

# Cuasicristales y arte islámico

Andoni Garritz\*

## ABSTRACT (Quasicrystals and Islamic art)

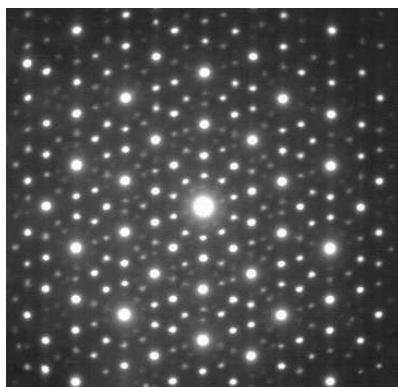
Now that quasicrystal discovery have deserved the Nobel prize to Daniel Shechtman, art and science are recombined once again. Shechtman arrived to his contribution by analyzing a tenfold electronic diffraction pattern of a supposed crystal, discovering in this way the quasicrystals. It is shown that by 12th Century a conceptual breakthrough occurred in Islamic art. A five and ten-fold figures were introduced in mosques and shrines. «Girih» patterns were reconceived as tessellations of a special set of equilateral polygons (girih tiles) decorated with lines. These tiles enabled the creation of increasingly complex periodic girih patterns, and by the 15th Century, the tessellation approach was combined with self-similar transformations to construct nearly perfect quasi-crystalline Penrose patterns, five centuries before their discovery in the West. Penrose tiling with darts and kites is shown and tessellations of W. C. Escher, as their transformation after visiting the Alhambra in Granada, Spain.

**KEYWORDS:** Quasicrystals, Islamic art, Penrose patterns, Escher tessellations

**E**l premio Nobel de Química recién otorgado a Daniel Shechtman, descubridor de los cuasi-cristales en 1982, cuando encontró una aleación de aluminio y manganeso que tenía aparentemente una simetría de orden 5 —prohibida por la matemática porque no puede llenarse un plano con pentágonos— da nuevamente de qué hablar en la relación del arte con la ciencia (ver en este mismo número el artículo en el que Carlos Amador (2012) nos describe este premio).

Robert Penrose, un conocido físico-matemático inglés, dijo al respecto que “Él se merece un Premio Nobel, ya que marcó el comienzo de un nuevo tipo de fase en la química: los cristales que no son cristales”. Aunque en realidad, lo que hizo Shechtman fue convencer a los cristalógrafos que requerían una nueva definición de «cristal», cuestión que este gremio logró en 1992 cuando la cambió de “un arreglo de átomos regularmente repetido” por “cualquier sólido que tenga un patrón de difracción esencialmente discreto”.

**Figura 1.** Patrón de difracción electrónico de un cuasicristal icosaédrico de holmiomagnesio-zinc.



En la figura 1 hemos colocado un patrón de difracción electrónico de un cuasi-cristal en el que es evidente la naturaleza de una simetría de orden 10.

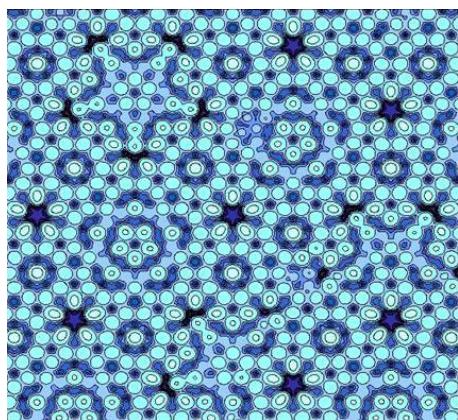
Aparecen claramente figuras pentagonales y decagonales en la ilustración 2 correspondiente a otro cuasi-cristal. Mire el lector cómo resulta imposible encontrar una simetría traslacional en este arreglo atómico.

