

LA SEUDOCIENCIA COMO CONTRAPUNTO DE LA CIENCIA

Palabras clave: Seudociencia, física, educación.
Key words: Pseudoscience, physics, education.

Laseudociencia está mayormente ausente en los programas de enseñanza. Sin embargo, el contraste entre ciencia yseudociencia puede ser útil para resaltar el valor de la ciencia y estimular el pensamiento crítico con debates en el aula. Se presentan algunos ejemplos de afirmacionesseudocientíficas junto con un análisis crítico. Los ejemplos son sobre sección áurea, astrología, caminata sobre brasas, fotografía psíquica y máquinas de movimiento perpetuo.

Pseudoscience is largely absent in teaching programs. However, the contrast between science and pseudoscience can be useful to highlight the value of science and encourage critical thinking in classroom discussions. Examples of pseudoscientific statements are presented together with a critical analysis. Examples are on golden section, astrology, fire walk, psychic photography and perpetual motion machines.

Miguel Hoyuelos

Instituto de Investigaciones Físicas de Mar del Plata (IFIMAR-CONICET) y Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Deán Funes 3350, 7600 Mar del Plata, Argentina.

E-mail: hoyuelos@mdp.edu.ar

Tanto ciencia comoseudociencia tienen el mismo origen: la necesidad de encontrar reglas y orden en un mundo que se muestra caótico. Reglas que nos ayuden a comprender el mundo, a desentrañar el profundo misterio que se manifiesta en cuanto uno se detiene un momento a observar el universo. Esta motivación es, probablemente, lo único que tienen en común ciencia yseudociencia.

Excepto en ciencias formales, como matemática o lógica, todas las teorías científicas se sustentan en la observación experimental. Éste es el punto central del método científico: el juez que determina la validez de una teoría científica es la misma naturaleza. Pero no es suficiente que un investigador presente evidencia experimental para apoyar una teoría. También debe explicar en detalle cómo obtuvo esa evidencia para que otros la puedan reproducir. Los resultados se publican en revistas o se presentan en reuniones científicas

para que la comunidad los pueda analizar en forma crítica. Las teorías equivocadas y los errores forman parte de la actividad científica. El escrutinio riguroso y el pensamiento crítico, aspectos fundamentales de la ciencia, permiten que esos errores sean detectados y las teorías correspondientes sean descartadas.

Todo esto está ausente en laseudociencia. Los resultados positivos se desvanecen ante escrutinio riguroso. En general, no existe la posibilidad de reproducir resultados. Por ejemplo, alguien que afirma tener una máquina de movimiento perpetuo oculta los detalles del diseño con el argumento de que otros se lo robarán. Cuando esa posibilidad existe, se encuentra error, fraude o engaño que, al exhibirse, es simplemente ignorado por el núcleo duro de la comunidadseudocientífica. Se publicitan los resultados en medios donde el pensamiento crítico está ausente

Un ejemplo típico deseudociencia es la astrología. Sin embargo, sigue una norma frecuente en ciencia: la búsqueda de simplicidad. Simplifica el complejo problema del análisis de la personalidad humana encasillándola en doce categorías: los doce signos del zodíaco. Según una frase atribuida a Einstein, aunque probablemente apócrifa, "debemos simplificar todas las cosas lo más posible, pero no más". La simplificación forzada de la astrología pone orden en una situación caótica y genera la ilusión de comprensión. Aunque carece de cualquier apoyo de la astronomía o la astrofísica, la ilusión que genera es tan fuerte que resiste a numerosos escrutinios rigurosos. A diferencia de otrasseudociencias, las afirmaciones básicas de la astrología pueden examinarse con estudios estadísticos. Los resultados son negativos; ver, por ejemplo, los trabajos de Carlson (1985) o Dean y Kelly (2003). Resulta frustrante que el efecto de estos estudios en la

opinión general del público ha sido prácticamente nulo.

Muchos autores han destacado los aspectos negativos de las pseudociencias. Carl Sagan (2000) escribió: "la superstición y la pseudociencia no dejan de interponerse en el camino para () proporcionar respuestas fáciles, evitar el escrutinio escéptico, apelar a nuestros temores y devaluar la experiencia, convirtiéndonos en practicantes rutinarios y cómodos además de víctimas de la credulidad."

Un texto muy citado de Mario Bunge (1984) dice: "Los científicos y los filósofos tienden a tratar la superstición, la pseudociencia y hasta la anticencia como basura inofensiva o, incluso, como algo adecuado al consumo de las masas; están demasiado ocupados con sus propias investigaciones como para molestarse por tales sinsentidos. Esta actitud, sin embargo, es de lo más desafortunada. La superstición, la pseudociencia y la anticencia no son basura que pueda ser reciclada con el fin de transformarla en algo útil: se trata de virus intelectuales que pueden atacar a cualquiera -lego o científico- hasta el extremo de hacer enfermar toda una cultura y volverla contra la investigación científica."

Una sociedad sin pseudociencia sería una sociedad mejor. Sin embargo, como los virus en los seres vivos, estos virus intelectuales de la sociedad tampoco se pueden eliminar por completo. Lo que podemos hacer es lograr una buena cantidad de anticuerpos para que los individuos, en su mayoría, no sean víctimas de creencias infundadas. Cuando hablo de víctimas no me refiero sólo a las personas que pierden tiempo o dinero al ser engañadas. También me refiero a los casos más graves en los que las víctimas pierden la vida por aferrarse a las promesas falsas

de medicinas alternativas o tratamientos místicos. La práctica pseudocientífica más despreciable es la que lucra con la desesperación de las personas enfermas.

Los programas de educación de ciencias ignoran mayormente la existencia de la pseudociencia. El argumento es que el tiempo de clases debe ser utilizado para el estudio de lo que es importante: la ciencia. Lo otro es considerado probablemente como "basura inofensiva". Esta actitud es desafortunada no solo en filósofos y científicos, como decía Bunge, sino también en educadores. Diría que más aún en educadores. No se combate la pseudociencia, ni se estimula el pensamiento crítico, ignorándola. Una excelente forma de enseñar qué es la ciencia es mostrando qué no lo es, y explicando por qué. Una clase de ciencia puede pasar de aburrida a apasionante cuando se presenta el conflicto con la pseudociencia. Conflicto, choque entre posiciones opuestas, es el elemento clave para despertar la participación, la discusión, el debate y la polémica en una clase. Y también para lograr el objetivo principal: estimular el pensamiento crítico, tanto de ideas ajenas como propias. Esto último es probablemente lo más difícil de lograr.

En los párrafos que siguen presento algunos ejemplos simples de afirmaciones pseudocientíficas, o supersticiones, muy difundidas, que sirven de contrapunto a la postura científica.

■ SECCIÓN ÁUREA

Supongamos un rectángulo de lados a y b , siendo a el lado mayor. Si se cumple la relación $a/b = 1 + b/a$, se dice que el rectángulo tiene la proporción áurea. En este caso, el cociente a/b toma el valor 1,618, conocido como sección áurea (los

puntos suspensivos indican infinitas cifras decimales). En 1854, el psicólogo alemán Adolf Zeising propuso que la sección áurea opera como una ley universal "que contiene el principio básico de toda forma que se esfuerza por alcanzar belleza y completitud en los reinos de la naturaleza y el arte, y que impregna, como un ideal espiritual supremo, todas las estructuras, formas y proporciones, tanto cósmicas como individuales, orgánicas o inorgánicas, acústicas u ópticas".

