

La acústica de los teatros a través de la historia

Ángel Luis León Rodríguez

Según el físico inglés Hope Bagenal¹ (estudioso de la acústica arquitectónica), los auditorios se pueden dividir en dos grandes grupos: aquéllos con la acústica de una caverna y los de acústica al aire libre. Del primero, donde tuvo origen la música, se desarrolló la sala de conciertos; del segundo, donde comenzaron las voces habladas, se originó el teatro.

En nuestro recorrido a lo largo de la historia, nos proponemos realizar un análisis sobre el comportamiento acústico de este último grupo. Podremos observar, cómo las características arquitectónicas de los teatros van desarrollándose y evolucionando, en muchos casos condicionados por cuestiones de carácter acústico.

EL TEATRO DE LA ANTIGÜEDAD

Al igual que sucede con otras materias, el inicio de un análisis histórico de acústica arquitectónica lo tenemos que situar en la antigua Grecia y, dentro de ésta, en el mundo teatral. Los teatros griegos, en su origen, apenas tienen importancia. Sin embargo, en tiempos de Temístocles cada ciudad tenía su teatro, destacándose el construido en Atenas (480 años a. de J.C.) junto al templo de Baco, en la vertiente de la Acrópolis, con una capacidad para 30.000 espectadores.

El emplazamiento y la forma de estas construcciones venían condicionados, en gran parte, por cuestiones de tipo acústico. Su asentamiento se llevaba a

cabo en las laderas de las colinas; la razón de esta determinación consistía no sólo en permitir una buena visión de la escena, sino también reducir el ruido de fondo e impedir sombras acústicas del sonido directo entre los espectadores. En cuanto a su estructura, uno de los aspectos más destacados es la introducción de la pared de fondo sobre la *cávea*,² que además de disminuir la inmisión de ruidos exteriores y eliminar vistas innecesarias, hacía que el sonido procedente de los actores, tras reflejarse en ella, se dirigiese hacia el público.

Los anfiteatros griegos (del griego: *amphí*, alrededor, y *théatron*, teatro), destinados a la representación de la tragedia y de la comedia, debían ante todo permitir la comprensión de las oraciones pronunciadas desde la escena. Esto dependía de varios aspectos: en primer lugar de la calidad de la voz emitida, intensidad y articulación de los actores; en segundo lugar, de la ausencia de ruido del exterior (ruido de fondo) y ecos en el recinto.

Para mejorar estas cualidades, es bien conocido que los actores utilizaban máscaras de madera o corcho (recubiertas interiormente de placas de bronce o piedra —*calcophone*—) que además de acentuar las facciones de la cara, funcionaban como auténticos megáfonos amplificadores del sonido debido a la resonancia que en ellos se generaba.

Por otro lado, para las representaciones musicales, donde las exigencias acústicas son algo diferentes, se levantaban los llamados *odeones* (del griego: *odeion*, de *odé*, canto). Estos edificios, de dimensiones más

reducidas y cubierta de madera, eran más adecuados que los teatros para la audición de la música de la época (seca y aguda).

Los teatros de la antigüedad romana gozaron de una grandeza y suntuosidad superior a los de Grecia. No obstante, las diferencias con sus predecesores no son significativas. Éstas se limitan principalmente a preferencias o gustos de cada época. Como ejemplo cabe destacar que en los anfiteatros griegos, la preponderancia de los coros en las actuaciones hacía que la *orquesta*, de forma circular o de herradura, tuviera unas dimensiones superiores a la del teatro romano. En este último, este espacio se empleaba para acomodar los asientos de senadores, tribunos, ediles, etc... Otra variante era que la escena en Roma era más profunda que en Grecia.

Algunas de estas diferencias tenían cierta repercusión en la acústica. Las construcciones teatrales romanas tendían a «envolver» al público con su forma. Este aspecto se conseguía aumentando las pendientes de las gradas y levantando un muro posterior a la escena, a la misma altura que la del peristilo que remataba el graderío. De esta manera se generaba la *cávea* que se estructuraba en tres partes según su altura: *cávea ima*, *media* y *suma*. Este cambio en la forma presentaba nuevos matices en lo referente a las condiciones acústicas. Uno de ellos sería la inconveniencia del muro alto en la escena, ya que probablemente generase reflexiones largas y tardías que no contribuyesen a la mejora acústica de estos espacios. Este último aspecto, que posiblemente muchas veces pasara desapercibido, como consecuencia de la absorción que produce el aire en grandes distancias.

