



HISTOLOGÍA Y ARQUITECTURA: MUNDOS PARALELOS*

Histology and Architecture: Parallel Worlds

JOSÉ PEÑA-AMARO

Universidad de Córdoba, España

KEYWORDS

*Human body
Human building
Histology
Architecture
Histoarchitecture
Tissue engineering*

ABSTRACT

In this article, the author raises the parallelism between two branches of knowledge: architecture and histology; from the consideration of the human body as a building. It tackles the use of architectural terms in the teaching of the microscopic structure of the human body, the equivalence between structures and constructive elements with cells, and the extracellular matrix. And finally, the similarities between the time-related stages of a building and those affecting the human body.

PALABRAS CLAVE

*Cuerpo humano
Edificio humano
Histología
Arquitectura
Histoarquitectura
Ingeniería tisular*

RESUMEN

En este artículo el autor plantea el paralelismo entre dos ramas del saber, la arquitectura y la histología a partir de la consideración del cuerpo humano como edificio. Lo aborda desde la utilización de los términos arquitectónicos en la enseñanza de la estructura microscópica del cuerpo humano, la equivalencia entre estructuras y elementos constructivos con las células y la matriz extracelular. Y por último, en la semejanza que podemos encontrar en las etapas por las que pasa un edificio con las que afectan al cuerpo humano a lo largo de la vida.

Recibido: 01/ 09 / 2022

Aceptado: 02/ 11 / 2022

1. Introducción

La arquitectura crea el organismo. Por ello tiene que regirse por una ley en armonía con las de la naturaleza.

Antoni Gaudí

SE podría decir que, con carácter general, existen dos maneras de observar el cuerpo humano: para su *contemplación* y para su *comprensión*. Con una actitud contemplativa lo podemos hacer, por ejemplo, desde la admiración, bien para copiar o interpretar su realidad estética como hace el artista (Bolaños, 2018; Gómez López, 2018), como inspiración literaria para poetas y escritores (Campos Muñoz, 1998a) o por los sentimientos que nos despiertan o comunican a través de la postura, movimientos, gestos y expresiones (Davis, 2020). Para su comprensión conseguimos aproximarnos a su estudio bien a partir de una visión filosófica (Laín Entralgo, 1995) o desde la ciencia con todos los medios y métodos disponibles para conocerlo y entenderlo y, en su caso, repararlo o curarlo (Campos Muñoz, 2004a, 2004b; Pera, 2003, 2012). De esta manera, gracias a las diversas maneras de acercarnos al cuerpo humano, encontramos parecidos, semejanzas que nos ayudan a descubrir relaciones, imaginarias o reales, entre ciencias, áreas o campos diferentes al mismo tiempo, lo que nos abre a una amplia y enriquecedora forma de percibirlo.

Una ciencia muy vinculada con el cuerpo humano es la arquitectura. Los arquitectos se han inspirado para su trabajo en la naturaleza, ya sea en los impresionantes contornos de los paisajes o en las sorprendentes formas de los seres vivos, entre ellas la de los seres humanos. Así, en su libro sobre las estrechas relaciones entre arquitectura y cuerpo humano, Juan Antonio Ramírez (2003) profundiza en la correspondencia, en la asociación que existe entre vivienda y cuerpo humano. Otros, reflejan en sus construcciones el resultado de la observación de nuestra anatomía y de sus movimientos, como ocurre en el edificio *Turning Torso* del arquitecto Santiago Calatrava en Malmö, Suecia. O la visión del diseño arquitectónico de Richard Neutra centrado en el ser humano (Ettinger, 2018). Más recientemente asistimos a nuevas corrientes conocidas como *arquitectura biológica* y *biomimetismo* que buscan soluciones tecnológicas y arquitectónicas eficientes inspiradas en los diseños de la naturaleza, entre ellos, el del propio cuerpo humano (Costa Couceiro, 2008; Chayaamor-Heil y Vitalis, 2021), algo que ya adelantaba Leonardo da Vinci

Aunque el ingenio humano pueda crear múltiples inventos, nunca diseñará ninguno más hermoso, más sencillo ni más adecuado a su fin que la naturaleza; porque en sus inventos no falta nada ni hay nada superfluo, y no necesita ningún contrapeso cuando crea las extremidades. (Suh, 2006, p. 150)

Por razones evidentes, es la medicina la ciencia más estrechamente unida al estudio de nuestro cuerpo, tanto sano como enfermo. Y su apreciación ha ido cambiando con el tiempo. Destaca, en este sentido, el ensayo de Laín Entralgo (1989) en el que repasa las visiones sobre el cuerpo a lo largo de la historia, plasmando su análisis y reflexión final en una teoría integral sobre éste como realidad de una conducta plenamente humana. Desde la descripción anatómica de Vesalio (Huard y Imbault-Huart, 1980), el cuerpo humano ha sido visto como un edificio que con los avances de las disciplinas morfológicas han permitido ampliar progresivamente su conocimiento y descripción morfológico-funcional (Laín Entralgo, 1972). Esta percepción de edificación —que se refuerza sobre la base de D'Arcy Thompson (2003) de que la forma y la estructura de los organismos está regida por principios matemáticos— se mantiene hasta nuestros días. Incluso, como nos dice Cristóbal Pera (2012), si se asume al cuerpo humano como un «edificio biológico» ¿podría considerarse al cirujano como su arquitecto dada su capacidad de actuar sobre él?; su respuesta es negativa y lo es porque

el cirujano es incapaz de poner de pie, ex novo, una fábrica biológica como la del cuerpo humano y, por lo tanto, no puede ser su artífice, como lo es el arquitecto de su edificio. A lo sumo, es el restaurador de sus entrañas deterioradas y el modificador de su fachada, de su apariencia. (p. 73)

Sin embargo, esta correspondencia entre cuerpo y arquitectura se mueve fundamentalmente en lo macroscópico, en lo que se ve a simple vista. El paralelismo que exponemos en el presente artículo se refiere a un terreno generalmente más alejado, más inaccesible a la mayoría de los arquitectos. Nos referimos al mundo de la organización microscópica del cuerpo, a la Histología, a la ciencia que estudia e investiga sobre la estructura corporal empleando instrumentos amplificantes (de Juan, 1999; Campos Muñoz, 2004a, 2004b). David Jou i Mirabent (2009) en su reflexión sobre la ciencia como estímulo del arte nos dice que