Un rectángulo con la proporción áurea debería ser el más placentero a la vista, el que produzca la mayor sensación de equilibrio, armonía y belleza. La figura 1 muestra un rectángulo áureo junto a otros.

El lector incapaz de experimentar alguna sensación especial al observar el rectángulo áureo no debe atormentarse. A muchos nos sucede lo mismo.

Hay otras afirmaciones menos subjetivas que permiten una fácil verificación. La bibliografía sobre la sección áurea menciona con frecuencia al caracol nautilo como un ejemplo de la naturaleza. Un corte transversal del caracol muestra la espiral de su estructura. Si lo enmarcamos en un rectángulo, obtendremos la proporción áurea, ¿o no? Para verificarlo solo hay que medir los lados del rectángulo y hacer el cociente. La medición puede hacerse sobre la figura 2, donde se ve la fotografía de un nautilo, el rectángulo con la espiral correspondiente y el rectángulo con la espiral áurea para comparar. A simple vista se observa que las proporciones son diferentes.

El caracol nautilo no tiene la proporción áurea. La omisión de este hecho empírico evidente al tratar el tema es una señal de que estamos ante una pseudociencia. Y genera

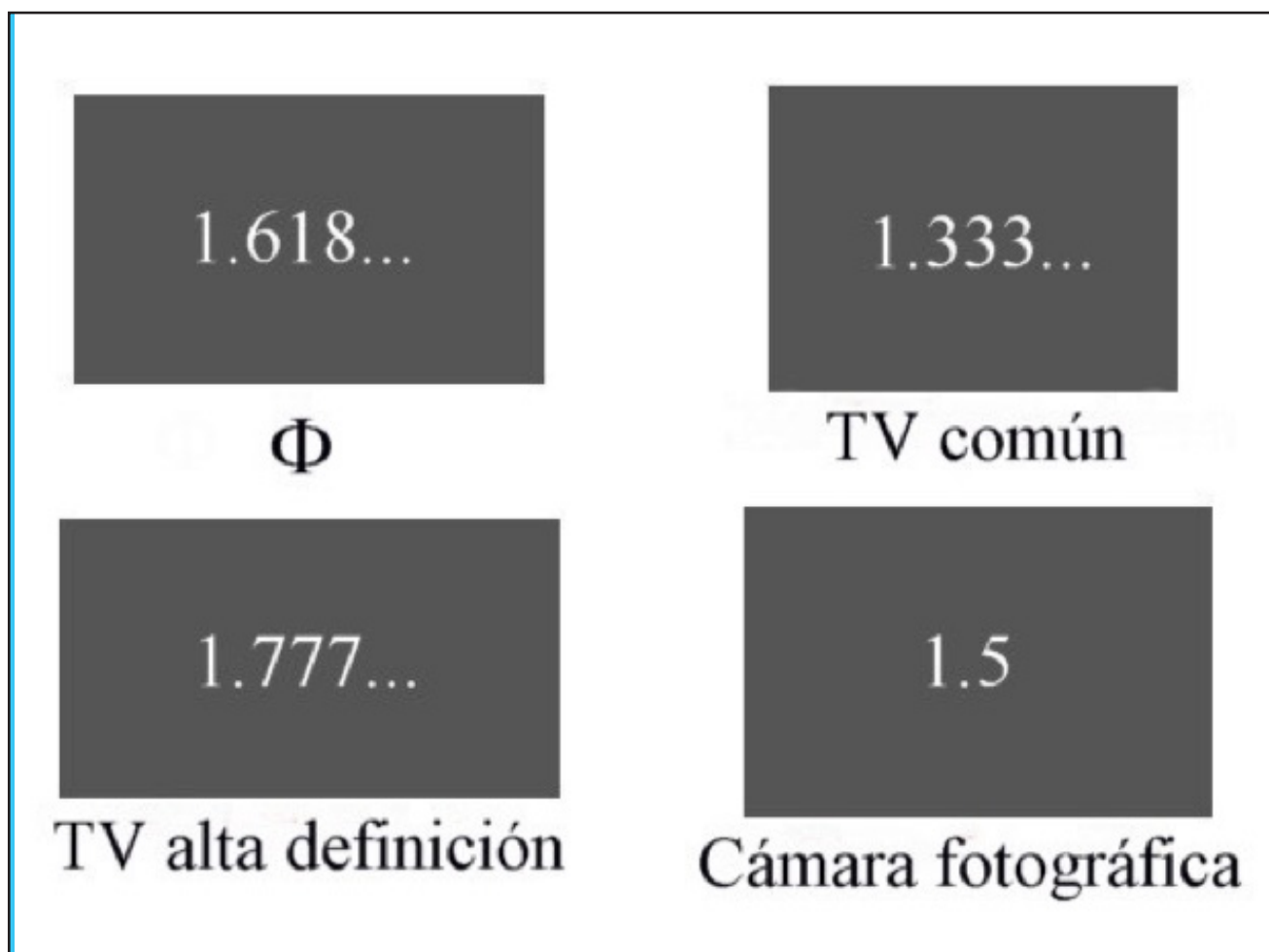


Figura 1: El rectángulo áureo (arriba a la izquierda) junto a otros. Los números indican el cociente entre ancho y alto.

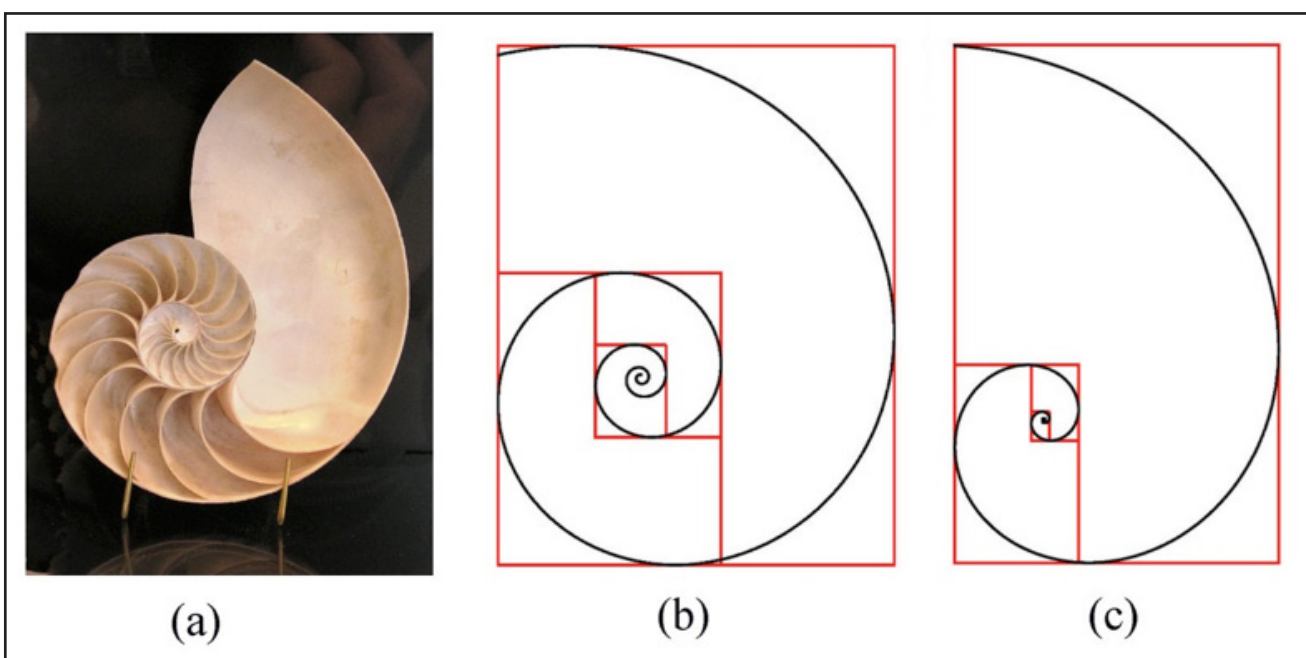


Figura 2: Corte de un caracol nautilo (a), esquema de la espiral del nautilo (b) y espiral áurea (c).