Lu & Steinhardt (2007) llamaron la atención de los científicos con una publicación en la revista *Science* en la que nos hablan de la existencia de figuras de orden 5 y 10 en los mosaicos de las construcciones islámicas de la Edad Media (ver las ilustraciones 3 y 4). Aunque nos hacen ver que ello fue detectado desde muchos años atrás por algunos matemáticos, como El-Said & Parman (1976) o Schneider (1980).

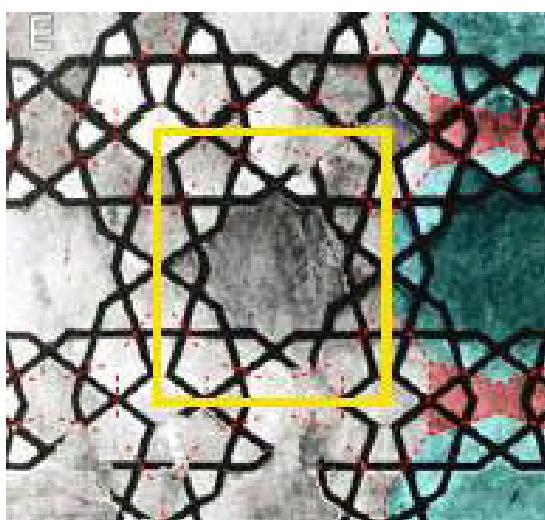
Lu & Steinhardt nos entregan unas fotos y reconstrucciones extraordinarias en un material suplementario a su artículo, de donde hemos obtenido la ilustración 5.

Bohannon (2007) comenta el artículo de Lu & Steinhardt

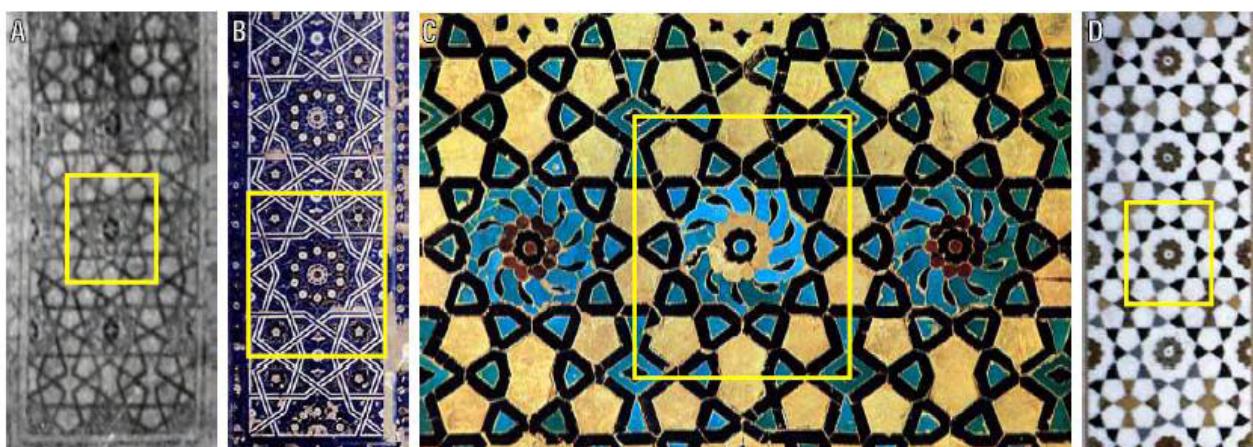
**Ilustración 2.**  
Modelo atómico de una superficie de un cuasi-cristal de aluminio-paladio-manganeso.