La arquitectura es otro aspecto de la realidad que interesa a artistas y científicos. Me refiero aquí a la constitución de la realidad: de qué piezas está formada, qué leyes describen y ordenan sus relaciones, y qué tipo de construcciones se pueden llevar a cabo con ellas, a medida que se integra una mayor cantidad de piezas. Para el pintor, las piezas serán colores; para el científico, moléculas, átomos o partículas elementales; para el arquitecto, ladrillos y vigas; para el biólogo, células y órganos. La sensación arquitectónica de la realidad es menos afín al científico dado al análisis que al dedicado a la síntesis. Descomponer moléculas en átomos es más simple que sintetizar moléculas con estructuras dadas —aspecto de la ciencia que puede alcanzar una poderosa dimensión estética—. (p. 424)

Aun estando de acuerdo con lo escrito por el profesor Jou i Mirabent, discrepamos en que la sensación arquitectónica sea menos afín al científico. La histología es una ciencia integradora en la que, si bien el análisis es importante para abordar su comprensión, es la síntesis la que permite reunir todos los elementos para entender la configuración de nuestro cuerpo (Campos Muñoz, 2004b). En la estructura corporal, el autoensamblaje de los distintos elementos se combina sucesivamente para dar lugar a unidades operativas superiores (moléculas, células, tejidos, órganos) que adquieren también nuevas propiedades (capacidad para dividirse, moverse, etc.) (Ingber, 1998). Al respecto, Campos Muñoz (1991) ya aplicó los conceptos de orden, jerarquía y complejidad para, haciendo un símil con la construcción de una casa, referir siete órdenes constructivos o constitutivos básicos: «el orden atómico, el orden molecular, el orden celular, el orden formado por las poblaciones celulares o tejidos, el orden de los órganos y el orden de los mal denominados aparatos y sistemas» (pp.13-14) que permiten establecer el paradigma constructivo del cuerpo humano. Esta explicación constructiva de nuestra realidad corporal, sí que nos acerca, nos hace mirar al mundo de la arquitectura.

¿Podríamos hablar entonces de un paralelismo entre la histología, una ciencia descriptiva, y la arquitectura, una ciencia constructiva? Entendemos que sí. Desde la terminología, pasando por la equivalencia de los elementos constitutivos y sus relaciones y finalizando por las fases o etapas en la vida del cuerpo y en la «vida» de una construcción. Basta leer un libro de histología para reconocer inmediatamente esta conexión. Al igual que en un edificio, los materiales de los que estamos contruidos también poseen propiedades específicas, mantienen disposiciones y relaciones espaciales coherentes para el desarrollo de las funciones requeridas para el conjunto global que es el cuerpo humano. De hecho, el científico, y más concretamente el histólogo, ha dirigido su mirada, desde el nacimiento de la histología al mundo de la arquitectura, del que ha tomado términos y conceptos que, por su parecido o similitud, resultan en analogías útiles que facilitan la enseñanza y comprensión de su disciplina. No es nada nuevo. La histología, como el conjunto de la medicina, termina haciendo suyos conceptos que, en principio, le son del todo extraños. Ejemplos de este proceso asimilatorio son el concepto resiliencia, procedente de la física, o del concepto de calidad de vida, que se toma de la economía.

Arquitectura e histología comparten, además, un principio esencial: *la función determina la forma*. Este fundamento biológico explica no sólo la gran diversidad morfológica de nuestras células (neuronas que emiten largas prolongaciones para transmitir la información, adipocitos grandes y esféricos preparados para almacenar, o fibras musculares largas y cilíndricas listas para acortarse en la contracción, etc.) —además del ordenamiento específico de las organelas internamente en cada tipo celular— sino también la particular organización estructural en la configuración de cada órgano (De Juan, 1999; Wolpert, 2011a). Esta premisa también ha sido defendida en el mundo de la arquitectura por Louis Sullivan, quién escribió que «la forma siempre sigue a la función» para establecer que la finalidad de un edificio define su forma (González Escobar, 2012).

2. Estructura: común denominador

Estructura es el primer término con el que nos topamos cuando iniciamos el estudio de la histología. En el Diccionario de Términos Médicos (DTM), de la Real Academia Nacional de Medicina, lo encontramos incluido en su definición: «disciplina científica que se ocupa de la investigación y del conocimiento de las estructuras microscópicas de los seres vivos, para lo que se sirve de instrumentos amplificantes» (p. 875). También en el mismo DTM, leemos lo siguiente en relación con esta palabra: «..., estructura, término de arquitectura; docum. En esp., desde 1425, también aplicado en origen a la arquitectura, aunque desde el s. XVII se utiliza en biología) y la define, entre otras, como «conjunto formado por elementos que guardan una relación espacial coordinada entre ellos, como puede ser un tejido o un órgano corporales, en virtud de la cual el todo supera a la suma de las partes» (p. 661). Si consideramos la definición de arquitectura como la «estructura, conformación del cuerpo humano» (p.485) (Alonso, 1982) y de estructura como «la manera o forma en que algo está ordenado, dispuesto o construido» (Collins Cobuild English Language Dictionary, 1989, p. 1451) se comprenden los diferentes términos que la relacionan con la organización biológica. Pero mientras que el histólogo conoce y comprende la arquitectura de un órgano a partir de la individualización de sus componentes, el arquitecto parte de elementos individualizados que ensambla para construir.

Pensamos que la imponente obra de Cajal, histólogo, es la demostración más clara de aquello a lo que nos referimos con el vocablo *arquitectura* para mostrar la estructura microscópica de nuestro cuerpo. Lo demuestran sus minuciosos dibujos realizados a partir de la detenida y paciente observación de sus propias preparaciones histológicas, que reflejan claramente no sólo la composición celular sino su exquisita y compleja organización (De Felipe, 2005; García-López et al, 2010). Lo emplea Cajal en sus primeras descripciones «Examinad ahora..., un poco del epitelio que cubre vuestra lengua, ... y siempre la misma referida arquitectura: células y más células, más o menos transformadas, repitiéndose con monotonía y uniformidad abrumadoras» (Ramón y Cajal, 1981, p.45). Esta disposición de las células en un tejido o en un órgano es lo que se conoce según el DTM como *citoarquitectura*. Pero también puede emplearse para describir la organización interna de los componentes que contienen las células —núcleos y organelas— y que, gracias a un complejo sistema de proteínas organizadas en estructuras filamentosas, denominado citoesqueleto, es, entre otras funciones, el estabilizador (al mismo tiempo que el responsable de las modificaciones) de la forma celular (de Juan, 2022). Más recientemente en el campo biomédico, el término *bioarquitectura* se emplea para definir el papel fundamental de la organización espacial de las células y la función de los procesos biológicos (Gunning, 2012). La palabra *histoarquitectura* sería, en nuestra opinión, un término más preciso y completo (en la descripción de la organización estructural de los elementos entre sí en cuanto a caracterización, número, disposición y relaciones espaciales) para determinar el orden constructivo en órganos y su integración en sistemas y aparatos. Quien se acerque a la histología con el ánimo visual de buscar los parecidos entre arquitectura e histología debe hacerlo a partir de la representación tridimensional. Y para ello tiene que mirar los espectaculares dibujos tridimensionales realizados por el profesor Krstić que son la síntesis de la información recogida con diferentes tipos de microscopía y que le permite levantar la estructura espacial de tejidos básicos y órganos (Krstić, 1989; 1991); es decir, la visión histoarquitectónica del organismo.

