



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

La Geometría en el Arte de los Mosaicos
y la Caligrafía Islámicos.
Un estudio a partir de la Cosmovisión Musulmana

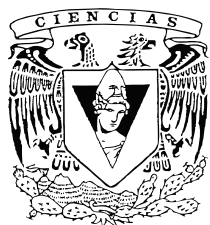
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

M A T E M Á T I C A

P R E S E N T A :

ELSA MARLENE ESCOBAR CRISTIANI



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

TUTOR: MAT. GUILLERMO EDUARDO ZAMBRANA CASTAÑEDA

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

División de Estudios Profesionales

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

La Geometría en el Arte de los Mosaicos y la Caligrafía Islámicos. Un estudio a partir de la Cosmovisión Musulmana realizado por Elsa Marlene Escobar Cristiani

con número de cuenta 09022817-1, quien cubrió los créditos de la licenciatura en Matemáticas.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.


Tutor (a) Propietario Mat. Guillermo Eduardo Zambrana Castañeda

Propietario Dra. María de la Paz Álvarez Scherer

Propietario Dr. Alejandro Ricardo Garcíaadiego Dantan

Suplente Mat. Laura Pastrana Ramírez Laura Pastrana R.

Suplente Mat. Julio César Guevara Bravo

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 12 de  del 2006
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE MATEMÁTICAS

Dra. Edith Corina Sáenz Valadez
FACULTAD DE CIENCIAS
CONSEJO DEPARTAMENTAL
DE
MATEMÁTICAS

¡Ham dulillah!

Por Elsa Beatriz Cristiani Aranda.

Por Manuel Josué Escobar Henández.

Las dos personas con quienes tuve mi primera interacción en este mundo, salvo posibles reencarnaciones no probables. Con su presencia me impulsaron para hacer todo lo que pretendí y para ser como aspiré. Con su ausencia me enseñaron lo necesario para tratar de ser yo misma y tan independiente como pude aprender. Y porque me dieron seis de entre algunas de las mejores cosas que tengo en la vida.

Por Juan José

Por Manuel Josué

Por César Augusto

Por Hernán Everardo

Quienes curiosamente se apellidan igual que yo, aunque consultando el padrón electoral descubrirán que no son los únicos. Seguro las siguientes personas que aparecieron en mi vida, después de las arriba mencionada. Fue el azar y no algo personal lo que me instó a colocarlos en ese orden. Con ellos aprendí lo que sé de la convivencia entre iguales. Si alguien tiene alguna inconformidad ya saben a quienes dirigirse. Gracias a sus diferencias he podido ver el mundo de múltiples maneras. Pese a nuestras mutuas quejas y constantes peleas, de ellos recibí todo el apoyo que pudieron darme.

Por Adela Beatriz

Una de las personas que más temprano arribó a mi vida, una de las personas que más tiempo me ha conocido. Pese a nuestras diferencias, ella me ha brindado su plena ayuda. Al compartir nuestras vidas aprendí cosas importantes.

Por cada una de las personas que,

en mayor a menor grado, han transitado a lo largo de mi vida y con los cuales haya compartido al menos un instante. Algunos ausentes en distintas formas, otros afortunadamente para mí presentes también en distintas formas. Algunos que no lograron cruzar la línea de la circunstancia, otros que para mi dicha la cruzaron y, de entre estos, algunos que al cruzarla me sorprendieron llegando más allá de donde pude haber imaginado. Tú eres una de ellas.....

Por mi correctora de estilo

A quien sólo digo: Gracias...

Por mi segunda casa,

la Universidad Nacional Autónoma de México

... por la gente que la ha hecho posible

En cuyas aulas me he formado durante más de la mitad de los años de mi vida. Durante ese tiempo me brindó todo lo que pudo. En ella conocí lo que es el respeto hacia la diversidad de géneros y pensamientos humanos. En ella me formé con excelentes profesores

quienes me enseñaban aún con su ausencia (mis sinodales son sólo un ejemplo de esa eminencia).
Gracias a ella estoy en esta gran aventura que es la matemática.

¡Por esa maravillosa edificación que es la matemática!

Por ser como es...

... por aquello que la haya creado

¿Ser humano?, ¿mundo?, ¿Dios?... ¿azar?... por todos

... por quienes la hicieron lo que es

Maravillosa

Y sobre todo...

...¡Por mí!

Pues soy una amalgama en la cual confluyen todos los factores anteriores y muchos más. Y sin quien no hubiera logrado, en ningún caso y de ninguna manera, concluir este trabajo.

Por todo ello, gracias.

ÍNDICE

	Introducción	1
1	La cosmovisión musulmana y los fundamentos del arte islámico	
	1.1. Cosmovisión	10
	1.2. Arte islámico	61
2	Aspectos generales del diseño como origen de las estructuras geométricas	

2.1. Aspectos culturales del diseño	79
2.2. Aspectos del diseño en la composición de la obra	103
2.3. Breve historia de la proporción como concepto geométrico	122
2.4. Proporción	133
2.5. Sistemas de proporción	146
3 Análisis geométrico del arte islámico	
3.1. Cuadrados, dobles cuadrados, octágonos y sistema $\sqrt{2}$	153
3.2. Triángulos, hexágonos, dodecágonos y sistema $\sqrt{3}$	179
3.3. Pentágonos, decágonos y sistema $\sqrt{5}$	204
4 Análisis geométrico de la caligrafía islámica	
4.1. La caligrafía islámica y su geometría	217
4.2. Sistema $\sqrt{2}$	236
4.3. Sistema $\sqrt{3}$	241

4.4. Sistema $\sqrt{5}$	244
4.5. Otros ejemplos de caligrafías	246
Conclusión	250
Apéndices	
A. Desarrollo del imperio	254
B. Herencia matemática	270
C. Herencia cultural, traducciones greco-árabes	280
Bibliografía	287

Introducción

Si tomamos un libro de historia del arte nos daremos cuenta de que casi en ninguno se aprecian realmente las dimensiones del arte islámico. Pocos son aquellos en los que se habla al respecto, y en ellos no encontramos más de unas cuantas páginas, a lo sumo un capítulo, para tratar ese tema. Incluso en los libros de historia, en general, es escaso el estudio que podemos encontrar acerca de la cultura islámica, pese a que ésta se desarrolló por más de nueve siglos en un extenso territorio, que comprendió desde China hasta España y desde la India hasta parte de la antigua Unión Soviética.

En su paso por una amplia cantidad de territorios debido a su ánimo de conquista, el pueblo islámico tuvo contacto con una gran variedad de culturas, las cuáles estudió gracias a su espíritu de conocimiento. La cultura islámica se formó entonces de una amalgama de conocimientos anteriores combinada con conocimientos propios. La sociedad musulmana supo dar un giro nuevo y muy

particular a todos esos conocimientos heredados, lo cual marcó desde sus inicios una cultura diferente y provocó un avance importantísimo tanto en la ciencia como en la tecnología y las artes.

Pero pese a la riqueza de la cultura islámica, nuestra marcada influencia de lo que suele llamarse pensamiento occidental ha hecho que aquella herencia cultural genere poco interés dentro de nuestros estudios.

En matemáticas sucede algo similar. Los libros de historia de las matemáticas pasan por alto la fructífera matemática islámica, dedicando cuando mucho unas cuantas páginas y en particular reduciéndose al surgimiento del álgebra.

El mismo peso que ha tenido sobre nosotros nuestra herencia occidental, y principalmente el pensamiento de origen griego, ha hecho que al hablar de la matemática en el arte casi automáticamente nos restrinjamos al arte plástico y pensamos en cuestiones como la perspectiva, sobre todo durante el renacimiento. Si llegamos más lejos, consideramos las proporciones, pero solemos reducirnos a la famosa proporción áurea.

Pero la matemática dentro del arte no se reduce únicamente a las artes plásticas, podríamos realizar un estudio de la matemática en la música, en la danza e incluso en la literatura. Y si bien, el auge actual en el estudio de la proporción áurea ha incluido campos más variados que las artes plásticas, las proporciones que podemos encontrar en las obras no se reducen a la proporción phi.

Es cierto que el estudio matemático de los mosaicos árabes es un tema que en la actualidad está muy en boga, pero la mayoría de los estudios matemáticos al respecto tratan las cuestiones algebraicas que involucra.

Por ello, siendo el arte de los mosaicos islámicos visiblemente geométrico es de sorprender que la mayoría de los estudios matemáticos al respecto trate sólo de los grupos algebraicos que se pueden encontrar en él. Además, los estudios realizados están en su mayoría fuera de contexto, es decir, únicamente se abstrae el álgebra de los mosaicos para su análisis matemático.

Encontramos aquí nuevamente la visión occidental ante la cual la cultura islámica ha cedido importancia al frente de la abstracción matemática. Se ha perdido de vista la unidad intrínseca y original de su arte, pasando por alto el sello que el Islam puso sobre todos aquellos elementos heredados de otras culturas.

Así que a veces olvidamos que la matemática es un lenguaje creado por la propia mente humana dentro de un contexto social y cultural determinado. De hecho, las matemáticas, al igual que cualquier descubrimiento y creación humana, se ven enriquecidas a través de la investigación histórica y cultural.

Así pues, existen factores fundamentales que no pueden ser resueltos a partir de dicha abstracción matemática. Uno de los más importantes es determinar si las estructuras matemáticas que se encuentran en el arte islámico surgen en este por cuestiones azarosas o si existen razones de peso que llevaron a esta sociedad a desarrollar esas extraordinarias creaciones.

Si vemos una pieza producto de los artistas musulmanes queda claro por qué se dice que el arte islámico es una muestra de la destreza geométrica de

sus creadores, en particular el arte de los mosaicos y el de la caligrafía. Resultaría ahora esencial establecer si dicha destreza geométrica se da de manera explícita o involuntaria, pues esto nos puede llevar a aclarar otras cuestiones matemáticas relacionadas con eso.

Así pues, por ser el arte de los mosaicos y las caligrafías islámicas creaciones primordialmente geométricas que han sido vagamente abordadas a partir de la geometría, resulta relevante realizar un estudio geométrico de él.

Ahora bien, para no producir un análisis sin sentido es necesario tomar en cuenta todas las características que envuelven una obra, pues el análisis de una creación rebasa las matemáticas, es también un problema de expresión, tanto individual como cultural. El estudio integral ayudaría a clarificar el desarrollo matemático dentro de la estructura del arte islámico.

Para la cultura islámica, el arte, aún ocupándose del aspecto exterior de las cosas, revela al mismo tiempo una dimensión interior de la realidad. Por ello el análisis matemático del presente trabajo se realizó sobre las bases de la cultura y la cosmovisión islámicas.

Para comprender la sorprendente geometría del arte islámico es imprescindible abarcar el contenido espiritual de este pueblo. Es a partir de su cosmovisión que el artista musulmán desarrolla una impresionante y precisa geometría, la cual a su vez dará sustento a sus creaciones artísticas.

Estudiar el arte islámico sólo a partir de la matemática es un poco como si un hombre, al contemplar un muro de piedra, se esforzara por comprender la razón de ser de ese muro estableciendo únicamente las medidas de cada una de las piedras que lo componen. Esto no lo llevaría más que a tener un

cúmulo de características y medidas individuales con las cuáles no podría ni comprender el muro ante el cual está, ni saber cómo cruzarlo para avanzar.

Por ello, el presente trabajo se estudia la geometría presente en el arte de la caligrafía y los mosaicos islámicos a partir del pensamiento y la cosmovisión de este pueblo, con el objetivo de saber cuáles fueron las motivaciones que generaron en él el desarrollo de tan espectacular de un arte con marcadas características geométricas.

Tratar de tener una visión cien por ciento integral de lo que es el pensamiento humano, en una cultura, en una época o en algún campo de él no sería tarea de una tesis. Por esto, el presente trabajo trata sólo los aspectos más importantes de la cosmovisión islámica que se los llevaron directamente a ese desarrollo geométrico dentro del arte estudiado.

En el capítulo primero, *la cosmovisión musulmana y los fundamentos del arte islámico*, se estudian los aspectos culturales relacionados con el pensamiento islámico en general para luego derivarlos en su arte en particular. En *cosmovisión*, la parte más importante después del análisis geométrico del capítulo cuatro, se exponen los aspectos fundamentales del pensamiento musulmán, sus motivaciones, así como su relación con la geometría plasmada en el arte. Posteriormente, en *arte islámico*, se traza un breve vínculo entre la cosmovisión ya estudiada y el arte, como es que éste se vio influenciado por la anterior.

En el capítulo segundo, *aspectos generales del diseño como origen de las estructuras geométricas*, se analiza el diseño, tanto desde el punto de vista cultural como del físico, y cómo esto genera el surgimiento de la geometría dentro del arte. En la primera parte, *aspectos culturales del diseño*, se analizan las cuestiones culturales que influyen la realización de una obra artística; mientras que en *aspectos del diseño*

en la composición de la obra se estudian las características físicas con las cuales debe contar un diseño según las corrientes artísticas actuales. En estas dos primeras partes se puntualiza como las características que se estudian originan la geometría que rige los diseños artísticos.

Las siguientes tres partes del segundo capítulo son ya el estudio geométrico. Particularmente se trata la proporción que surge a partir de las características culturales y físicas de la obra vistas en las primeras secciones. En la tercera parte, *breve historia de la proporción como concepto geométrico*, se desarrolla la idea de proporción a lo largo del tiempo dentro del mundo occidental y como surge la concepción geométrica de la proporción en el pensamiento humano. En *proporción* se explica ya matemáticamente el concepto de proporción, mientras que en *sistemas de proporción* se define de manera matemática lo que es un sistema proporcional y cuáles fueron los principales sistemas utilizados por los artistas islámicos: el sistema $\sqrt{2}$, también llamado θ , el sistema $\sqrt{3}$, y el sistema $\sqrt{5}$, también llamado φ .

Así se da paso al capítulo tres, *análisis geométrico*, que es el estudio geométrico de cada uno de los sistemas proporcionales antes mencionados. Éste cuenta con tres secciones: *cuadrados, dobles cuadrados, octágonos y sistema raíz de dos; triángulos, hexágonos, dodecágonos y sistema raíz de tres; pentágonos, decágonos y sistema raíz de cinco*. En cada parte, como es de suponerse, se analiza geométricamente el sistema proporcional correspondiente y finalmente se introducen los ejemplos de los mosaicos islámicos que utilizan cada sistema.

En el cuarto capítulo, *caligrafía islámica*, se da un breve desarrollo histórico de la caligrafía islámica. En este estudio se establecen las principales ideas que llevaron al pueblo musulmán a hacer de la caligrafía un arte geométrico. El capítulo finaliza con el análisis geométrico de la caligrafía islámica y los

correspondientes ejemplos de obras caligráficas en las que se puede apreciar dicha geometría.

Finalmente, se introducen tres apéndices que se consideraron importantes. En el primero se hace un recuento histórico de la formación del imperio islámico. El segundo es sobre los conocimientos matemáticos a los cuáles tuvo acceso el pueblo musulmán a través de su relación con las culturas asentadas en los territorios conquistados. En este apéndice no fueron tomados en cuenta los conocimientos matemáticos griegos, retomados por los musulmanes. Lo anterior se debe a que la cultura griega tuvo tal peso dentro del mundo islámico que se consideró más óptimo realizar una lista detallada de los textos grecolatinos que fueron traducidos al árabe durante los años del imperio; así pueden apreciarse cada uno de los conocimientos de la cultura griega que moldearon el pensamiento del pueblo islámico. Éste es el contenido del tercer apéndice.

La cosmovisión musulmana y los fundamentos del arte islámico



1



2

¹ والعلمُ يرفعُ من لم يُرفعِ - ابن سينا

El saber enaltece a quien no ocupa un lugar elevado,

Avicena, caligrafía de Hassan Massoudy.

² La belleza salvará al mundo, caligrafía de Hassan Massoudy.

Los hechos artísticos no existen en estado puro, confluyen en ellos procesos históricos, sociológicos, culturales, psicológicos y religiosos, entre otros, tanto de las sociedades como de los individuos que las conforman. Por todo ello, en un estudio del arte de la caligrafía y de los mosaicos musulmanes deben ser tomados en cuenta todos estos factores. Aún si se trata de un análisis geométrico es importante ir más allá de los simples razonamientos matemáticos abstractos. Un análisis matemático abstracto de las formas estaría incompleto, sería estéril e ineficaz de manera aislada y minimizaría su importancia. Las cuestiones socioculturales, geográficas y temporales que se tratarán a continuación son por lo tanto, relevantes para el presente trabajo.

1.1. *Cosmovisión*

1.1.1. *Breve reseña histórica*

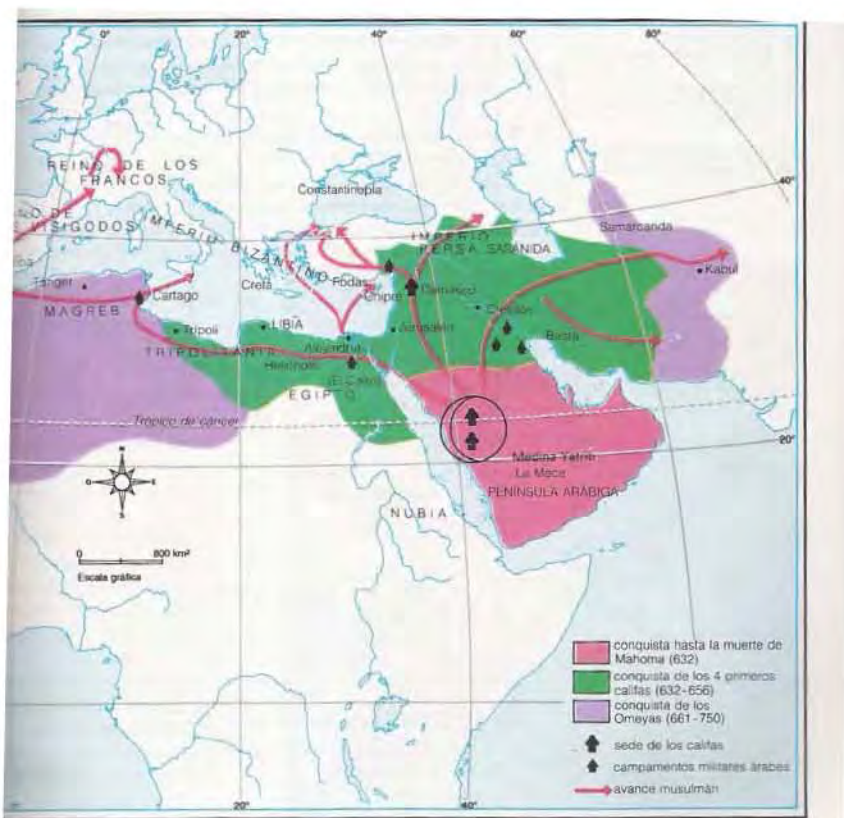
La cuenta calendárica árabe comienza en el año 622 después de Cristo, el año en que Mahoma debe emigrar de la Meca a Medina por motivos religiosos, esta emigración se conoce con el nombre de Hégira.

En la Meca, Mahoma intenta establecer una nueva religión a la cual llamará Islam (que significa sumisión a Dios). El Islam proclamaba un

Dios único denominado Allah (el Dios), por lo cual creó una importante oposición debido a que la Meca era en ese tiempo un centro donde prosperaban las peregrinaciones, principalmente a la Kaaba, un santuario dedicado a la adoración de dioses diversos.

Ocho años más tarde, hacia 630, Mahoma regresa triunfal a la Meca, evento que marca el comienzo de la expansión del Islam, basado en la sumisión al Dios único.

Las primeras tierras conquistadas por el Islam, dentro de la península arábiga, no hicieron grandes contribuciones a la cultura islámica, ni en las ciencias ni en las artes. Pero más tarde, al exterior de las fronteras de la península, los musulmanes comenzaron su expansión y tuvieron gran éxito en las conquistas. Fue allí donde comenzaron a adquirir una herencia cultural y pensamiento intelectual extraordinario.

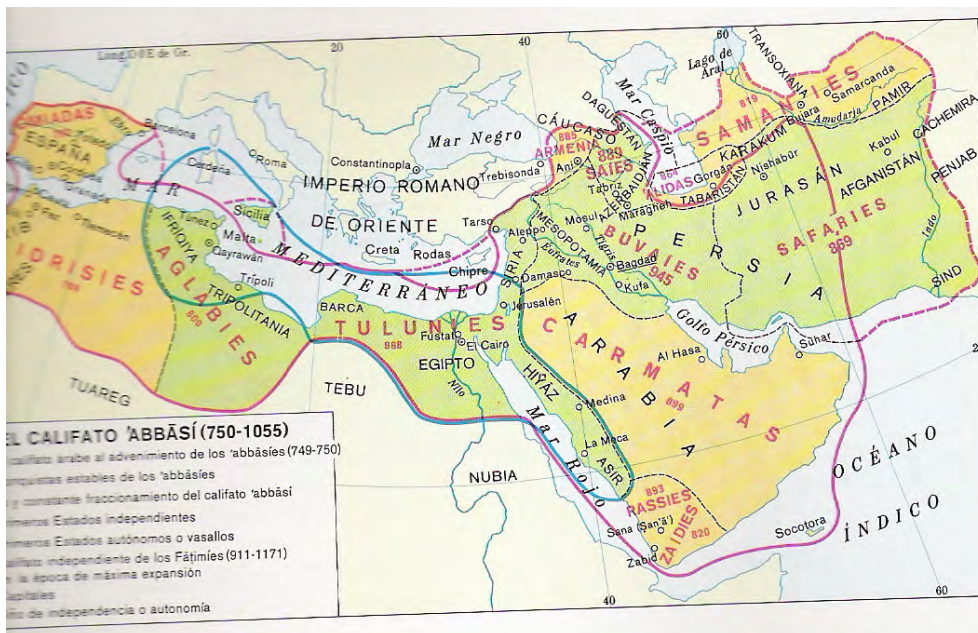


Expansión musulmana hacia el año 750

En tan sólo doce años, hacia el año 642, los musulmanes habían completado ya las conquistas de Siria, Mesopotamia³ (hoy Iraq) y Persia, y el Islam comenzaba a llegar a los límites de la India. Pocos años después, entre 640, se conquistó Egipto para finalizar con la conquista de todo el norte de África en 644. Una vez con África del Norte bajo su dominio, las conquistas musulmanas se dirigieron entonces hacia el imperio Bizantino.

A mediados del siglo VII se tenía el dominio de los territorios de Asia Menor y de Armenia. En poco tiempo se habían extendido hasta los límites de China y España. En Europa la única resistencia la marcó Francia y se vieron detenidos con la victoria de Charles Martel en 732.

El centro político del naciente Imperio Árabe fue establecido en Damasco. En esta ciudad, los califas, sucesores de Mahoma como líder político y militar, habían establecido sus cortes.

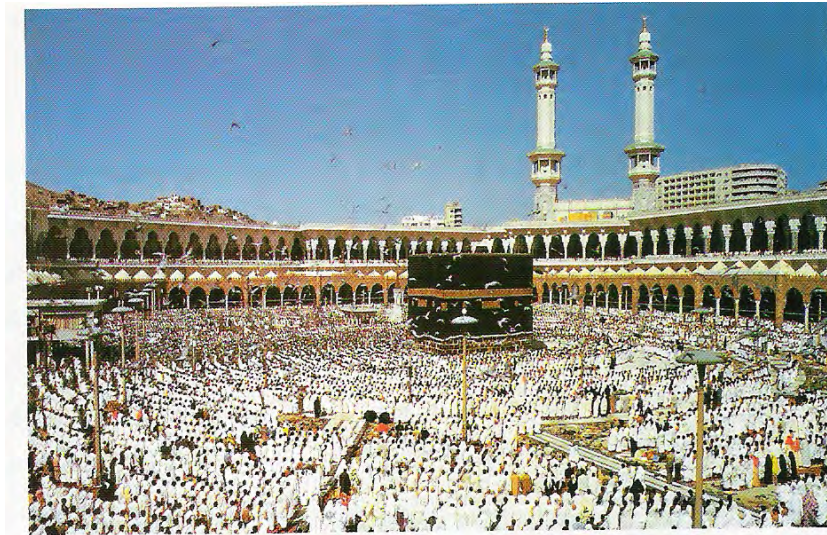


CalifatoAbasí
(750-1055)

³ Donde fundaron los dos primeros grandes centros intelectuales, Barsa y Kufa

1.1.2. *Encontrando el centro y la expresión de la unidad*

La religión nacida con la prédica de Mahoma atestigua la reacción de un pueblo ante una diversidad de estímulos geográficos, sociales, religiosos, etc. Este pueblo, consciente de una unidad, quizá relativa, pretendía una religión sujeta a tradiciones autóctonas como la Kaaba⁴ y formulada en un lenguaje como el árabe.



La Kaaba

⁴ También llamada Caaba, Ka'ba o Kahba. Recuérdese que los nombres en español son sólo transliteraciones del idioma árabe.

La Kaaba, localizada en la Meca, era desde tiempos preislámicos un santuario célebre, centro de las procesiones de los peregrinos. En su interior contenía numerosas divinidades adoradas por los beduinos. La cercanía de la Kaaba y el control del santuario otorgaron a los comerciantes de la Meca una posición de gran prestigio e influencia dentro de un mundo con un brillante desarrollo y hábitos mercantiles.

El pensamiento de Mahoma venía asociado por éste, de modo visible, a las enseñanzas de judíos y cristianos. Ambos eran, y actualmente siguen siendo, considerados por los musulmanes como los “pueblos del Libro”. Esto es porque se considera que han recibido la palabra de Dios a través de El Libro de la Revelación. De hecho, el Corán manifiesta el acuerdo entre las religiones musulmana, judía y cristiana⁵. Sin embargo, para este pueblo la musulmana es la expresión de una fe más depurada en el Dios único.

Pese a las persecuciones sufridas, Mahoma consiguió ganarse a algunos hombres importantes de la ciudad. Mahoma comienza a revelarse no sólo como líder religioso, sino como político de primer rango. Esto se reflejará en la consolidación del estado Árabe. De hecho, los últimos años de Mahoma tienen éxitos políticos, militares y religiosos que consolidan el Islam y el estado árabe.

Sin embargo, las dificultades experimentadas en la Meca se agudizaron y fueron en aumento. Esto movió a Mahoma a optar por el éxodo a Medina, donde ya se encontraba en formación una comunidad de creyentes musulmanes.

⁵ José Morales, *El Islam*, pp. 27-46

Así, se dio una emigración a Medina en el año 622 que se conoce, como ya se dijo, como la Hégira. Este acontecimiento marcó el comienzo de la cuenta calendárica árabe, y trajo consigo consecuencias de gran alcance para la aún joven comunidad islámica. Ante todo, implicó la formación de la sociedad islámica como una comunidad militante 'teocrática', dejando atrás la situación tribal existente para consolidar el estado árabe. Como resultado de esto, se puede afirmar que Mahoma no fundó únicamente una nueva fe, sino también un nuevo estado. Por este motivo el mundo islámico gira en torno a la religión, y la religión islámica está en estrecha relación con Mahoma, pero sobre todo, con el Corán y la enseñanza de la absoluta unidad divina.

1.1.3. *Los pilares del Islam: el centro y la unidad con Dios*

El Islam no es sólo una religión en el sentido moral. Su atención está orientada también hacia la organización práctica de la vida diaria del individuo y de la comunidad. Como resultado, la religión y la ley son prácticamente lo mismo dentro del mundo musulmán. Es decir, el Islam es una religión que, sin una jerarquía centralizada como en el caso del cristianismo o el judaísmo, se tiene a sí mismo como una ley revelada. Por lo anterior, el derecho y la jurisprudencia se desarrollaron como las primeras ciencias dentro del mundo árabe.

El desarrollo de la sociedad árabe está profundamente interrelacionado y determinado por la evolución del Islam. Mahoma se convierte en encarnación de las virtudes islámicas, y las aspiraciones del creyente musulmán a vivir y practicar sus creencias están ligadas al deseo de agradar a Dios.

El Islam se basa en cinco pilares: la profesión de la fe (*shahada*), la oración ritual (*salat*), la limosna ritual (*zakat*), el ayuno obligatorio en el mes del Ramadán y la peregrinación (*hajj*) a la Meca.

Sobre la limosna podemos decir que reafirma el sentido de generosidad y hospitalidad, resultado de las dificultades de la vida nómada que enfrentó el pueblo islámico antes de su consolidación. El ayuno y la peregrinación forman una rememoración de las acciones de Mahoma. Pero ahondaré más en la oración y la fe porque conciernen al presente trabajo las ideas que surgen de su concepción.

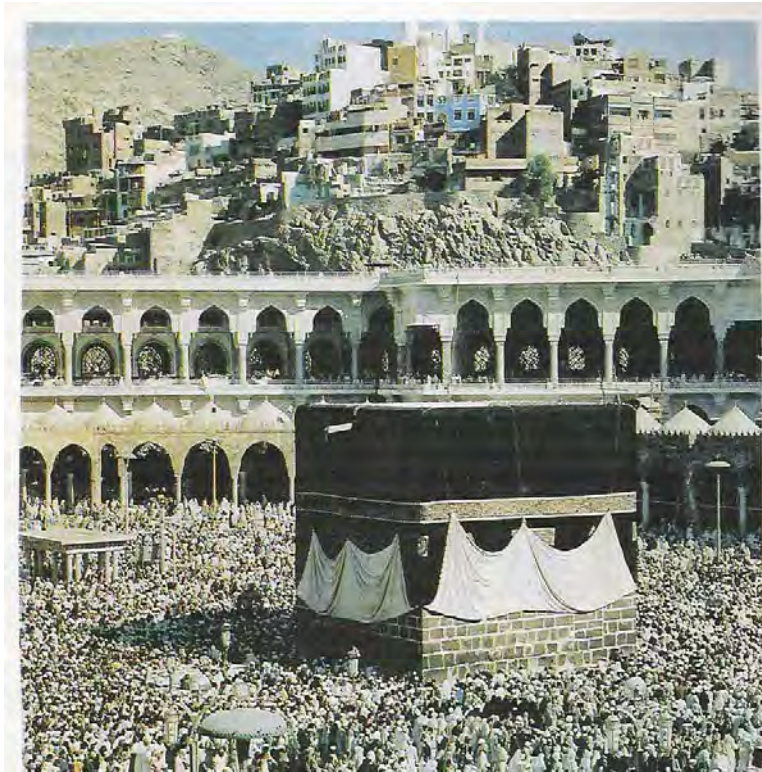
Sobre la oración, la creencia musulmana pide alabar a Dios por el solo hecho de alabarlo, es decir, por la satisfacción que esta alabanza proporciona en sí misma a quien la hace. Aunque la oración ritual puede practicarse individualmente en cualquier lugar, se encuentra asociada de manera particular a la mezquita.

La mezquita se convirtió entonces en el soporte de la vida del musulmán en numerosos aspectos que van desde el culto comunitario hasta la educación. Esta estuvo también asociada desde un principio como centro de las actividades políticas de la sociedad islámica. Estos edificios tuvieron una influencia central en el desarrollo del arte árabe.

La orientación de las oraciones rituales, así como la orientación de la construcción de las mezquitas, está determinada por la Kaaba, considerada punto focal, centro y origen del universo.

La importancia de la Kaaba nos habla de la importancia del centro. La existencia de los pueblos tradicionales está dominada por dos ideas fundamentales: la idea de centro y la idea de origen. En el caso de los musulmanes, la Kaaba es la representación de ambas, es el centro y origen del universo. En una pared exterior cercana a su ángulo meridional se

localiza la célebre piedra negra, un meteorito, una piedra caída del cielo, cuya naturaleza sagrada quedó confirmada por el Profeta.

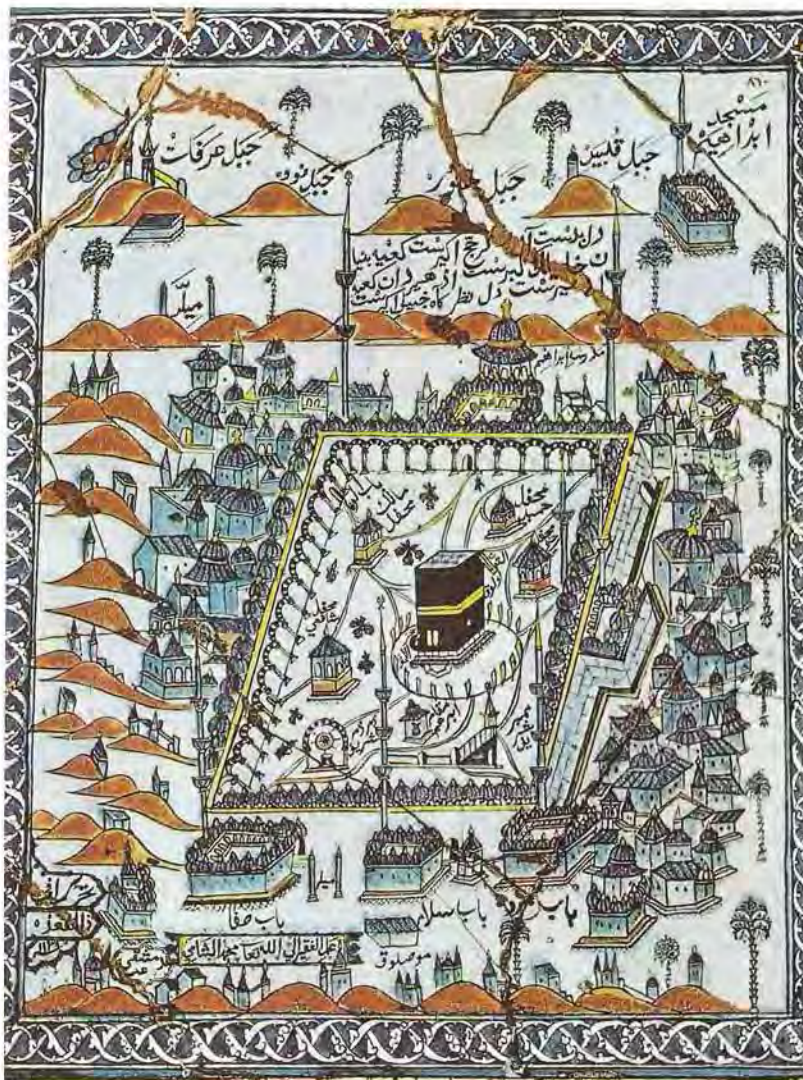


La Kaaba, cuyo nombre significa cubo

El nombre de Kaaba significa cubo. El cubo se vincula con la idea de centro y sintetiza la totalidad del espacio, pues las cuatro esquinas que forman cada una de sus caras corresponden a cada una de las direcciones cardinales. El centro del mundo terrenal, representado por la Kaaba, es el punto en que se produce la intersección con el eje del cielo. El recinto exterior de la Kaaba es más o menos circular, y los peregrinos deben circundar el santuario. El hecho de volverse la oración hacia un sólo punto nos habla de la integración de la voluntad humana a la divina: *“Todo será devuelto a Dios”*⁶ (de hecho, la perfecta unidad que busca el individuo

⁶ Corán, III, 109, *cit. pos.* Titus Burckhardt, El arte del Islam, p. 15

musulmán es su unidad con Dios). Esto implica que todas las mezquitas están orientadas hacia la Meca, dado lo cual tenemos que los ejes de todas las mezquitas convergen en un sólo punto: el centro del universo (convergencia que es posible apreciar con mayor claridad en la proximidad de la Kaaba).



La Kaaba, como origen y centro del universo.
Miniatura Persa

Por otro lado, la confesión de fe se refiere también a la unidad, en este caso a la unidad de Dios, y hace alusión a Mahoma como su Profeta: "*dios es Dios y Mahoma su Profeta*"⁷. En un principio, la profesión establecía únicamente la unidad divina, quizá la versión completa haya sido adoptada como punto de oposición al judaísmo y al cristianismo, pues estos dos profesan la unidad de Dios, pero no reconocen a Mahoma como su profeta.

Islam es sumisión a Dios. Como tal, podemos considerar que el Islam se centra en la fe (mientras que el judaísmo en la esperanza y el cristianismo en la caridad⁸).

⁷ Morales, *op. cit.*, p. 69

⁸ *ibidem*, pp. 72-73

1.1.4. *De la fe al juicio de la razón y a la importancia de la caligrafía*

En el Islam, la fe parece oscilar entre los polos de la credulidad y la aceptación de lo racionalmente evidente. Creencia en el sentido de ver las revelaciones de Allah recibidas por Mahoma como verdaderas. Pero predomina también el aspecto intelectual que hace de la fe un asunto racional vinculado a la evidencia que los signos acompañantes están llamados a producir en el fiel. El creyente es convocado a admitir lo evidente, más que lo místico⁹, pues el misterio divino ha de permanecer inaccesible al hombre. Esta admisión debe efectuarse por medio de la razón.

La fe no establece una relación personal del creyente con un dios propio que se le revela, ni es un proceso de transformación interior, pues se considera que todos nacemos musulmanes por naturaleza. Tampoco resulta de una atracción interior obrada por la gracia divina, sino de las evidencias racionales manifestadas por los símbolos extrínsecos al mensaje. El *Tasdiq*, que designa el acto del creyente dentro de la teología musulmana, se refiere también al juicio de la razón en lógica formal¹⁰. Es pues una fe

⁹ *ibidem*, pp. 69-79

¹⁰ *ibidem*, p. 77

apoyada en motivos accesibles a la razón, pese a ser una aceptación de lo no evidente. Para ellos no creer es un acto irracional.

El musulmán acepta recibir la verdad sobre Dios por Dios mismo y está dispuesto a hacer su voluntad, la cual queda asentada en el Corán. El Corán es considerado, palabra por palabra, como un discurso divino. De hecho, en el Corán mismo se explica que el texto original y arquetípico se encuentra en el cielo¹¹, de donde fue comunicado al profeta. Por ello, el Corán resulta crucial para adquirir una visión clara y correcta de la conducta que se debe adoptar, no sólo en la práctica religiosa, sino en la vida cotidiana de la comunidad. Recordemos que el Islam está orientado tanto a la organización espiritual individual como a la social y política del musulmán. Los términos con los que el musulmán conceptualiza el mundo le vienen dados en el Corán. De aquí la importancia de este texto en el mundo árabe y su influencia en numerosos dominios de la religión, la política y la cultura.



Corán, periodo clásico

¹¹ *ibidem*, p. 36

Mahoma no es considerado autor del Corán, sino únicamente el hombre que lo registra, es decir, desaparece el autor humano. El Corán contiene para los musulmanes la última palabra de Dios entregada por Él a Mahoma, quien ha sido transmisor (íntegro y fiel) del mensaje divino. Las revelaciones son dictadas a Mahoma, quien las repite después de haberlas escuchado y las proclama luego en su entorno.

Cada capital importante del mundo árabe (Meca, Basora, Kufa, Damasco, Medina, etc.) se convirtió en centro de una tradición o corriente religiosa específica, con características y rasgos propios. Sin embargo, aunque hubo diferencias y variedades de doctrinas y puntos de vista interpretativos, se acepta el papel normativo del Corán, dado lo cual, las actividades se fundan en este texto que dará a la palabra escrita su gran importancia.

Es precisamente de esa trascendencia de la palabra escrita que surge el valor fundamental de la caligrafía en el mundo islámico. La caligrafía dará base al pensamiento musulmán, a través de ella el creyente expresará su fe y se acercará a Dios por medio de la perfección en cada trazo. Por ello, la geometría adquirirá un papel sumamente significativo para la caligrafía, de hecho, ésta no existiría como la concebimos actualmente si no fuera por aquella.

1.5. *Aniconismo y representatividad*

Es de la palabra escrita de donde se pretende sacar una idea que tuvo gran influencia en la práctica artística árabe: la pretendida prohibición canónica según la cual el Islam censura la representación de seres vivos y elementos de la naturaleza y reprueba ciertas manifestaciones artísticas. Este punto ha suscitado gran interés, y como resultado de ello se han buscado indicios que lo justifiquen o nieguen.

Cabe señalar que el aniconismo, es decir, dicha prohibición de representatividad, no es exclusivamente musulmán¹².

Al estudiar plenamente la resistencia islámica al arte figurativo y antropomórfico, se descubre en realidad un inmenso respeto por el origen divino de la forma humana.

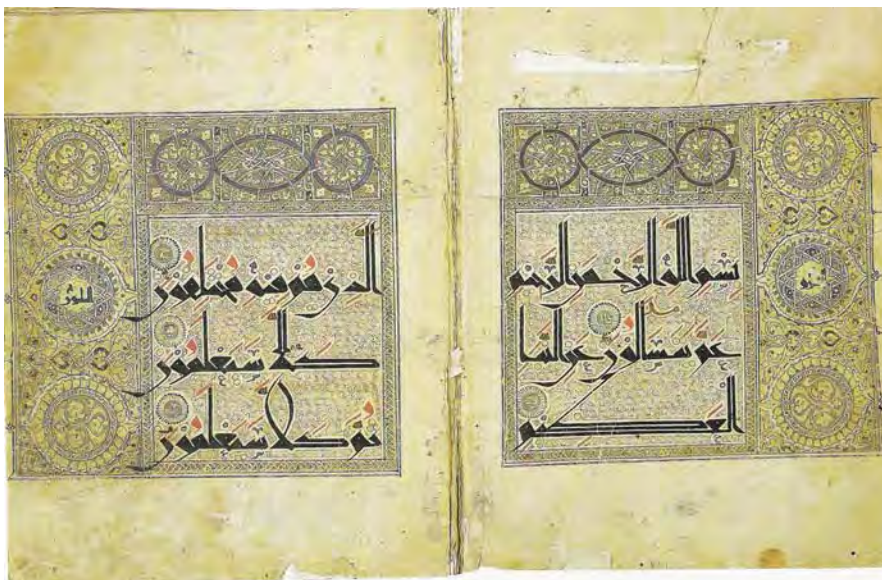
¹² Recordemos como ejemplo el segundo mandamiento del decálogo: “No harás para ti imagen de escultura, ni figura alguna de las cosas que hay arriba en el cielo, ni abajo en la tierra, ni de las que hay en las aguas debajo de la tierra.” Sagrada Biblia, Éxodo XX: 4.

Sin embargo, según el séptimo concilio de Nicea se reestablece el culto a los íconos en la liturgia cristiana, Titus Burckhardt, Espejo del intelecto, p. 80

“No es por rechazo del carácter sagrado de la Creación por lo que el Islam prohíbe las imágenes; al contrario, es porque el hombre es representante de Dios en la tierra, como lo enseña el Corán.”¹³

El supuesto impedimento islámico de crear un arte figurativo sugiere a la vez una exigencia absoluta y condicional. Absoluta en lo que concierne a todas las imágenes que podrían ser objeto de adoración, y condicional en cuanto a las formas artísticas que imitan cuerpos vivos.

Así pues, el Islam tolera las formas de arte antropomórficas con la condición de que no creen la ilusión de seres humanos u otros seres vivos. En pintura, por ejemplo, se evita la perspectiva central que sugiere el espacio tridimensional. Además, “*El trabajo del hombre nunca igualará al arte de Dios*”¹⁴, es decir que, la creación humana no se acercará siquiera a la evocación de un ser vivo, por lo cual no se enfrenta al Creador.

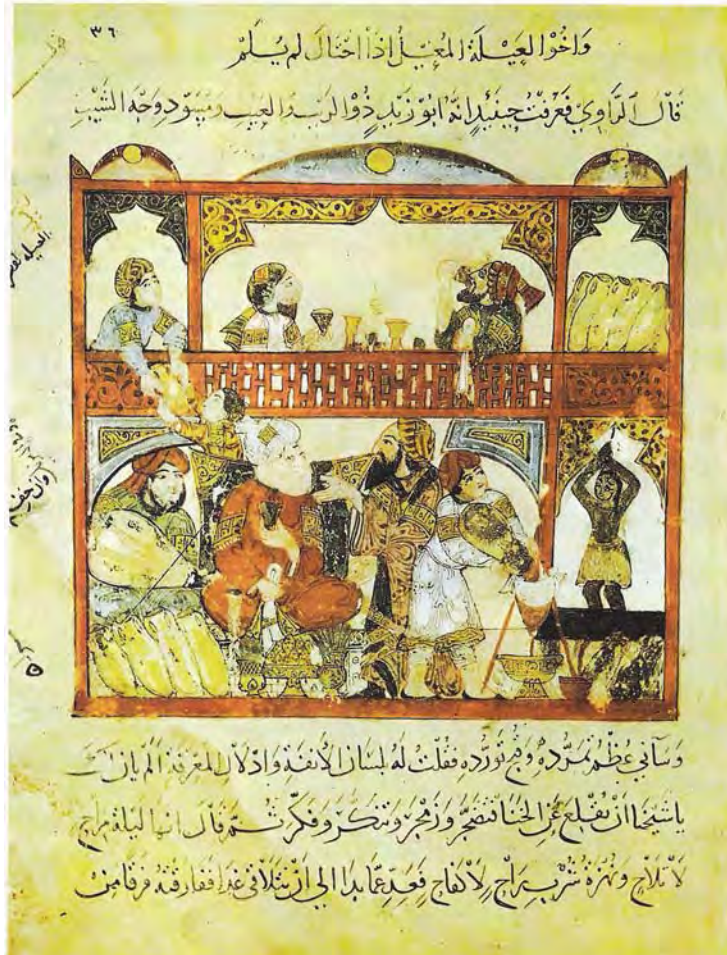


Corán, Irán o Iraq, siglos XI-XII.

La caligrafía y los mosaicos constituyeron el arte no representativo por excelencia

¹³ Burckhardt, Espejo..., p. 79

¹⁴ *ibidem*, p. 63



Miniatura del *Maqamat*, de al-Hariri, libro profano que ilustra la vida de los árabes.

Pueden observarse formas humanas sin crear ilusión tridimensional.

La prohibición religiosa de la imagen dentro del mundo islámico se presenta en dos aspectos. En primer lugar está la condena coránica de la idolatría¹⁵. Desde el punto de vista del Islam, querer representar a Dios constituye siempre un acto de idolatría, puesto que la naturaleza de Dios está más allá de toda descripción, incluso verbal¹⁶.

¹⁵ *ibidem*, p. 78

¹⁶ Que Dios esté más allá de una descripción verbal se refiere a que no puede ser nombrado en sentido directo, es decir, a Él pueden ser asignados ciertos atributos a través de los cuales podría considerarse que es nombrado. Sin embargo, Él no es en sí nombrado, sino sus atributos.

Como segundo aspecto, está la sentencia del Profeta según la cual es irreverente, e incluso blasfemo, tratar de imitar la obra creadora de Dios imitando la forma de los seres vivos, especialmente la del hombre.

“Hacemos referencia a las palabras del Profeta en las que condena a los artistas que intentan “remedar” la creación de Dios: en su vida futura se les ordenará que den vida a sus obras, y sufrirán por no poder hacerlo.”¹⁷

Por otro lado, tenemos que uno de los nombres de Allah es al-Musawwir y significa “*el que crea u otorga formas, el formador, el modelador*”¹⁸. Allah es creador, un creador que crea de la nada, en tanto que idea y da existencia, y es formador, en tanto que ordena las formas creadas en el mejor orden. Él es al mismo tiempo el evaluador, el realizador y el decorador.

En este sentido no se oponen a Él la creación del arquitecto ni del artista, en primer lugar porque esta creación necesitará un trabajo grupal. En segundo lugar, porque la creación de los arquitectos y artistas proviene de Dios mismo.

“Los actos de los siervos de Dios, en cuanto a creación e invención, son atribuibles a Dios altísimo, y los siervos lo que hacen es adquirirlos...”¹⁹

¹⁷ Burckhardt, Espejo..., p. 62

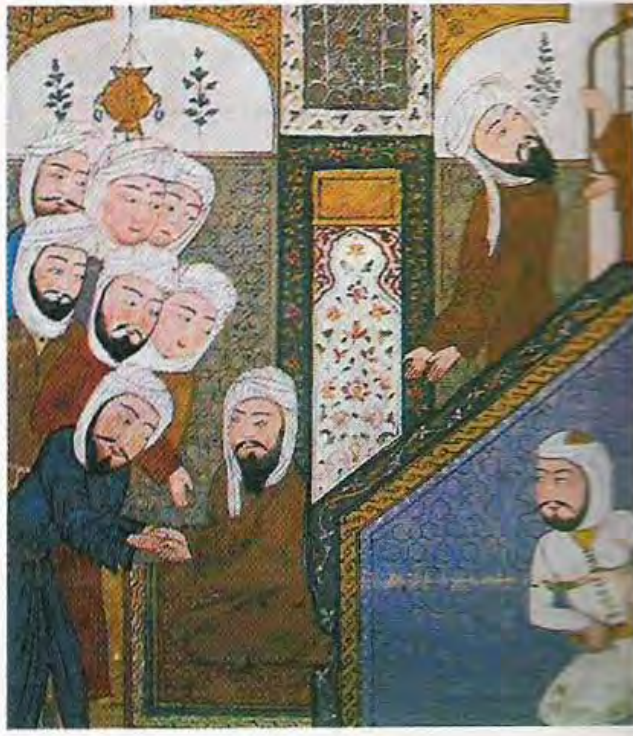
¹⁸ José Miguel Puertas Vilchez, Historia del pensamiento estético árabe, p.

¹⁹ al-Gazalí, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 75

Dios capacita al ser humano para recibir y ejecutar los mandatos divinos. La generalidad de la crítica no encuentra norma canónica alguna que prohíba terminantemente en los textos sagrados la representación figurativa. Pese a ello, la tensión entre creatividad divina y humana permanece.

El miedo y asombro ante las obras humanas se extiende a artes como la arquitectura. Existen datos que señalan que lo prohibido es que Dios figure en forma corporal, ya que Dios es absolutamente inimitable a pesar de que sus atributos nos lo hagan de alguna manera comprensible. De este modo, algunos sabios musulmanes reducen el aniconismo islámico a la representación figurativa de Dios, límite que efectivamente no ha sido transgredido.

Así, la exhortación iconoclasta islámica no se ha seguido siempre y en todas partes con el mismo rigor, pues apunta más a una intención que a un acto, es decir, una imagen que no pretenda crear la ilusión de un ser vivo, sino que lo evoca por alusión, es lícita. Lo cual explica, por ejemplo, el origen del estilo no ilusionista, sin sombras ni perspectivas, de las miniaturas persas.



Miniatura persa del siglo XV

La prohibición de las imágenes no se observa con igual rigor en todos los grupos étnicos. Es cierto, sin embargo, que ninguna mezquita ha sido decorada nunca con imágenes antropomórficas. En cualquier caso, las artes de los mosaicos y la caligrafía resultaron beneficiadas del choque entre teología y figuración, situación que dio lugar a una tradición artística sin igual.

Las creaciones están enfocadas a favorecer la contemplación y la unidad con Dios, así como a portar el mensaje divino y a dejarlo plasmado en el mundo exterior. Por otro lado, algunos consideraban a la imagen como la escritura de los iletrados, un punto más a favor de limitarla dentro de una ideología de conocimiento.

1.1.6. *El centro y la unidad de Dios como origen del arte*

El musulmán, que profesa la fe, ve la unicidad de Dios por vía de la revelación, en cuanto ve muchas cosas, a pesar de su pluralidad, como emanadas del Único. Un grado más elevado será cuando el hombre no ve sino al Único, lo que en sufismo sería hacerse uno nada en la Unidad. Unidad personal con un ser divino con el cual creen disolverse los contemplativos musulmanes²⁰.

Así, el musulmán profesa la fe en Dios, en un único Dios. Y el *Tawhid*²¹, que es la confesión de la unicidad divina, es el tema central de la teología islámica. “¡Di! él es Allah el único. Allah el solo”²². La unicidad²³ de Dios es una creencia fundacional que no se pone en duda dentro de la religión musulmana (considerada por los musulmanes la religión innata del hombre).

²⁰ Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 76

²¹ *cf.* Aristoteles, de anime, donde puede encontrarse una equivalencia de ciertas partes del pensamiento griego con el Tawhid, en cuanto a la absorción de lo múltiple por la unidad.

²² sura 212, *cit. pos.* Morales, *op. cit.*, p. 91

²³ Unidad y unicidad como conceptos diferenciados. *Unicidad* es la cualidad de ser único, mientras que *unidad* es la propiedad de un ser en la cual no puede dividirse sin que su esencia se destruya o altere.

Este monoteísmo en el sentido de la unicidad divina ha configurado los rasgos principales del Islam como religión y como cultura (con una influencia en la política): *“No hay más Dios que Dios y Mahoma es su profeta”*. El *Tawhid* ha producido grandes manifestaciones artísticas que se expresan en abstracciones estilizadas y formas geométricas rítmicas, como se aprecia en los mosaicos y las caligrafías árabes.

La palabra, caligrafía, Abdallah Akar, (n. en 1952)



Mosaico, Agra, India, 1628

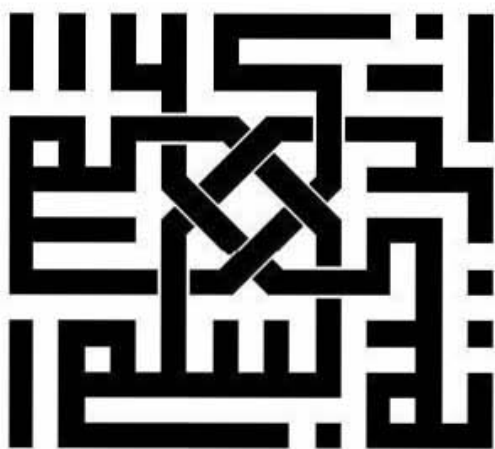


Ejemplos de la expresión artística con manifestación de la geometría rítmica.

La unicidad divina se expresa a través de figuras cuyo origen es la circunferencia.

La importancia del uno como idea matemática está directamente relacionada con la esencia del mensaje islámico de la unidad de Dios. A esta unidad del ser se alude constantemente en el arte. Se expresa a través de las figuras geométricas aisladas y centrales como símbolo de realidad divina, y como figuras integradas al estar todas ellas entrelazadas por la misma cinta de la que no es posible encontrar el principio ni el final.

Caligrafías árabes



Puede apreciarse como las letras se entrelazan formando una misma cinta, y cómo las letras confluyen en el centro de la figura. La circunferencia representa la unicidad divina.

De las figuras concéntricas la circunferencia predomina. En la circunferencia confluyen la idea de centro y la de unicidad divina, dado que se considera continua, no dividida, con un centro que la produce y que a su vez es base y generadora de todos los polígonos regulares. La circunferencia adquiere un papel fundamental en el arte árabe: la circunferencia como generadora del arte árabe, como base tanto para la

creación de su alfabeto como de los polígonos que utilizan. La circunferencia será el símbolo representante de la creación, que emana de la unidad divina.

La unidad es uno de los principios de la estética árabe clásica y se ve teorizada en los discursos estéticos²⁴. Así mismo, encontramos su presencia evidente en la práctica artística. El Islam ofrece una nueva representación del mundo bajo el signo de la Unicidad de Dios. Es una unidad abierta y basada en la integridad y perfección de cada uno de los elementos constitutivos, que son a su vez unitarios. Esto se aprecia en sus diseños geométricos como veremos más adelante.

De estas creaciones geométricas emanan la simetría, las proporciones y la geometría en general como un elemento básico de la estética árabe. Algunos consideran que los cánones vienen después de conseguir el placer estético.

El dogma del *Tawhid* es fundamental para entender la mentalidad árabe islámica frente a la creación artística. Sin embargo, es arbitrario pretender atribuir todo el peso de la estética y la práctica artística de una cultura a un único principio teológico. La aportación del Corán al arte islámico no es su forma, sino su noción de *Tawhid*.

“Mas el vínculo más profundo entre el arte islámico y el Corán (...) no descansa en la forma del Corán (sino) más en concreto en la noción del Tawhid, unidad o unión, con su repercusión contemplativa. El arte islámico -y con esto entendemos la totalidad de las artes plásticas del Islam- (yo agregaría

²⁴ Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 56

también a las otras) es, en esencia, la proyección en el orden visual de determinados aspectos o dimensiones de la Unidad divina.”²⁵

Considerar que el arte islámico en su totalidad es, en esencia, la proyección en el orden visual de determinados aspectos o dimensiones de la Unidad divina, es una conclusión excesiva, dado que ignora la dimensión histórica del arte islámico en su variedad de estilos, temas y lenguajes. Sin embargo, sí tiene un peso determinante.

“Dios me libre de todo arte que no constate la unicidad y que no señale hacia el Uno, ni llame a venerarlo, ni a reconocer su unicidad, ni a afirmar su existencia o llegar hasta su seno, confiar en su justicia y aceptar sus mandatos”²⁶.