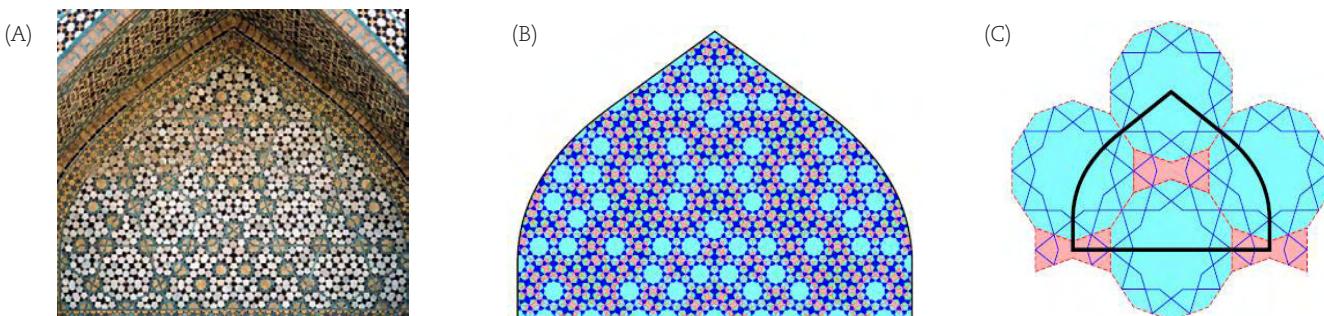
\* Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Av. Universidad 3000. 04510 México, D.F.



**Ilustración 3.** Mosaico del Santuario Timurid de Khwaja Abdullah Ansari en Gazargah, Herat, Afganistán (construido hacia 1425 DC). Se marca con un rectángulo amarillo el patrón de la celda unitaria. Dentro puede verse claramente una figura estrellada de orden 10.



**Ilustración 4.** En ésta podemos ver diversas muestras de mosaicos con figuras de orden 10, similares a los del Santuario anterior, en diferentes lugares: A) Mezquita congregacional Seljuk en Ardistan, Irán (construida en 1160 DC); B) Mausoleo Timurid Tuman Aqa en el complejo Shah-i Zinda en Samarkanda, Uzbekistán (1405 DC); C) Santuario Darb-i Kushk en Isfahán, Irán (1496 DC); D) Mausoleo Mughal I'timad al-Daula en Agra, India (1622 DC).



**Ilustración 5.** Resulta increíble la complejidad de los patrones en el arte islámico. A) Fotografía del portal del Santuario Darb-i Imam en Isfahan, Irán (1453 AD). B) Reconstrucción del portal a base de parejas de estrellas pentagonales sobreuestas con un giro de 36° una respecto de la otra, semejantes a las de las ilustraciones 3 y 4. C) Reconstrucción de mayor alcance, donde puede verse que el portal está inmerso en otros patrones decagonales más extendidos.



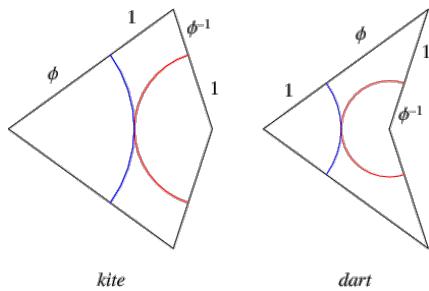
**Ilustración 6.** Foto de una madrasa en Bukhara, Uzbekistán.

y nos entrega una foto extraordinaria (ver la ilustración 6), en la que se ven igualmente figuras penta y decagonales en las paredes de una madrasa.

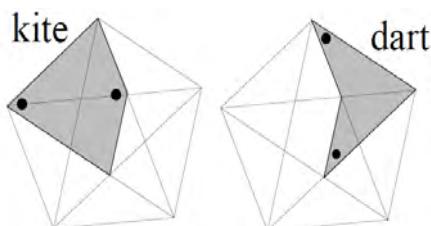
Nos indica Bohannon que las mezquitas y los palacios islámicos de la Edad Media son unas maravillas de diseño. Con relación a Lu —en su trabajo doctoral en Harvard, 2008— había mencionado “Llegué a pensar que quizás los cuasi-cristales habían sido descubiertos por los arquitectos islámicos hace mucho tiempo”.