Otros términos pertenecientes o relativos a los edificios u otras obras de arquitectura también han sido empleados en el estudio y enseñanza de la histología, aunque en la actualidad se encuentran en desuso. Nos referimos al vocablo *tectónico*. En el texto clásico *Elementos de Histología* su autor Luis Urbey (1943) utiliza los términos de *citotectónica* (disposición de las neuronas), *vasotectónica* (de los vasos sanguíneos), *gliotectónica* (de las células gliales), *fibrotectónica*, *fibrotectónica* y *mielotectónica* (de las fibras nerviosas mielínicas y amielínicas) para abordar la descripción de las características y disposición de los elementos en el sistema nervioso.

Hay, además, en nuestra opinión, otras correspondencias a considerar entre ambas ciencias. Vitruvio escribió en su obra *De Architectura*, que son tres los principios sobre los que descansa la arquitectura: firmeza, belleza y utilidad (traducido por Oliver Domingo, 1997) ¿le son aplicables estos principios a la organización microscópica de nuestro cuerpo? El arquitecto Carlos Ruiz Villanueva ha dicho que «la arquitectura es un arte utilitario porque su principal misión es resolver hechos humanos» (citado por Pérez Soler, 2013, p.7). Con nuestro cuerpo ocurre algo parecido; es, definitivamente, utilitario, porque está diseñado para realizar las funciones vitales. Nada hay decorativo en nuestro interior microscópico; todo es y se organiza para dar solución a la necesidad

funcional. Pero se puede argumentar con razón que, por el contrario, hay mucho de decorativo en la arquitectura. Que en la arquitectura la parte decorativa es esencial. Cierto. De hecho, se define a la arquitectura como el «arte de proyectar o construir edificios o espacios para el uso del hombre, siendo considerada como arte desde el momento que conlleva una búsqueda estética» (Broggi *et al.*, 2013, p.122). En esta particularidad igualmente encontramos un punto de semejanza. En un artículo anterior reflexionamos sobre la dimensión estética de la histología que, a mi modo de ver, percibimos en los cortes microscópicos gracias a las técnicas de tinción: la belleza de las formas y su ordenamiento, así como la belleza cromática (Peña Amaro, 2015) y que nos recuerda la belleza estructural y el interés cromático de los edificios.

Aunque lo comentado hasta ahora pudiera ser suficiente para justificar o argumentar el paralelismo entre histología y arquitectura, creemos que bajo nuestro punto de vista hay otros argumentos que lo respaldan. Nos referimos a las etapas o momentos en lo que podríamos considerar la «vida» de un edificio: una primera que tendría que ver con el proceso de construcción, la segunda con el edificio ya construido y la tercera con su mantenimiento.

3. El edificio en construcción

Natalia López Moratalla (1996) ha escrito, en relación con la formación de un ser vivo, que «Construir evoca de inmediato la idea de edificar, fabricar, hacer de nuevo algo siguiendo un diseño o un proyecto» (p.2). Por eso, cuando observamos un edificio en construcción, nos viene a la mente el proceso de formación del cuerpo humano. Durante la embriogénesis, por medio de los procesos biológicos de histogénesis (formación de los tejidos) y organogénesis (formación de órganos), se construye un cuerpo siguiendo unas reglas planificadas, estrictas y predecibles, que hacen que las células y los componentes que fabrican se combinen entre sí de manera perfecta; esto es, en número y disposiciones espaciales concretas y correctas, siguiendo el concepto de «información posicional» por el que, según el gradiente de liberación de morfógenos, las células se diferencian hacia una línea determinada (Wolpert, 2011b). La posición espaciotemporal de las células en la estructura del tejido o del órgano influye, por tanto, en el comportamiento de cada célula, y el total de los comportamientos celulares afecta naturalmente a su vez al comportamiento de las estructuras superiores (el tejido, el órgano o el organismo) (Ohno *et al.*, 2008). Las reglas que regulan esta construcción subyacen en los planos diseñados por los genes y, como en los planos de un edificio, permiten dirigir y coordinar la interacción de elementos para configurar la estructura extremadamente compleja que es nuestro cuerpo (López Moratalla, 1996). Hay, sin embargo, un hecho que, lógicamente, distancia o separa el paralelismo que pretendemos establecer entre histología y arquitectura. Como explica Brian Goodwin (1998)

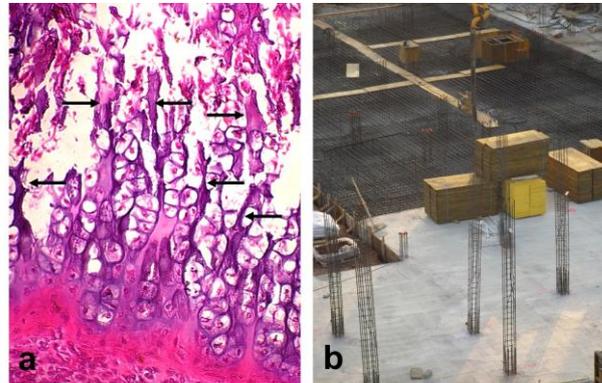
Los organismos ... son unidades estructurales y funcionales resultado de una dinámica autoorganizativa y autogenerativa»; es decir, «las diferentes partes de un organismo biológico –hojas, raíces, flores, miembros, ojos, corazón, cerebro– no se fabrican por separado y se ensamblan después como ocurre en una máquina, sino que surgen como resultado de interacciones dentro del organismo en desarrollo. (p.240)

Esto, evidentemente, no ocurre en la construcción de un edificio.