Es de destacar que la afinidad en la manera de construir los teatros antiguos se debe, en gran medida, a la existencia de unas normas de construcción claras y precisas. Nos referimos a los *Los diez libros de arquitectura* de Marco Lucio Vitruvio, donde no sólo se hace referencia al método geométrico de determinación de la forma de los teatros, sino también a aspectos directamente relacionados con la acústica.

Vitruvio clasificaba los teatros en cuatro grupos según sus propiedades acústicas: *disonantes*, *circunsonantes*, *resonantes* y *consonantes*, siendo este último tipo el ideal desde el punto de vista sonoro. Los recintos consonantes son aquellos en los que la voz, definida por el autor como una corriente que fluye en ondas circulares, alcanza los puntos más altos de las

gradas sin encontrar obstáculos que impidan su propagación o produzcan reflexiones inconvenientes. Para conseguir esto, proponía que los *ánditos*³ debían de hacerse de forma proporcional a la altura del teatro y siempre verificando que su altura fuese menor o igual que su anchura de paso.

Otra recomendación de Vitruvio era la de colocar vasos de bronce (o barro cuando el presupuesto lo impedía) en los teatros construidos en piedra o mármol. Estos elementos se disponían, en consonancia con la magnitud del teatro y con arreglo a las leyes de la ciencia armónica, en nichos abiertos entre los asientos de las gradas, de tal forma que dejasen un espacio suficiente alrededor y no tocasen las paredes de los mismos. El objeto de tal medida era el que actuaran como resonadores.

Resumiendo, podemos decir que el éxito de estos teatros dependía en gran medida de la existencia de un ambiente sonoro muy silencioso, además de la potencia y claridad de los actores. Asimismo, las características acústicas de estos recintos presentan sensibles diferencias con las de los cerrados, en los que se dan otros fenómenos sonoros. Hoy en día, este tipo de representaciones al aire libre no son muy frecuentes, en la mayoría de los casos por los altos niveles de ruido ambiental que existen, así como por las exigencias actuales.

EL TEATRO EN EL MEDIEVO

Esta etapa histórica abarca aproximadamente desde el último cuarto del s. V hasta mediados del s. XV, y durante la misma tiene lugar una profunda transformación en el mundo teatral. En este período el teatro cambia sus fundamentos, olvidando los temas clásicos, y toma como base del drama el tema religioso (las escenificaciones estaban claramente influenciadas por el cristianismo). En un primer instante, el drama se asienta en las iglesias y en la baja Edad Media se traslada al aire libre. En este momento son frecuentes los espectáculos de juglares y bufones (que suponen la aparición de varios tipos de géneros: sátiras, farsa...), carretas de cómicos y, en el mundo de la nobleza, los torneos de caballeros.

Uno de los aspectos más destacables de este cambio es la nueva localización de las representaciones teatrales, que pasan del recinto al lugar, es decir, mientras que en el teatro antiguo se disponía de una

envolvente arquitectónica clara y definida, ahora las representaciones suceden, en la mayoría de los casos, en lugares donde el espacio teatral lo configura el público por un lado y el espectáculo por otro. Nos referimos al origen del teatro urbano, el teatro de la ciudad y de las plazas públicas.

Como consecuencia de la falta de edificios destinados a fines teatrales, las preocupaciones acústicas de esta época se puede decir que prácticamente desaparecen. Éstas se reducen a las propias de las actuaciones urbanas, es decir, al igual que ocurría en los teatros antiguos, el silencio del público era condición fundamental para la comprensión de las palabras. No obstante, en este tipo de representaciones existía un conocimiento de los argumentos por parte del público que contribuía al entendimiento de lo expresado por los oradores.