²⁵ Titus Buckhardt, *El arte...*, p. 57

²⁶ Abu Hayyan al-Tawhidi, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, pp. 95, 215

1.1.7. *La razón: de la fe al arte y del arte a la geometría*

En una sociedad que, como vimos, está en estrecha relación con la fe, que se considera como una cuestión racional, se promueve el aspecto intelectual. Ésto da como resultado que la obra artística, que es una creación del hombre, sea considerada como un producto de la razón y de la capacidad de extraer el conjunto de los detalles y lo general de lo particular, lo cual se demuestra en sus diseños geométricos, que nos llevan de unas escalas a otras.

El alma de los creyentes se propone alcanzar la belleza de Dios, aunque ésta sea suprema y duradera el musulmán debe ser capaz de hallar su reflejo en este mundo. Ello se manifiesta en cosas que, pese a ser efímeras, aspiran a la totalidad de lo sublime por medio de la razón. Por tales motivos, el arte musulmán es en su origen un arte más intelectual que emocional, sin dejar por ello de lado las facultades creativas de sus creadores. Al mismo tiempo, es un arte más conceptual que realista, que no busca la belleza fuera de las cosas, sino en la adecuación de la forma de estas a su propia esencia y función.

Dicha necesidad de conveniencia y adecuación se concretó en la búsqueda de principios universales que conformasen un vocabulario artístico inmutable frente al dinamismo de la cotidianeidad. Algunos de estos principios, como ya vimos, se enraizaron en las fórmulas sociales del Islam y tuvieron salida a través de expresiones geométricas que le dieron una naturaleza un tanto abstracta.

El Corán invoca al intelecto para que este conozca al Creador y su obra. Puesto que Dios es intelecto puro²⁷, El Corán ordena el conocimiento de las cosas a través de la inteligencia y la demostración lógica. Para el musulmán, las ciencias y las artes surgen de la capacidad reflexiva del ser humano. El ser humano buscará aprender, ya sea de sus antepasados, o bien, reflexionando él mismo para alcanzar conclusiones.

Podemos apreciar aquí un acercamiento con los conocimientos heredados, en un sentido racional:

“Si no supiéramos que existe la geometría y la astrología y un superdotado las aprendiese de golpe, como por revelación, no creeríamos las cosas inmensas que nos contaría y lo tomaríamos por loco”²⁸

²⁷ *cfr.* Ibn Arabí, El tratado de la unidad, y Puertas Vilchez, *op. cit.*, p.208

²⁸ Ibn Rusd, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p160

En definitiva, se requirió el paso del tiempo y de las generaciones para adquirir los conocimientos actuales. Por la importancia de dichos conocimientos, el saber y su transmisión estuvieron ligados a la esencia del hombre y fueron fundamentales para el desarrollo de la sociedad islámica. Se comprende así la importancia que para los musulmanes tuvieron los conocimientos adquiridos de los pueblos conquistados²⁹, así como su aplicación en las creaciones artísticas.

²⁹ Recuérdese que no fueron pocos los pueblos conquistados con la expansión del imperio árabe, ni pocos los conocimientos que de estos pueblos adquirieron. Para mayor información léanse los apéndices.

1.1.8. *La herencia cultural*

Dentro de los saberes del pueblo árabe, aquellos que están dedicados al desarrollo puro de la razón y el intelecto tendrán un rango mayor. La geometría se reconoce como la parte de las matemáticas cuya materia son la línea, la superficie y los cuerpos geométricos de una o más dimensiones. Entran en ella también las medidas aisladas, los números, las medidas relacionadas y el conocimiento de las relaciones proporcionales entre las líneas y las figuras³⁰. La geometría tiene un doble papel: primero, el de adiestrar la mente para que siempre esté lúcida y en busca de la verdad; segundo, su aplicación práctica en muy diversos campos.

“en las artes prácticas cuya materia son los cuerpos, como la carpintería y la arquitectura, la fabricación de figuras raras, de templos extraordinarios o de ingenios para arrastrar pesos y transportar grandes moles por medio de instrumentos, máquinas y cosas similares... en la agrimensura... en la óptica que es la rama de la geometría encargada de esclarecer los por qué y el cómo de los errores que tienen lugar en la percepción visual...”³¹

³⁰ Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 138

³¹ al-Mugaddima, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 179

En este sentido, la geometría será más apreciada en su labor de hacer reflexionar.

“El geómetra, si con la geometría sigue las sendas de las artes, es lo mismo que el que cava en los ríos y abre canales o como el constructor de baños³², el encargado de los servicios de los fieles o de los trabajos comunales, pero si se dedica a establecer medidas y sólo habla sobre ellas, entonces es un sabio ajeno al trabajo manual”³³

Es importante señalar que dentro de la matemática encontramos también a la música, considerada como el conocimiento de las relaciones entre los sonidos y los tonos entre sí y su medida en números, lo cual nos habla de otra aplicación de las proporciones en el arte islámico.

La geometría es considerada por tanto, una ciencia racional en la cual *Los Elementos* de Euclides son reconocidos como una de las obras básicas³⁴. Su estudio será promovido en el sentido en que, se piensa, conduce a reconocer los cuerpos y los trazos de la obra del Creador en el mundo, así como también por ser una obra del intelecto humano.

³² Recordemos que la sociedad musulmana se asentó en su mayoría en los inhóspitos terrenos que representan los desiertos de su entorno geográfico. por ello, aquellas labores relacionadas con el agua son consideradas fundamentales. De ahí la importancia de quien cava ríos y canales o construye baños, y la similitud con el valor de la geometría.

³³ al-Tawhidí, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 130

³⁴ Sin embargo, no fueron los elementos la única obra que heredó el pueblo islámico durante la expansión del imperio. Para ahondar en este sentido consúltense los apéndices.

1.1.9. *Geometría: unión entre mano, intelecto e inspiración*

Pero las actividades artísticas son también consideradas, al igual que el razonamiento y la reflexión, como una de las características que le dan definición al ser humano y lo distinguen de otras criaturas en tanto suponen la transformación de la materia de forma inteligente. Esto nos da la mezcla del trabajo intelectual con el manual.

En la creación artística se entrelazan el pensamiento racional y la inspiración humana *“la mano obedece las órdenes del pensamiento, el cual obedece a su vez la inspiración del alma”*³⁵. La obra de arte debe, por tanto, ser la oposición equilibrada entre razón e inspiración, *“las dos partes que forman al ser humano, la terrenal y la divina”*³⁶. Por tanto, la base de un quehacer racional no está peleada con la creatividad.

Como muestra de un neopitagorismo dentro del esquema islámico, tenemos la consideración del número como principio de todas las cosas y por inclusión, de las artes. Así como el Creador no admite

³⁵ Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 212

³⁶ *ibidem*, p. 213

semejantes y genera todas las cosas, el uno no tiene análogo y genera todos los números³⁷.

Una corriente filosófica denominada Los Hermanos de la Pureza detalla las propiedades de los números pares e impares, enteros y fraccionarios, las características de cada número en sí mismo, y de las relaciones de armonía y proporcionalidad entre ellos. Estos pasan del estudio de los números al de la geometría, con una preocupación directa por las artes.

La geometría, en su forma teórica y en su forma aplicada, es una disciplina realmente importante para la creación artística y fundamental para la comprensión del arte islámico, tanto desde el punto de vista intelectual como desde el sensitivo.

“La geometría interviene en todas las artes; todo artesano, realiza sus medidas en su arte antes de pasar a la práctica, se trata de un tipo de geometría teórica, es decir, el conocimiento de las dimensiones y sus contenidos...”³⁸

Los tres elementos básicos de la geometría serán la línea (que representa la longitud), la superficie (que es longitud y anchura), y el volumen (como largo, ancho y profundidad). La línea es considerada la unidad básica de la geometría. Repitiéndose a sí misma, cruzando líneas en ángulos o encerrando espacios entre ellas, ella produce superficies. Las

³⁷ *cfr.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 185, donde se menciona que, según ciertas corrientes posteriores, la creación se produce con base en el cuatro.

³⁸ Rasa'il Ijwan al-safá, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 186

superficies a su vez, dan lugar al volumen. Pero el origen de todo ello será el punto, generador de la línea.



Caligrafía árabe: "Él es Dios"

Caligrafía árabe



La línea y el punto como generadores del arte árabe

Aquí, la multiplicación de las líneas y figuras geométricas lleva al mismo procedimiento que el de la serie numérica, por adición. La figura básica es el triángulo, la unión de dos triángulos produce un cuadrado, con un triángulo más se obtiene un pentágono y así sucesivamente. Dentro de las formas curvilíneas, la que se considera más completa y perfecta es el

círculo. Puede apreciarse en esta consideración una influencia del pensamiento griego, como lo muestra Aristóteles en del Alma³⁹:

“La serie numérica, es concebida como un conjunto de círculos formados por las unidades, las decenas, las centenas y los millares. Este orden circular de los números encierra el orden con que el Creador creó el mundo”⁴⁰

Este orden circular nos proporciona por otro lado, como veremos en el análisis, la idea de crecimiento proporcional. También nos habla de las cualidades del círculo, así como de su centro generador:

“si los signos zodiacales son doce, ni más ni menos (...), se debe a que el Creador no hace nada que no sea lo más preciso y exacto. Por eso hizo las esferas celestes de forma esférica, porque esa es la más perfecta de las figuras ya que es la más amplia y la más ajena a cualquier defecto, la más veloz, tiene su centro en el punto medio, todas sus partes son equivalentes, la rodea una sola superficie, nada más que una sola superficie puede tocarla en un sólo punto características estas que son exclusivas suyas, y además, su movimiento es circular, que es el más perfecto de los movimientos”⁴¹.

Sin embargo, pese al papel preponderante de la geometría dentro de la creación artística y la estética árabes, poco se habla de los posibles significados simbólicos, así como de sus elementos constitutivos, sus efectos de confusión óptica, su variedad indefinida o las técnicas de

³⁹ *cfr.* Aristóteles, de ánimo

⁴⁰ Ibn al-Sid, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 187

⁴¹ Rasa'il Ijwan al-safá, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 189

aplicación y realización de ésta. El análisis estético de la geometría ha sido poco tratado; solamente queda implícito en la creación artística y su estudio ha causado poco interés.

Ciertos estudiosos han interpretado la geometría artística islámica partiendo del punto generador asociado a la idea de Dios como creador, Dios como generador de todo, que lleva a la descripción de los números, las figuras poligonales y las diversas combinaciones de éstas que intervienen en los diseños geométricos del arte islámico. Otras ideas ligan el sistema generativo de la geometría artística islámica con la generación de su estructura lingüística con el fin de dar valor a su estructura formal.

1.1.10. *La Geometría: ¿Cómo acceder al conocimiento divino por medio del arte?*

Por otro lado, la geometría cumple un papel igualmente importante como puente para el aprendizaje de conocimientos, para desarrollar la razón y acceder al conocimiento divino, punto importante dentro del pensamiento islámico.

“Los teólogos se ocupan del ejercicio filosófico y, por eso, enseñan la geometría a sus alumnos, para que se adiestren, primero, en las abstracciones sensitivas y, después se eleven a las abstracciones puramente espirituales”⁴²

Por ello la importancia de la geometría dentro de una sociedad que promueve el desarrollo del intelecto y la razón.

⁴² *ibidem*, p. 188

“Debes saber que estudiar la geometría aplicada sensible ayuda a la destreza en las artes y que el estudio de la geometría teórica intelectual y el conocimiento de las cualidades de los números y las figuras ayuda a entender los modos de influir los seres celestiales y los sonidos musicales en las almas de los oyentes”⁴³



Texto árabe, traducción de un estudio de la esfera y el cilindro de Aristóteles

La geometría tiene pues una gran importancia dentro del pensamiento islámico. La relación proporcional es una de las expresiones geométricas fundamentales en torno a la cual gira la creación, que abarca desde la armonía de la creación divina hasta la más pequeña obra del hombre. Este conocimiento de las relaciones proporcionales será básico no sólo en las artes visuales, el cual analizaré más adelante, sino también en la poesía, la música, la danza, y en las artes en general.

⁴³ *ibidem*, p. 189

“Nuestra intención con este tratado sobre la música no es enseñar el canto ni la música instrumental, aunque necesariamente haya que mencionarlas, sino que nuestra pretensión es el conocimiento de las relaciones proporcionales y la manera de componer el canto y la música con el fin de adquirir destreza para todas las artes”⁴⁴

Esto nos muestra que existe, efectivamente, una medida y un canon para toda composición artística, pero no nos indica cuál es este. Pese a estos cánones, también se considera que existe un factor subjetivo, el cual indica una diferencia al momento de apreciar una obra de arte.

“Dios otorgó a sus criaturas un sentido especial para percibir, al igual que la potencia espiritual de conocer: Ese sentido perceptor conlleva un deleite derivado de la percepción sensible...”⁴⁵

Pese a esta subjetividad, se insiste en un concepto de proporción ideal como clave de toda composición artística y como un conjunto de normas establecidas para la perfección de una obra de arte.

“Ciertamente, la obra más perfecta, la combinación más exacta y la mejor de las composiciones es aquella cuyas partes y cuya forma están compuestas y combinadas según la proporción ideal”⁴⁶

⁴⁴ *ibidem*, p. 190

⁴⁵ *ibidem*, p. 193

⁴⁶ *ibidem*, p. 194

Este mismo fenómeno se produce en la danza, la música y la poesía tanto como en las artes visuales, donde la armonía debe producirse no sólo en las figuras, sino también en los pigmentos.

“la utopía arquitectónica reproduce el orden matemático del universo en su doble dimensión geométrica y musical, es decir, visual y acústica”⁴⁷

“Por eso, las melodías deleitan más los oídos, los intelectos las encuentran más bellas y aprueban mejor su uso, y con ellas se canta en las sesiones de reyes y principales”⁴⁸

“Los miembros de las imágenes (...) son de diferentes figuras y medidas, pero cuando sus medidas se relacionan proporcionalmente, la forma resultante es correcta, veraz y admisible”⁴⁹

“Los pigmentos que utilizan los pintores son de diferentes colores y de irradiación antagónica, como el negro, el blanco, el rojo, el verde y el amarillo y el resto de colores semejantes. Cuando se colocan estos pigmentos según una relación adecuada, las imágenes resultan resplandecientes, bellas y brillantes, pero cuando se ponen sin relación alguna, resultan imágenes oscuras, sucias, sin belleza. En otro tratado explicaremos cómo deben colocarse los pigmentos relacionados entre sí para que resulten bellos”⁵⁰

Como veremos más adelante, las relaciones proporcionales regirán también en el arte de la caligrafía.

⁴⁷ *ibidem*, p. 191

⁴⁸ Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 194

⁴⁹ Rasa'il Ijwan al-safá, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 197

⁵⁰ *ibidem*, p. 196

El idioma resulta una limitación para profundizar en el conocimiento acerca de cuáles son los cánones de los que se habla, pues, como indiqué anteriormente, en las obras occidentales se estudia vagamente esto y nunca se mencionan con precisión los cánones.

De hecho, para los musulmanes, la geometría aplicada consiste en *“el conocimiento de las medidas y su sentido, al relacionarse entre sí, siendo captado por la vista y percibido por el tacto”*⁵¹, en tanto que la geometría teórica *“es al inverso, es decir, el conocimiento y comprensión pura de dichas relaciones”*⁵².

⁵¹ *ibidem*, p. 186

⁵² *ibidem*, p. 186

1.1.11. *Geometría: Porque Dios es bello y ama la belleza*

Para algunos tratadistas árabes, las proporciones ideales son el patrón o módulo, su mitad, su tercio, su cuarto, etc. Es decir, la relación matemática existente entre la unidad y sus fracciones. Definen a la proporción como la cantidad común de dos medidas relacionadas, la cual podrá ser numérica, geométrica o musical, siendo la proporción musical una combinación de las dos anteriores. Además, dado que estas tres variedades de relaciones proporcionales (*nisab*) son definidas en términos solamente numéricos, resulta natural que se defina a la armonía como la relación y correspondencia existente entre magnitudes numéricas. Cabe resaltar aquí la influencia pitagórica en sus consideraciones numéricas⁵³.

Para los Hermanos de la Pureza, estos tres tipos de relación proporcional son considerados como nobles, pues se encuentran en la base de toda creación divina que parte del Uno, que será el Dios generador, creador de los principios supremos que integran todos los cuerpos: la forma y la materia (estos pueden ser armónicos o no).

⁵³ Cfr. Peter Gorman, Pitágoras, Españán, ed. Crítica, 1988.

Aquí también podemos observar una influencia de los conocimientos griegos y romanos. En la tradición grecolatina, el ideal de la forma artística como proporción está íntimamente relacionado con el ideal de belleza.

Así, la relación armónica adecuada produce tanto belleza como resplandor, conceptos que deseaban producir para acercarse más a la creación divina, pues lo bello recuerda la armonía celeste. Recordemos que *“Dios es bello y ama la belleza”*.

*“las miradas de las almas particulares se dirigen hacia lo bello y lo anhelan debido a la armonía que encierran; las bellezas de este mundo son reflejo del Alma Universal Estelar”*⁵⁴

En este sentido, el cuerpo humano juega un papel importante, pues ha sido creado por Dios. Podemos observar el concepto de origen griego de la figura humana en armonía. Este concepto tiene, no obstante, bases coránicas:

*“Dice Dios: ‘Hemos creado al hombre dándole la mejor complexión’”*⁵⁵

“Las miradas se dirigen hacia los bellos rostros, porque son reflejo del alma y porque la mayor parte de las cosas visibles de este mundo no son bellas por los defectos, deformidades y fealdad que poseen, tanto en su origen

⁵⁴ *ibidem*, p. 198

⁵⁵ Corán, sura 95, 4, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 197

como con posterioridad. La razón de esto es la misma que la que hace que los recién nacidos tengan una constitución más bella o una forma y figura más graciosa, es decir, porque su cercanía al momento en que el Artesano los terminó es mayor”⁵⁶

Además, Dios creó al ser humano como un microcosmos para que pudiese contemplar en sí mismo toda la creación:

“Dios creó al ser humano como la mejor de las disposiciones, de la mejor de las formas, hizo su forma espejo de su propia alma para que se reflejase en ella la imagen del cosmos”⁵⁷

“El ser humano fue el último de los seres creados y es un resumen del mundo, por lo que se denomina *al-'alam al-asgar*, o microcosmos. El ser humano es el último de los seres naturales y el primero de los intelectuales (...). El ser humano merece ser denominado microcosmos desde dos puntos de vista: por su constitución natural y por su capacidad de aprender (...)”⁵⁸

Así, el cuerpo será el patrón y medida a seguir por los artesanos y artistas, quienes al realizar sus obras deberán hacerlo con una estructura, composición y orden proporcionales, a semejanza de la obra del Creador. Por tanto, siguiendo los cánones de la proporción ideal, el artesano tiene la posibilidad de acercarse a la obra del Creador. Pues según esta proporción ideal, geométrica y numérica, se ordena el cosmos y la música “tanto en su versión celestial como instrumental, armonía que produce,

⁵⁶ Rasa'il Ijwan al-safá, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 199

⁵⁷ *ibidem*, p. 203

⁵⁸ Ibn al-Sid, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 203

finalmente, un deleite en las almas haciéndolas anhelar aquel mundo superior y perfecto"⁵⁹. Se observa aquí una interacción pitagórico-platónica entre la concepción griega del mundo y el fundamento coránico. Referirnos a una influencia unilateral es consideración del pensamiento occidental y sería tema de otra investigación.

Es importante mencionar también que según el pensamiento islámico, las percepciones sensibles bellas quedan grabadas en forma armónica y en coincidencia y completa concordancia con el "*Alma Universal*". A este respecto, vemos también la consideración de los sentidos, en particular de la vista y el oído, el cual "*está más vinculado con la dimensión espiritual que la visión, que está atrapada en el mundo sensible. En cualquier caso, el oído tiene mayor capacidad para degustar la armonía musical, con la dimensión celeste y cósmica que le atribuyen*"⁶⁰.

Si Dios es bello y ama la belleza, ¿qué mejor manera de acercarse a él sino a través del número? Del número surge, como vimos, la proporción, pues "*una cosa es bella en el mundo cuando contiene medida, figura y orden*"⁶¹.

Gran parte de estas ideas, la dualidad entre un mundo espiritual superior y un mundo sensible de espectros e imitaciones menos puro, así como el anhelo de perfección y el acercamiento a Dios a través del número tienen una clara interacción neoplatónica y neopitagórica.

La difusión por Medio Oriente del neoplatonismo alejandrino del siglo III d.C. por Medio Oriente maduró de una manera particular en la

⁵⁹ Rasa'il Ijwan al-safa, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 197

⁶⁰ Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 198

⁶¹ Summa Alexandri, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 198

cultura árabe islámica, en la que algunos de los conceptos fundamentales fueron asimilados al menos desde el año 796. En las *Ras'il* se puede apreciar este pensamiento. También puede encontrarse en el sabio al-Kindí⁶², por cuya época podemos encontrar la traducción al árabe de las *Enéadas*, de Plotino⁶³, considerado como un texto fundacional del pensamiento neoplatónico.

La influencia se encuentra más tarde en los Hermanos de la Pureza, como ya vimos. Posteriormente en al-Tawhidí, cuya obra *al-Muqabasat* es un inventario conceptual árabe neoplatónico, basado en las opiniones de su maestro al-Siyistaní y conceptos de al-Kindí. En *al-Murabasat*, al-Tawhudí retoma pasajes enteros de las *Enéadas*, cosa que también hace su maestro al-Siyistaní en *Siwan al-hikma*, mostrando un amplio conocimiento de este pensador griego Plotino. Al-Tawhidí y el grupo bagdadí, llevaron al extremo el idealismo platónico. El fue portavoz del neopitagorismo de las *Rasa'il Ijwan al-Safa*, pero tomaron el texto de Plotino como de creación aristotélica. Están también los *Ijwan al-safa*, o *al-Farabí*⁶⁴.

⁶² Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 208

⁶³ Plotino: filósofo egipcio autor de las *Eneadas*, obra recopilada por Porfirio, pupilo de Plotino. En las *Eneadas*, Plotino extrapola de los escritos de Platón una visión comprimida de la realidad en la cual todo fluye en una serie de emanaciones a través de una unidad central.

⁶⁴ Puertas Vilchez, *op. cit.*, pp. 183-239

1.1.12. *La Geometría: el arte como transformación de la materia de forma inteligible*

En este mismo sentido se concebían las artes como un reflejo del alma, la parte más pura del ser humano capaz de admitir la inspiración divina para elevarse hacia el mundo superior perfecto.

“se trata de artes que realiza el ser humano con su intelecto, su capacidad de discernimiento, reflexión y pensamiento, que son todas ellas facultades espirituales e intelectuales. Además, si alguien inteligente reflexiona sobre estas artes y actividades surgidas de la mano del ser humano, sabrá que dentro de ese cuerpo existe otra esencia que es la que revela esas obras perfectas y esas artes maestras realizadas por el cuerpo”⁶⁵

“La obra práctica consiste en que el artesano sabio extraiga la forma que tiene en su pensamiento y la ponga en la materia. La obra creada es un conjunto de materia y forma. Este proceso comienza con el influjo del Alma

⁶⁵ Rasa'il Ijwan al-safa, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p 202

Universal sobre la forma gracias al apoyo del Intelecto Universal, y por orden de Dios”⁶⁶

Lo mundano está subordinado y debe tender siempre a imitar lo principal: el mundo celestial. Así resulta más importante aún el hecho de que las artes prácticas se relacionan directamente con la divinidad por su carácter creativo. Los movimientos del artesano se enfocarán en reproducir los del cosmos (los cuales son siete, según Rasa’il⁶⁷). De esta manera, la obra artística alcanza un valor elevado dentro de la cultura árabe.

Además, las actividades artísticas son consideradas como aquellas que distinguen al ser humano de las demás criaturas, en tanto suponen la transformación formal de la materia en forma inteligente, uniendo así el saber inteligente con el trabajo manual.

“Algunos estudiosos dicen que el ser humano reúne en sí todo aquello que el conjunto de los animales no tiene más que de manera dispersa, pero lo supera además por tres virtudes: por el intelecto y la reflexión sobre lo que es útil y perjudicial, por la lógica que exhibe los resultados del intelecto a través de la reflexión, y por las manos que realizan las artes a través de formas que representan la naturaleza gracias a la facultad del alma.”⁶⁸

Así puede apreciarse el hecho de que las artes manuales serán un medio tal como el puramente intelectual y deberán desarrollarse

⁶⁶ *ibidem*, p. 202

⁶⁷ *ibidem*, p. 203

⁶⁸ Al-Tawhidi, Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 210

también como un producto de la razón. Y, ¿qué mejor manera de expresar esta racionalidad sino a través del conocimiento? Para este caso, el conocimiento geométrico. Esto sobre todo en una cultura donde se exalta la razón como forma de acceder al conocimiento, y de ahí al conocimiento de Dios. Recordemos que Dios es considerado como intelecto puro, aunque Dios es uno e incognoscible.

“Nadie puede verlo salvo Él (mismo). Nadie lo toma salvo Él (mismo). Nadie lo conoce salvo Él (mismo).”⁶⁹

“El gusto siendo natural, se sirve del pensamiento, que es, a su vez, la llave de las artes humanas, así como la inspiración ayuda al pensamiento y es la llave de las cuestiones divinas.”⁷⁰

La transición del uno a lo múltiple se produce por medio de una cadena de intelectos que, partiendo de Dios por emanación, llegan hasta el alma racional. No dejando por ello de lado la idea de que el ser humano posee un alma que lo dirige en su transformación (dada su voluntad y su capacidad de elección) de la naturaleza para llegar a la creación artística. Y es precisamente esta alma racional, aunada a su voluntad y su capacidad de elección, la diferencia entre el ser humano y los animales.

Es gracias a su alma que el ser humano es capaz de elevarse hasta el mundo superior espiritual. Aquí, la creación consiste en dar forma a la materia ya preexistente, y en tanto dicha forma sea más perfecta, la

⁶⁹ Ibn Arabi, *op. cit.*, pp. 39, 40

⁷⁰ *ibidem*, p. 212

materia se acercará más al mundo espiritual superior. El trabajo artístico es así considerado como una combinación entre trabajo racional, ciencia, geometría y don natural o gusto, el cual pone al ser humano en comunicación con lo divino.

Entonces, en la creación artística, la mano sigue las órdenes del pensamiento, el cual obedece a su vez a la inspiración del alma, considerada esta dentro de la concepción platónica como una esencia divina racional que dirige al cuerpo⁷¹. La creación artística oscila entre lo racional y lo sensitivo, donde la componente humana (de tipo reflexivo) se mezcla a la divina (de tipo inspirativo) para alcanzar la máxima perfección al momento de la creación artística.

“La virtud de la inspiración consiste en que es más pura, mientras que la virtud de la reflexión está en ser más eficaz, siendo la combinación de ambas lo perfecto. El defecto de la inspiración radica en que posee el mínimo de razón, y el defecto de la reflexión está en que tiene el mínimo de percepción sensible. La imperfección en su combinación dependerá de la proporción con que se mezclen.”⁷²

Hay también una corriente según a cual el ser humano conoce no por estudio sino buscando en su interior. El arte consiste aquí en la transformación de la naturaleza por parte del pensamiento humano, pero dicho pensamiento depende de la armonía interna.

⁷¹ “En el esquema platónico, incluso el proceso de lo sensible a lo inteligible en la psique humana se entiende como un paso de la multiplicidad de lo sensible hacia la unidad de la razón (Fedro 249b-c)” Enrique María Borrego Pimentel, *Cuestiones Plotinianas*, p. 81

⁷² *ibidem*, p. 213

“La potencia capaz de ello (de crear una asombrosa composición) depende del alma racional.”⁷³

Así, para el neoplatonismo árabe las artes son una superación de la materia para elevarse a cotas superiores de espiritualidad (idea plotiniana)⁷⁴, lo cual proporciona al arte árabe de una búsqueda incansable de perfección a través de la razón y el sentimiento.

Pese a todo, la forma divina es inaprensible e indefinible para el ser humano debido a su condición que lo mantiene sujeto al tiempo, al espacio, a los límites de su imaginación y a su propia ignorancia. En este sentido, la unicidad divina es la única que resume, contiene y engloba los conceptos de eternidad y perdurabilidad del ser de la forma divina. Sin embargo, existe una manera, una sola posibilidad de aprenderla y expresarla –a la forma divina- aunque esto no sea más que por aproximación: a través de la creación intelectual. En parte, es mediante la ayuda de Dios, cuando él toque nuestro intelecto, depositando en nuestro interior su esencia y su espíritu. Se entrelazan así los sentidos, que perciben la forma del mundo material, y el intelecto, que abstrae dichas formas. De aquí que debemos ir más allá de nuestros sentidos para captar las cuestiones relativas a la divinidad.

De este modo, Dios es inimitable pese a que sus atributos lo hagan de alguna manera comprensible. Por ello, las artes en sí no pueden representarlo y debemos evitar aquellas que nos lleven al asociacionismo. Pero, dado que a la forma divina sigue en escala la intelectual, se

⁷³ *ibidem*, p. 218

⁷⁴ Plotino supone que cada quien es un microcosmos capaz de mantener una observación contemplativa de la unidad divina. *Cfr.* Borrego Pimentel, *op. cit.*

desarrollan las artes que nos permitan un acercamiento intelectual hacia su Unidad, como es el caso del arte geométrico islámico.

Caligrafía y mosaico árabes. Se distingue el círculo como figura básica y es una clara muestra de la representación del paso de la multiplicidad hacia la unidad divina.



Caligrafía, ronda de dhikr o recuerdo de Dios
"Oh!, Él"



Domo de la Roca, Jerusalem

1.2. *Arte Islámico*

La sociedad islámica estuvo en constante vínculo con una gran variedad de culturas debido a la extensión que abarcó el Imperio Árabe por medio de sus conquistas: desde China hasta la península Ibérica. Gracias a ello, la cultura árabe evolucionó como una cultura cosmopolita, lo cual propició que el arte que se desarrolló dentro de esta cultura alcanzara un gran nivel de perfeccionamiento.

Así pues, por ser la islámica una sociedad cosmopolita, su cosmovisión es una amalgama de todos los elementos que se verán en el siguiente capítulo. El arte islámico producto de esta fusión de factores, está relacionado como ningún otro arte a la cosmovisión y a la religión de un pueblo, ya que ningún movimiento religioso ha tenido una expansión tan rápida y con tantas implicaciones políticas, sociales, artísticas y culturales como el Islam.

Pero en un principio, el Islam no conocía ningún arte propiamente dicho. El ambiente del imperativo nomadismo de los árabes, debido a las condiciones geográficas y socio-económicas que representaba el desierto⁷⁵, con la sencillez que implica, no favoreció el desarrollo de la arquitectura ni de ninguna de las otras artes, plásticas y no.



Moneda omeya, 685-705
Arte islámico naciente donde puede apreciarse la marcada influencia Persa

Posteriormente, con el asentamiento del creciente imperio, el gobernador de Damasco Mu'awiyya, entre 661 y 680, funda el Califato Omeya, cuyo periodo abarca del 661 al 750. Con los omeyas el poder del Islam dejó de ser un poder de beduinos transformados en conquistadores para establecerse en las cortes. Entonces, los gobernadores de Damasco procuraron afianzar el poder del califato por encima de todo, utilizando como una de las vías el establecimiento de símbolos arquitectónicos. Sin embargo, esta potencia artística se afianzó más en las tradiciones autóctonas

⁷⁵ Para ampliar esta información leer apéndices

de los pueblos conquistados que en las propias gentes musulmanas. El arte islámico se encontraba aún en proceso de formación.

Más tarde, las conquistas de los mongoles arrasaron con muchas ciudades. Pero a principios del siglo XIV, cuando Ghazah Kan se convierte al islamismo, se inicia una importante recuperación cultural que propicia un nuevo florecimiento de las artes.

El concepto musulmán asociado al arte no debe ser entendido exclusivamente desde el punto de vista étnico, ni tampoco desde una perspectiva puramente religiosa. El arte islámico fue expresión de un fenómeno cultural, religioso y político, que se manifestó desde China hasta la península Ibérica.

Por lo anterior, el arte islámico surgió desarraigado de una herencia cien por ciento propia y fue tomando forma a través de la asimilación de las tradiciones artísticas de las tierras conquistadas. Un ejemplo de lo anterior son los azulejos persas.

Los persas, favorecieron el intercambio cultural y comercial entre las regiones que constituían su imperio. Las ruinas que de ellos se han encontrado son una manifestación de su desarrollo arquitectónico y su estilo revela la influencia e imitación de egipcios, asirios y griegos de Asia Menor. Así pues, dada la expansión del imperio, los árabes se vieron influidos por egipcios, asirios, griegos y persas, entre muchos otros pueblos. Se destaca en el estilo artístico de dichos pueblos el empleo de azulejos para adorno, modo que va a ser adoptado en el arte árabe.



Mosaico, Damasco, siglo XVIII
Empleo de azulejos al estilo Persa

La variedad estilística existente en el arte islámico tiende a expresarse más en la coexistencia de diversos medios étnicos que a lo largo de periodos históricos. Es decir, si se comparan el arte persa y el magrebí, por ejemplo, hay menos diferencia dentro del arte persa y dentro del arte magrebí tomados ellos independientes uno del otro por épocas, que las diferencias comparativas entre el arte persa y el magrebí de un mismo espacio de tiempo.

Sin embargo, el arte islámico no es únicamente el arte de unos pueblos musulmanes, sino que está profundamente enraizado en el espíritu del Islam. De ahí que, pese a que no cuenta con una herencia cien por ciento propia, el arte del Islam no recibe su belleza de ningún genio étnico, sino del propio Islam y las formas variadas del arte islámico no solo tienen rasgos en común, sino que su misma variedad es una manifestación de una unidad esencial.

Aunque resultaría exagerado tratar de explicar esta unidad tan solo a través de la carga religiosa, tanto la unidad interna del arte islámico como la homogeneidad misma de su estilo, sí pueden apreciarse claramente como el reflejo visible de la palabra coránica. Y es gracias a su emanación de la palabra coránica que se da la unidad y la homogeneidad del arte islámico pues hay algo que está más allá de la simple emotividad⁷⁶: la visión intelectual inherente, como vimos, a este arte.

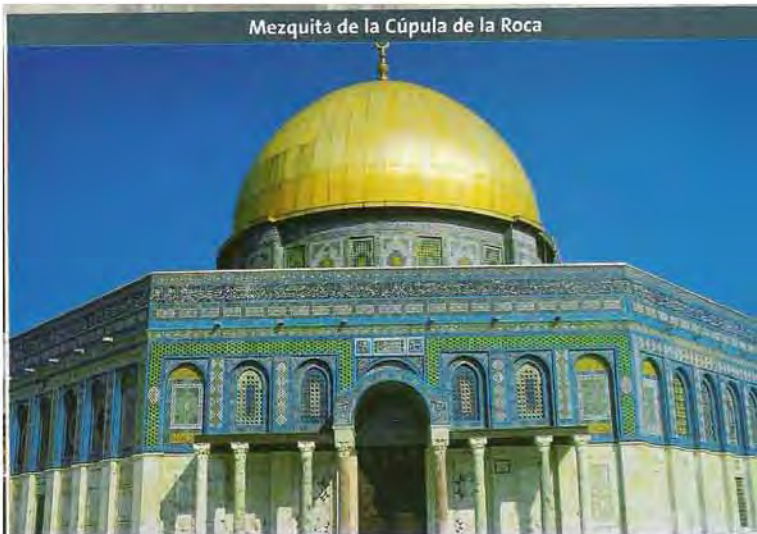
Pese al lenguaje abstracto del arte árabe bajo el cual se desarrolla la iniciativa de los artistas individuales y que es parte de esa unidad de la cual hablamos, los caracteres étnicos propios de los diversos pueblos musulmanes no desaparecen.

Por ello, no podemos hablar de que un estilo en especial sea más islámico que otro cualquiera, razón por la cual, el trabajo no se centra en un periodo o estilo específico, sino en las formas geométricas que en el arte islámico se presentan.

Surgió entonces un arte que asimiló las tradiciones artísticas de las tierras conquistadas y que comprende todo un abanico de estilos, cada uno de los cuales puede ser identificable y corresponde a un periodo y a un entorno étnico concreto. Pese a lo anterior, este arte cuenta con un fundamento que le da un sello característico y lo distingue de cualquier otro tipo de arte: la obediencia del arte islámico a las leyes de vida defendidas por el Islam.

⁷⁶ Para la concepción artística occidental, en cambio, la emotividad es uno de los principales motores que dan vida a la creación artística. Por ello, desde la visión tradicional occidental, las creaciones artísticas islámicas que realzan la intelectualidad, más allá de la emotividad, han sido prejuizadas.

La ley religiosa del Islam no prescribe explícitamente las formas de arte, sólo le impone ciertas restricciones que no tienen, como tales, ningún poder creador.



Mezquita de la Roca, Israel, Jerusalén, 691



Mezquita de Bibi-Janym, Samarcanda (Uzbekistan)

En ambas construcciones puede apreciarse el estilo particular del arte islámico

En el arte islámico, el hombre, a través de sus obras artísticas, busca dar soporte a la palabra de Dios, la cual se encuentra recitada por el Corán. Es así que la escritura, por medio de la palabra, más específicamente, como reflejo de la palabra divina, es fundamental en el arte islámico.

Como resultado de la importancia del mandato divino, el arte dentro del Islam es un arte religioso. Sin embargo, la estética del arte del Islam no tuvo, en absoluto, la misma función que alcanzó la pintura en occidente, ni siquiera en su vertiente religiosa, como en el cristianismo, donde la enseñanza de la religión y los actos de devoción se llevaban a cabo con ayuda audiovisual⁷⁷.

Por ello, en el Islam el culto prescindió de las imágenes religiosas y de la pintura figurativa⁷⁸ para influir y mover a los creyentes por considerarse una forma poco culta y poco intelectual para llegar a la religión. El Islam, por el contrario, asignará esa función central a la palabra y a la caligrafía⁷⁹, formas intelectuales y razonadas de acercarse a Dios. Y aunque la palabra, y más específicamente la caligrafía, no participa directamente en el culto, se encarga de portar el mensaje divino al espacio y los objetos religiosos. La palabra, de esta manera, hacía siempre presente y bello el mensaje divino a los ojos de los fieles, y tomó así un papel preponderante dentro del arte árabe.

⁷⁷ Grandes e incontables ejemplos de ello lo encontramos en las pinturas religiosas que representan pasajes bíblico o personajes divinos.

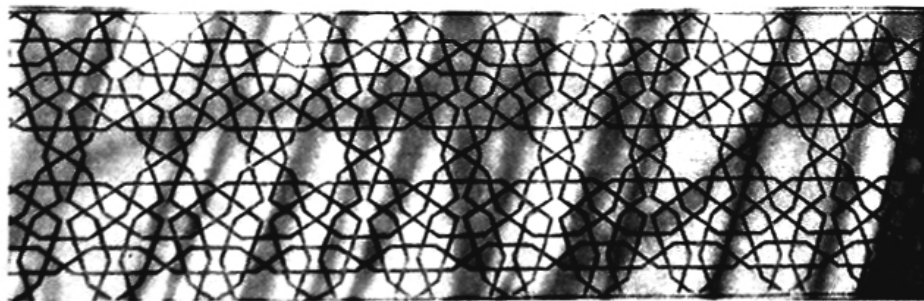
⁷⁸ Figurativa en el sentido de que copia las formas del mundo.

⁷⁹ Sin embargo, la caligrafía cumple un cierto papel figurativo de otro nivel, es decir, no en un sentido directo como en el caso de la pintura religiosa cristiana, sino como la representación del mensaje y la perfección divina. En obras caligráficas recientes puede observarse la creación más directa de las formas del mundo, *infra* arte caligráfico, para ver dichas obras.

Por otro lado, la mezquita, como centro de oración y asimilación con Dios, se convierte también en un elemento fundamental del arte islámico. Y, puesto que la vivienda musulmana se convierte también en un centro de oración⁸⁰, no debe haber una diferencia esencial entre la arquitectura de una mezquita y la de una casa. Por ello, en su parte gráfica, el arte islámico se concentró en la arquitectura y en la caligrafía, buscando formas de expresión para la nueva fe frente a los demás credos. Con su gran creatividad, el artista árabe supo desarrollar una estética propia sin oponerse al espíritu del Islam y fue capaz de ofrecer un arte geométrico con patrones precisos y no por ello menos creativo.



Madraza de Abdullah Khan



Altar de Zayn al.Din, Irán, siglo XV

Muestra del desarrollo geométrico en el arte de la arquitectura islámica

⁸⁰ Recordemos que uno de los pilares del Islam es la oración y esta debe realizarse siete veces al día.

Por el contrario, dentro de la concepción occidental del arte casi todo fue imagen a lo largo del tiempo, hasta que aparecieron nuevas corrientes. Como consecuencia, la categoría más elevada en el arte gráfico occidental la ocupan la pintura y la escultura figurativas. Estas artes son llamadas libres, mientras que la arquitectura, condicionada por necesidades técnicas, ocupa una categoría inferior. Las artes decorativas están en una categoría todavía más baja y la caligrafía en realidad no es vista en general como una expresión artística.

En cambio, desde un punto de vista islámico la ambición del arte no es la imitación o la descripción de la naturaleza, sino la elaboración del marco humano, es decir, el arte debe crear todos los objetos de los que el hombre se rodea naturalmente, una casa, una fuente, un recipiente, un vestido, una alfombra, con la perfección que cada objeto puede tener según su naturaleza.

“La perfección de un edificio, por ejemplo, proviene de la geometría tridimensional, mientras que la del arte de la alfombra necesita una geometría de dos dimensiones al mismo tiempo que una armonía de colores.”⁸¹

Así pues, bajo la concepción musulmana, el arte islámico sólo pone de manifiesto las cualidades esenciales de los objetos que elabora, sin añadir nada ajeno a éstos, para formar ese contexto humano por buscar la perfección que Dios le pide. El Profeta dice:

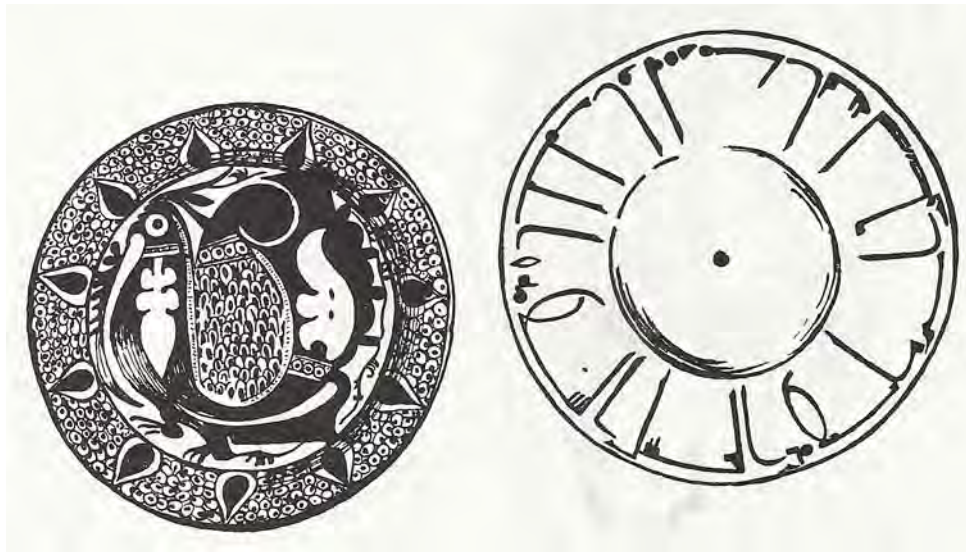
⁸¹ Burckhardt, Espejo..., p. 64

“Dios recomienda la perfección en toda cosa”⁸²

La palabra *ishan*, que puede ser traducida por perfección, significa también belleza y virtud, “*belleza interior, belleza del alma o del corazón que se expande hacia el exterior*”⁸³, transformando cada actividad humana en arte y cada arte en recuerdo de Dios.

Plato de cerámica lustrada
Persia, siglos IX y X

Plato de loza esmaltada
Samarcanda, siglo IX



Utensilios de cocina como ejemplo de que el arte enmarca cada actividad humana.

Al tener el arte islámico la función esencial de crear dicho marco humano, aquellas cosas que conciernen al creyente que reza, la caligrafía, la arquitectura y adorno de la mezquita, la vestimenta y el tapete sobre el cual se reza, adquieren un carácter primordial.

⁸² *ibidem*, p. 67

⁸³ *ibidem*, p. 67

Entonces, en el mundo islámico sucedió lo contrario que en occidente. La caligrafía se convierte en el arte principal por contener y emanar el mensaje divino. La arquitectura es un arte casi tan importante como la caligrafía. Se puede decir que ocupa un lugar central entre las artes que dan forma al marco humano y que lo hacen agradable. La mayoría de las artes menores, como la escultura en madera, el mosaico, la escultura, etc., se vinculan a la arquitectura. Aunque estas artes se denominan menores nunca han ocupado una categoría inferior en el mundo musulmán⁸⁴. Lo mismo ocurre con las artes llamadas utilitarias, pues también ellas participan de la dignidad del hombre como representante de Dios en la Tierra, como el arte textil, que se encarga de vestir al creyente y conferirle ese instrumento de rezo que es el tapete.

En la vida islámica, no existe una verdadera separación entre el ámbito sagrado y el ámbito profano. Todo musulmán, por ejemplo, puede ser *imam*, que es el encargado de dirigir la oración en la mezquita. Esta unidad en la vida se traduce en una uniformidad en el marco del individuo islámico que confiere también esa homogeneidad al arte islámico de la cual hablamos. Entonces, ya se trate de una mezquita o de una casa particular, la regla es buscar equilibrio, calma y pureza para envolver al creyente en la contemplación.

Dada la importancia de la palabra divina, en el mundo árabe, el arte está siempre en constante complacencia con el espíritu del Islam, que es sumisión a Dios. La substancia del arte islámico es la belleza en tanto que esta es una cualidad divina. Para el musulmán, el orden celeste es perfecto, y su perfección abrumba los sentidos. El Creador es artífice de toda belleza y él mismo es a la vez bello.

⁸⁴ *cfr.* Puertas Vilchez, Historia del pensamiento...

“Dios es bello y ama la belleza”⁸⁵

Como las actividades humanas están integradas en el Islam, éstas se convierten en un soporte para la belleza, lo cual se aplica desde luego a las bellas artes, cuyo papel, como vimos, es revelar las cualidades de las cosas. La belleza de las artes del Islam hace plausible una educación religiosa explícita, de hecho, *“para numerosos creyentes, (la belleza) resulta un argumento más directo que la doctrina pura”*⁸⁶

Y es que Dios creó el mundo armoniosamente y nos ha creado proporcionados. Y no hay otro medio que la razón, para captar dicha forma armónica y perfecta, y la geometría para plasmarla, como hemos visto⁸⁷.

Antes de que el mundo musulmán fuera invadido por los productos de la industria moderna, ningún objeto salía de la mano de un artesano sin estar dotado de cierta belleza, ya fuese un edificio o un utensilio doméstico. La razón de este hecho es que la belleza es inherente al Islam, y como tal, es parte de la esencia misma del arte islámico.

El arte no puede existir sin el artista o el artesano. Ninguna distinción se hace entre ambos en el mundo del Islam, donde tanto el arte sin el conocimiento de un oficio como la proeza técnica sin la belleza son inconcebibles.

⁸⁵ El Profeta, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 82

⁸⁶ Burckhardt, Espejo..., p. 66

⁸⁷ *Supra*, cita 79

El hombre construye entonces universos artísticos como testimonio de fe y soporte de la palabra divina recitada en el Corán. Entonces, si las construcciones y los libros eran templo del verbo de Allah, su materialización debía ser al mismo tiempo, esplendorosa y abstracta. Esplendorosa, porque a través de ella el creyente debía percibir la gloria divina más allá de la presencia inmediata de lo mundano. Abstracta, dado que para lograr su objetivo nada era más adecuado que el alejamiento de la naturaleza, evitando distractores. Y, ¿qué otra manera de crear dicho esplendor y abstracción sino a través del conocimiento y el intelecto?, ¿de qué otra manera plasmar este conocimiento y este intelecto para crear esplendor y abstracción sino a través de la geometría y la proporción de formas?

Encontramos entonces que la claridad del intelecto tiene un papel dominante dentro del mundo islámico que viene dado por varios factores. Primero, la comunicación humana con el mundo superior se da a través de la razón. La transición del Uno a lo múltiple y viceversa se produce también a través del intelecto. Los sentidos percibirán las formas del mundo material, mientras que el intelecto deberá abstraer dichas formas. El medio de hacer tal abstracción los artistas islámicos lo encuentran en la geometría.

Por último, la conceptualización objetiva de la belleza, como emanación y composición armónica y equilibrada entre los elementos constitutivos se dará a través de la razón. Y en este caso, los elementos que la razón nos ofrece son de orden matemático, la geometría es uno de ellos.

Entonces, como se vio anteriormente, para el Islam la obra de arte es una creación humana producto de la razón, dado lo cual, la mejor

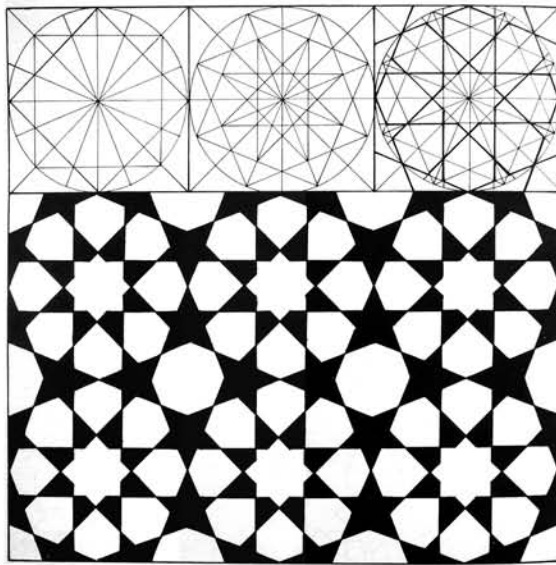
forma de expresarla es a través de la geometría. Así, los diseños geométricos desarrollados por los artistas islámicos expresan las formas sociales enraizadas en el Islam.

Los patrones geométricos son construidos por la recurrencia de formas geométricas determinadas y que en muchos de los casos son similares. Como vimos anteriormente, la importancia de la unidad para el pensamiento musulmán desemboca en la utilización de la circunferencia como generadora del arte árabe⁸⁸ por ser símbolo de la unidad divina al tratarse de una figura continua y central generadora de los polígonos regulares, como Dios es generador de las formas del mundo.

A partir de la circunferencia generadora se producen los diseños geométricos. El resultado de dichas ordenaciones de figuras está determinado por un acto creativo personal. Sin embargo, cuando un sistema de proporciones ha sido seleccionado por el artista⁸⁹, la creación de patrones por combinaciones infinitas de las formas geométricas que determinan dichos sistemas hace posible la existencia de tales proporciones.

⁸⁸ Y no sólo del arte gráfico. Podemos, por ejemplo, apreciar esta circularidad en las danzas y la música del Islam.

⁸⁹ No me refiero a una elección directa del sistema de proporción que se va a utilizar. Al escoger una figura base para la creación de un diseño se escoge indirectamente el sistema de proporción asociado con dicha figura. Esto es posible apreciarlo en el análisis de los sistemas de proporción que se verá posteriormente. y de hecho, por ello se escogió esa forma de análisis, como se ha mencionado. Pese a que no está determinado si se seleccionaba primeramente el sistema de proporción o la figura, es lógico suponer, debido a la herencia geométrica griega, que lo que determinaba el sistema de proporción era la figura que el artista escogía. Sin embargo, determinar esto es propio de un estudio más detallado.



Patrón geométrico de mosaicos islámicos a partir del cuadrado.

Sistema proporcional $\sqrt{2}$

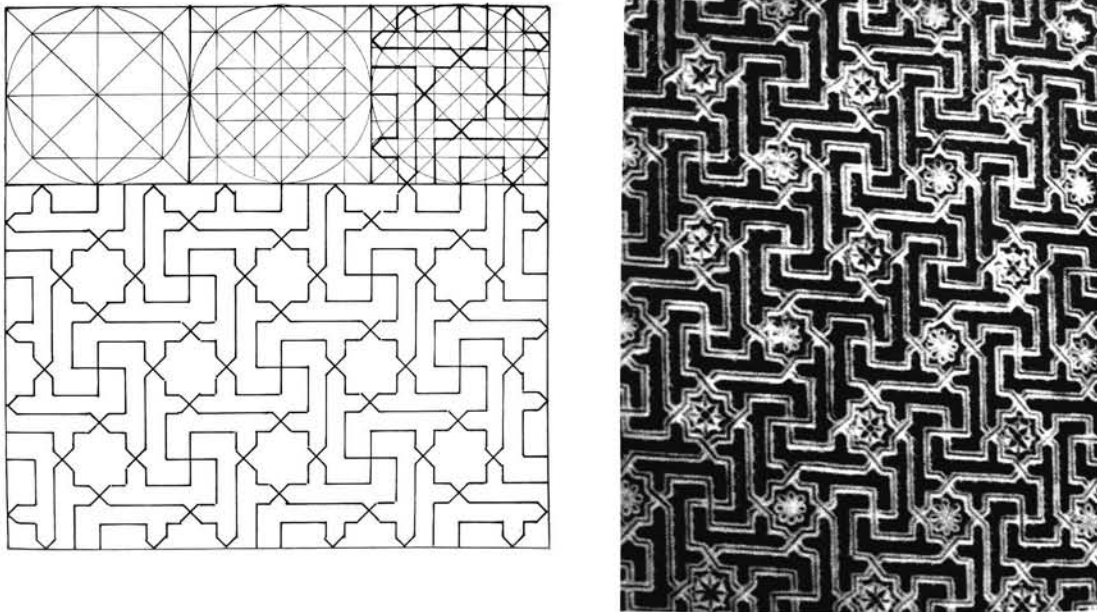
El creador tiene siempre la libertad de escoger el sistema de proporción, así como de realizar variaciones sobre éste. El método geométrico establece una aproximación al arte en que la ejecución y la estética de la composición se determinan de manera sistemática.

Ahora bien, es necesario un largo periodo de experiencia para adquirir la habilidad de explotar estos modos de expresión de los métodos geométricos. Así pues, el conocimiento ganado en el campo artístico por los creadores árabes fue transmitido por generaciones a través de aprendices, es decir, no fue una creación de un día. El arte árabe está cargado de belleza abstracta e intelectual con expresividad original que se fue desarrollando a lo largo de los siglos.

En el caso del arte árabe, el arreglo sistemático producido por la repetición de la unidad produce el total de los diseños. Estos diseños están basados en la repetición de patrones generados a partir de figuras regulares inscritas en la circunferencia, las cuales dan origen a tres sistemas

básicos de proporción: el sistema raíz de dos en base al cuadrado, el sistema raíz de tres en base al triángulo equilátero, y el sistema raíz de cinco, también llamado phi, en base al pentágono.

Castillo Telmout, Marruecos



Patrón geométrico de una caligrafía islámica. Se observa la circunferencia básica en la cual se inscriben las figuras, en este caso cuadrados que generan proporción $\sqrt{2}$. Se obtiene el diseño final por la repetición de una unidad base.

La repetición de patrones que dan a los diseños sus características principales se determina por medio de retículas pintadas entre puntos de la circunferencia establecidos a partir de las figuras.

Entre los artistas musulmanes, incluso actuales, se emplean las herramientas tradicionales de regla y compás. Este método fue perfectamente conocido, desarrollado y aplicado por los maestros del pasado.

*Aspectos generales del diseño como
origen de las estructuras geométricas*



1

¹ El mundo es una armonía de tensiones, caligrafía de Hassan Massoudy.

En el capítulo anterior se trató la cosmovisión islámica. En él se analizó la forma en la cual el pensamiento islámico ha influido con el quehacer artístico de dicho pueblo. Como conclusión general pudimos observar la importancia de la religión y el anhelo de la creación artística perfecta, la cual está íntimamente ligada con reglas geométricas y de proporcionalidad.

Se verá ahora la importancia de los aspectos anteriores, en relación con las cuestiones en torno a la aplicación de la geometría y los sistemas de proporción, así como las consideraciones artísticas de la geometría en lo que se refiere a la estructura del diseño. Después pasaremos al análisis propiamente matemático². Ninguna de las cuestiones que veremos sostiene una verdad indiscutible, porque de hecho, todas ellas son complementarias aunque algunas, desde un punto de vista, sean a veces entendidas como contradictorias. Todas deben ser tomadas en cuenta al momento de referirnos a las composiciones artísticas de una sociedad, más aún en el caso de sociedades como la islámica, por haber desarrollado una cultura cosmopolita producto de la expansión del imperio.

² Hagamos una aclaración previa. Los aspectos geométricos no son exclusivos del arte visual, aunque muchas veces así lo percibimos. En las creaciones artísticas en general se encuentran estructuras matemáticas que han sido estudiadas, aunque vagamente en algunas ocasiones, *cfr.* Matila Ghycka, El número de oro.

