alma de un lector adolescente. La otra, los pases de lista en un aula de segundo año en la Universidad de La Habana, donde no menos extraños nombres como *Yunisbelky* o *Yerandy* pueden provocar un borrón igualmente indeleble en el Registro de Asistencia del adolescente…(¿o *la* adolescente?).

Sin embargo, *Serendípity* no es el nombre de una sufrida doncella Poeiana, ó un aretudo mancebo de segundo año de MicroBiología: es la transliteración de un término inglés hecho suyo por la Ciencia que, junto a otros como *parsec* y *quark* (se pronuncia "cuórk") constituyen un sello más de la expansión de los horizontes del conocimiento humano. Aprovechemos ahora que el término está fresco en su contexto científico, y expliquémoslo al gran público, antes de que alguien retuerza su significado cuando lo redescubra dentro de doscientos años.

Quizás la mejor explicación compacta de la *serendipidad*[1] en el contexto científico, sea una frase del físico Francis Crick, co-descubridor de la estructura de la molécula de ADN: "*La casualidad es la única fuente de novedad auténtica"*. *Serendipidad***,** en primera aproximación, significa *descubrir algo fortuitamente***.** Sin dudas, esta frase un tanto descarnada provocará sentimientos nada amistosos en la mayor parte de los científicos profesionales que lean estas líneas.

Y no me extrañaría. Es que la creatividad en la Ciencia es menos libre que en el Arte: el pensamiento científico está constantemente limitado por una "camisa de fuerza" (pidiendo el término prestado al gran físico Richard Feynman). En principio, todo nuevo paso "predictivo" en la ciencia tiene que ser forzosamente consistente con el vasto conocimiento anterior y, por lo tanto, el científico no tiene libertad total para teorizar. Así que la frase "descubrir fortuitamente" puede sonar un tanto ofensiva al oído de un

[1] Me he permitido castellanizar aquí el término, pues no he logrado encontrarlo en el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia.

científico que consume las madrugadas enteras procesando sus datos ó realizando complejos cálculos.

Pero el científico, a veces, realiza un experimento en el que surge algo radicalmente nuevo; algo que no estaba contemplado en ninguna teoría anterior ó que, simplemente, contradice una teoría anterior. *En una palabra : algo auténticamente inesperado.* La Historia demuestra que así surgen los grandes saltos conceptuales en la Ciencia. El ejemplo clásico es la "revolución" de la Física acaecida a principios del siglo XX: la llamada "Física Clásica" era incapaz de explicar resultados experimentales inesperados como el *espectro de radiación del cuerpo negro, ó el fotoefecto:* hubo que crear la llamada "Física Cuántica", de la cual la Física "clásica" es sólo un límite.

Fig. 1 Henri Becquerel

Sin embargo, han habido resultados experimentales –y aún teóricos— en donde la *casualidad* en el sentido más novelesco de la palabra ha jugado un papel protagónico: es en esos casos donde el término *serendipidad* se puede aplicar con mayor propiedad en el terreno de la creación científica. Entre los numerosísimos ejemplos que se pudieran citar al respecto, el más paradigmático es quizás el descubrimiento de la Radiactividad por el francés Henri Becquerel, en 1896. En febrero de ese año, él se encontraba realizando experimentos que involucraban la exposición a la luz solar de cristales[2] que contenían Uranio: tras exponer los cristales durante un rato, los colocaba sobre una placa fotográfica, lo que resultaba en la aparición de una imagen del

[2] En el contexto científico, no se usa la palabra "cristal" para referirse a un vidrio de ventana, por ejemplo. Un cristal es un material que posee una estructura de átomos perfectamente ordenados, mientras que los átomos que forman el vidrio de una ventana se encuentran parcialmente desordenados.