Estamos constituidos, construidos, por materiales (átomos, moléculas, células y elementos derivados de ellas) que se integran formando unidades simples (tejidos) que se repiten y se combinan de modos diferentes para dar lugar a unidades más complejas (órganos) que se relacionan (sistemas) e integran entre sí (aparatos) para formar un cuerpo que funciona (de Juan, 1999). Para entender esta organización y ordenamiento debemos de emplear los conceptos de orden (disposición en el espacio), jerarquía (escala subordinada en base a la importancia estructural-funcional) y complejidad (diversidad de elementos implicados) que ajustados a una serie de normas resulta en la construcción corporal (Campos Muñoz, 1998a). Las células y la matriz extracelular son, en consecuencia, los equivalentes a los materiales básicos de construcción: las primeras a *ladrillos* y la segunda al *andamiaje* (Figura 1). Mientras que la amplia diversidad morfológica de tipos celulares podríamos equipararla a la variedad de materiales usados en la construcción (ladrillos, bloques de hormigón, baldosas, madera, etc.), la matriz extracelular equivaldría al andamiaje al actuar no sólo como soporte

estructural que confiere la estabilidad y cohesión sino también como sustancia *cementante* (proteínas, moléculas de adhesión, etc.).

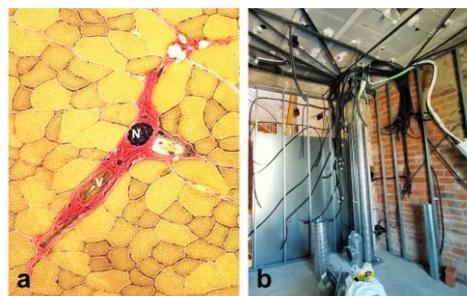
Figura 1. (a) Cartílago de crecimiento. Hematoxilina-eosina, 20x. Durante el crecimiento de un hueso en longitud, se hacen evidentes las espículas de cartílago calcificado (flechas) que parecen **(b)** las ferralas de los pilares en un edificio en construcción



Fuente: (a-b) José Peña-Amaro, 2022

La configuración final es el resultado de lo que se conoce como *tensegridad* o integridad tensional, un concepto aplicado al diseño en arquitectura e ingeniería (De Guzmán, 2002) y que hace referencia a que células y tejidos adoptan su morfología y sus propiedades biomecánicas gracias, por un lado, al citoesqueleto (a modo de tirantes y claves moleculares) y de otro a sus relaciones de contacto con la matriz extracelular (Ingber, 1998). La rigidez que proporcionan las proteínas fibrosas de colágena y reticulina, permiten establecer un entramado que, al igual que los armazones de madera de un edificio, sostienen a los otros elementos constructivos de nuestro cuerpo y conformar al mismo tiempo, un *entramado* o *armazón* que permite la orientación de los elementos estructurales conforme a las tensiones aplicadas. Este andamiaje posibilita la distribución y relación de los elementos vasculares y nerviosos con el resto, de manera similar a como los cables eléctricos y tuberías se fijan y distribuyen por las estructuras de soporte en la construcción (Figura 2).

Figura 2. (a) Músculo esquelético. Tricrómico de van Gieson, 20x. Los nervios (N) y vasos (V) que discurren por el interior de los tabiques conectivos (teñidos en rojo) de un órgano como el músculo esquelético, lo hacen de manera similar a **(b)** los cables y tuberías que se alojan y distribuyen por el interior de los tabiques de un edificio.



Fuentes: (a) José Peña-Amaro, 2022; (b) Pedro Peña-Amaro, 2022

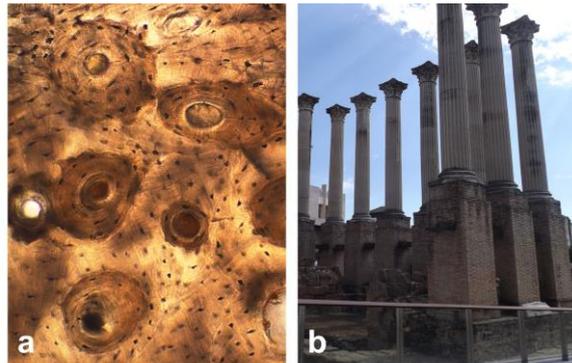
4. El edificio construido

Para describir microscópicamente el cuerpo humano empleamos términos relativos a *formas* y *dimensiones* celulares, *distribuciones* y *ensamblajes* de las células y derivados, *localizaciones* y *disposiciones* en *capas* o *estratos*, delimitación de espacios en *conductos*, *cavidades* o *lucos*.

Cuando abordamos el análisis microscópico del cuerpo humano empleamos una apreciable terminología arquitectónica. Referimos *arcos* para explicar, por ejemplo, el característico trayecto arqueado de las fibras de colágena en la superficie del cartílago articular, *columns* como las osteonas, elementos cilíndricos que confieren al hueso la rigidez y estabilidad mecánica (Figura 3) *criptas*

intestinales, invaginaciones tubulares en la mucosa intestinal en las que se encuentran «enterradas» células secretoras de sustancias que nos defienden frente a los microorganismos patógenos intestinales o células en *cúpula* para describir la morfología de las células epiteliales más superficiales del epitelio que reviste las vías urinarias. Lo que se describe en cortes histológicos como hileras de hepatocitos son realmente *muros* o *paredes* celulares que se disponen de la misma manera a como lo hacen los ladrillos en una pared.

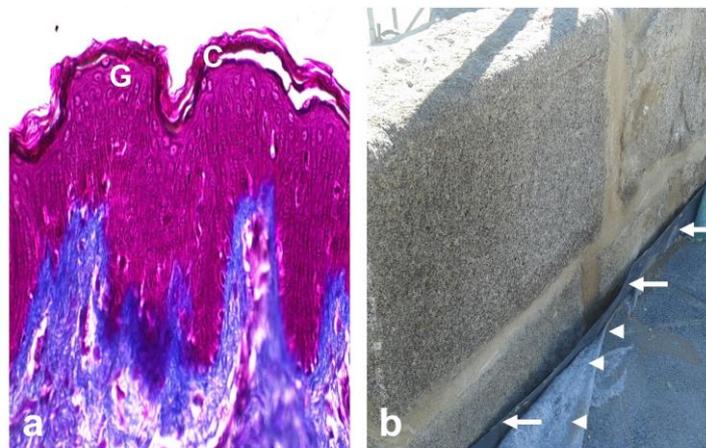
Figura 3. (a) Hueso compacto. Sección por desgaste sin teñir. 40x. Las osteonas, de perfil redondeado en sección transversal (líneas blancas discontinuas), que son unidades estructurales y funcionales de morfología cilíndrica del hueso compacto, nos recuerdan a **(b)** la sección circular de las columnas, elementos alargados de soporte vertical, de muchos edificios clásicos como el de esta figura que corresponden al Templo Romano de Córdoba (España).