De hecho la música podría reducirse, de manera extrema claro, a combinaciones numéricas, debido a lo cual, en muchas épocas y culturas, se ha incluido como una ciencia dentro de las matemáticas, un ejemplo de ello es el caso islámico. La definición de música dentro de las corrientes de al-Tawhidi e Ijwan al-safa se basan en conceptos de relaciones numéricas. *Cfr.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, pp. 226-229, 739-740; *cfr.* César González, La música del universo, México, UNAM-IIFL, 1994.

Por ello, aunque el arte que nos ocupa es de tipo gráfico geométrico (mosaicos y caligrafía), los conceptos que aparecerán pueden ser aplicados en cualquier área artística. Las artes islámicas no plásticas merecerían también ser el objeto de su propio estudio, pues como la cultura islámica en general, han sido relegadas

2.1. Aspectos culturales del diseño

Al estudiar el arte en general, el problema en relación con la mejor manera de elaborar una obra, es decir, cuál conjunto de cánones constituirá el correcto, es tratado en abstracto, esto es, sin referirnos a una obra en concreto. Esto nos remite a la pregunta: ¿buena o mejor para qué fin? para resolver dicha cuestión podemos dividir los resultados en dos fines: uno que es el estructural y funcional para la obra en sí (y en ocasiones para su contexto, como en el caso de las edificaciones), y otro que es el expresivo.

En este mismo sentido, al-Tawhidi³ se pregunta cuál es la razón de que una forma sea considerada bella, si es una cuestión de la naturaleza, del alma, del intelecto, del espíritu, o si carece de causas. La respuesta que se da dentro de la cultura islámica se centra en factores objetivos y tangibles como son la correspondencia y armonía estructural y formal del objeto contemplado, y en factores subjetivos como el equilibrio del temperamento del artista y del observador. Hablaremos a continuación de dichos factores.

³ al-Tawhidi, *cit. pos.*, Puertas Vilchez, *op. cit.*, p.210

2.1.1. *Aspectos compuestos*

Está visto que la búsqueda de elegancia armónica y el rechazo por lo completamente arbitrario son temas recurrentes en todas las épocas y culturas, siendo el rechazo de lo completamente arbitrario común incluso a todas las áreas del quehacer humano.

Por ello, no se debe olvidar que se busca un arte compuesto por la inspiración natural tanto como por la técnica, pero sin que los convencionalismos de esta última eliminen la naturalidad proveniente del alma que es en cierta medida la responsable del verdadero valor específico de cada obra de arte.

En el caso de los artistas árabes, éstos aplican la matemática para eliminar la subjetividad. Sin embargo ¿cómo podemos calificar qué tan objetivos pueden ser los juicios matemáticos o geométricos?

Se habla de armonía y perfección que generan o son generados por la geometría y la proporción dentro de la obra. Aunque esta geometría y esta proporción están regidas por leyes, no debemos olvidar que están también íntimamente relacionadas con cuestiones

subjetivas, ya que la armonía y la perfección son inherentes a cada persona y época y los patrones de belleza, geométricos y de proporción han variado con el tiempo. De ahí la importancia de las consideraciones culturales, de tiempo, e individuales. Realizar un trabajo de una manera completamente objetiva o sólo bajo la abstracción matemática no tendría sentido.

Así, para no producir una creación o un análisis de la obra sin sentido debemos tomar en cuenta todas las características que la envuelven.

Existen diversas teorías sobre las cuestiones de belleza, geometría y proporción dentro de una obra.

Para algunas tendencias resulta más objetivo analizar qué tan deseables o indeseables son las reacciones que provocan las formas geométricas, aunque no se les haya asociado un valor, sea este biológico, estético o matemático, y precisamente para asignarles uno. Existen análisis psicológicos que llevan a concluir que ciertas tendencias centrales de la mente se imponen por sí solas y de manera natural sobre otras de tipo secundario. Se ha estudiado también que la parte motivacional es producto de la imposición sobre la percepción. Los patrones estáticos que conforman los procesos dinámicos gobernados por el principio de balance dentro de una creación, así como la tensión que resulta de ellos, están influenciados por factores funcionales y estructurales naturales que proporcionan estabilidad a la obra, pero también tiene su contrapeso en la experiencia visual. Existen también estudios que se basan únicamente en la exposición de los espectadores a las formas para deducir cuáles de ellas son consideradas bellas. Los

resultados muestran una inclinación por las formas evaluadas de antemano a través de las mediciones.

En su búsqueda por eliminar las cuestiones subjetivas, el ser humano se ha servido de diversas herramientas. La que estudiamos en este trabajo es la matemática, específicamente la geométrica. Pero cualquiera que sea la herramienta que se utiliza o estudia, y cualquiera que sea el arte que se realiza o se investiga, decidir si una obra es buena o no implica cuestiones que rebasan los límites de la matemática. En última instancia, como veremos a continuación, es también un problema de expresión, tanto individual como cultural. De ahí que el estudio matemático que aquí se realiza se hace bajo la influencia de la cosmovisión del pueblo árabe. En caso contrario sería un estudio árido y sin relevancia.

Sin embargo, en realidad no existe una verdadera diferencia entre los juicios surgidos por simple exposición del observador y aquellos que son resultado de los estándares aplicados a una medición. Entonces, es posible crear reglas, matemáticas o no, para desarrollar una teoría objetiva, mientras que los juicios estéticos serán más subjetivos, dentro de los límites de las reglas planteadas por cada época.

Por otro lado, sabemos que el ser humano ha evolucionado a lo largo de su historia. Pero esta evolución no se ha dado sólo en el ámbito físico. Sus conceptos, su ideología y su forma de ver y comprender el mundo que lo rodea también han sufrido modificaciones a través de un proceso evolutivo. Así, las maneras en las que el hombre crea los objetos también han variado y, a su vez, las proporciones y la geometría que ha utilizado también han sido diversas a lo largo de la

historia. Registros artísticos muestran el uso de una gran variedad de sistemas de proporción que han sido utilizados a través de los años⁴. El sistema basado en phi ha sido el más recurrente en los estudios actuales. En las creaciones artísticas de caligrafías y mosaicos árabes podemos encontrar el sistema basado en phi, pero también cuentan con otros como veremos más adelante.

Por lo tanto, los diseños de una obra pueden tener varios enfoques y maneras distintas de expresarse, pues los requisitos estéticos y estructurales pueden satisfacerse de varias maneras con igual efectividad. Aquí entran mezcladas cuestiones sociales, culturales, de época y subjetivas del creador, quien al enfrentarse con diversas posibilidades juzga como “buenas” aquellas configuraciones geométricas y proporcionales que expresen los ideales formales de su época, de su ámbito social y de su propio punto de vista.

En este sentido, las obras bidimensionales (como son las pinturas) permiten un manejo más libre de las cuestiones puramente estéticas de las razones y el ritmo que se manejan. En cambio, las obras tridimensionales (como las esculturas o los edificios arquitectónicos) imponen mayores limitaciones que obligan tanto al creador como al espectador coetáneo, a enfrentarse con consideraciones más reales del espacio, el objetivo y el tiempo en el que están siendo creadas. En un caso ideal, esas consideraciones deberían ser tomadas en cuenta también por aquel espectador que no pertenece a la misma época. Pese a lo anterior, al realizar un análisis sobre creaciones de épocas pasadas suele suceder que el contexto social es olvidado.

⁴ *cfr.* Platón, Vitruvtruvio, Luca Paccioli, Durero, da Vinci, le Corbusier, etc.

2.1.2. *Aspectos culturales*

Como sabemos, cada época cuenta con creaciones artísticas muy propias a través de las cuales se ha sabido expresar por ella misma. Todas las épocas artísticas cuentan con factores que las caracterizan y distinguen del resto. Sin embargo, todas las creaciones tienen un factor común: muestran cómo el hombre, a través de los siglos, se ha esforzado por establecer y satisfacer ciertos cánones de diseño. El caso árabe no es una excepción.

El estudio de las proporciones por parte de los artistas árabes, como en el caso de otras culturas, se dio en un intento de recuperar los métodos prácticos utilizados por las culturas que los precedieron, para realizar una aplicación consciente de la geometría y una teoría de las proporciones. Esto, con el fin de producir un arte dotado de belleza, ya que, como hemos mencionado, la belleza fue un generador fundamental dentro de la sociedad árabe por el hecho de ligarse con la idea de Dios y la creación divina.

Los árabes creían que en cuestiones consideradas subjetivas, como es el caso de las creaciones artísticas, demostrar que las formas utilizadas en cada obra no son elegidas de manera arbitraria debilita los juicios intuitivos y acaba con la poca confianza en ellos, haciendo que las creaciones basadas en leyes determinadas fueran consideradas mejores que otras. Porque además, Dios no hacía las cosas al azar y su deseo era acercarse a la creación divina.

2.1.3. *Aspectos psicológicos*

Como creaciones propias de cada época y de cada individuo en particular, en cada obra los elementos subjetivos han jugado papeles diversos. Como resultado de dicha subjetividad, que se ha dado a raíz de la evolución de las corrientes artísticas, surge el debate acerca de cuál constituye la mejor manera para elaborar una gran obra. Este debate se incrementa ante el hecho de que pese a la subjetividad de cada época, en muchos de los casos podemos encontrar elementos que son comunes a varias de ellas. Por eso se ha considerado que determinadas formas son mejores que otras para elaborar una obra.

Entre esos elementos que han sido comunes a la mayoría de las creaciones artísticas se encuentra la proporción, ya sea en su forma aritmética o en su forma geométrica. Fue tal el desarrollo de la proporción dentro del arte que se fueron creando con el tiempo cánones proporcionales que los artistas deberían seguir para obtener un buen resultado.

“(…) la proporción perfecta (…) parece consistir en que las partes principales o esenciales estén ideadas de tal forma que capten la atención de la vista, sucesivamente, de lo más considerable a lo menos (…)”⁵

Está implícito entonces que en las cuestiones artísticas las relaciones geométricas y de proporción deben sentirse para que actúen visualmente. Es decir, no basta que puedan demostrarse mediante el análisis y éste no debe obstaculizar la sensibilidad intuitiva de cada persona. Y es que en la realidad no existe ningún conflicto entre la matemática y el sentimiento, pese a que comúnmente se piensa lo contrario debido a que la matemática se enseña de manera general aislada del contexto humano. Se nos olvida que, de hecho, la matemática es un lenguaje creado por la propia mente humana dentro de un contexto social y cultural determinado.

Pero queda siempre algo que no puede ser analizado de manera matemática. Se trata de ciertas relaciones que se sienten, que saltan a la vista. Esto, según vimos, es un factor importante. Las formas exhiben ciertas variaciones inesperadas dentro del ritmo esperado, algo sensible pero indefinible aún que contribuye a la vitalidad de la obra y le da el sello personal de su creador. Y, como se dijo anteriormente, las relaciones de proporción deben sentirse para que actúen visualmente.

⁵ Chambers, *cit. pos.*, P. H. Scholfield, Teoría de la proporción en la arquitectura, p. 94

2.1.4. Aspectos sociales: del estímulo de las formas sobre nuestros sentidos por la costumbre de verlas

Dos factores más deben tomarse en cuenta: el de la costumbre y el de la convencionalidad. Se ha demostrado que estos afectan la visión mucho más directamente que la adecuación. Una teoría nos habla del efecto que ejerce la adecuada relación entre las cosas sobre nuestros sentidos y sobre nuestra forma de percibir el mundo. Una segunda teoría se refiere a los factores de la costumbre y la convencionalidad.

Cuando se han establecido convenciones sólidas como aquellas que se establecen con la geometría y las proporciones, cualquier arbitrariedad que se separe de lo que la vista espera encontrar puede destruir el agradable efecto del diseño. Como resultado de ello, tenemos que una forma bella es simplemente aquella que se nos ha enseñado que es bella. En este sentido, ni la geometría ni la proporción son una causa de belleza natural, más bien sus efectos se deben a la costumbre.

Todo lo que el ojo ve (una estructura superficial o cualquier tipo de signo) tiene un significado muy claro para el espectador. Cualquier cosa que sea ajena a él no le parecerá normal. Este conocimiento de las cosas produce una comunicación visual precisa, dado lo cual, conocer las imágenes del mundo que nos rodea equivale a ver y comprender más, ampliando nuestro contacto con la realidad.

Es decir, en nuestro mundo de imágenes, y en general en nuestro mundo de no imágenes (sonidos, sabores, etc.), no existe punto de contacto con las cosas que no conocemos. Muestra de ello es cuando representamos algo desconocido, incluso tal vez inexistente, como un marciano o un ave fénix. Dentro de nuestra interpretación el resultado sería la combinación de partes de cosas para nosotros conocidas.

El caso de los artistas islámico no es una excepción. Ellos representaban la perfección divina a través de las formas geométricas que conocieron y estudiaron como resultado de la herencia de los pueblos que conquistaron. Como vimos, los artistas islámicos produjeron creaciones geométricas debido a la importancia que el conocimiento y la racionalidad tenían para este pueblo. De ahí que sea fácil suponer que los artistas islámicos también utilizaran sus diseños geométricos para representar incluso las formas naturales que los rodeaban. Este punto merecería ser ahondado en un estudio posterior, ya que no es un resultado que salte de manera clara a la vista del espectador a partir de los diseños. Sin embargo, el arte caligráfico más reciente sí se encuentra

cargado de numerosos ejemplos de un gran dominio artístico en que el creador representa el mundo a través de este arte geométrico⁶.

Finalmente, podemos decir que los convencionalismos reducirían la geometría y la teoría de la proporción a una convención o a una teoría de la costumbre. Pero si las adecuaciones y las costumbres juegan un papel importante en la determinación de las proporciones, también es cierto que después de su aplicación aún queda un margen de variedad para jugar con las proporciones visuales dentro de una obra.

⁶ *infra* capítulo de caligrafía para ejemplos de estos diseños caligráficos.

2.1.5. *Aspectos naturales: de la estructura de las formas de la naturaleza*

Por otro lado, la tendencia a tomar como normas artísticas la proporción y el ritmo⁷ también tiene raíces en el hecho de que éstas figuran entre las características más notables de las formas naturales. Sin embargo, y aún en el caso de que la proporción y ritmo utilizados no sean tan evidentes, esa tendencia a considerar como normas artísticas la proporción y el ritmo se relaciona sobre todo con la impresión básica de que, si una de las formas propuestas por la naturaleza nos parece bella, la repetición de dicha forma inevitablemente multiplicará el efecto de belleza en una obra.

Ahora bien, las razones por las cuáles ciertos grupos de formas son más idóneos que otros para producir la sensación de belleza son de orden matemático⁸. Ello finalmente implica que la elección de una

⁷ *infra* capítulos: aspectos de diseño en la composición de la obra, proporción y sistemas de proporción, donde se especifican estos conceptos.

⁸ Cuestiones matemáticas explican el por qué los organismos naturales tienen también la tendencia a valerse de estas formas geométricas dentro de sus leyes de crecimiento debido al hecho de que los organismos tienen ciertas necesidades biológicas. Ellos requieren claridad y simplicidad para su orientación, balance, unidad y estabilidad para su tranquilidad y funcionamiento, mientras que se sirven de la variedad y la tensión para su estimulación.

forma determinada no necesita explicarse por la supuesta belleza de la forma en sí, sino que, como una sublimación del efecto reiterativo que mencionamos en el párrafo anterior, puede deberse al simple hecho de que existen ciertos grupos de formas susceptibles de ser usados más fácilmente que otros, para construir un modelo en el cual el orden y la economía de la forma sean notorios.

Debemos recordar que: *“Existen dos causas de belleza, la natural y la de costumbre. La natural proviene de la geometría y consiste en uniformidad (esto es igualdad) y proporción”*⁹.

⁹ Wren, *cit. pos.*, Scholfield, *op. cit.*, p. 91

2.1.6. *Aspectos naturales: del estímulo de las formas
sobre nuestros sentidos*

Otra manera de explicar el efecto placentero que tienen las proporciones dentro de una obra es la de suponer que algunas formas son en sí mismas más agradables a la vista que otras. Aquí, la geometría y la proporción son el simple resultado de la aplicación de dichas formas con mayor frecuencia que otras. Entonces, el secreto de la geometría y de la proporción no radica en las formas en sí, sino en las relaciones entre ellas.

Así, ciertas relaciones formales son más agradables a la vista que otras y no únicamente por su asociación o por su idoneidad para determinado propósito, sino en sí mismas.

Por lo anterior, cuando utilizamos la matemática para analizar las proporciones presentes en una obra lo único que hacemos en realidad es responder a un estímulo natural. Es decir, usamos nuestras

percepciones razonadas con ayuda de nuestra sensibilidad como consecuencia directa del proceso natural de crecimiento, porque resulta más sencillo considerar que tales propiedades son inherentes a las formas de percepción mismas.

2.1.7. *Aspectos estructurales y funcionales: de la estructura de la obra y la función que juega cada parte de ella para obtener un objetivo*

Ante el misterio que representa la elección de unos parámetros por encima de otros, tanto artistas como investigadores se han esforzado por estudiar el arte de la geometría y el de la proporción, insistiendo en el aspecto de selección de estándares relacionado con las funciones del objeto y de cada una de las partes dentro de la obra final.

“La proporción y la adecuación, en cuanto proceden de una mera consideración de la obra misma, producen aprobación y aquiescencia del entendimiento (...). En belleza, como ya se ha dicho, el efecto es previo a todo conocimiento de su utilidad, pero para juzgar la proporción tenemos que saber para qué fin ha sido diseñada la obra”¹⁰

“En efecto, ¿no hemos aprendido de esta discusión que, pues no hay belleza sin proporción, las proporciones deben de ser consideradas justas y verdaderas solamente en la medida en que tengan relación con determinado

¹⁰ Burke, *cit. pos.*, Scholfield, *op. cit.*, p. 93

uso o fin y que sus aptitudes y su subordinación a este fin es lo que hace que agraden y encanten?" ¹¹

Se dice entonces que los problemas de la proporción pueden reducirse a un problema de mecánica estructural, es decir, el factor estructural y de estabilidad de una obra determinan las proporciones de ésta. En este sentido, nuestra apreciación de las proporciones se verá frenada por cualquier defecto aparentemente presente en el resultado final, así como por el hecho de que una parte de éste (o todo en su conjunto) sea claramente inadecuada para cumplir el objetivo final.

Estos factores de estructura reducen la teoría de la proporción a una teoría de la adecuación, como resolver cuál es la forma más adecuada para obtener un resultado final. Pero la experiencia artística ha mostrado que aún si todos los requisitos de adecuación se cumplen, queda todavía un amplio margen de formas geométricas y de proporciones que nos son agradables y otras que no lo son.

¹¹ Berkeley, *cit. pos.*, Scholfield, *op. cit.*, p 92

2.1.8. *Aspectos geométricos y proporcionales en relación con la belleza y el arte*

Hemos visto cómo dentro de la ideología árabe la materia sólo puede generar formas bellas por medio de la composición armónica y equilibrada que abarque a sus elementos constitutivos, sus formas, sus colores, etcétera, aunque estas aisladas quizá carezcan de belleza.

Dentro de la sociedad árabe, la necesidad de llegar a cánones de proporcionalidad ha quedado clara a lo largo del capítulo anterior. En este caso, los sistemas son derivados de construcciones con regla y compás, y en él encontramos tres sistemas básicos de proporción que se analizarán con mayor detalle más adelante: el sistema de $\sqrt{2}$, el de $\sqrt{3}$ y el de ϕ (phi). Encontramos además los sistemas basados en cantidades simples conmensurables, como aquellos del triángulo egipcio 3-4-5, y quizá el de la escala musical.

La mayoría de los cánones establecidos para la creación artística han tenido un éxito en gran medida basada en cánones geométricos y de proporcionalidad, y el placer que éstos provocan en nuestros sentidos. Esto, debido al hecho de que a lo largo del tiempo se ha considerado como una forma bella *“aquella cuyos órganos son perfectos, sus partes armónicas y es agradable para el alma”*. Así, la belleza *“es el resultado de la forma y la correspondencia que existe entre el todo y cada una de sus partes”*.

Por lo anterior, queda claro que el sentido de proporción ha estado íntimamente relacionado por el ser humano al de la belleza, por lo cual la historia de la proporción en el arte está íntimamente ligada con la búsqueda de la belleza.

2.1.9. *Aspectos matemáticos generales*

Para tener una mayor objetividad, la matemática y la geometría han sido los medios escogidos para analizar y expresar la estructura de las proporciones y los patrones que conforman una obra. El análisis matemático ha sido también considerado a lo largo del tiempo como el mejor método para agudizar y refinar nuestra sensibilidad.

Se le ha dado mayor confianza a los juicios geométrico matemáticos, debido a que los números, figuras y análisis obtenidos mediante las mediciones pueden ser tratados de una manera independiente, con relaciones matemáticas que llegan a dejar de lado otro tipo de vínculos, lo que ha dado a los valores y figuras obtenidos el grado de objetivos.

Pero las mediciones de proporciones también deben ser manejadas con cuidado cuando son usadas para realizar estructuras geométricas y espaciales del todo y cada una de sus partes dentro de la obra, ya que las mediciones introducen números dentro de las relaciones

espaciales, y los números pueden ser manipulados de manera abstracta fuera de cualquier otra referencia con el objeto al cual están siendo aplicados, y su contexto.

Entonces, la dependencia exagerada de la matemática y la geometría conduce a una esterilidad mecánica en la obra. Los factores matemáticos deben ser complementarios y sirven como instrumentos que nos permiten profundizar nuestra comprensión y agudizar nuestra sensibilidad.

Por lo tanto, no debemos olvidar que las estructuras matemáticas no son capaces de orientarnos en el sentido de si están bien elegidas, si son adecuadas para su fin dentro de la obra o si son capaces de fundamentar un trabajo bello.

Ya que no es el objetivo del presente trabajo determinar cuándo una obra puede ser considerada bella y cuándo no, no se ahonda en detalles sobre los factores de influencia que ya vimos. Sin embargo, era importante referirnos a cada uno de ellos ya que se encuentran entremezcladas cuestiones personales y culturales que influenciaron las formas desarrolladas por los artistas islámicos y los llevaron a desarrollar el arte plástico en un sentido más geométrico.

Con todos los puntos anteriores, se concluye que al estudiar el arte caligráfico y de los mosaicos para el caso específico de la sociedad

musulmana, se debe realizar un análisis más allá del matemático. Por ello, las cuestiones socioculturales, geográficas y temporales que se han tratado dentro de lo que se refiere a la historia y la cosmovisión islámica son relevantes para el presente trabajo. El análisis matemático de las formas, el cual se verá en la parte de arte y caligrafía, no debe darse de manera aislada.

2.2. *Aspectos del diseño en la composición de la obra*

Se plantearán ahora las características artísticas que están en relación directa con la estructura geométrica dentro de una obra. Estas características se encuentran presentes en las creaciones islámicas. Saltan a la vista en el análisis geométrico posterior de los diseños islámicos.

En las creaciones artísticas, ligados a la geometría y a los sistemas de proporciones, encontramos tres cánones que debe seguir un buen¹² diseño: la repetición, la armonía y la variedad.

¹² Entiéndase por buen diseño dentro de los parámetros actuales: *supra* aspectos culturales del diseño, donde se vieron las cuestiones que intervienen en el hecho de considerar una creación artística como buena.

La geometría y la proporción utilizadas están en íntima relación con estos tres factores, denominados cánones de proporcionalidad, aunque no corresponden exactamente a ninguno de ellos.

2.2.1. *Estructura*

La estructura es aquella distribución y orden con que esta compuesta una obra. En gran medida, como ya vimos, las estructuras utilizadas en una obra artística tienden mucho a la imitación de la naturaleza, ya sea por cuestiones naturales, artificiales o de azar. Se podría objetar que en la naturaleza no todas las cosas tienen estructura. Sin embargo, se ha analizado que incluso las composiciones causales y caóticas tienen estructura interna bien definida, aunque ésta no resulte evidente. Hemos descubierto con el tiempo que muchas de las cosas que considerábamos sin un orden establecido en realidad tienen estructuras rigurosísimas.

Si consideramos que las estructuras se forman con base en un equilibrio de fuerzas y puesto que en la naturaleza todo es equilibrio de fuerzas, entonces todo está estructurado. Podemos poner el ejemplo de un gran montón de nieve, a simple vista resulta informe, sin embargo, el microscopio nos muestra variados y bellos cristales hexagonales.



Copos de nieve. Nótese su estructura hexagonal bien determinada

Diversos estudios han demostrado que las estructuras de la naturaleza se han creado con base en la funcionalidad. Es decir, las formas de los objetos naturales son las formas óptimas para que estos cumplan su cometido. Un ejemplo de ello puede observarse en un panal de abejas, las celdillas hexagonales que se forman son las que garantizan mayor capacidad optimizando el espacio.



Panal de abejas, estructura hexagonal

Nautilus, estructura espiral



Amonita, estructura espiral

La funcionalidad para la cual fueron creadas las estructuras de la naturaleza les da también la característica de cumplir con leyes matemáticas determinadas¹³.

Las formas de las creaciones humanas comparten el mismo objetivo que las que son producto de la naturaleza: ser óptimas. Óptimas para los fines para los que fueron creadas, sean estos fines de tipo funcional o puramente estético. En el caso específico del arte islámico, se escogen además las figuras geométricas óptimas¹⁴ dentro de la estructura del diseño. Se imitan entonces los sistemas constructivos y no las formas acabadas sin comprender la estructura que las determina.

¹³ Existe una gran variedad de ejemplos de estructuras naturales que se adaptan a un cierto modelo matemático, como los espirales de caracoles o cuernos de animales, las celdillas hexagonales de un panal o las formas fractales de plantas.

¹⁴ Las figuras geométricas óptimas son las formas más sencillas, los polígonos regulares que surgen de la circunferencia. De estos, fueron utilizados por los artistas islámicos únicamente los triángulos, los cuadrados, los pentágonos y aquellos cuyo número de lados es múltiplo de los anteriores.

Hay cantidad de ejemplos que muestran como este punto no es determinante para la obra en sí, en el caso del arte geométrico que estamos estudiando sí es concluyente, puesto que existen razones matemáticas que hacen que se generen, a partir de los módulos utilizados, ciertas estructuras por repetición y no otras¹⁵.

Ahora bien, la estructura, variedad y armonía o ritmo de una obra se encuentran en estrecha relación con la repetición de las partes.

¹⁵ Por ejemplo, está matemáticamente demostrado que existen exclusivamente siete grupos de transformaciones lineales que se le pueden aplicar a una figura dentro del plano.

2.2.2. *Repetición y modulación*

La utilización reiterada de las partes dentro de un diseño es denominada repetición y es un método simple que crea ritmo dentro de la obra.

La repetición no debe darse necesariamente en grandes cantidades, ni es exclusiva de las figuras que forman una pieza. Las patas de una silla o la utilización de un mismo color, por ejemplo, son dos tipos de repetición. Existe repetición de espacios, de posiciones, de dirección, de tamaños, de texturas, de colores, etc.

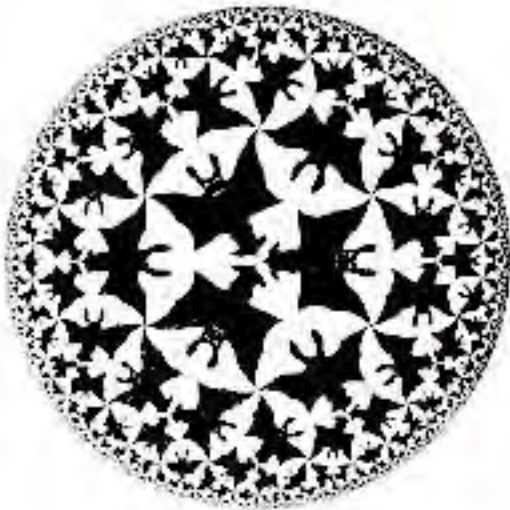


Mosaico, Mariel Trill Guillot
Ejemplo de repetición de formas, colores y direcciones.

El tipo de repetición que trataremos es la repetición de figuras. La figura es el elemento más importante en una creación. Es a partir de ella que se van a determinar las proporciones de una obra en la mayoría de los casos. Por lo menos así sucede en el caso del arte geométrico como son los mosaicos y las caligrafías árabes, que son nuestros puntos de interés.

Las figuras que se repiten pueden tener diferentes medidas, colores e incluso proporciones sin que esto altere la sensación de estabilidad en la obra.

En un diseño compuesto por una cantidad de formas, las idénticas o similares entre sí, y que aparecen más de una vez en el diseño, son denominadas formas unitarias o módulos. Un diseño puede contener más de un módulo o más de un conjunto de módulos.



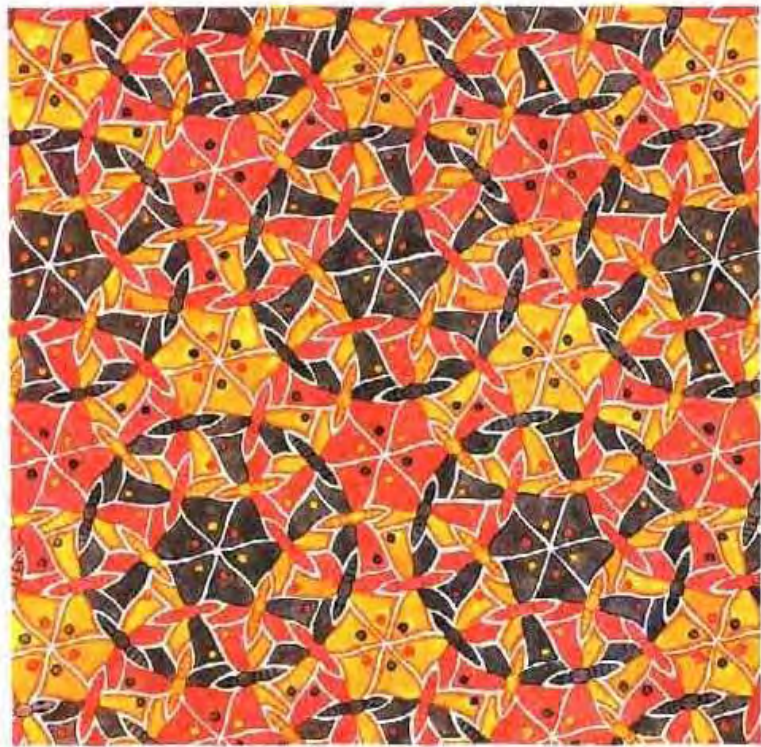
Escher, repetición de un módulo



Corán, puede apreciarse la repetición de varios módulos

La modulación no existe únicamente en las artes visuales, incluso la música, la poesía y la danza deben estar estrictamente moduladas en tiempos, sin que esta modulación limite su expresión.

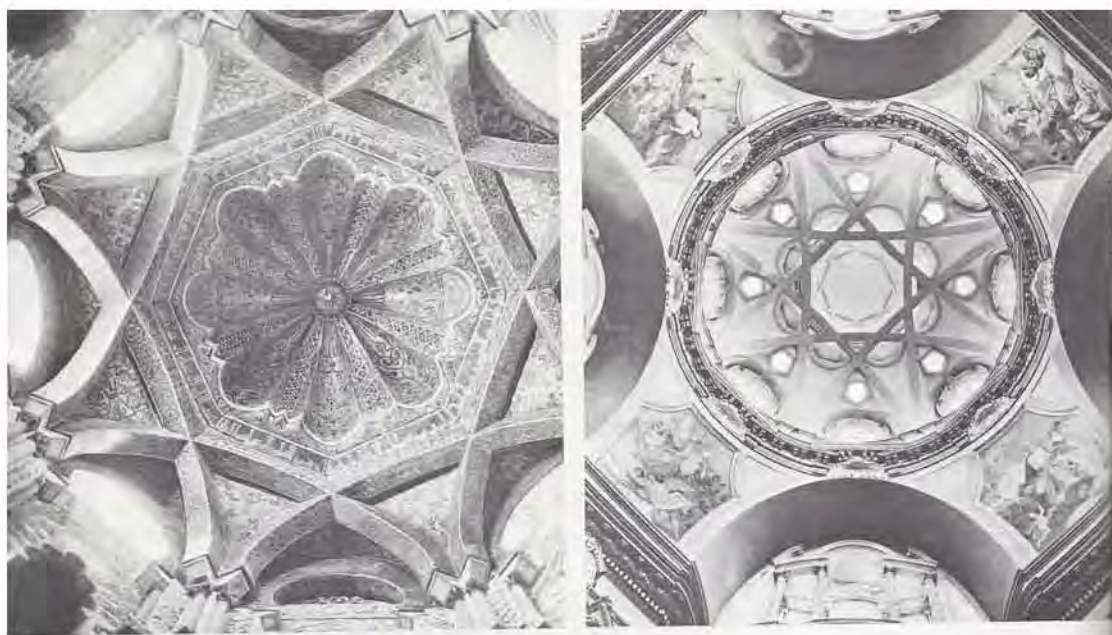
Un módulo puede estar a su vez compuesto por elementos más pequeños utilizados en repetición. Estos elementos más pequeños son denominados submódulos. Si los módulos se agrupan en un diseño de tal manera que en su conjunto crean una forma mayor que luego es utilizada en repetición, denominamos supermódulo a dicha forma mayor y nueva.



Escher
Módulos, submódulos y
supermódulos



Mezquita de Bibi-Janym, Samarcanda Observación de módulos.



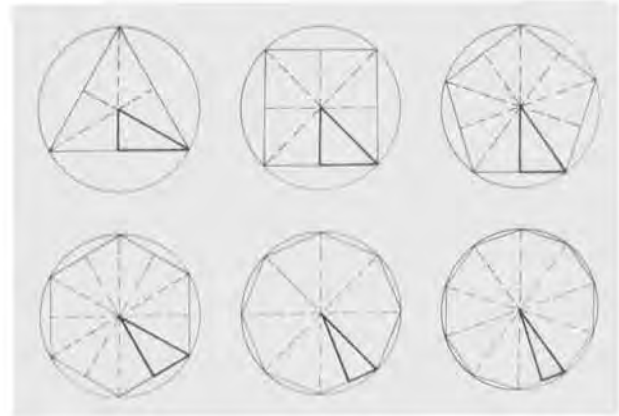
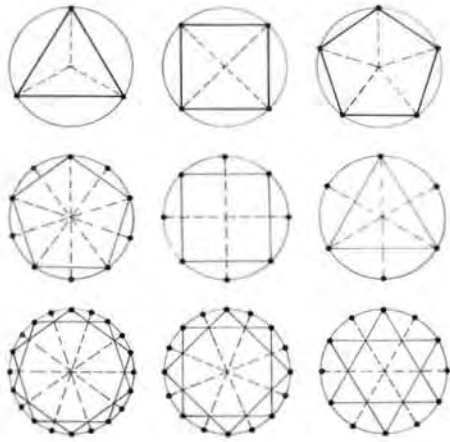
Cúpulas, Mezquita de Córdoba. Utilización de módulos

Podemos hablar también de la modulación del espacio, que es la división espacial de una manera determinada y repetida. En una superficie modulada se tiene al módulo como apoyo, el cual obliga a tomar en consideración la superficie entera y ofrece relaciones precisas entre los elementos que ha de disponer, alcanzando así una mejor estructura de la obra. A la modulación espacial recurren los artistas islámicos en sus diseños, ya que toman en cuenta el espacio como un todo, obteniendo relaciones precisas entre los elementos que conforman la obra. En los diseños islámicos, las relaciones geométricas entre las partes de la obra se reflejan como sistemas proporcionales.

Aunque ya vimos que están muy relacionados, el uso del módulo en sí no tiene una significación estética. Puede utilizarse simplemente para describir el tamaño comparado de un objeto y de sus partes sin necesidad de fijar medidas exactas.

Dentro de las creaciones musulmanas, los módulos utilizados dan a las obras proporciones determinadas las cuales varían al cambiar el módulo. En las creaciones del arte islámico podemos hablar de la circunferencia como un módulo abstracto básico. Abstracto en el sentido de que la circunferencia no aparece en la obra final, pero el artista obtiene sus modelos gracias a la repetición de ésta y los polígonos se trazan circunscritos e inscritos a la circunferencia, como veremos en el análisis. A través de la circunferencia se llega a los polígonos regulares, dentro de estos los artistas árabes se van a servir de algunos (triángulo, cuadrado, pentágono, hexágono, heptágono, octágono, nonacágono, decágono y dodecágono), que también van a repetir como trazos

auxiliares para la obra pero que no aparecerán necesariamente en el trabajo final.



Trazos de polígonos regulares

2.2.3. *Variedad*

La variedad es una diversidad entre las formas que aparecen en una obra.

La presencia de módulos tiende a unificar el diseño. Los módulos deben ser simples pues si son demasiado complicados tienden a destacarse como formas individuales, lo cual anula el efecto de unidad. En cualquier caso, en una creación artística la repetición de módulos aporta una inmediata sensación de armonía. Sin embargo, la repetición de todos los elementos resulta monótona, mientras que la repetición de uno sólo puede no provocar esa sensación de orden y armonía.

Cuando los módulos son utilizados en gran tamaño y pequeñas cantidades el diseño resulta simple y audaz, mientras que si son pequeños y se utilizan en grandes cantidades el diseño marca una uniformidad.

Podríamos pensar que en el arte islámico existe una gran uniformidad sobre las formas utilizadas. Esto sucede si nos fijamos en cada parte del diseño por separado, sin embargo, los artistas árabes

utilizan una gran variedad de formas que le dan una agilidad característica a cada diseño cuando es percibido en su totalidad.

Así pues, dentro de los diseños artísticos islámicos que nos ocupan, podemos encontrar una gran variedad de formas que a su vez son generadas con base en las figuras geométricas sencillas que ofrecen los polígonos regulares, los cuales a su vez surgen de la circunferencia, como ya se mencionó.

2.2.4. *Armonía, ritmo y proporción*

Dentro del arte los conceptos de proporción, armonía y ritmo se encuentran tan íntimamente mezclados que es difícil delimitarlos. Por ello, pese a que tienen una larga historia, dentro de la aplicación artística y la historia del arte, que los vuelve conceptos familiares, resultan difíciles de definir dentro de las artes.

Se denomina armonía a la conveniente proporción y correspondencia de unas cosas con otras. En tanto que ritmo es la grata y armoniosa combinación de las partes de una obra; y la proporción es la disposición, conformidad o correspondencia debida de las partes de una cosa con el todo o entre cosas relacionadas entre sí.

En general, se define la proporción como una “relación en magnitud, cantidad o grado, de uno con otro”, como una “razón”¹⁶, mientras que al ritmo como un “movimiento marcado por una recurrencia, periodicidad”¹⁷.

¹⁶ Robert Gillam Scott, Fundamentos del diseño, p. 52

¹⁷ *ibidem*

A pesar de dicha dificultad, es importante tener una idea clara de la utilización de dichos conceptos dentro del ámbito artístico (y a los artistas les queda claro). La razón implica comparación entre las formas y los patrones similares que constituyen una obra artística, mientras que el ritmo es la recurrencia que de las mismas se tienen dentro de la obra, y la armonía es la utilización de las formas de manera que den lugar a un resultado agradable.

Dentro de una creación artística es necesario que la repetición de proporciones sea incorporada por medio de la ayuda de un sistema¹⁸. También los módulos de la misma medida deben ser repetidos para formar el todo, ésto a menudo se logra a través de patrones simétricos.

En muchos de los casos los patrones utilizados dentro de la creación artística incluyen orden y simetría, dichos patrones se repiten de una forma organizada que les da la armonía, el ritmo y la proporción deseada por el artista para agradar al espectador. Por esto, la historia de la simetría estuvo largo tiempo asociada a la de proporción:

“la simetría reside en la correlación y afinidad entre cada uno de los elementos de un plano con relación al todo... la relación entre cada parte y el todo”¹⁹

Las obras árabes son un gran ejemplo de esta utilización de simetría, claro que no podemos definir con certeza si en realidad la simetría lleva a la proporción o la proporción a la simetría.

¹⁸ Después de la definición de proporción se verá con más detalle lo que es un sistema de proporción.

¹⁹ Vitruvio, *cit. pos.* Matila Ghyka, *A practical handbook of geometrical composition and desing*, p. X

El número, patrón y módulo que sirven de base tienen una forma y tamaño que difieren de acuerdo a la obra. Sin embargo, cada uno de estos módulos con los cuáles se constituye un diseño (sea una pintura, una escultura, una construcción arquitectónica, e incluso para una pieza musical, una coreografía o un poema) son escogidos por el artista de manera tal que las diversas unidades que forman la obra se complementen dentro del diseño total. Cada una de las partes debe lograr la armonía en su individualidad y un todo armónico en la unión con las demás partes. Así lo muestran los diseños islámicos.

Dentro de la obra, las proporciones están establecidas de tal manera que todo aquello que sea agregado, quitado o cambiado altere la armonía del trabajo final. Además, todo sistema de proporciones debe ser lo suficientemente flexible como para expresar la creatividad individual de cada artista que incorpore esas leyes dentro de su creación. Eso es el reflejo del deseo humano por conectar sus sentimientos personales con patrones establecidos que garanticen la belleza de una creación artística.

La proporción está íntimamente ligada con las características geométricas de la obra y el caso del arte islámico es un ejemplo de ello como se verá más adelante. Pese a que la proporción puede parecer solo una noción aritmética, es caracterizada de manera geométrica. Por lo anterior, la proporción se estudia aquí como un concepto geométrico.

Dadas las características geométricas del arte islámico, en el caso que nos ocupa, llegaremos a la geometría a partir de los sistemas proporcionales presentes en los diseños. Se ha escogido este camino por el hecho de que los sistemas de proporción engloban con mayor facilidad

a todas aquellas figuras geométricas con las que se encuentran en íntima relación.

Podría realizarse el análisis contrario, es decir, estudiar las formas geométricas a partir de las cuales se han desarrollado las proporciones de las obras islámicas. De hecho, este camino podría resultar más natural por ser el arte islámico de los mosaicos y la caligrafía un arte geométrico. Sin embargo, por la cantidad de figuras que trabaja resultaría más largo, además, es fácil realizar dicho análisis a través de este estudio, por ello no se detalla.

Por otra parte, la base práctica del arte islámico que nos ocupa es la geometría; esta geometría no se limita en el arte islámico a funciones cuantitativas, sino que posee un aspecto cualitativo que se manifiesta particularmente en las leyes de la proporción gracias a las cuales las obras adquieren ese sentido de unidad que trata de expresar el artista musulmán para manifestar su relación con Dios.

Las leyes de la proporción, en el arte islámico, se basan en la división del círculo²⁰ mediante las figuras geométricas regulares, en particular el triángulo, el cuadrado y el pentágono, de las cuales emanan la mayoría de las demás figuras, como son octágonos, hexágonos, decágonos, etc. Así, todas las medidas de una creación artística se integran en último, o en primer, término en el círculo *“que es el símbolo más evidente de la Unidad del Ser, el cual contiene todas las posibilidades ontológicas en sí mismo”*²¹.

²⁰ Y no únicamente en el arte gráfico que nos ocupa. Como hemos mencionado, incluso en las danzas y la música islámica puede observarse la alusión a la circularidad como muestra de unidad divina.

²¹ Burckhardt, Espejo..., p. 90

Aunque el resultado más natural parece ser que las proporciones surgen de las figuras geométricas utilizadas (tanto por tratarse de un arte geométrico como por cuestiones culturales relacionadas con los conocimientos que los árabes heredaron de los pueblos que conquistaron), cabe mencionar que determinar si la proporción es origen o resultado de las figuras geométricas de los diseños es una tarea importante por las implicaciones que envuelve, pero dado que es necesario un estudio más profundo, no es propósito de este trabajo probar si los artistas islámicos se basaron en una o en la otra.

2.3. Breve historia de la proporción como concepto geométrico

Hemos determinado que la geometría de los diseños islámicos va a ser desarrollada a partir de los sistemas de proporción asociados a las figuras geométricas utilizadas. Por ello, hagamos un pequeño paréntesis para hablar a grandes rasgos del concepto de proporción en la historia y algunas de sus consideraciones geométricas, relacionadas todas ellas con lo tratado anteriormente sobre las facetas del diseño en la composición de la obra.

La noción de proporción es una de las más elementales, más importantes y más difíciles de obtener con precisión. Ésta, además, ha estado relacionada a través de la historia, con las creaciones artísticas humanas y sus características geométricas.

Para los griegos, la proporción era una idea compleja ligada al concepto de simetría. La concepción estética de ambas ha tenido gran influencia en el pensamiento del ser humano.

Desde los griegos²² al menos, el concepto de proporción ideal de base “numérica”²³ ha estado grandemente extendido y ha sobrevivido a través del tiempo en cuestiones artísticas. En épocas posteriores también podemos encontrar esta concepción numérica de la proporción. San Agustín, por ejemplo, señala: “sólo la belleza agrada; y dentro de la belleza las figuras; en las figuras, las proporciones; y en las proporciones, los números”²⁴.

Para los arquitectos griegos y romanos, así como para los creadores de los edificios góticos y para los arquitectos y pintores renacentistas²⁵, la simetría envuelve un concepto más amplio que el de la disposición igual de algo con respecto a un eje o plano: la proporción, y con ella, el número como gobernador de la obra.

Por ejemplo, se adjudica a Polícleto (s. V a. C.) la afirmación de que “el empleo de una gran cantidad de números casi engendraría exactitud en las esculturas”²⁶, mientras que Aristóteles define, en la *Ética a Nicómaco*,

²² Cfr. Puertas Vilchez, *op. cit.*, en los griegos encontramos ejemplos en los pitagóricos, en Platón (Filebo 64E, Sofista 228A), en Aristóteles (Poética 1450b38) y los estoicos.

²³ No se entienda número en el sentido aritmético actual, sino en uno geométrico más amplio. Para una mejor comprensión de esto remitirse a Los Elementos, libros VII a IX

²⁴ San Agustín, *De Ordine* II 15, 42, *de Musica* VI 12, 38 y *de Natura Boni* 3, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 194

²⁵ Sólo algunos ejemplos notables, de entre tantos que podrían mencionarse, los tenemos en escultores y arquitectos como Polícleto (autor de un libro sobre proporciones en el cual establece un canon proporcional), Vitruvio o Palladio, así como en artistas como Leonardo, Durero (quien establece un canon de proporciones para la figura humana)

²⁶ Hermann Weyl, *Symmetry*, p. 1

a la armonía²⁷ como “la media hacia la que deben tender en sus acciones los virtuosos”²⁸, y Galeno, “en su obra ‘De Temperamentis’ describe (la armonía) como el estado de la mente que se haya equidistante de los extremos”²⁹.

Según una definición de Vitruvio:

“la simetría reside en la correlación y afinidad entre cada uno de los elementos de un plano con relación al todo (...) la relación entre cada parte y el todo (...) Esta simetría es regulada por el módulo, medida estándar común, la cual los griegos llamaban número (...) Cuando cada una de las partes importantes de una construcción forman un conjunto que se encuentre en correcta proporción y conveniente correlación y correspondencia entre la altura y el ancho, entre el ancho y el largo, y cuando cada una de las partes tiene igualmente su lugar dentro de la simetría total de la construcción, obtenemos euritmia”³⁰.

“La simetría resulta de la proporción... La proporción es el carácter conmensurable de las varias partes constituyentes con el todo”³¹

De hecho, aún en la actualidad la simetría sigue teniendo una connotación proporcional:

²⁷ Entiéndase armonía como sinónimo de proporción no sólo musical.

²⁸ Aristóteles, *cit. pos.* Weyl, *op. cit.*, p. 1

²⁹ Weyl, *op. cit.*, p. 2

³⁰ Vitruvio, *cit. pos.* Ghyka, *A practical handbook...*, p. X

³¹ Vitrubio, *cit. pos.* Weyl, *op. cit.*, p. 1

“Si no me equivoco, la palabra simetría se usa en nuestro lenguaje cotidiano en un doble sentido. En su primera acepción significa bien proporcionado, con equilibrio de formas, y la simetría se refiere a esta especie de concordancia de las partes que componen un todo. La belleza está vinculada con la simetría. (...) La idea no se restringe a objetos espaciales; el sinónimo armonía, apunta más hacia aplicaciones musicales y acústicas que geométricas. (...) La idea de equilibrio se enlaza de manera natural con el segundo significado que tiene el término simetría hoy en día: la *simetría bilateral*”³²

Vista la simetría como esta correspondencia de las partes entre sí y con el todo, se hace evidente la correlación entre las proporciones, el número, la geometría y la modulación de la obra. Entonces, la obra de arte más perfecta es el resultado de la buena aplicación de ritmo, de la proporción, del número y la geometría dentro de ella.

Platón concebía el gran principio ordenador ideal, así como el gran ordenador dentro del arte, como el ordenamiento armonioso del Cosmos conforme a lo preestablecido, a lo eterno, a lo paradigmático, a lo arquetípico, y según el modelo original y primario en el arte, o cualquier otra cosa, e ideológico³³.

Así, Platón, y más tarde los neo platónicos, considera que el artista debe siempre crear su arte de acuerdo con un sistema preestablecido de proporciones, “como una ‘composición sinfónica’, donde las reglas de una simetría dinámica que corresponde en el espacio, a la eurítmia

³² Weyl, *op. cit.*, pp. 1-2

³³ Cfr. González Urbaneja, *op. cit.*

o buena disposición y adecuación de las diversas partes de una obra de arte en tiempo"³⁴.

Esta forma de analogía, afinidad y semejanza proporcional, será heredada por los pitagóricos y, más tarde, llegará a ser el motor del arte islámico. Un ejemplo claro de esto en el pensamiento pitagórico lo podemos apreciar en su concepción de armonía musical. Aquí, los intervalos entre las notas serán medidos por medio de la longitud de las cuerdas de un instrumento, en el caso griego por ejemplo, la lira, no por la frecuencia o el tono, como sucede actualmente. Sin embargo, el resultado es siempre el mismo, la longitud y el número de vibraciones son inversamente proporcionales. Así, las cuerdas producen combinaciones de razones que se pueden analizar por comparaciones, esto es, tenemos un sistema de proporciones.

Pitágoras fue quizá el primero en analizar esta correspondencia entre los sonidos consonantes o armónicos y los números, dando lugar a una teoría matemática de la música. Pitágoras obtuvo básicamente dos resultados: que el sonido producido por la pulsación de una cuerda depende de la longitud de ésta, y que los sonidos armónicos se originan por cuerdas igualmente tensas cuyas longitudes se ordenan de acuerdo con ciertas razones entre números enteros.

Aquí, el tono, la cuarta, la quinta y la octava (notas que originan una sensación agradable a nuestro oído) tienen longitudes proporcionales a 12, 9, 8 y 6. Dado que las razones entre los números 12, 9, 8 y 6 son iguales a las que hay entre 1, $3/4$, $2/3$ y $1/2$, , las más

³⁴ Platón, *cit. pos.* Ghyka, *A practical handbook...*, p. IX

sencillas que se pueden formar con los números del denominado tetractys 1, 2, 3 y 4, Pitágoras consideró a éste como fuente y raíz de la naturaleza eterna. Esta consideración pitagórica viene asociada a la de que el cosmos (del griego *kosmos*, orden y belleza) se imponía a la configuración caótica del sonido mediante los cuatro primeros números del tetractys³⁵.



Representación de Pitágoras y su escala musical

Así pues, el número³⁶ gobernaba el tono musical y el tono musical gobernaba el universo. Recordemos la teoría pitagórica de la

³⁵ González Urbaneja, *op. cit.*, p. 133 Él también nos habla de las medias: la armónica, la geométrica y la aritmética

³⁶ Recordemos que el número no es entendido en el sentido abstracto actual. *Supra*, nota 2

música de las esferas, asumida también por Platón, como se muestra en el libro X de La República³⁷. Según ésta, los cuerpos celestes emiten en sus movimientos unos tonos musicales armoniosos cuya combinación produce una maravillosa melodía permanente, justamente la llamada música de las esferas.

Esta consonancia musical que los astros producen en su movimiento conlleva la necesaria armonía del ser humano consigo mismo y con la naturaleza que lo circunda, de acuerdo al orden puro, regular y natural de las cosas. Armonía que, según se vio, se preserva en el pensamiento islámico entre el ser humano y su relación con Dios y el universo por él creado.

El número es pues una especie de armazón inteligible, es decir, de conocimiento puro y de razonamiento de las formas geométricas, así como el revelador que gobierna las consonancias musicales del universo a cualquier escala. Espacio, número y sonido se combinaban en una relación armoniosa, el número era el principio mediante el cual el cosmos divino manifestaba al ser humano su armonía interna. Donde armonía se refiere al principio de unión entre sí de las cosas. Utilizada en su connotación musical, la armonía a escala cósmica reflejaba los movimientos exactos de los astros, fuente de la armonía interna que debía presidir la vida de los hombres. Dado que el número gobierna todo, la armonía matemática era representación de la anterior. En este sentido, para comprender las leyes del universo, era necesario tener clara la armonía matemática.

³⁷ González Urbaneja, *op. cit.*, p. 137

La idea anterior llevó a plantear las cualidades a partir de las cantidades, y a expresar en forma matemática las leyes de la naturaleza. Si en el número está la clave del tono musical, en él residiría también la clave de toda la naturaleza: *“el número es la esencia de las cosas”*³⁸, y además *“Dios utiliza siempre procedimientos geométricos”*³⁹. Cabe mencionar que resulta bastante “curioso” el hecho de que los patrones matemáticos descubiertos dentro de las formas naturales y su crecimiento (simetrías, espirales, organizaciones, etc.) exhiben iguales proporciones que aquella utilizada por excelencia en obras de artistas griegos, góticos, renacentistas e incluso modernos. La más analizada es la llamada proporción o razón áurea, denominada “Divina Proporción” por Luca Paccioli. Ella es una de las proporciones mejor estudiadas por el interés que presenta dentro de muy diversos campos más allá del matemático, como son el artístico, estético, biológico o físico.

En este mismo sentido, la estética de Platón y su concepción de belleza, están emparentadas con la armonía, el ritmo y el correspondiente papel que juega el número dentro de ellas. Un punto de importancia dentro de la filosofía matemática de Platón, auxiliar para su estética, lo tienen los cinco sólidos regulares, conocidos como sólidos platónicos: tetraedro, hexaedro o cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro. Importantes también eran tanto las figuras básicas que forman las caras de estos sólidos (triángulo, cuadrado y pentágono), como su interacción con las proporciones que involucran.

³⁸ Pitágoras, *cit. pos.* González Urbaneja, *op. cit.*, p. 134. De hecho, se dice que en la academia de Pitágoras había un letrero que decía: *“No entre nadie que no sepa geometría”*, *cfr.* Ian Stewart y Martin Golubitsky, *¿Es Dios un geómetra?*, p. 267

³⁹ Atribuída a Platón, *cit. pos.* Golubitsky y Stewart, *op. cit.*, p. 267

En Grecia y en arquitectos como Vitruvio, la proporción geométrica $a/b=c/d$ tiene una similitud: el ordenamiento armonioso y la repetición rítmica. Estas analogías introducen simetría y recurrencia consciente dentro de la composición creativa. Simetría⁴⁰ como un concepto distinto, quizá completamente diferente, al que se aplica actualmente.

“La idea de equilibrio se enlaza de manera natural con el segundo significado que tiene el término simetría hoy en día: la *simetría bilateral*, la simetría de la izquierda con la derecha, tan evidente en la estructura de los animales superiores, especialmente en el cuerpo humano. Ahora bien, esta simetría bilateral es estrictamente geométrica y, en oposición con la vaga idea de simetría antes discutida, es un concepto absolutamente preciso.”⁴¹

Estas consideraciones tuvieron una enorme repercusión en la herencia cultural griega y dejaron el pensamiento de culturas posteriores impregnado de ellas. Boecio, por ejemplo, en su obra de *instituzione musica* dice: “*el sonido de los cuerpos celestes está sujeto a las mismas leyes de la proporción que rigen la música y el cosmos. Y somos felices cuando vivimos conforme a estas leyes, porque amamos la armonía y detestamos la irregularidad*”⁴². Podríamos hacer una lista de autores que plasma este pensamiento dentro de su correspondiente época⁴³.

⁴⁰ Simetría: transformación de inversión geométrica de congruencia, que lleva a cambiar el signo de orientación a partir de un plano, una recta o un punto. Diccionarios Rioduero, Matemática.

Actualmente, en matemáticas se definen como transformaciones simétricas las transformaciones rígidas de reflexión (comúnmente llamada bilateral), translación y rotación, así como las diversas composiciones de las transformaciones anteriores. *Cfr.* Weyl, *op. cit.*

Una transformación rígida es aquella transformación que no altera las distancias entre los puntos del plano.

⁴¹ Weyl, *op. cit.*, p. 2

⁴² González Urbaneja, *op. cit.*, p. 139

⁴³ *Cfr.* González Urbaneja, *op. cit.*, pp. 139-143. Menciona ejemplos como Kepler, Einstein, Shakespeare, Fray Luis de León, Machado, Haydn, Strauss, etc.

