

Música y espacio:
ciencia, tecnología y estética

UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES

Rector
Gustavo Eduardo Lugones

Vicerrector
Mario E. Lozano

Gustavo Basso
Oscar Pablo Di Liscia
Juan Pampin
(compiladores)

Música y espacio: ciencia, tecnología y estética

Joseph Anderson / Gustavo Basso / Pablo Cetta /
Mariano Cura / Oscar Pablo Di Liscia / Robert Dow /
Pablo Fessel / Gary S. Kendall / Martín Liut /
Dave Malham / Juan Pampin



Bernal, 2009

Colección Música y Ciencia
Dirigida por *Oscar Pablo Di Liscia*

Música y espacio : ciencia, tecnología y estética / compilado
por Gustavo Basso ; Oscar Pablo Di Liscia ; Juan Pampin. -
1a ed. - Bernal : Universidad Nacional de Quilmes, 2009.
328 p. ; 21x15 cm. - (Música y ciencia / Pablo Di Liscia)

ISBN 978-987-558-184-5

I. Cultura Musical. I. Basso, Gustavo, comp. II. Di Liscia,
Oscar Pablo, comp. III. Pampin, Juan, comp.
CDD 780.1

© Gustavo Basso, Oscar Pablo Di Liscia, Juan Pampin. 2009

© Universidad Nacional de Quilmes. 2009

Roque Sáenz Peña 352

(B1876BXD) Bernal

Buenos Aires

<http://www.unq.edu.ar>

editorial@unq.edu.ar

Diseño: Mariana Nemitz

ISBN 978-987-558-184-5

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

Índice

Presentación	15
Los autores	19
Capítulo I. Audición espacial de sonido: conceptos básicos y estado actual de la cuestión	
Gustavo Basso, Oscar Pablo Di Liscia	23
Representación geométrica del espacio	24
Indicios de ubicación espacial de sonido	25
Indicios relativos a la localización angular	25
Indicios relativos a la distancia	33
Directividad de la fuente acústica	40
Percepción de la directividad de las fuentes acústicas	48
Una revisión de los indicios de localización y de los factores que determinan su prominencia	52
Confiabilidad de los indicios.	53
El rol del conocimiento <i>a priori</i> de las características de la fuente.	53
El contenido de frecuencia de la señal	54
Realismo de los indicios o plausibilidad	55
El rol de los movimientos de la cabeza en la localización	55
Efectividad de los indicios relacionados con la distancia.	55
Otros indicios que afectan la audición espacial.	57
Efecto Doppler.	57
Efecto Haas o efecto de precedencia.	58
Bibliografía	58

Capítulo II. Percepción espacial del ambiente acústico

Gustavo Basso.	61
Percepción auditiva del ambiente	61
Efecto de precedencia	62
Perspectiva auditiva.	63
Acústica de salas.	65
Desarrollo histórico hasta el siglo XIX.	65
Trabajos de Wallace Sabine	67
Proliferación de parámetros acústicos temporales	72
Aparición de los criterios espaciales.	74
Respuestas “espaciales” desde la arquitectura	81
Dos ejemplos célebres	88
Apéndice: descripción de los parámetros citados.	91
Tiempo de reverberación (TR)	91
Reverberación temprana (EDT , <i>Early Decay Time</i>).	91
Retardo de la reflexión principal ($ITDG_2$).	91
Respuesta al impulso	92
Función de autocorrelación ($\phi(\tau)$)	92
Amplitud equivalente de las reflexiones (A)	92
Fracción lateral de energía (LE)	93
Coeficiente de correlación cruzada interaural ($IACC$).	93
Función de crecimiento de la energía.	94
Definición (Thiele, 1953).	94
Claridad a 80 ms y a 50 ms (Reichardt, 1974).	94
Relación señal /ruido (Lochner y Burger, 1961)	94
Centro de tiempo (Dietsch y Kraak, 1986)	95
Bibliografía	96

Capítulo III. Técnicas de localización espacial de sonido con altoparlantes usando indicios de intensidad y tiempo

Oscar Pablo Di Liscia	99
Introducción	99
Técnicas de espacialización basadas en indicios de intensidad.	100
Simulación de la ubicación angular en dos dimensiones	
por medio del panorámico de intensidad	100
Simulación de la distancia mediante indicios de intensidad	103
Simulación de la ubicación angular en tres dimensiones	
por medio del panorámico de intensidad	106
Simulación de la directividad de la fuente acústica	
mediante indicios de intensidad	110

Técnicas de espacialización basadas en indicios de tiempo	115
Simulación de las características de recintos mediante indicios de intensidad y tiempo	117
Introducción	117
Simulación de ecos tempranos	118
Conclusiones	124
Bibliografía	124

Capítulo IV. Transformadas clásicas de la imagen estéreo. Un análisis

Joseph Anderson	127
Introducción	127
Ley de panorámico seno-coseno y el dominio ms	129
Ley de panorámico	129
El dominio ms	130
Las transformadas estéreo	132
Rotación-panorámico estéreo	132
Panorámicos más allá de $\pm 45^\circ$. Moviéndose más allá de los altoparlantes	134
Ancho	137
Balance	140
Panorámico medio.	142
Asimetría	145
Panorámico izquierdo y derecho.	147
R-pan	147
L-pan	148
Dirección-abilidad	150
Transformadas dependientes de la frecuencia	152
Ecuilibración espacial	153
Dispersión estéreo	154
Otras transformadas	155
Conclusiones.	157
Bibliografía	158

Capítulo V. El espacio acústico tridimensional y su simulación por medio de Ambisonics

Dave Malham	161
Consideraciones fisiológicas	161
Mecanismos de percepción de la dirección	161
Mecanismos de percepción de la distancia.	162
Cuestiones perceptivas	165

Ambisonics, sistemas de primer orden	169
Manipulaciones del campo sonoro	173
Ambisonics y la compatibilidad estéreo	178
<i>Bounce-back</i>	182
Criterios para una decodificación óptima.	185
El efecto de la acústica del espacio de ejecución	187
Sistemas Ambisonics de orden más alto	190
Armónicos esféricos.	190
Matrices de rotación	195
Dominancia	197
Sistemas de orden más alto. desarrollos recientes	197
Bibliografía	199

Capítulo VI. Sistemas de sonido multicanal para la industria audiovisual

Mariano Martín Cura	203
Introducción	203
Estandarizaciones de sonido <i>surround</i>	203
Especificaciones de canales	204
Sistemas propietarios.	204
Canal de efectos de baja frecuencia	204
Sistema de administración de bajas frecuencias	204
Sistemas multicanal matriciales	205
Codificación perceptual	205
Estéreo de tres canales (<i>3-0 stereo</i>).	205
Sonido cuadrafónico	206
<i>Surround</i> de cuatro canales (<i>3-1 stereo</i>).	206
Dolby stereo optical. Dolby surround pro logic	208
<i>Surround</i> de 5.1 canales (<i>3-2 stereo</i>).	210
El canal de efectos de baja frecuencia y el uso de <i>subwoofers</i>	211
Descripciones y asignación de pistas.	212
Dolby Digital, Dolby Pro Logic II	212
DTS	214
Surround de 6 canales. Dolby stereo 70 mm	214
Surround de 6.1 canales	215
Dolby Digital Surround EX.	215
CI CD	215
Dolby Pro Logic IIx.	216
DTS-ES.	216
Surround de 7.1 canales	217
Sony SDDS	218

Dolby Digital Plus	219
Dolby Digital True HD.	219
DTS-HD	220
Surround de 10.2 canales	220
Surround de 22.2 canales	221
THX	222
MPEG	222
MLP	223
DVD-audio	223
Super audio cd	225
Otros formatos multicanal	225
Bibliografía	226

Capítulo VII. El sonido multicanal en la composición acusmática

Robert J. Dow	227
Presentación	227
Preámbulo	227
Ejecución.	229
Formatos	230
Estereofonía con dos altoparlantes	231
Estéreo 3-2 (5.1 canales envolventes)	232
Octofonía.	234
Ambisonics	236
Síntesis de campo de onda (wfs)	237
Conclusiones.	238
Agradecimientos.	239
Bibliografía	239

Capítulo VIII. La interpretación de la espacialización electroacústica: atributos espaciales y esquemas auditivos

Gary S. Kendall.	241
Atributos espaciales	242
El contexto de la música electroacústica	242
Atributos espaciales y análisis de la escena auditiva	243
Esquemas auditivos espaciales	247
Esquemas auditivos espaciales.	247
Análisis de la escena en función de los esquemas auditivos espaciales según Rumsey	248
El juego artístico con la organización espacial.	249
Juego con el agrupamiento perceptivo	249

Atributos inmersivos	253
Juego con los esquemas auditivos espaciales.	255
Conclusión	257
Agradecimientos	257
Bibliografía	258

Capítulo IX. Descentramiento y concreción del espacio en la música del siglo XX

Pablo Fessel	261
Introducción	261
El espacio inmanente	261
La crisis en el sistema de categorías estilísticas	263
La textura	264
Emancipación de la textura	265
Hacia una estética de la heterogeneidad y de la concreción.	267
Bibliografía	269

Capítulo X. Integración de la música al espacio virtual

Pablo Cetta	271
-----------------------	-----

Capítulo XI. Música para sitios específicos: nuevas correlaciones entre espacio acústico, público y fuentes sonoras

Martín Liut	289
Sonidos específicos y arquitectura aural.	290
Público y fuentes sonoras	292
En movimiento	294
Zonas de audición.	295
Conclusiones.	299
Bibliografía	301

Capítulo XII. Espacio y materia, de lo auditivo a lo corporal.

Apuntes sobre la composición de UOM y *Entanglement*

Juan Pampin	303
Introducción	303
UOM	304
Especificidad	305
Dispositivo	306
Espacio y materia.	308
Transformación	312
Reflexiones	314

<i>Entanglement</i>	315
Lugar	316
Flujo	317
Perturbación	318
Teleausencia	321
Conclusiones	322
Bibliografía	324

Presentación

Este libro explora los aspectos más relevantes del estado actual del arte en el estudio de las relaciones entre espacio, sonido y música. Dada la extensión del tema y sus numerosas ramificaciones en áreas diversas (tales como acústica, psicoacústica, percepción sonora, tecnología de audio, arte sonoro y música, por mencionar solo algunas), resulta necesario abordarlo desde una pluralidad de perspectivas que asegure una cobertura amplia y sistemática. Para lograr este objetivo, el libro organiza sus capítulos en tres secciones principales: la primera examina los aspectos básicos de la audición espacial, la segunda sondea las técnicas y tecnologías comprometidas en la simulación e implementación del sonido espacial, y la última plantea la problemática de la espacialidad en la producción musical y sonora, tanto desde el punto de vista del análisis como desde la composición musical.

Los dos primeros capítulos desarrollan las nociones básicas necesarias para comprender la percepción espacial del sonido. En el primero, a partir de las señales que se originan directamente en las fuentes acústicas (Basso y Di Liscia) y en el segundo, desde el ambiente acústico que rodea al oyente (Basso). Este último, además, introduce los principios fundamentales de la acústica arquitectónica desde una doble perspectiva, histórica y técnica. Estos dos capítulos son de lectura insoslayable para el lector que no esté familiarizado con la audición espacial de sonido y constituyen la base sobre la que se desarrollaron muchas de las técnicas de espacialización que se tratan en el resto del libro.

Siguen luego cuatro capítulos dedicados a las técnicas de espacialización corrientemente utilizadas en la música por computadoras y en la industria del audio. El capítulo III (Di Liscia) analiza las técnicas de simulación de localización de sonido usando indicios de intensidad y tiempo. El capítulo IV (Anderson) realiza una profunda exploración de los aspectos técnicos y de las aplicaciones prácticas de las transformadas de la imagen estéreo en la ingeniería de audio. El capítulo V (Malham) desarrolla extensamente la técnica de espacialización Ambisonics en sus aspectos básicos y en sus actuales extensio-

nes. Malham también estudia en este capítulo algunos aspectos de audición espacial, y discute los límites y la naturaleza de lo que debe considerarse una imitación de la realidad sonora espacial. El capítulo vi (Cura) realiza una reseña histórica y un análisis técnico de las implementaciones para sonido *surround* (“envolvente”) en la industria de audiovisual (principalmente en el cine) y en su uso hogareño. El capítulo vii (Dow) desarrolla la transición desde la visión técnica/tecnológica hacia la implementación concreta de la espacialización en la música electroacústica, centrándose en la problemática estética y práctica que surge en la difusión de la obra electroacústica.

Los siguientes dos capítulos presentan propuestas que se orientan hacia el análisis estético y técnico-musical de la espacialidad en la música. El capítulo viii (Kendall) propone un marco conceptual para el análisis de la espacialidad en la música electroacústica desde la perspectiva de la psicología cognitiva. Concretamente, este enfoque está basado en los conceptos de “atributos espaciales” y de “esquemas auditivos”. El capítulo ix (Fessel) aborda la espacialidad del sonido desde el ángulo de la música instrumental del siglo xx. Es la noción de textura, que según Fessel comienza a desarrollarse de manera significativa en la música del siglo xx, la que provee las tendencias básicas (descentramiento y concreción) a partir de las que es posible pensar en un espacio musical segmentado, múltiple y particular.

Finalmente, los tres últimos capítulos tratan diferentes casos de *puesta en obra* de la espacialidad de la música y el sonido, de manera general uno de ellos, y de forma específica los otros dos. En el capítulo xi, Liut enfoca la espacialidad en la producción sonora desde la perspectiva de su correlación con los espacio-entornos. En dicho enfoque se tienen en cuenta tanto las cuestiones físicas como la carga semántica y la disposición de los oyentes, que surgen de –o sugieren– los diferentes entornos. En el capítulo x, el autor considera algunas instancias generales pero, sobre todo, las específicas a su obra *Interiores*, a partir de lo que denomina una “integración de la música al espacio virtual”. Finalmente, en el capítulo xii Pampin desarrolla los aspectos tecnológicos y estéticos de la espacialidad en dos de sus obras (*UOM* y *Entanglement*) y provee una base conceptual para la vinculación de estos aspectos con la carga referencial e histórica de los entornos de audición.

La complejidad conceptual y técnica de los artículos originales en inglés requirió una revisión detallada de sus traducciones, tarea que estuvo a cargo de Juan Pampin. Los compiladores, además, desean agradecer muy especialmente al licenciado Emanuel Bonnier (AKA *Lord-of-the-graphic-vectors*), cuya pericia y dedicación posibilitó la confección de las imágenes que ilustran los capítulos i, ii y vi.

Vale la pena destacar que los autores que participan en este libro, además

de ser especialistas en los aspectos científico-tecnológicos del área que los ocupa, son músicos formados y activos. Esto último asegura que, por técnico que sea el tratamiento de cada tema, siempre esté enlazado con la producción y la performance musical-sonora. Resulta difícil sugerir un lector ideal pensando en disciplinas o áreas de formación tradicional, cristalizada y estanca. Antes bien, una de las cualidades imprescindibles del lector que esperamos, debería ser su disposición a explorar uno de los aspectos más concretos y, a la vez, más misteriosamente inasibles de la música, el espacio, sin confinarlo a una disciplina aislada.

Gustavo Basso
Oscar Pablo Di Liscia
Juan Pampin

Los autores

Joseph Anderson (Escuela Scarborough de Electroacústica, Artes y Nuevos Medios, Universidad de Hull, Gran Bretaña). Obtuvo su Ph.D. en la Universidad de Birmingham. Tiene una amplia formación en las aplicaciones creativas e industriales de las tecnologías de la música. Ha trabajado como ingeniero y consultor de mezcla *surround*, productor de radio y desarrollador de algoritmos para procesos de señal digital. Sus campos específicos de investigación incluyen el sonido *surround* Ambisonics, la imagen sonora en la música acusmática y la composición acusmática. En 1997 obtuvo el Grand Prix en el Concurso de Música Electroacústica de Bourges por su obra *Change's Music*, e instituciones tales como la BBC Radio 3 y la Sociedad para la Promoción de Nueva Música le han comisionado composiciones. Su ciclo *Epiphany Sequence* ha sido editado recientemente por Sargasso (SCD28056).

Gustavo Basso (Facultad de Bellas Artes, Universidad Nacional de La Plata, Argentina). Ingeniero y músico, es profesor de acústica musical en las universidades de La Plata y Buenos Aires. Dirige proyectos de investigación en temáticas relacionadas con la percepción auditiva y la acústica musical, y se dedica al diseño de espacios acústicos, en particular teatros y auditorios de música. Entre sus recientes y más significativas producciones figuran los libros *Análisis espectral: la transformada de Fourier en la música* (1999) y *Percepción auditiva* (2006). Actualmente trabaja en el diseño acústico de la Ciudad de la Música y del Centro Cultural Bicentenario, y participa en la restauración del Teatro Colón de Buenos Aires.

Pablo Cetta (Facultad de Artes y Ciencias Musicales, Universidad Católica Argentina. Área de Artes Multimediales, Instituto Universitario Nacional del Arte, Argentina). Es compositor y docente-investigador, Secretario Académico del área de Artes Multimediales del Instituto Universitario Nacional del Arte. Sus obras han recibido importantes distinciones nacionales e internacionales. Asimismo, ha realizado numerosas publicaciones,

investigaciones y desarrollos en aplicaciones informáticas para música y audio digital, estética y teoría compositiva.

Mariano Cura (Universidad Nacional de Quilmes. Área de Artes Multimediales del Instituto Universitario Nacional del Arte, Argentina). Es compositor, pianista y docente-investigador. Se graduó como Licenciado en Composición con Medios Electroacústicos en la Universidad Nacional de Quilmes. Actualmente dirige esa carrera, se desempeña como docente en dicha universidad y en el Instituto Universitario Nacional del Arte, y dirige un proyecto de investigación que forma parte del programa de investigación “Teatro acústico” de la UNQ. Entre otras actividades de producción musical y sonora se destaca su participación en el grupo “Buenos Aires Sonora”.

Oscar Pablo Di Liscia (Universidad Nacional de Quilmes. Área de Artes Multimediales del Instituto Universitario Nacional del Arte, Argentina). Es compositor y docente-investigador especializado en música por computadoras. Actualmente dirige un proyecto de investigación en espacialización de sonido (integrado al programa de investigación “Teatro acústico” de la UNQ) y otro en composición musical (en el Instituto Universitario Nacional del Arte). Es profesor titular en ambas instituciones y director de la colección “Música y Ciencia” de la Editorial de la UNQ. Ha publicado artículos sobre estética y técnica de la música y las nuevas tecnologías, y desarrollado *software* para proceso de sonido y música, análisis musical y composición.

Robert Dow (Escuela de Artes, Cultura y Medio Ambiente, Universidad de Edimburgo, Gran Bretaña). Se graduó en Ciencias, Música, Leyes y Estudios Cinematográficos en las universidades de Edimburgo y Birmingham. Vive actualmente en Escocia. Es un compositor muy activo que presenta obras en la mayoría de los festivales de todo el mundo. Es investigador senior en la Universidad de Edimburgo y se especializa en teoría del sonido y en la composición y performance de música electroacústica.

Pablo Fessel (CONICET; Universidad de Buenos Aires, Argentina). Es investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas en el área de musicología histórica y director de un proyecto de investigación sobre música contemporánea argentina en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires. Ha publicado escritos sobre el concepto de textura, y sobre la música de Beethoven, Gandini, Ives y Ligeti en revistas especializadas de la Argentina, Brasil y México. Ha editado la compilación *Nuevas poéticas en la música contemporánea argentina. Escritos de compositores*.

Gary S. Kendall (Escuela de Música y Artes Sonoras, Centro de Investigación en Artes Sonoras, Queen's University, Belfast, Irlanda del Norte). Obtuvo su Ph.D. en la Universidad de Texas, Austin, en 1982. Luego fue profesor asociado y jefe del programa en Tecnología de la Música en la Northwestern University. Desde 2008 es profesor invitado en el Centro de Investigación en Artes Sonoras de la Queen's University. Ha publicado numerosos artículos sobre audio 3D y espacialización de sonido, entre otros, en *Computer Music Journal*, *Organised Sound* y la *ICMC*. Sus investigaciones se han presentado en la Electroacoustic Music Studies Conference, *SEAMUS*, la Audio Engineering Society y la Acoustical Society of America. Sus composiciones se han difundido en *SEAMUS*, el festival Spark y el Florida Electroacoustic Music Festival.

Martín Liut (Universidad Nacional de Quilmes. Universidad de Buenos Aires, Argentina). Compositor y docente-investigador. Es director del proyecto "Espacio y forma musical", que integra el programa "Teatro acústico" (dirigido por Oscar Edelstein), con sede en la UNQ. Integra el proyecto "Textura y forma en la música contemporánea argentina (1972-2006)", que dirige Pablo Fessel en la UBA. Es autor de obras de cámara electroacústicas puras y mixtas, como así también de obras de arte radiofónico. Es fundador y director de "Buenos Aires Sonora", grupo que, desde 2003, realiza intervenciones sonoras a gran escala en espacios públicos urbanos.

Dave Malham (Centro de Investigación en Música, Universidad de York, Gran Bretaña). Es ingeniero de audio y miembro del comité directivo del Grupo de Tecnología Musical de la Universidad de York. Malham es uno de los más prestigiosos y activos especialistas actuales en el sistema *surround* Ambisonics. Es autor de numerosas publicaciones y desarrollos que incluyen la ingeniería de audio (diseño de *hardware*), programación de audio, grabación de audio y los sistemas de proyección de sonido *surround*.

Juan Pampin (Centro de Artes Digitales y Medios Experimentales, Universidad de Washington, Seattle, Estados Unidos). Es compositor y artista sonoro. Vive y trabaja en Seattle, donde es profesor de composición en el Centro de Artes Digitales y Medios Experimentales (*DXARTS*) de la Universidad de Washington, del que es miembro fundador. En dicho centro realiza, además, investigación en análisis espectral y espacialización de sonido. Sus composiciones han sido programadas en importantes festivales de América, Europa y Asia, y grabadas por destacados ensambles y solistas internacionales.