Fuente: (a-b) José Peña-Amaro, 2022

También hablamos en histología de *revestimientos* y *recubrimientos*. En arquitectura el revestimiento se refiere tanto al recubrimiento interior como exterior de un paramento para establecer sistemas de aislamiento y protección. En nuestro cuerpo las cavidades orgánicas están *revestidas* por epitelios, mientras que otro epitelio (la epidermis) lo *recubre* externamente. En este caso, las células epiteliales se organizan en *estratos* que mantienen complejos de unión para garantizar una gran *resistencia mecánica*, mientras que en otros las células fabrican sustancias que *impermeabilizan* nuestra piel (Figura 4). Los órganos sólidos se rodean de cápsulas externas de tejido conectivo que los protegen a modo de *cubiertas* y de las que parten trabéculas que *tabican* y *delimitan* compartimentos internos.

Figura 4. (a) Piel. Tricrómico de Masson, 40x. En la piel los estratos epidérmicos (línea discontinua), granuloso (G) y córneo (C), están constituido por células que producen sustancias impermeables y queratina, y que aíslan a nuestro cuerpo del agua exterior, se asemejan a **(b)** la lámina impermeabilizante (flecha) y al velo de geotextil (cabeza de flecha) que separa la capa de mortero en la cubierta de un edificio.



Fuentes: (a) José Peña-Amaro, 2022; (b) Pedro Peña-Amaro, 2022

Los *planos* son la representación esquemática bidimensional a escala de una construcción, terreno u objeto. A partir de los planos arquitectónicos se entienden los edificios. Y los cortes histológicos bien que se asemejan a planos. Sin embargo, hay una diferencia importante: mientras que el arquitecto idea, dibuja el plano y luego construye, el histólogo destruye para hacer las preparaciones microscópicas y así «poder ver». Para el estudio microscópico el histólogo recurre a los cortes histológicos con los que, mediante tinciones, revela la configuración estructural, la histoarquitectura del órgano observado. Dicho de otro modo, con la observación de los preparados microscópicos vemos la *planificación «urbana y constructiva»* de nuestro cuerpo: cómo se disponen y relacionan las células y sus materiales, gestado durante la histogénesis y organogénesis. Y esto nos permite que, al igual que se interpreta un plano en arquitectura, interpretemos tridimensionalmente una imagen o preparación histológica.

En esa interpretación tomamos elementos de referencia para valorar el tamaño de los componentes histológicos. Le Corbusier utilizó como *unidad modular de escala*, el tamaño del hombre, estableciendo con ella las alturas correctas de los objetos que usamos y de los elementos de una construcción arquitectónica. Es lo que se conoce como *proporción áurea*. En este sentido, no deja de ser curioso que en histología dispongamos también de una «unidad de escala»: el hematíe o eritrocito. Sus dimensiones (7 micrómetros) y su presencia en el interior de las luces vasculares (y por tanto en prácticamente cualquier territorio corporal) hacen de él la unidad de escala de nuestro organismo ¿Podríamos entonces hablar también de una *proporción áurea* en la histoarquitectura de nuestro cuerpo?

Sin embargo, el paralelismo nos habla de parecidos, de similitudes, no de igualdad. La gran diferencia estriba en que el cuerpo humano es un ser vivo, mientras que un edificio no lo es. La información funcional (mecánica, metabólica, etc.) gobierna la morfología, no sólo de los diferentes tipos celulares, sino también de sus relaciones histoarquitecturales. Por tanto, la estructura microscópica del cuerpo puede cambiar. El mejor ejemplo es el de la mecanotransducción, proceso por el que la célula percibe variaciones en su entorno a las que se adapta mediante cambios en el citoesqueleto que son transmitidos hasta el núcleo, los cuales van desde una simple modificación en la forma celular hasta la expresión de nuevas proteínas. Un mecanismo que, entre otros efectos, gobierna la morfología de células y tejidos y, en consecuencia, la configuración histoarquitectónica.

En arquitectura existe asimismo lo que se conocen como *planos de detalle, de situación y de datos*. En histología también tenemos su equivalente, mientras que la microscopía electrónica de transmisión nos permite observar el interior de la célula (lo que conocemos como ultraestructura), esto es, el *detalle celular*, las técnicas histoquímicas e inmunohistoquímicas permiten generar los *planos de situación* al identificar y localizar las proteínas celulares y, por tanto, mapear la ubicación y distribución de las distintas células. Los *planos de datos*, aquellos que recogen la información de la red de suministro de electricidad, informática y de agua, son el equivalente a los recorridos que por los tabiques llevan a cabo los nervios y vasos sanguíneos que se encargan de que a todos (o casi todos los rincones de nuestro cuerpo) lleguen el «agua y la luz» (cables y tuberías) necesarias para el funcionamiento del organismo. Nuestro cuerpo dispone, al igual que un edificio, de «herramientas de ofimática» (de sistemas de detección de humos, videovigilancia, etc.) que podría ser equivalente a las células y elementos neurosensoriales que encontramos, por ejemplo, en la mucosa olfatoria, corpúsculos gustativos en la lengua, husos neuromusculares y neurotendinosos en el interior de músculos y tendones respectivamente, o en los glomos carotídeos y aórtico que se corresponden con quimiorreceptores que se encargan de proteger al organismo del déficit de oxígeno. Todos ellos detectan variaciones fisiológicas o no fisiológicas que ocurren en nuestro cuerpo.

Si bien todas las edificaciones comparten elementos individuales comunes, ajustados a un modelo constructivo básico y siguiendo las instrucciones recogidas en los planos, los arquitectos crean una gran diversidad de edificios construidos acordes a las funciones que se desarrollarán en ellos (viviendas, hospitales, edificios religiosos, centros penitenciarios, centros de enseñanza, etc.) y, por tanto, con rasgos muy específicos. De manera equivalente cada órgano de nuestro cuerpo muestra una organización estructural específica resultado de la función que tiene que realizar y que lo hace reconocible bajo el microscopio.