La cultura islámica, y de ahí el arte islámico, es un ejemplo de esa herencia cultural griega en la cual ritmo y armonía están ligados con número y geometría a través de las proporciones. El arte islámico está influenciado por ese ordenamiento armonioso y la repetición rítmica de las proporciones.

Podemos encontrar ejemplos de la transmisión de los pensamientos pitagórico y platónico en las artes de la Europa medieval, en las artes de la época renacentista y de épocas posteriores. El estudio y aplicación de las proporciones en la composición artística tiene aquí un papel preponderante y ha sido bien examinado.

Hay tratados sobre la arquitectura de abadías y catedrales, así como tratados acerca de las esculturas y pinturas de grandes artistas, en donde se puede observar que sus obras fueron creadas de acuerdo con las proporciones aritméticas y geométricas vigentes en cada época⁴⁴. León Batista Alberti, estudioso de la perspectiva, por ejemplo, dice que: *“las razones que son agradables a nuestros oídos deben serlo también a nuestros ojos y a nuestra mente”*⁴⁵.

Sin embargo, la influencia de este pensamiento dentro de culturas ajenas a la europea ha sido estudiada vagamente, lo cual lleva a pensar que las formas de expresión no occidentales no presentan la característica de la interrelación con el número. Pero hemos visto ya en capítulos anteriores cómo es que el pensamiento artístico islámico está

⁴⁴ Se han mencionado algunos, como los cánones proporcionales de Policleto, Vitrubio, Durero, Leonardo, entre otros. Autores como Weyl, en su obra citada, abordan el desarrollo de la simetría, relacionada con la evolución de la idea de proporción.

⁴⁵ González Urbaneja, *op. cit.*, p. 140

relacionado con la cosmovisión de este pueblo, quien conoció y estudió perfectamente la concepción platónica-pitagórica del mundo gracias al territorio abarcado por la extensión del imperio árabe.

El arte islámico es pues un ejemplo desperdiciado, ya que cuenta con una gran variedad de patrones geométricos entrelazados con esta concepción, que han sido dejados de lado, y dónde las proporciones que estos generan van más allá de la típica sección dorada, como veremos adelante.

2.4. *Proporción*

El concepto de proporción se basa en el de la razón, y de hecho, no se encuentra una diferencia bien delimitada entre ambos, como se verá más adelante.

Razón es una relación entre dos cosas de la misma clase, de las cuales se conoce una característica, generalmente medible, que es comparada una con la otra.

En otras palabras, una razón es una comparación cuantitativa entre dos cosas que pertenecen a la misma especie. Actualmente, en matemáticas la razón puede reducirse a la expresión $a:c$, o ser representada como la fracción a/b donde a y b son dos números. Así, en el caso particular que nos ocupa, las dos cosas a comparar pueden ser reducidas a dos cantidades, o bien, a dos segmentos de recta.

La razón entre dos segmentos, AB y CD está simbolizada por AB / CD , mientras que entre dos cantidades a, c, será a/c , aunque bien puede esta simbolización referirse al caso en que a y b se tratan de las medidas correspondientes a los segmentos de línea dados, es decir, $AB = a$ y $CD = c$.

Así, la razón a/b guarda tanto la apariencia como las propiedades de una fracción, pudiendo ser expresada por el número que resulta de la división de a entre b. Por ejemplo, la razón $8/5$ es equivalente al número 1.6.

Pero tenemos que esas mismas razones numéricas pueden ser vistas como la representación de segmentos de recta, o viceversa, es decir, un segmento de recta cualquiera puede ser representado por una cantidad numérica que exprese su longitud (figura 1). Esto será el caso que nos ocupa, al extraer las proporciones a estudiar de los mosaicos y las caligrafías musulmanas.

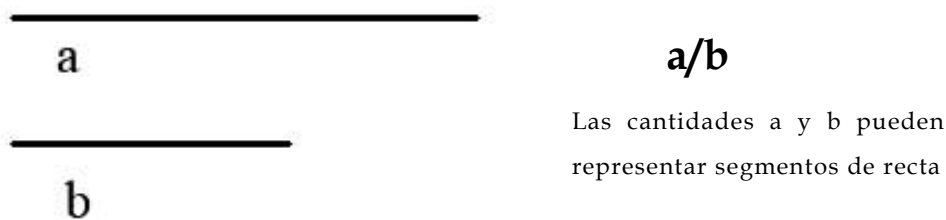


figura 1

La proporcionalidad matemática es la designación de un isomorfismo entre dominios de magnitudes que verifiquen la propiedad de divisibilidad (y en ocasiones de conmensurabilidad, pero no necesariamente)⁴⁶. Esto es, la proporción matemática consiste en la igualdad entre dos o más razones.

Así pues, si tenemos las cantidades a, b, c, d, e, f , etc., la proporción entre ellas será:

$$a/b = c/d = e/f, \text{ etc.}$$

Estas mismas cantidades pueden verse como componentes de una sucesión, la sucesión a, b, c, d, e, f , etc.

Si estas cantidades representan a los segmentos de recta, es decir:

$$a=AA', b=BB', c=CC' \text{ y } d=DD', e=EE', \text{ y } f=FF', \text{ etc.}$$

la comparación correspondiente se referirá a la comparación de los segmentos de recta dados, y la proporción verificada sería:

$$AA'/BB' = CC'/DD' = EE'/FF', \text{ etc.}$$

También puede hablarse de razones y proporciones que se verifican en figuras, ya sea dentro de una misma figura, o bien entre figuras diferentes.

⁴⁶ Diccionarios Rioduero, Matemática, p. 168

Actualmente, en matemáticas, la proporción se trabaja en su mayoría de las formas aquí vistas, aritmética y geométrica. Sin embargo, no debemos olvidar el hecho de que antes de la introducción del cero y el sistema decimal, hecha por los árabes en occidente en el siglo VIII de nuestra era, la matemática operacional basada en números no existía⁴⁷. Antes de esta época cada número estaba simbolizado por una marca o signo, y no se puede hablar de razones a través de divisiones numéricas, sino de particiones de un segmento de recta que quedara establecido como la unidad.

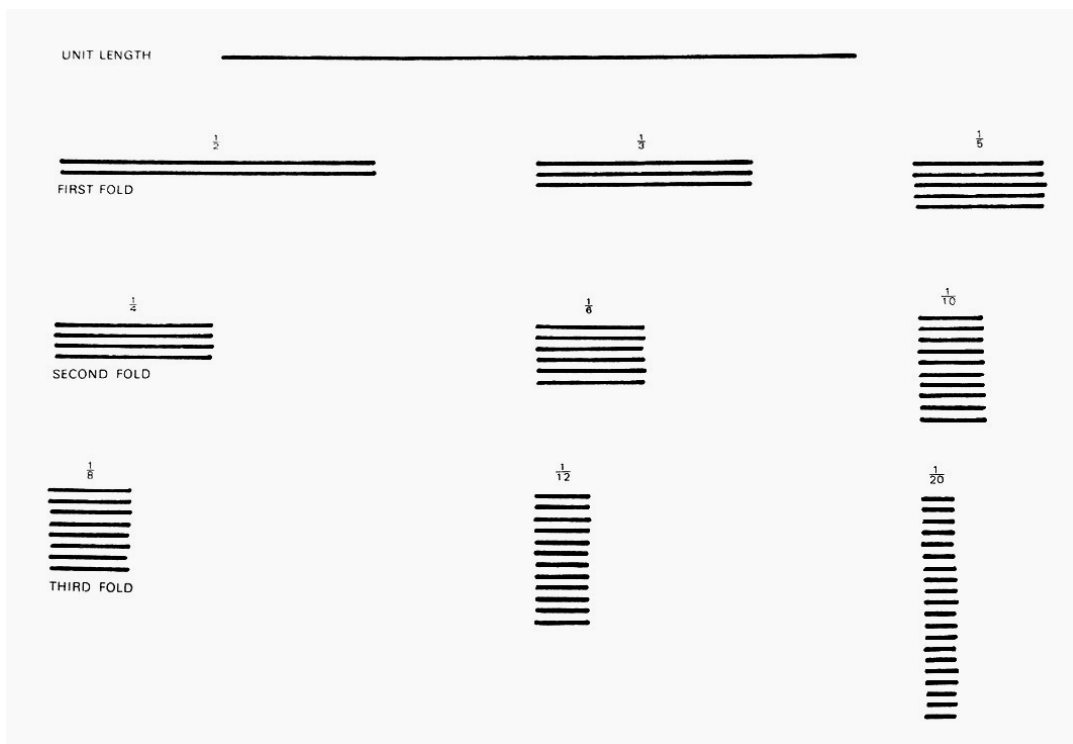


figura 2

En una figura, la razón característica puede ser expresada a través de la comparación sus lados, por ejemplo. Así, en un rectángulo la

⁴⁷ *supra* breve historia de la proporción

razón característica puede ser expresada por la longitud de los lados cortos (a), en relación a los lados más largos (b), es decir, $a:b$. Donde a y b expresan cantidades y $a:b$ puede ser cualquier razón 2:3, 3:5, 5:6, 5:8, etc. Por otro lado, la proporción puede darse comparando distintas figuras, o bien, comparando las partes dentro de una sola figura. En el primer caso puede tenerse a través de la comparación de áreas, o bien, de longitudes de los lados correspondientes en diversas figuras. En el segundo caso, pueden confrontarse entre sí las longitudes de los diversos lados que forman la figura.

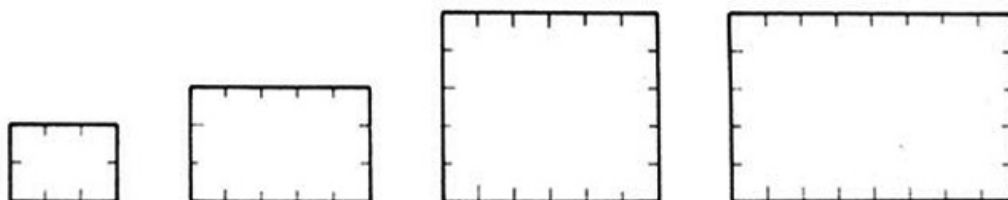


figura 3 Representación de cantidades a través de figuras. Cada lado representa una cantidad y se dan las razones 2:3, 3:5, 5:6 y 5:8 respectivamente, o bien, las razones 3:2, 5:3, 6:5 y 8:5 que geométricamente son las mismas⁴⁸

Se puede entonces hablar de proporciones aritméticas y de proporciones geométricas. Estas últimas pueden ser reducidas a aquellas y, de hecho, todas ellas guardan también la forma y propiedades de una fracción, como en el caso de las razones, pudiendo también ser expresadas por el número que representa dicha fracción.

⁴⁸ *infra*, figura siguiente

Por ejemplo, si se tuvieran los rectángulos definidos de la siguiente manera:

R1, con lado menor $AA' = 2 = a$, y lado mayor $CC' = 3 = c$

R2, con lado menor $BB' = 6 = c$, y lado mayor $DD' = 9 = d$

se verificaría la proporción siguiente en términos de longitudes de recta:

$$AA'/BB' = CC'/DD', \text{ o bien, } AA' \text{ es a } BB' \text{ como } CC' \text{ es a } DD'$$

comparando geoméricamente se tendría que las veces que cabe el segmento AA' en el segmento BB' es igual a las veces que cabe el segmento CC' en el segmento DD' . En este caso ambas son iguales a 3, es decir, AA' cabe 3 veces en BB' , y CC' cabe también 3 veces en DD' .

Si reducimos la longitud de los segmentos a las cantidades numéricas que representan dichas longitudes la proporción adquiere la forma siguiente:

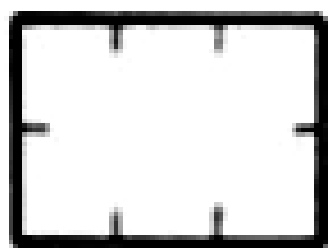
$$a/b = c/d, \text{ o bien, } 2/6 = 3/9$$

Se puede pasar entonces al número que resulta de dichas divisiones, es decir:

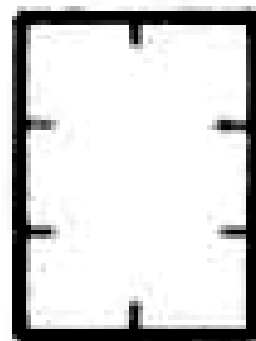
$$2/6 = 3/9 = 1/3 = 0.3333333.....$$

el cual pierde el sentido inicial y de hecho, visto de manera independiente, no nos remitiría a la forma geométrica asociada ni a ninguna proporción generada a través de las figuras correspondientes.

Pongamos un ejemplo de esta unión entre número y geometría. Tomemos los números $2/3$ y $3/2$ que, como tales, son distintos. Si tomamos a 1 como la unidad (también denominada mónada en arte) $3/2$ y $2/3$ son representados como se muestra en la figura 4, lo cual en el modelo se aprecia como la misma representación básica. Es decir, en ambos casos se tiene un grupo de 3 unidades relacionadas con otro grupo de 2 unidades en los cuales resulta que tres grupos de dos unidades, $3:2$, es equivalente a dos grupos de tres unidades, $2:3$ ⁴⁹.



3:2



2:3

figura 4 En realidad, cualquier caso puede hablarse de $3:2$ o de $2:3$, ya sea que se consideren primero los lados horizontales o verticales.

Inversamente, cualquier número y cualquier razón puede ser desarrollada como una proporción en la cual la razón de comparación

⁴⁹ En el ejemplo se tratan cantidades commensurables. Para aquellas cantidades incommensurables el análisis es similar.

está determinada por las cantidades indeterminadas a , b , y de ser necesario, por la unidad. Por ejemplo, si tenemos el número 2.5 puede verse como la fracción $5/2$, pero también como la fracción $2.5/1$ si nos auxiliamos de la unidad⁵⁰. Ambas fracciones determinan una razón, llámese a al 5, b al 2, y constrúyase la proporción $a/b = 5/2$, donde a y b determinan las longitudes de dos segmentos de recta.

Lo que se diría en este caso es que el segmento mayor es al menor igual que 5 es a 2, o bien, por cada cinco unidades de uno de los segmentos se tienen dos unidades del otro. También podría desarrollarse esta razón para formar una proporción con cantidades determinadas como múltiplos de las cantidades dadas. En este caso, $5/2 = 10/4 = 15/6 = 20/16$, etc⁵¹.

El análisis anterior deja de manifiesto unos puntos que deben ser resaltados por las cuestiones que envuelven. Primero, existe un amplio vínculo entre número y geometría. Segundo, no hay una clara distinción entre número, razón y proporción.

De la primera cuestión tenemos que, de esa misma manera, con el uso de las proporciones número y geometría pueden ser ligados dentro de las creaciones artísticas del hombre. Un caso particular de esto lo encontramos dentro del arte islámico que nos ocupa. En éste, los módulos de creación, como los trataremos, son puramente geométricos. Estas formas geométricas que sirven de patrón, y en las cuales se basan las creaciones, evidencian proporciones que pueden ser expresadas por medio de patrones numéricos, como se verá más adelante.

⁵⁰ Esto toma más sentido cuando se trata de números irracionales, pues no pueden ser vistos en forma de fracción racional.

⁵¹ Recuérdese que la proporción puede ser vista como una comparación entre dos o más razones o cantidades.

Para el caso que nos ocupa, las relaciones son de tipo visual. Más específicamente, se refieren a las figuras geométricas que conforman el arte islámico. Por esto, el análisis proporcional que aquí se hace se refiere a las relaciones geométricas entre las figuras⁵², más particularmente a las proporciones lineales, es decir, la proporción de los segmentos de recta que forman las figuras.

Sin embargo, el análisis numérico no minimiza la creación geométrica de los artistas musulmanes. Aquí, la segunda cuestión pone de manifiesto que es importante no olvidar que restringirse al análisis numérico produce infertilidad⁵³ y puede llevarnos a la indeterminación de lo que en realidad estudiamos (el número en sí, la proporción o las características geométricas dentro del arte). Por ello, debe realizarse dicho análisis sin olvidar que es razonable suponer que estas creaciones no surgen de la medición numérica.

Si de hecho los artistas musulmanes desarrollan su trabajo a partir de módulos numéricos que los llevan al desarrollo de las formas geométricas o si más bien los patrones geométricos dan origen a las proporciones no es algo que haya sido determinado ni que englobe el presente trabajo. Tampoco ha sido aún establecido si dichas expresiones numéricas estaban o no ligadas al pensamiento árabe. Éstas son cuestiones que abarcarían otro trabajo.

⁵² Sin embargo, no debe olvidarse que existen otro tipo de cualidades que pueden estar relacionadas, como son el color (también para este tipo de arte), o el sonido (para otro tipo de estructuras como las musicales o poéticas).

⁵³ *Supra*, diseño y cultura

Sin embargo, conociendo la herencia euclidiana de las construcciones con regla y compás y el tratamiento geométrico de números y proporciones que conocieron⁵⁴, se puede suponer que: en realidad los patrones utilizados eran puramente geométricos, que las expresiones numéricas no estaban ligadas al pensamiento musulmán que da origen a las creaciones artísticas de esta sociedad, y que, de hecho, sus creaciones geométricas sí están íntimamente relacionadas con su cosmovisión. Es decir, el número como tal no era manejado, al menos en un principio, pero la proporción geométrica visual de las figuras sí.

Otra razón que hace suponer el hecho de que las proporciones surgen a partir de las figuras geométricas utilizadas, y no al contrario, es la utilización de proporciones inconmensurables.

Como ya se dijo, la aritmética operacional antes de la introducción del sistema decimal, hecha por los árabes, era casi nula. No existía una técnica aritmética heredada a los árabes por los pueblos conquistados hasta el sistema decimal que ellos mismos introdujeron en occidente. Hubo, sin embargo, una tradición geométrica muy fuerte e importante con la cual los árabes se compenetraron a lo largo de sus conquistas: la griega.

Así pues, nótese que las cantidades numéricas que pueden representar un segmento no son siempre exactas o conmensurables, es decir, no representan siempre números racionales, como en el caso de la

⁵⁴ Principalmente a través del estudio de *Los Elementos*.

razón $(1 + \sqrt{5})/2$ que puede referirse a la diagonal de un pentágono en relación con su lado, por ejemplo⁵⁵.

Sin embargo, esto no encarnaba ningún problema, ya que la representación de los números inconmensurables no significó ninguna barrera para el desarrollo de las construcciones de ciertos irracionales con regla y compás, construcciones que, como ya se dijo, se desarrollan en de la matemática griega y se extienden dentro del arte árabe para sus diseños geométricos.

De hecho, dadas sus propiedades⁵⁶, las proporciones basadas en cantidades inconmensurables han sido mayormente utilizadas a lo largo de la historia, y el arte de los mosaicos y la caligrafía islámicas no es la excepción. Este tipo de proporciones se basan en métodos generalmente geométricos. Pero veremos que también se utilizan ordenamientos geométricos que llevan a proporciones conmensurables, mayormente para la realización de sus caligrafías.

Un ejemplo de proporciones inconmensurables puede desarrollarse a través de la serie que forman las diagonales de rectángulos generados a partir de un cuadrado digamos de lado a . Veamos:

En el caso de un cuadrado, los lados a y b son iguales. Así, la razón entre sus lados puede verse como a/b , mientras que la proporción sería $a/b = 1/1$, es decir, la unidad. Si construimos un rectángulo en

⁵⁵ Pese a que esto nos lleva a la cuestión de las cantidades inconmensurables, esta no será tratada en el presente trabajo por no corresponder al tratamiento árabe de las proporciones en sus creaciones artísticas. Cabe sin embargo mencionar que el descubrimiento griego de las cantidades inconmensurables es considerado un gran avance intelectual de la razón más que de la medición.

⁵⁶ Ya que sus series aritméticas tienen grandes propiedades de adición y multiplicación

donde el lado corto (a) sea igual al lado del cuadrado, a, y el lado más largo (b) sea igual a la diagonal del cuadrado, la proporción será $a/b = 1/\sqrt{2}$, lo cual se puede verificar fácilmente a través del Teorema de Pitágoras.

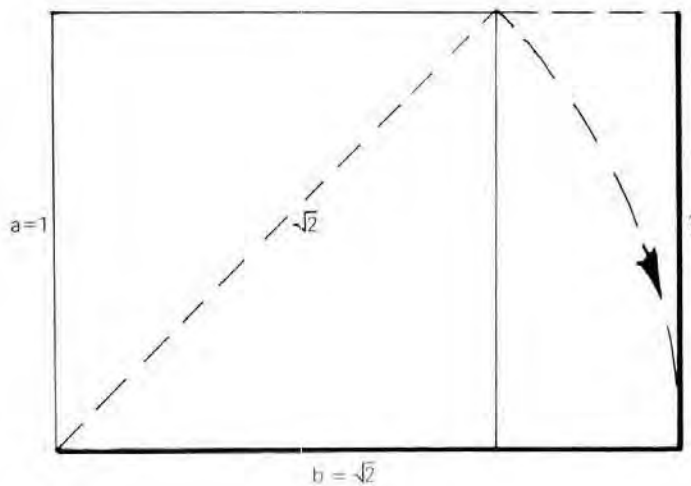


figura 5

A partir de este rectángulo, fórmese ahora una serie de rectángulos cuyos lados menores (a) sigan siendo iguales al lado del cuadrado, mientras que los lados mayores (b) sean iguales a las diagonales correspondientes al rectángulo anterior.

Se puede probar, por el Teorema de Pitágoras, que se obtiene así la siguiente serie de razones:

$$1/1, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{3}, 1/\sqrt{4}, 1/\sqrt{5}, 1/\sqrt{6}, 1/\sqrt{7}, 1/\sqrt{8}, 1/\sqrt{9}, \text{ etc.}$$

las cuales surgen de la razón $a:b$, o bien, a/b , entre los lados de cada rectángulo.

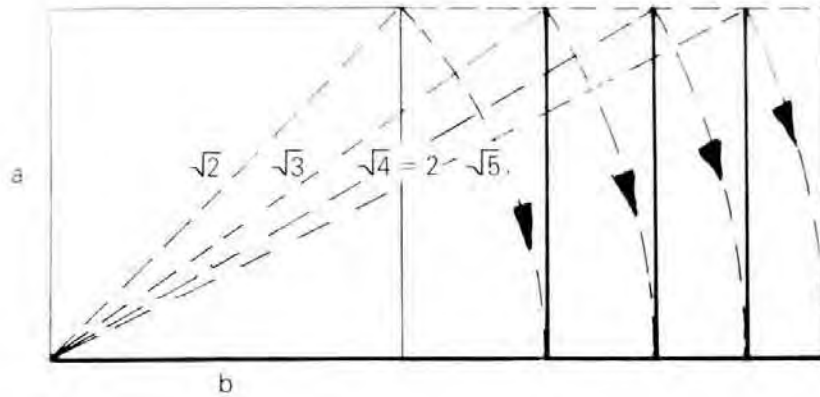


figura 6

Estas razones pueden verse como proporciones. En conjunto podemos tomar la proporción siguiente:

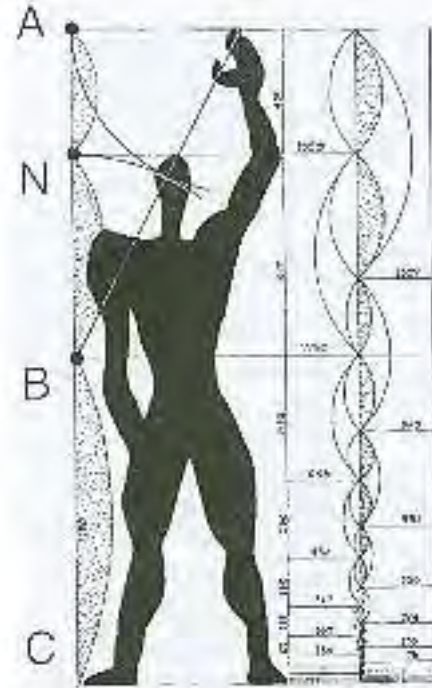
$$a/b = 1/1, a/b = 1/\sqrt{2}, a/b = 1/\sqrt{3}, a/b = 1/\sqrt{4}, a/b = 1/\sqrt{5}, \\ a/b = 1/\sqrt{6}, a/b = 1/\sqrt{7}, \text{ etc.}$$

2.5. *Sistemas de proporción*

Todas las razones que componen una obra artística deben estar relacionadas por medio de un sistema común llamado sistema de proporción. Un sistema de proporción es un conjunto de relaciones de proporción matemática en el que todos los elementos están conectados con una proporción matemática dada.

Los sistemas de proporción hasta ahora estudiados están contruidos, en su mayoría, con base en series de números derivadas de una proporción inicial y combinaciones de series. Las series sobre las cuáles están contruidos los sistemas de proporción, en su mayoría, son las series o progresiones geométricas, es decir, un sistema de proporción se forma a partir de multiplicaciones y potencias de la proporción base.

La creación de una obra considera, de manera básica, el sistema de proporción utilizado y, en su caso, las series que este sistema forma.



En su caso, la progresión geométrica debe poseer la propiedad de englobar un conjunto de fracciones repetidas, así como también propiedades aditivas⁵⁷ a través de las cuales los términos menores de la progresión puedan unirse para formar términos mayores.

No todas las progresiones que cuentan con características aditivas son geométricas. Tampoco todas las progresiones geométricas ni

⁵⁷ Aditivas no únicamente en el sentido de suma de los términos que conforman la progresión, sino de adicionar términos a esta progresión a través de otras operaciones, como multiplicaciones

sus combinaciones cuentan con estas características, y hay algunas que tienen una gama más amplia de propiedades útiles que otras. Por consiguiente, encontramos relativamente pocos conjuntos de razones proporcionales, ya sea surgidos a partir de las figuras o usados conscientemente, en las creaciones artísticas a través de la historia.

En el arte de los mosaicos árabes encontramos tres sistemas básicos generados por el uso de formas geométricas simples:

El sistema con base en $\sqrt{2}$, llamado θ . Geométricamente, este sistema surge del cuadrado. Dentro del arte islámico, este sistema se asocia también con el doble cuadrado, el octágono regular y el polígono de 16 lados, éste último menos frecuente.

El sistema con base en $\sqrt{5}$, denominado φ . Este sistema surge del pentágono regular y a él se asocian también, dentro del arte islámico, el decágono regular, así como la famosa estrella pitagórica de cinco puntas.

El sistema con base en $\sqrt{3}$, que se genera a partir del triángulo equilátero. A él vienen asociados, en las creaciones islámicas, también el hexágono y el dodecágono regulares, así como el polígono de veinticuatro lados.

Estos sistemas se analizarán más adelante, no en su desarrollo de series geométricas, sino en el surgimiento a partir de las figuras que los generan.

En este sentido, se puede observar que en los sistemas basados en $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$ y $\sqrt{5}$, se facilita la repetición de la razón básica. Además, las razones que aparecen en cada uno de los sistemas son capaces de formar un todo estéticamente placentero que satisfaga los tres cánones de proporcionalidad antes vistos (repetición, variedad y ritmo).

De hecho, los sistemas establecidos a partir de $\sqrt{2}$, θ y φ han sido muy recurrentes en las obras artísticas a través de la historia.

La efectividad de estos sistemas se debe, fundamentalmente a la flexibilidad que los caracteriza. Esto es, si se combinan con otras proporciones sus propiedades aditivas aumentan. Este hecho es debido a la amplia gama de propiedades aditivas que poseen en principio.

Además, en la práctica, un sistema de proporción no sólo debe conducirnos a una repetición flexible de formas definidas, sino que debe ser además de fácil manejo. Antes que nada, los artistas deben ser capaces de usar los sistemas de proporción sin recurrir a intrincados cálculos matemáticos. Estos sistemas permiten dicha facilidad debido a que surgen de figuras geométricas simples y regulares como son el cuadrado, el triángulo y el pentágono.

Analizaremos a continuación los sistemas utilizados por los artistas islámicos. Se describirán también algunas de las construcciones geométricas contenidas en el libro IV de Los Elementos, de Euclides. Lo anterior con el fin de tener una idea más clara de cómo fue que los artistas islámicos realizaron las construcciones arriba mencionadas y aquellas que se verán en los diseños de las figuras 3 en adelante. Si bien ya existen otros métodos de realizar estas construcciones, se introducen

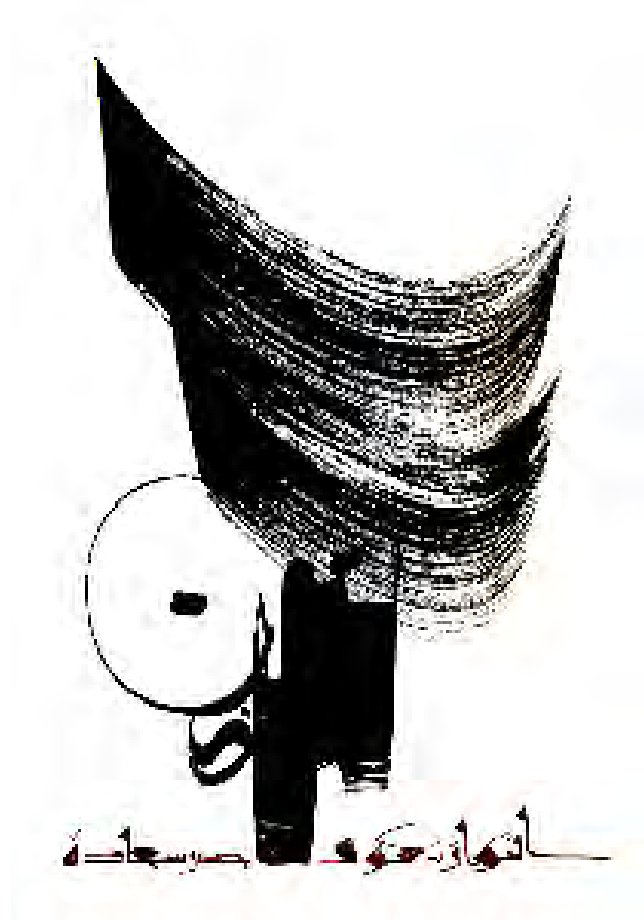
aquellas de Los Elementos dada la hipótesis de que fueron éstas las utilizadas por los artistas islámicos.

Esta opinión está fuertemente fundamentada en que el pueblo islámico conoció y estudió a fondo el trabajo de Euclides gracias a la expansión del imperio árabe, incluso realizaron la traducción de Los Elementos a su lengua vernácula⁵⁸.

Pese a que este hecho no se demostrará, pues no entra dentro de los objetivos del trabajo, cabe mencionarlo por su importancia y debería ser estudiado con mayor profundidad, sin embargo, una dificultad para profundizar este estudio es el idioma, dado que las fuentes originales fueron escritas, como es de suponerse, en árabe.

⁵⁸ *Infra* Apéndice tres

*Análisis geométrico
del arte islámico*



1

التوازن مصدر سعادة¹
Massoudy.

El equilibrio es la fuente de la felicidad, caligrafía de Hassan

Después de desarrollar los conceptos geométricos de proporción y sistemas de proporcionalidad, en el presente capítulo se da el análisis geométrico de aquellos sistemas que predominan en los mosaicos y la caligrafía islámicos: el sistema basado en $\sqrt{2}$, también denominado θ , el sistema basado en $\sqrt{3}$; y el sistema basado en $\sqrt{5}$, también llamado ϕ .

Gracias a la forma geométrica en que fueron desarrollados por los artistas islámicos los sistemas proporcionales, utilizando los polígonos regulares, los otros sistemas utilizados pueden ser desarrollados a partir de las figuras base: cuadrado, triángulo equilátero y pentágono.

Es importante, sin embargo, señalar un caso particular que sale de los alcances del presente trabajo, el del heptágono regular. Los musulmanes utilizaron el polígono regular de siete lados en contadas ocasiones, al menos no existen suficientes registros de piezas que puedan demostrar lo contrario. Si bien es cierto que el heptágono debe originar un sistema proporcional distinto al de los casos tratados, no fue tomado en cuenta en el presente.

3.1. *Cuadrados, dobles cuadrados, octágonos y sistema raíz de dos*

El sistema proporcional con base en $\sqrt{2}$ produce diseños cuyo origen es la repetición de patrones generados por cuadrados. Que el cuadrado esté asociado al sistema proporcional $\sqrt{2}$ se debe, como ya vimos, a que el lado de un cuadrado y su diagonal se encuentran en la relación $1:\sqrt{2}$, lo cual se puede probar a partir del teorema de Pitágoras².

Tómese un cuadrado cualquiera de lado a y diagonal h . Considérese a igual a la unidad.

² Euclides, Libro I proposiciones 47 y 48

Tenemos que $a^2 + a^2 = h^2$

Substituyendo a como la unidad

$$1^2 + 1^2 = 1 + 1 = 2 = h^2$$

De donde $h = \sqrt{2}$

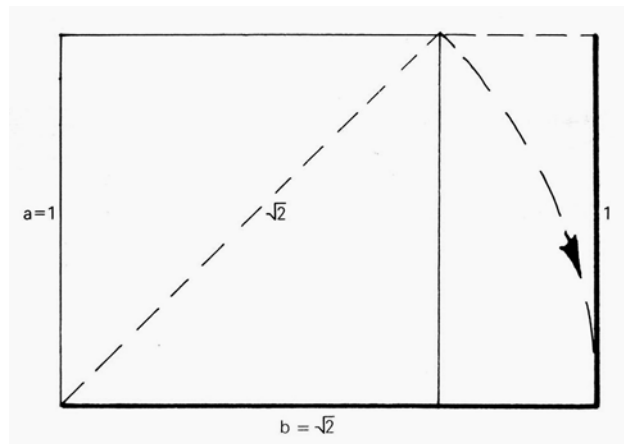


figura 1

Si los cuadrados son producidos a partir de circunferencias base o viceversa, no está determinado. Dada la forma que conocían los artistas islámicos de construir figuras rectilíneas con regla y compás, heredada por la tradición euclidiana, ambas cosas son posibles. Sin embargo, como vimos, por la cosmovisión islámica, la figura base es la circunferencia³.

³ *supra* cosmovisión

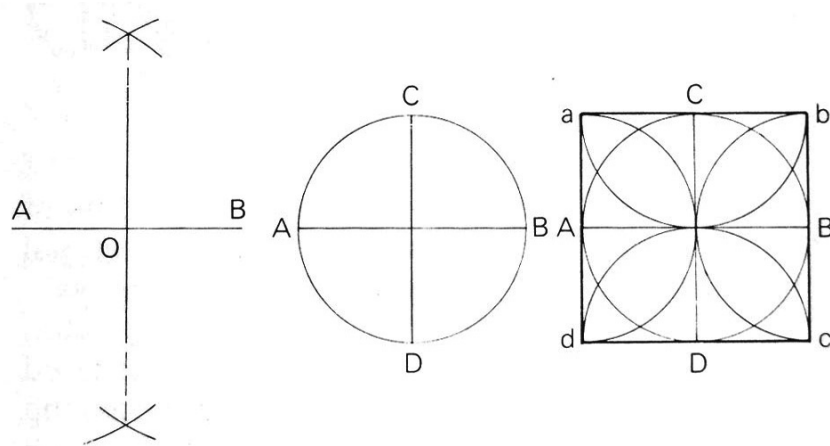


figura 2 Una forma de trazar la circunferencia a partir a partir de un segmento de recta. De la circunferencia puede trazarse el cuadrado

Se genera primero una retícula de circunferencias como se muestra en la figura 3. Gracias a Euclides⁴, sabemos que, dada una circunferencia, se pueden construir la serie de circunferencias tangentes y la serie de circunferencias que pasen por los centros de las primeras, de forma tal que se obtenga la figura 3.

⁴ Libro I, postulado 3; Libro III, proposición 12

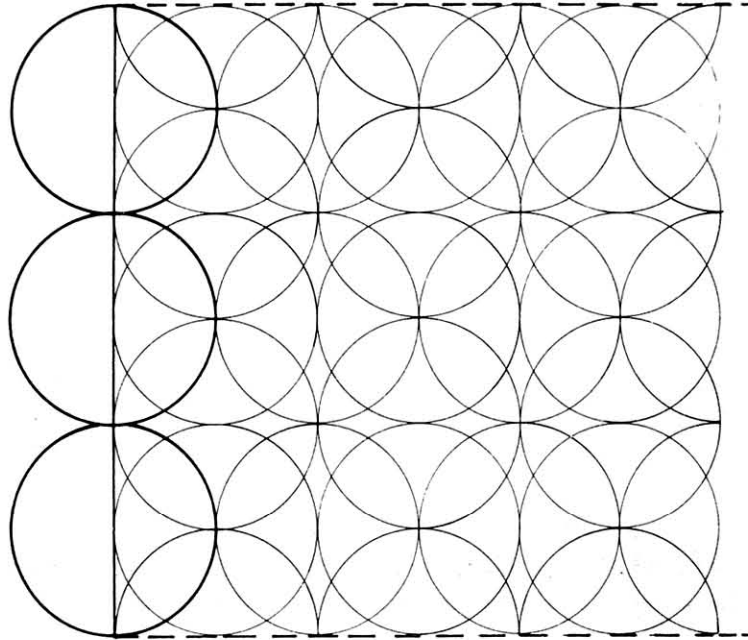


figura 3

A partir de la primera circunferencia, y con los diámetros de ésta y de aquellas que le sean adyacentes, se va construyendo una retícula de cuadrados como se muestra en la figura 2. De aquí, otro camino es trazar las circunferencias inscritas en los cuadrados de la retícula para tener la serie completa de la figura 4.

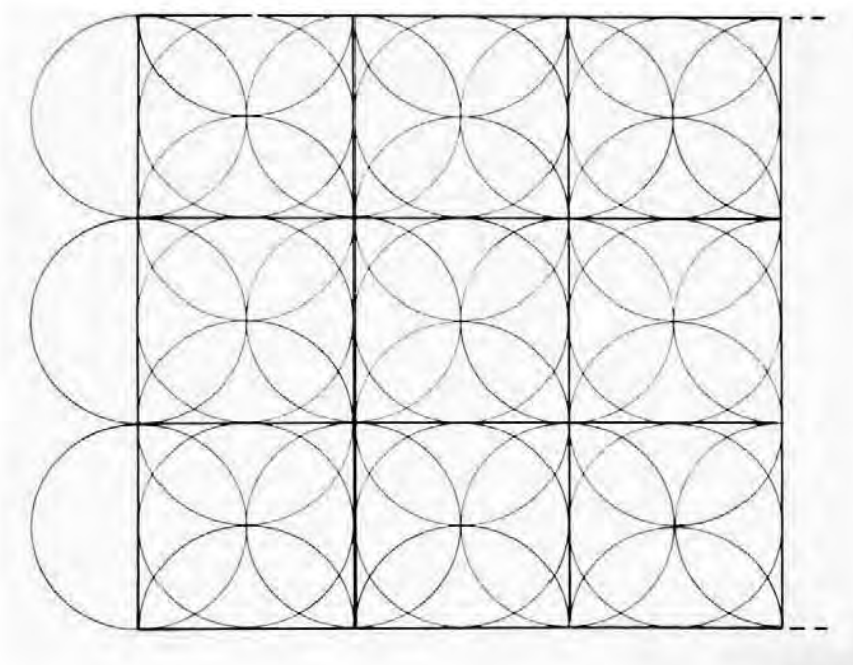


figura 4

A partir de la retícula completa de cuadrados y circunferencias, se puede generar la serie de cuadrados que se muestra en la figura 5, en cada una de las circunferencias de la retícula.

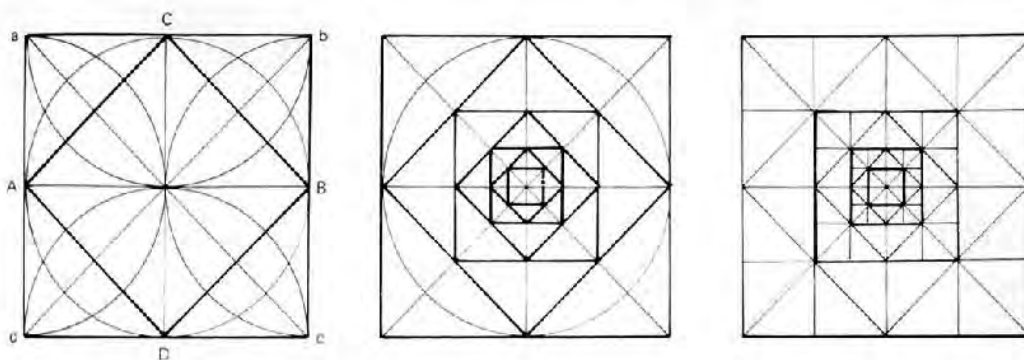


figura 5a

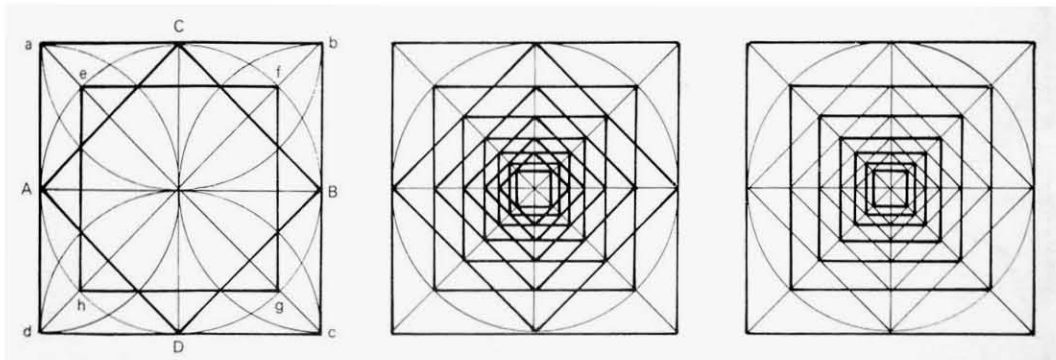


figura 5b

Con base en esta retícula pueden utilizarse no sólo cuadrados para generar las figuras, sino también rectángulos formados por dobles cuadrados y octágonos regulares, como se muestra en las figuras que se verán más adelante.

La superficie total del mosaico donde se desea aplicar la figura es entonces dividida. Las divisiones corresponderán al número de repeticiones que se deseen de la unidad.

En cada cuadrado se repetirá la unidad de proporción del lado del cuadrado, ya sea el inscrito o el circunscrito en la circunferencia en relación con su diagonal. Si determinamos el lado a igual a la unidad, la diagonal d será $\sqrt{2}$, mientras que en la proporción tendremos $a/d = 1/\sqrt{2}$.

La figura 5 muestra también cómo en cada cuadrado donde se repita la unidad, la proporción entre el lado del cuadrado inscrito $ACBD$ y el cuadrado circunscrito $abcd$ será $AD/ad = \sqrt{2}/2$, o bien, $ad/AD = 2/\sqrt{2}$.

Puede observarse también que la diagonal AB , del cuadrado inscrito, es igual al lado ab del cuadrado circunscrito, de donde $AB/ab = (\frac{1}{2})\sqrt{2}$.

Progresivamente, de la figura se tiene que las razones entre los lados de los cuadrados tomados del mayor al menor inmediato seguirán conservando la razón $1/\sqrt{2}$. Por otro lado, en la figura se observa que en los cuadrados cuyos lados son verticales y horizontales, la razón obtenida entre los lados del mayor con respecto al menor inmediato es de $1/\sqrt{2}$.

De la figura 5 se tiene también que al unir los puntos de intersección entre las diagonales del cuadrado $ACBD$ y la circunferencia inscrita en él obtenemos el cuadrado $efgh$, congruente al $ACBD$. Dado que sus correspondientes diagonales, eg y CD , son ambas radios de una misma circunferencia. Ahora bien, los lados del cuadrado $efgh$ son paralelos a los lados del cuadrado $abcd$, de lo que se obtienen nuevamente las proporciones $\sqrt{2}/2$ y $2/\sqrt{2}$ entre los lados correspondientes de los cuadrados $abcd$ y $efgh$, y se forman las series observadas en la misma figura.

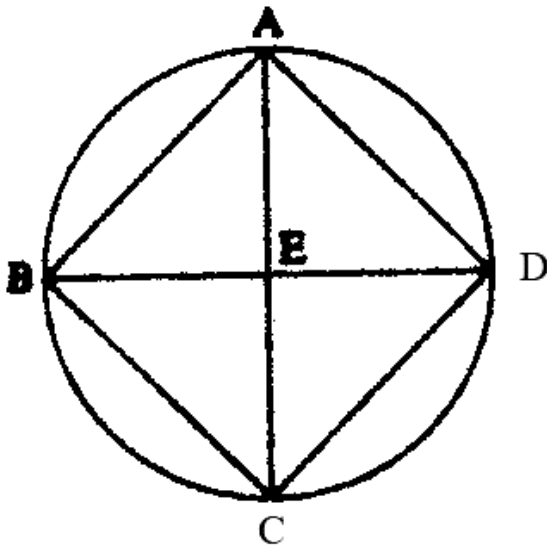
Se tiene entonces una serie de cuadrados concéntricos, como se observa en las figuras 5a y 5b. Los lados correspondientes a dichos cuadrados en cada una de las series formadas se encuentran también en proporción $1:\sqrt{2}$ y $1:2$, de acuerdo a la serie de la cual se trate, si son cuadrados consecutivos o van saltándose uno.

A continuación se verá la proposición 6 del Libro IV de los elementos de Euclides. En ellas se indica la forma de construir un cuadrado inscrito dentro de una circunferencia.

3.1.1. *Inscribir un cuadrado en una circunferencia dada*⁵

Sea ABCD una circunferencia⁶ dada, con centro C.

Trácese los diámetros AC y BD de tal forma que formen ángulos rectos entre sí⁷. Trácese luego AB, BC, CD, CA.



Como BE es igual a ED, porque E es el centro del círculo. De los triángulos AEB y AED tenemos que EA es común y forma ángulos rectos con las bases BE y ED. Entonces, el lado AB, es igual al lado AD⁸. Por la misma razón, cada una de las rectas BC y CD, es igual a cada una de las rectas AB, AD respectivamente. Por lo tanto, el

cuadrilátero ABCD es equilátero.

Ahora bien, como la recta BD es un diámetro del círculo, entonces BAD es un semicírculo, por lo tanto el ángulo BAD es recto⁹. De la misma manera, cada uno de los ángulos ABC, BCD y CDA también es recto, de donde el cuadrilátero ABCD es rectangular.

⁵ Es importante señalar que el Libro IV de Los Elementos contiene también las construcciones de un cuadrado circunscrito en una circunferencia y de una circunferencia circunscrita a un cuadrado. Se eligió el caso anterior por la forma de construcción de las retículas.

⁶ Cabe mencionar que Euclides realiza estas construcciones en un círculo, pero para el caso de las construcciones que aquí se verán, en particular, no existe diferencia.

⁷ Libro I, proposición 11

⁸ Libro I, proposición 4

⁹ Libro III, proposición 31

Por consiguiente, el cuadrilátero ABCD inscrito en la circunferencia dada es un cuadrado.

Por último, tenemos que de la misma serie de cuadrados se obtienen los diseños de patrones octogonales, e incluso de polígonos de 16 lados, en donde la unidad básica es nuevamente el cuadrado.

Para los diseños con octágonos se toma el cuadrado y se incluye el cuadrado rotado a 45° . Para los diseños con polígonos de 16 se hace rotar el cuadrado dos veces: una mitad y un cuarto de ángulo recto¹⁰. En estos casos las proporciones obtenidas entre los lados de las figuras son nuevamente de $1:\sqrt{2}$.

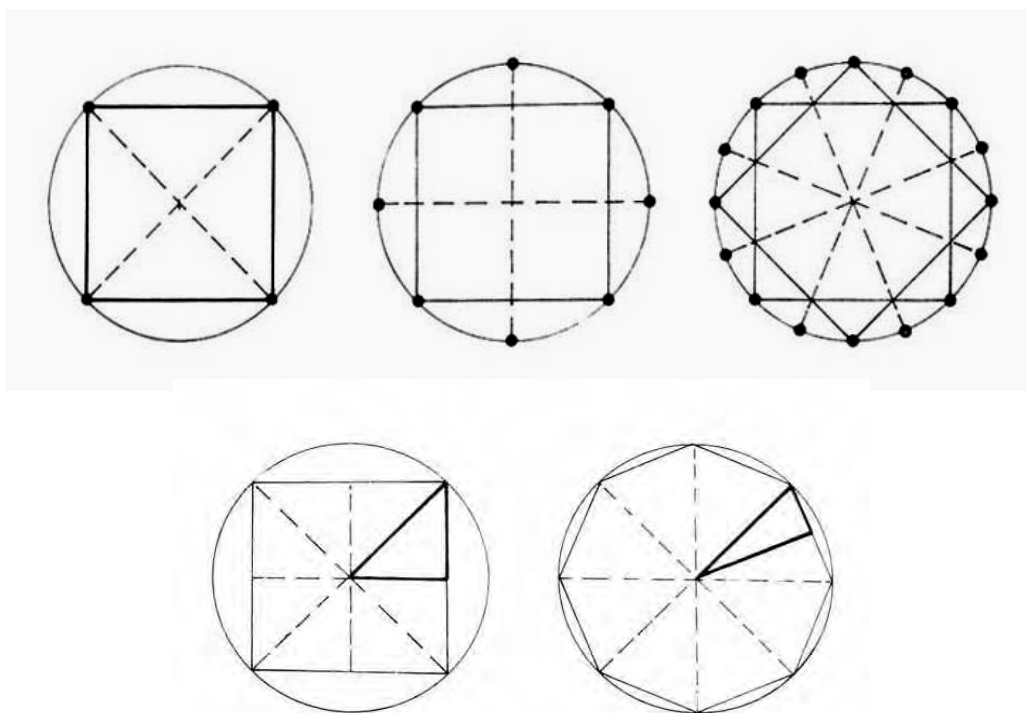


figura 7

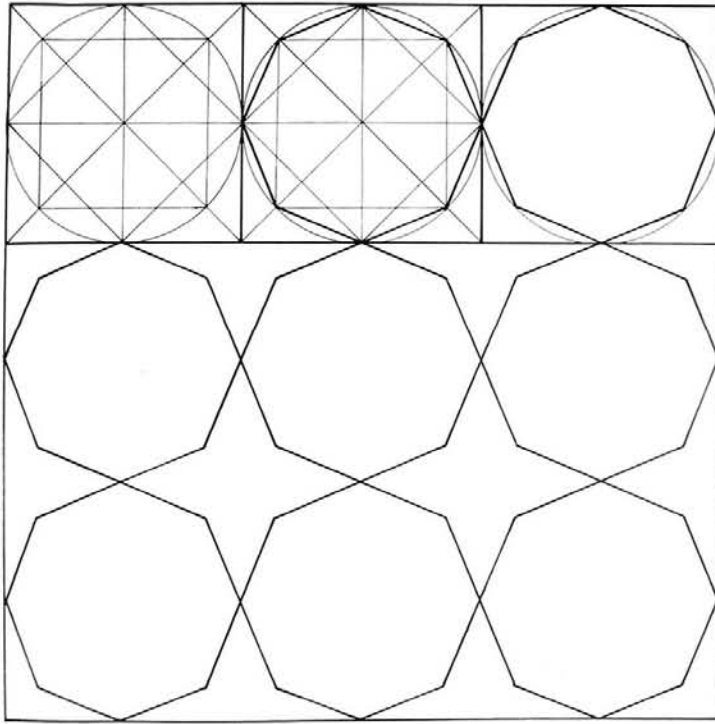
¹⁰ Euclides, Libro I, proposición 9. Según la cual, cualquier ángulo puede ser dividido a la mitad. Entonces no se considera en realidad una rotación de 22.5° , sino una de la mitad de la mitad del ángulo recto.

También se obtienen de aquí los diseños a partir de rectángulos formados por un cuadrado donde en dos lados opuestos se coloca la mitad de un cuadrado de igual medida.

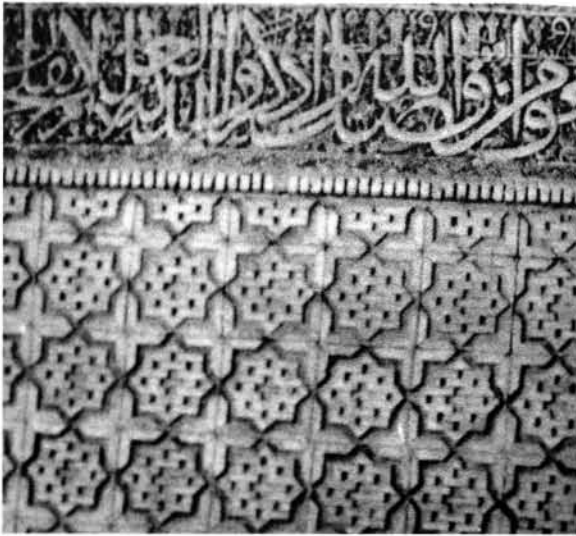
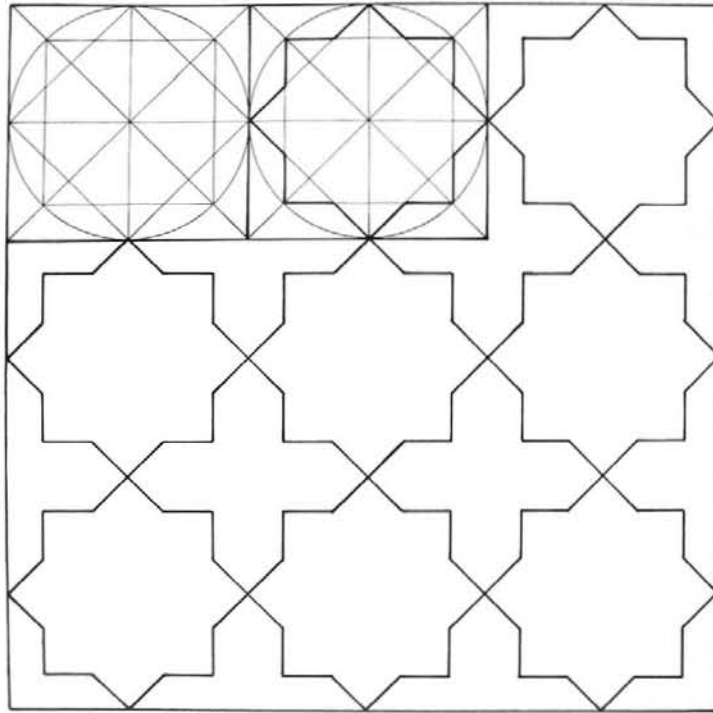
Así, con base al cuadrado se determina la proporción $1:\sqrt{2}$, pero también, como vimos, la proporción $1:2$ está asociada a los diseños con cuadrados y, de hecho, podemos encontrar ambas proporciones combinadas en las creaciones.

A continuación se introducen los ejemplos de los mosaicos que se obtienen a partir del cuadrado, cuyos sistemas de proporción serán con base en $\frac{1}{2}$ y $\sqrt{2}$.