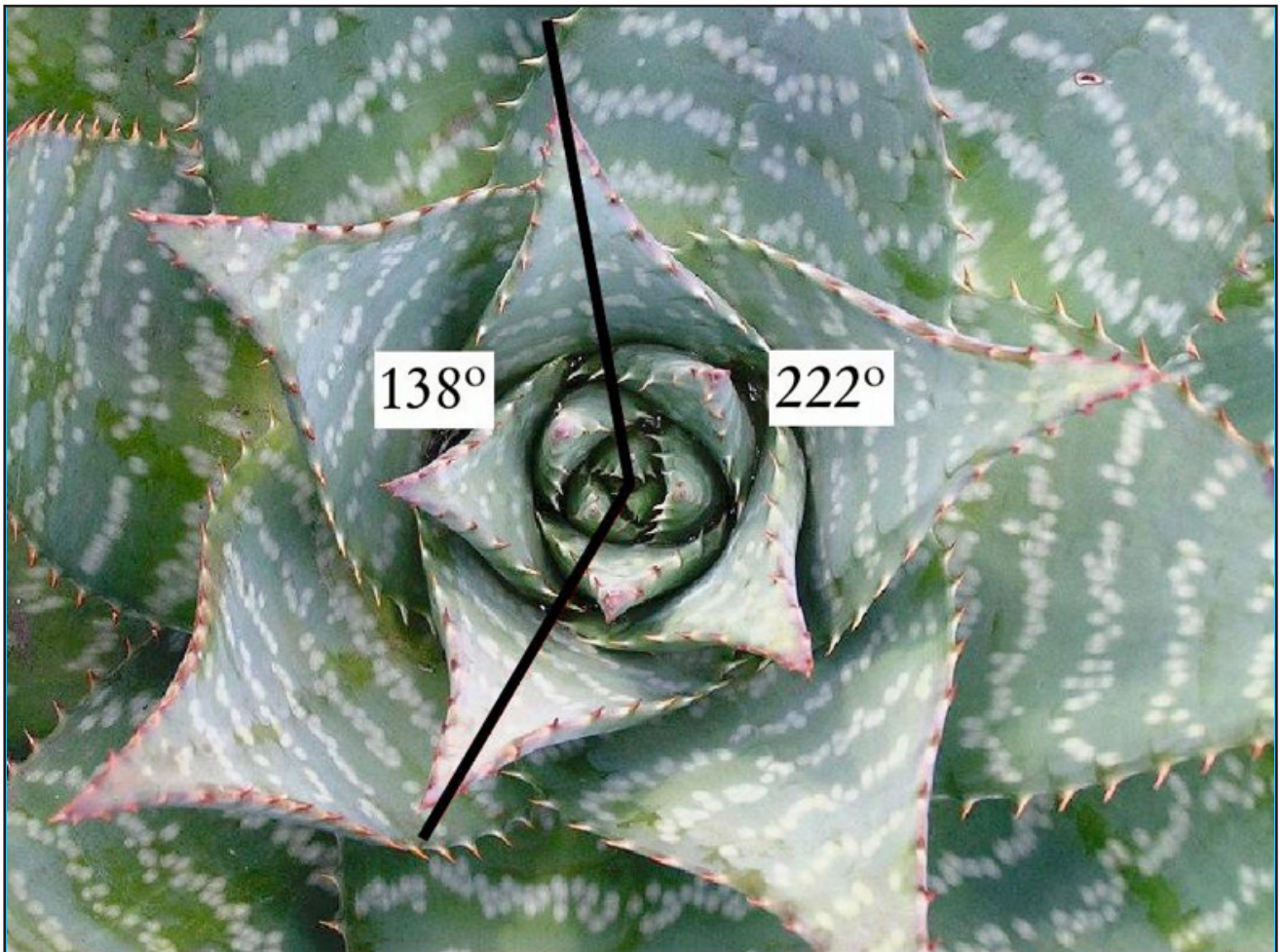


Figura 3: Planta de aloe vera. Las líneas marcan el ángulo entre dos hojas sucesivas y su complementario. La proporción corresponde a la sección áurea: $222/138 \approx 1,61$.

desconfianza ante otras afirmaciones similares, aunque no todas ellas carecen de fundamento.

La aparición de la sección áurea o los números de Fibonacci¹ en la estructura de las plantas es bastante usual y se la conoce como filotaxis de Fibonacci (phyllo: hoja, taxis: organización); ver, por ejemplo, Douady y Couder (1992). La figura 3 muestra una planta de aloe vera. El tamaño de las hojas determina un orden de aparición. El ángulo entre dos hojas sucesivas se aproxima a 138° , y su relación con el ángulo complementario ($360^\circ - 138^\circ = 222^\circ$) es igual a la sección áurea.

No es necesario recurrir a la ley universal, de tinte místico, propuesta

por Zeising para encontrar una explicación. Basta con el mecanismo de selección natural. Se puede demostrar que cuando cada hoja surge a 138° con respecto a la anterior, la planta se asegura de que las hojas nuevas hagan la menor sombra posible a las viejas. De esta forma se optimiza la absorción de energía solar y también la captación de agua que fluye a través de las hojas al tallo y a las raíces. La selección natural ha favorecido un proceso de evolución en el cual las hojas sucesivas surgen a un ángulo que corresponde a la sección áurea.

Más información sobre la sección áurea y su supuesta presencia en estructuras naturales o artificiales puede hallarse en los trabajos de

Gardner (1994), Markowsky (1992) o Sommers et al. (1992).

■ ASTROLOGÍA

Los trabajos de Carlson y Dean y Kelly, citados antes, son dos ejemplos de estudios que niegan la validez de la astrología para determinar la personalidad o el destino de un individuo. Por otro lado, existen fallas en las ideas básicas que hacen el fundamento de la astrología. Es interesante analizar algunas de ellas.

Dos mil años atrás, la idea de que, por ejemplo, el resultado de una batalla podía predecirse porque todo estaba escrito en el cielo constituía un estímulo para su observación. Fue el inicio de la astronomía.

Con el paso de los siglos, sin embargo, la astrología se ha apartado de la observación. Hoy en día prácticamente no existen puntos de contacto con la astronomía.

