



Federación
Española de
Sociedades de
Profesores de
Matemáticas



José María Sorando Muzás

La geometría de las ciudades



COMITÉ EDITORIAL

Ágata A. Timón (ICMAT)
Agustín Carrillo de Albornoz Torres (FESPM)
Manuel de León Rodríguez (ICMAT)
Serapio García Cuesta (FESPM)

COMITÉ ASESOR

David Martín de Diego (ICMAT)
Juan Martínez-Tébar Giménez (FESPM)
Onofre Monzó del Olmo (FESPM)

DISEÑO DE CUBIERTA: ESTUDIO SÁNCHEZ/LACASTA

© JOSÉ MARÍA SORANDO MUZÁS, 2020

© FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE SOCIEDADES DE PROFESORES
DE MATEMÁTICAS (FESPM), 2020
SERVICIO DE PUBLICACIONES
AVDA. DE LA MANCHA S/N
02006 ALBACETE
WWW.FESPM.ES

© INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS (ICMAT), 2020
NICOLÁS CABRERA, N° 13-15
CAMPUS DE CANTOBLANCO, UAM
28049 MADRID
WWW.ICMAT.ES

© LOS LIBROS DE LA CATARATA, 2020
FUENCARRAL, 70
28004 MADRID
TEL. 91 532 20 77
WWW.CATARATA.ORG

LA GEOMETRÍA DE LAS CIUDADES

ISBN: 978-84-1352-022-3
DEPÓSITO LEGAL: M-20.108-2020
THEMA: PDZ/PB/PBM/AMVD

ESTE LIBRO HA SIDO EDITADO PARA SER DISTRIBUIDO. LA INTENCIÓN DE LOS EDITORES ES QUE SEA UTILIZADO LO MÁS AMPLIAMENTE POSIBLE, QUE SEAN ADQUIRIDOS ORIGINALES PARA PERMITIR LA EDICIÓN DE OTROS NUEVOS Y QUE, DE REPRODUCIR PARTES, SE HAGA CONSTAR EL TÍTULO Y LA AUTORÍA.

Índice

Introducción 7

Capítulo 1. La huella geométrica 11

Capítulo 2. Antigüedad y Edad Media 21

Capítulo 3. Edad Moderna 57

Capítulo 4. Edad Contemporánea 97

Capítulo 5. Ciudades únicas 139

Capítulo 6. ¿Hacia dónde vamos? 153

Bibliografía 155

Introducción

Existe un vínculo entre el tipo de organización de una sociedad y el espacio donde se desarrolla. Es por ello que el pensamiento geométrico se ha aplicado reiteradamente para resolver los problemas que presentaba cada tipo de ciudad.

Unas veces eran problemas nacidos de los intereses del grupo dominante (defensa, reafirmación de la autoridad, control social, etc.), estableciendo un orden simbólico o funcional a través de las líneas y las formas geométricas en el trazado urbano. Así, cuando el emperador Napoleón III encomendó a su ministro el barón Haussmann la drástica remodelación del trazado viario de París no fue la razón principal dar más aire y luz a sus calles, ni tampoco fue un visionario del futuro tráfico rodado, sino que buscaba ante todo sofocar posibles revueltas venideras. Se derribó un 60% de la vieja ciudad y se trazaron amplias avenidas rectilíneas bajo el mandato imperial de que por ellas “pueda disparar un cañón y avanzar un batallón”. No se debían repetir los hechos de las pasadas revoluciones de 1830 y 1848, cuando los insurrectos lograron hacerse fuertes tras barricadas que bloqueaban las angostas callejas de la ciudad antigua. Y se consiguió el objetivo: la Comuna de 1871 fue vencida fácilmente con las tropas que llegaban por ferrocarril de las provincias a las estaciones parisinas, desde las que parten las amplias avenidas donde también se ubicaban los cuarteles, por las que avanzaron hasta el corazón de la ciudad.