Finalmente, en este momento histórico destaca la importancia de la arquitectura religiosa, en cuyas construcciones las condiciones acústicas eran, en general, bastante deficientes. Tiene que ser a partir de la segunda mitad del s. XVI, tras el Concilio de Trento, cuando se presta atención al acondicionamiento acústico de estos espacios.⁴

EL TEATRO EN EL RENACIMIENTO

Durante el s. XV comienza un período histórico que se prolongará durante cuatro siglos, en el cual se desarrolla una cultura arquitectónica, a nivel general, que adopta un sistema de formas claramente extraídas de la antigüedad clásica.

Es precisamente en el Renacimiento cuando el mundo teatral empieza a adquirir un auge considerable. La importancia de esta etapa es tal que algunos autores, como Pevsner,⁵ escriben que un análisis histórico de teatros debe de empezar en el Renacimiento italiano, cuando las representaciones teatrales urbanas cambian su localización trasladándose de las plazas y calles a los palacios, y de los escenarios múltiples al escenario único y fijo.

El conocimiento que se tenía en esta época de los antiguos teatros romanos, procedía del *Libro V de Vitruvio* (20 a.C.), así como de algunos tratados más que se publicaron en ese momento como los de Alberti, Serlio o Filarete. La forma clásica que describía Vitruvio para los auditorios era la semicircular con una columnata sobre el coronamiento. En lo que

respecta a la escena, se describían sus tres puertas y los *periacti*.⁶ Muchas de estos conceptos se retomaron en este tiempo.

Unos de los aspectos destacables, en cuanto a su trascendencia desde el punto de vista acústico, es consecuencia directa del cambio de ubicación que experimentan las representaciones teatrales, con su nueva localización en auditorios estables. Nos referimos al tránsito de los recintos abiertos a los cerrados. Este paso tiene como resultado, además de mejoras del confort, la aparición de los fenómenos de reverberación derivados de las reflexiones de las ondas sonoras en las superficies interiores.

Por otro lado, la reducción de escala que presentan los nuevos teatros, en comparación con los de la época romana, es otra variable que influye en beneficio de la acústica. Asimismo, la disminución de distancias entre los actores y la audiencia no sólo provoca una mejora visual de la representación, sino que también permite una distribución sonora mucho más homogénea.

En cuanto a la escena, podemos destacar que sus dimensiones se reducen lateralmente en comparación con la de los teatros antiguos. Este cambio de tamaño provoca, en general, una mejor focalización del sonido por parte de los actuantes. Sin embargo, sabemos que en este momento tuvo lugar el gran desarrollo de la perspectiva, y el mundo teatral no fue ajeno a tal circunstancia. Artistas como Peruzzi proyectaban escenarios con calles y plazas que profundizaban en el volumen escénico provocando bellas perspectivas arquitectónicas. Posiblemente, esta disgregación del escenario fuese en detrimento de la acústica, como consecuencia de la dispersión sonora que podría generarse a través de estos caminos de propagación del sonido. Por otro lado, es factible que los *periacti* dispuestos en los laterales de la escena, contribuyesen a mejorar algo la intensidad sonora procedente de la misma, al comportarse como difusores, a pesar de su escasa superficie de incidencia. Posteriormente, este tipo de decoración escenográfica se fue sustituyendo por otra móvil que serán los bastidores. Los cambios sucesivos que se irán produciendo en los materiales utilizados en la escena, llevarán consigo notables cambios en el comportamiento acústico de este espacio.

Uno de los mejores ejemplos teatrales de este momento es el *Teatro Olímpico de Vicenza* (1580-84) de Andrea Palladio (Fig. 1), que fue uno de los pri-



Figura 1
Teatro Olímpico de Vicencia (1580-84) de Andrea Palladio

meros teatros estables cubiertos hasta entonces. En este edificio Palladio mantiene la estructura básica interior del teatro romano, aunque con algunas particularidades. En primer lugar, la zona del graderío no es semicircular sino semielíptica. La escena, proyectada por Vincenzo Scamozzi, presenta un conjunto de calles que se prolongan hacia el fondo del escenario, así como hacia los laterales. La configuración de este nuevo recinto hacía posible una mejora del acondicionamiento acústico, si bien en este caso, la elección de paramentos pétreos en los laterales y escena, podía llegar a generar superficies excesivamente reflectantes que dieran lugar a elevados tiempos de reverberación y una reducción de la inteligibilidad de la sala. Quizás fuese como consecuencia de este gusto de la época por los materiales pétreos, especialmente el mármol, por lo que los teatros del Renacimiento tuvieron la consideración de reverberantes.