La fecha de nacimiento juega un papel fundamental en astrología. Determina el signo de una persona. Si nació entre el 22 de febrero y el 20 de marzo, es de Piscis, si entre el 21 de marzo y el 20 de abril, de Aries, etc. Esta elección carece de fundamento; igualmente se podría haber definido el signo en función de la fecha de concepción, o la fecha en la que el bebé da sus primeros pasos, o dice su primera palabra, o abre los ojos, u otro evento que uno considere significativo. Pero dejemos ese problema de lado y

concentrémonos en los aspectos astronómicos. La idea que está detrás de la definición de los signos es que, por ejemplo, entre el 22 de febrero y el 20 de marzo, el Sol se encuentra en la constelación de Piscis; entre el 21 de marzo y el 20 de abril, en la de Aries, etc. La figura 4 muestra el esquema de las constelaciones alrededor de la Tierra y el Sol, que están en el centro. Desde la perspectiva de la Tierra, a lo largo del año el Sol recorre un camino en el cielo conocido como eclíptica, marcado con una línea roja en la figura. Las constelaciones sobre la eclíptica son las que forman el zodíaco. Por supuesto, durante el día no es posible observar directamente cuál es la constelación que está detrás del Sol, pero no es complicado determinarla.

Las escalas de la figura no son reales. El tamaño de la órbita de la Tierra es mucho menor que la distancia a las estrellas. La distancia Tierra-Sol es de unos 8 minutos-luz (la distancia que recorre la luz en 8 minutos). La estrella más cercana está a unos 4 años-luz, y la mayoría está mucho más lejos. Esta enorme diferencia de distancias hizo que, por mucho tiempo, no fuera posible apreciar cambios en la posición de las estrellas a medida que la Tierra gira alrededor del Sol, hecho que se usó como argumento a favor del sistema geocéntrico.

Hay varios comentarios que se pueden hacer. Primero: las constelaciones no existen en la naturaleza, son agrupaciones arbitrarias de es-

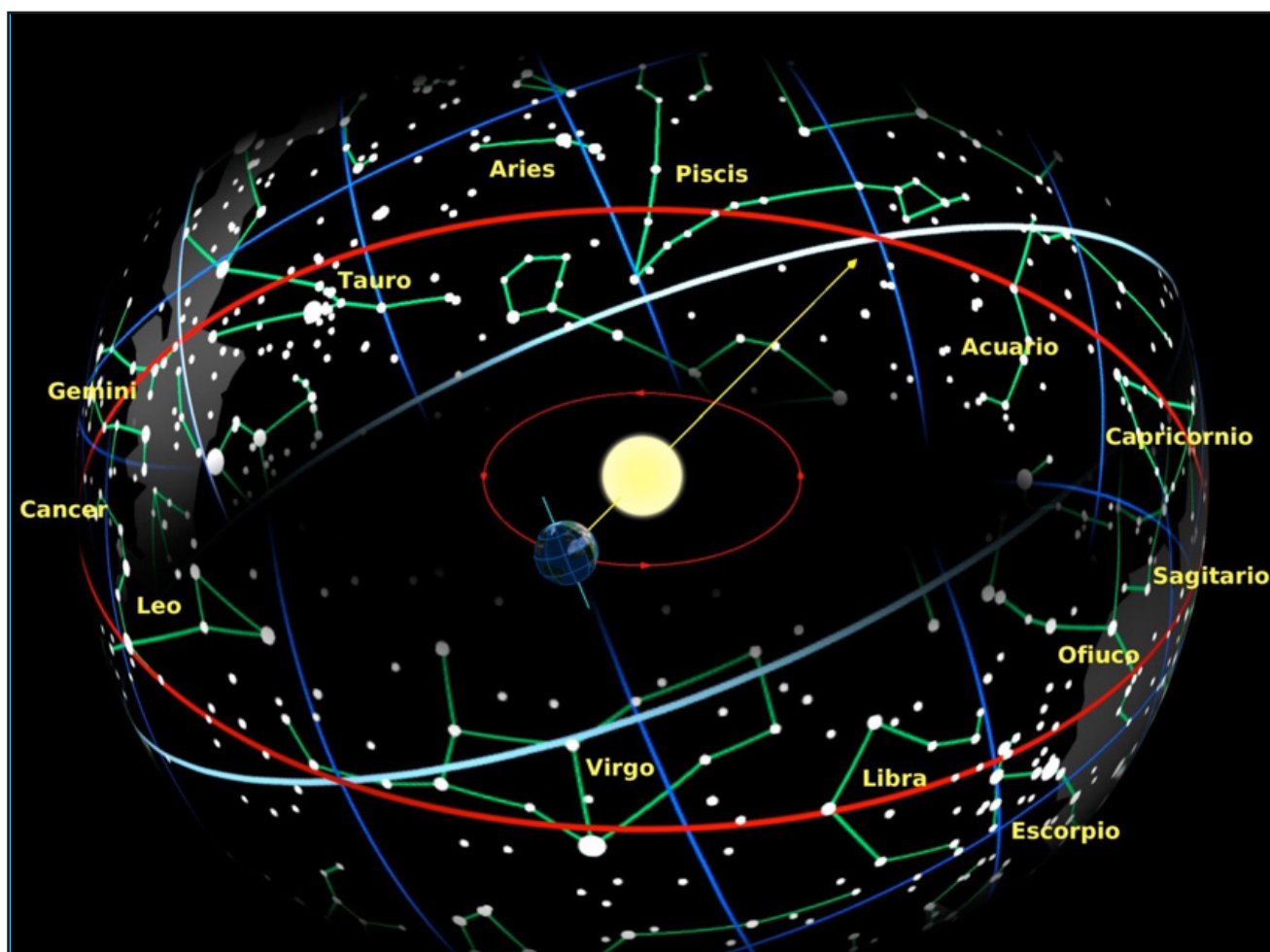


Figura 4: Constelaciones en la eclíptica, el camino aparente que recorre el Sol en el cielo a lo largo del año, marcado con una línea roja. Fuente: Tau'olunga (Wikimedia Commons).

trellas que tienen el objetivo de fijar regiones en el cielo para poder identificarlas. Las de la astrología occidental fueron determinadas en la Antigüedad griega, con influencias de la astronomía de Mesopotamia y Egipto. Otras culturas definieron constelaciones diferentes. Segundo: las constelaciones tienen tamaños variables. Por ejemplo, Virgo ocupa bastante más espacio que Escorpio en la eclíptica. Estas diferencias no son tenidas en cuenta en la determinación de los signos. Tercero: Durante el mes de diciembre, hasta el día 21, se supone que el Sol recorre la constelación de Sagitario. Pero no es así. La mayor parte de ese tiempo está en una constelación que ha sido ignorada por la astrología: la de Ofiuco. Cuarto: Hay otro problema que hace que todos los signos estén mal determinados. La causa es que el eje de rotación de la tierra se mueve, a lo largo de milenios, como el eje de rotación de un trompo. Da lugar a lo que se conoce como precesión de los equinoccios. Como se ve en la figura 4, el eje de rotación de la Tierra está inclinado con respecto al plano de su órbita. La circunferencia inclinada, dibujada con trazo celeste, es el ecuador celeste; representa la proyección del ecuador terrestre en el cielo. Cruza a la eclíptica (línea roja) en dos puntos: los equinoccios. Cuando el Sol está en los equinoccios, el día y la noche tienen la misma duración y, dependiendo en qué hemisferio uno se encuentre, comienza la primavera o el otoño. En la figura 4, el Sol se encuentra en el equinoccio de otoño para el hemisferio sur, también llamado punto vernal, o sea que la figura corresponde a la fecha 21 de marzo. Como se ve, en esa fecha el Sol se encuentra aproximadamente entre Piscis y Acuario y, a partir de entonces, empieza a recorrer Piscis. Según la astrología, a partir del 21 de marzo el Sol debería recorrer Aries. Pero no es así. Todas las cons-

telaciones están desplazadas aproximadamente un casillero debido a la precesión de los equinoccios. Hace 2000 años el punto vernal estaba entre Piscis y Aries y, a partir del 21 de marzo el Sol entraba en Aries. Hoy no es así. Ese punto se ha desplazado y hoy se encuentra en la posición que muestra la figura. En 2000 años la astrología no se ha adaptado a este cambio. Y no se trata de un descubrimiento reciente. En el siglo 2 antes de Cristo Hiparco de Nicea fue el primero en observar el movimiento de precesión de los equinoccios, con notable precisión. En resumen, los que nacieron entre el 21 de marzo y el 20 de abril, no son de Aries, pues el Sol se encontraba en Piscis. Los que nacieron entre el 21 de abril y el 21 de mayo, no son de Tauro, sino de Aries -en su mayoría-, etc.

