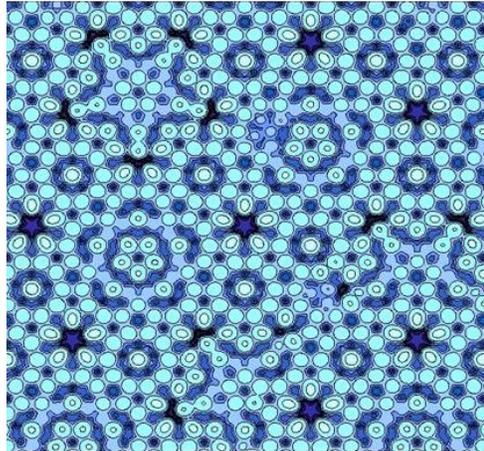


Los quasicristales: una historia de química, matemática, meteoritos, arte islámico y papel tisú

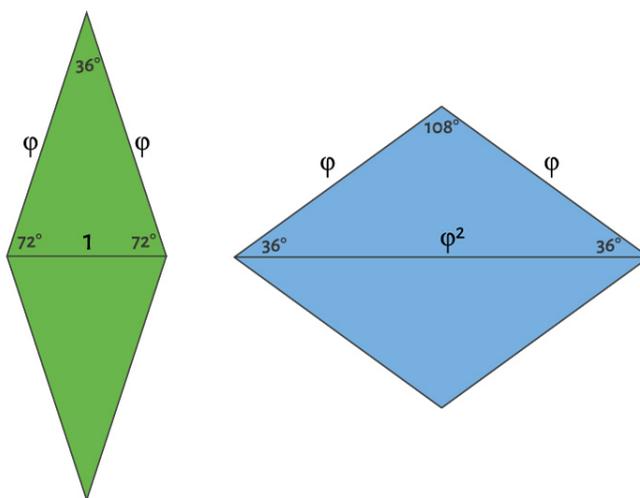


El año 2011, Dan Shechtman fue galardonado con el Premio Nobel de Química por un descubrimiento realizado décadas antes: la mañana del 8 de abril de 1982, con la ayuda de un microscopio electrónico, observó por primera vez un cristal “exótico”. El trabajo resultante tardó un par de años en ser publicado, pues la comunidad científica se resistió inicialmente a validar su contenido. ¿La razón? Schechtman había echado por tierra una antigua ley de la cristalografía, según la cual los átomos de todos los cristales debiesen configurarse espacialmente siguiendo patrones que se repiten bajo traslaciones. La aleación metálica que sintetizó y observó en colaboración con su equipo de trabajo no cumplía con este precepto, por lo cual fue llamada un “quasicristal”.

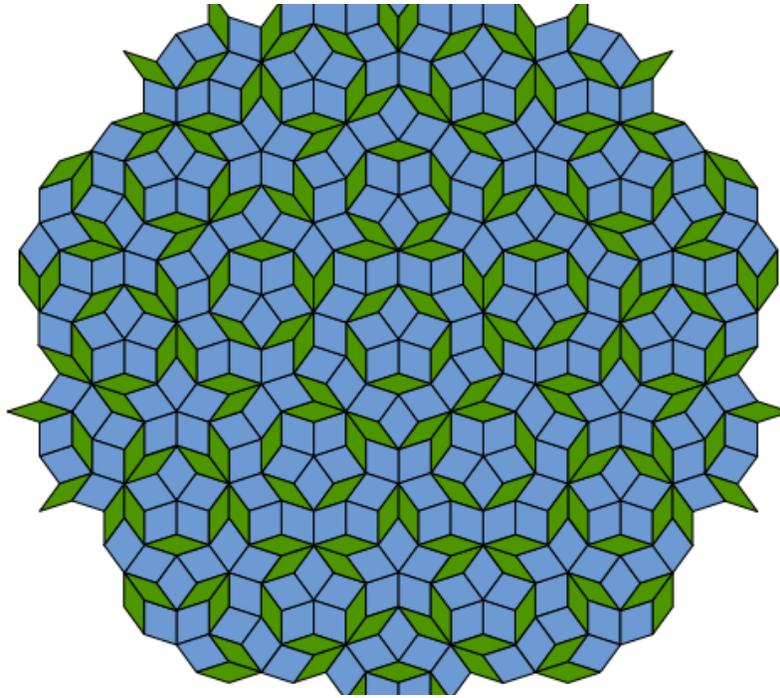
Una imagen obtenida por difracción a partir de uno de estos quasicristales está ilustrada al inicio de este capítulo. Observando con atención, notará que la imagen no se copia a sí misma bajo ninguna traslación. Sin embargo, sus motivos sí se repiten infinitas veces de manera quasiperiódica. Más precisamente, cualquier configuración finita aparecerá en toda parte de la configuración global que tenga un tamaño apropiado.