cristal sobre la placa. Becquerel pensaba que la causa del fenómeno era que los cristales "devolvían", en forma de rayos X, la energía obtenida de los rayos solares (los rayos X eran entonces un tema de investigación "caliente", pues habían sido descubiertos apenas un año antes por el alemán Wilhe Roentgen. Un día nublado, sin embargo, hizo que el experimento tuviera que ser aplazado, y el cristal fuera guardado en una gaveta, junto con la placa fotográfica. Dos días más tarde el Sol volvió a aparecer, y Becquerel se dispuso a continuar sus experimentos. Pero, al buscar el cristal en la gaveta, observó, con asombro, que éste había dejado una clara imagen en la placa fotográfica: *algo* debía emitir el Uranio *espontáneamente*, sin necesidad de una fuente externa de luz. Becquerel había descubierto la *radioactividad.* Y lo había logrado por intermedio de un grupo de afortunadas circunstancias: además del día nublado, estaba el hecho de que el científico había sido suficientemente organizado como para guardar las cosas en una gaveta había sido parte del proceso…conozco laboratorios donde *nunca*, por esa vía, se hubiera descubierto absolutamente nada. El hallazgo de Becquerel desató una verdadera avalancha de descubrimientos protagonizados por los esposos Curie, Ernest Rutherford, y otros científicos ilustres que condujeron, por ejemplo, al descubrimiento de nuevos elementos químicos, y a la identificación de las radiaciones "alfa", "beta" y "gamma" (nos preguntamos cuánto puede haber dañado la salud de algunos de estos hombres y mujeres el estudio de estas radiaciones).

Vale la pena mencionar también un notable descubrimiento en la Astrofísica contemporánea realizado por Penzias y Wilson en los años 1960's. Estos investigadores llevaban largo tiempo examinando señales de radio provenientes del Espacio mediante un enorme radiotelescopio, pero había un "ruido" electromagnético (parecido a la molesta "estática" en una señal de radio) que no les permitía apreciar bien la información en la que estaban interesados. Revisaron toda la electrónica una y mil veces, pero el ruido no cedía. Incluso limpiaron de excremento de palomas la parte central de la antena del radiotelescopio, pensando que esta era la causa del "problema". Y nada. Al final, tuvieron que darse por vencidos. "El problema" era el hoy llamado "ruido de fondo del Universo", que les valió el premio Nobel de Física de 1978. El ruido

en cuestión no tenía que ver con las necesidades fisiológicas de las palomas, ni con las transmisiones radiales de "rock'n'roll" propias de la época: se trataba de la radiación que nos llega desde los límites del Universo mientras se alejan de nosotros a increíble velocidad producto del llamado "Big Bang", y que, cual Piedra Rosetta electromagnética, porta información en clave sobre el comienzo mismo de los tiempos.

Pero semejante "explosión de *serendipidad*" sólo cobra verdaderamente un significado en el contexto científico, si se dan un grupo de condiciones. Una es que los experimentadores, al final de la jornada, reconozcan que en su medición inesperada hay realmente algo auténticamente nuevo, digno de comunicar al resto de la comunidad científica –para ello hay que ser valiente. Dos, que el resto de la comunidad científica también lo reconozca, y sea capaz de modificar ó perfeccionar las teorías existentes para explicarla, y realizar nuevos experimentos para comprobar los resultados reportados. En una palabra: un perfecto balance entre la casualidad y el academicismo. Este balance se logró, desde luego, en los casos de Becquerel y de Penzias y Wilson.

Una parte enorme de la "mitología" de la ciencia está compuesta por casos de "predicción teórica" que aparentemente surgieron de forma "espontánea" en el cerebro de su autor, como la Teoría de la Relatividad General de Einstein. Aunque no pretendo zanjar la compleja discusión asociada al nacimiento de la teoría de la Relatividad, –digna de verdaderos epistemiólogos e historiadores de la Ciencia– debo subrayar que, incluso el andamiaje matemático y conceptual en el que se basó Einstein para crearla había nacido, en última instancia, de la interacción del hombre con el mundo que lo rodea. Después de todo, los conceptos de "dimensión" y "tiempo", el sistema decimal de numeración, o la estructura del razonamiento por inducción, tienen que ver de un modo u otro con la experiencia cotidiana: no son, rigurosamente hablando, una "creación totalmente libre" del cerebro humano. En fin; volvemos al tema de la "camisa de fuerza".