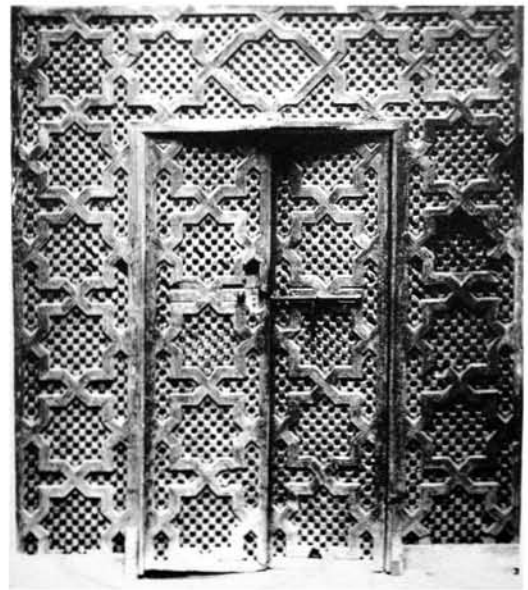
3.1.2. *Cuadrados y octágonos*



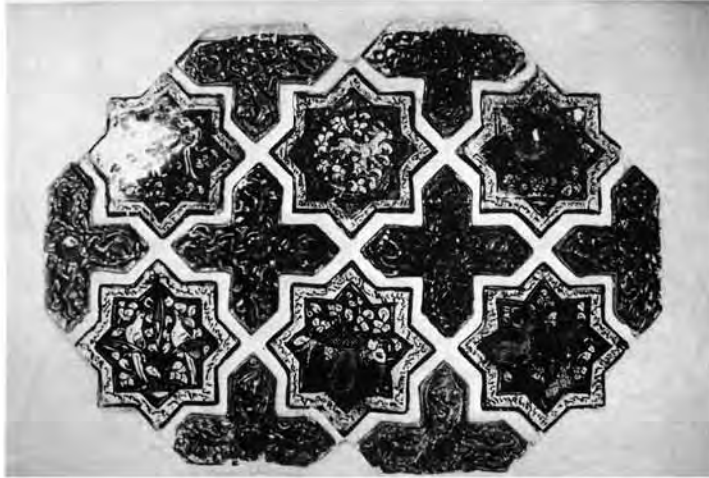
Farumad, Irán, siglo XIII



Varamín, Irán, siglo XIV



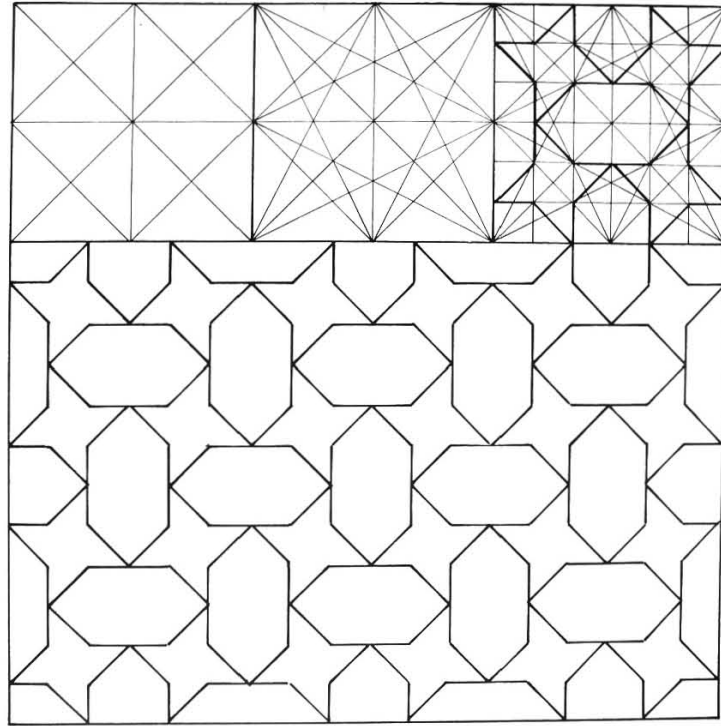
Madraza Sarij, Marruecos, siglo XIV



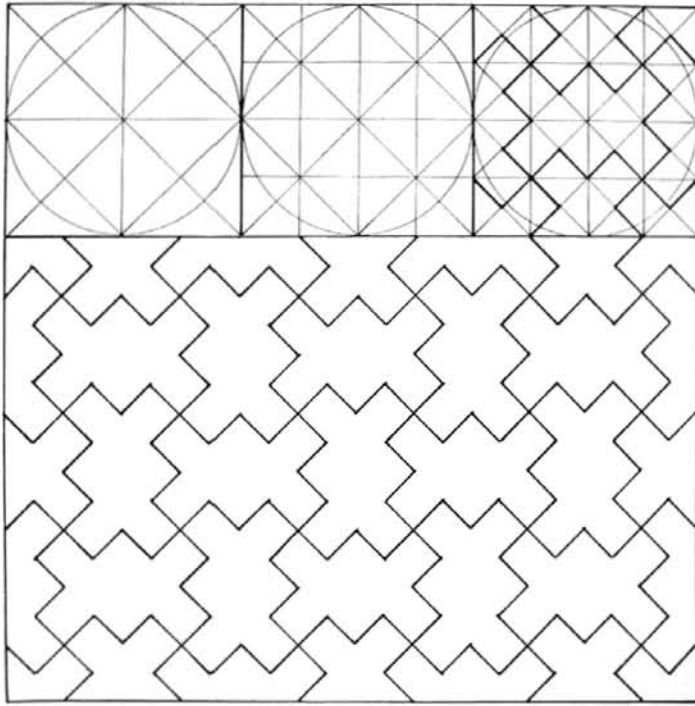
Mosaico, Irán, Teherán



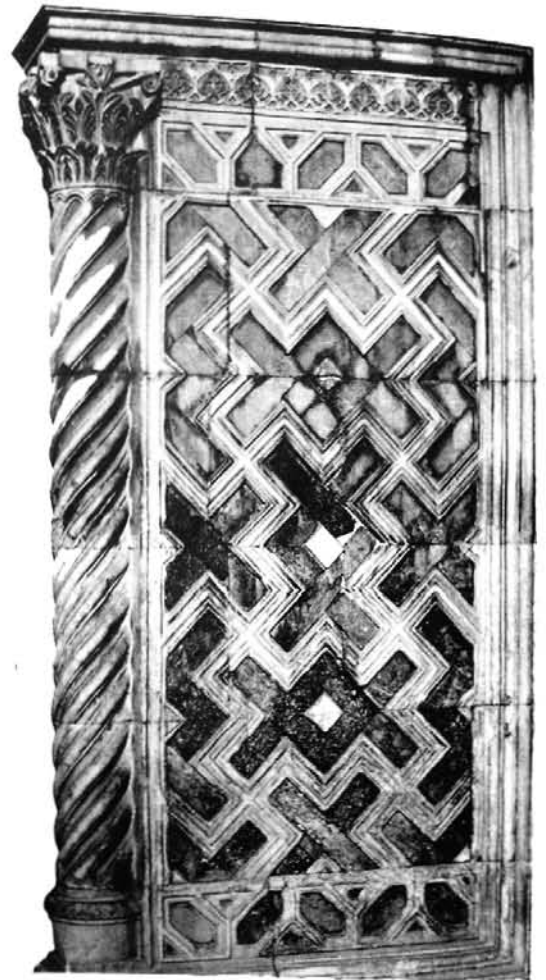
Tapete Persa



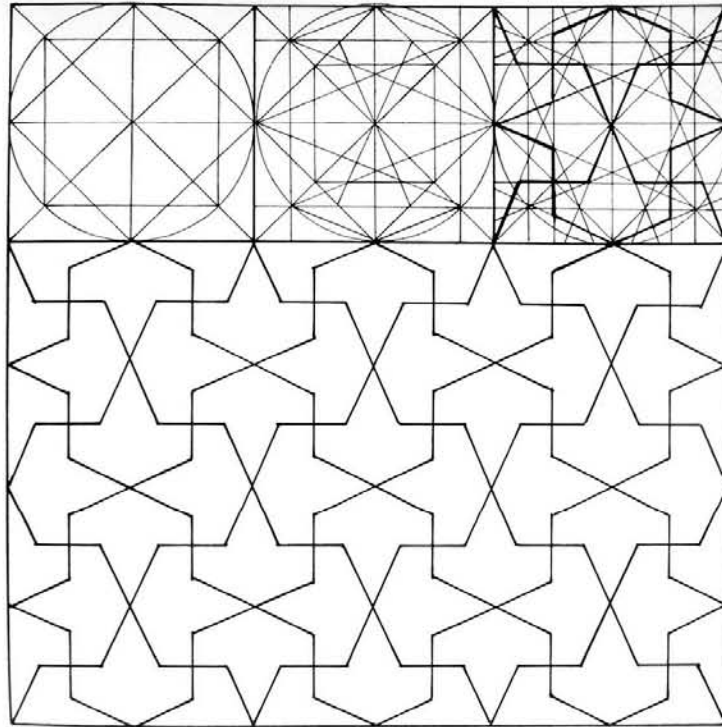
Taj Majal, India, siglo XVII



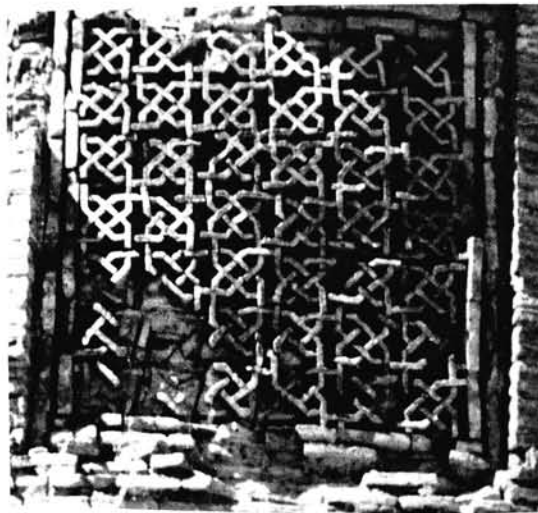
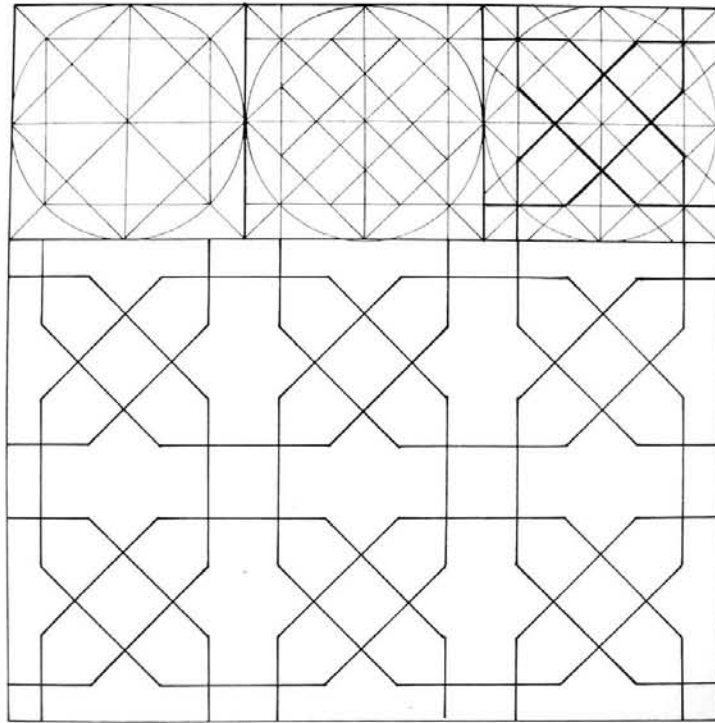
Tumba, Kharraqan, Irán, siglo XI



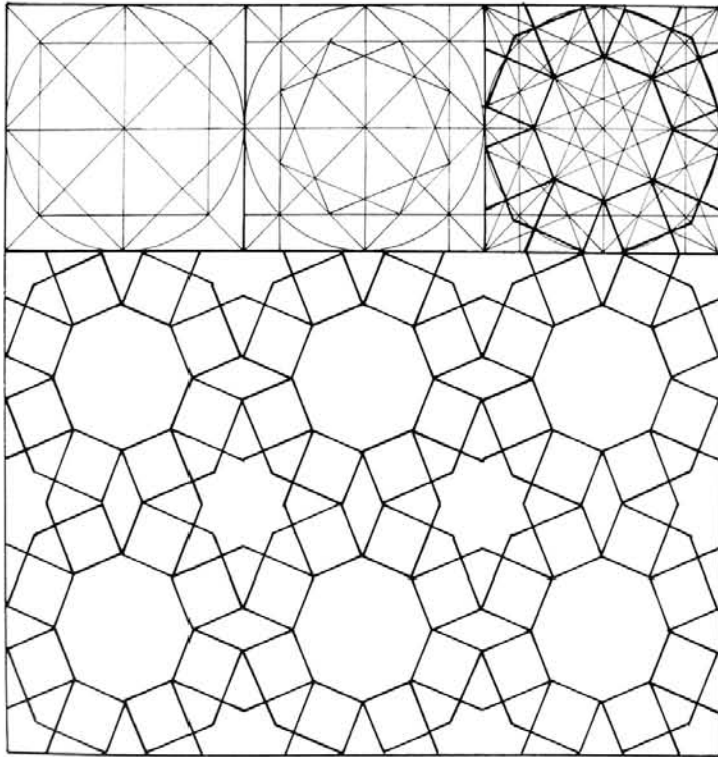
Madraza Konya, portal
Turquía, siglo XIII



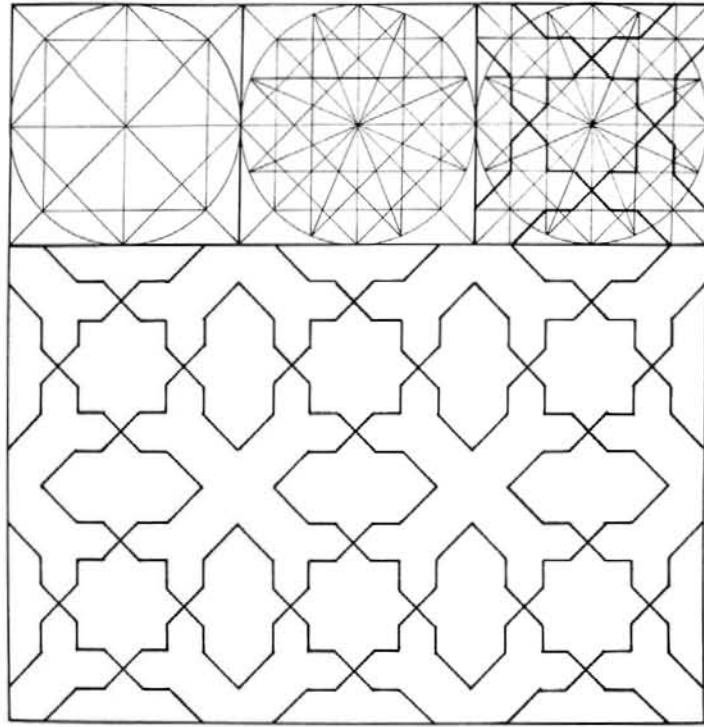
Tumba, Kharraqan, Irán, siglo XI



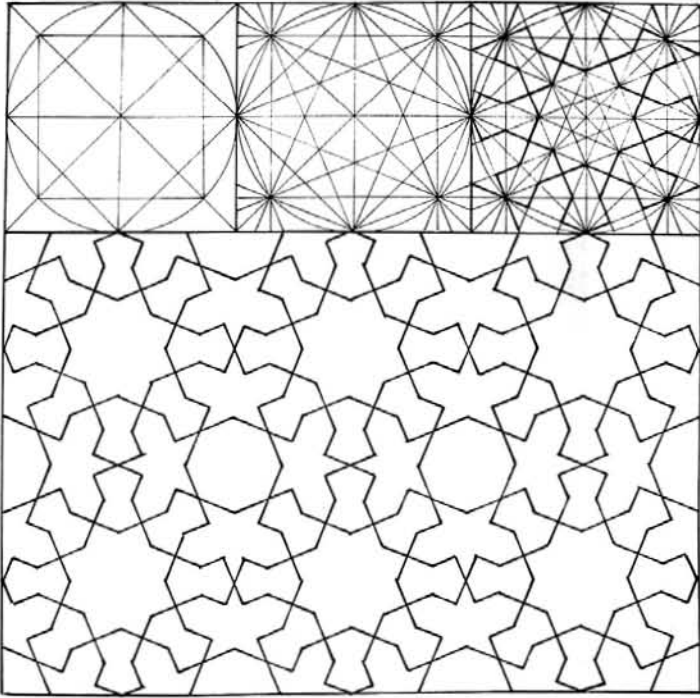
Mezquita, Afganistán, siglo XIII



Mausoleo, Irán, siglo XII

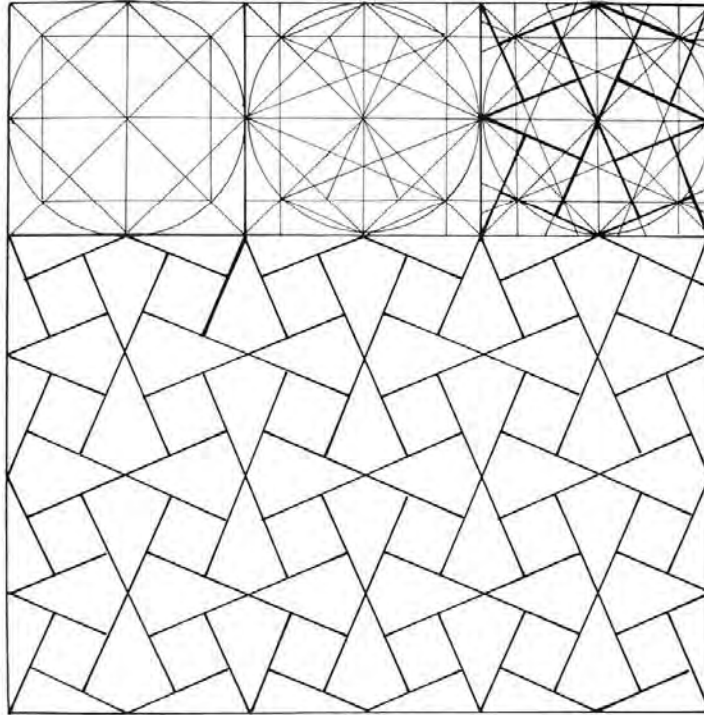


Madraza, Afganistán, siglo XV



Grabado en estuco, Irán, siglo XI

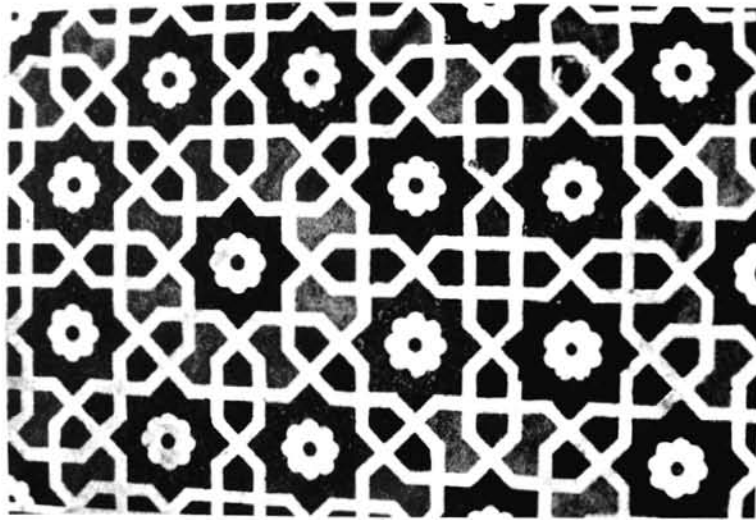
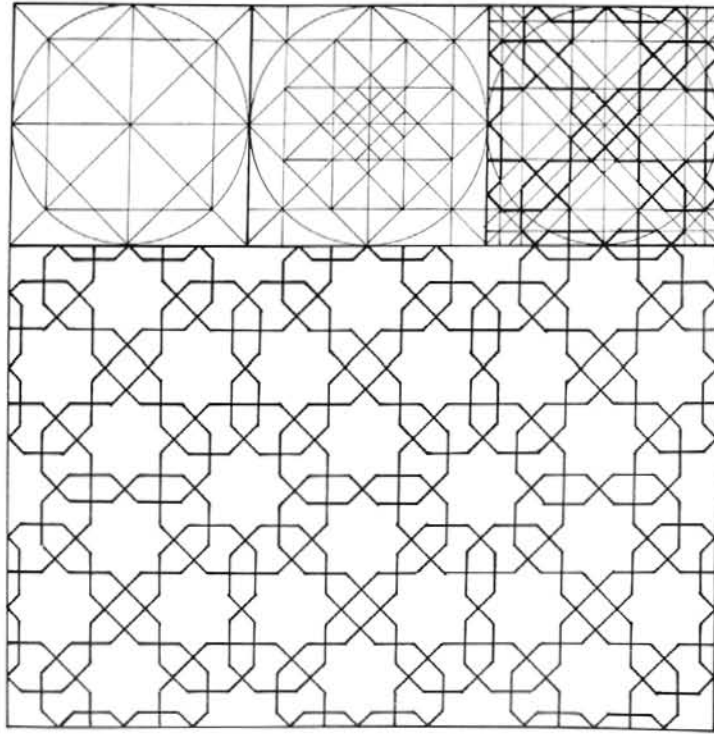




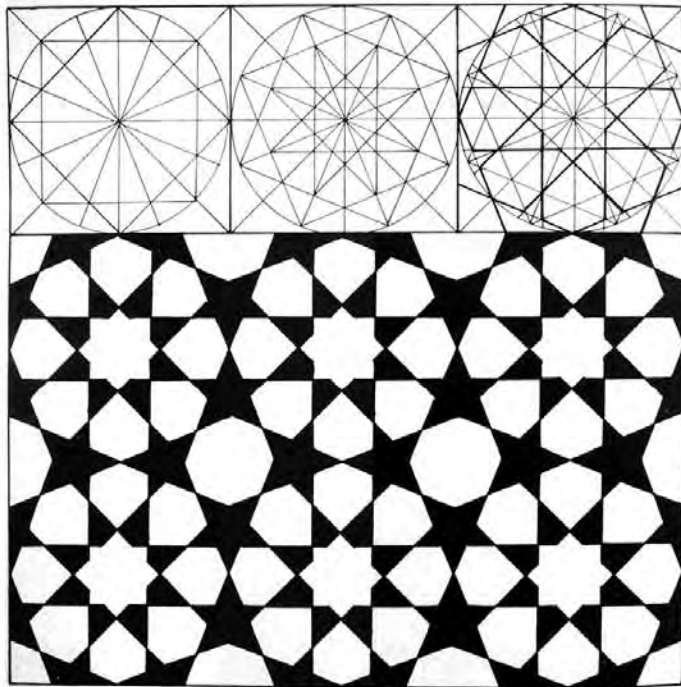
Tumba, Kharraqan, Irán, siglo XI



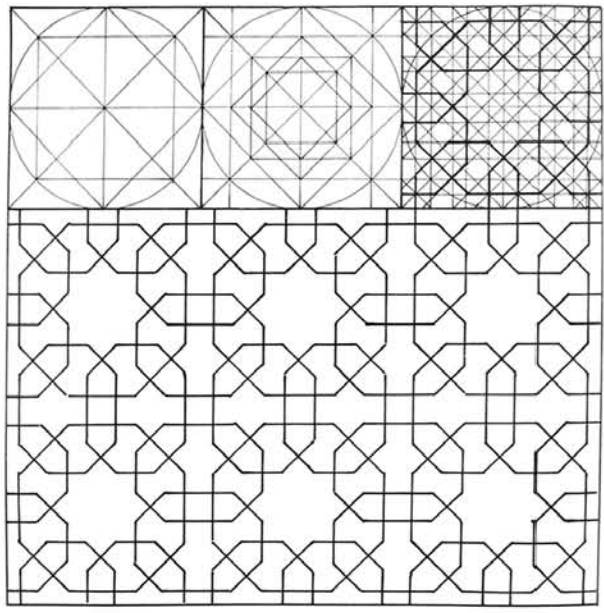
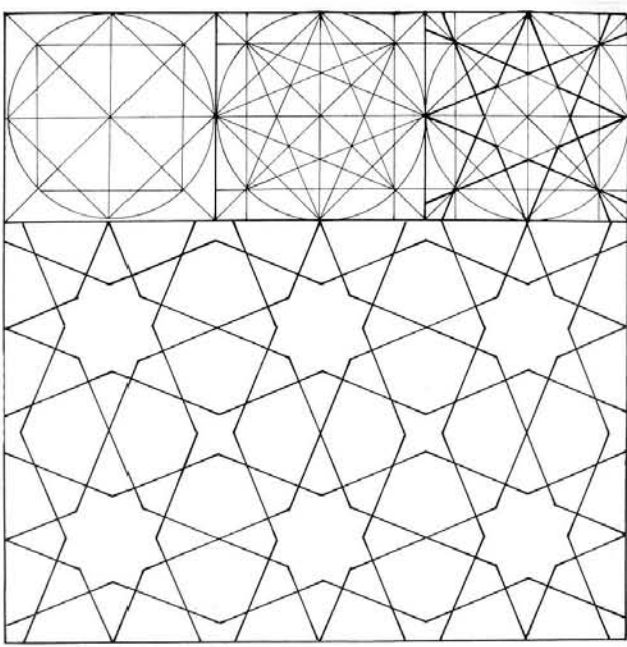
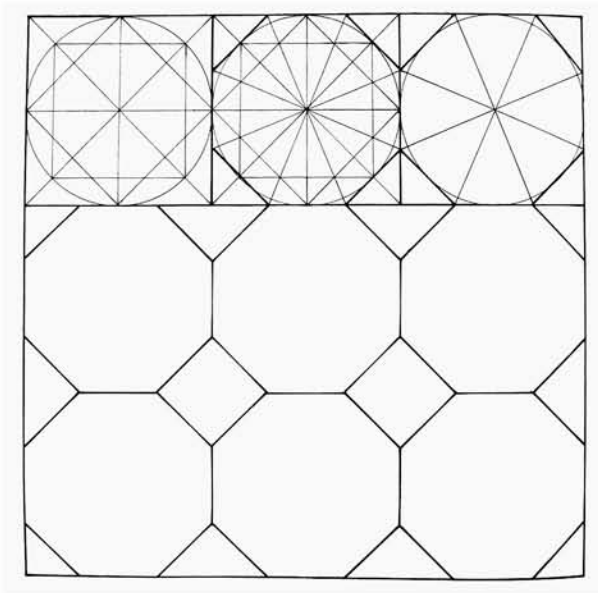
Mosaico, Damasco siglo XVIII



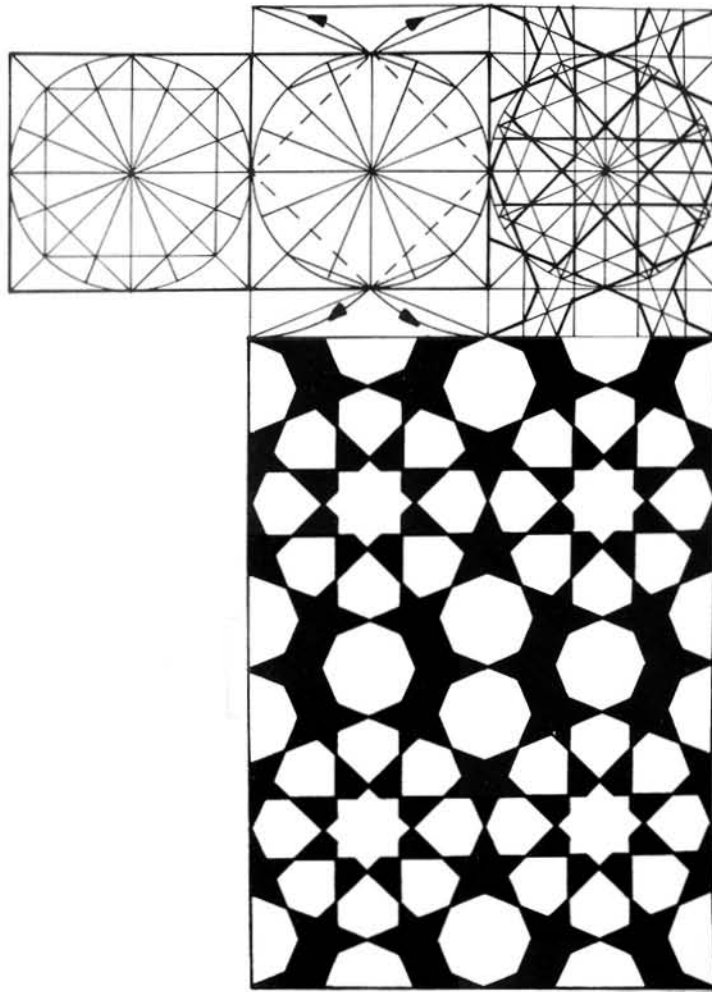
Mausoleo, India, siglo XVII

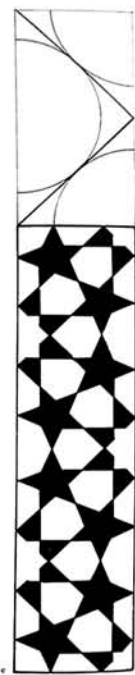
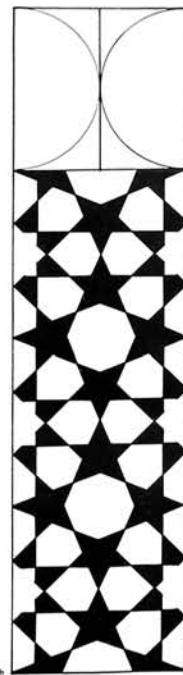
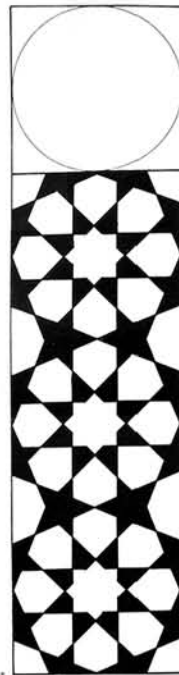
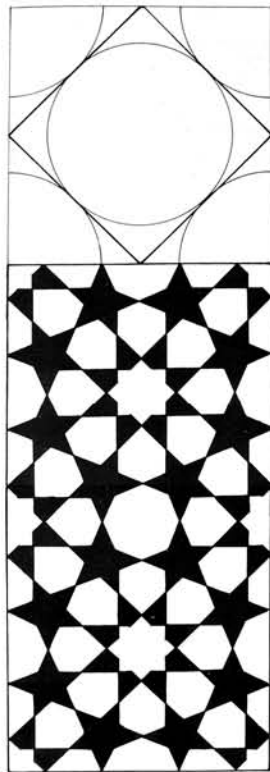
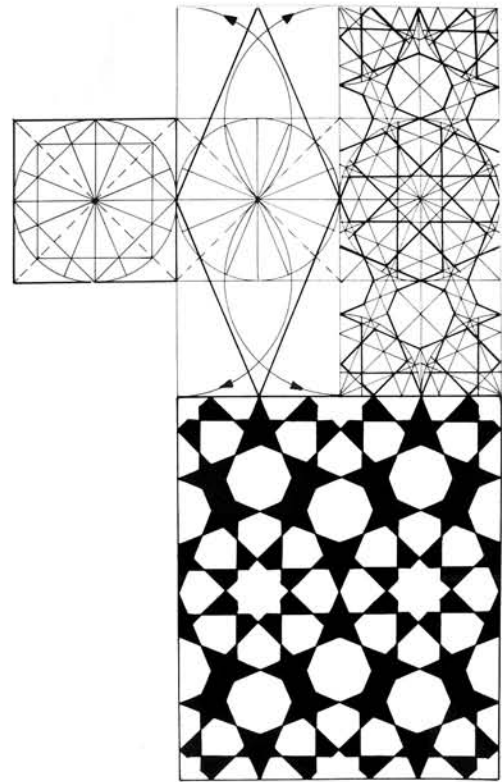
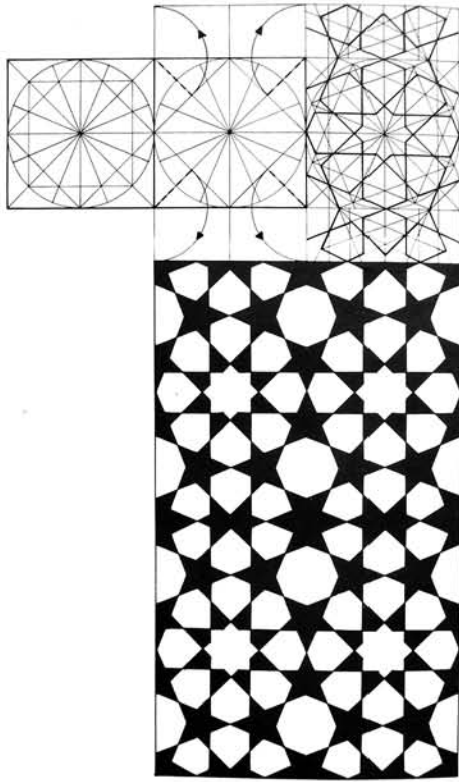


Mosaico, siglo XIX



3.1.3. *Dobles cuadrados*





3.2. *Triángulos, hexágonos, dodecágonos y sistema raíz de tres*

Los diseños que presentan la proporción $\sqrt{3}$ tienen un origen en la repetición del hexágono y la estrella hexagonal, generado a partir del triángulo equilátero y su rotación a 60° .

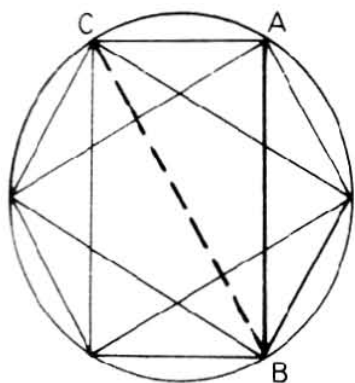


figura 1a

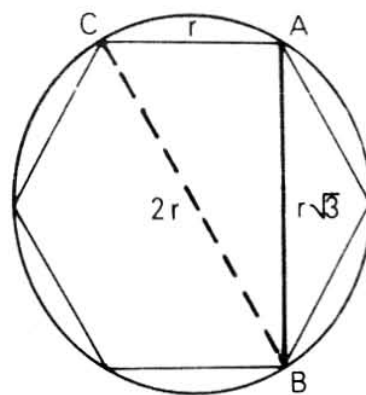


figura 1b

La razón del radio de la circunferencia, $\frac{1}{2}$ de BC , entre el diámetro de la misma, BC , es $1:2$, o bien, $1/2$. La misma razón guardan tanto el diámetro de la estrella como el diámetro del hexágono, ambos BC , en relación al radio de la circunferencia, $\frac{1}{2}$ de BC , el cual sería a su vez el radio de la estrella y el radio del hexágono. Lo anterior, por el hecho de ser el diámetro del hexágono igual al diámetro de la estrella, igual al diámetro de la circunferencia, todos iguales a BC .

Por otro lado, el lado AB de la estrella (figura 1a), que es igual a la altura AB del hexágono (figura 1b), está en razón $\sqrt{3}:2$ con relación al diámetro de la circunferencia. Lo cual se prueba a partir del Teorema de Pitágoras.

Como veremos en la construcción euclidiana del hexágono, cada uno de los lados del hexágono es igual al radio de la circunferencia que lo subscribe. De la figura 1, tómesese el triángulo ABC formado por la altura AB del hexágono, el diámetro BC de la circunferencia, y el lado CA del hexágono.

Sea r el radio de la circunferencia, entonces r es igual al lado del hexágono, mientras que $2r$ es igual al diámetro de la circunferencia. Aplicando el Teorema de Pitágoras para el triángulo ABC, tenemos que, el cuadrado de la diagonal BC del hexágono es igual a la suma del cuadrado del lado CA más el cuadrado de la altura AB del hexágono, es decir:

$$BC^2 = CA^2 + AB^2$$

o bien $(2r)^2 = r^2 + AB^2$

de donde $(2r)^2 - r^2 = AB^2$

esto es $4r^2 - r^2 = AB^2$

$$r^2(4 - 1) = AB^2$$

$$3r^2 = AB^2$$

de donde $\sqrt{3r^2} = AB$

$$\sqrt{3}r = AB$$

Considerando al radio de la circunferencia como la unidad, lo anterior se traduce en que la altura del hexágono en relación con su diámetro están en razón $\sqrt{3}:2$, mientras que el lado del hexágono en relación con su altura se encuentran en proporción $1:\sqrt{3}$.

Se obtiene entonces el sistema proporcional basado en $\sqrt{3}$ generado por la repetición de la unidad hexagonal, ya sea esta el hexágono regular, o la estrella hexagonal a partir del doble triángulo equilátero.

Ahora bien, en este caso, la retícula se genera de la misma forma que en el caso de la retícula generada para los cuadrados, es decir, con base en la construcción de una celdilla de circunferencias, a partir de las cuales se desarrolla la retícula de hexágonos, como se muestra en la figura.

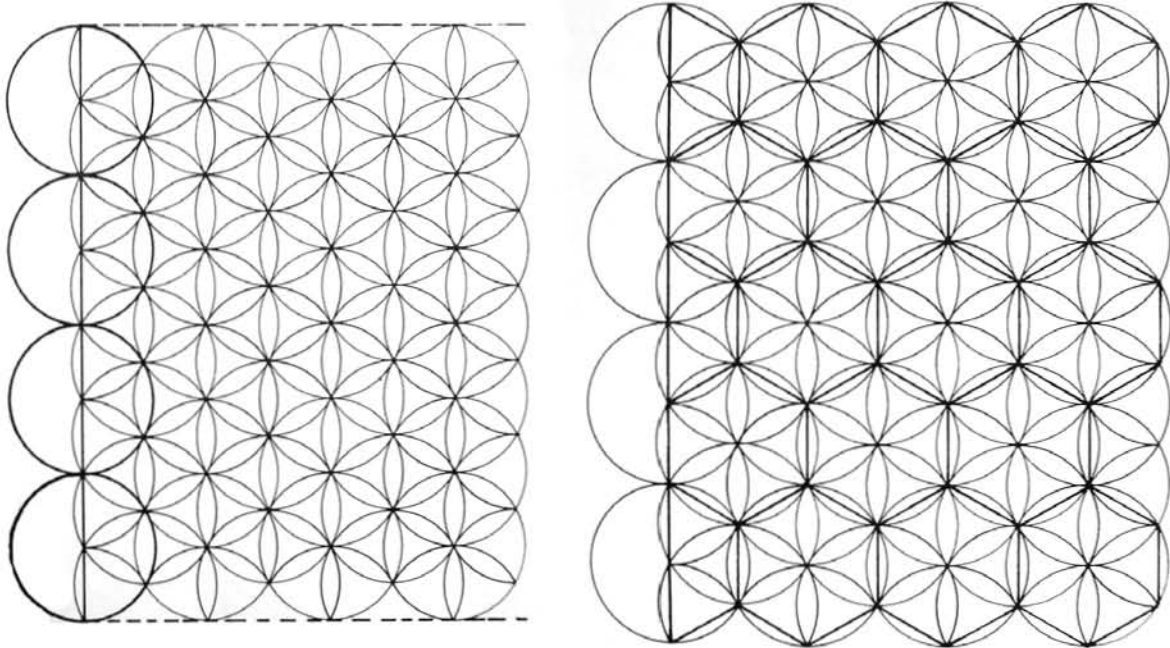


figura 2

Aquí, los módulos de repetición son los hexágonos, cuyos lados son iguales al radio de las circunferencias circunscritas. En cada uno de los hexágonos de la serie puede formarse dos tipos de estrella hexagonal, la primera mediante la unión de los vértices del hexágono, y la segunda mediante la unión de los lados medios de estos como se muestra en la figura 3.

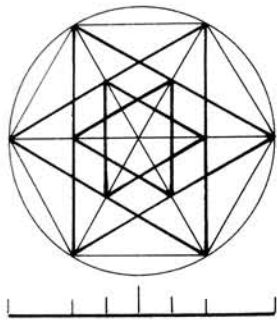


figura 3a

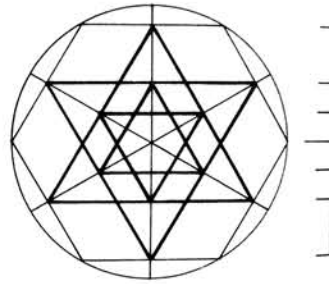


figura 3b

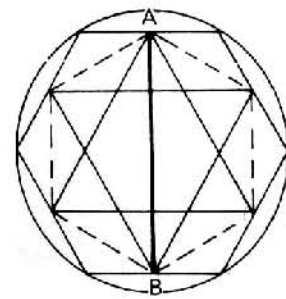


figura 3c

Aquí también puede formarse un sistema progresivo de hexágonos y dos de estrellas hexagonales, contenidos unos dentro de otros, muy parecido al que se obtiene con el cuadrado y el cuadrado rotado. En este caso, los lados de cada figura hexagonal de la progresión en relación con la figura inmediata, ya sea la mayor o la menor, estarán en proporción $a/b = 2/\sqrt{3}$.

Considerando el radio de la circunferencia igual a uno tenemos que el apotema del hexágono mayor es igual al radio de la circunferencia inscrita, es decir, $\sqrt{3}$, que será igual al diámetro AB del hexágono menos (figura 3c), de dónde el lado del hexágono menor será igual a la mitad del diámetro, o bien, $(1/2)\sqrt{3}$. Así que la proporción entre el lado del hexágono mayor en relación con el hexágono menor será $LM/lm = 1 = \sqrt{3}/2$, de donde la proporción resultante será $2/\sqrt{3}$, o bien $2:\sqrt{3}$.

Además, al lado de una estrella con relación al lado del hexágono contenido en ella será de $1/3$ (figuras 3a y 3b).

El patrón basado en la repetición de las figuras hexagonales puede ser incorporado a través del rectángulo que se muestra en la figura 4. El lado menor a de este rectángulo es igual a la altura AB del hexágono, mientras que el lado mayor b es igual a tres radios de la circunferencia por ser igual a tres lados AD del hexágono. Esta forma de introducir las unidades hexagonales es, en realidad, la misma que la de la retícula.

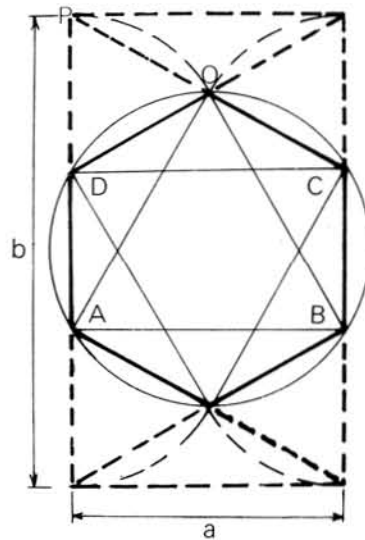


figura 4

Se presenta a continuación la proposición 13 del Libro IV de Los Elementos, en la cual se muestra la construcción de un hexágono inscrito en una circunferencia dada.

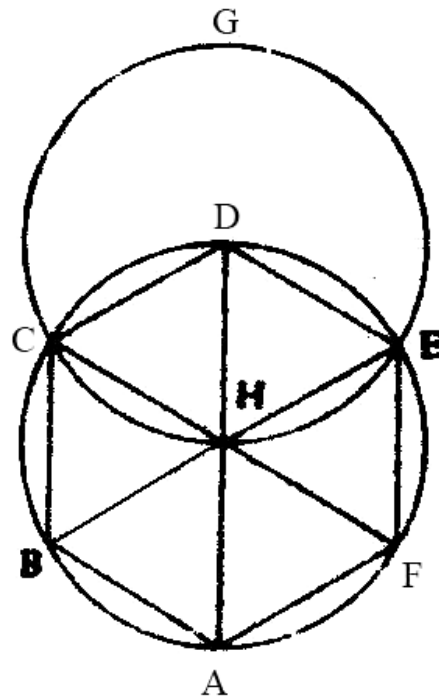
3.2.1. *Inscribir un hexágono equilátero y equiángulo
en una circunferencia dada*

Sea ABCDEF una circunferencia dada con centro en H.

Trácese el diámetro AD y tómese el centro H, de la circunferencia. Con centro en D y radio DH descríbese la circunferencia EHCG. Trácese las rectas EH y CH de tal manera que se prolonguen éstas cortando a la circunferencia en B y F respectivamente.

Trácese las rectas AB, BC, CD, EF, FG y FA, el polígono formado es un hexágono regular.

Dado que el punto H es el centro de la circunferencia ABCDEF, HE es igual a HD, por se ambos radios de la circunferencia. Como el punto D es a su vez centro de la circunferencia HCG, DE es igual a DH. Pero ya vimos que HE es igual a HD, por lo que HE es también igual a ED (que es igual a DE). Entonces, el triángulo EHD es equilátero, por lo que sus tres



ángulos EHD, HDE y DEH, son iguales entre sí. Ya que los ángulos de la base de un triángulo isósceles son iguales entre sí¹¹, y los tres ángulos de un triángulo son iguales a dos rectos¹², se tiene que el ángulo EHD es la tercera

¹¹ Libro I, proposición 5

¹² Libro I, proposición 32

parte de dos rectos. De manera semejante se muestra que el ángulo DHC también es la tercera parte de dos rectos.

Como la recta EH levantada sobre EB hace los ángulos adyacentes EHC y CHB iguales a dos rectos, entonces el ángulo restante CHB es también la tercera parte de dos rectos. Por tanto, los ángulos EHD, DHC y DHB son iguales entre sí. De este modo, los ángulos BHA, AHF y FHE, correspondientes a sus vértices¹³, son también iguales¹⁴. Luego, los seis ángulos EHD, DHC, CHB, BHA, AHF y FHE son iguales entre sí.

Como los ángulos iguales están sobre circunferencias iguales, entonces las seis circunferencias AB, BC, CD, DE, EF y FA son iguales entre sí. Pero a las circunferencias iguales las subtienden rectas iguales, de donde las seis rectas AB, BC, CD, DE, EF y FA son también iguales entre sí. Por lo tanto, el hexágono ABCDEF es equilátero.

Ahora bien, como la circunferencia FA es igual a la circunferencia ED, añádase a ambos la circunferencia ABCD. Entonces la circunferencia entera FABCD es igual a la circunferencia entera EDCBA, y el ángulo AFE sobre la circunferencia FABCD, mientras que el ángulo AFE está sobre la circunferencia EDCBA. De lo anterior, el ángulo AFE es igual al ángulo AEF¹⁵. De manera semejante se demuestra que también los ángulos restantes del hexágono ABCDEF son cada uno de ellos iguales a uno de los ángulos AFE o FEA. Así pues, el hexágono ABCDEF es equiángulo.

¹³ En otras palabras, los ángulos BHA, AHF y FHE son iguales a los ángulos EHD, DHC y DHB por ser respectivamente opuestos por el vértice.

¹⁴ Libro I, proposición 15

¹⁵ Libro III, proposición 27

Por lo tanto, el polígono inscrito dentro de la circunferencia dada es un hexágono equilátero y equiángulo.

Por último, tenemos además los patrones formados por el hexágono en combinación con el hexágono rotado que lleva a la generación de dodecágonos regulares, polígonos de 24 lados, y estrellas de doce y 24 puntas. Aquí también se tiene las proporciones $2/\sqrt{3}$, $1/\sqrt{3}$, así como $1/3$ y $1/2$.

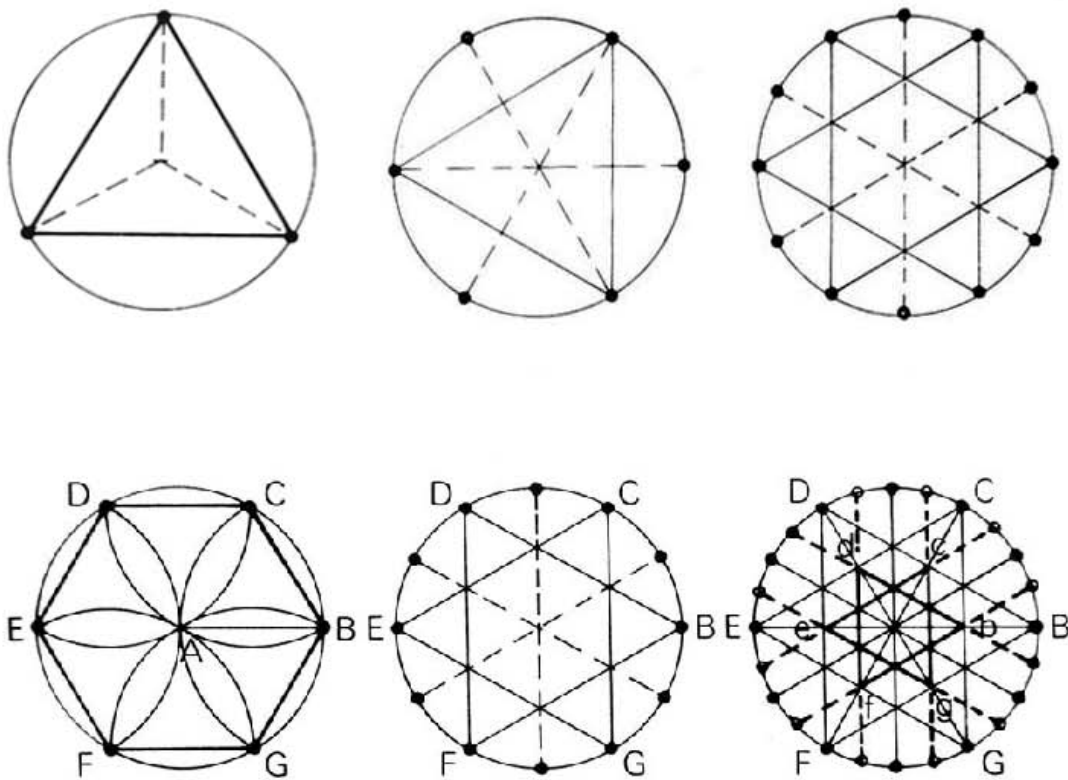
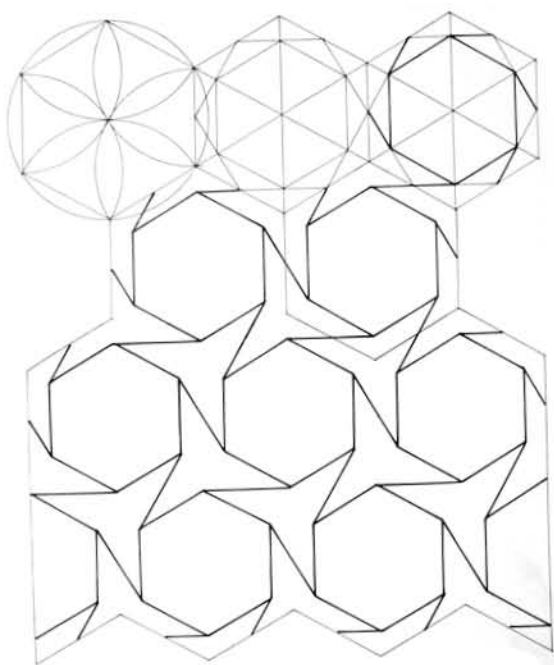


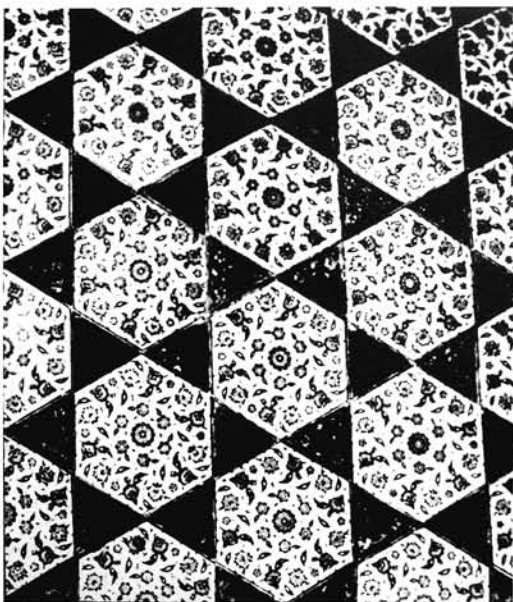
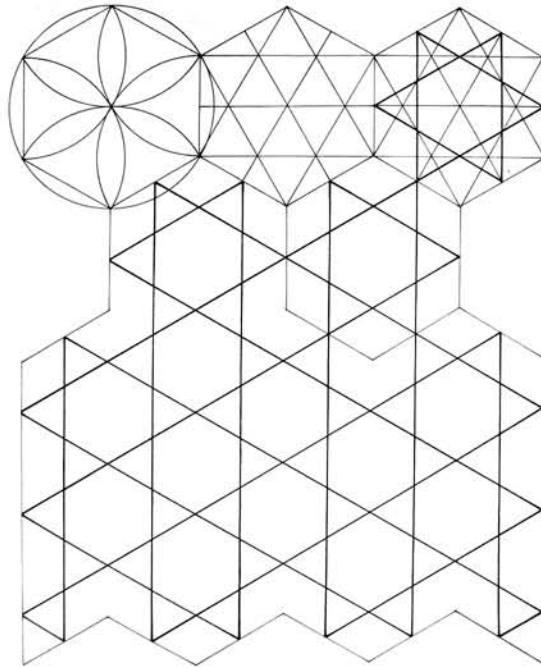
figura 6

A continuación se introducen algunos ejemplos de mosaicos que se obtienen a partir del triángulo equilátero, cuyos sistemas de proporción serán con base en $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ y $\sqrt{3}$.