Estos defectos son indicadores del divorcio entre la astrología y la observación del cielo. La causa de que durante siglos no se hayan corregido es que su corrección es irrelevante. Nada cambiaría en astrología si los signos se definieran de manera correcta de acuerdo a observaciones astronómicas. Eso no corregiría su defecto fundamental: la suposición de que los astros influyen en nuestro destino o nuestro carácter. Ninguna observación rigurosa, estadística o astronómica, la apoya.

■ CAMINATA SOBRE BRASAS

La caminata sobre fuego o brasas forma parte de ceremonias religiosas o costumbres populares, probablemente originadas en antiguos rituales de pasaje. Se practica en muchos lugares del mundo, por ejemplo: Japón, India, Sudáfrica, el desierto de Kalahari, Polinesia, Grecia y Bulgaria. También en algunos pueblos de España. Los españoles trajeron la costumbre a América y aún perdura en algunos sitios del noreste argen-

tino.

El acto involucra, en muchos casos, una superstición. Se supone que la caminata sin quemaduras es posible gracias a que el caminante alcanza un estado espiritual especial, trascendente, que lo conecta con la divinidad. Se han intentado explicaciones pseudocientíficas que hacen referencia a una actividad paranormal, pero nada de eso es necesario.

En su libro *Los fenómenos paranormales* (1987), el físico francés H. Broch explica por qué es posible caminar sobre brasas ardientes sin sufrir quemaduras. El mismo Broch llevó a la práctica esta experiencia. Leía su libro mientras lo hacía, para tener presentes las explicaciones científicas en esa situación incómoda. No se quemó y la mayoría de la gente que hace estas caminatas no se quema. Sin embargo, si el fuego no está preparado de forma adecuada, las cosas pueden salir mal. El carbón, o la madera, deben tener poca humedad. Cualquier rastro de humedad se elimina dejando que las brasas ardan el tiempo suficiente. La ausencia de humedad es necesaria para mantener baja la conductividad térmica del carbón, uno de los factores más importantes para que una caminata sobre fuego se desarrolle sin problemas. El tiempo de espera elimina la humedad, pero no es suficiente para que las brasas se enfríen. Las caminatas se hacen sobre brasas a 500°C o más.

La Figura 5 es un esquema que muestra las variables del problema: el pie a temperatura $T_{\text{pie}} = 36^\circ\text{C}$, las brasas a $T_{\text{brasas}} = 500^\circ\text{C}$, y el calor Q que fluye desde la zona de mayor temperatura. Para evitar quemaduras hay que mantener Q acotado. El calor se puede calcular usando la ley de Fourier. Una versión aproximada de esta ley, simplificada y adaptada a este caso, es:

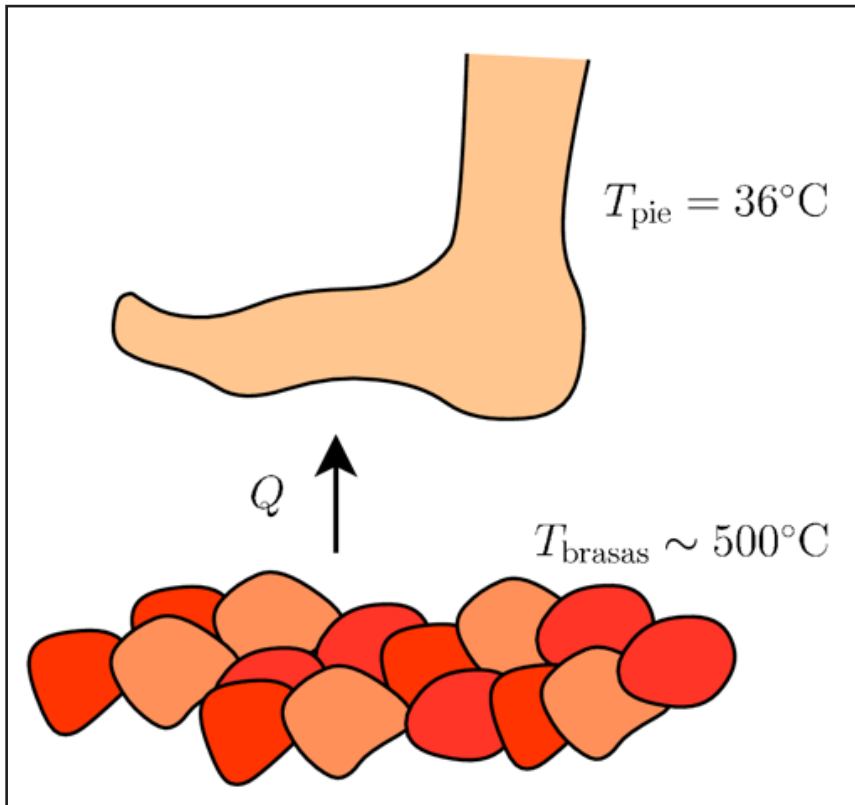


Figura 5: Caminata sobre brasas. La flecha indica el flujo de calor Q desde las brasas hacia el pie.

$$Q \propto k (T_{\text{bravas}} - T_{\text{pie}}) t$$

donde α significa "proporcional a"; k es la conductividad térmica del carbón, y t es el tiempo que dura el contacto entre pie y brasas. El factor que juega en contra del caminante es la diferencia $T_{\text{bravas}} - T_{\text{pie}}$, porque es grande y contribuye a que Q sea grande y peligroso. Pero ese factor está compensado por las otras dos variables, k y t , que deben ser pequeñas. La conductividad térmica del carbón o la madera, k , es 300 veces menor que la del hierro. El tiempo t que dura una pisada es del orden del segundo mientras se mantenga un paso rápido. Estos factores ayudan a mantener Q dentro de valores seguros. Sin embargo, si en lugar de carbón usamos, por ejemplo, una plancha de hierro, o si en lugar de mantener el paso el caminante se queda parado, habrá quemaduras.