Otras veces, los problemas urbanos nacieron del intento por mejorar la calidad de vida de los ciudadanos (abastecimiento, salubridad, movilidad, etc.), buscando optimizar recursos, minimizando esfuerzos y maximizando beneficios, de forma equitativa, como escribe Gabriel García Márquez en *Cien años de soledad*: “José Arcadio Buendía, que era el hombre más emprendedor que se vería jamás en la aldea, había dispuesto de tal modo la posición de las casas, que desde todas podía llegarse al río y abastecerse con igual esfuerzo, y trazó las calles con tan buen sentido que ninguna casa recibía más sol que otra a la hora del calor”.

Conoceremos unos y otros problemas urbanos a lo largo de la historia, así como sus soluciones geométricas. Promovidas por la ambición del grupo dominante o por el bien común, esas soluciones no se adoptaron de forma espontánea, fueron planificadas desde el poder en sus diferentes versiones, unas veces más duro y otras más amable (cacical, feudal, imperial, del despotismo ilustrado, financiero, militar, democrático, etc.). De hecho, en las concentraciones urbanas no planificadas, producidas por movimientos migratorios espontáneos, no existe orden geométrico alguno aparente, sino un crecimiento orgánico, una aglomeración demográfica en lucha por la supervivencia: chabolas en el sur de Europa, favelas en Brasil, ranchos en Venezuela, etc.

La ciudad planificada surge de un hecho o de una idea fundacional. Puede ser una nueva capitalidad, la reconstrucción tras una catástrofe, un proyecto comunitario, etc. Se construye según un modelo, lo que supone elegir una opción. Unas veces se quiere evocar la ciudad añorada; otras, late el ideal de empezar una nueva vida, de reinventar el mundo. De un tipo u otro, se pretende instaurar o perpetuar un orden social. A menudo la geometría de las ciudades ejemplifica cómo, según nos enseña la historia, en algún momento ese orden se malogra o decae, dando paso a otro orden diferente o al desorden.

Las estructuras geométricas pueden ser limitadas, finitas, como lo es un polígono estrellado o un círculo; o pueden ser

infinitas, susceptibles de un crecimiento ilimitado, como lo es una espiral o una teselación periódica del plano. De igual modo, hay diseños urbanos geométricos donde no es posible que la ciudad crezca con nuevos agregados sin alterar su estructura, como es el caso de las ciudades estrelladas. Y también hay ciudades que pudieron crecer respetando el diseño inicial, como las reticuladas ciudades americanas. Otras veces, los propósitos iniciales son engullidos por otros con mayor fuerza, hasta hacer irreconocible el diseño original, como ocurrió en la Ciudad Lineal de Madrid, donde el urbanismo humanista de Arturo Soria sucumbió ante la especulación inmobiliaria. De todas ellas hablaremos.

Este libro propone mirar e interpretar la ciudad desde la geometría, lo cual nos va a permitir conocer mejor a una y a otra, y relacionar ambas. A su vez también propone, mediante diversas actividades, indagar situaciones urbanas existentes, plantear otras posibles e ir más allá en su conocimiento. Se ofrecen a la curiosidad del lector o lectora y también son aplicables en las aulas, donde las Matemáticas debieran ser una ventana para comprender mejor el mundo.

En algunas actividades, tras su planteamiento, siguen comentarios, ideas y sugerencias que, si la actividad se lleva a la clase, el docente podrá dosificar según su criterio. Las soluciones desarrolladas están disponibles en internet:

matematicasentumundo.es/soluciones.pdf

Gracias a Carmen Pérez Vicente y a Ángel Requena Fraile por sus atentas lecturas del original y por sus acertadas observaciones.

Capítulo 1

La huella geométrica

El arquitecto romano Marco Vitruvio Polión (75-15 a. C.), en el Prefacio al Libro VI de su obra *De Architectura*, cita el siguiente suceso: Aristipo de Cirene (435-350 a. C.), discípulo de Sócrates, tras naufragar su nave, fue arrojado por las olas a una playa solitaria de la isla de Rodas y al encontrar en la arena dibujos de figuras geométricas, dijo a sus compañeros: “Alegraos, que veo huellas humanas” (“Bene speremus, video de hominum enim vestigia”). Allí fijó su residencia Aristipo, en Rodas, donde enseñó filosofía.

En la película de ciencia ficción *Prometheus* (Ridley Scott, 2012), asistimos a la llegada de una nave de exploración espacial a un planeta desconocido. Al divisar pistas rectilíneas, comenta un tripulante: “Dios no construye líneas rectas”. Es decir, se trata de un planeta habitado. 24 siglos más tarde, es la misma idea que expresara Aristipo en la playa de Rodas: esas figuras geométricas no son producto de la casualidad ni de la naturaleza¹, sino la indudable huella de seres inteligentes. Más allá de los símbolos geométricos, en la Tierra, una huella humana que se acrecienta con el nacimiento y desarrollo de las

1. Gracias a los trabajos de Benoît Mandelbrot (1924-2010), hoy sabemos que también las formas naturales presentan regularidades geométricas, aunque de otro tipo, que llamó *geometría fractal*.

sucesivas civilizaciones, cuyo máximo exponente son las ciudades. De hecho, el término civilización procede de la palabra latina *civitas*, que significa “ciudad”.

FIGURA 1

Aristipo en la playa de Rodas



Ilustración de Michael Burghers. *Obras de Arquímedes* (ed. Torelli, Oxford University Press, 1792)².

Fuente: Biblioteca Linda Hall. Kansas City (Estados Unidos).

Decía el filósofo Henri Lefebvre: “Para cambiar la vida, primero debemos cambiar el espacio”. Las geometrías de los trazados urbanos, junto con las arquitecturas de los edificios,

2. Este grabado ya había sido publicado por la misma editorial en la edición de los *Elementos* de Euclides (ed. David Gregory, 1703) pero, en lugar de la espiral arquimediana, se veían triángulos dibujados sobre la arena; y en *Las Cónicas* de Apolonio de Perge (ed. Edmund Halley, 1710), con secciones cónicas en la playa. Los dibujos se cambiaban según el tema de estudio del autor.

configuran ambientes que reflejan formas específicas de entender la vida cotidiana, estilos diferentes de convivencia. Es algo que se advierte de forma especial en el tratamiento dado a los espacios públicos, ámbitos de vida comunitaria que facilitan la ayuda mutua. En la actualidad son potenciados al amparo de formas de gobierno democrático y participativo o son condenados a desaparecer bajo la ola privatizadora neoliberal que empuja hacia el individualismo.

Dos ejemplos, históricos y opuestos, de la influencia de la geometría urbana en la vida de sus ciudadanos son los *hutong* de Pekín y los rascacielos de Manhattan en Nueva York, la ciudad horizontal frente a la ciudad vertical. En cada manzana de los *hutong* se congregaban cuatro *siheyuan*, viviendas de una única altura que en ocasiones eran a la vez talleres. Estas confluían en un pequeño patio con una toma de agua y un baño comunitarios. Allí se vivía y se trabajaba, de cara a los vecinos, compartiendo tanto el trabajo como la vida privada. En los célebres rascacielos de Manhattan (en el Midtown y el núcleo financiero de Wall Street) tienen sus oficinas las grandes corporaciones. Allí no se vive, son edificios pensados solo para el trabajo que sus empleados abandonan cada tarde camino de alejados barrios-dormitorio donde descansar, pasando del culto a la productividad al culto a la privacidad. En la película *Desayuno con diamantes* (Blake Edwards, 1961) se dice: “Siempre oí que en Nueva York uno nunca conoce a sus vecinos”.

Dado que estas geometrías urbanas influyen en la vida de sus pobladores, es interesante reconocerlas en nuestras ciudades. A continuación buscaremos la huella geométrica en las dos mayores capitales españolas. Para ello, disponemos de las ortofotos (fotos aéreas cenitales) que facilitan los ayuntamientos de Madrid³ y de Barcelona⁴. Sobre ellas es posible localizar formas y estructuras geométricas reconocibles en la red de calles y plazas. Eso da pie a identificarlas por sus nombres y

3. Véase <http://bit.ly/37QUI7C>

4. Véase <https://w20.bcn.cat/cartobcn/>

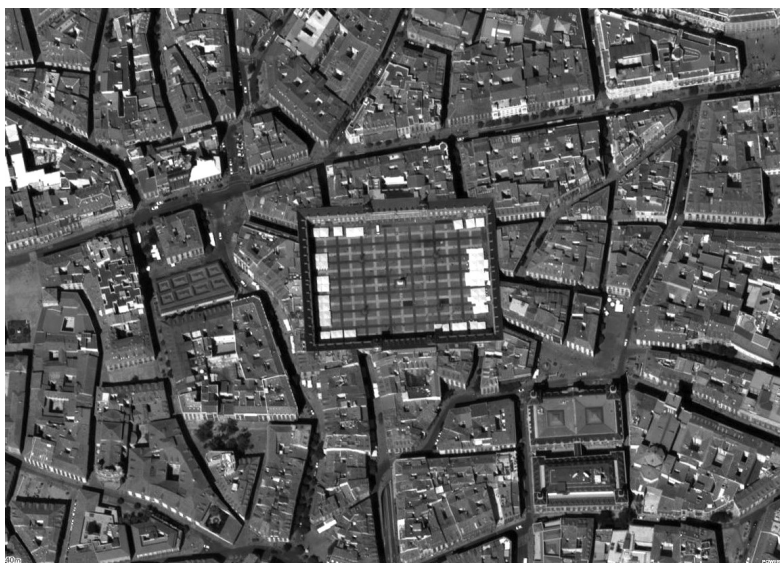
buscar de qué épocas datan. Además, descubriremos calles y plazas con nombres de geómetras o con significado geométrico.

Madrid

Se observa ausencia de pautas geométricas en el Madrid de los Austrias (siglos XVI y XVII), con una trama irregular de calles en variadas direcciones.

FIGURA 2

Alrededores de la Plaza Mayor



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

En el exterior del área anterior aparecen zonas de urbanización en cuadrícula, con calles en dos únicas direcciones perpendiculares. Es el Ensanche proyectado por Carlos María de Castro (1860). La cuadrícula es más acusada y extensa, con manzanas mayores, en los barrios de Salamanca, Ibiza, Lista, Goya, Recoletos y Castellana.

FIGURA 3

Barrio de Salamanca



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Se aprecia la urbanización irregular de casas aisladas o pequeñas manzanas en diversas “colonias”: El Viso, Ciudad Jardín, Puerta de Hierro, Metropolitano, etc. Varias de ellas llevan nombres de empresas, lo que informa de que se construyeron para alojar a sus trabajadores: Unión Eléctrica Madrileña, Banesto, Carteros, etc.

FIGURA 4

Colonia Metropolitano



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

Una de esas colonias, ubicada junto al antiguo Matadero y edificada para quienes allí trabajaban, data de 1927 y recibe el nombre de Pico del Pañuelo por su trazado triangular, en el que las manzanas dibujan un cuidado diseño bastante simétrico:

FIGURA 5

Pico del Pañuelo



Fuente: Ayuntamiento de Madrid.

En algunas plazas y glorietas confluyen varias avenidas formando estructuras estrelladas, al estilo del Plan Haussman de París: Puerta de Toledo, Embajadores, Santa María de la Cabeza, Manuel Becerra, etc.

Hay calles y plazas con nombres geométricos: Plaza Elíptica, por su forma de elipse; Glorieta de Pirámides, por albergar dos monolitos piramidales; calle Pitágoras, como homenaje al matemático de Samos, el más popularmente conocido gracias al célebre teorema que lleva su nombre; calle José Echegaray, político y dramaturgo premio Nobel de Literatura, pero también matemático, que escribió varios libros sobre geometría y fue primer presidente de la Sociedad Matemática Española.

Barcelona

La zona antigua (Ciutat Vella), al igual que ocurre con los centros históricos de Madrid y de tantas otras ciudades europeas, tiene un trazado irregular de callejas. Su forma es hexagonal irregular.

Más allá de Ciutat Vella, L'Eixample (“ensanche”) ofrece la imagen predominante y característica de esta ciudad: la gran trama de manzanas cuadradas (levemente truncadas), donde todas las calles son paralelas o perpendiculares entre sí, excepto tres avenidas oblicuas con respecto al resto, muy marcadas e importantes y con nombres descriptivos: Diagonal, Paralelo y Meridiana. Este diseño corresponde al Plan Cerdá (1860).

FIGURA 6
L'Eixample



Fuente: Ayuntamiento de Barcelona.

En la zona alta de la ciudad (Sarriá-Sant Gervasi, Horta-Guinardó, Nou Barris, etc.) las manzanas, aunque rectangulares en algunos tramos, no ofrecen uniformidad. Serpentean siguiendo las curvas de nivel de las laderas de los montes (Tibidabo, Carmelo).

FIGURA 7
Vallcarca



Fuente: Ayuntamiento de Barcelona.

Encontramos la estructura estrellada de plaza donde se cruzan avenidas en las plazas de Las Glorias y de Francesc Macià.

También hay calles y plazas con nombres geométricos:

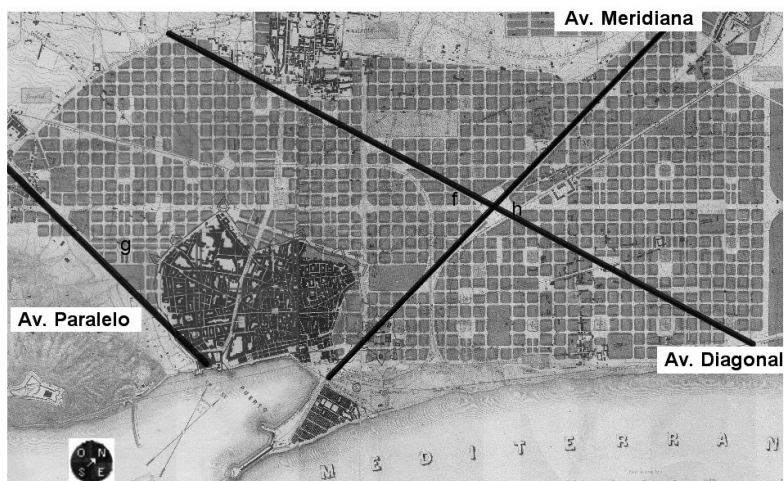
Avenida Diagonal. Traza una diagonal entre dos vértices de L'Eixample.

Avenida del Paralelo. Sigue la dirección este-oeste, la de los paralelos terrestres, y corresponde al paralelo $41^{\circ} 22' 30''$ norte.

Avenida Meridiana. Sigue la dirección norte-sur, la de los meridianos terrestres, y corresponde al meridiano $2^{\circ} 11' 13''$ este.

FIGURA 8

Las tres avenidas sobre el plano de Cerdá



Fuente: Archivo Histórico de la ciudad de Barcelona.

Carrer del Triangle (triángulo), que discurre junto a una manzana triangular. Calles de Pitágoras, Arquímedes, Descartes y Santaló, todos ellos geómetras.

Actividad 1. A vista de pájaro

Sobre las ortofotos o sobre el plano de la ciudad que elijas (la propia de nacimiento o de residencia, por ejemplo), localiza formas y estructuras geométricas. También, calles y plazas con nombres de geómetras o con significado geométrico.