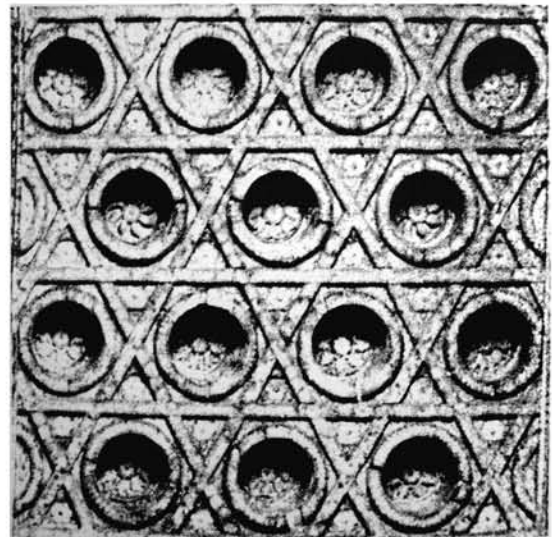
3.2.2. Triángulos y hexágonos



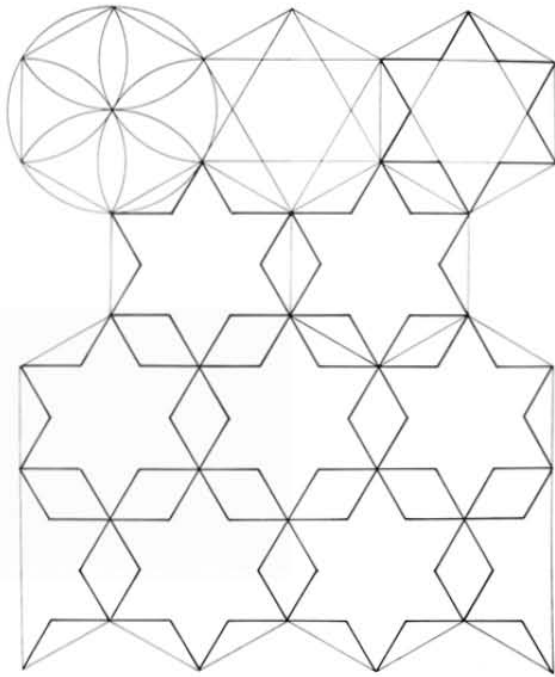
Miniatura Persa, siglo VIII



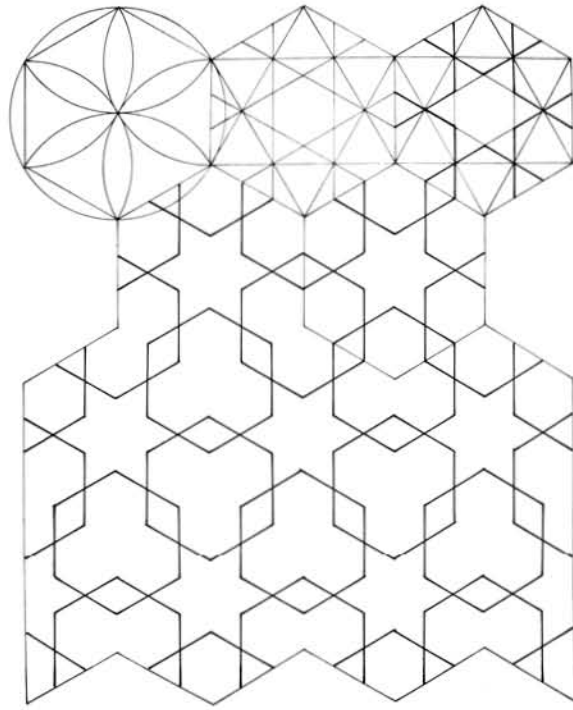
Palacio, Estambul, Turquía



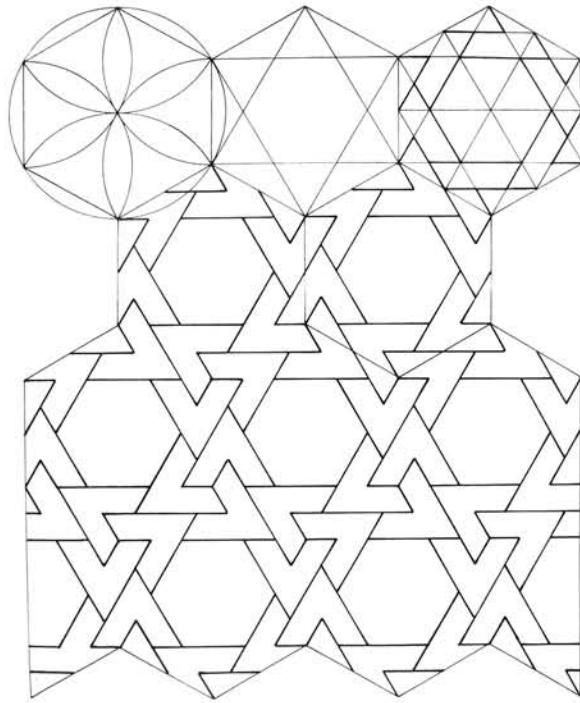
Yemen, siglo X



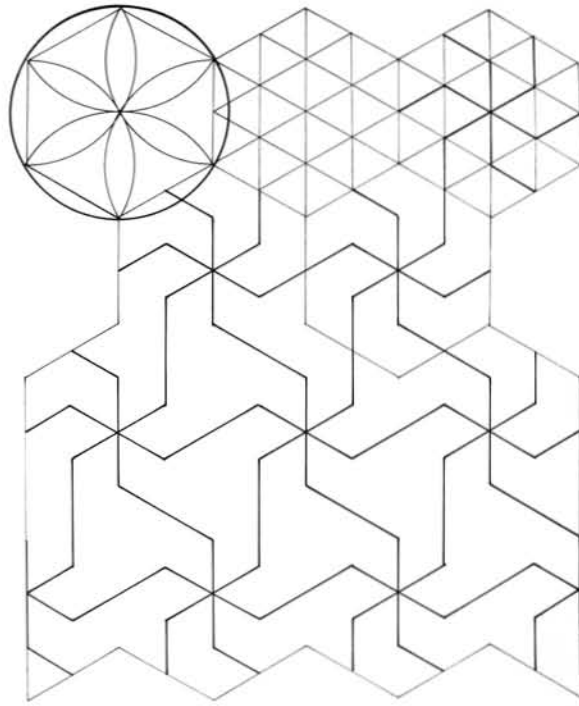
Manuscrito Persa, siglo XVIII



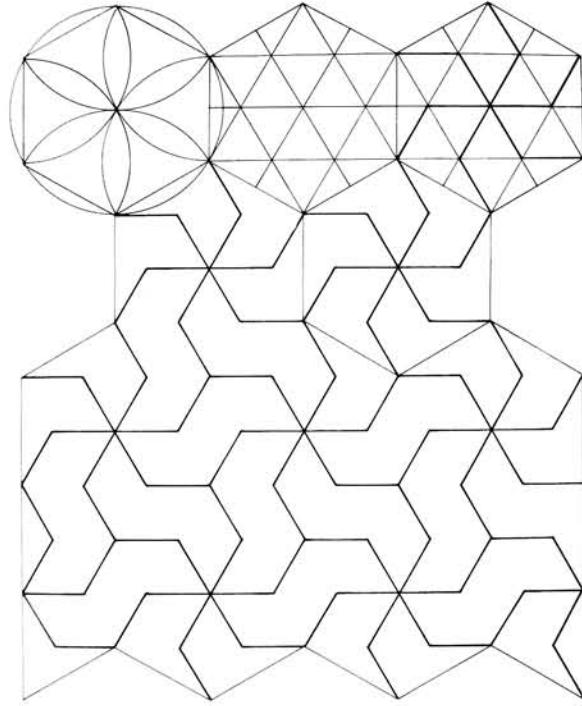
Tumba, Irán, siglo X



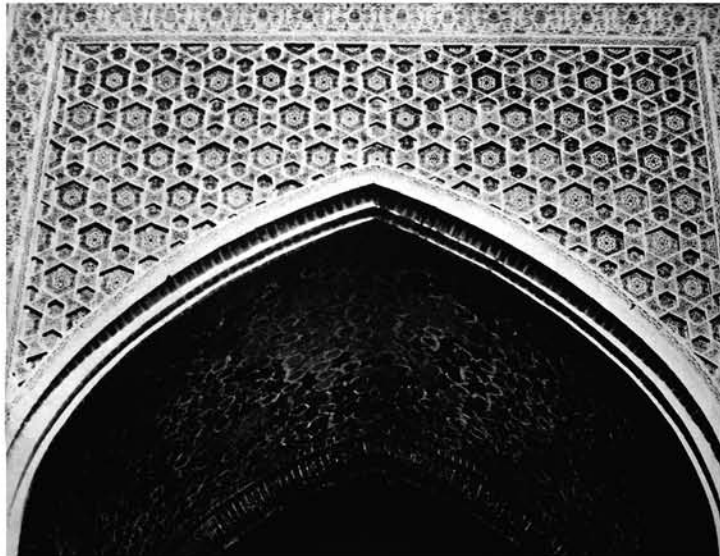
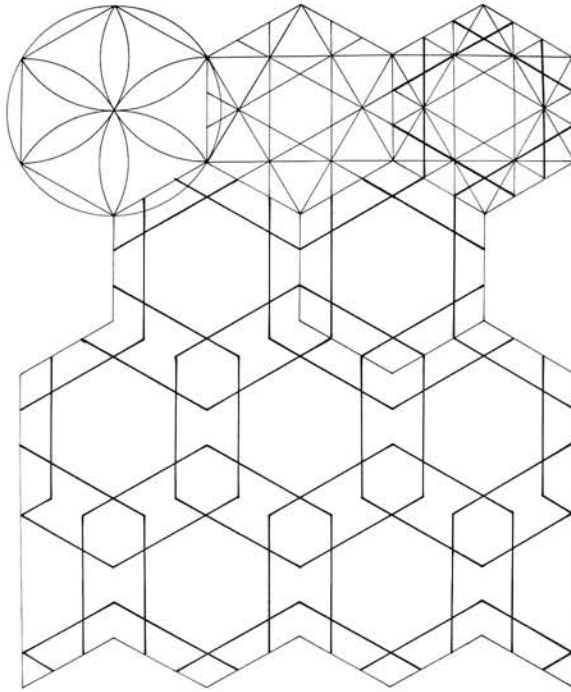
Mosaico, Tumba, India, siglo XVII



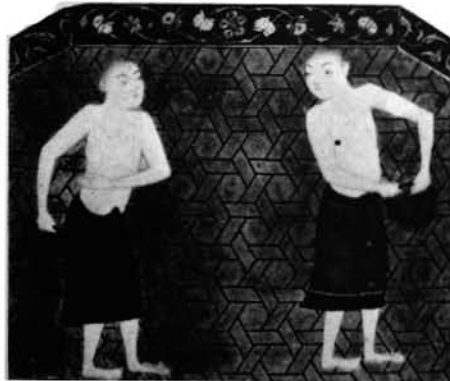
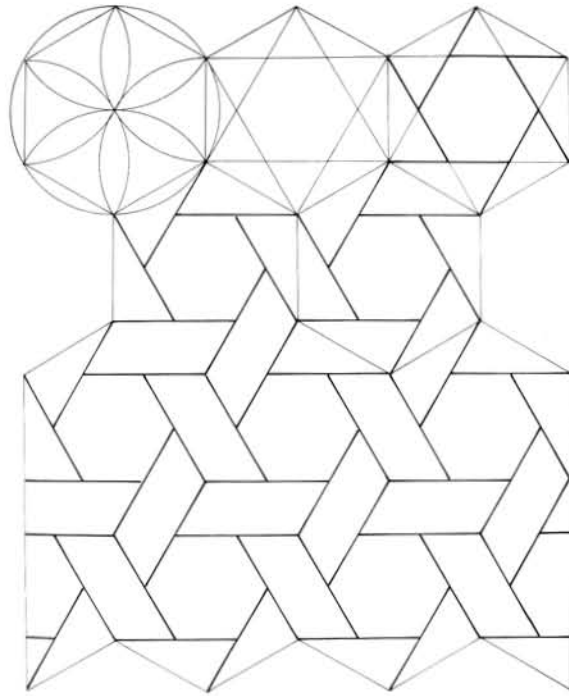
Tumba, Kharranqan, Irán, siglo XI



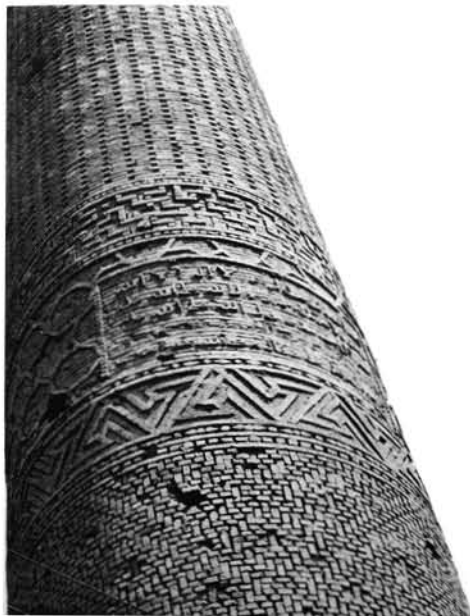
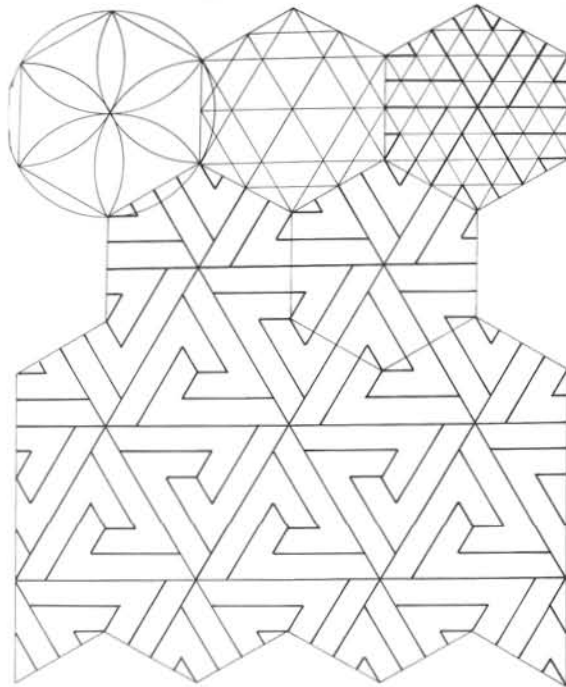
Tumba de Kharraqan, Irán, siglo XI



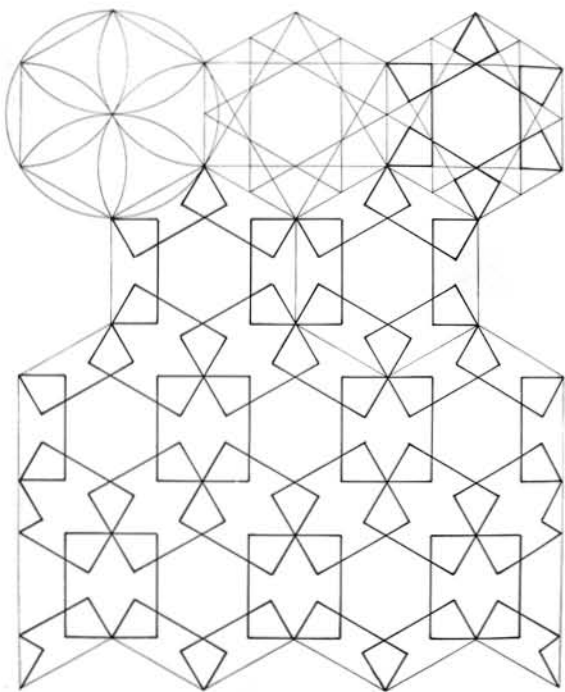
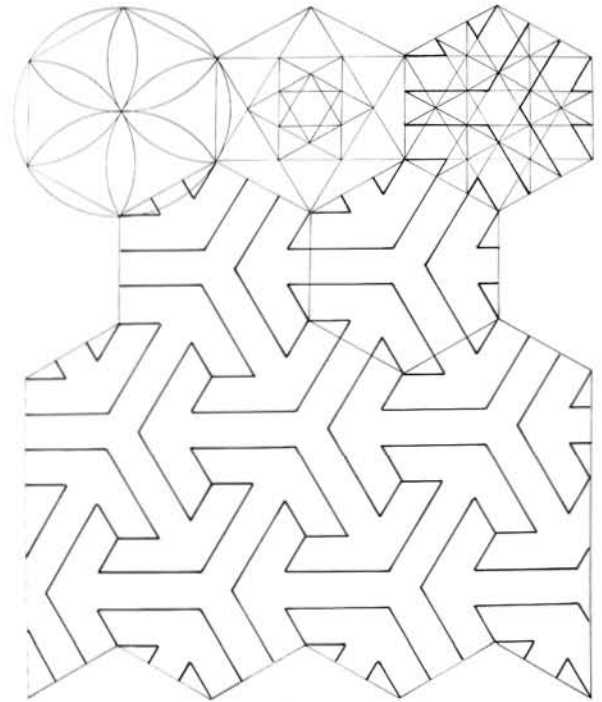
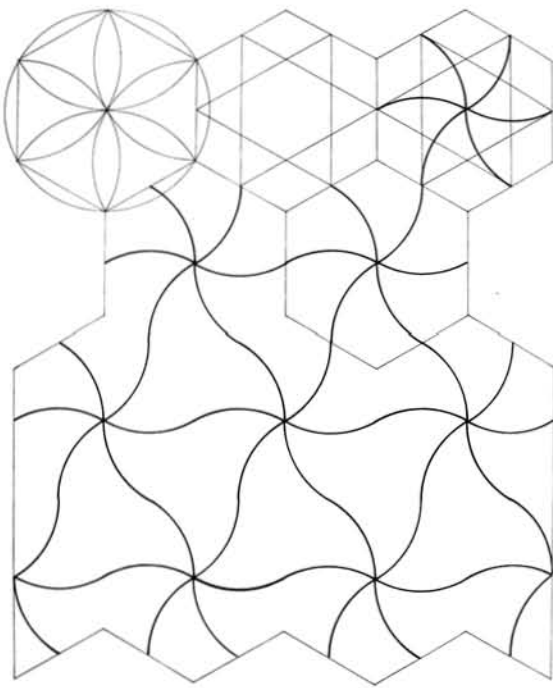
Madraza, Bagdad, Irán, siglo XIII



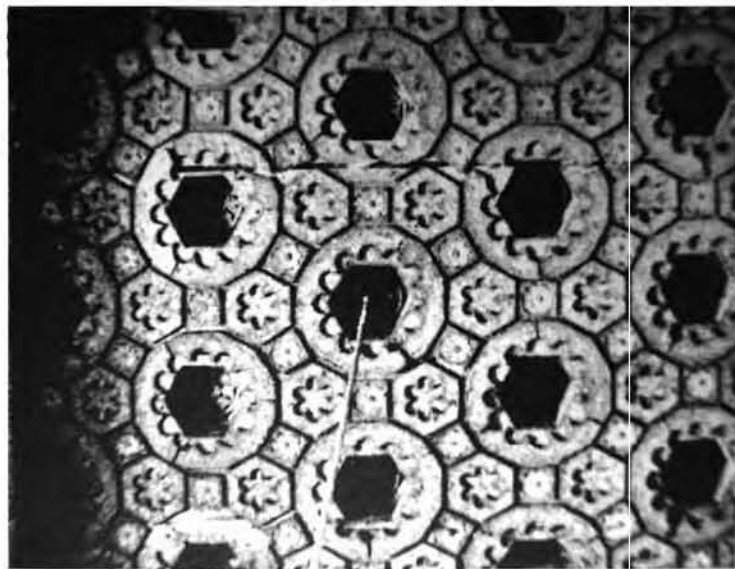
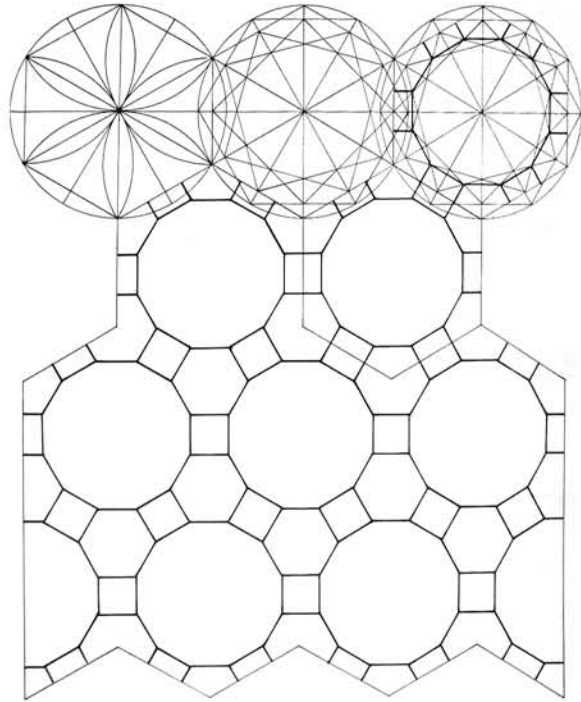
Afganistan, siglo XV



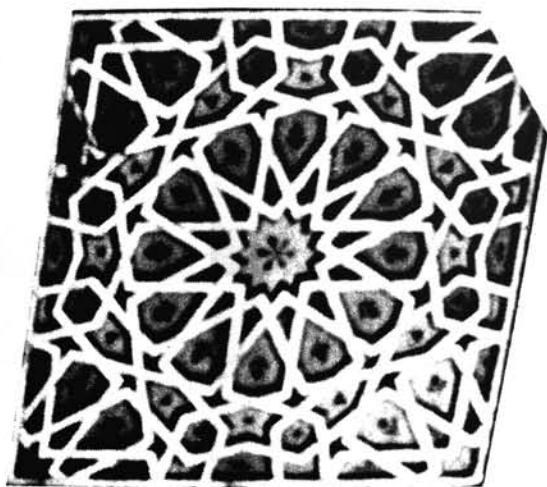
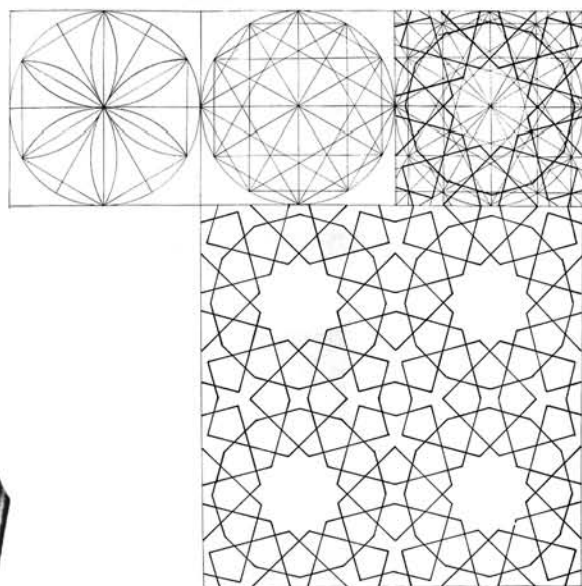
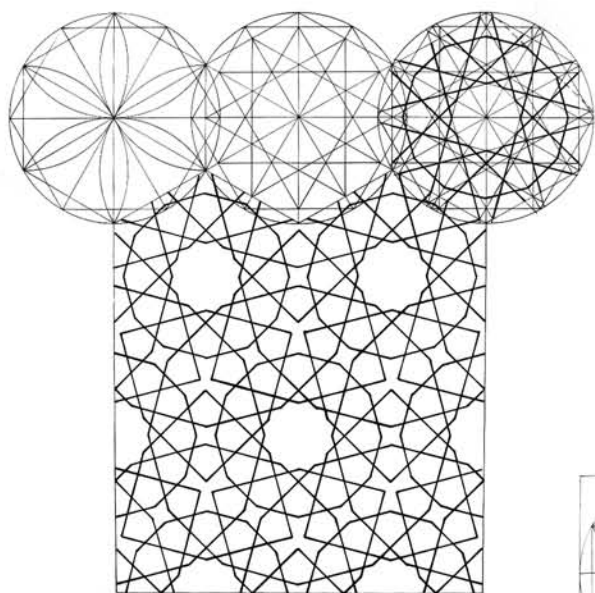
Mezquita, Irán, siglo XI



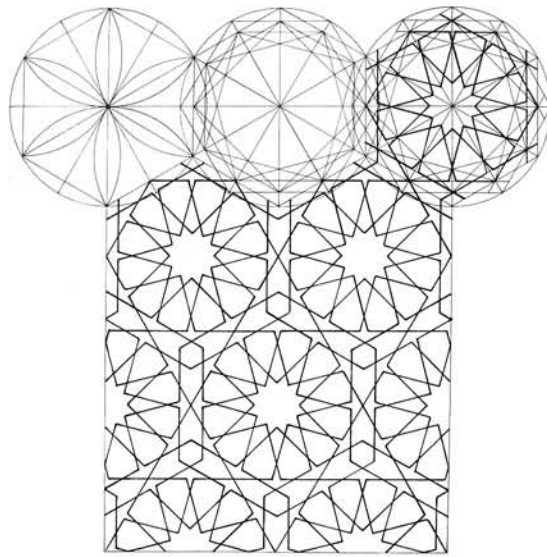
3.2.3. Dodecágonos



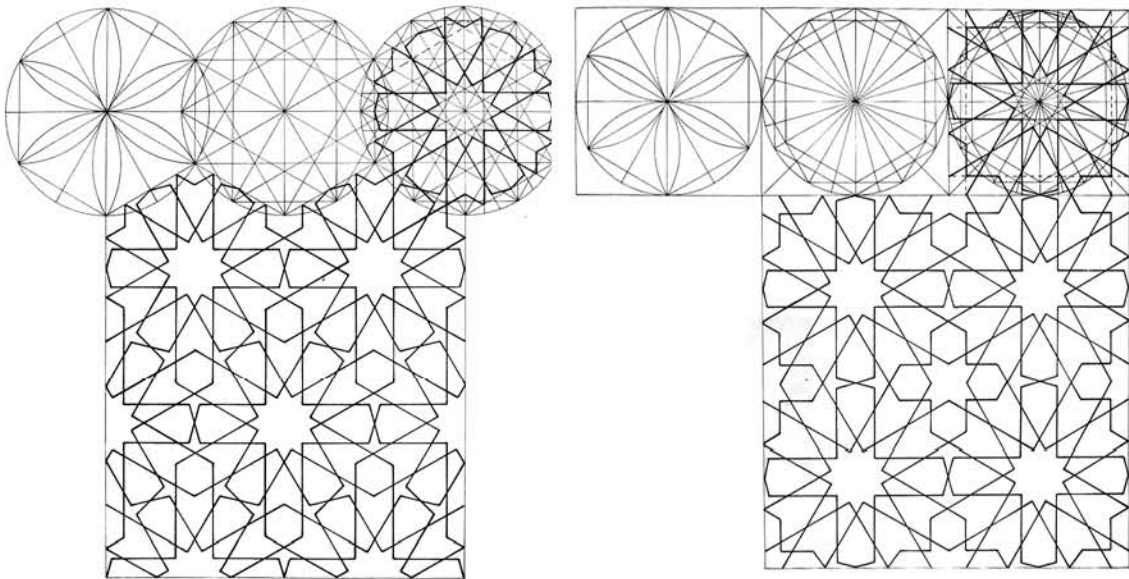
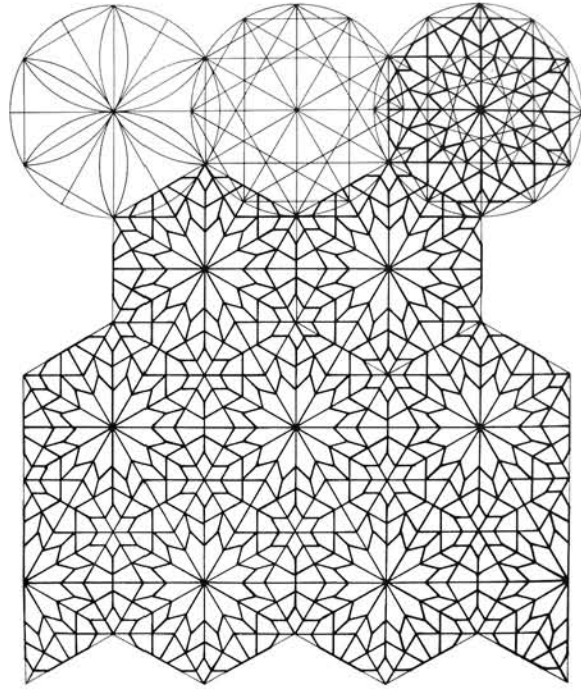
Yemen, siglo IX

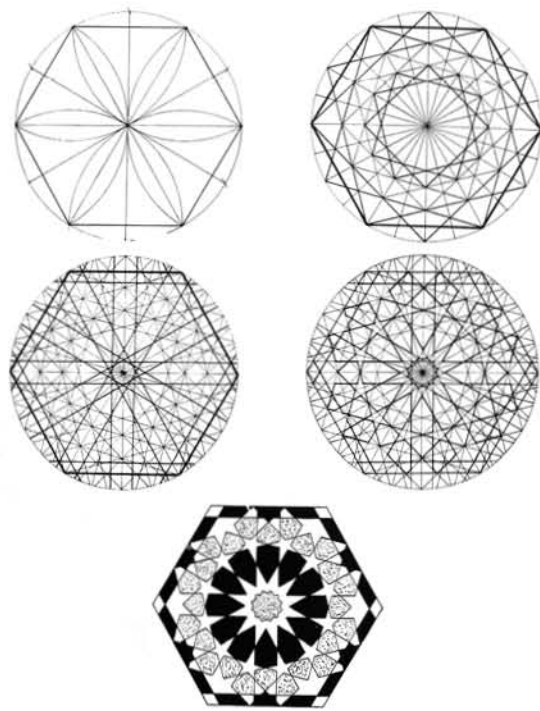
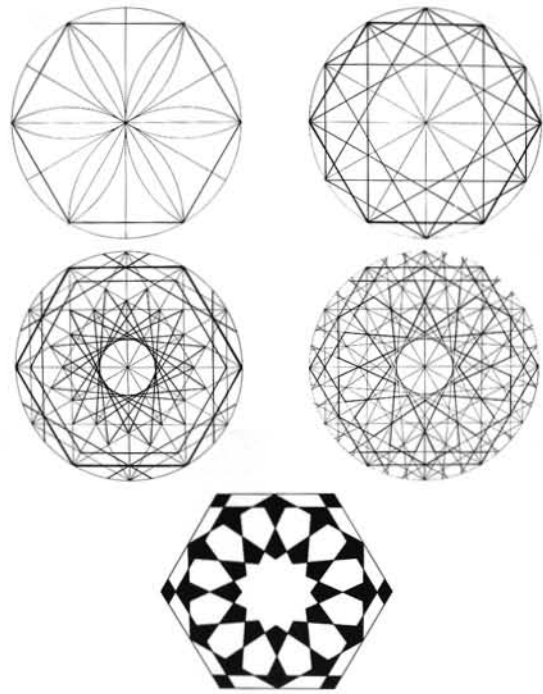


Domo de Piedra, Jerusalén



Domo de Roca, Jerusalén





3.3. *Pentágonos, Decágonos y sistema raíz de cinco*

En los diseños en donde la unidad básica de repetición se forma a partir del pentágono y el decágono el sistema de proporción que se genera es el sistema $\sqrt{5}$. De manera más particular, este sistema ha sido denominado sistema proporcional φ , donde φ ¹⁶ y se refiere a la cantidad

$$\varphi = (1 + \sqrt{5})/2.$$

En términos generales, de tres cantidades, si la mayor guarda con la media la misma razón que la media guarda con la menor, entonces se dice que están en proporción φ . Tómese un segmento de recta AC y

¹⁶ φ es llamada proporción áurea, así como razón o proporción dorada, y razón o proporción divina

divídase este por un punto B de tal forma que llamemos AB al segmento mayor y BC al segmento menor. Se dice que el todo guarda la proporción ϕ en relación con sus partes si el punto B es tal que $AC/AB = AB/BC$, en cuyo caso se tienen además que $AC/AB = AB/BC = \phi$.

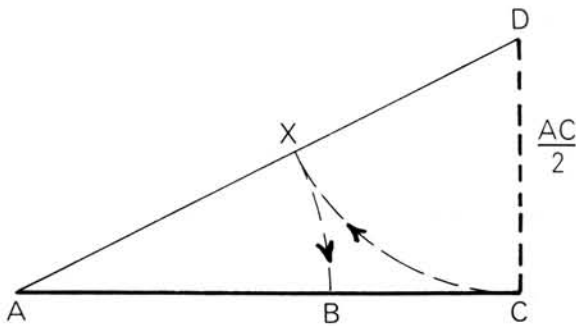


figura 1a

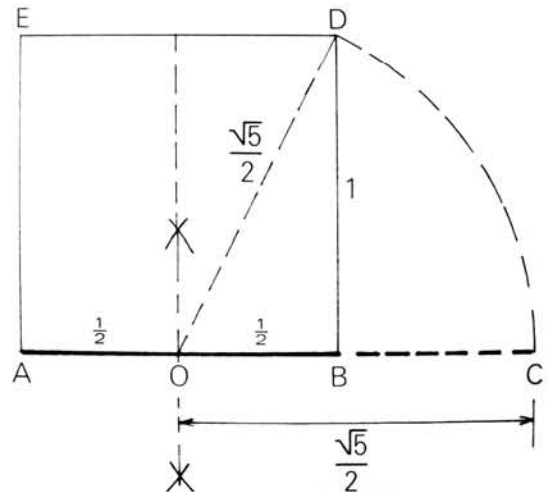


figura 1b

Existen varias formas de obtener geoméricamente la proporción ϕ . Esta proporción puede obtenerse a partir de un segmento de recta (figura 1a) o a partir de un cuadrado (figura 1b).

Tomemos un segmento de recta AB y consideremos éste igual a la unidad. Trácese el cuadrado ABDE cuyos lados serán todos iguales a la unidad (figura 1b). Tómesese el punto O sobre el segmento AB, tal que $AO = OB = \frac{1}{2}$. Entonces tenemos que $AO = OB = \frac{1}{2}$. Dado que BD es igual a 1, aplicando el Teorema de Pitágoras tenemos:

$$OB^2 + BD^2 = OD^2$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{2}\right)^2 + 1^2 &= OD^2 \\ \frac{1}{4} + 1 &= OD^2 \\ \frac{5}{4} &= OD^2 \\ \sqrt{5}/2 &= OD \end{aligned}$$

Prolónguese el segmento AB hasta el punto C de tal manera que $OC = OD$, es decir, $OC = \sqrt{5}/2$. Entonces se obtiene que

$$AC : AB = (AO + OC) : AB = \frac{1}{2} + \sqrt{5}/2 : 1$$

O bien, $(1 + \sqrt{5})/2 = AC/AB = AB/BC$

pero $AC/AB = AB/BC = \varphi$

de donde $\varphi = (1 + \sqrt{5}) / 2$

El caso que nos ocupa resulta de la relación que guarda el lado del pentágono regular con la diagonal de este mismo. Esta relación resulta ser igual a la razón áurea. Esto dado que para la construcción del pentágono, como se verá más adelante, se utiliza un triángulo equilátero cuyos lados están en la proporción φ ¹⁷.

¹⁷ Véase la proposición 10, libro IV, *cfr.* nota 3

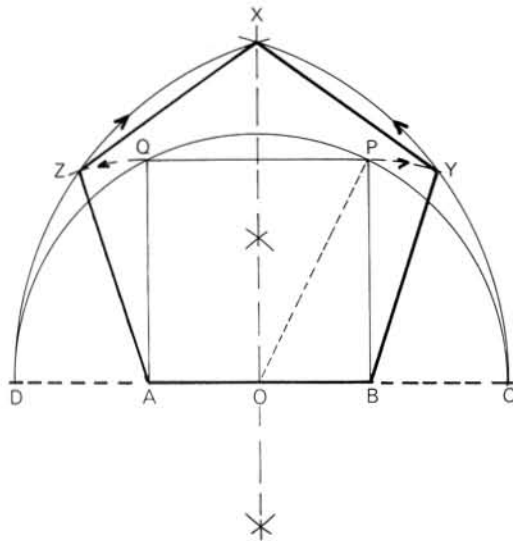


figura 2a

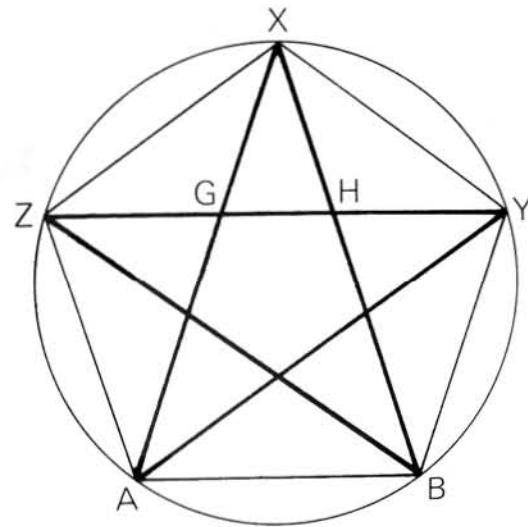


figura 2b

El pentágono regular se obtiene a partir de la circunferencia. Puede también desarrollarse la retícula de circunferencias a partir de las cuales se generen los pentágonos, sin embargo, solo veremos la construcción euclidiana para inscribir un pentágono regular dentro de una circunferencia dada, que es el modo en que se crean los diseños islámicos.

A continuación se verá la proposición 11 del Libro IV de los elementos de Euclides. En ellas se indica la forma de construir un pentágono equilátero y equiángulo inscrito dentro de una circunferencia.

3.3.1. *Inscribir un pentágono equilátero y equiángulo
en una circunferencia dada*

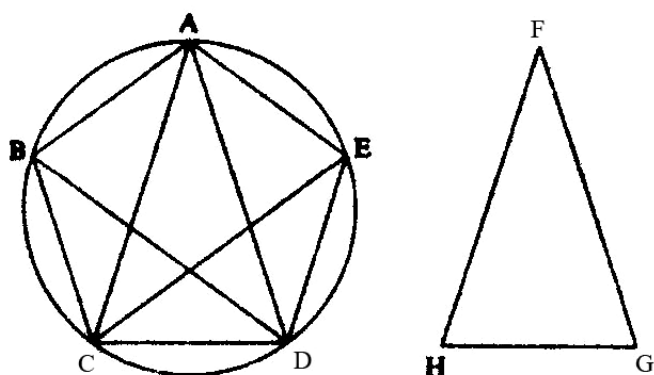
Sea ABCDE un círculo dado.

Tómese el triángulo isósceles FGH, cada uno de cuyos ángulos G y H sea el doble del correspondiente a F¹⁸. Inscríbase en el círculo ABCDE el triángulo ACD, de ángulos iguales a los de FGH, de modo tal que CAD sea igual al ángulo correspondiente F, y los ángulos correspondientes G y H sean iguales respectivamente a los ángulos ADC y DCA¹⁹, por lo tanto, cada uno de los ángulos ADC, DCA es también el doble de CAD. Ahora divídase en partes iguales cada uno de los ángulos ADC, DCA con las rectas CE y DB respectivamente, y trácense AB, BC, DE y EA.

¹⁸ Libro IV, proposición 10: Construir un triángulo isósceles cada uno de cuyos ángulos de la base sea el doble del restante.

Cabe aquí hacer una acotación interesante que da origen a un nuevo problema. Euclides basa la construcción del un triángulo isósceles cuyos ángulos de la base sean ambos el doble del ángulo restante en la división de un segmento de recta AB con un punto C tal que el rectángulo comprendido por AB y BC (en términos actuales $AB \cdot BC$) sea igual al cuadrado comprendido por AC (en términos actuales AC^2). Esta consideración da origen a la proporción áurea, pues de $AB \cdot BC = AC^2$ obtenemos $AB/AC = AC/BC$. Sin embargo, en este libro Euclides aún no aborda la proporción y menos aún la proporción áurea, que se tratan en el libro VI. Esto es una muestra de que Euclides debió conocer ya, mediante un ejercicio de análisis, en qué proporción tenía que ser dividido el segmento de recta. Por otro lado, Euclides debió conocer también que el pentágono regular, y los polígonos generados por este, eran los únicos que comprendían la proporción ϕ , dado lo cual, conocía de antemano los ángulos del triángulo que cumplían lo requerido por la proposición.

¹⁹ libro IV, proposición 2



Así pues, como cada uno de los ángulos ADC, DCA es el doble de CAD, y ha sido dividido en dos partes iguales por las rectas CE y DB, entonces los cinco ángulos ADB, BDC, CAD, DCE y ECA son iguales entre sí. Pero los ángulos iguales están sobre circunferencias iguales²⁰, por lo tanto, las cinco circunferencias AB, BC, CD, DE, EA, son iguales entre sí. Pero a las circunferencias iguales las subtienden rectas iguales²¹. Por lo tanto, las cinco rectas AB, BC, CD, DE y EA, son iguales entre sí, luego, el pentágono ABCDE es equilátero.

Ahora bien, como la circunferencia AB es igual a la circunferencia DE, añádase a ambas BCD, entonces la circunferencia entera ABCD es igual a la circunferencia EDCB. El ángulo AED está sobre la circunferencia ABCD, mientras que el ángulo BAE sobre la circunferencia EDCB, por lo tanto, el ángulo BAE es igual al ángulo AED²². Por la misma razón, cada uno de los ángulos ABC, BCD, CDE, es igual a cada uno de los ángulos BAE, AED. Por lo tanto, el pentágono ABCDE también es equiángulo.

²⁰ Libro III, proposición 26

²¹ Libro III, proposición 29

²² Libro III proposición 27

Por lo tanto, el polígono inscrito dentro de la circunferencia dada es un pentágono equilátero y equiángulo.

Para el caso de pentágono, puede también girarse este con un ángulo igual a la mitad del ángulo del pentágono para obtener el decágono. Tenemos además la estrella de cinco puntas, también llamada estrella pitagórica, y la estrella de diez puntas.

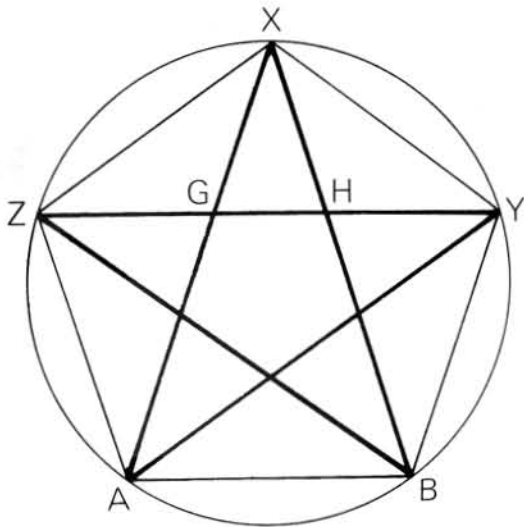


figura 4a

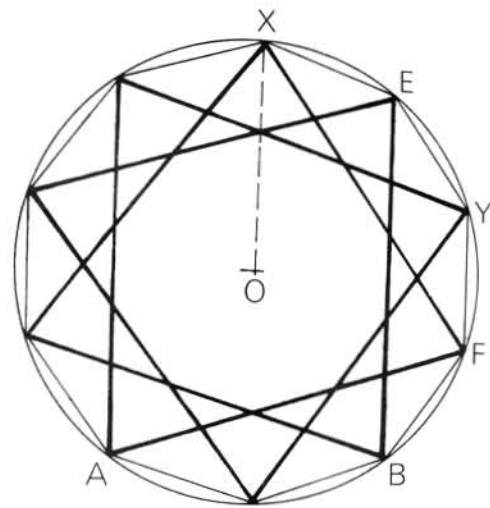
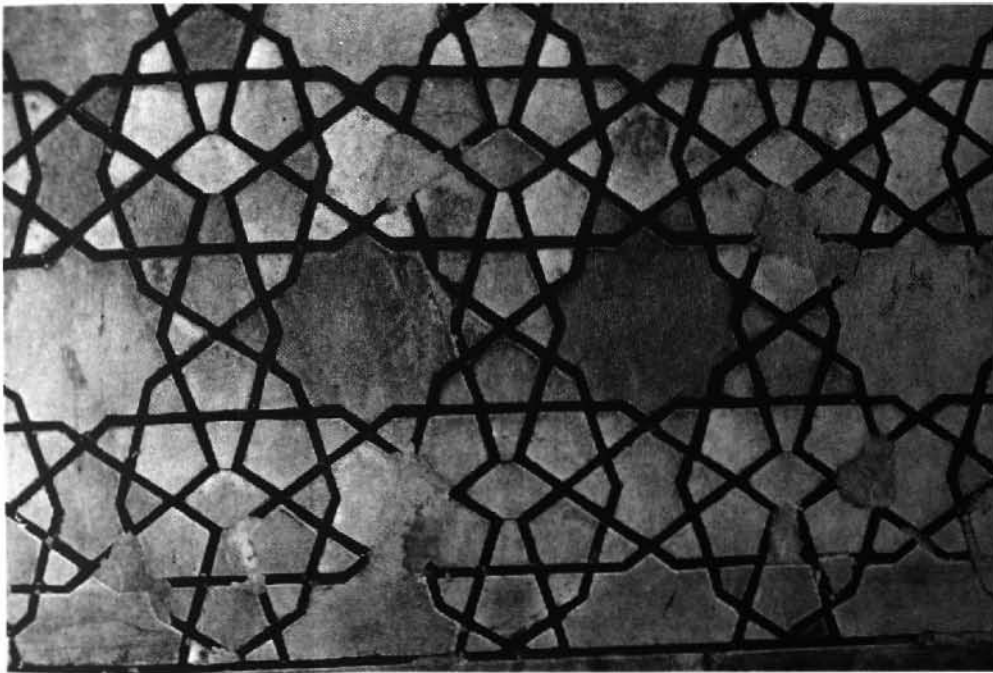
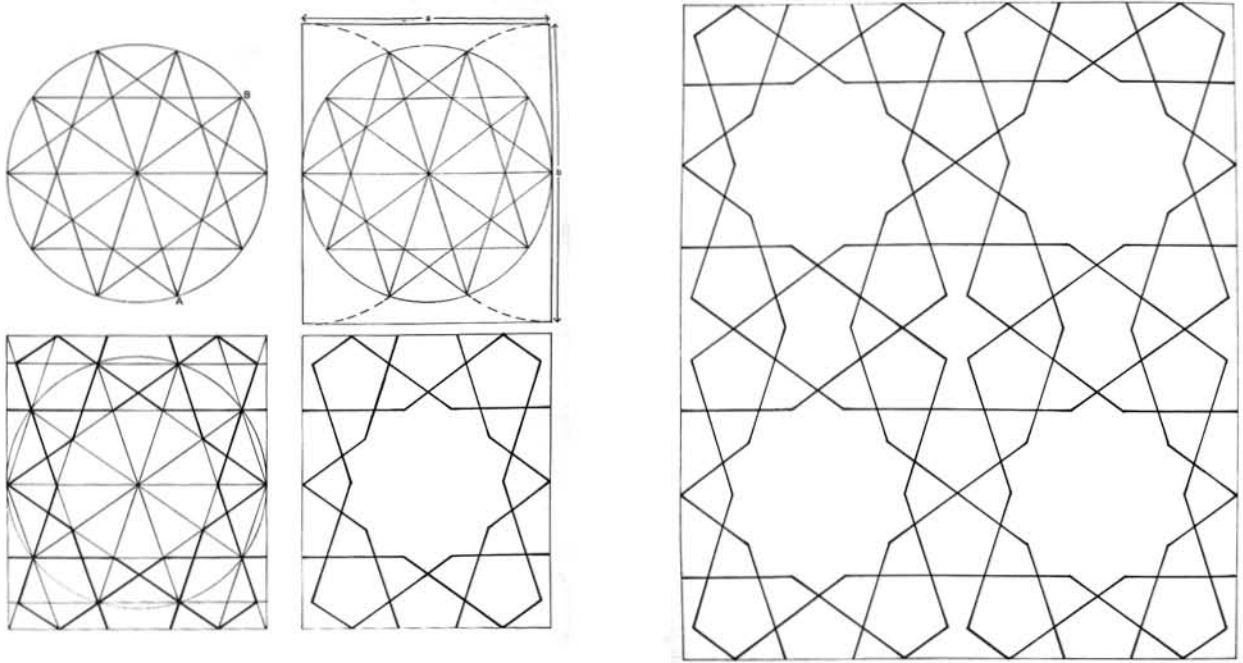
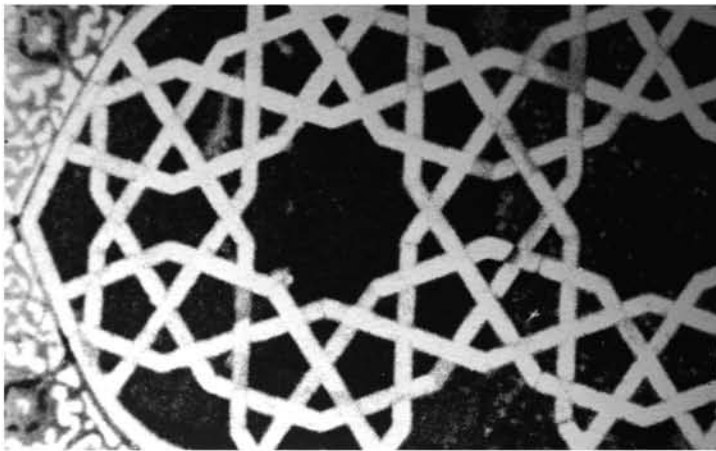
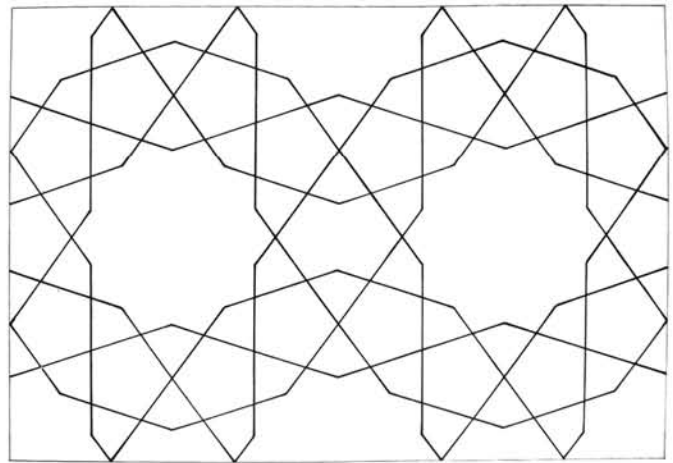
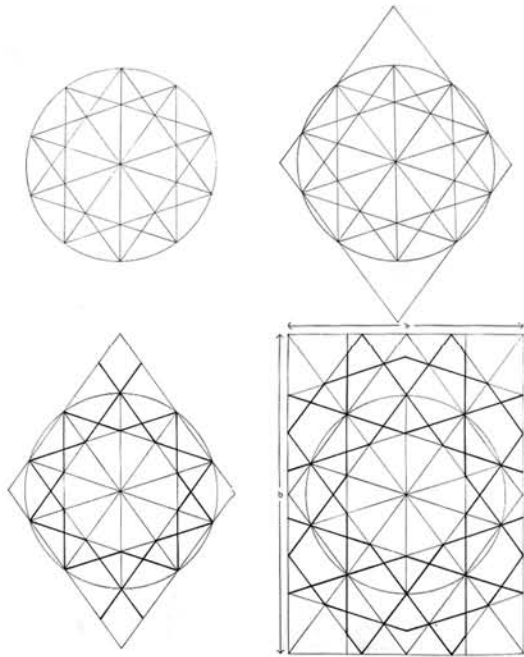


figura 4b

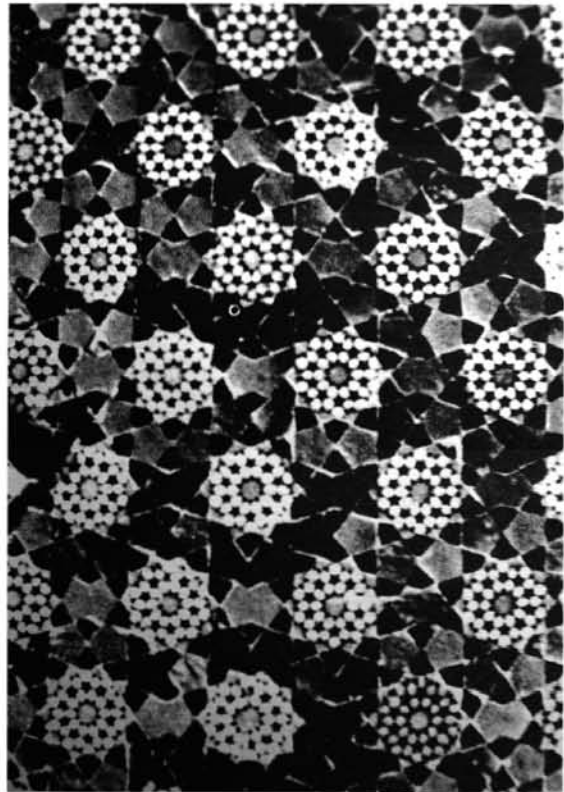
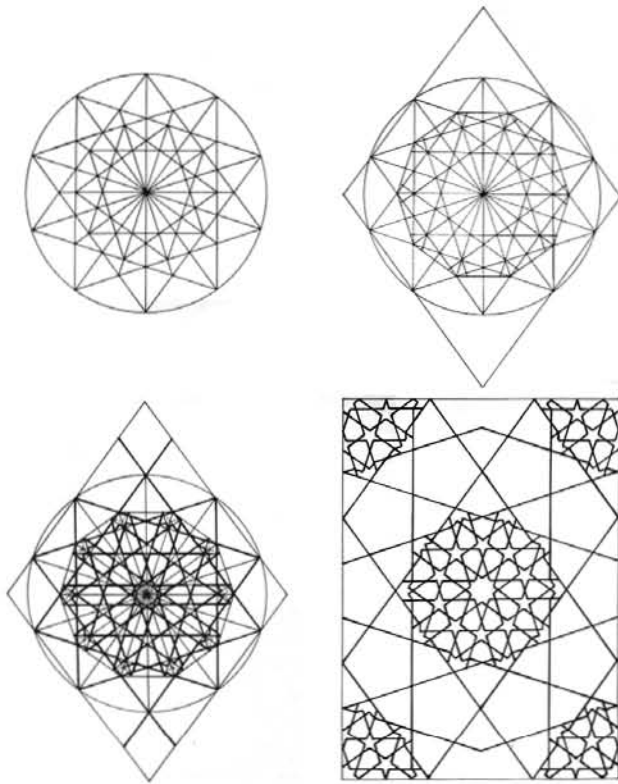
Siguen a continuación los ejemplos de los mosaicos que se obtienen a partir del pentágono, cuyo sistema de proporción es con base en $\sqrt{5}$.



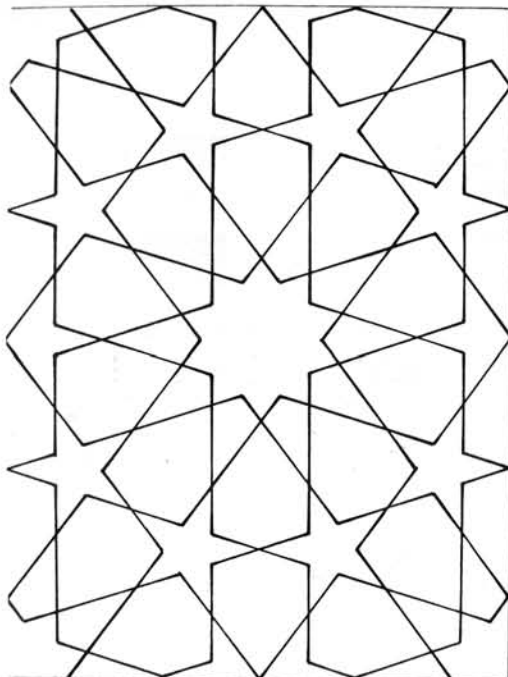
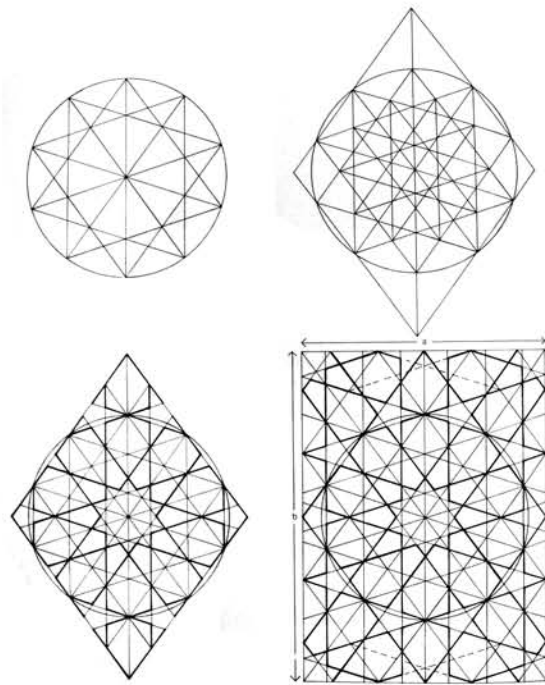
Afganistán, siglo XV



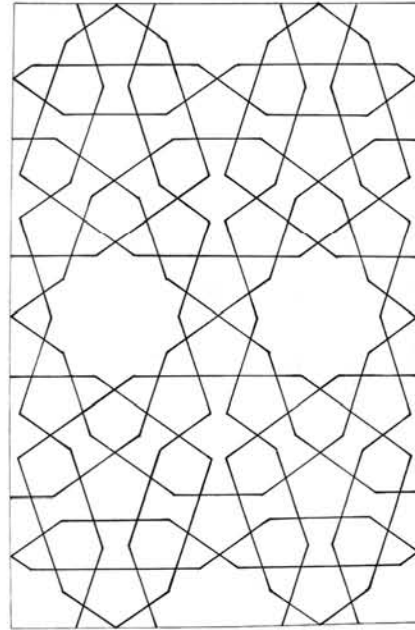
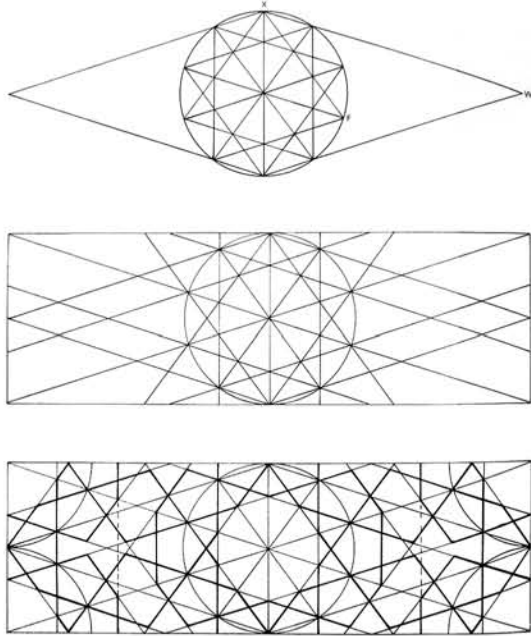
Mausoleo, India, siglo XVII



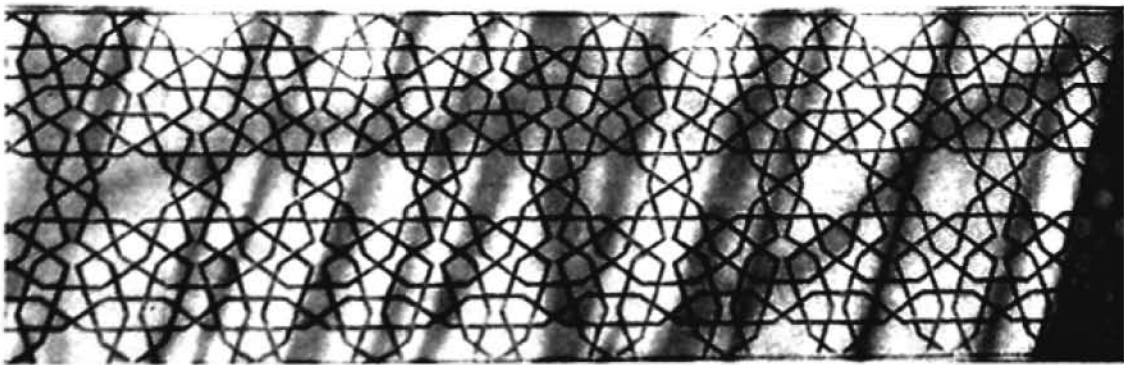
Irán, siglo XVIII



Afganistán, siglo X



Altar, Irán, siglo XV



Análisis geométrico de la caligrafía islámica



1



2

¹ *لحسن من درو و مرجان. قار انسان بانسان. - والية ابن الحباب القرن 8* Más valioso que la perla o el coral es el gesto que el hombre dedica al hombre, Ibn al-Habbab, siglo VII. Caligrafía de Hassan Massoudy.

² *Mientras escuches el corazón de la vida, encontrarás la belleza de todas las cosas, Khalil Gibran.* Caligrafía de Hassan Massoudy.

4.1. *La caligrafía islámica y su geometría*

4.1.1. *La lengua árabe*

El extenso comercio fenicio, y el hecho de no encontrarse centralizado, hizo necesario que cada comerciante pudiera llevar con cierta facilidad sus propias anotaciones, lo cual los condujo al desarrollo de la aritmética. Para ello fue simplificándose el sistema de la escritura, hasta llegar a establecer un alfabeto con poco más de 20 signos que representaban sonidos. Los fenicios son considerados los creadores del alfabeto. El alfabeto fenicio fue transmitido por estos a los griegos, quienes lo modificaron y lo pasaron a los romanos.