Nos dice también que el experto en cristales Emil Makovicky de la Universidad de Copenhague, Dinamarca, estudió estos patrones durante dos décadas. Concluyó que una tumba construida en Maragna, Irán, en 1197, podía mapearse con un azulejo o mosaico de Penrose. ¿Pero qué son estos azulejos?

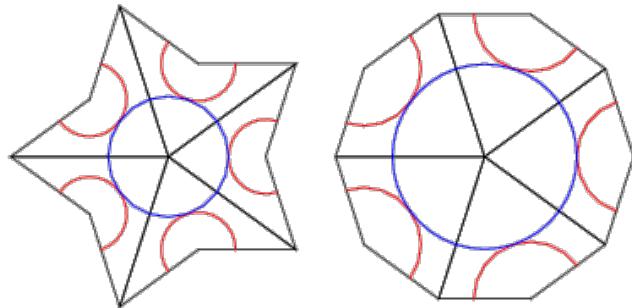
Este físico-matemático construyó dos figuras planas (ver la ilustración 7a), llamadas «cometa» (*kite*) y «dardo» (*dart*),



**Ilustración 7a.** El cometa y el dardo, figuras construidas a partir de un pentágono.



**Ilustración 7b.** Forma de construir el cometa y el dardo.



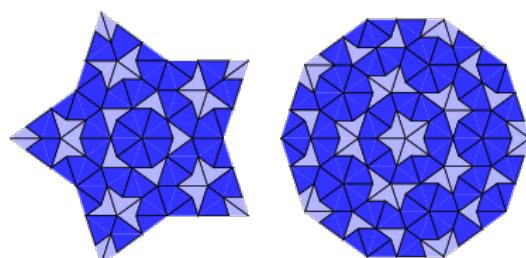
**Ilustración 8.** A la izquierda una estrella pentagonal construida con dardos y a la derecha una figura de orden cinco construida con cometas.

construidas a partir de un pentágono (ver la ilustración 7b; el ángulo mostrado en azul en las dos ilustraciones 7a mide  $72^\circ$ ). Se trata de ir poniendo estas figuras de tal forma que las marcas coloreadas coincidan. Por ejemplo, en la ilustración 8 puede lograrse la construcción de figuras de orden 5 con una o la otra. En la ilustración 9 aparecen versiones más complejas obtenidas con las mismas dos figuras.

El pintor M. C. Escher tuvo una influencia definitiva del arte islámico en sus teselados de los años 1938 a 1949. Un teselado es una regularidad o patrón de figuras que cubre o pavimenta completamente una superficie plana, con dos requisitos:

- que no queden huecos
- que no se superpongan las figuras

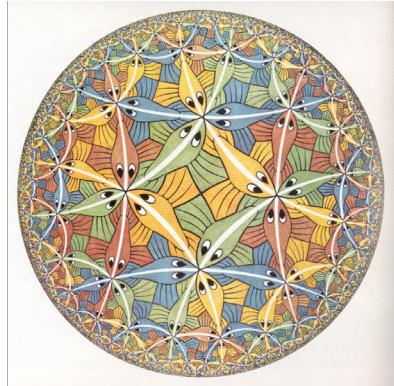
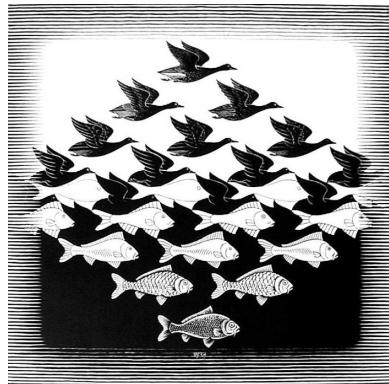
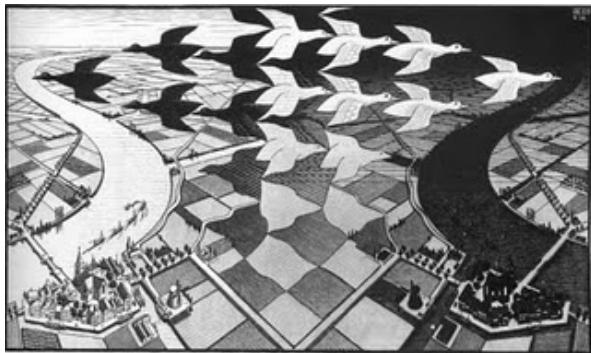
Escher viajó a la Alhambra de Granada en 1922 y nuevamente en 1938. Dicen que su arte no fue igual posteriormente. La ilustración 10 muestra un teselado de la Alhambra.