Para finalizar, no puedo evitar hacer una anécdota sobre mi propio encuentro con la *serendipidad* científica. Hace unos años, agarré

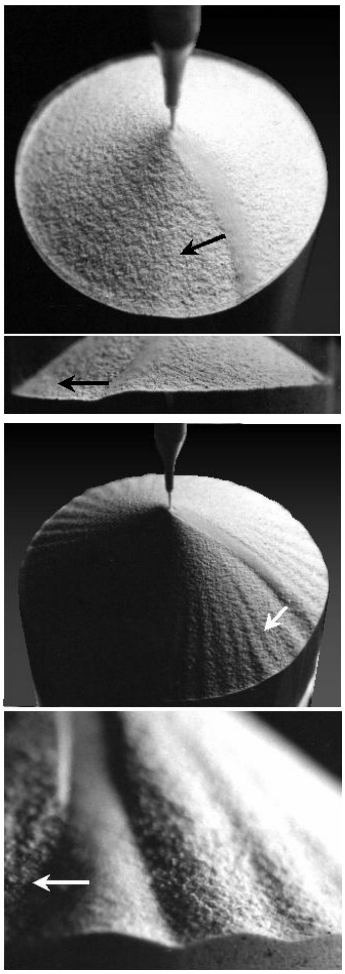


Fig. 2 Ríos rotatorios. Las dos primeras fotografías ilustran dos perspectivas de los ríos continuos, mientras que las dos últimas muestran los ríos intermitentes. Las flechas indican la dirección de rotación de los ríos.

un puñado de arena sílice que tenía a mano, para realizar una demostración ante los alumnos de cómo las pilas de arena se forman mediante avalanchas. La cosa era simple: tomar un embudo con una punta estrecha, y dejar caer un fino chorro de arena sobre una mesa plana, para observar la formación de la pila. Según la teoría de la Criticidad Auto-Organizada –que yo pretendía ilustrar con el sencillo experimento– se producirían avalanchas (deslizamientos súbditos de arena a lo largo de los laterales de la pila al ir adicionando lentamente la arena) de muchos tamaños diferentes, que ayudarían a mantener el ángulo de la pila. Pero encontré que mi loma "se negaba" a producir avalanchas. En vez

de ello, se producía como un "río" de arena que "fluía" cuesta abajo desde la punta hasta la base, rotando alrededor de la loma (Figura 2), parecido a lo que a veces ocurre cuando se deja caer un fino chorro de miel sobre una mesa. Ello me causó confusión y contrariedad, y dejé de lado el experimento por algún tiempo.

No obstante, el resultado era muy elegante (pues representa lo que los físicos llamamos una "ruptura espontánea de simetría": el chorro "decide" rotar hacia un lado y no hacia el otro, sin causa aparente). De modo que comencé a contárselo a varios especialistas en materiales granulares de diversas partes del mundo, cada vez que se presentaba la oportunidad, esperando que me dijeran: ¡Ah, sí: ese fenómeno se conoce desde la época del viejo Coulomb!. Contrariamente a lo que había imaginado, nadie había visto reportado nada similar, y les parecía un fenómeno muy interesante. En especial, me sentí espoleado por el gran interés del físico estadístico Kevin Bassler, de la Universidad de Houston, el cual me retó a que reprodujera el experimento en su oficina. Seguro de mi fácil victoria, recogí un puñado de arena del parqueo de la universidad, preparé un embudo para verter el chorro sobre su buró y… ¡horror!…los ríos no aparecían de ningún modo. La cosa no era tan simple como parecía (sólo meses más tarde limpié mi honor enviándole por correo un videocassette con la prueba irrefutable desde la Habana). Así, varios años después de observado por vez primera, comencé a sospechar que realmente valía la pena dedicarle más tiempo al estudio del fenómeno, cosa que hice con la valiosa ayuda de un grupo de colegas –¡entre ellos el propio Bassler!– y estudiantes.