EL TEATRO EN EL BARROCO

Es en el Barroco cuando la música, representada en los teatros de ópera, alcanza su mayor auge. Las óperas tempranas son todavía recreaciones de las formas y principios de la arquitectura clásica griega y romana. Este es el caso del *Teatro Farnese en Parma* (1618-28) de Giovanni Battista Aleotti, cuyo anfiteatro de forma alargada dejaba un redondel central, que se usaba a menudo durante la acción de la misma manera que el propio escenario. En el Teatro Farnese, el espacio de separación entre la escena y el área de audiencia (*proscenio*) posiblemente no resultase beneficioso desde el punto de vista acústico, al provocar que el recinto del escenario, por independizarse del volumen de la sala, actuase como un espacio acoplado al principal.

Sin embargo, la gran mayoría de los teatros de ópera posteriores presentan una estructura similar, cuya principal diferencia, en comparación con los teatros de la Edad Media y del Renacimiento (en los que no existía una clara separación entre la escena y el área destinada al acompañamiento musical), es la definición de un espacio destinado exclusivamente a la orquesta (foso), consecuencia del papel esencial que juega la música en la representación de los dramas. Por otro lado, se proyectaban escenas muy elaboradas, que frecuentemente simulaban una extensión de la arquitectura del propio auditorio. Además, con el paso de los años, las proporciones de los teatros van variando haciéndose más largos que anchos. Esta transformación mejora las reflexiones laterales en la sala, aunque puede llegar a generar otras, largas e inconvenientes, en el fondo de la misma.

Siguiendo a Forsyth,⁷ la primera ópera notable en Venecia fue el *Teatro SS. Giovanni e Paolo*, remodelado específicamente para ópera en 1654 por Carlo Fontana. El edificio de Fontana es importante porque fue la primera ópera italiana barroca que desarrolló completamente la forma de herradura. Las plantas en forma de U y de herradura fueron derivadas de la planta semicircular del anfiteatro romano, adoptado por Andrea Palladio para el Teatro Olímpico.

Junto a estas formas, otra planta común fue la oval o elíptica truncada. El *Teatro Tordinona en Roma* (1666-70), también de Carlo Fontana, tenía una elegante forma oval truncada. En este caso, el trazado elíptico elegido por el arquitecto se debía a la unidad

visual que se conseguía. No obstante, la mayoría de los escritores posteriores que trabajaron sobre la materia, elegían equivocadamente la elipse por sus razones acústicas.⁸ El motivo de tal error se debía a la consideración por entonces, de que las superficies cóncavas son mejores acústicamente que las formas convexas, ya que las primeras concentran y «guardan» el sonido, mientras que las segundas lo dispersan. Sin embargo, los malos resultados acústicos previsible con la forma oval, en la práctica no tuvieron mucha repercusión, ya que en la mayoría de estos teatros las filas de palcos, junto con las paramentos laterales altamente decorados, reducían sensiblemente el efecto focalizador.

Las óperas en el siglo XVIII fueron construidas específicamente para la música de los contemporáneos (las grandes óperas de Gluck, Haydn y Mozart). Además, la afinidad existente entre edificio y compositor, permite establecer paralelismos entre el estilo arquitectónico y la música del momento.

Según Forsyth,⁹ el atributo más importante de la ópera de estilo italiano es su claridad acústica, permitiendo al receptor escuchar la articulación de palabras y el detalle musical de pasajes cantados muy rápidos (como sucede con los trabalenguas de las arias de Mozart). Esta claridad era realizada por la gran cantidad de material absorbente existente cuando la audiencia, sin quitarse los trajes, se congregaba en los palcos y en el patio de butacas, todo en un espacio relativamente pequeño. Además, el techo de los teatros era generalmente plano, y ésto evitaba los posibles problemas de focalización sonora de cúpulas y bóvedas cóncavas.