**Ilustración 9.** Otras figuras más complejas obtenidas con los dos azulejos de Penrose.



**Ilustración 10.** Teselado en el pórtico del Generalife en la Alhambra de Granada



**Ilustración 11.** Teselados de Escher: a) Día y noche, de 1938; b) Cielo y agua, de 1938; c) Reptiles, de 1943 y d) Círculo límite III, de 1949.

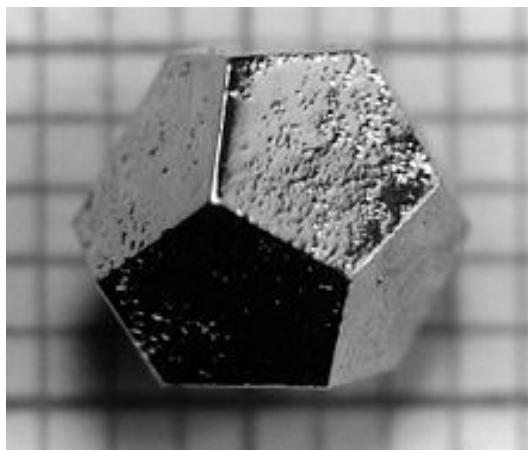
Y la ilustración 11 incluye algunos de los teselados más famosos de Escher.

Cerramos con una foto de un cuasi-cristal dodecaédrico (ver la ilustración 12) que revela la forma macroscópica perfecta en que se expresan estos arreglos no periódicos de algunos materiales.

Nos da gusto en esta editorial haber hablado de química, matemáticas, materiales y arte. Es solamente una muestra de la inter-disciplina presente.

## Referencias

- Amador, C. Cuasicristales, *Educ. quím.*, 23(1), en prensa.
- Bohannon, J. Quasi-Crystal Conundrum Opens a Tiling Can of Worms, *Science*, 315, 1066, 2007 (February 23th).
- El-Said, I. & Parman, A., in *Geometric Concepts in Islamic Art*, pp. 85–87, London: World of Islam Festival, 1976.
- Lu, P. J. conference. A video can be watch at the URL of Harvard University: <http://www.peterlu.org//content/decagonal-and-quasicrystalline-tilings-medieval-islamic-architecture>
- Lu, P. J. & Steinhardt, P. J. Decagonal and Quasi-Crystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture, *Science*, 315, 1106-1110, 2007 (February 23th).
- Lu, P. J. & Steinhardt, P. J. Further Notes on Quasi-Crystal Tilings, *Science*, 316, 981-982, 2007 (May 18th).
- Lu, Peter J., *Gelation and Phase Separation of Attractive Colloids*, doctoral dissertation thesis, Harvard University, 2008.
- Schneider, G. in *Geometrische Bauornamente der Seldschuken in Kleinasien*, pp. 136–139, Wiesbaden, Germany: Reichtert, 1980.
- The official M. C. Escher website. In the URL <http://www.mcescher.com/>. Accessed last time on November 1st, 2011.



**Ilustración 12.** Muestra de un grano simple de un cuasi-cristal de aluminio-paladio-renio (Tomada de la Univ. de Stanford <http://www.stanford.edu/group/fisher/research/quasicrystals.html>).