Pero aquello que caracterizó sobre todo a los fenicios, es que se les considera los creadores del alfabeto, un tipo de escritura no ideográfica. Los más antiguos restos de escrituras semijeroglíficas provienen del año 2000 a. C. y son de origen fenicio. Por otro lado, si ellos no inventaron el alfabeto, por lo menos fueron los primeros en introducirlo en las naciones con las cuales tuvieron contacto por motivos comerciales.

La lengua fenicia pertenece a la familia de las lenguas semíticas, que eran habladas al mismo tiempo por los hebreos, caldeos, asirios, sirios y probablemente por una gran parte de la población de Egipto. Su escritura era cuneiforme y su alfabeto silábico, es decir, compuesto de letras que formaban sílabas y palabras, y podía representar gráficamente todo el sistema vocal de una lengua. Contaban con 22 signos de forma parecida a los de la aramea y cuyos nombres se consideran de un significado bien definido en hebreo. Estos signos eran empleados como signos de sonidos y son la evolución de aquellos simbólicos figurativos como los jeroglíficos. Su escritura es la clásica semítica que se lee de derecha a izquierda y con las formas lineales del alfabeto semítico. El árabe se deriva de esta familia de lenguas.



Tablilla donde se muestra la escritura fenicia

De la escritura, podemos decir que el árabe es un idioma que se escribe de la derecha hacia izquierda, según lo que consideran un movimiento natural para quienes no son zurdos³. Este tipo de escritura tiene algunas versiones. Por un lado, el hecho de iniciar de la derecha hacia la izquierda sugiere un movimiento de arriba hacia abajo, simbólicamente, la derecha sería superior a la izquierda del mismo modo que lo alto es superior a lo bajo. Por otro lado, se sugiere que este tipo de movimiento genera un acercamiento del mundo exterior hacia el interior, dirigiéndose al corazón.

ج	ث	ت	ب	ا
ر	ذ	د	خ	ح
ض	ص	ش	س	ز
ف	غ	ع	ظ	ط
ن	م	ل	ك	ق
	ي	و	ه	

Alfabeto árabe, consta de 28 letras

³ Cfr. www.callegrafie/abc.calligrafia

4.1.2. *La caligrafía*

El arte religioso del Islam se concentró en la arquitectura y la caligrafía buscando cada vez con más intensidad modos de expresión que identificasen la nueva fe frente a los demás credos.

Más que representar el mundo que los rodeaba de una forma real, los artistas islámicos (arquitectos, artesanos, poetas escultores, bailarines) se esforzaron por cambiar el mundo, materializando su deseo de perfección espiritual a través de obras materiales dedicadas al servicio de Dios.

En cualquier caso, la plástica que salió reforzada de la querella entre teología y figuración, y la que mejor y más ampliamente integró los ideales figurativos de la sociedad islámica, fue la caligrafía. Sus creadores gozaron de un amplio reconocimiento social, y ella dio origen a una gran cantidad de tratados y a una tradición artística sin igual.

Este arte se encargó de plasmar el mensaje divino en los lugares de culto, a través de los principios estéticos de unidimensionalidad, apertura unidad, armonía, ritmo, y todos los elementos que conforman la estética artística. Además, la caligrafía no se limitó al papel, sino que extendió el mensaje divino a todas las

obras humanas para embellecer las superficies con el más personal y significativo de los signos del Islam, la lengua árabe de la revelación y sus caracteres únicos.

Junto a ella, las artes decorativas de base geométrica, como la lacería, el arabesco y los mocarabes, en sus inagotables soportes y variedades formales, constituyeron una riquísima plástica con principios estéticos precisos. Así, la caligrafía y la geometría artística del Islam hicieron del arte islámico, con una práctica profunda, coherente y creativa, un arte diverso y característico de esta cultura.

“La importancia de la caligrafía dentro de la civilización árabe es tal que ni siquiera existe una palabra para designarla”⁴

La importancia de la lengua árabe se debe a ser considerada el medio de la revelación, de así la necesidad de pulsar un vocabulario estético por sí mismo. Así, la expresión de los gustos e ideales estéticos de la Arabia viene entrelazada al vocabulario estético que lo sustenta, confrontado a los valores estéticos occidentales.

Este papel fundamental de la escritura dentro del mundo árabe viene realizado por la tradición. Según ésta. Mahoma es considerado un hombre analfabeta, pese a lo cual, se dice que el arcángel Gabriel descendió del cielo para mostrarle la palabra escrita de Dios indicándole leer: *“Mahoma, tú eres el profeta de Dios y yo soy Gabriel, el ángel de Dios, y te he traído un mensaje para que tú lo leas”*. Mahoma responde: *“¿Cómo leeré yo, que no sé leer?”*. Gabriel le dice: *“¡Lee en nombre*

⁴ Lucien X. Polastron, *Découvertes des calligraphies de l'arabe*, p. 7

de tu señor que ha creado todo!” Gabriel dice: “Tu señor es el generoso por excelencia; Él es quien ha enseñado la escritura y ha enseñado a los hombres lo que saben”⁵.

En un principio, la transmisión del Corán se hizo de manera oral, surgiendo gente especializada en memorizar las revelaciones. Pero el proceso de transmisión oral no pudo mantenerse por mucho tiempo y surgieron las primeras anotaciones, hechas en materiales diversos y con un sistema de grafía rudimentaria y de difícil comprensión. No es sino entre 644 y 656 que el tercer califa, Uthmán, ordena la elaboración de un texto que debía servir como vulgata definitiva del Corán. A pesar de que el nuevo texto pretendía eliminar todas las divergencias de recitación existentes en la comunidad musulmana, éste no respondió a todas las exigencias de la comunidad y hubo de experimentar ajustes y mejoras, así como las aportaciones de escribas que fueron perfeccionando el sistema de grafía. Así, el texto que ha llegado hasta nosotros y que podemos considerar vulgata del Corán deriva de un trabajo de elaboración de más o menos dos siglos.

El texto del Corán está dividido en 114 capítulos o secciones denominadas suras y cuya extensión es muy variable, de entre 3 y 286 versículos. Todas las suras comienzan con la llamada basmala, es decir, la invocación *“en el nombre de Allah, el misericordioso, el compasivo”*⁶. La sura primera, llamada fatiha, tiene una importancia particular, pues recoge el contenido de la revelación y lo reduce a la ba inicial.

La lectura del Corán en la práctica musulmana es de gran importancia. Se trata de una recitación salmodiada que debe guiar a la adoración divina y a la meditación, está orientada a producir armonía, a la vez que es capaz de provocar un alto nivel de satisfacción estética por la sonoridad del texto.

⁵ Morales, *op. cit.*, p. 23

⁶ *ibidem*, p. 42

Por otro lado, la teología musulmana ha hecho del Corán un texto inimitable, dado lo cual se presenta como un verdadero milagro del profeta, a través de quien Dios ha transmitido a los hombres un mensaje de incomparable belleza. La palabra viene a ser un mandato creativo decretado por Dios en lengua árabe. Por ello, pese a la norma de inimitabilidad del Corán, se desarrollará todo un arte en torno a la reproducción escrita de éste, que no deja de ser el texto más representativo del pensamiento y de los modos de expresión artística propios del mundo islámico.

Por todo lo anterior, la caligrafía fue considerada como un arte con rango propio y hallará su máxima expresión en la figura de Ibn Muqla.

La caligrafía se desarrolla en el segundo siglo de la era islámica y rápidamente se vuelve una de las artes máspreciadas. La caligrafía es el arte islámico por excelencia, de hecho, es una de las dos artes consideradas “coránicas”, junto con la recitación del libro sagrado.

La caligrafía era valorada como un arte del espíritu, el saber, la política, la literatura y la religión, lo cual la hace un arte suprema. Esto, aunado al hecho de que la enseñanza de la religión y los actos de devoción se adjudicaron a la caligrafía, por ser el Corán un texto escrito. Así, la caligrafía, si no participa como tal en el culto, se encarga al menos de trasladar el mensaje divino al espacio y los objetos religiosos, y hacerlo siempre presente y bello a los ojos de los fieles.

En el mundo árabe, el calígrafo gozaba de una posición privilegiada por encima de los otros artistas. Un ejemplo de ello es que gracias al Corán, los nombres de grandes calígrafos han llegado hasta nuestros días, cosa que no sucedió en el caso de arquitectos pintores o artesanos.

Para los árabes (grandes amantes también de la poesía), la caligrafía representó la materialización visual del lenguaje más bello creado, el del Corán. Este arte es la perfección del lenguaje coránico que alienta/ induce a los habitantes del desierto a creer en un hombre que solo y sin poderes deseaba llevar el mensaje divino a toda la humanidad.

Actualmente, la influencia de la caligrafía árabe es tal, que es el único arte árabe que posee representantes tanto musulmanes como cristianos en Estambul, el Cairo, Beirut, Damasco, etc. De hecho, las producciones caligráficas árabes de todos los siglos han sido en gran parte obras de no árabes, como egipcios, bereberes, turcos o persas (estos últimos considerados grandes maestros calígrafos). Esto es también una muestra del poderoso desarrollo cultural que el Islam inspiró en otros pueblos.

En sus comienzos, la escritura árabe preislámica era legible sobre todo para aquellos que sabían hablar árabe, ya que muchas letras distintas se escribían de la misma manera, y era el sentido de la frase el que le daba valor a tales letras.

Cerca de cuarenta años después de la muerte del Profeta la necesidad de hacer leer el Corán en árabe (la lengua sagrada) a no árabes, así como de disminuir errores de recitación a los árabes poco cultos, llevaron a al-Hajjaj (gobernador de Mu'awiya y ex maestro de escuela) a realizar una reforma ortográfica con la introducción de los puntos diacríticos para distinguir las letras iguales (como ba, ta y tha, o dal y dhal), y de signos de vocalización tomados del siríaco.

En su comienzo, se carece de una teoría estética sobre la composición armónica y proporcional de las letras individuales y en conjuro, lo cual no la hace menos armónica, pues el objeto es acercarse a la creación divina. Posteriormente, dicha composición armónica y proporcional se vuelve uno de los temas de mayor interés para el estudio del pensamiento estético, ejemplo de esto es la tratadística de los Ijwan al safa', y del propio al-Tawhidi. no faltan entonces tratados caligráficos de contenido místico y hasta mágico.

Con respecto a al-Tawhidi, cabe mencionar que él mismo fue calígrafo, por lo cual realiza un tratamiento de la caligrafía con una amplia perspectiva artística, dedicando una parte a opiniones de griegos como de musulmanes sobre todo lo que tenía que ver con la caligrafía.

“El katib al- jatt ha de ser copista y calígrafo, y tanto uno como lo otro, tienen por objeto transmitir la expresión verbal representándola verbalmente, para lo que necesitan realizar una letra elegante y enérgica (...) revisando el cálamo y hacerle un corte perfecto, establecer una buena medición previa y saber dónde ubicar correctamente las pausas.”⁷

Esto nos muestra cómo la caligrafía permite transmitir el lenguaje a través de la escritura siguiendo una serie de técnicas cuya finalidad era conseguir una letra clara, sólida y hermosa. Se revela una profunda interrelación entre las artes de la palabra y las artes visuales que, aunado a un análisis de la lexicografía realizado por ciertos críticos, sientan las bases para la teoría de un origen común de estas artes gráficas.

⁷ Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 240

El Corán habla en términos estéticos tanto del universo y la naturaleza, como del propio hombre y sus obras. Él mismo, como texto revelado, es concebido como una obra bella y perfecta. El Corán es el texto capital de la cultura islámica, y como tal, será el motivo recurrente y fundador de una de las mayores y más auténticas artes del Islam, la caligrafía (al-Jatt). Esta recubrirá la superficie de todo arte islámico revistiéndolo de una múltiple expresión visual (por tratarse no solo de figuras), rompiendo con la dualidad expresión-contenido, para metamorfosear el propio texto coránico en los bellos trazos de la caligrafía, dando origen a un nuevo arte que exigía nuevas reflexiones que rebasen los problemas del lenguaje y entren en los de la estética visual.

“Os ha venido de Dios una Luz, una escritura clara”⁸

“Así será, Dios crea lo que quiere. Cuando decide algo, le dice tan sólo: ¡Sé! y es. Él (Dios) le enseñará la escritura, la Sabiduría, la Tora y el Evangelio.”⁹

Existe aquí una disyuntiva sobre la inimitabilidad del Corán (Iyaz) y la reproducción perfecta del texto sagrado. Pero al ser humano se le encomienda en el imán una doble mirada. La externa, como percepción visual o sensitiva, cuya misión será ver para comprender el mensaje divino. Y la interna, encargada de llevar hasta el alma los signos de Dios. Se propone de este modo una teoría del conocimiento según la cual la percepción sensible tiene como fin sustentar la fe a través de dirigir al intelecto las percepciones obtenidas de la contemplación objetiva.

⁸ Corán 15, 5, *cit. pos.* Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 87

⁹ Corán 3, 47-49, *cit. pos.* Puertas Vilchez, p. 89

En el Corán se practica la asociación del blanco con la bondad y el negro con su contrario, la maldad.

Una de las condiciones de toda correcta caligrafía, es la de establecer una buena medición previa, tanto del papel como de las primeras letras. Antes de comenzar, la preparación previa del papel es esencial.

“Se trazará con la mejor de las medidas posibles distribuyéndose las líneas proporcionalmente; entonces, se dibujaran las letras uniéndolas y separándolas equitativamente sin cortar nunca una palabra aunque se cambie de línea e igualando simétricamente sus cuerpos. En cuanto a los adornos, hay que atenerse al estilo de cada caligrafía, sin añadirle ni quitarle nada, o de lo contrario se variará su elegancia y se perderá su simetría”¹⁰

Una vez establecidas las proporciones numéricas que formarán el marco visual cuya base es la línea, se deben seguir las leyes del trazado armónico de cada una de las letras y del conjunto, buscando la disposición de estas de acuerdo al más bello orden en cuanto a “*delicadeza y sutil elegancia*”¹¹.

“dejando en blanco el folio o el papel por todos sus lados, a derecha, izquierda, arriba y abajo, de acuerdo con relaciones proporcionales, realizando también los comienzos y los finales de las líneas equidistantes entre sí, puesto que cuando divergen unas de otras queda feo y se estropea; la distancia entre las líneas debe establecerse sobre la base de una misma proporción”¹²

¹⁰ al-Tawhidi, *cit. pos.* Puertas V., *op. cit.*, p. 233

¹¹ Puertas Vilchez, *op. cit.*, p. 231

¹² Puertas Vichez, *op. cit.*, p. 231

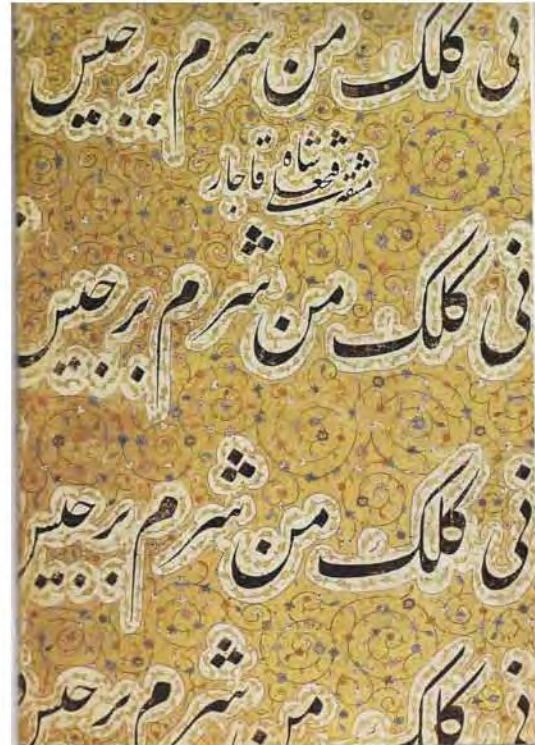
El cálamo es también un elemento importante en este arte, ya que de hecho la caligrafía depende del tipo de cálamo que se use y se debe saber tratarlo ante de comenzar. El cálamo llega a determinar los tipos de caligrafía dependiendo de su grosor y la inclinación con la cual haya sido cortada la punta de este. Existen cálamos gruesos finos e intermedios, con lo que la caligrafía toma también estas variedades, pero se procura que no llegue a ser ni ruda ni fina en exceso.

El calígrafo debe dar un ángulo de inclinación al cálamo, al realizar la caligrafía, de una manera tal que le otorgue un sesgo y presión adecuados

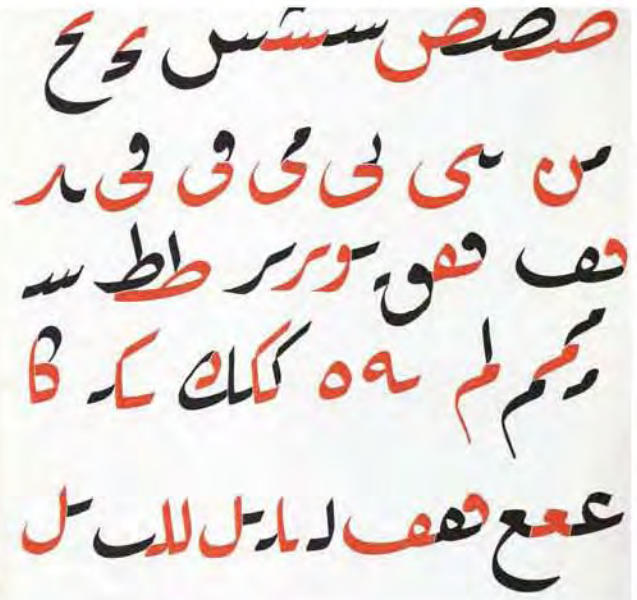
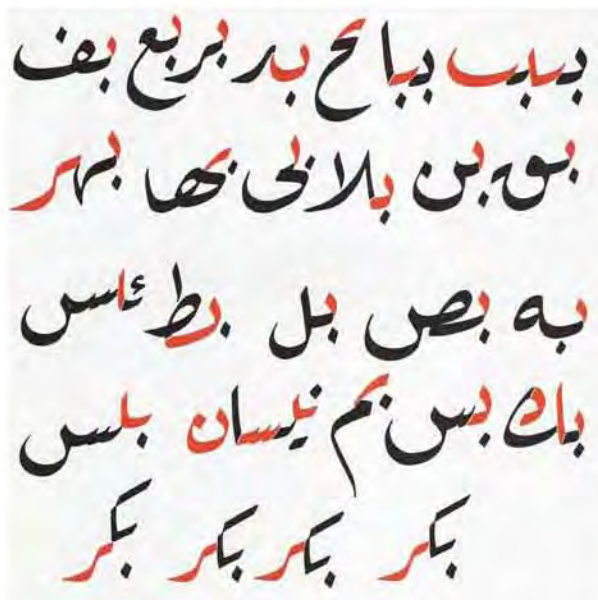
Dentro de la caligrafía árabe existen diversos estilos que generalmente son reducidos a siete principales: el *thulthi*, el *naskhi*, el *nasta'liq*, el *diwani*, el *koufi*, el *maghrebi* y el *riq'a* o *roq'a*. En un principio estuvieron directamente relacionados con los materiales de los cuales disponían los calígrafos, además, cada uno de ellos fue utilizado para tareas diversas. Dentro de las características que marcan las diferencias entre un estilo y otro podemos notar el grosor y largo de los trazos así como la angulosidad de los mismos.



Corán, 1500. Estilo naskhi



Ejercicio de repetición. Estilo nasta'liq



Ejercicios de caligrafía. Estilo riq'a o roq'a

Rihānī

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Thuluth

رَبِّ لَيْسَ وَلَا تَعْسَرَ رَبِّ تَمَّ بِالْخَيْرِ وَبَرِّ

Thuluth Jali

مَا لِلنَّاسِ

Ta'liq

باقی مسباد سرکہ نخو اہد بقامی تو

Ruq'ah

اَلْجَبَّارِ اَدَمَ تَكْمَلُ اَبِي عَمِي رُو بَانَدَر .

Naskhī

فَا لَلّٰهُ خَيْرٌ حَافِظًا وَهُوَ اَزْجَمُ الرَّاحِمِيْنَ

Diwānī

طِبِّبِكَ لَسْ وَهُوَ كَبْرُ مَرِيضِكَ صَحْتُهُ سَوِيْلُهُ

De las diversas formas de los trazos árabes, destacan dos tipos principales de rasgos, aquellos de trazos rectos como en el estilo koufi (el más importante de ellos), y los de trazos más curvos, como el thulthi que es, de hecho, la escritura de uso corriente.



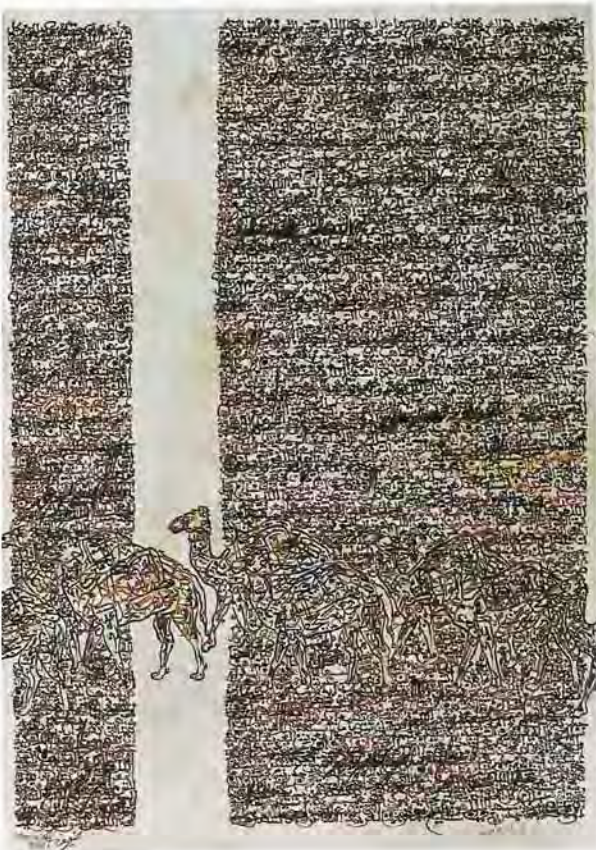
Corán, Irán o Iraq, siglos XI o XII. Estilo koufi



Texto de África del Norte, s. XII. Estilo maghrebi



Firma del sultán Murad III, Estambul, 1575. Estilo diwani



Noureddine Daifallah, Caligrafía, 1999

El distinguido calígrafo abassi Ibn Muqlah es considerado como el primero en desarrollar un método geométrico de construcción y proporcionalidad para las letras cursivas árabes. La pluma para el trazo de la línea debía emplear una unidad de medida determinada a partir de un punto (nuqtah).

Para los árabes, la pluma, llamada cálamo (qalam), es el instrumento que distingue al hombre de las demás criaturas, dado que le permite escribir y, por consiguiente, fijar para la eternidad cualquier palabra, un significado abstracto, del mismo modo que Dios escribió en el libro del destino.

El canon o escala de proporciones en la escritura musulmana tiene como base el punto romboidal trazado por la punta del cálamo. En el siglo XIII, los elementos de las letras se encontraban todavía inscritos en un círculo que las rodeaba por todas partes. Esta base geométrica ha desaparecido en la escritura vulgar, pero el canon aún se conserva.

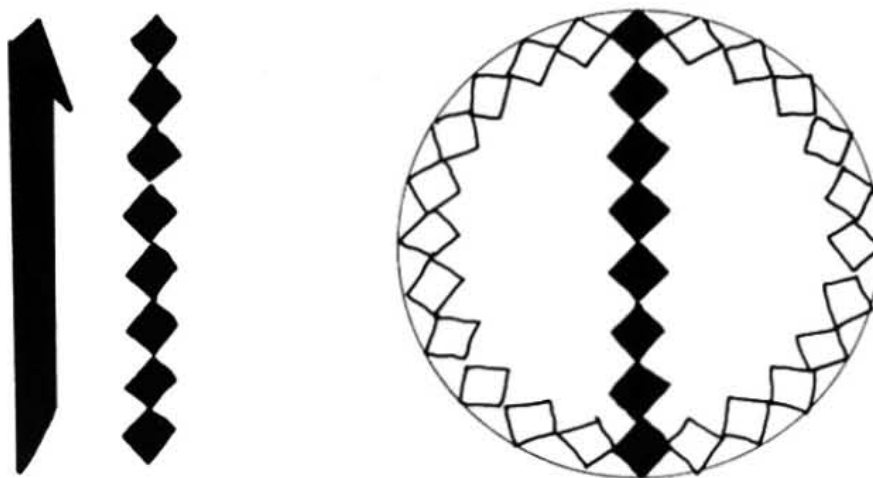
El cálamo determina las dimensiones del punto. Del punto multiplicado se obtiene la línea, de los puntos extremos de la línea surge, al hacerlos girar, la circunferencia, y esta, rotada en torno a su centro, da origen a la esfera. El punto que diseña la pluma, una vez escogido, es usado como unidad de medida para determinar la proporción entre la altura y el ancho de cada letra.

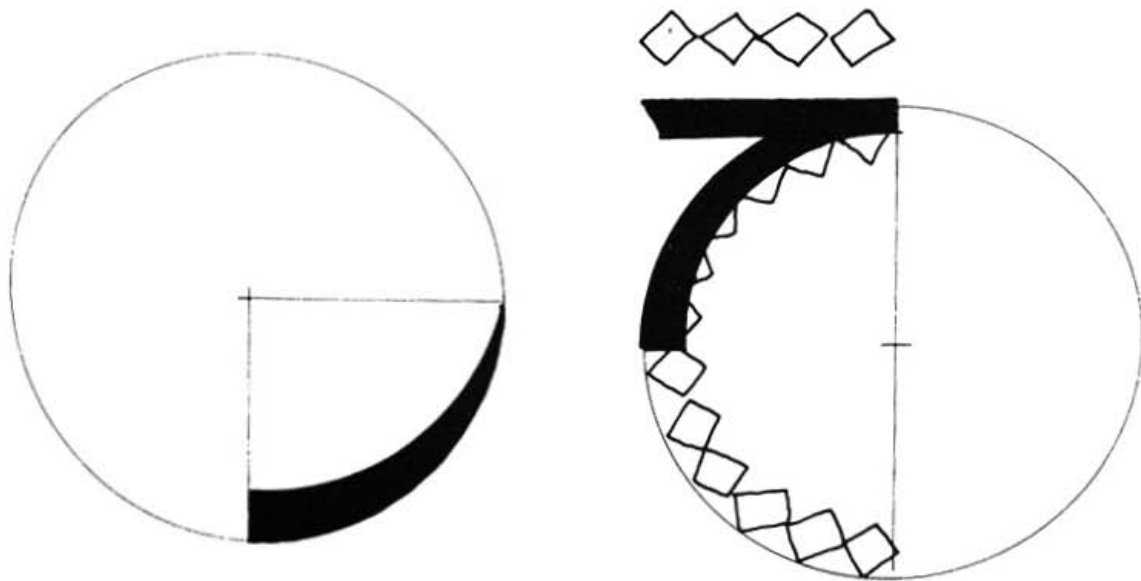
En la primera enciclopedia de la historia, de los Hermanos de la Pureza (siglo X), en lo que se refiere a la construcción estética de la escritura se dice que: "La línea recta es el diámetro del círculo y la línea curva presenta la circunferencia del círculo"¹³, donde por la línea recta que será el diámetro del

¹³ Los Hermanos de la Pureza, cit. pos. Sami Burhan, Estetica dell'alfabeto arabo. Calligrafia, pittura, scultura, p. 13

círculo se tomará a la primera letra del alfabeto, alif, mientras que por línea curva se refiere a los arcos que constituyen las demás letras.

La letra alif, la primera letra del alfabeto árabe, determina la base de la construcción para todas las demás letras. Así, en general se considera a la letra alif del tamaño de ocho puntos. Esta determina el diámetro de una circunferencia que servirá de base para delimitar las demás letras. El perímetro de la circunferencia está considerado en una medida de 24 puntos. Entonces, las medidas proporcionales de todas las letras del alfabeto derivarán de la circunferencia que se tome. Cabe hacer notar el hecho de la consideración del perímetro de la circunferencia en una medida que es tres veces el diámetro.





En las caligrafías también se utilizan las figuras básicas ya tratadas: cuadrado, hexágono y pentágono. Éstas dan origen a los sistemas de proporcionalidad $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$. Si bien existen otros casos de proporcionalidad, no ahondaremos en ellos debido a que requieren un estudio más amplio.

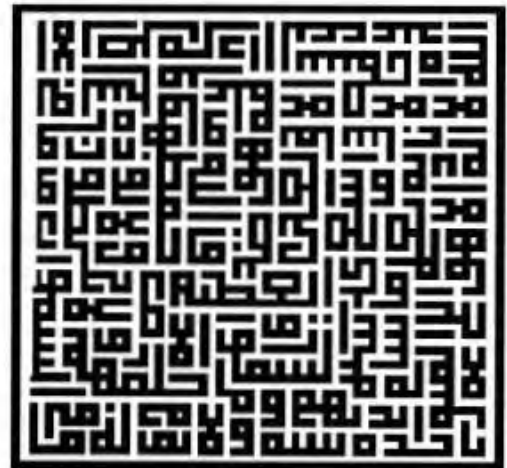
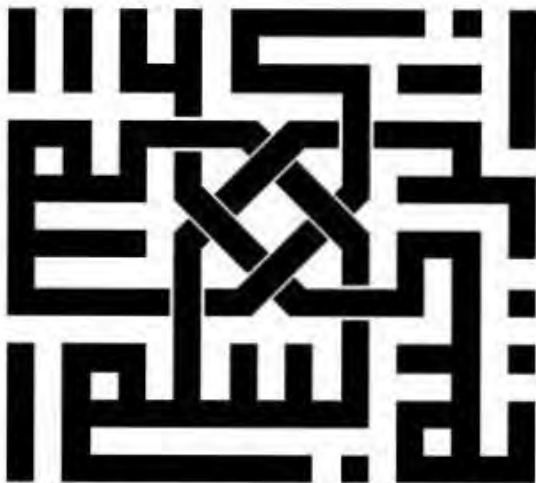
4.2. Sistema $\sqrt{2}$



A-al Hamdulillah. Alabado sea Dios, expresión llamada *tahmidah*. Diseño realizado con letra cúfica recta.



B-Hu. Pronombre de la tercera persona masculina, estilo kúfico.



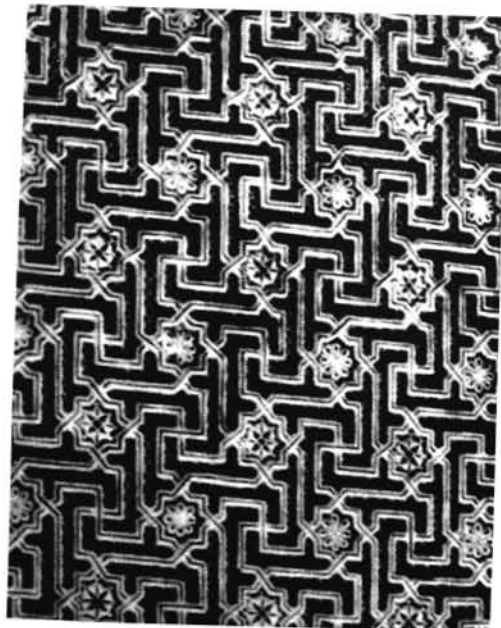




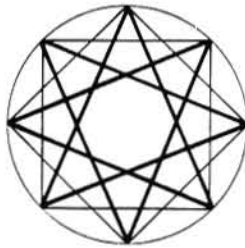
Al- Falak, "La Alborada"; Sura no. 113, estilo kúfico.
En el fondo un cuadrado laberíntico en el cual está inscrita la sura 113, los números en rojo colocados en una cuadrado matemático arrojan la cifra 66, la cual es la transcripción numérica de la palabra Allah.



Irán



Marruecos



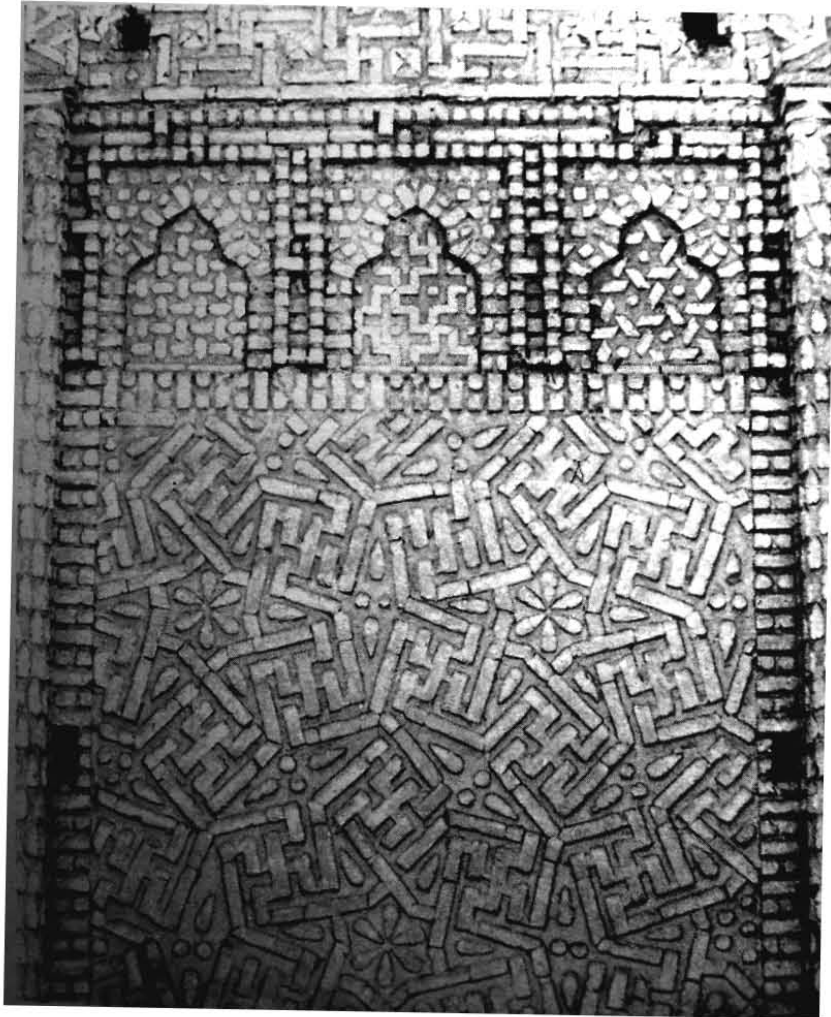
4.3. Sistema $\sqrt{3}$



C 03 - Oh! Él - Ia Hu

Escrito en el círculo encontramos escrito 12 veces la expresión ¡Ia! Hu en una ronda de dhikr
o recuerdo de Dios



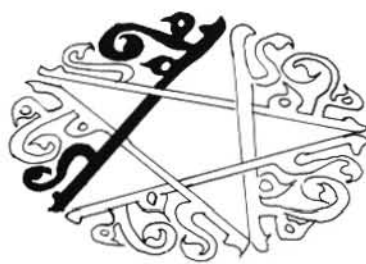
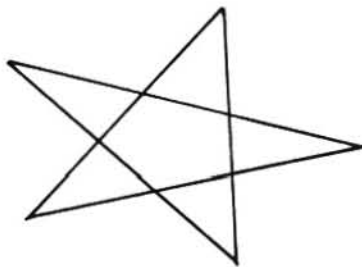


Tumba, Irán, siglo XI



4.4. *Sistema* √5



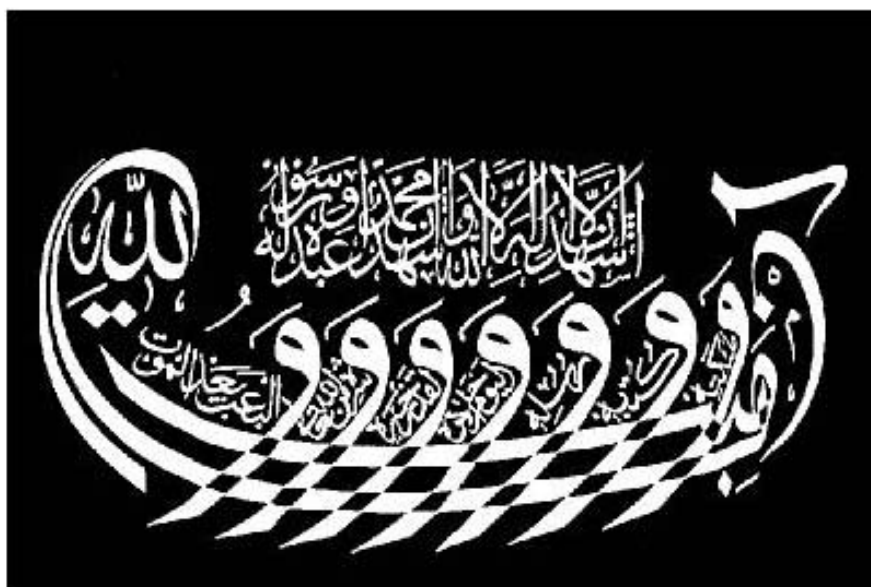


4.5. Otros ejemplos de caligrafías

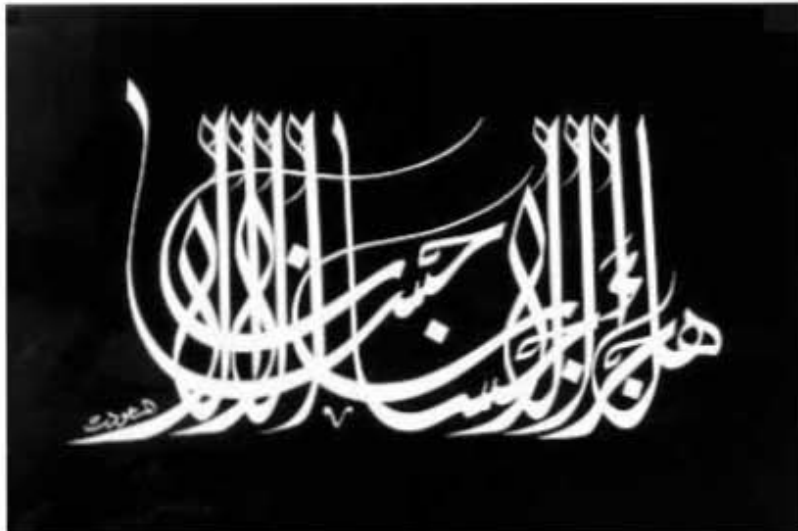
Gracias al riguroso sistema geométrico de trazos que presenta el alfabeto árabe en la caligrafía, originado en la circunferencia, en cualquier creación artística caligráfica es posible encontrar proporciones geométricas. Inclusive en aquellas que no están delimitadas en alguna forma de los polígonos regulares.

Nótese las marcadas formas geométricas de cada caligrafía basadas en la circunferencia, salvo el caso de los trazos rectos del estilo cúfico que muestra el ejemplo de Sócrates.

“El secreto del Corán está en la *Fatiha* (la primera sura). El secreto de la *Fatiha* está en su clave: ésta es la *Bismillah*. El secreto de la *Bismillah* está en la letra *Ba'*. El secreto de la *Ba'* está en el punto.”¹⁴



¹⁴ Irakien Rajab Borsi, *cit. pos.* Sophia Tazi-Sadeq, *Le bruissement du calame*, p. 38



¿no es el pago de la bondad la bondad misma?

Caligrafía de Hassan Massoudy



Conócete a ti mismo, Sócrates
Caligrafía de Hassan Massoudy



En la tierra hay lugar para todos, Schilles
Caligrafía de Hassan Massoudy



Paz. Caligrafía de Hasson Massoudy¹⁵

¹⁵ Las caligrafías de Hasson Massoudy, calígrafo iraquí nacido en 1944, son una muestra del trabajo caligráfico islámico contemporáneo

Conclusión

Por las condiciones sociales y geográficas en las que se desarrolló el Imperio Islámico, para los musulmanes resultó crucial el conocimiento que fueron adquiriendo de los pueblos conquistados. Gracias a la expansión del imperio por diversos continentes, la sociedad islámica logró desarrollar una cultura sobresaliente, mezcla de distintas raíces y tradiciones de los pueblos que se fueron integrando a la órbita de influencia musulmana y siempre marcada por el toque peculiar que le dio el Islam.

De acuerdo con la perspectiva musulmana, el ser humano está imposibilitado para alcanzar el grado de perfección de Dios. Pese a ello, una de las características primordiales del Islam es su deseo de lograr la excelencia divina. Gracias esta aspiración, los artistas árabes buscaron siempre desarrollar una elevada calidad en cada una de sus obras, como puede apreciarse en numerosos

trabajos de caligrafía así como en los ejemplos más representativos de mosaicos en mezquitas, madrazas, tumbas y palacios, entre otras construcciones.

En ese constante anhelo acercarse a la divinidad, la razón fue considerada como el único medio para aproximarse a la perfección divina tanto como le es dado al humano. En su afán de utilizar la razón como vía de elevación mística, los artistas islámicos utilizaron como vía a la geometría como, ya que ésta expresaba un refinamiento muy por encima de otras formas dejadas al azar. De esta manera, el arte musulmán fue capaz de utilizar la geometría con una gran destreza y habilidad para la creación de sus obras.

La geometría comenzó entonces a hacerse cada vez más presente dentro de las expresiones artísticas islámicas. Tanto que los patrones geométricos llegaron a ser mucho más abundantes dentro de la caligrafía y los mosaicos islámicos que aquellos que podemos encontrar en las artes visuales de occidente. Sin embargo, la cultura occidental sigue siendo el foco de atención de los estudios.

En todas las áreas de conocimiento es indispensable aprender acerca de otras culturas y formas de pensamiento humano. Si nos limitamos a estudiar nuestro mundo, además de perdernos el prodigio que es la mente humana, limitamos nuestras posibilidades de desarrollo. Por tal motivo, analizar la geometría en el arte islámico es primordial para las matemáticas.

Resulta preocupante que, con la amplia gama de conocimientos que se despliegan delante de nosotros, no seamos capaces de interesarnos en otras formas de pensamiento y cultura allá de lo acostumbrado. Por ello,

Ésta tesis es un punto de partida para acercarse al pensamiento matemático en culturas distintas a la nuestra, al menos en el caso particular

islámico. Aproximarnos a otras costumbres resultó complicado, más aún por ser un estudio primario, ya que eso dificultó la recolección de material. Por otro lado, las tradiciones que nos rodean y que nos son propias, dificultan la comprensión de todos los factores involucrados en el estudio. Finalmente, el aspecto del idioma resultó determinante, pues impidió priorizar ciertos puntos. Por todos los factores mencionados quedan todavía numerosos aspectos que deben ser estudiados.

Espero que con este trabajo haya contribuido a ampliar la visión de las posibilidades que existen por explorar dentro de la aplicación de la matemática al estudio del arte, y dentro de la matemática misma.

Un punto trascendente que salió a la luz a través del presente trabajo, es el hecho de que el pensamiento matemático estaba profundamente arraigado dentro de la cosmovisión islámica, lo cual permitió hacer de las creaciones artísticas de este pueblo no simples patrones generados al azar, sino estructuras establecidas a través de la rigurosidad que ofrece la aplicación de la geometría. Y la utilización de la geometría fue más que circunstancial para los artistas islámicos, estuvo determinado por su forma de ver el mundo.

Apéndices

A. Desarrollo del imperio

Con una superficie de más de 3 000 000 de kilómetros cuadrados y situada en el extremo suroriental de Asia, la península Arábiga, comúnmente denominada Arabia, es la mayor península del mundo.

Esta península se encuentra limitada, al suroeste por el Mar Rojo y el Golfo de Aqaba, al sur por el Océano Índico, con el Golfo de Adén y el Mar Arábigo, al noreste con el Golfo Pérsico y el Golfo de Omán, al noroeste por el Mar Mediterráneo, y con una frontera norte poco definida pero que comprende más allá de la zona de Mesopotamia, recorrida por los ríos Tigris y Éufrates.

Aún sin estar bien definida su constitución geográfica, podemos decir que Arabia se extiende más al norte de las fronteras de lo que hoy forman Arabia Saudita y Kuwait. Forman parte de ella los actuales territorios de Yemen, Omán, los Emiratos Árabes Unidos, Kuwait y Arabia Saudita (la cual constituye la mayor parte). Se consideran también Irak, Jordania, Israel, Líbano y Siria, así como la zona del Bahrein, Katar, y los territorios palestinos de Gazzah y Cisjordania.

En la península se encuentran tres cadenas montañosas principales. Bordeando las costas del Mar Rojo, al-Hidjaz, al este los Montes de Omán y de Hajar, y al sur las montañas de Yemen y de Hadramawt.

Sus desiertos se encuentran localizados entre dichas cadenas montañosas y abarcan gran parte de la península. Estos son de dunas arenosas y no cuentan con grandes accidentes de relieve. Tenemos al norte el Nafud, con una extensión de 70 000 kilómetros cuadrados, al centro el Dahna, y al suroeste el Rub al-Khali que cubre más de los 500 000 kilómetros cuadrados.

Con respecto al clima, la península Arábiga es considerada como una de las regiones más calientes y áridas del mundo. En la mayoría del territorio la media de precipitación anual es inferior a los 150 mm, pudiendo pasar incluso años sin lluvias.

En el desierto, que como ya se mencionó abarca gran parte de la península, la temperatura puede elevarse hasta los 60°C, son comunes las tormentas de arena y durante los meses comprendidos entre mayo y octubre las precipitaciones son nulas. En esta zona se presentan también fuertes cambios de temperatura que resultan contrastantes, situándose entre los extremos severos de calor y frío, y que pueden darse ya sea entre el día y la noche o entre las estaciones.

Naturalmente la vegetación original y los cultivos resultan aquí muy reducidos y raros, limitándose a los oasis, donde podemos encontrar palmeras, producciones de dátiles y cereales, así como escasos terrenos de pasto para algunos rebaños.

Sin embargo, el sur, en la zona que comprende Yemen y Omán, escapa de este clima seco. Aquí, las cadenas de montañas detienen los efectos devastadores del monzón proveniente del océano Índico. Pese a ello, logran mantenerse lluvias gracias a las cuales es posible una variedad más amplia de cultivos entre los que podemos encontrar la vid, distintas especies de frutas y legumbres, especias y perfumes como la mirra y algunas esencias que serán transportados hacia el norte por caravanas.

Lo anterior marca una notable diferencia entre las zonas centro-norte y sur. Al centro y norte encontramos el desierto. Este ha estado siempre escasamente

habitado y dio lugar al desarrollo de la cultura nómada. Los nómadas también fueron conocidos bajo el nombre étnico de árabes¹, designación que poco a poco fue extendiéndose a todos los habitantes de la península. Se utilizó también para ellos la denominación de beduinos, de badiya: estepa², nombre utilizado todavía en la actualidad. Estos sacaban partido de las caravanas que cruzaban por su territorio.

Al sur, en cambio, tenemos la zona abierta al monzón, fértil y poblada permanentemente desde tiempos remotos. Aquí, se hicieron terrazas en las pendientes de las montañas y se les dotó de complejas instalaciones para riego. La más famosa de ellas es la presa del Ma'rib, al norte de Yemen. Así, las ya favorables condiciones climatológicas adquirieron mayor potencia con las obras de regadío. Gracias a esto, desde el siglo X a.C., se desarrolló de una cultura sobresaliente, agrícola sedentaria.

Nómadas y sedentarios se encontraron siempre en una constante interacción y mutua dependencia para lograr un equilibrio vital. Mientras que los centros agrícolas y urbanos han dependido del intercambio comercial de los caravaneros, el nómada a su vez ha obtenido de los anteriores lo que necesita, asegurándose de no eliminar ningún circuito económico sin el cual él mismo no sobreviviría. Dentro de este sistema, el sedentario es un proveedor de productos de primera necesidad: granos, dátiles, armas y vestido principalmente. A cambio de ello el beduino le asegura tanto su protección contra las incursiones de otros nómadas, como el desplazamiento de productos a través de las rutas comerciales.

Como podemos observar, Arabia es una región aislada de manera natural, separada en gran parte de África y Asia. Por ello, es considerada por los propios árabes como una isla, es decir, un territorio separado de otros. La península presenta algunos relieves montañosos hacia las costas sur y occidental, pero en general es un medio bastante homogéneo con amplios desiertos arenosos como característica dominante de su aspecto geográfico, principalmente en las regiones centro y norte. Así, la vida económica, social y cultural de esta región ha estado dictada tanto por su localización como por sus condiciones geográficas. Aquí la organización económica, social y cultural ha sido dominada por el nomadismo beduino, cuyo papel fue decisivo en la expansión musulmana.

¹ André Miquel, *L'islam et sa civilisation, VII-XX siècle*.

² André, *op-cit*.

Sin embargo, contrariamente a lo que podría suponerse dadas estas condiciones naturales, Arabia no constituyó un mundo cerrado o encerrado en sí mismo. Al contrario, a lo largo de la historia aparece como un lazo de unión entre Oriente y Occidente, como veremos más adelante.

A causa de las características del desierto y la dificultad que representa la vida nómada, una de las reglas de honor más sagradas dentro de estos grupos consiste en el deber de la hospitalidad. Además, gran parte de las actividades socio-económicas y de supervivencia de los nómadas, como el pastoreo y el comercio en caravanas, surgen de la vida en constante movimiento.

Entre los animales de pastoreo encontramos cabras, ovejas, burros, mulas y caballos. Pero es el camello es animal apreciado por excelencia, tanto dentro del pastoreo como dentro del comercio en caravanas. Los beduinos se han servido de este animal para obtener leche y carne para comer, así como piel y lana para vestirse. La joroba y los excrementos les sirven como combustible y la orina para protegerse de los insectos y en casos extremos, para beber. El uso del camello como montura y bestia de carga data de los siglos XIV y XIII a.C. Su utilidad se debe a que es un animal resistente y rápido, capaz de cubrir una distancia de 300 kilómetros en un sólo día y de transportar una carga de hasta 400 kilogramos.

Una parte fundamental de la existencia de los nómadas consistía en buscar puntos de agua y asegurar el control sobre los oasis. Por otro lado, la búsqueda de pastizales para el pastoreo se convierte en el negocio más grande, aunado al comercio. Estas dos situaciones producían desplazamientos regulares de acuerdo con los cambios climáticos durante las estaciones, según si los puntos de agua eran permanentes o no, y por los pastizales que estos determinan.

Sin embargo, cada grupo dispone sólo de un área determinada en la cual puede estar en constante movimiento. Mas, en una vida ligada a la movilidad, una variación en el ritmo de las estaciones o el empeoramiento de la sequía rompía el frágil equilibrio existente entre el hombre, su territorio y la naturaleza, y obligaba a aquellos a penetrar en territorios vecinos. Esto es la llamada razzia que en los casos más graves derivaba en conflictos abiertos y formaba guerras permanentes de tribu contra tribu.

En cuanto al comercio, los árabes del sur construían barcos mercantes y así aprovecharon los monzones e impulsaron un floreciente comercio exterior, principalmente con la India y con los reinos de Mesopotamia al noreste y de Egipto al noroeste. Sus principales mercancías fueron especias e incienso. Por su parte, la base del comercio terrestre estaba dado por los movimientos de caravanas que atravesaban toda la península, yendo incluso más allá de ella. Estas rutas cubrían de Yemen e Siria y del mar Rojo al golfo Pérsico. Gracias a las caravanas de los comerciantes árabes de la Ruta de la Seda, surgieron centros comerciales a todo lo largo de toda la península Arábiga.

Así, favorecida por su posición como punto de paso entre Asia, África, el cercano oriente y Grecia, así como los imperios Persa, Romano y posteriormente el bizantino, Arabia se convirtió en el territorio líder y gran propulsora del comercio entre Oriente y Occidente. Así mismo, tuvo una gran importancia en el desarrollo cultural de la zona mediterránea, y los demás territorios (FIGURA 4). Los intercambios se realizaban por vía terrestres a través de las caravanas, y por vías marítimas a lo largo de la costa del mar Rojo, el océano Índico, el golfo Pérsico y el mar Mediterráneo.

De Abisinia (hoy Etiopía) llegaban esclavos, oro, marfil y piedras preciosas. De otras zonas de África oriental también llegaban esclavos. De Egipto y Persia, cereales y telas, y de China la seda. En el interior mismo de Arabia el comercio era abundante. Del sur provenían oro, piedras preciosas, perlas, ámbar, pieles, pescado seco, plantas aromáticas y, como ya se dijo, distintas especies de frutas y legumbres, especias y perfumes como la mirra y esencias que serían transportados hacia el norte por caravanas. Desde las montañas de Hidjaz circulaban cereales y dátiles.

Así, en un lugar donde la asociación del hombre es necesaria y la supervivencia se identifica con la pertenencia a un grupo, la tribu se convirtió en la base de la organización social, tanto citadina como rural, forma de organización que sigue vigente entre los actuales nómadas.

La tribu es el grupo formado por aquellos individuos con un ancestro en común y quienes compartían un tótem. Podemos encontrar dos divisiones principales,

relacionadas con el contexto geográfico. Por un lado los árabes del centro-norte, *nizaríes* y *qaysíes*, cuyo ancestro, según la tradición, era Adnan (quizá de la raíz *adana* que significa tener residencia en un lugar³), descendiente de Ismael, hijo de Abraham. Por otro lado, tenemos a los árabes del sur, *yemeníes*, quienes venían de Qahtan (tal vez de la raíz *qahata* que significa permanecer sin lluvia, o falta de lluvia⁴), descendiente directo de Sem, hijo de Ismael.

La tribu estaba dividida en clanes. Cada clan era dirigido por un *shaik* nombrado por el grupo y que gobernaba asistido por un consejo formado por los jefes de familia. La tribu era un grupo variable de acuerdo a las circunstancias, podía ser absorbida por grupos más importantes o bien, dividida en grupos más pequeños.

El grupo principal dentro de la tribu era la familia, donde se concentraba bajo la autoridad del padre la descendencia masculina (hijos varones con sus respectivas familias). En el interior de estas es el padre quien establece las actividades. Dentro de las familias se forman alianzas, ya sea por tradición, por necesidades económicas, o por cuestiones políticas.

El hecho de que la tribu estuviera reunida bajo un tótem común hizo que la religión tomara un papel importante dentro de las sociedades que poblaron la península. Aunque podemos distinguir aquí también dos divisiones, en general la religión guardaba entonces lazos con las creencias semíticas⁵.

Los árabes del sur eran politeístas y contaban con una organización clerical encargada de administrar los dones ofrecidos a las numerosas divinidades que adoraban. Para los árabes del centro-norte, la religión era animista y cualquier cosa podía ser sede de un espíritu o de una divinidad. Para ellos, el culto incluía reuniones en torno a piedras sagradas y peregrinaciones.

En ambos casos, los árabes consagraron a sus divinidades una gran cantidad de templos y santuarios, espacios sagrados que servían de asilo y de refugio.

³ Philippe Sénac, *Le monde musulman, des origines au XI siècle*.

⁴ Miquel, *op. cit.*, p. 15

⁵ Llámase grupos semíticos (hijos de Sem) a aquellos grupos lingüísticos que comprenden los diversos pueblos que hablan o hablaron el arameo, el sirio, el caldeo, el asirio, el hebreo, el árabe y el himiarita. Podríamos en este sentido hablar de las creencias preislámicas.

Algunos de ellos eran lugar de peregrinajes y se transformaron en las primeras ciudades fundadas por los nómadas, con el establecimiento de tribus en sus alrededores. Un ejemplo de ello fue en Yathrib, creada a partir del establecimiento de tribus judías arabizadas y cristianas.

El más importante de estos santuarios fue la Kaaba, en torno a la cual se formó la Meca, con el establecimiento de los clanes que constituían el grupo Quraych a fines del siglo V de nuestra era. La Ka'ba es un edificio rectangular de unos 12 metros de lado por 15 de altura. En sus inicios era considerada creación de Abraham, de cuya rama se creían descendientes los habitantes de la península, a través de Ismael y Agar. Las tribus de toda la península iban a depositar sus ídolos ahí. En su interior podían encontrarse también las estatuas de 360 divinidades menores y una piedra negra, objeto actual de gran devoción musulmana⁶. Sin embargo, este santuario estaba dedicado principalmente a la residencia de los tres dioses más importantes venerados por las tribus del sur: Uzza, Manat y Allat.

Según el Corán, la Ka'ba fue edificada por Abraham y su hijo Ismael, y fue el primero quien estatuyó la peregrinación anual a este santuario, centro y origen⁷.

La Meca, ganó gran importancia gracias tanto a la presencia de la Kaaba, como a sus ventajas geográficas, pues además de contar con un oasis, se encontraba en el cruce del paso entre el norte y el sur. En esta ciudad se adoraba también, desde tiempos remotos, a Allah como creador del universo. Debido a su alcance e importancia, Mahoma tomaría a la Ka'ba como un elemento fundamental de su proceso unificador, considerándola como residencia del mismo Allah (Dios por definición), a quien daría rango de divinidad suprema.