Para conseguir un buen acondicionamiento acústico de las salas, había dos aspectos importantes a considerar. El primero se refiere a la correcta elección de los materiales de revestimiento: para llegar a tener claridad en los teatros, se debían utilizar superficies absorbentes a bajas frecuencias, ya que los sonidos agudos no solían causar problemas importantes. Los autores de la época, recomendaban la utilización de la madera con cámara de aire para el revestimiento de paredes y techos, así como forrar las óperas con ligeros paneles de lana. Ambas soluciones permiten obtener buenos resultados, aunque los escritores de la época tenían un concepto inexacto sobre el comportamiento acústico de tales elementos.¹⁰ El segundo aspecto a considerar, y que produjo algunos problemas en las óperas del s. XVIII, era el

conseguir un adecuado equilibrio orquestal. Para obtener brillo y claridad con recursos limitados, una solución simple y efectiva fue situar la orquesta totalmente visible para la audiencia, de forma que los oyentes recibían más sonido directo que reflejado. El equilibrio se ajustaba variando el número de músicos.

En Italia, es de destacar una familia de arquitectos especialistas en el diseño de teatros, cuyas importantes aportaciones (tanto acústicas como formales) al mundo de la ópera, se prolongaron durante varias generaciones.¹¹ Nos referimos a los Galli-Bibienas, cuya principal característica era la de emplear plantas con forma de campana por motivos acústicos. El *Teatro Comunale de Bolonia* (1763) es un buen ejemplo de la obra de uno de estos arquitectos.¹² Su auditorio se mostraba interiormente como la fachada de un edificio construido en piedra, los palcos estaban formados por hileras de columnas y arcos que terminaban en un techo oval con lunetas. La causa de que la acústica de este recinto fuese deficiente, se debió a la elección de la piedra como material de revestimiento (posiblemente por su resistencia al fuego), material muy reflectante a diferencia de los delgados paneles de lana usados en la mayoría de las primeras óperas. No obstante, la acústica del Comunale fue la excepción más que la regla, pues casi todas esas óperas tempranas estaban bien adaptadas a la música de los compositores contemporáneos.

En este momento se utilizaban curiosos recursos acústicos para resaltar el sonido de la orquesta. Según narra Saunders,¹³ una característica común en muchos teatros italianos era la de realizar un «hoyo acústico» bajo el suelo de madera del foso de la orquesta, para reforzar el sonido de la misma. En otras ocasiones se construían fosos que se llenaban de agua para aprovechar las cualidades reflectantes de la misma.¹⁴ El resultado de tales soluciones serían fácilmente discutibles hoy en día.

En definitiva, podemos decir que los propiedades acústicas de los teatros de ópera eran, en general, bastante aceptables, aunque muchos de estos resultados se obtenían mediante una combinación de intuición, experiencia y también de algo de fortuna.

Con el paso del tiempo, las óperas se hacían cada vez más grandes y ostentosas; algunas eran comparables en tamaño a las grandes óperas del siglo XIX.

Tal es el caso del *Teatro de San Carlo de Nápoles* (1737).

EL TEATRO EN EL NEOCLASICISMO

A finales del s. XVIII, en Italia se construyeron algunos de los teatros más importantes del momento: el *Teatro de la Scala de Milán* (1778), punto culminante en la construcción de óperas italianas, o *La Fenice de Venecia* (1792), son claros ejemplos de ello.

En muchos de estos míticos teatros su fama ayudaba a tolerar ciertas deficiencias prácticas. Este es el caso de La Scala, donde las condiciones visuales y acústicas de los palcos, excepto para los situados en la parte delantera, dejaban mucho que desear. El motivo de tales carencias se debían a la escasa apertura de los palcos, que hacía que los mismos se comportasen como volúmenes acoplados al principal de la sala. Esto, unido a la profusa decoración y abundancia de superficies absorbentes¹⁵, daba lugar a bajos niveles de presión sonora. Sin embargo, esta disposición beneficiaba acústicamente a los espectadores sentados en el patio de butacas, ya que éstos disponían de una gran superficie de reflexión en los laterales de la sala, que obviamente es mayor mientras más pequeña sea la superficie de apertura de dichos palcos.