Las estructuras geométricas abstractas que verifican esta propiedad eran conocidas en matemática desde antes del descubrimiento de Shechtman. En particular, tras el trabajo pionero de 1961 del especialista en lógica Hao Wang, cinco años más tarde, Robert Berger descubrió una familia de 20.426 polígonos que no logran cubrir el plano con repetición traslacional, pero sí lo hacen quasiperiódicamente. Esta construcción fue brillantemente simplificada por el célebre físico y matemático Roger Penrose, quien, entre 1973 y 1974, construyó embaldosados con las

mismas propiedades usando tan solo dos piezas. En uno de ellos - ilustrado más abajo- las piezas tienen forma rómbricas: una está formada por dos triángulos de ángulos 36° , 72° y 72° (triángulos áureos) pegados a lo largo del lado menor; la otra, por dos triángulos de ángulos 36° , 36° y 108° (gnomons áureos) pegados a lo largo del lado mayor (c.f. Capítulo 1). Estas figuras están escaladas adecuadamente para que sus lados midan exactamente lo mismo, de modo que puedan acoplarse unas con otras siguiendo reglas muy precisas.



Las piezas usadas por Penrose están muy relacionadas con la geometría pentagonal y, por consiguiente, con la razón áurea. De hecho, la proporción entre la cantidad de rombos celestes y verdes que aparecen en la configuración global debiese ser cada vez más parecida al número de oro ϕ si se contabiliza a lo largo de regiones cada vez más grandes. Esto muestra en particular que no puede haber simetría traslacional, pues si la hubiese, entonces dicha proporción debiese aproximarse cada vez más a un número racional. Además, esto explica otra característica muy especial del embaldosado de Penrose, presente también en la imagen del quasicristal ilustrado más arriba: la existencia de una simetría rotacional de orden 5. Este aspecto no es menor pues, de acuerdo a una ley llamada “restricción cristalográfica”, si una configuración que cubre el plano se repite traslacionalmente en alguna dirección, entonces solo puede tener simetrías rotacionales de orden 2, 3, 4 o 6. De este modo, las rotaciones de orden 5 están prohibidas para los cristales, pero autorizadas para los quasicristales.



Embaldosado de Penrose: configuración quasiperiódica formada por dos piezas (recuerde que se ignora si existe una única pieza que cubra quasiperiódicamente el plano pero no lo haga con simetrías traslacionales; vea el capítulo anterior).

Hasta el día de hoy no se ha encontrado ningún quasicristal sobre la faz de la Tierra y oriunda de ella. Sin embargo, dichas estructuras existen en el universo de manera natural, tal como lo revelaron los restos descubiertos en 2012 de un meteorito caído en las montañas de Koryak en Siberia. De alguna manera, condiciones similares a las del laboratorio de Shechtman son (o, al menos, fueron) replicadas en alguna región del espacio exterior.

De la misma forma que la propia naturaleza había anticipado el trabajo de Shechtman, la invención de Penrose había sido precedida por la sabiduría de tiempos ancestrales. Así lo reveló el trabajo del año 2007 del entonces estudiante Peter J. Lu en conjunto con el físico Paul Steinhardt, quienes constataron que en ciertos períodos de la cultura islámica fueron elaboradas en Persia -actual Irán- configuraciones que cumplen las propiedades de quasiperiodicidad y no repetitividad por traslaciones. Sin duda alguna, el ejemplo más espectacular corresponde al templo Darb-i Iman, ubicado en la ciudad de Isfaham y construido (y decorado) en 1453.



Decoración del templo Darb-i Iman: configuración quasiperiódica que, si bien evidencia una simetría de reflexión respecto a la línea central, no presenta ninguna simetría traslacional.

¿Quiénes deben ser considerados entonces los verdaderos descubridores/inventores de los quasicristales y de los embaldosados quasiperiódicos? Esta pregunta apunta ciertamente a algo más profundo, a saber, si los procesos naturales y la matemática misma nos preceden o son meras conceptualizaciones humanas. Difícil discusión, en la que no pretendo entrar acá.

De manera más terrenal, podemos preguntarnos también a quién “pertenecen” estas estructuras. Paradójicamente, el mismo Penrose se vio envuelto en una insólita discusión al respecto. En 1995, ante el otorgamiento de una patente comercial al experto en computación Roger Schlafly por el descubrimiento de dos nuevos números primos y sus eventuales aplicaciones prácticas, había reaccionado molesto señalando que “la matemática existe para todos”. Sin embargo, distinta fue su reacción cuando en 1997 llegó a sus manos un rollo de papel tisú Kleenex, cuyo diseño replicaba uno de sus embaldosados. Supuestamente, esto lo hacía más llamativo pues evitaba que los pliegues del papel mullido se superpusieran uno sobre otro de manera repetitiva, creando una impresión ligeramente desagradable a la vista y al tacto. Sin embargo, se produjo una disputa en la corte de justicia por derechos de propiedad intelectual, en la que se enfrentaron Penrose y su propia firma, Pentaplex Limited, contra la empresa Kimberly Clark Limited, que había tomado el control de la producción del papel Kleenex. Afortunadamente, al final primó la cordura, y ambas partes llegaron a un acuerdo de colaboración. Gracias a esto, podremos seguir disfrutando de minutos placenteros contemplando sentados la no repetitividad de un bello papel tisú...