En el siglo VI a.C., Arabia formaba parte del reino Persa de los aqueménidas, quienes fundaron la península de Arabiya en el año 539 a.C. Posteriormente, en tiempos de los romanos, encontramos el reino de los nabateos de Petra, localizado en la frontera con Palestina, al oeste el mar Muerto. El apogeo del

⁶ *Cfr.* Morales, p. 21, quién dice que la piedra se localiza insertada en el exterior del ángulo este.

⁷ Titus Buckhardt, *El arte del islam*, p. 11

reino de Petra se dio entre los siglos IV a.C. y I d.C. y su riqueza cultural estaba basada en el comercio. Petra se convirtió en vasallo de Roma y alcanzó gran prosperidad cuando en el siglo I a.C. alrededor del año 106 de nuestra era (OJO, cotejar información) fue anexada al imperio.

Están también el reino de la princesa Zenobia en Palmira, al oeste del Eufrates (siglo III d.C.), y el de la reina de Saba. Palmira resiste a la invasión del imperio romano aproximadamente hasta el año 270. Más adelante, hacia el siglo V d.C., encontramos el reino de Kinda. Donde la tribu Kinda logró agrupar bajo su égida la más grande y durable confederación de tribus árabes jamás reunida hasta entonces por un solo jefe.

Durante el último tercio del siglo VI d.C., la península Arábiga se encontraba aún agitada por los constantes enfrentamientos entre el imperio Bizantino y el Imperio Sasánida (Persa). Pese al gran desarrollo de sus ciudades hacia esta época, en un principio los beduinos no constituyeron federaciones mayores y más estables que las tribus. En las franjas de Arabia, donde la organización era sedentaria había formas sociales más evolucionadas. Existían aquí centros agrícolas y urbanos que, en un intento por ganar espacio dentro de la península, fueron creando reinos, la mayoría de los cuales se localizaban a lo largo de la costa occidental.

En el transcurso del periodo de anexión al imperio romano dos árabes ocuparán el trono del imperio romano ganando así terreno: Elagabal, de 218 e 222, y Philippe, entre 244 y 249. Los árabes aprovecharon también la cultura y el desarrollo de Roma, que aunado al mejoramiento de las rutas comerciales por parte de la administración romana, convirtieron a Arabia en centro de atención por parte de las grandes potencias de la época.

Lo anterior generó entonces luchas entre los grandes imperios de Roma y Bizancio, y los pujantes imperios Sasánida y Parto, hasta que entre los siglos IV y V d.C. se produjo un cierto equilibrio militar. Todos intentaron asegurarse el control sobre este territorio de paso. Pero sasánidas (al norte y en Omán) y bizantinos luchaban ya desde tiempo atrás por apoderarse de la soberanía de las rutas comerciales, tanto marítimas como terrestres. Las rutas sasánidas, que partían del

golfo Pérsico, se oponían a aquellas que trataban de consolidar los bizantinos con ayuda de los etíopes a través del mar Rojo y de Yemen.

Más tarde, para frenar el creciente desarrollo árabe y la subsecuente penetración hacia el norte, Bizancio y Persia crean estados tapón⁸ bajo el dominio de vasallos árabes. Podemos mencionar el de Ghassaníes en el interior de Siria y el de Lakhmíes, situado al oeste del bajo Eufrates. El primero se encontraba bajo la clientela de Constantinopla, la capital bizantina, mientras que el segundo bajo la de Ctesifón, la capital sasánida. Entre estos dos últimos estados, Ghassaníes y Lakhmíes, sobrevive aún el reino de Kinda, que sucumbe al poderío de las tropas lakhmíes en el siglo VI.

Esta rivalidad fue extendiéndose poco a poco en el interior de la península. Los etíopes habían logrado introducirse en Yemen, pero en la segunda mitad del siglo VI los persas lograron imponerse a ellos y hacia el año 510 imponen un príncipe convertido al judaísmo sostenido por Persia. Dicho príncipe, debido a las persecuciones de cristianos que promueve, provocan la intervención de los abisinios, aliados de Bizancio.

Entre 602 y 610, tropas de sasánidas se apoderan de la alta Mesopotamia (en el norte de Mesopotamia) y de Armenia. En 613 toman Antioquía, seguida de Siria, Palestina y Egipto. En 614, con una contraofensiva victoriosa, sitian Jerusalén y los persas se desplazan a Ctesifón. Bizancio recupera entonces Egipto, Siria y Palestina. Con esto, se produce un frágil estado de paz que, por otro lado, origina debilidades en ambos imperios.

Aunado a las contiendas militares entre los grandes imperios Bizantino y Persa por el dominio de la zona, encontramos como se indicó anteriormente, las rivalidades y constantes luchas intertribales. Esto acabaría por producir una gran inquietud social en todas las tribus. Así mismo, permitió que se desarrollase una disposición para la aceptar nuevas ideas. Además, con esta trayectoria de constantes luchas, los pueblos árabes aprendieron mucho de las grandes potencias acerca de las técnicas de la guerra y la fortificación.

⁸ estados de poca importancia que sirvieron para frenar la penetración de otros imperios.

Es en este entorno geográfico, social y cultural, en el cual aparece Mahoma. Con ello el debilitamiento de los imperios y la aceptación de nuevas ideas constituyeron, junto con la fuerza y el aprendizaje logrados a lo largo del tiempo, la base para el éxito militar de Mahoma, los inicios del Islam y la expansión del imperio Árabe.

A pesar de ser un personaje sobre el cual se ha realizado una gran cantidad de estudios, las fuentes de información relativas a la vida de Mahoma son raras y están sujetas a debate. Así pues, no podemos hablar de la vida de este personaje con gran precisión aunque tuvo una importancia histórica muy acentuada y dentro de los fundadores de religiones es sobre quien se tiene mayor documentación.

Dentro de las Fuentes, se consideran dos principales. La primera es el Corán, considerada por los musulmanes como la palabra de Dios recitada por el profeta. El Corán fue puesto por escrito sólo después de la muerte de Mahoma, por lo cual, es difícil considerarlo como documento histórico. La segunda fuente es la Sunna o Tradición, esta es un conjunto de relatos, los llamados hadits, concernientes a la palabra y obra del profeta, pero que fueron modificados principalmente durante los dos primeros siglos del Islam, debido a las querellas político-religiosas.

Ahora bien, dado que para el musulmán creyente la veracidad de estas FUENTES no está a discusión, considero no únicamente justificado, sino importante, el hecho de presentar los datos que nos aportan estos documentos. Sin embargo, no debe perderse de vista la prevención anterior, y debemos tener presente el hecho de que el presente trabajo no tiene por objetivo dilucidar una verdadera biografía histórica, sino analizar una tendencia artística desde el punto de vista matemático, a través de la cosmovisión de un pueblo.

Lo cierto es que Mahoma fue el fundador de una fe y el organizador de un estado, creador de forma indisoluble de una religión y un estado. Un hombre que por primera vez en la historia de Arabia hizo admitir su autoridad a casi la totalidad de sus habitantes.

Se dice de Mahoma que nació en la Meca hacia el año 570 de nuestra era dentro de la tribu de los qurays. Tras la muerte de su padre, (antes de su nacimiento) y

de su madre (cuando él tenía seis años) quedó bajo la tutela de su abuelo paterno. Al morir este dos años más tarde, es su tío paterno, un comerciante de la Meca, quien se encargó de la educación del niño.

Así, Mahoma se incorpora desde muy joven a las caravanas de mercaderes que se dirigían a Siria. Condujo varias caravanas para una rica viuda llamada Jadiya/Khadidja, con quien posteriormente se casó y tuvo 7 hijos de los cuales sólo sobrevivió Fatima. Con su matrimonio, Mahoma tendría una vida económicamente más desahogada, gracias a la cual podría dedicarse más tiempo a la meditación.

Las primeras revelaciones se dan alrededor del año 610, durante sus meditaciones en el desierto. El mes del Ramadan se señala como aquél en el cual Mahoma recibió la presencia del arcángel Gabriel, quien lo instó a leer en nombre de Dios, a pesar de que la Tradición señala a Mahoma como un hombre iletrado. Aquí, el ángel le dicta la sura 96 del Corán, la cual afirma la unicidad de Dios:

“La Illah ila Allan...” No hay más Dios que Dios y Mahoma es su profeta”

Así, Mahoma se convierte en el profeta de Allah, el creador del hombre y del universo.

Hacia el año 613, luego de confirmar el origen divino del mensaje recibido, Mahoma comienza con sus primeras prédicas. Al principio el Islam apareció ante los ojos de los jefes qurayshitíes como un movimiento que no podía hacer un daño real, pues sólo había encontrado algunos seguidores entre familiares de Mahoma, hombres jóvenes, extranjeros y gente de baja condición social, como esclavos.

Sin embargo, la tensión crece y la oposición de los qurayshitíes, quienes deseaban conservar su supremacía dentro de la Meca, se volvió más severa. Finalmente, bajo la presión de miles de conservadores, Mahoma y sus seguidores huyen en el año 622 hacia Yathrib (hoy Medina, Madinat al-Nabi: la ciudad del

profeta). Esta emigración se conoce como La Hégira, y marca el inicio del calendario musulmán.

Con el establecimiento en Yathrib, Mahoma pasa de ser sólo jefe religioso, a ser además líder político responsable de la comunidad de seguidores musulmanes. Para ese entonces en Yathrib coexistían tribus judías arabizadas y cristianas que se a pesar de oponerse al dominio Quray, rehusaron someterse al Islam, lo cual trajo consigo tensiones. Se le planteó así a Mahoma la formación de un nuevo estado en un medio hostil.

Ante ello, Mahoma decidió lanzarse a la lucha contra los judíos, quienes representaban el mayor problema. Con esto, las tribus judías se vieron obligadas a abandonar la ciudad. Posteriormente, ante la falta de medios, se organizan razzias en las rutas caravaneras, para asegurar la subsistencia de la comunidad musulmana. Con el triunfo sobre los judíos y la victoria en las razzias el número de conversiones al Islam crece. Así Mahoma va ganando terreno, reúne en torno suyo tribus amigas, se anexa oasis, y firma tratados con algunos judíos y cristianos.

Gracias a este crecimiento, hacia el año 630 el profeta logra entrar triunfante a la Meca acompañado de sus tropas, y se impone al régimen quray. Aquí, hace de la Ka'ba el santuario sagrado del Islam y proclama que las plegarias de los musulmanes deben dirigirse hacia este edificio.

Sin embargo, esta victoria no asegura la unidad de la península. Numerosas tribus de beduinos se rehúsan a someterse y, en el interior mismo de la comunidad musulmana, las decisiones tomadas por el Profeta suscitan enfrentamientos. Así, Mahoma deja a su muerte, en el año 632, una comunidad cuya cohesión era aún muy frágil.

Pese a las dificultades que se dejan entrever con su muerte, Mahoma logra establecer las bases de un nuevo estado fundado sobre una religión monoteísta distinta de las ya existentes (cristiana y judía). Este nuevo estado consigue integrar las tradiciones beduinas y controlar los grandes centros de negocios de la península. Con esto, lejos de desenvolverse en un medio desértico adverso, el Islam aparece estrechamente unido a las ciudades, a partir de lo cual los musulmanes van a tener una expansión y un florecimiento inigualables, tanto territorial como culturalmente.

Antes de morir, Mahoma decide organizar una nueva razzia hacia las fronteras del Imperio Bizantino, marcando con esto las primeras incursiones para la formación del imperio. A partir de ahí, los musulmanes comenzarán una serie de conquistas territoriales con el fin de unificar el mundo conocido.

Los treinta años entre la muerte del profeta y el advenimiento de la dinastía omeya en 661 son decisivos dentro de la historia del imperio Árabe. Es en el transcurso de esta época en que se diseñan las formas de organización y aparece el sistema de califatos.

La comunidad musulmana atravesaba una grave crisis interior que se vio agravada debido al hecho de que el profeta no había dejado sucesores y no contaba con herederos varones. Bajo acuerdo de la población, Abu Bakr toma el título de califa (jalifa, sucesor). El problema principal para este fue conservar la adhesión de las tribus. Grupos de beduinos rechazan la autoridad del nuevo califa y se generan las primeras revueltas. Abu Bakr designa entonces jefes militares con el fin de someter a los beduinos. Se retoma rápidamente el control sobre la península, se restablece la unidad y se refuerza el prestigio del califa. Con ello, Abu Bakr es establecido como el primer sucesor de Mahoma, un verdadero jefe dentro de la comunidad musulmana y el primero de 40 califas.

Como un medio para desahogar la energía de las revueltas beduinas hacia afuera de Arabia se establece un ambiente de conquista que dio en pocos años una expansión territorial en tres direcciones principales, Mesopotamia, Siria y Egipto. Se llegó casi hasta los límites del mundo conocido. Esta extensión territorial se vio reforzada por la dinámica y los impulsos naturales islámicos de expansión. Así, a medida que los habitantes se hacían musulmanes, las expediciones comenzaron a ampliar su campo de acción en un sentido de conquista para la causa islámica, tanto material como espiritual, de territorios, patrimonio y hombres.

La conquista/ ocupación de Mesopotamia se da con las razzias cada vez más afuera de la península y adentro del continente. La imposición queda marcada con la toma de Hira en 633, seguida por la de Qadisiyya en 637, Néhavend en 642 y Rayy

en 644. En doce años los musulmanes se habían adueñado de toda la Mesopotamia y fundan aquí los dos primeros grandes centros intelectuales, Basra y Kufa.

Más al este, incursionando ya dentro del territorio persa, toman Persépolis en 648, Nishapur en 651, Kaboul en 652 y Balkh en 653. En cuanto al imperio Bizantino, la ofensiva empieza ya desde 632. La conquista inicia con las primeras victorias en 634. Damasco es tomada definitivamente en 636, después de un sitio de varios meses en 635. Qinasrin cae en 637 y Jerusalén en 638. Dos años más tarde, hacia 640, Césare se rinde y los musulmanes logran el dominio de toda Siria.

Se dan luego incursiones por Asia Menor y por Armenia y se logra el dominio de estos territorios desde mediados del siglo VII. En Egipto los musulmanes no encuentran una gran resistencia y logran su conquista en unos doce años. Toman Hielópolis en 640 y Alejandría en 646. Se funda Fustat en 643. Más al oeste, las ofensivas incursionan en Trípoli, la cual cae en 644.

Así pues, el periodo que comprendió desde la muerte de Mahoma en Medina hasta la imposición de la dinastía omeya fue un periodo de revueltas en el curso del cual, después de haber reducido la resistencia de los beduinos hostiles a la nueva religión y arreglado el problema de quién sería el sucesor del Profeta gracias al nuevo régimen del califato, los musulmanes comenzaron una serie de ofensivas. A raíz de las victorias obtenidas en dichas ofensivas, se logró la anexión de Egipto, Siria y Persia.

Sin embargo, la oposición surgida dentro de la familia del Profeta y en los miembros más importantes de la comunidad musulmana, derivarían en conflictos internos, surgiendo así la división en tres grupos: los sunitas, los shiitas y los kharidjitas.

Los primeros califas permitieron a los árabes asegurar su hegemonía sobre las regiones conquistadas. El primer periodo tuvo lugar con el califato omeya, que duró de 661 a 750. Pese a las dificultades que enfrentaron sus califas, y las críticas de las cuales fueron objeto, el califato omeya representó un verdadero esfuerzo de organización administrativa y de arabización.

Debido a la extensión del terreno que acababa de ser conquistado por el Islam, los soberanos omeyas se enfrentaron a la pluralidad de las poblaciones que ahí residían. Así, desde los comienzos del califato omeya se desarrolló una serie de reformas administrativas y económicas que sentaron las bases para la unificación de lo que vendría a ser el mundo musulmán.

Influenciados por las tradiciones bizantinas que encontraron en Siria, los califas edificaron numerosos palacios y edificios religiosos. La amplitud y el lujo de dichas edificaciones estuvieron destinadas a reafirmar el poder y la supremacía del Islam, un ejemplo de ello son las mezquitas.

La época omeya estuvo marcada por los primeros albores de ciudades nacidas a raíz de la conquista, como Barsa, Kufa o Kairouan, que se convirtieron pronto en grandes centros de difusión de la cultura árabe.

Después de enfrentar una serie de dificultades, el califato omeya sede su lugar al califato abassí, cuyo periodo de dominio fue de 750 a 946. Durante estos casi dos siglos de predominio abassí, el califato impulsó el crecimiento económico y comercial, del cual se beneficiarían principalmente las grandes ciudades como Bagdad (que llegó a ser la nueva capital del imperio), Samara y Kufa.

La vida agrícola estuvo marcada por el desarrollo de técnicas de irrigación y el trabajo de esclavos. En cuanto al arte y la cultura, durante el periodo abassí se tuvo un impulso remarcable de estos, y el renombre de algunos sabios y hombres de letras (como Ibn Sina o al-Razi) fue tal que llegó a sobrepasar los límites del imperio.

A pesar de que durante el califato abassí se instauró un gran poder en el cual un punto clava fue deshacerse de los opositores, los abassíes vieron menguar su autoridad delante de kharidjismíes y shiitas (OJO: le shi'isme, confundo nombres). El asesinato del califa Mutawwakii en 861 marcó el comienzo de un periodo en el cual el crecimiento del poder militar estuvo aunado a la represión de revueltas. Así, en 936 el dominio militar es tal que bastaron tan sólo diez años para que el régimen abassí diera lugar al sismo. Vendría ahora la expansión por África del Norte y Europa.

Para los árabes. África del Norte era conocida como Maghrib, nombre que aún se utiliza. Maghrib⁹ significa en árabe occidente, en oposición a Mashriq, oriente. Se distinguen aquí dos territorios: el Maghreb (al-Aqsa) al oeste, y L'Ifriqiya (palabra derivada del latín África), al este.

Entre los siglos VII y X, el Maghrib vivió un aire de resistencia a la implantación del hunismo de los omeyas y de los abassíes, se dio la aparición de principados autónomos y posteriormente un califato shiita.

Así, después de una conquista difícil debido a los movimientos de resistencia por parte de los bereberes, los gobernantes de África del Norte no pueden hacer frente a la incursión de kharidjies y shiitas dentro de la región. A comienzos del siglo X se producen levantamientos políticos y territoriales con la aparición de un califato fatimí de tendencias shiitas con la tendencia a controlar el comercio transahariano de oro y esclavos, así como con el objetivo de agrupar África del Norte bajo una sola autoridad. Así, hacia 969 se crea en Egipto el nuevo estado.

Finalmente, los árabes incursionan en Europa, en la parte de la península Ibérica cruzando el mar Mediterráneo por el Norte de África. La península Ibérica fue designada en árabe con el nombre de al-Andalus. Ante una serie de conflictos internos, esta región de Europa representó para los musulmanes un lugar de fácil expansión en donde se fundaría una de las más extraordinarias regiones de la civilización islámica.

Hacia 756, al-Andalus se convierte en un emirato independiente bajo el poder de los califas omeyas de Siria. Pese a la oposición de partidarios abassíes y a los levantamientos que tenían lugar en las regiones fronterizas a esta región de Europa, los emires de Córdoba hicieron de la península una región rica y próspera donde lograron coexistir musulmanes, cristianos y judíos.

⁹ Sénac, op. Cit., p. 87

B. Herencia matemática

Cultura China

El registro que se tiene acerca de la matemática china es aún más restringido que el de otros pueblos. En algunos documentos podemos observar el sentido de una utilización más mística que otros pueblos. Entre los documentos que han llegado a nosotros está el Lo Shu o libro de las permutaciones, del siglo XI a.C. En él encontramos referencias numéricas que no han sido bien estudiadas, pero que se consideran surgidas a partir de combinaciones numéricas místicas (como en el caso pitagórico), más que a necesidades aritméticas prácticas.

Otro documento, del siglo IX a.C., es el Tcheu-Pei o señal en una circunferencia, donde se hace referencia a las características del triángulo pitagórico de lados 3, 4 y 5, pero tomado como elemento místico de medición que permite la "...medida de lo inaccesible: el cielo, del mismo modo que la agrimensura es efectiva para la tierra"¹⁰

Pero se sabe que, así como los chinos destacaron en la actividad tecnológica (crearon el papel, la pólvora, la seda, la porcelana, la tinta, etc), también lo hicieron en astronomía, fueron grandes observadores del cielo, muestra de ello es su invención y utilización de la brújula. Además, desarrollaron reglas para la agrimensura, medidas calendáricas, grandes conocimientos matemáticos para el

¹⁰ Vera p. 29

cálculo y el álgebra, e inventaron el ábaco. Todo ello a partir de las necesidades físicas y sociales antes mencionadas, surgidas de su entorno geográfico.

Cultura Judía

En el primer libro bíblico de los Reyes, podemos encontrar una referencia a la aproximación de la longitud de la circunferencia como el triple de su diámetro. De aquí pudo haber sido tomada por los hebreos, reapareciendo en las tradiciones rabínicas del Talmud¹¹.

Cultura Fenicia

El extenso comercio fenicio, y el hecho de no encontrarse centralizado, hizo necesario que cada comerciante pudiera llevar con cierta facilidad sus propias anotaciones, esto los condujo al desarrollo de la aritmética. Para ello fue simplificándose el sistema de la escritura, hasta llegar a establecer un alfabeto con poco más de 20 signos que representaban sonidos. Los fenicios son considerados los creadores del alfabeto. El alfabeto fenicio fue transmitido por estos a los griegos, quienes lo modificaron y lo pasaron a los romanos.

Fue gracias a su espíritu mercantil que los fenicios acuñaron un sistema monetario y se sirvieron de los pesos y medidas empleadas en Babilonia. Esto los llevó también a ser grandes observadores del cielo y se vieron en la necesidad de saber calcular bien, lo cual los llevo al desarrollo de la astronomía y la aritmética, necesarias para el progreso de su comercio y sus empresas marítimas

Pero aquello que caracterizó sobre todo a los fenicios, es que se les considera los creadores del alfabeto, un tipo de escritura no ideográfica. Los más antiguos restos de escritura semijeroglífica provienen del año 2000 a.C. y son de origen fenicio. Por otro lado, si ellos no inventaron el alfabeto, por lo menos fueron los

¹¹ Francisco Vera, Breve historia de la matemática, p. 24.

primeros en introducirlo en las naciones con las cuales tuvieron contacto por motivos comerciales.

La lengua fenicia pertenece a la familia de las lenguas semíticas que eran habladas al mismo tiempo por los hebreos, caldeos, asirios, sirios y probablemente por una gran parte de la población de Egipto. Su escritura era cuneiforme y su alfabeto silábico, es decir, compuesto de letras que formaban sílabas y palabras, y podía representar gráficamente todo el sistema vocal de una lengua. Contaban con 22 signos de forma parecida a los de la aramea y cuyos nombres se consideran con un significado bien definido en hebreo. Estos signos eran empleados como signos de sonidos y son la evolución de aquellos simbólicos y figurativos como los jeroglíficos. Su escritura es la clásica semítica que se lee de derecha a izquierda y con las formas lineales del alfabeto semítico. El árabe se deriva de esta familia de lenguas.

Cultura Persa

Los persas favorecieron el intercambio cultural y comercial entre las regiones que constituían su imperio. Además, las ruinas que de ellos se han encontrado, son una manifestación de su desarrollo arquitectónico y su estilo revela la influencia e imitación de egipcios, asirios y griegos de Asia Menor, destacando el empleo de azulejos para adorno, modo que va a ser adoptado en el arte árabe.

Cultura India

Estos pueblos, además de dedicarse a la agricultura y la ganadería, desarrollaron relaciones comerciales a través del mar, lo que favoreció el estudio astronómico.

Los indios también estudiaron la matemática, que dividieron en aritmética, álgebra y geometría. Conocieron además el valor relativo del cero, inventaron el sistema decimal y usaron los números denominados arábigos.

La civilización india data como mínimo del año 2000 a.C., pero dentro de lo que podemos saber, no existía ningún tipo de matemáticas antes del 800 a.C. Como resultado de la construcción de templos y altares, en la India también se desarrollaron conocimientos aritmético-geométricos. Entre los siglos VIII y II a.C. este conocimiento adquirió la forma de un cuerpo de doctrina conocida con el nombre de Sulvasutras, o manual de las reglas de la cuerda. Durante este periodo Sulvasutra que, como dije antes, va del 800 al 200 a.C., los indios produjeron sus primeros avances matemáticos. Estos textos son anteriores a la conquista de Alejandro Magno pero posteriores a Pitágoras, por lo cual algunos autores lo consideran influenciado por el pensamiento griego mientras que otros toman su contenido independiente de éste.

Sulva es un término que se refiere a las cuerdas utilizadas para hacer mediciones, pues en la India como en Egipto también existieron los tensadores de cuerda. Sutra es un libro de normas o preceptos que se refieren a un determinado ritual o una ciencia. Los sulvasutras hindúes eran una especie de tratados donde se detallaban las pautas para la construcción ritual de altares de forma y tamaño determinados.

Así pues, el Sulva-Sutra es una especie de manual de construcción. Las formas más comúnmente usadas para la construcción de altares fueron el cuadrado, el círculo y el semicírculo, pero fuera la que fuese, el área tenía que ser la misma. Esto nos habla de que los indios construyeron círculos que tenían la misma área que los cuadrados, o el doble para poder utilizar el semicírculo. Otra forma empleada fue el trapecio isósceles. Además de conservar el área, podían variar el tamaño, pero debían conservar la forma, es decir, utilizar figuras semejantes. Así, el Sulva-Sutra contiene reglas para erigir altares y variar sus dimensiones conservando su forma, Con esto, desarrollaron problemas geométricos relacionados con la semejanza de figuras, lo cual supone un conocimiento de reglas de proporción, el cual se muestra también en sus métodos para calcular eclipses.

En lo que se refiere a álgebra y aritmética, las más importantes aportaciones de los indios se conocen a partir de fuentes árabes. Con respecto a las cifras, la delimitación de su origen es vaga pues existían en la península del Indostán una gran variedad de idiomas con tanta fuerza como el sánscrito, pero ajenos a él. Algunos autores reconocen que el sistema indio de numeración posicional formado por

9 cifras más el cero se configuró por varias aportaciones. Encontramos por ejemplo, las cifras de los indios que hablan *tamoul*, las cingalesas, ambas sin valor posicional ni cero, las devanagari, etc. Podemos citar también la escuela del monje Neophytos, cuyas 9 cifras utilizadas, con excepción de la cuarta, son semejantes a aquellas utilizadas por los persas.

Los indios utilizaron un sistema de conteo denominado Suan-Pan, similar al ábaco chino y que fue llevado a Rusia por los mongoles. En el Suan-Pan, las cifras están organizadas en diferentes grupos por medio de series de cordones con bolas que representan las unidades, las decenas, las centenas, los millares, etc. Este método aporta la reducción a 10 cifras gracias al posicionamiento de ellas.

En el año 600 se retoman los símbolos del sistema brahmi, cuya forma concreta había variado. La notación posicional en base 10, de uso limitado durante los 100 años anteriores, se convierte ahora en habitual. Tanto nuestro actual sistema decimal posicional, apoyado en la utilización del cero y la posición de cada cifra, como la forma de operar con él, tienen su origen en el sistema indio que fue desarrollándose a partir del siglo III a.C. Este fue llevado a través del mundo conocido por aportaciones árabes gracias a la expansión comercial y militar del imperio y no fue introducido en Europa, a través de Bagdad y Egipto, sino hasta el siglo VIII d.C., de donde se va estableciendo el uso de los numerales arábigos. Antes de esto, cada número estaba representado por un signo que indicaba su valor cualitativo, como es el caso de los numerales egipcios, que veré más adelante.

Para los indios, el cero fue considerado ya un número para todos los efectos, estableciéndose las formas de operar con él. Se establece que la multiplicación de cualquier número por cero da cero, que la sustracción o adición de cero no disminuye ni aumenta el valor del número, y que un número dividido entre cero se designa como una cantidad infinita.

Los indios utilizaron también los números fraccionarios, con notación posicional sexagesimal para el caso de la astronomía y como una razón de enteros para otras finalidades. Introdujeron además los números negativos con sus correspondientes reglas para las cuatro operaciones, dejaron establecido que la raíz cuadrada de un número tiene dos valores (uno positivo y otro negativo), comenzaron

la utilización de los números racionales. Los indios hicieron también progresos en álgebra, usaron abreviaturas de palabras y algunos símbolos para describir operaciones e incógnitas, así como para el planteamiento de ecuaciones, problemas y sus soluciones.

Cultura Mesopotámica

En el campo de las ciencias, los mesopotámicos destacaron el matemáticas y astronomía, que posteriormente transmitieron a otras culturas como los griegos y los árabes. Inventaron el calendario repartiendo el año en doce meses y las emana en siete días, a ellos se les atribuye la invención del zodiaco. También dividieron el día en 24 horas, la hora en 60 minutos y los minutos en 60 segundos.

En lo que respecta a matemáticas, los sumerios conocieron las operaciones de suma, resta, multiplicación, división, potenciación y radicación, así como el empleo de ecuaciones. Poseían un sistema de pesas y medidas sexagesimal, idearon la división del círculo en 360 grados y conocieron el cálculo de áreas y volúmenes.

En el siglo III a.C., los antiguos caldeos contaban ya con una aritmética cuyo origen no está bien identificado. En algunas piezas de barro cocido puede identificarse un sistema sexagesimal con el cual desarrollaron adiciones y sustracciones en las cuales se apoyan para obtener las primeras multiplicaciones y divisiones. Posteriormente desarrollan tablas de sumar, restar, multiplicar y dividir en el mismo sistema, a partir de las cuales obtienen otras de cuadrados y cubos, e incluso de raíces cuadradas y cúbicas, según consta en la llamada tabla de Senkereh, del siglo IX a.C., encontrada en la biblioteca de Sardanápalo. En esta tabla se puede apreciar también un sistema de numeración caldeo-asirio basado en el distinto valor de las cifras según su posición, y la utilización de un símbolo especial para representar el vacío.

Los registros de cuentas más antiguos que se conocen conciernen al cómputo de cuentas de tiempo del valle del Tigris y el Éufrates, lo cual es una muestra del desarrollo de su sistema numérico y de su geometría. Según algunas teorías, el

sistema sexagesimal usado viene asociado a la división del año en 360 días, cosa tal que nace a partir del desarrollo caldeo de la astronomía. El desarrollo astronómico dio origen a la necesidad de medir los ángulos y a pesar de utilizar procedimientos empíricos, marcó los principios de la trigonometría.

Este sistema calendárico antes mencionado, para contabilizar el tiempo, los llevó también a establecer la división de la circunferencia en 360 partes. Los caldeos agruparon de diez en diez las 360 partes de la circunferencia y con ello obtuvieron el lado del hexágono regular inscrito en ella y cuya medida es igual al radio de esta. El hexágono regular fue utilizado en su arte y puede apreciarse en un bajorelieve de Nínive.

Los caldeos conocían también el hecho de que el triángulo cuyos lados eran 3, 4 y 5, era rectángulo. Tablillas descubiertas en el año 1916, de origen babilónico y pertenecientes a la primera dinastía muestran cálculos para obtener la diagonal de un triángulo rectángulo, dentro de un orden de aproximación necesarias para un trabajo de arquitectura también establecido en dichas tablillas. Encontramos así en los caldeos un desarrollo aritmético y geométrico inspirado también en quehaceres de carácter práctico. Aunque no se conoce ningún problema geométrico de los caldeos tan desarrollado como los que estudiaron los egipcios, el desarrollo paralelo entre ambas culturas y la continua comunicación entre ellas, nos lleva a pensar que aquellos conocieron todos los avances de estos.

Todos estos saberes matemáticos convergieron en la cultura árabe y, aunado a la cosmovisión de este pueblo, dieron origen a un estilo artístico particular donde la geometría tuvo un papel preponderante. Aquí, los engaños angulares obtenidos por diferencias en la posición de los ladrillos dan una perspectiva¹² particular a los monumentos y están aunados a decoraciones geométricas que trataré. (

¹² *Cfr.* Henri Stierlin, *L'art de l'Islam en Orient, d'Ispahan au Taj Majal*.

Cultura Egipcia

Los cálculos necesarios para construir y mantener de manera constante las obras de irrigación, la necesidad periódica de delimitar los terrenos, y la observación de las estrellas para calcular las crecidas del Nilo, dieron lugar a un gran desarrollo de la geometría, haciendo de los egipcios un pueblo destacado en conocimientos matemáticos.

En el año 332 a.C. Alejandro Magno conquistó el país. Desde entonces y hasta el año 600 d.C., la historia y la matemática egipcia es considerada como parte de la cultura griega. Pero para entonces la cultura egipcia se encontraba ya establecida y fue la creación original de un pueblo que vivió entre 3000 y 5000 años en el valle del Nilo

Los antiguos egipcios desarrollaron sus propios sistemas de escritura, el más antiguo de los cuales es el jeroglífico. La escritura jeroglífica se utilizó mucho en los monumentos hasta comienzos de nuestra era, estilo que nos hace pensar en el arte árabe que desarrolló inscripciones caligráficas en sus construcciones.

Como el papiro se resquebraja al secarse en exceso, han sobrevivido pocos documentos del antiguo Egipto. De estos, los textos matemáticos más importantes son dos papiros. El primero y más antiguo de ellos es el llamado papiro de Ahmes, que data de alrededor de 1700¹³. Su nombre proviene del escriba que lo copió de un original más antiguo, aproximadamente del año 3300 a.C. Este es también conocido como papiro del Rhind, por Alexander Henry Rhind, anticuario escocés que lo descubrió hacia 1888. El otro es llamado papiro de Moscú, por el lugar donde fue encontrado, y se considera que su original es de un siglo antes (Vera: *data del siglo XX a.C. y cuyo original es de un siglo antes y el del Rhind proviene de entre 1788 y 1580 de un original de entre 1849 y 1801, todo a.C., p25*)

Podría ser que el contenido de ambos textos haya sido con un fin pedagógico, aunque esto no está aún determinado, como ejemplos más o menos artificiales de problemas típicos y sus soluciones. Estos dos papiros contienen reglas

¹³ *Cfr.* Issam el-Said, Ayse Parman, *Geometric concepts in islamic art.*

para la construcción de figuras en el plano y la determinación de sus áreas, así como la solución de problemas utilizando ecuaciones, algunas de ellas simples para nuestros días. En el papiro del Rhind contiene 85 problemas y sus soluciones, mientras que en el de Moscú son 25. Y si bien, en el papiro de Moscú son más impresionantes los resultados geométricos que en el de Ahmes, en este último resulta más interesante la parte aritmética. Podemos encontrar en este último problemas de progresiones y sobre todo, una tabla de fracciones de numerador dos descompuestas en suma de fracciones con numeradores unitarios para los cuales no se han encontrado reglas de descomposición. Los denominadores de estas fracciones están relacionados con los pesos y medidas utilizados en esa época.

La matemática para los egipcios no toma, en general, un carácter divino ni metafísico. Es una matemática surgida de necesidades concretas, de problemas de la vida diaria, al margen de ritos mágicos y religiosos que encontramos en otras áreas del saber egipcio. Está sometida a atenciones puramente humanas y es la primera ciencia que adquiere un carácter laico objetivo que distingue sus conocimientos de los demás conocimientos antiguos. Este laicismo nos habla de su importancia para poder ser retomada como un camino de expresión mística árabe. Es la primera ciencia cuya técnica se hace cuantitativa y la primera en aislar objetos para considerarlos de manera independiente a sus características cualitativas.

Los símbolos numéricos que utilizaron los egipcios fueron en dos sistemas.

En escritura jeroglífica, los numerales del 1 al 9 se representan por líneas I, II, III, ..., y para los números 10, 100, 1000, etc., fueron utilizados signos especiales. Estos símbolos se combinaban para dar origen a cualquier otra/ otro cifra/ número es más correcto. La dirección de la escritura era de derecha a izquierda de manera que por ejemplo PONER al-Said, Kline. Es más bien un sistema de escritura que utiliza la base diez, pero no posicional sino aditivo.

Basados en este sistema, los egipcios desarrollaron una aritmética de carácter aditivo. Es decir, contaban con multiplicaciones y divisiones, pero estas eran llevadas a adiciones repetidas, pudiendo incluso obtener algunas divisiones donde el

resultado no es entero. Las sumas y las restas usuales se limitaban a combinar o a cancelar los diferentes símbolos hasta llegar al resultado deseado.

En lo que respecta a las fracciones, la mayoría de ellas eran denotadas a través del símbolo concha sobre el denominador correspondiente. Esto podía lograrse debido a que en la aritmética egipcia casi todas las fracciones tenían como numerador a la unidad, o bien, se expresaban como la suma de fracciones cuyo numerador fuera la unidad. La única excepción conocida está dada por la fracción $2/3$ ¹⁴.

El papiro del Rhind contiene al principio una tabla en la que se expresan las fracciones de numerador 2 y de denominador impar entre 5 y 101, como suma de fracciones unitarias. Entonces, la expresión de una fracción como suma de fracciones unitarias se practicó en Egipto de manera sistemática. Este pueblo realizaba las cuatro operaciones aritméticas con fracciones utilizando las fracciones unitarias. Con respecto a las raíces, las cuadradas eran expresadas en términos de números enteros y fracciones.

Algo que es importante señalar es que en los egipcios no se establece separación entre aritmética y geometría y en los papiros podemos encontrar problemas de ambos tipos mezclados. Al igual que los babilonios, los egipcios consideraban la geometría como una herramienta práctica.

Además, se sabe que existía en Egipto agrimensores, lo llamados arpedonaptas o tensadores de cuerda, quizá los precursores de los constructores con regla y compás. Su oficio consistía en la construcción práctica de ángulos rectos doblando una cuerda dividida en nudos separados por intervalos de 3, 4 y 5. Existen registros del conocimiento y utilización del triángulo pitagórico de lados 3, 4 y 5¹⁵.

¹⁴ Cfr. El-Said, *op. cit.* Por otro lado, entre las otras culturas tratadas también existen datos que llevan a suponer que el triángulo pitagórico fue conocido y utilizado.

¹⁵ Cfr. Morris Kline, *La matemática de la antigüedad hasta nuestros días*, tomo 1

C. *Herencia cultural* *Traducciones greco-árabes*

El origen de las traducciones de los textos griegos puede centrarse en torno a dos núcleos principales: el sirio, desarrollado por los grupos arameos de las zonas del sur y del este del Imperio Sasánida; y el oriental, en el que se incluyen traductores de origen iranio.

El primer grupo arranca con la fundación en Edesa (hoy Urfa), Mesopotamia, de la Escuela de los Persas en tiempos del emperador Jovino. Al ser cancelada en el año 489 por el emperador bizantino Zenón, la Escuela se traslada a la ciudad de Nasibin, dentro del imperio Sasánida. Tiempo después, el emperador Sasánida Josraw Anos Ravan (521-579), conocido como Cosroes, funda en Gondisapor una segunda escuela dirigida por maestros sirios.

Con este antecedente, surgen los primeros traductores, entre los que encontramos a Sergio de Ras' Ayna, muerto en Constantinopla en 530, traductor al siriano del *Organon*, de Aristóteles, así como de algunas obras de Galeno. Posteriormente un grupo de autores monofisitas¹⁶ como Bud, traductor al siriano del texto griego del *Calila e Dimma*; Ahu Demmeh, muerto en 575; Severo Sebojt, muerto

¹⁶ Monofisita: partidario del monofisismo o relativo a él.

Monofisismo: herejía de Eutiques que sólo reconoce en Cristo la naturaleza divina.

Eutiques (378-454): griego, fundador de la doctrina que lleva por nombre eutiquianismo, la cual niega la naturaleza humana de Cristo.

en 667; Job de Edesa, 633-708; Yuryis, conocido como el obispo de los árabes, muerto en 724, los cuales tradujeron obras lógicas de Aristóteles y colecciones doxográficas¹⁷.

Con esta herencia y con el antecedente de una religión fundada en El Libro, en la nueva cultura que se constituía con el nacimiento del Islam en el siglo VII, el libro jugó un papel muy importante. Las bibliotecas de los califas van a ser los lugares decisivos en donde se dará la compilación, difusión, copia y traducción de las obras, y contribuirán a forjar la unidad de la cultura musulmana alrededor de la literatura del *adab*¹⁸, literatura que estaba constituida por textos de medicina, astronomía, lógica y filosofía griegas, persas, indias, etc.

Dentro de las principales bibliotecas se encuentran la de Bagdad, la de Córdoba y la de El Cairo.

En la primera mitad del siglo IX, hacia el año 832, el califa abasí al-Ma'mun fundó en Bagdad la Escuela de Bayt al- Hikma, o Casa de la Sabiduría en la cual se instaló una biblioteca, un centro de traducciones y un centro de reuniones. La dirección de la Casa de la Sabiduría es confiada por el califa a Yahya ibn Masuya, a cuya muerte en 857 lo sucedió su discípulo ibadí de Hira, Hunayn ibn Ishaq (809-873) cuya labor fue continuada por su hijo Ishaq ibn Hunayn, muerto en 911, y por su sobrino Hubays ibn al-Hasan.

Así, durante el gobierno de al-Ma'mun, la búsqueda de textos griegos se acentuó. Los textos son adquiridos, ya sea pacíficamente o durante las guerras sostenidas por la expansión del imperio, y después traducidos al árabe. Pocas veces se traducían directamente del griego, generalmente las traducciones se realizaban primero al siríaco y de éste al árabe teniendo en cuenta los textos griegos. Posteriormente, las traducciones se confrontaban unas con otras para su mejora y utilización en la producción de obras nuevas.

En esta escuela encontramos traductores como Yahya ibn al-Batriq; Abd al-Masih ibn' Abd Allah ibn Na'imat al-Himsí; Qusta ibn Luqa al-Ba'labakkí; Abu Bisr

¹⁷ Doxología: fórmula de alabanza en honor de la Santísima Trinidad

¹⁸ Se denomina *adab* a la literatura profana, en oposición a la literatura religiosa cuya principal fuente es el Corán.

Matta ibn Yunus al-Quina'í, muerto en 940; Abu Zakariya Yahya ibn'Adí al-Mantiqí, muerto en 974, y Abu Jayr ibn al-Jammar, discípulo del anterior nacido en 942.

Otro grupo relacionado con esta escuela del saber es el neoplatónico y neopitagorizante. El más importante de los traductores de este grupo fue Tabit ibn Qurrat al-Harraní (826-904).

En el siglo X, Córdoba comienza a convertirse en un centro cultural autónomo. El califa de España al-Hakam II crea una biblioteca con alrededor de 400 mil volúmenes. Adquiere los libros en los países de origen e instala numerosos copistas y lectores con el fin de dirigir obras en diversos campos del saber.

En el Cairo, durante el siglo XI, el califa al-Hakim funda una casa del saber que cuenta con numerosos volúmenes de su colección personales.

Existieron además otras bibliotecas de menor importancia, como la de Barsa, en Iraq.



Copié par le médecin Bihnam b. Paris, BnF.

Hippocrate, *Les Aphorismes*, ou Kitâb al-Fusul, traduction par Hunayn b. Ishaq (808-873). al-Haddâd, 1205.

Entre los principales autores traducidos están:

Aristóteles, con *Metafísica*, *Física*, el *Organon*, *De coelo et mundo*, *De generatione animalium*, *De generatione et corruptione*, *Meteorológicos*, *De partibus animalium*, *Parva naturalia*, *De anima*, *Retórica*, *Poética*, *Categorías*, *Perihermeneias*, *Primeros y segundos analíticos*, *tópicos*, *Elenchos* y *Ética nicomaquea*, entre otros.

Los considerados comentaristas de Aristóteles, tales como Ammonio, Temistios, Alejandro de Afrodisia, Porfirio y Juan Filópono.

Platón, con *La República* (que sustituye a la *Política* aristotélica), *Leyes*, *Timeo*, *Critón* y *Fedón*, entre otros.

Plotino, con las *Enneadas*.

Proclo, con su compendio de *teología*.

Ptolomeo, con el *Almagesto* y la *Geografía*.

Euclides, con *Los Elementos*.

Arquímedes, con *De Data*, *De Óptica*, sus *Lemas*, sus trabajos sobre la esfera y el cilindro, así como sus mediciones del círculo y la construcción del heptágono a partir de la circunferencia.

Apolonio de Perga, con las *Cónicas*.

Diofanto y su *Aritmética*.

Menelao, con *Spherica*.

Galeno, con sus obras de *Anatomía*.

Otros autores traducidos son: Pappus, Demócrito, Hipócrates (*Aforismos?? Serment*), Autolycus, Hypsicles, Crisipio, Teodocius (*Sphaerica*), Herón (*Mecánica*), Theophrastus (*Meteora*), entre otros.

Pero esos traductores no eran únicamente eso.

al-Hajjaj ihn Yusuf ibn Matar (786-833). Matemático y astrónomo árabe, probablemente nacido en Bagdad. Fue el primer traductor que se conoce de los Elementos de Euclides a la lengua árabe. De él se conocen dos traducciones de los Elementos, la primera bajo el reinado de Harum al-Rashid y la segunda bajo el reinado de al-Ma'mun (813-833). Es también uno de los primeros traductores del Almagesto cuya traducción data de 829 en base a la versión siríaca de Sergio de Ras'Ayna (conocido también como Sergios de Resaina) del siglo VI.

Hunyan ibn Isahq (809- 873). Físico y médico árabe. Nace en al-Hira, cerca de Babilonia. Su lengua natal es el siríaco. Pasa dos años en las ciudades griegas de Asia Menor, donde aprende el griego y se familiariza con la escuela de Alejandría y posteriormente se traslada a Basora, donde aprende el árabe para después trasladarse a Bagdad donde se convierte en administrador de la Casa de la Sabiduría y obtiene así la dirección de los trabajos de traducción que allí se llevaban a cabo. Sus traducciones iniciales las realiza del griego al siríaco, mientras que sus colegas las realizan del siríaco al árabe. Así, traduce al siríaco 20 libros de Galeno, de los cuales siete libros de Anatomía se conservan gracias a estas traducciones, pues en su versión original están desaparecidos. Tradujo y revisó, además, otras obras de medicina clásica, así como textos de Platón, Aristóteles, Menelao, Autolicos, Apolonio e Hipócrates (septuagint), entre otros. Se sabe que conoció también los trabajos del Serment de Hipócrates, de quien seguía a la letra sus preceptos. Se sabe de la vida y obra de Hunayn gracias a una especie de autobiografía escrita en forma de carta a Ali ibn Yahya. Muchos de sus trabajos se conservan aún actualmente. Es considerado el más grande y el más productivo de todos los traductores.

Ishaq ibn Hunayn. Hijo de Hunayn ibn Ishaq quien, influenciado por su padre, realiza la traducción de los Elementos en el siglo IX.

Abu'l Hasan Thabit ibn Qurra (826-901). Astrónomo y matemático árabe nacido en Harran, Mesopotamia, hoy Turquía. Su lengua natal era el siríaco y sabía además arameo y griego. Estudio en Bagdad en la Casa de la Sabiduría. Tradujo a Apolonio, Arquímedes, Euclides y Ptolomeo (tanto el Almagesto como la Geografía).

Revisó también la traducción que Hunayn hizo de los Elementos, reescribió la traducción del Almagesto de Ptolomeo, hecha por Hunayn, y tradujo la Geografía, de Ptolomeo

Hilal ibn Hilal al-Himsi. Matemático árabe del siglo IX. Traduce los cuatro primeros volúmenes de las Cónicas de Apolonio de Perga, así como diversos trabajos de Arquímedes, Pappus y Diofanto, entre otros.

Qusta ibn Luqa al-Ba'labakkí (820-912). Médico melkita, traductor de los comentarios de Alejandro de Afrodisia y de Juan Filopón a la Física y al De generatione et corruptione de Aristóteles. Traduce también De placitis philosophorum del Pseudo-Plutarco, así como Sphaerica de Teodocius, la Mecánica de Heron, Meteora de Theophrastus, la Física de Aristóteles y la Aritmética de Diofanto, y los trabajos de Hypsicles, Autolycus, Galeno, y una revisión de los Elementos.

Los hermanos Banu Musa, Jafar Muhammad ibn Musa ibn Shakir, Ahmad ibn Musa ibn Shakir y al-Hasan ibn Musa ibn Shakir, matemáticos nacidos alrededor de 800, en Bagdad, hoy Iraq. Generalmente trabajaban juntos, por lo cual es difícil separar sus biografías. Sin embargo, puede decirse que Ahmad trabajaba principalmente la mecánica, mientras Jafar Muhammad la astronomía y al-Hasan la geometría. Se conoce la traducción de Ahmad ibn Musa ibn Shakir de las Cónicas de Apolonio.

Abu 'Abd-Allah Muhammad Ibn Isa Al-Mahan (-844). Matemático y astrónomo del siglo IX, nacido en Mahan, Kirman, Persia. Escribió comentarios sobre Euclides y Arquímedes. Mejora la traducción hecha por Ishaq ibn Hunayn de Spherica de Menelao.

Abu' Uthman al-Dimashqi (¿? - 920) Traducciones de Aristóteles: Organon, Retórica y Poética. Más tarde, el médico y filósofo al-Hasan ibn Suwar (muerto en 1017), realiza una edición del Organón, de Aristóteles, que retoma de una edición realizada por Ishaq ibn Hunayn.

Ishaq ibn Hunayn (830-910). Traduce el Almagesto de Ptolomeo.

Abd al-Masih ibn' Abd Allah ibn Na'imat al-Himsi, contemporáneo y colaborador de al-Kindí, traductor de la Física y Sofística, de Aristóteles, así como de Plotino.

BIBLIOGRAFÍA

Al-Nawawí; *Dichos del profeta (los cuarenta Hadices)*; Barcelona, José J. Olañeta editor, 2002.

Arnheim, Rudolf; *El poder del centro: estudio sobre la composición de las artes visuales*; Madrid, Alianza Editorial, 1984.

Arnheim, Rudolf; *Module, proportion, simmetry, rythm*; Nueva York, ed. George Braziller, 1966.

Berggren, J. L.; *Episodes in the Mathematics of Medieval Islam*; Burnaby, Canadá, Departaments of Mathematics and Statistics Simon Fraser University, 1986.

Borrás Gualis, Gonzalo M., Joaquín Yarza Luaces; *Historia universal del arte*, tomo 4; España, ed. Espasa Calpe, 2000.

Borrego Pimentel, Enrique María; *Cuestiones Plotinianas*; Madrid, Facultad de Teología, 1994.

Burckhardt, Titus; *El arte del Islam: lenguaje y significado*; España, José J. de Olañeta editor, 1988

Burckhardt, Titus, *Espejo del intelecto*, España, José J. de Olañeta editor, 2000

Burhan, Sami, Marco Gianfranceschi; *Estetica dell'alfabeto arabo. Calligrafia, pittura, scultura*; Italia, Centro Culturale Italo Arabo di Arte Contemporanea, 2000

Cruz Henández, Miguel; *Historia del pensamiento en el mundo islámico*; Madrid, Alianza Editorial, 2000.

Diccionario Rioduero de matemática; México, ed. Ediplesa, 1985.

El-Said, Issam, Ayse Parman; *Geometric concepts in islamic art*; Londres, Scorpion Publishing Limited, 1988; Segunda edición.

Euclides; *Los Elementos*; México, UNAM, 1987.

Euclides; *Los Elementos*; Barcelona, ed. Gredos, 1991.

Ghyka, Matila; *A practical handbook of geometrical composition and desing*; Londres, ed. A. Tiranti, 1964 primera edición, segunda reimpresión.

Ghyka, Matila Costiescu; *El número de oro: ritos y ritmos pitagóricos en el desarrollo de la civilización occidental*; Buenos Aires, ed. Poseidón, 1968.

Ghyka, Matila; *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*; Barcelona, ed. Poseidón, 1983, tercera edición.

Ghyka, Matila Costiescu; *The geometry of arts and life*; Nueva York, ed. Dover, 1977.

Golubitsky, Martin, Ian Stewart; *¿Es Dios un geómetra?*; Barcelona, ed. Crítica Grijalbo Mondadori, 1995.

González Ochoa, César; *La música del universo*; México, UNAM, IIFL, 1994.

González Urbaneja, Pedro Miguel; *Pitágoras, el filósofo del número*; Madrid, ed. Nívola, 2001.

Gorman, Peter; *Pitágoras*; Barcelona, ed. Crítica Grijalbo, 1988.

Historia Universal Salvat, tomo 9; México, Salvat editores, 1999.

Huart, Clément; *Los calígrafos del oriente musulmán*; Barcelona, José J. de Olañeta editor, 2004, segunda edición.

Ibn Arabi; *El tratado de la Unidad*; Barcelona, José J. de Olañeta editor, 2004, tercera edición.

Khatibi, Abdelkébir, Mohamed Sijelmassi; *L'art calligraphique de l'Islam*; París, ed. Gallimard, 1994.

Kline, Morris; *El pensamiento matemático de la antigüedad a nuestros días*, tomo 1; Madrid, Alianza editorial, 1972.

Meissner Grebe, Eduardo; *La configuración espacial*; Concepción, Chile, Universidad de Biobío, 1984.

Miquel, André; *L'islam et sa civilisation, VII-XX siècle*; París, Armand Colin Éditions, 1990.

Morales, José; *El Islam*; Madrid, ediciones Rialp, 2000.

Munari, Bruno; *Diseño y comunicación visual*; Barcelona, ed. Gustavo Gili, 1980.

Polastron, Lucien X.; *Découverte des calligraphies de l'arabe*; París, ed. Dessain et Tolra, 2003.

Porter, Venetia; *Islamic Tiles*; Londres, British Museum Press, 1995.

Puertas Vilchez, José Miguel; *Historia del pensamiento estético árabe* Madrid, editorial Akal, 1997.

Schaya, Leo; *La doctrina sufí de la unidad*; Barcelona, José J. Olañeta editor, 2001, segunda edición.

Scholfield, P. H.; *Teoría de la proporción en la arquitectura*; Barcelona, ed. Labor, 1971,

Schound, Frithjof; *Comprender el Islam*; Barcelona, José J. Olañeta editor, 2001, segunda edición.

Scott, Robert Gillam; *Fundamentos del diseño*; Buenos Aires, ed. Víctor Leru, 1959.

Sénac, Philippe; *le monde musulman des origins au XI siecle*; Francia, editions Sedes, Francia, 1999.

Simpson, Marianna S.; *El arte islámico*; Buenos Aires, Ediciones Paidós, 1983.

Stierlin, Henry; *L'art de l'Islam en Orient: D'Ispahan au Taj Mahal*; Paris, éditions Gründ, 2002.

Tazi-Sadeq, Sophia; *Le bruissement du calame*; París, ed. Alternatif, 2002.

Vera, Francisco; *Breve historia de la matemática*; Buenos Aires, editorial Losada, 1946;

Versos áureos de Pitágoras y otros fragmentos pitagóricos; seleccionados y editados por Florence M. Firth; Barcelona, José J. Olañeta editor, 2004.

Watt, W. Montgomery; *Historia de la España islámica*; Barcelona, Ediciones Altaya, 1997.

Weyl, Hermann; *Symmetry*; Estados Unidos, Princeton University Press, 1980.

Wong, Wicius; *Fundamentos del diseño bi y tri-dimensional*; Barcelona, ed. Gustavo Gil, 1986.

PÁGINAS WEB

<http://www.islam.org.br>

<http://images.search.yahoo.com/search/images?p=caligrafia+arabe&sm=Yahoo%21+Search&toggle=1&ei=UTF-8&fr=FP-tab-img-t&b=21>

<http://images.search.yahoo.com/search/images?p=caligrafia+arabe&prssweb=Search&ei=UTF-8&fr=FP-tab-web-t&b=41>

<http://www.snowcrystals.net>

<http://www.elacuarista.com>

<http://www.educaciontecnologica.cl/estructuras.htm>

<http://images.google.com.mx/images?q=conchas&btnG=B%C3%BAsqueda&svnum=10&hl=es&lr=>

<http://images.google.com.mx/images?svnum=10&hl=es&lr=&q=nautilus&btnG=B%C3%BAsqueda>

<http://www.teselaymosaico.com.ar>

[http://images.google.com.mx/images?q=escher&svnum=10&hl=es&lr=&start=20
&sa=N](http://images.google.com.mx/images?q=escher&svnum=10&hl=es&lr=&start=20&sa=N)

[http://images.google.com.mx/images?q=escher&svnum=10&hl=es&lr=&start=40
&sa=N](http://images.google.com.mx/images?q=escher&svnum=10&hl=es&lr=&start=40&sa=N)

<http://www.taj-mahal.net/>

<http://images.search.yahoo.com/search/images?p=%22islamic+tiles%22&ei=UTF-8&fr=FP-tab-img-t&x=wrt>

<http://images.google.com.mx/images?hl=es&q=%22islamic%20tiles%22&btnG=B%C3%BAsqueda+en+Google&sa=N&tab=wi>