Otro factor que influye en el

éxito de una caminata sobre brasas es la diferencia entre la capacidad calorífica del pie y la de las brasas. La capacidad calorífica indica la capacidad de un objeto de absorber calor. Es decir, un objeto con capacidad calorífica grande podrá absorber una gran cantidad de calor sin cambiar mucho su temperatura. En forma más precisa, la capacidad calorífica C da una relación entre calor y cambio de temperatura ΔT de un objeto, es decir: $Q = C \Delta T$. En nuestro caso, suponiendo que luego de una pisada el pie aumenta su temperatura en ΔT_{pie} y las brasas en la zona de contacto bajan en ΔT_{bravas} , y que la capacidad calorífica del pie es C_{pie} y la de las brasas es C_{bravas} tenemos:

$$Q = C_{\text{pie}} \Delta T_{\text{pie}}, \quad -Q = C_{\text{bravas}} \Delta T_{\text{bravas}}$$

De estas ecuaciones se pueden obtener las variaciones de temperatura del pie y de las brasas. Lo que

se obtiene es que, dado que C_{pie} es unas tres veces mayor que C_{bravas} , el aumento de temperatura del pie es unas tres veces menor que la disminución de temperatura de las brasas (en sus valores absolutos). O sea, el pie se calienta menos que lo que las brasas se enfrían. Este rápido enfriamiento de las brasas en el momento del contacto con el pie también ayuda a que el calor transmitido Q no sea demasiado grande.

Un dato curioso es que las caminatas sobre brasas han salido del ámbito de los rituales religiosos para formar parte de las actividades de seminarios motivacionales. Ejecutivos de grandes empresas asisten a estos seminarios para maximizar la eficiencia a través de la motivación. Los especialistas afirman que el caminante aumenta la confianza en sí mismo luego de haber superado ileso una prueba riesgosa. Antes se buscaba el dominio de la materia y el control del fuego a través del contacto con la divinidad; ahora se trata de un medio para aumentar la eficiencia en una empresa. Pero, a pesar de la explicación física, el peligro de quemaduras no está ausente, especialmente si el fuego no se prepara de forma adecuada. (Los puntos principales son ausencia de humedad y formación de una capa de ceniza para disminuir aún más la conductividad térmica.) En 2002, un grupo de ejecutivos de la empresa australiana KFC, de comidas rápidas a base de pollo, tuvo que recibir tratamiento por quemaduras causadas por una caminata sobre brasas. La noticia fue publicada en un periódico australiano bajo el título Los jefes de KFC no son pollos, pero seguro están tiernos².

■ FOTOGRAFÍA PSÍQUICA

Ted Serios era ordenanza de hotel en Chicago cuando se hizo famoso, durante la década de 1960, gracias

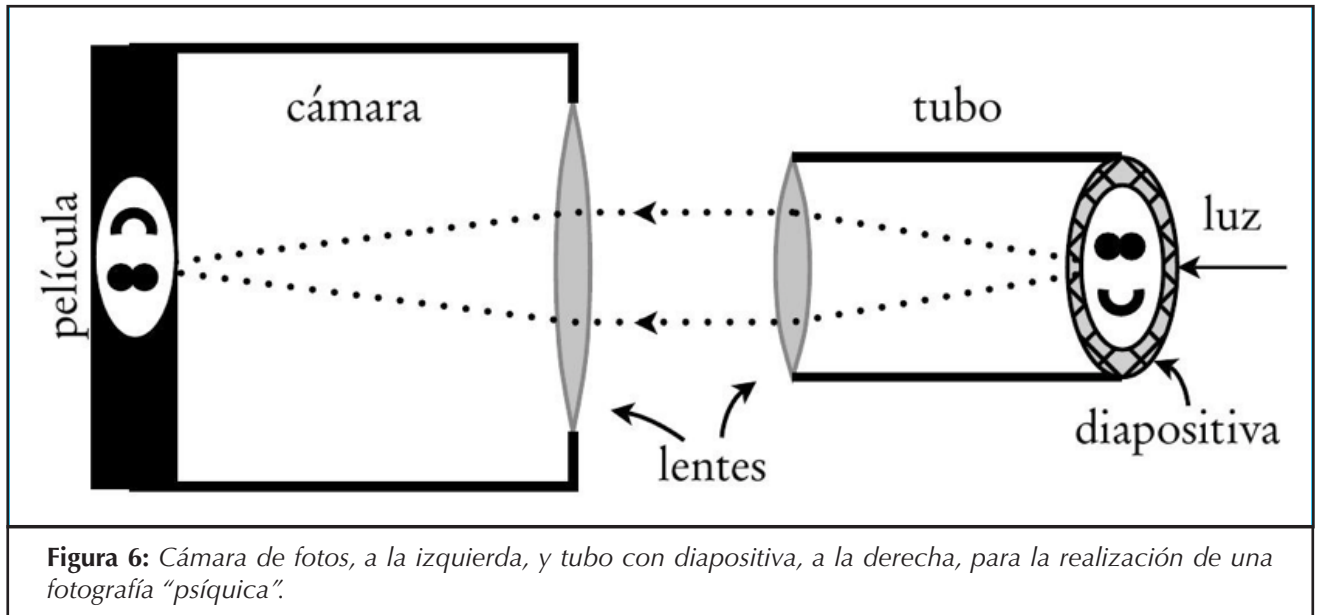


Figura 6: Cámara de fotos, a la izquierda, y tubo con diapositiva, a la derecha, para la realización de una fotografía "psíquica".

al libro del psiquiatra J. Eisenbud, *The World of Ted Serios: 'Thought-graphic' Studies of an Extraordinary Mind*, 1966 (El mundo de Ted Serios: estudios 'psicográficos' de una mente extraordinaria). El libro cuenta que Serios realizaba fotografías de sus pensamientos. Las fotografías se tomaban con flash y con una cámara enfocada en el infinito. Serios se ponía frente a la cámara, pasaba unos minutos concentrándose y, cuando estaba listo, lanzaba sus ondas. En ese instante, el fotógrafo disparaba y Serios ponía ante la cámara su "gizmo". Se trataba de un pequeño tubo que, según decían, le ayudaba a concentrar las ondas psíquicas. Causaba asombro cuando, a veces, la fotografía mostraba una imagen reconocible.

No es necesario recurrir a teorías pseudocientíficas sobre ondas psíquicas o fenómenos paranormales para explicar la demostración. Ha podido ser reproducida por muchos fotógrafos y magos; ver Randi y Clarke (1997). Sin embargo, Eisenbud continuó creyendo en los poderes de Serios hasta su muerte en 1999; durante la década de 1980 afirmaba que viejas fotografías psíquicas previamente no identificadas eran imá-

genes de Ganímedes, una luna de Júpiter, cuyo aspecto había podido verse con claridad recién en 1979, gracias al Voyager II. "Desafortunadamente", se quejaba Eisenbud, "no pude conseguir un astrónomo o científico óptico que esté de acuerdo"¹³.

La fotografía psíquica se puede reproducir utilizando un tubo adecuado. Para entender el pequeño secreto de este tubo es necesario recurrir a la rama de la física conocida como óptica geométrica, que explica cómo se desvían los rayos de luz al atravesar lentes o rebotar en espejos. Necesitamos el concepto de foco de una lente. El foco es el punto en el que convergen los rayos que inciden paralelos sobre la lente. La trayectoria de los rayos es la misma en un sentido o en el opuesto, por lo tanto, los rayos de luz que se emitan desde el foco, al pasar por la lente saldrán paralelos. Para realizar una fotografía psíquica, el tubo y la cámara de fotos deben disponerse como se muestra en la figura 6.