Lo primero que nuestro estudio arrojó fue que existían dos tipos de ríos rotatorios: los ríos continuos, que ocurrían para pilas pequeñas (Figura 2, los dos paneles superiores) y los ríos intermitentes, que ocurrían para pilas grandes (Figura 2, los dos paneles inferiores). Esta transición parece estar relacionada con un fenómeno parecido que ocurre en flujos granulares superficiales cuando la arena se confina entre dos placas verticales relativamente cercanas entre sí (justo debido a esa sospecha hemos estado estudiando éste último sistema con nuestra arena…y ocurre que nos hemos topado con otro fenómeno que no discutiremos aquí: sólo mencionaré que parece haber sido predicho

teóricamente hace años, pero nunca había sido observado experimentalmente). Como para el físico es fundamental *cuantificar* las observaciones e intentar modelarlas matemáticamente, realizamos experimentos para determinar la frecuencia de rotación de los ríos (o sea, el número de vueltas completas por unidad de tiempo) en la medida que transcurría el tiempo, para el caso de una pila sobre una mesa horizontal. El resultado fue que la velocidad angular decrecía en la medida que transcurría el tiempo como una ley de potencias: (frecuencia de rotación) ~ (tiempo)$^{-2/3}$, donde "~" significa "proporcional a" y "-2/3" es el exponente de la ley de potencias. El signo negativo indica que la frecuencia *disminuye* en la medida que pasa el tiempo. Si modelamos el crecimiento de nuestra pilas de arena como la adición de una nueva capa de arena en cada vuelta del río (Figura 3) y aplicamos un principio tan simple como la ley de conservación de la masa, es fácil deducir teóricamente que, en efecto, el exponente de la ley de potencias debe ser justamente -2/3. En mi opinión, este es un buen ejemplo de cómo se pueden obtener resultados originales y precisos sobre la base de principios elementales.

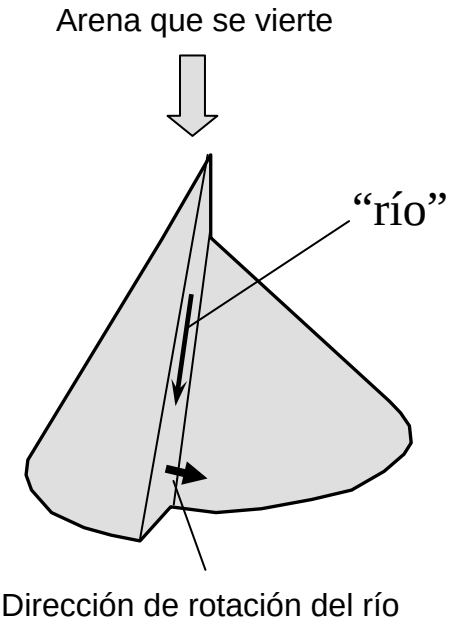


Fig. 3 Sencillo modelo geométrico que permite calcular cómo la freceuencia de rotación de los ríos varía en el tiempo.

A pesar de que nos queda un gran tramo por recorrer para comprender a cabalidad los mecanismos que sustentan el fenómeno de los ríos rotatorios, me complace decir que este hallazgo tan sencillo ha despertado fascinación en cualquier

contexto científico donde se ha presentado formalmente[3]. Es que los científicos auténticos son personas que han sabido mantener intacta su curiosidad infantil.

Pero una de las cosas más curiosas que hemos aprendido a lo largo de estos años, es que que fue una fabulosa casualidad el que encontrara el fenómeno de los "ríos rotatorios" por vez primera varios años atrás. Gracias a la iniciativa de un estudiante, que ha probado más de cien arenas diferentes provenientes de todo el mundo en casa de un coleccionista de Santiago de las Vegas, hoy sabemos que es un fenómeno relativamente raro: sólo 9 de ellas fueron capaces de producir ríos rotatorios. Una artista diría que aquél lejano día en que pretendí mostrar avalanchas a los estudiantes con un puñado de arena, tuve la suerte de que me "tocara" una musa. La musa *Serendípity*.

[3] Altshuler, E, O. Ramos, E. Martínez, A.J. Batista-Leyva, A. Rivera and K. E. Bassler, *Physical Review Letters* 91: 014501 (2003)