Pero, además, en arquitectura se alude a edificios singulares ya sea por la originalidad en su diseño, interés histórico-artístico u otras razones ¿Podríamos hablar de órganos singulares también por su configuración histológica? Se entiende por singularidad a la distinción o separación de lo común.

Aunque cualquier órgano es singular en sí mismo, existen algunos que por su constitución histológica y por su función son realmente singulares. Nos referimos a los órganos nerviosos, formados por tejido nervioso, un tejido extraordinario y excepcional, por lo que representa en el ser humano: el que constituye la base de nuestro sistema nervioso y que, «en asociación con el resto de aparatos orgánicos permiten explicar nuestro yo biológico y la esencia de nuestra conducta, de nuestro modo humano de vivir» (Campos Muñoz, 1998b, p.92).

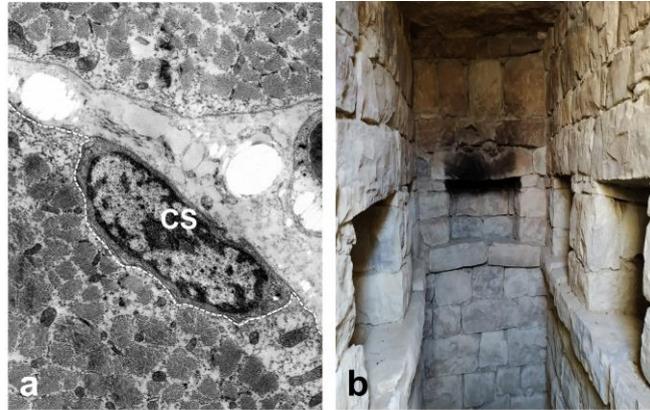
5. El mantenimiento del edificio

Como sabemos perfectamente el paso del tiempo tiene un efecto negativo sobre las construcciones y sobre nuestros cuerpos. Igualmente, para ambos, existe la posibilidad de «enfermar» o sufrir «traumatismos» que generen defectos estructurales más o menos graves. En todo esto también encontramos semejanzas y, de nuevo, el paralelismo entre histología y arquitectura vuelve a hacerse patente. Veamos.

En el envejecimiento, tanto corporal como arquitectónico, el deterioro de los materiales y la falta de sustitución de elementos agotados o dañados conlleva déficits estructurales y funcionales importantes que pueden dar lugar no sólo a la aparición de nuevos problemas, sino incluso a un colapso del edificio o a un fallo total del organismo. Cajal lo denomina genéricamente «decadencias» (sensoriales, cerebrales, psicológicas y somáticas o corporales) (Ramón y Cajal, 2008), propias de los procesos como el envejecimiento, que afectan a nuestras células, tejidos y órganos. En el caso de la arquitectura la perdurabilidad de un edificio depende, como señala Juan Ignacio Baixas (2005), de tres aspectos: «la resistencia de sus materiales y el ingenio con que son aplicados en la obra, de la cultura del uso o de los cuidados que se tienen al habitar y, finalmente, del rito de la mantención (de cómo se mantiene y repara en el tiempo). Pero también cuerpo y edificio pueden verse, en algún momento, afectados por procesos «patológicos» o «lesivos» ya sea de origen interno o externo: pensemos en las enfermedades o traumatismos que podemos padecer a lo largo de nuestra vida y en los defectos que puede sufrir una edificación en las etapas de proyecto o ejecución (diseño, construcción, empleo de materiales inadecuados, etc..) o por los efectos destructivos ocasionados por guerras o catástrofes.

Cualquiera sabe que los edificios requieren no sólo un *mantenimiento* continuo, sino también, la necesidad de proceder en algún momento (y en mayor o menor extensión) a *reparaciones*, *sustituciones* o *mejoras* e incluso *reconstrucciones*. También nuestro organismo lo necesita. Aunque no todos, la mayoría de nuestras células, tejidos y órganos pueden, en mayor o menor grado (y con mayor o menor éxito), ser sustituidas. Para esto en algunos territorios de nuestro cuerpo existen *cavidades* o *nichos* que alojan células madre con potencialidad para *renovar*, *remodelar* o *regenerar* (Carlson, 2007) (Figura 5). Por ejemplo, las hay en la médula ósea para la renovación de la sangre o en la epidermis para renovar la piel; las hay en los huesos, donde participan en procesos de remodelación (destruyendo y formando tejido óseo) que estos experimentan a lo largo de la vida para mantener estable la organización arquitectural; y también las encontramos en el músculo esquelético, permitiéndole *regenerar* tras una lesión volviendo a recuperar de nuevo su estructura normal. Por el contrario, en otras ocasiones, sólo es posible reparar o sustituir la zona lesionada o destruida (y no regenerarla) como ocurre cuando se forma tejido cicatricial en una herida que, si bien soluciona el defecto morfológico, no recupera su similitud estructural y funcional original. Creemos no equivocarnos al insistir en el evidente paralelismo que mantienen histología y arquitectura: los mismos términos arquitectónicos de *renovación*, *remodelación*, *regeneración*, *reparación* y *reconstrucción* que nos ayudan a entender la «vida» de un edificio, los aplicamos para entender la normal actividad funcional de células, tejidos y órganos de nuestro cuerpo.

Figura 5. (a) Microscopía electrónica de transmisión. 8900x. Una célula madre miogénica, denominada satélite (CS), se aloja en una depresión, cavidad o nicho que le proporciona la superficie (membrana plasmática marcada con línea discontinua) de una fibra muscular esquelética, que evocan **(b)** las cavidades realizadas en los muros para colocar cualquier cosa como una estatua, un féretro o urnas cinerarias como en este caso en una tumba romana del yacimiento arqueológico de Torreparedones (Baena, Córdoba, España).