Pero es precisamente en la Francia de mitad del s. XVIII, donde se produce el desarrollo más importante de proyectos de óperas. Buena muestra de ello lo encontramos en la *Ópera de Versalles* (1770) de A. J. Gabriel. El proyecto de dicho arquitecto fue brillante tanto espacial como acústicamente. Las razones de este buen comportamiento sonoro son, entre otras, el tamaño dado a la sala (más bien mediano) y el empleo de materiales adecuados (paneles de madera pintados). El edificio tenía planta ovalada con los lados mayores paralelos.

Un autor que propone la planta oval para los teatros es el francés *Pierre Patte* en su *Essai sur l'architecture théâtrale* de 1774. Patte presenta esta forma como la ideal para el acondicionamiento acústico de estos espacios, precisamente por sus propiedades focalizadoras. En la Ilustración española, Benito Bails recoge muchos aspectos de este tratado (Fig. 2), en su obra *Elementos de Matemáticas* (Tomo IX dedicada a la Arquitectura Civil).

En la *École des Beaux Arts de París*, las óperas se

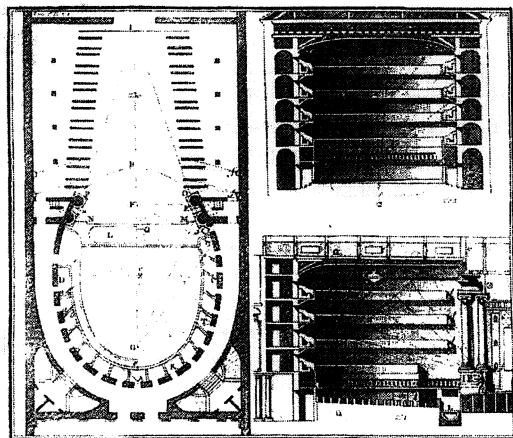


Figura 2
Modelo teatral de P. Patte tomado por B. Bails

convirtieron en el instrumento favorito para emplear el estilo Neoclásico. Los cambios que tuvieron lugar en los teatros de esta época fueron, en gran medida, consecuencia del pensamiento ilustrado. Una de las principales transformaciones de este momento, fue el deseo de abandonar el sistema segregado de palcos y galerías en favor del clásico anfiteatro. Los arquitectos neoclásicos, en su búsqueda por la simplicidad incorrupta y estoica, incluso fueron más allá del mundo antiguo para crear obras primitivas de mayor severidad y riguroso formalismo, basado en la geometría pura del cubo y la esfera. La mayoría de estos radicales proyectos no se construyeron, ya que en la Francia de este momento se levantaron pocos edificios públicos. Un ejemplo en el que se hace evidente esta tendencia es el proyecto para una sala de conciertos con un auditorio semicircular de Gabriel Pierre Martin Dumont.¹⁶ Otro de los proyectos de ópera no construidos, pertenecía a uno de los mejores arquitectos franceses del neoclasicismo de este período, Etienne-Louis-Boullée. El proyecto de Boullée era un gran auditorio semicircular con media cúpula artesonada como techo que, al igual que otras muchas obras suyas, tenía gran escala.

De haberse construido, tanto el proyecto Dumont como el de Boullée, lo más probable es que el efecto focalizador de la cúpula, su forma semicircular, además del gran volumen en éste último, hubieran he-

cho que ambos fracasaran desde el punto de vista acústico.

Uno de los proyectos de teatro, perteneciente al severo y pétreo estilo neoclásico de la Francia pre-revolucionaria, que si llegó a realizarse, fue el *Teatro de Besançon* (1789) de Claude-Nicolas Ledoux (1736-1806). El edificio, de planta semicircular, carecía de palcos ya que éstos fueron sustituidos por un anfiteatro. Disponía de un foso hundido para la orquesta bajo el cual se realizó un hoyo acústico semicilíndrico, probablemente para actuar como reflector de sonido. Para Forsyth, esa disposición debía de producir un extraño efecto acústico en los músicos.

En este momento histórico, es de destacar también el trabajo publicado por George Saunders: *Treatise on Theatres* (1790), en el que recomendaba la utilización de la planta de forma circular, truncada por razones acústicas y de visión (Fig. 3). Aunque Saunders nunca construyó su ópera, el *Teatro Real, Drury Lane* en Inglaterra, de Benjamin Wyatt (1746-1813) fue construido a imitación de la planta de Saunders. Curiosamente, el auditorio fue remodelado a causa de los problemas de visión y de acústi-

ca. (Las líneas de visión habían sido resueltas sólo aproximadamente por Saunders, y la forma circular truncada producía el problema de la focalización del sonido).

EL TEATRO EN EL SIGLO XIX

Dos teatros que resultan especialmente destacables en este período son el *Teatro Nacional* (1818-21) de Schinkel, en Alemania, y la *Ópera de París* de Charles Garnier, (1875). En el primero, el auditorio del Teatro, o el *Schauspielhaus* de Berlín, representa el historicismo griego que se había convertido en el estilo aceptado para los edificios públicos. Con el segundo, el teatro alcanza su cumbre más alta. La estructura oculta del edificio era de hierro. Su forma es la tradicional de herradura y tiene cuatro hileras de palcos. El gran volumen de La Ópera (algo más de once mil metros cúbicos) obligaba a utilizar una decoración interna, mobiliario, etc..., suficientemente absorbente para no generar un aumento excesivo de los tiempos de reverberación. Estas propiedades se lograban gracias a la alta absorción que proporcionaban los asistentes, las gruesas tapicerías del mobiliario y, fundamentalmente, colocando cortinas y tapices pesados, así como grandes telones y alfombras.

En el siglo XIX las salas de conciertos llegaron a ser más grandes y consecuentemente más reverberantes. Para conservar la alta definición con los tonos más detallados, debían de ser suficientemente estrechas, con el fin de obtener fuertes reflexiones laterales del sonido y conservar la alta definición.

Es también en esta época cuando Wagner promueve activamente en Alemania el *Bayreuth Festspielhaus* (1872-76), del arquitecto Otto Brückwald. Fue en esta obra cuando se aceptaron los nuevos principios de Wagner: cávea para la orquesta (a un nivel inferior), asientos dispuestos en anfiteatros, ausencia de palcos y galerías, y un auditorio a oscuras. Los teatros wagnerianos como éste, fueron diseñados para ser en cierto modo algo reverberantes y armonizar con los expresivos colores tonales de las óperas del compositor. Con las innovaciones de Wagner, se podría decir que se inicia lo que hoy conocemos como el teatro moderno.

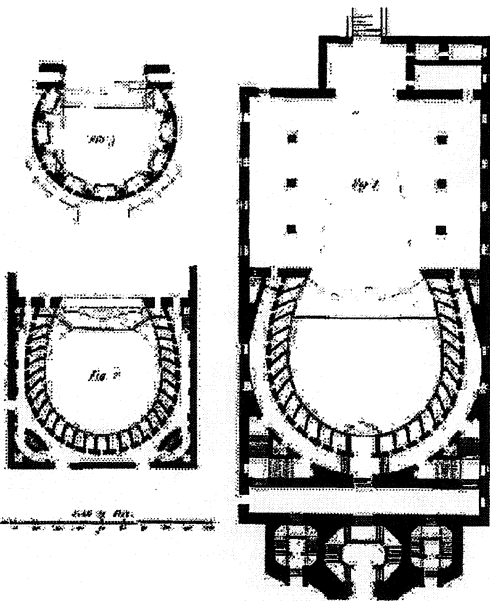


Figura 2
Plano comparativo de tres teatros de ópera. *Treatise on Theatres* (Saunders)

EL TEATRO EN EL SIGLO XX. CONCLUSIONES

Aunque los primeros estudios científicos sobre el sonido¹⁷ tuvieron su origen en los siglos XVII y XVIII, las grandes aportaciones de la Revolución Industrial del XIX al desarrollo cultural del momento, no se materializaron en la obtención de unas buenas condiciones sonoras en muchos de los edificios destinados a la cultura que se construyeron en ese período. La ausencia de criterios científicos que determinasen la calidad acústica de los espacios arquitectónicos, hacía que todos los proyectos de salas de conciertos y espectáculos, se basasen en aproximaciones, tanteos y pura intuición.

Fue durante los últimos años del s. XIX y principios de XX, cuando acontecieron los primeros grandes avances que dieron lugar a la Acústica Arquitectónica que conocemos hoy en día. El principal



Figura 4
Symphony Hall de Boston

exponente de esta ciencia moderna fue W. C. Sabine, quien trabaja por entonces en la Universidad de Harvard para obtener su clásica ecuación sobre la reverberación. Los resultados de Sabine pudieron ser aplicados en el diseño de la sala del *Symphony Hall de Boston* (Fig.4), obteniéndose unos resultados excelentes.

A raíz de estos trabajos, y tras otras investigaciones posteriores,¹⁸ la acústica de recintos se ha desarrollado a gran velocidad, sobre todo tras los avances en los sistemas electroacústicos, que han permitido a

los técnicos obtener mejores resultados en el acondicionamiento acústico de los locales. Todos estos adelantos han tenido su reflejo en teatro del s. XX. Actualmente las construcciones teatrales recuperan de nuevo un papel esencial en la Arquitectura, y a gran escala en el campo de la rehabilitación arquitectónica. Razón por la que es interesante profundizar en una cualidad que es determinante en la realización de la función, para la que este tipo de edificio fueron construidos: su acústica.

NOTAS

1. Citado por M. Forsyth (1985). *Buildings for music*. Cambridge University Press
2. Zona de teatro que comprendía gradas, escaleras y vomitorios.
3. Pasillos horizontales de circulación en las gradas.
4. Sendra, J. J. y Navarro, J. (1997). *La evolución de las condiciones acústicas en las iglesias: del Paleocristiano al Tardobarroco*. Sevilla: Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción.
5. Pevsner, N. (1979). *Historia de las tipologías arquitectónicas*. Barcelona: Gustavo Gili. (Traducción del original inglés: *A History of Buildings Types*. Nueva Jersey: Princeton University Press, 1976).
6. Prismas giratorios triangulares de gran altura que tenían en cada una de sus caras una escena diferente.
7. Forsyth, M. Opus cit.
8. Después de los descubrimientos de J. Kepler (1604) sobre la elipse, se desarrollaron trabajos como el de Athanasius Kircher, quien expone el comportamiento de los rayos sonoros en una bóveda con directriz elipsoidal.
9. Forsyth, M. Opus cit.
10. Se pensaba que los paneles de revestimiento y los techos de madera actuaban, no por absorción, sino por reflexión y/o resonancia del sonido aumentando los niveles de presión sonora.
11. Su nombre era Galli, pero fueron conocidos como los Galli-Bibienas por su lugar de origen cerca de Bolonia. Los primeros arquitectos de la familia fueron dos hermanos: Fernandino (1657-1743) y Francesco (1659-1739).
12. El Teatro Communale de Bolonia fue la obra principal Antonio, el cuarto hijo de Fernandino Galli-Bibiena.
13. Saunders, G (1790). *Treatise on Theatres*. London.
14. En el Teatro Argentina de Roma se llevaron a cabo reformas con el objeto de construir un recinto de ladrillo, bajo el patio de butacas, que iba desde el escenario hasta la parte trasera del teatro. Éste fue llenado de agua para formar un canal, partiendo de la base de que el agua es

un buen reflector de sonido: la música estaría dirigida a los asientos de la parte trasera, emergiendo a través de las parrillas del suelo.

15. Saunders señaló en su *Treatise* que los palcos se encontraban «empapelados, y con festones de seda y damasco, como estaba de moda».
16. Gabriel Pierre Martin Dumont (1720-1790) publicó este proyecto en su libro *Parallèle de plans des plus belles*

salles de spectacles d'Italie et de France, avec des détails des machines theatrales (c.1764)

17. Los descubrimientos de Huygens, Helmholtz, Newton, Laplace, D'Alembert, Fourier..., fueron los que desarrollaron la *Acústica* como una rama importante de la Física.
18. Eyring-Norris y Millington principalmente.