Se necesita una diapositiva con la imagen que se quiere reproducir. El tubo tiene una lente en un extremo y en el otro se coloca la diapo-

sitiva a una distancia igual al foco. Cuando se dispara el flash de la cámara, la luz rebota en la cara o en la ropa del "psíquico" y penetra en el tubo en dirección a la cámara. Cada punto de la diapositiva emite rayos de luz que, al pasar por la lente del tubo, salen paralelos. La cámara está enfocada en el infinito, de modo que los rayos que llegan paralelos, provenientes en principio de objetos lejanos, convergen sobre la película (o sobre el sensor si se trata de una cámara digital). Los rayos no provienen de un objeto lejano, sino del tubo, pero es como si vinieran de lejos pues llegan paralelos. Al pasar por la lente de la cámara, la imagen de la diapositiva se proyecta sobre la película. El que desconozca el contenido del tubo y las leyes de la óptica geométrica tendrá la impresión de que la aparición de la imagen es un misterio inexplicable.

■ MÁQUINAS DE MOVIMIENTO PERPETUO

Desde el siglo 7, cuando el astrónomo y matemático indio Brahmagupta diseñó una rueda desbalanceada que supuestamente gira sin parar, han sido innumerables los intentos por construir una máquina

de movimiento perpetuo. Esta búsqueda, plagada de errores, obsesión y fracasos, jugó un rol importante durante el siglo 19 en el desarrollo de la termodinámica, la rama de la física que estudia las transformaciones de energía como, por ejemplo, la conversión parcial de calor en movimiento ordenado que tiene lugar en una máquina que consume algún combustible. Las leyes de la termodinámica están tan bien establecidas como la de la gravedad. Esperar que no se cumplan es equivalente a esperar que una piedra no caiga cuando se la suelta. La mala noticia para los buscadores del movimiento perpetuo es que las leyes de la termodinámica prohíben una máquina de ese tipo.

La oscilación permanente de un péndulo ideal, sin rozamiento, o el movimiento continuo de los electrones en los átomos, no son máquinas de movimiento perpetuo. La máquina, además de funcionar sin cesar y sin recibir energía del exterior, produce un efecto, un trabajo útil, como girar una rueda.

Los diseñadores modernos evitan el término "máquina de movimiento perpetuo", porque suena a quimera inalcanzable. Desarrollaron un lenguaje seudocientífico para describir y explicar sus invenciones. Hablan de energía del vacío, energía de punto cero o máquina por sobre la unidad (overunity machine). Una máquina por sobre la unidad genera más energía de la que consume y es, por supuesto, una máquina de movimiento perpetuo aunque se la llame de otra manera. Un medio frecuente donde los inventores muestran sus máquinas, funcionando a todo vapor, es youtube, pero esas filmaciones son insuficientes. La única argumentación posible a favor de una máquina de movimiento perpetuo sería presentar un prototipo que funcione, someterlo a la revisión de

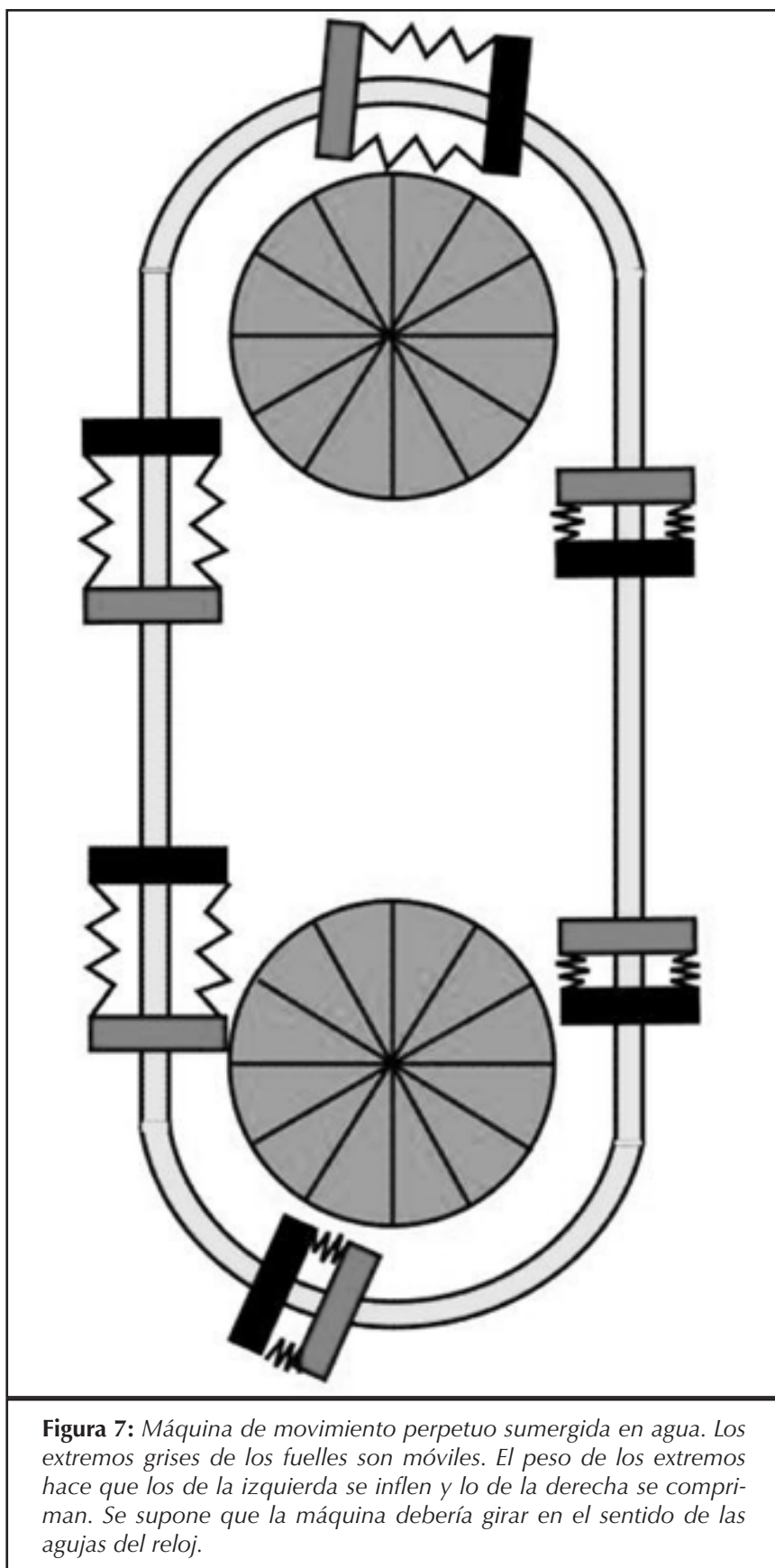


Figura 7: Máquina de movimiento perpetuo sumergida en agua. Los extremos grises de los fuelles son móviles. El peso de los extremos hace que los de la izquierda se inflen y lo de la derecha se compriman. Se supone que la máquina debería girar en el sentido de las agujas del reloj.

expertos y dar los detalles del diseño para que pueda ser reproducido.

Nada de esto ha sucedido nunca. Las revisiones, en los casos en que

fue posible realizarlas, siempre dieron resultado negativo.

Hay infinidad de ejemplos que, a primera vista, dan la impresión de que deberían funcionar. Resulta instructivo detenerse a analizar los detalles para descubrir dónde está la falla.

Voy a describir sólo un ejemplo. Se trata de un diseño patentado en Argentina en 1913 (Salvador, 1986-89). Muchas máquinas de movimiento perpetuo fueron patentadas y lo siguen siendo aquí y en el resto del mundo. Las patentes no deben interpretarse como un aval de su funcionamiento sino como un certificado de cierta originalidad. Un esquema del diseño al que me refiero se muestra en la figura 7.