Fuente: (a-b) José Peña-Amaro, 2022

Al igual que en la construcción de edificios se avanza en el desarrollo de nuevos materiales y técnicas de edificación que mejoran su calidad y perdurabilidad, los nuevos conocimientos y avances técnicos en biomedicina nos aproximan cada vez más al desarrollo de estrategias que permitirán, no sólo favorecer la reparación de tejidos y órganos lesionados o enfermos, sino a un retraso en el envejecimiento (Izpisúa Belmonte, 2014). En este sentido, la *reconstrucción y/o rehabilitación* de edificios tiene también su espejo en lo que conocemos como *ingeniería tisular*, un campo de la investigación histológica, cuyo objetivo es diseñar y crear nuevos tejidos y órganos que puedan reemplazar aquellos dañados o defectuosos (Campos Muñoz, 2004a; Campos Muñoz, 2004b). La expresión arquitectónica de esto a lo que nos referimos podría verse en aquellos edificios rehabilitados/reformados que integran estructuras nuevas en combinación con elementos originales (Figura 6). No olvidemos que ni los humanos ni los animales adultos pueden regenerar espontáneamente cualquiera de sus órganos que hayan sido perdidos en un traumatismo o extraídos por cirugía (Yannas, 2001).

Figura 6. (a) Músculo esquelético. Hematoxilina-eosina, 20x. En esta imagen microscópica de músculo esquelético se pueden observar los restos de un biomaterial (flechas) empleado para reconstruir una zona de pérdida de masa muscular; en la imagen insertada abajo a la derecha se puede ver macroscópicamente el material implantado en el defecto muscular. **(b)** De manera similar observamos como se integran elementos originales (atauriques y sillares de muros) con los actuales para reconstruir una fachada de época califal en el yacimiento arqueológico de Medina Azahara (Córdoba, España).



Fuente: (a-b) José Peña-Amaro, 2022

Términos y conceptos (*constructos, biomateriales, andamiajes*) empleados en este nuevo campo de la histología, nos aproximan de nuevo al mundo de la arquitectura. Y lo hacen de una forma más clara y evidente. Como nos dice Campos Muñoz (2004) ya no estaríamos ante una histología exclusivamente descriptiva, sino ante un nuevo paradigma de esta ciencia: una histología constructiva, la que persigue la creación de nuevos tejidos y órganos. De hecho, uno de los avances tecnológicos recientes más impresionantes de las últimas décadas es la bioimpresión 3D que involucra diferentes campos incluyendo ciencia de materiales, biología celular e ingeniería tisular (Dzobo et al, 2018) capaz, en consecuencia, de generar tejidos y órganos biológico-artificiales que serán implantados en el cuerpo humano. Caminamos así hacia «...el cuerpo que viene y la medicina que viene serán, sin duda, como consecuencia de todo ello, un cuerpo y una medicina insertados, con mucha más propiedad en el paradigma de la sustitución, el mestizaje y el intercambio» (Campos Muñoz, 2011, p.30).

6. Conclusión

En definitiva, y a nuestro modo de ver, pensamos que es razonable advertir un paralelismo entre arquitectura e histología. Por un lado, en la transferencia del lenguaje propio de la primera hacia la segunda, y que empleamos como un recurso esencial para facilitar la comprensión de estructuras y modelos que pueden resultar difíciles de imaginar o comprender en el estudio de la organización microscópica del cuerpo humano. De otro, en la correspondencia que puede establecerse entre los elementos básicos corporales, como son las células y la matriz extracelular, con los elementos básicos de la construcción y en las estructuras que conforman. Por último, en la semejanza que hay entre los aspectos relacionados con los procesos de construcción, mantenimiento (renovación, remodelación) y reconstrucción a la que se ven sometidos los edificios con los procesos equivalentes que ocurren en nuestro organismo. Después de esta comparación a partir de todo lo señalado con la arquitectura no nos puede extrañar que la histología tenga un paradigma constructivo, como propuso Campos Muñoz (1991).

Como señalábamos al principio de este artículo, nuestra percepción del cuerpo humano puede verse enriquecida cuando relacionamos diferentes formas o perspectivas en la manera de mirarlo, en la forma de entenderlo. Quizá el paralelismo sugerido en este artículo pudiera parecer artificial y las relaciones aquí planteadas algo forzadas, pero como profesor, soy de los convencidos que sólo se explica y se entiende bien comparando. Es otra forma de observar el cuerpo humano.

Agradecimientos

Por sus comentarios críticos, ideas y sugerencias a los profesores: don Antonio Campos Muñoz de la Universidad de Granada, don Ignacio Ruz Caracuel del Hospital Universitario Ramon y Cajal de Madrid, así como a don Rafael Lillo Roldán y don Ignacio Jimena Medina de la Universidad de Córdoba. Quiero agradecer también la lectura y supervisión realizada por don Pedro Peña Amaro quién, como arquitecto, ha tenido la gentileza de corregir mis comentarios y aseveraciones en esta materia.

* Este artículo está dedicado a la memoria de Antonio Javier Peña Amaro (1962-2020), arquitecto.

Referencias

- Alonso, M. (1982). *Enciclopedia del idioma*. (1ª edición, Tomo I). Aguilar.
- Baixas, J.I. (2005). Sobre el paso del tiempo en los edificios. *ARQ (Santiago)*, 59, 14-16. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962005005900003>
- Bolaños, M. (2018). Secretos del cuerpo. *Descubrir el Arte*, 2018(235), 61-66.
- Broggi, M., Moran, R.G. y Moralez Hanuch, J.E. (2013). La producción arquitectónica modelada por las prácticas científicas. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales*, 011, 121-130.
- Chayaamor-Heil, N., & Vitalis L. (2021). Biology and architecture: An ongoing hybridization of scientific knowledge and design practice by six architectural offices in France. *Front. Archit. Res.*, 10(2), 240-262. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.10.002>
- Campos Muñoz, A. (1991). *Los soportes estructurales de la corporeidad*. Discurso de Ingreso como Académico Electo. Real Academia de Medicina y Cirugía de Granada.
- Campos Muñoz, A. (1998a). La literatura y la ciencia en la teoría del cuerpo humano. *Seminario Médico*, 50(2), 101-104.
- Campos Muñoz, A. (1998b). *El cuerpo humano. La construcción de la libertad*. Editorial Comares.
- Campos Muñoz, A. (2004a). *Cuerpo, Histología y Medicina. De la descripción microscópica a la Ingeniería Tisular*. Discurso de Ingreso como Académico Electo. Instituto de España, Real Academia Nacional de Medicina.
- Campos Muñoz, A. (2004b). Objetivos conceptuales y metodológicos de la investigación histológica. *Educación Médica*, 7(S2), S36-S40.
- Campos Muñoz, A. (2011). *El cuerpo que viene y otros ensayos efímeros*. Crisálida ensayo, Alhulia.
- Carlson, B.M. (2007). *An Introduction to Regeneration*. Principles of Regenerative Biology. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-369439-3.X5000-4>
- Collins Cobuild (1989). *English Language Dictionary*. William Collins Sons & Co Ltd.
- Costa Couceiro, M. (2008). *Analogías biológicas en la arquitectura. Del acercamiento biónico hacia los paradigmas de lo biodigital*. [Tesis Doctoral, Universitat Internacional de Catalunya]. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/9329>
- Davis, F. (2020). *La comunicación no verbal*. Alianza Editorial.
- De Felipe, J. (2005). Cajal y sus dibujos; ciencia y arte. En A. Martín Aragoz (Coord. y Ed.) *Arte y Neurología* (pp. 213-230). Editorial Saned.
- De Guzmán, M. (2002). Tensegridad. De la escultura a la célula. *Ars Medica, Revista de Humanidades*, 2, 166-176.
- De Juan Herrero, J. (1999). *¿De qué están hechos los organismos? El nacimiento de la mirada histológica*. Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- De Juan Herrero, J. (2022). *Biología Celular. Conceptos esenciales*. Editorial Médica Panamericana.
- Dzobo, K., Thomford, N.E., Senthebane, D.A., Shipanga H., Rowe A., Dandara C., Pillay M., & Motaung KSCM. (2018). Advances in Regenerative Medicine and Tissue Engineering: Innovation and Transformation of Medicine. *Stem Cells Int*, 2018(2495848). doi: <https://bit.ly/3H2RqN8>
- Ettinger, C. (2018). Diseño desde el ser humano. Richard Neutra y su proyecto para América Latina. *Contexto*, XIII(17), 31-42.
- García-Lopez, P., García-Marin, V., & Freire, M. (2010). *The histological slides and drawings of Cajal*. *Front. Neuroanat*, 4(Article 9). <https://doi.org/10.3389/neuro.05.009.2010>
- Gómez López, C. (2018). El cuerpo a escena. Arte y medicina en la ilustración anatómica de la Edad Moderna. *Revista de Humanidades «Cuadernos del Marqués de San Adrián»*, 10.
- González Escobar, L.F. (2012). La arquitectura hoy o para recordar a Neuffert. *Revista Universidad de Antioquia*, 307, 56-61.
- Goodwin, B. (1998). *Las manchas del leopardo. La evolución de la complejidad*. Metatemas. Tusquets Editores S.A.
- Gunning, P. (2012). *BioArchitecture*. The organization and regulation of biological space. *BioArchitecture*, 2(6), 200-203. <https://doi.org/10.4161/bioa.22726>
- Huard, P., Imbault-Huart, M.J. (1980). *Andrés Vesalio. Iconografía anatómica*. Laboratorios Beecham SA. Ediciones Dacosta.
- Ingber, D.E. (1998). Geometría biológica. *Investigación y Ciencia*, 258, 43-54.

- Izpisua Belmonte, J.C. (2014). *Células madre, reprogramación celular y medicina regenerativa*. Discurso de Investidura como doctor Honoris Causa por la Universidad Católica San Antonio de Murcia. UCAM.
- Jou i Mirabent, D. (2009). La Ciencia, estímulo del arte y placer del conocimiento. *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat. (Esp)*, 103(2), 421-430.
- Krstić, R.V. (1989). *Los tejidos del hombre y de los mamíferos*. Interamericana McGraw-Hill.
- Krstić, R.V. (1991). *Human microscopic anatomy*. Springer-Verlag.
- Laín Entralgo, P. (1995). *Alma, cuerpo, persona*. Galaxia Gutenberg, Círculo de Lectores.
- Laín Entralgo, P. (1989). *El cuerpo humano. Teoría actual*. Espasa Universidad, Espasa Calpe.
- Laín Entralgo, P. (1972). La morfología biológica actual. Asclepio. *Archivo Iberoamericano de Historia de la Medicina y la Antropología Médica*, 24, 3-6.
- López Moratalla, N. (1996). La construcción de un ser vivo. *Investigación y Ciencia, Temas 3*, 2-5.
- Ohno, H., Naito, Y., Nakajima, H. & Tomita, M. (2008). Construction of a biological tissue model based on a single-cell model: a computer simulation of metabolic heterogeneity in the liver lobule. *Artif. Life*, 14(1), 3-28. <https://doi.org/10.1162/artl.2008.14.1.3>
- Peña Amaro, J. (2015). Una aproximación a la belleza de la Histología. *Dendra Médica Revista de Humanidades*, 14(2), 176-187.
- Pera, C. (2003). El cuerpo bajo la mirada médica. *Humanitas*, 1, 27-36.
- Pera, C. (2012). El cuerpo como fábrica y el cirujano como su arquitecto. *Revista Internacional de Humanidades Médicas*, 1(1), 73-81.
- Pérez Soler, E., coord. (2013). *La construcción del mundo*. Editorial Planeta S.A.U.
- Ramírez, J.A. (2003). *Cuerpo humano y arquitectura: Analogías, metáforas, derivaciones*. La biblioteca azul, serie mínima. Siruela.
- Ramón y Cajal, S. (1981). *Historia de mi labor científica*. Alianza Universidad.
- Ramón y Cajal, S. (2008). *El mundo visto a los ochenta años*. Editorial Maxtor.
- Real Academia Nacional de Medicina. (2012). *Diccionario de términos médicos*. Editorial Médica Panamericana.
- Suh, H.A. (2006). *Leonardo da Vinci. Cuadernos*. (VI. Anatomía). Parragon Books Ltd. Equipo de Edición S.L.
- Thompson, D. (2003). *Sobre el crecimiento y la forma. Edición de John Tyler Bonner*. Cambridge University Press.
- Urbey, L. (1943). *Elementos de Histología*. (2ª edición, Tomos I y II). Editorial Alhambra.
- Vitruvio (1997). *Los diez libros de la arquitectura* (J. L. Oliver Domingo, Trad.). Alianza Forma, Alianza Editorial.
- Wolpert, L. (2011a). *Cómo vivimos, por qué morimos. La vida secreta de las células*. Metatemas. Tusquets Editores S.A.
- Wolpert, L. (2011b). Positional information and patterning revisited. *J. Theor. Biol*, 269, 359-365. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2010.10.034>
- Yannas, I.V. (2001). *Tissue and organ regeneration in adults*. Springer-Verlag.