Como suele suceder, la primera impresión es favorable. Parece que la máquina debería funcionar. Consiste en dos ruedas unidas por una cinta sin fin hueca. El aire circula dentro de la cinta y mantiene en contacto a una serie de fuelles adosados a ella. Los fuelles tienen un extremo fijo, de color negro, y uno móvil, de color gris. El peso de los extremos de color gris hace que los fuelles se inflen del lado izquierdo y se compriman del lado derecho. Toda la máquina está sumergida en agua. Los fuelles del lado izquierdo tienden a elevarse, por flotación, y todo giraría en el sentido de las agujas del reloj. La máquina no funciona, incluso suponiendo la ausencia de rozamiento en todas sus partes. Para encontrar la razón hay que prestar atención no sólo a los fuelles que se encuentran a los costados, sino también a los que están en los extremos superior e inferior. En ambos casos se puede ver que el peso, el extremo gris responsable de inflar o comprimir los fuelles, está desplazado hacia la izquierda. Esto produce un exceso de peso del lado izquierdo que com-

pensa el empuje hacia arriba por la flotación de los fuelles. La máquina no se mueve.

La misma idea, con algunos cambios en los detalles, fue patentada mucho tiempo después, en 1976, en los Estados Unidos. Al defecto de su no funcionamiento debió sumar su falta de originalidad. Pero el diseño argentino tampoco fue el primero. Hay una patente británica, de 1857, donde la misma idea vuelve a aparecer.

Más información sobre el tema puede encontrarse en Brodianski (1990), Ord-Hume (1977) o Sladek (1978), o en el sitio de Internet de Gramatke.

■ COMENTARIOS FINALES

Los errores esporádicos forman parte de la actividad científica. La misma práctica científica lleva a la corrección de esos errores a través de la publicación de resultados, el escrutinio riguroso y el pensamiento crítico. Las afirmaciones sin fundamento empírico y los errores persistentes, impermeables a la crítica, forman parte de la pseudociencia.

Afirmaciones pseudocientíficas, sin embargo, pueden usarse como contraejemplo en clases de ciencia. El contraste es útil para estimular el pensamiento crítico y para transmitir a los estudiantes la idea de que la ciencia es valiosa. Solo la actividad científica nos da alguna garantía de que evadimos el error o el autoengaño. Pero tiene un costo: es más duro y requiere más esfuerzo practicar ciencia; otra razón por la cual es más valiosa.

■ BIBLIOGRAFÍA

Broch H. (1987) Los fenómenos paranormales, una reflexión crítica. Barcelona: Ed. Crítica.

Brodianski, V. M. (1990) Móvil perpetuo, antes y ahora. Moscú: Mir.

Bunge M. (1984) What is Pseudoscience? The Skeptical Inquirer 9, 36.

Bunge M. (1985) Seudociencia e ideología. Madrid: Alianza Editorial.

Bunge M. (2010) Las pseudociencias ¡vaya timo! Editorial Laetoli.

Carlson S. (1985) A double-blind test of astrology. Nature 318, 419-425.

Dean G. y Kelly I. W. (2003) Is Astrology Relevant to Consciousness and Psi? Journal of Consciousness Studies 10, 175-198.

Douady, S. y Couder, Y. (1992) Phyllotaxis as a Physical Self-Organized Growth Process. Physical Review Letters 68, 2098.

Gardner, M. (1994) The Cult of the Golden Ratio. Skeptical Inquirer 18, 243.

Gramatke, H. P., HP's Perpetuum Mobile. Sitio de Internet <http://www.hp-gramatke.net/perpetuum/index.htm>.

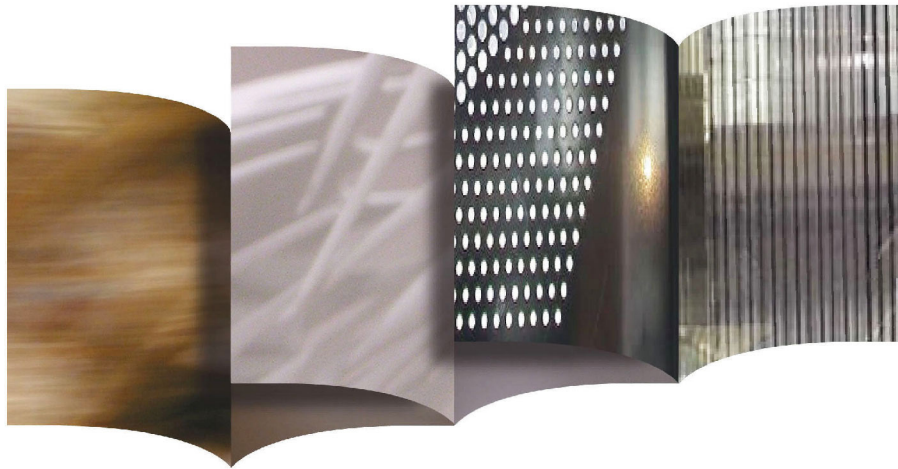
Markowsky, G. (1992) Misconceptions about the Golden Ratio. College Mathematics Journal 23, 2-19.

Ord-Hume, A. (1977) Perpetual Motion: The History of an Obsession. Kempton: Adventures Unlimited Press.

Randi, J. y Clarke, A. C. (1997) An Encyclopedia of Claims, Frauds, and Hoaxes of the Occult and Supernatural. St. Martin's Griffin.

Sagan C. (2000) El mundo y sus de-

- monios. Barcelona: Editorial Planeta.
- Salvador, F. (1986-89) El movimiento continuo. Revista Física (UBA), nros. 3 a 12. Otros textos no publicados: Argentine Perpetual Motion Patents (2004), La Utopía es parte de la Realidad, Crónica de la Búsqueda del Movimiento Continuo en la Argentina (2005).
- Sladek, J. (1978) *The New Apocrypha, a guide to strange sciences and occult beliefs*. Granada Publishing Ltd.
- Sommers, P. M., Calise, L. K., Caruso, T. M. y Cunningham, J. B. (1992) The Golden Midd. *Journal of Recreational Mathematics* 24, 26-29.
- **NOTAS**
1. Los números de Fibonacci están dados por la secuencia 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21. Partiendo de los valores 1 y 1 para los dos primeros elementos, cada uno de los números siguientes se obtiene sumando los dos anteriores. A medida que se avanza en la secuencia, el cociente de dos números consecutivos tiende a la sección áurea.
 2. L. Kennedy, *KFC bosses aren't chicken, but they sure are tender*, *The Age*, 28 de febrero de 2002, <http://www.theage.com.au/articles/2002/02/27/1014704967158.html>
 3. Jule Eisenbud (1983). *Parapsychology and the Unconscious*. North Atlantic Books, p. 132.



Desarrollo y gestión de proyectos científicos y tecnológicos innovadores

FUNINTEC es una organización sin fines de lucro creada por la Universidad de San Martín cuyo objetivo es promover y alentar la investigación, el desarrollo tecnológico y la transferencia de conocimientos a los sectores público y privado, sus empresas y en particular a las PyMES.

Dentro de los alcances previstos por la Ley de Innovación Tecnológica, funciona como vínculo entre el sistema científico tecnológico y el sector productivo.

CONTACTO:
www.funintec.org.ar

Fundación
Innovación
y Tecnología

FUNINTEC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN