

**FABIÁN ESTEBAN LUNA**

Universidad Nacional de Tres de Febrero, UNTref, Argentina

fluna@untref.edu.ar

Artículo de investigación

## *Fidelidad de localización en trayectorias de sonido envolvente acústico vs. visualizado*

### Resumen

El experimento buscó medir y comparar el grado de precisión que los participantes ponen en práctica para identificar trayectorias de fuentes de emisión sonora envolventes experimentadas de un modo acústico y audiovisualizado. El trabajo se inscribe en el campo de estudios sobre la *transmodalidad*. En particular respecto de aquellas investigaciones que se han enfocado en las correspondencias entre la escucha y la visualización. En este contexto desarrollamos una plataforma de reproducción en música acústica (Luna, 2015; 2016) con el fin de propiciar una modalidad alternativa de presentación en concierto para este tipo de obras (Prager, 2012; Truax, 1999; Tutschku, 2001). La propuesta combina los campos de difusión envolvente de sonido (*surround*), como así también de emisiones de luces (*lightround*), en sincronía con la propagación de modos vibratorios (*sensurround*) dirigidos también a la audiencia.

### Palabras Clave:

sonido envolvente, acústica, audiovisualización, transmodalidad

Epistemus - Revista de estudios en Música, Cognición y Cultura. ISSN 1853-0494

<http://revistas.unlp.edu.ar/Epistemus>Epistemus es una publicación de SACCoM ([www.sacom.org.ar](http://www.sacom.org.ar)).

Vol. 6. N° 1 (2018) | 76-96

**Recibido:** 11/12/2017. **Aceptado:** 10/04/2018.

DOI (Digital Object Identifier): 10.21932/epistemus.6.4214.1

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional de Creative Commons. Puede copiarla, distribuirla y comunicarla públicamente siempre que cite su autor y la revista que lo publica (Epistemus - Revista de estudios en Música, Cognición y Cultura), agregando la dirección URL y/o un enlace a este sitio: <http://revistas.unlp.edu.ar/Epistemus>. No la utilice para fines comerciales y no haga con ella obra derivada.

La licencia completa la puede consultar en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

FABIÁN ESTEBAN LUNA

Universidad Nacional de Tres de Febrero, UNTref, Argentina

fluna@untref.edu.ar

---

Research paper

## *Fidelity of localization in trajectories of acousmatic versus visualized surround sound*

### *Abstract*

The experiment sought to measure and compare the degree of precision that participants put into practice to identify trajectories of surround sound emission sources experienced in an acousmatic and audiovisual way. The work is part of the field of studies on transmodality. In particular regarding those investigations that have focused on the correspondences between listening and visualization. In this context, we developed a platform for acousmatic music reproduction (Luna, 2015, 2016) in order to promote an alternative mode of presentation in concert for this type of works (Prager, 2012, Truax, 1999, Tutschku, 2001). The proposal combines the fields of surround sound diffusion, as well as lightround, in synchrony with the propagation of vibratory modes (sensurround) also aimed at the audience.

### *Key Words:*

surround sound, acousmatics, audiovisualization, transmodality

## 1. Fundamentación

Evidencia empírica ha constatado (Lewkowicz, 1992) que desde muy temprana edad tenemos preferencia por aquellos estímulos que poseen patrones temporales concordantes y equivalentes cuando estos son percibidos simultáneamente por diferentes canales sensoriales, es decir multimodalmente (Bahrck, 1987). Estas correspondencias, del orden de la sincronía, suelen propiciarnos información perceptual redundante (Bahrck y Lickliter, 2000) facilitando a nivel cognitivo resaltar diferentes propiedades de los estímulos, como su duración, proporción, intensidad, etc. A esta experiencia se la denomina percepción *transmodal*.

Propiciando estas experiencias multimodales, enfatizando las propiedades y correspondencias de sus estímulos, pretendemos crear balizas visuales e incluso táctiles que brinden colaboración en el reconocimiento de las trayectorias espaciales del sonido envolvente y sus variaciones de dinámica acústica.

## 2. Objetivos

Medir y comparar el grado de precisión que los participantes ponen en práctica para identificar trayectorias de fuentes de emisión sonora envolventes experimentadas de un modo acusmático y audiovisualizado.

## 3. Método

Participaron 43 sujetos de entre 12 a 45 años (20 mujeres y 23 hombres). El experimento sucedió en el estudio de grabación del Conservatorio Superior de Música de la Ciudad de Bs. As. “Astor Piazzolla, en el marco del Profesorado en Composición con Medios Mixtos. 21 de los participantes declararon poseer algún tipo de experiencias acusmático envolventes. 6 de ellos habían realizado composiciones multicanales. Los otros 15 analizaron estrategias de espacialización de diferentes compositores. Los restantes 22 sujetos declararon no tener experiencia o conocimiento alguno respecto a este tipo de obras o procedimientos de espacialización.

Para este experimento aplicamos una técnica que denominamos *Fidelidad de Localización Envolve* (FiLE). Para ello se utilizaron 6 altavoces que rodearon a distancias equidistantes a cada auditor ubicado en el centro (*sweet spot*). Se emitieron 4 diferentes secuencias de impulsos sonoros que trazaron diferentes trayectorias de espacialización envolvente. A cada participante se le solicitó identificar y

señalar por cual altavoz provenía la emisión de cada uno de los impulsos sonoros. Para tal fin fueron producidos tanto un hardware, que les permitió a los sujetos señalar las trayectorias sonoras en tiempo real, y un software que almacenara estos datos.

Dos de las secuencias fueron reproducidas de modo acústico, y las dos restantes de modo audiovisualizado. Para esto último se sincronizaron con el audio emisores luminosos (Luna, op. cit) dispuestos sobre cada altavoz con el fin de balizar las trayectorias sonoras. La iluminación general del estudio de grabación fue reducida significativamente para poder resaltar el modo audiovisualizado de la experiencia.

Para evitar que la memorización intervenga en la evaluación de los participantes, las 4 secuencias presentaron similar grado de complejidad respecto a sus trayectorias, y a la vez mantuvieron su diferenciación. Por tal motivo fue diseñado un patrón de combinaciones de espacialización envolvente basado en pautas seriales que permitió preservar estos criterios.

El orden de las audiciones fue presentado a los sujetos de modo alternado: primer secuencia acústica, segunda secuencia audiovisualizada, tercera acústica, y cuarta audiovisualizada.

Durante la experiencia se les solicitó a los participantes que no realizaran movimientos de su cabeza y miraran frontalmente los altavoces left/right front respectivamente.

### 3.1. Patrón combinatorio de las secuencias

La técnica FiLE (Fidelidad de Localización Envolvente) que estamos aplicando incluye la elaboración de las secuencias a audicionar en base a un criterio de permutaciones simétricas<sup>1</sup> que, como fue nombrado, busca mantener similar grado de complejidad y diferenciación para la totalidad de las trayectorias sonoras.

Cada secuencia está conformada por 12 puntos de espacialización dividida en 2 series de 6 respectivamente (Fig. 1).

PRIMERA SERIE: cada serie inicia con una célula de 3 diferentes puntos de emisión sonora. Ejemplo del 1er patrón (Fig.1) con sus 3 emisores iniciales: LF, RS, LB<sup>2</sup>. Seguidamente se reiteran los 3 puntos de emisión antedichos pero en sentido retrogrado, y a la vez en una disposición invertida (diagonalmente / horizontalmente). En el ejemplo (Fig.1) se observan las flechas horizontales que indican las permutación simétricas referidas: LF a RB (1 a 6 / inversión diagonal), LS a RS (2 a 5 / inversión horizontal), LB a RF (3 a 4 / inversión diagonal).

SEGUNDA SERIE: se completa la secuencia de 12 emisiones sonoras al repetir los 6 puntos de espacialización de la primera serie pero de modo invertido

(frontalmente / horizontalmente). En el ejemplo (Fig.1) se observan las flechas verticales que indican las permutaciones simétricas señaladas: LF a LB (1 a 7 / inversión frontal), RS a LS (2 a 8 / inversión horizontal), LB a LF (3 a 9 / inversión frontal), RF a RB (4-10 / inversión frontal), RS a LS (5-11 / inversión horizontal), RB a RF (6-12 / inversión frontal)<sup>3</sup>.

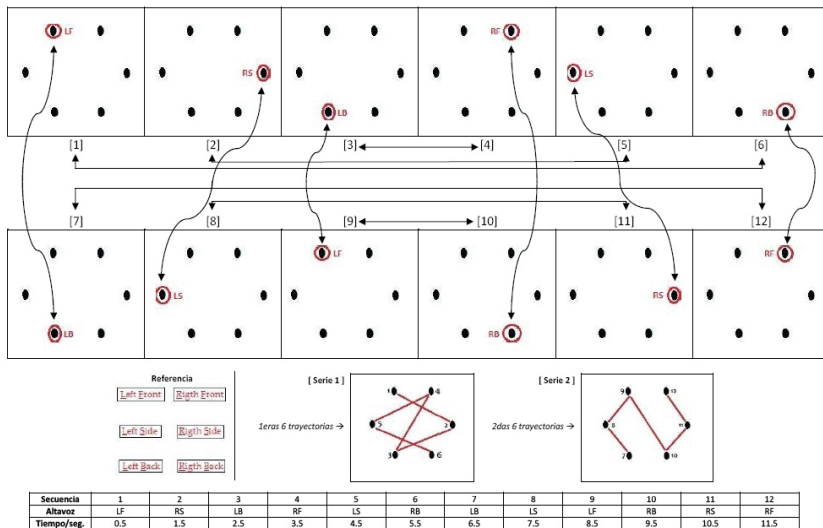


Figura 1. Ejemplo del 1er patrón combinatorio de trayectorias envolventes para su escucha acusmática.

A continuación se describen los 3 restantes patrones combinatorios (Fig. 2, 3 y 4) de trayectorias sonoras envolventes aplicados en cada una de las secuencias.

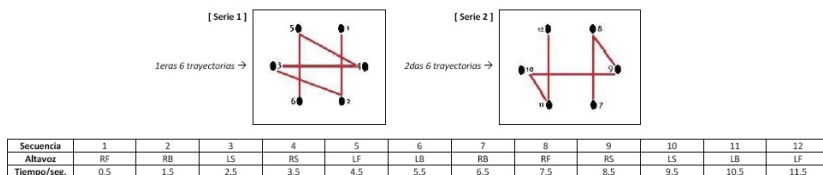
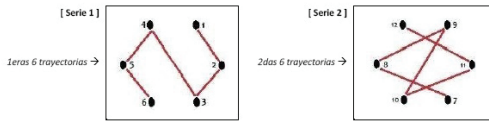
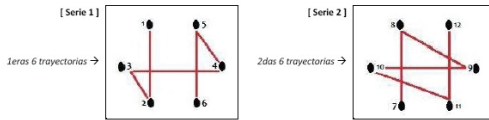


Figura 2. 2do patrón combinatorio de trayectorias sonoras envolventes para su escucha acusmática.



Secuencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Altavoz	RF	RS	RB	LF	LS	LB	RB	LS	RF	LB	RS	LF
Tiempo/seg.	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5

Figura 3. 3er patrón elaborado en base a una retrogradación del 1er patrón combinatorio (ver Fig. 1) para su escucha audiovisualizada.



Secuencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Altavoz	LF	LB	LS	RS	RF	RB	LB	LF	RS	LS	RB	RF
Tiempo/seg.	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5

Figura 4. 4to patrón también elaborado en base a una retrogradación<sup>4</sup>. En esta ocasión perteneciente al 2do patrón combinatorio (ver Fig. 2) para su escucha audiovisualizada.

### 3.2. Fuentes de estímulo

El diseño de los materiales (duración, nivel de amplitud, y aspectos tímbricos de los impulsos, velocidad de reproducción de las secuencias, distancia y altura dispuesta de los altavoces, etc.) fueron producidos teniendo en cuenta investigaciones previas (Ascholoff, 1963; Roffler y Buttler, 1968; Harima y Suzuki, 1994).

- Estímulos sonoros: sonidos impulsivos de banda ancha.
- Componente espectral de cada impulso: ruido blanco<sup>5</sup>.
- Envolvente dinámica de los impulsos: Ataque abrupto con decaimiento lineal a silencio.
- Duración de cada impulso: 1seg<sup>6</sup>.
- Duración de silencios entre cada impulso: 0 seg.
- Nivel de presión sonora: 50 dB(A) medido desde posición del sujeto (sweet spot)<sup>7</sup>.
- Radio de la circunferencia: 3mts<sup>8</sup>.
- Altura dispuesta de cada altavoz: 1,5mts<sup>9</sup>.
- Modelo de altavoces: JBL EON 10.
- Multipista: Adobe Audition CS5.

Para tomar registro de cada altavoz señalado por los sujetos fue diseñado y producido tanto un hardware como un software, los cuales constituyen la totalidad de los componentes de la técnica FiLE que estamos aplicando.

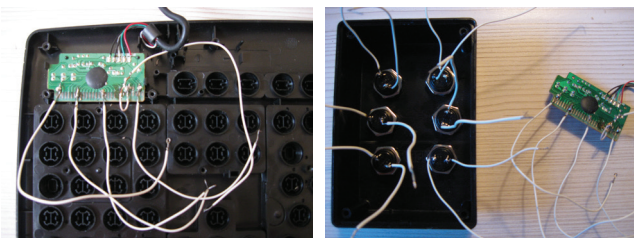
### **3.3. Hardware para el señalamiento de las trayectorias sonoras**

El hardware (Fig. 5 y 6) consiste de una caja (12x8x7cm) con 6 pulsadores manuales insertos en uno de sus lados que emulan la distribución de los altavoces. Durante la reproducción de cada secuencia los participantes debían oprimir el pulsador que consideraron se correspondía con el altavoz emisor del impulso sonoro audicionado a su alrededor.



Figuras 5 y 6. Hardware con pulsadores manuales distribuidos de modo similar a la ubicación de los altavoces que rodearon a los participantes.

Un circuito integrado, extraído a un teclado de computador, fue conectado a los pulsadores del hardware (Fig. 7 y 8). Cada pulsador activa 6 diferentes caracteres ASCII que se transmiten al software de un computador por una conexión USB. A su vez cada carácter se corresponde con cada uno de los altavoces (LF, RF, LS, RS, LB y RB).



Figuras 7 y 8. Circuito integrado del teclado de computador cuyos 6 contactos activan caracteres ASCII. Se observan también los pulsadores (parte posterior) para ser conectados al circuito integrado..

### **3.4. Software para la captura y evaluación de datos**

El programa<sup>10</sup> (Fig. 9 al 16) capturó las pulsaciones enviadas por los sujetos mediante el hardware mencionado, y comparó estos datos con las secuencias de espacialización envolvente emitidas por los altavoces (información previamente

incorporada al software). El programa midió también el grado de proximidad y desvío de esta relación.

A continuación los detalles de su desarrollo.

[ SELECCION DE TRAYECTORIAS ENVOLVENTES DE ESPACIALIZACION ]

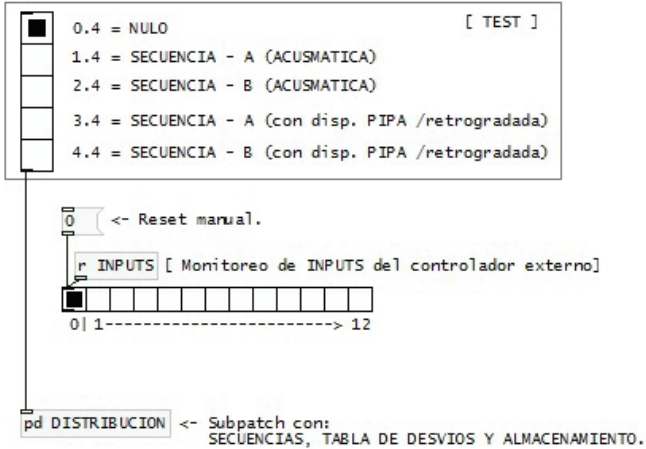


Figura 9. Interfaz principal. Permite asignar diferentes trayectorias envolventes de espacialización sonora en coincidencia con lo emitido desde los altavoces, y poder confrontarlas con la audición experimentada y señalada por cada sujeto.

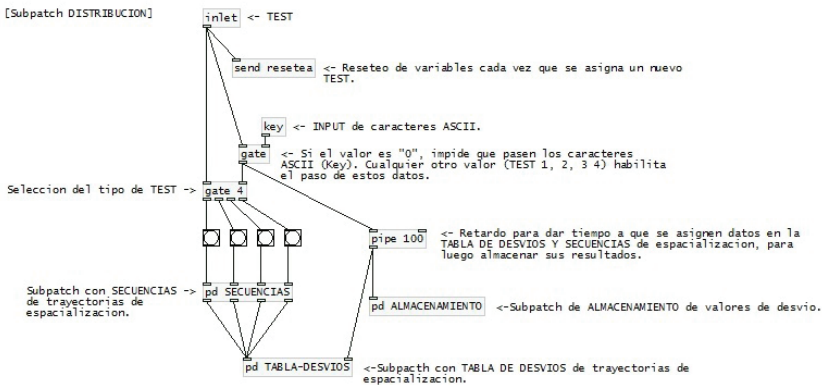


Figura 10. *Subpatch* DISTRIBUCION. Observamos —entre otros— tres *subpatches*: SECUENCIAS, TABLA DE DESVIOS y ALMACENAMIENTO.



En la siguiente imagen (Fig.11) se enumeran las secuencias de trayectorias envolventes que serán audicionadas de modo acústico (Acus. A y B) y las audiovisualizadas (PIPA-A y B). Estas 2 últimas secuencias pertenecen a los patrones combinatorios de retrogradaciones basadas en las 2 primeras secuencias (ver Fig. 3 y 4).

Orden de las secuencias	Acus.-A [1.4]	Acus.-B [2.4]	PIPA-A [3.4]	PIPA-B [4.4]
1	LF	RF	RF	LF
2	RS	RB	RS	LB
3	LB	LS	RB	LS
4	RF	RS	LF	RS
5	LS	LF	LS	RF
6	RB	LB	LB	RB
7	LB	RB	RB	LB
8	LS	RF	LS	LF
9	LF	RS	RF	RS
10	RB	LS	LB	LS
11	RS	LB	RS	RB
12	RF	LF	LF	RF

Figura 11. Secuencias 1.4 y 2.4 audicionadas acústicamente. Secuencias 3.4 y 4.4 audicionadas audiovisualmente.

A continuación (Fig.12) se observa la programación de la grilla descrita anteriormente que contiene las 4 secuencias de espacialización ahora implementada en el software<sup>11</sup>.

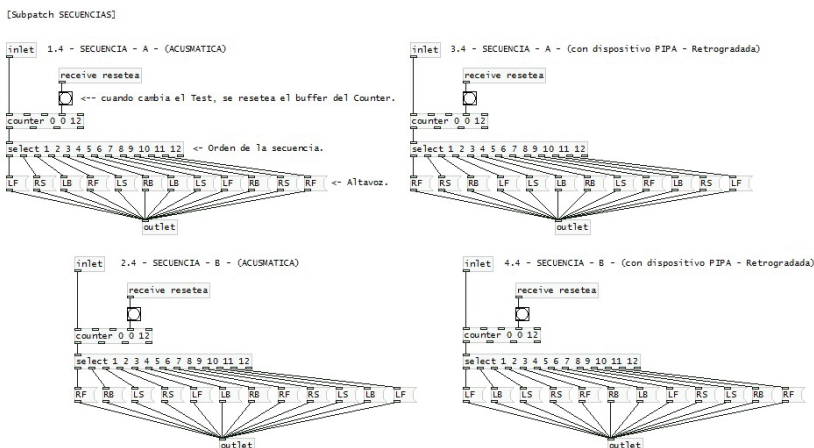


Figura 12. Subpatch SECUENCIAS. Se observan las secuencias de trayectorias envolventes en coincidencia con las audiciones acústicas y audiovisuales experimentadas por los sujetos.

En la siguiente imagen (Fig.13) observamos la grilla de Tabla de desvíos. Esta tabla refleja cómo el programa vincula los datos enviados por el sujeto mediante el hardware nombrado (Fig. 5 y 6) y los altavoces que emiten los impulsos sonoros.

		INPUT del controlador externo (enviado por el sujeto)					
		LF	RF	LS	RS	LB	RB
Altavoces emisores	LF	0	1	1	2	2	3
	RF	1	0	2	1	3	2
	LS	1	2	0	3	1	2
	RS	2	1	3	0	2	1
	LB	2	3	1	2	0	1
	RB	3	2	2	1	1	0

Figura 13. Grilla de TABLA DE DESVIOS. Se observan los rangos de aproximación (0 a 3) de acuerdo al cruce de datos cotejados entre el altavoz que emite el sonido durante el desarrollo de la secuencia (eje horizontal), con respecto a lo señalado por el sujeto mediante del controlador externo (eje vertical).

Las relaciones entre los altavoces emisores y los señalados por el sujeto son los siguientes:

- 0 = Coincidencia plena.
- 1 y 2 = Valores intermedios de divergencias. Desvío a distancia de 1 y 2 altavoces.
- 3 = Divergencia máxima. Desvío a distancia de 3 altavoces.

Los valores de desvío se calculan de acuerdo al número de altavoces que distancian el altavoz señalado por el sujeto y el altavoz emisor. Por ejemplo: si en la secuencia se emitió 1 sonido desde el altavoz LB (Left Back), y el sujeto lo señaló como RS (Right Side), el desvío es de 2 altavoces de distancia. A continuación (Fig.14) se observa la grilla de Tabla de desvíos descrita con anterioridad, ahora implementada en el software .

[Subpatch TABLA DE DESVIOS]

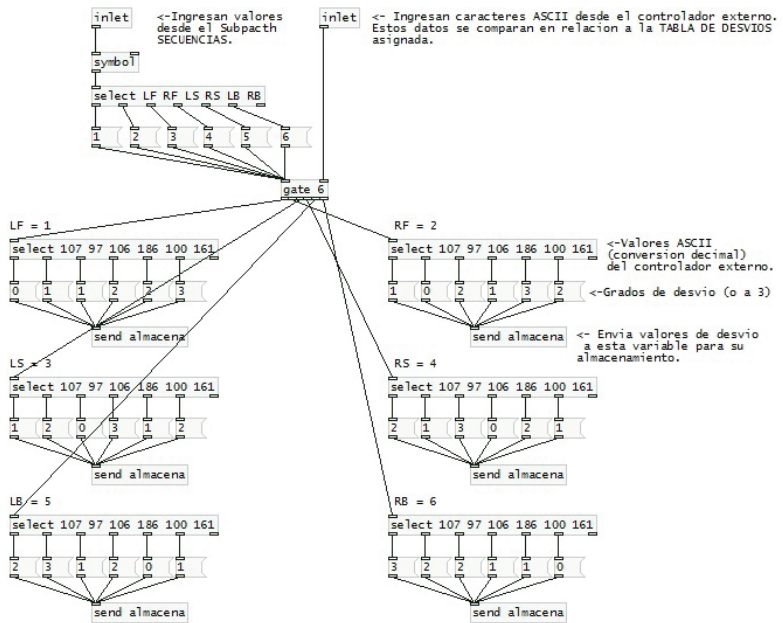


Figura 14. Subpatch TABLA DE DESVIOS. Se comparan los datos (ASCII) enviados por el sujeto desde el hardware externo, con respecto a los emitidos por los altavoces durante la secuencia seleccionada.

A continuación observamos la programación (Fig.15) donde se almacenan los datos resultantes, producto de las coincidencias o desvíos descritos.

Los datos son almacenados en un file de extensión txt. (Fig.16). En este archivo se registra la información tanto del tipo de test elegido<sup>12</sup>, como de los 12 valores pertenecientes a la comparación -coincidencia/desvío- entre la secuencia de sonidos emitida, con respecto a la audicionada y señalada por el sujeto.

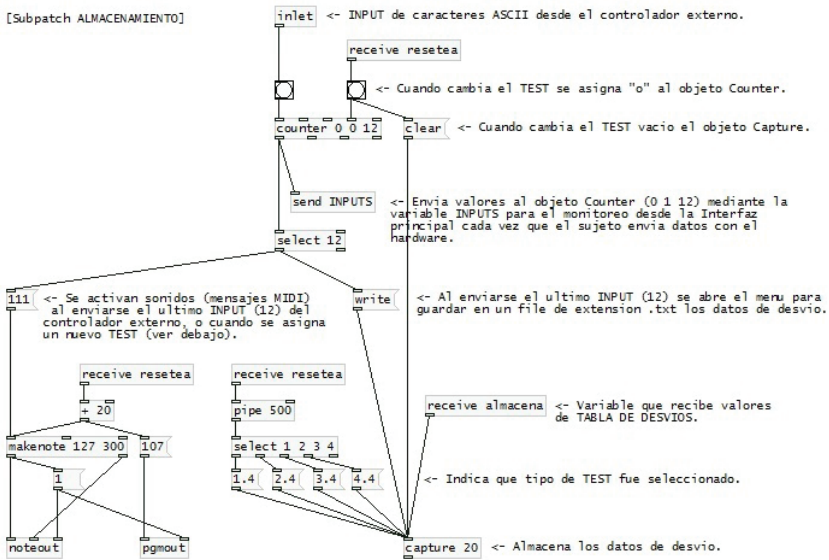


Figura 15. Subpatch ALMACENAMIENTO. Se registran los datos de desvío al comparar las trayectorias sonoras emitidas por los altavoces con respecto a las audicionadas y señaladas por el sujeto.

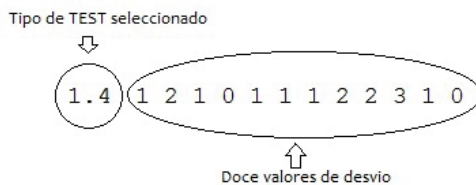


Figura 16. Observamos (de izquierda-derecha) la identificación del tipo de test 1.4, y seguidamente los 12 valores de desvío: 2 coincidencias (valores = 0); 6 desvíos a distancia de 1 altavoz (valores = 1); 3 desvíos a distancia de 2 altavoces (valores = 2); y 1 desvío a distancia de 3 altavoces (valores = 3).

## 4. Resultados

A continuación se detallan 4 enfoques de análisis, que a su vez fueron divididos entre las 4 secuencias experimentadas, tanto de un modo acusmático como también audiovisualizado. Analizamos entonces los datos por:

- A - Experiencia previa de los sujetos en vinculación con producciones de sonido envolvente.
- B - Orden de emisión sonora en cada secuencia (de la 1era a la 12va emisión).
- C - Ubicación de altavoces (frontales, laterales, traseros).
- D - Grado de desvío respecto a la distancia entre los altavoces señalados por los sujetos y aquellos desde los cuales se emitieron los impulsos sonoros.

A - Seguidamente observamos los resultados (Fig.17) que tomaron en cuenta la experiencia previa de los participantes respecto a algún tipo de práctica o conocimiento en cuanto a la música envolvente y aquellos sujetos que no la tuvieran.

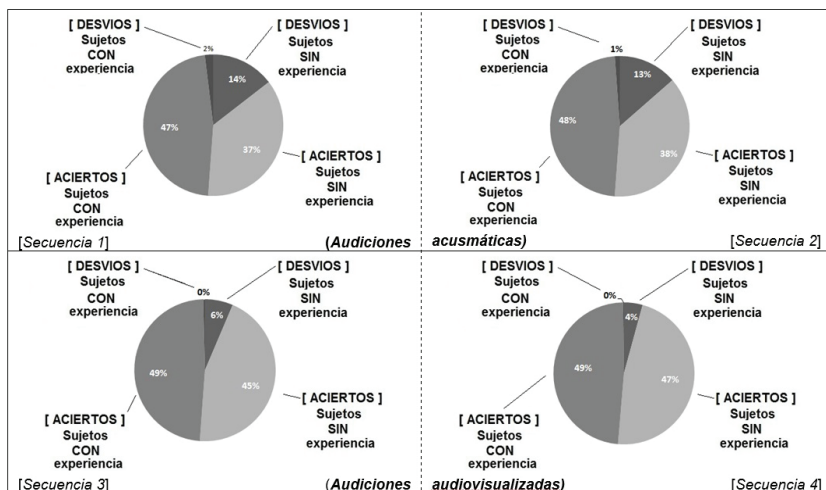


Figura 17. Los gráficos reflejan los porcentajes de aciertos y desvíos vinculados a la experiencia previa de los 43 sujetos con respecto a obras de carácter sonoro envolvente.

B - En el siguiente análisis (Fig.18) observamos los resultados sobre la influen-

cia que pudiera ejercer en cada oyente el orden en el cual fueron emitidos los 12 impulsos sonoros.

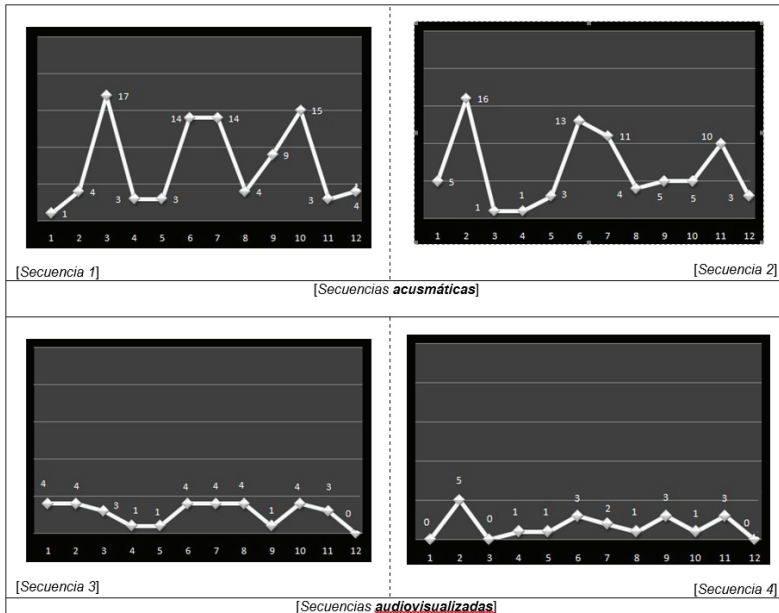


Figura 18. Aciertos y desvíos con respecto al orden de las 12 emisiones sonoras audicionadas. Para los análisis graficados fueron sumados los datos de sujetos con y sin experiencia previa.

C – En el tercer análisis (Fig. 19) observamos indicios diferenciales de localización sonora que pudiera ejercer la disposición de los altavoces (frontales LF/RF, laterales LS/RS, traseros LB/RB).

Recordemos que durante cada una de las secuencias cada altavoz reiteró sus emisiones en dos ocasiones (ver Fig. 11). Por tal motivo los gráficos que se observan a continuación (Fig. 19) están basados sobre el total de sujetos (con y sin experiencia), sumado el doble para cada altavoz, donde a su vez fueron sumadas cada dos secuencias. Los análisis entonces se calcularon sobre un total numérico de 88 y 84 valores respectivamente.

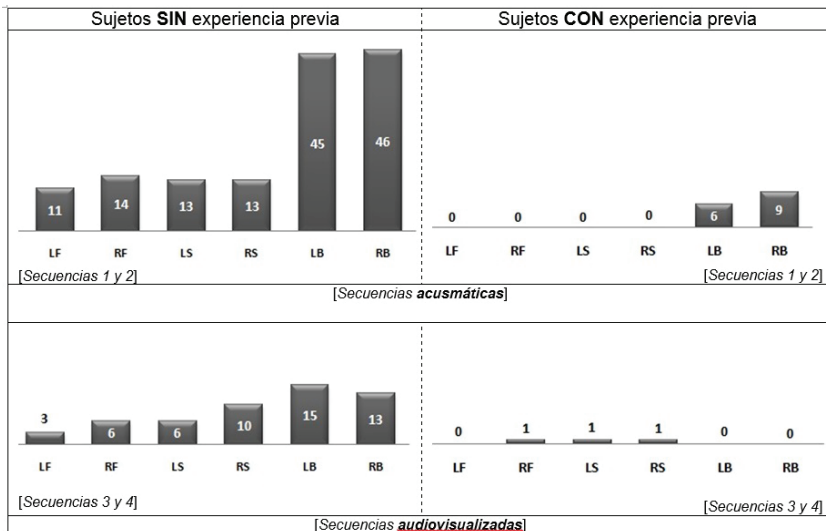


Figura 19. Se observa el número de desvíos (errores) de acuerdo a la disposición de cada altavoz.

D - En el último análisis (Fig. 20) los resultados se calcularon al medir el grado de desvío considerando la distancia que separa (1, 2 o 3) el altavoz señalado por el sujeto vs el altavoz que emitió el impulso sonoro.

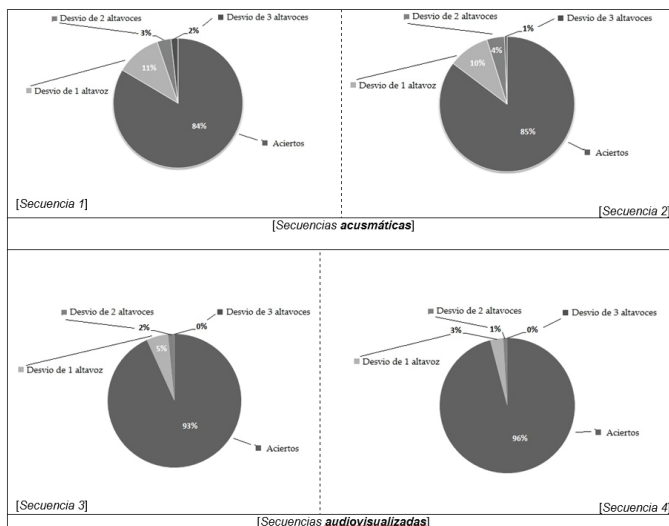


Figura 20. Porcentajes detallados de los grados de desvío. Para los análisis graficados fueron sumados los datos de sujetos con y sin experiencia previa.

## 5. Discusión

Un factor relevante en el 1ero de los análisis da cuenta del diferencial respecto de aquellos auditores que habrían participado de *experiencias previas* con obras que planteaban estrategias de difusión multicanal envolvente. De acuerdo a los resultados, esto se destaca en las secuencias audicionadas de modo acústico (Fig. 21 / Izq.), donde los grados de desvíos fueron significativamente menores en aquellos sujetos que poseían experiencias previas (2% vs 14%). Entendemos que estos indicadores confirman las ventajas que otorga la familiaridad con este tipo de obras, en coincidencia con estudios precursores en este campo (Landy, 1990; Weale y Landy, 2010).

Contrariamente, se advirtió que durante las secuencias audicionadas a través del modo audiovisual se vieron reducidos (0% vs 5%) los desvíos de aquellos sujetos que no contaban con experiencias previas. Los resultados (Fig. 22 / Derecha) reflejan que el balizamiento lumínico, en sincronía con el sonido, cumplen un factor de incidencia determinante al otorgar una ventaja perceptual en aquellos sujetos no experimentados.



Figura 21. Análisis de aciertos y desvíos según los sujetos tuvieron o no experiencia previa. Para ambos análisis gráficos fueron sumados los datos de secuencias 1-2 y 3-4 respectivamente.

En el 2do de los análisis (Fig. 22) los resultados midieron el grado de influencia que pudiera ejercer el *orden* en el cual fueron emitidos los impulsos sonoros sobre la precisión de los sujetos para localizar la emisión de los altavoces. Las hipótesis que motivaron este último análisis partieron de dos enfoques antagónicos:

- Considerar los grados de desvíos vinculándolos con alguna probable fatiga auditiva/visual producida durante la audición de cada secuencia afectando de este modo el reconocimiento de localización entre las 1eras a las últimas emisiones.
- O bien, considerar también lo opuesto, es decir, que resulte una creciente precisión en la identificación de las emisiones causado por un aprendizaje.



je y entrenamiento en la operación del hardware (Fig. 5) como también respecto a una familiaridad creciente con la experiencia audiovisual del experimento.

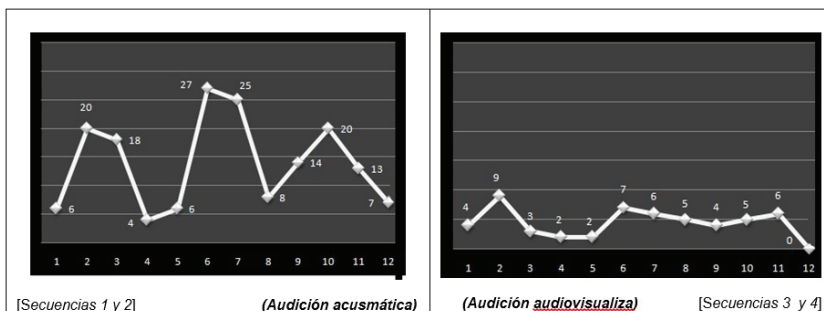


Figura 22. Análisis de desvíos teniendo en cuenta el orden de la secuencia en el que se emitieron los impulsos sonoros. Para ambos análisis graficados fueron sumados los datos de sujetos con y sin experiencia previa.

De acuerdo a los resultados podemos constatar que no hallamos evidencias respecto a algún patrón que vincule nuestras dos hipótesis respecto al *orden de las emisiones* sonoras con la capacidad de los sujetos para localizar las trayectorias. Se destaca una notoria diferenciación en la irregularidad producida durante la experiencia acústica vs la audiovisual. Consideremos que nuestras hipótesis podrían reflejar mayores indicios con experiencias producidas mediante secuencias elaboradas de mayor extensión, a diferencia de las acotadas 12 emisiones sonoras con las que fueron diseñadas las trayectorias de espacialización aplicadas en este estudio.

En un tercer análisis (Fig. 23) se observa cómo la *ubicación* posterior de los altavoces LB, RB (Left – Righth/Back) plantearon a los oyentes un mayor grado de dificultad para poder localizar correctamente las fuentes sonoras de estos altavoces.

Estos resultados presentaron cambios significativos cuando fueron incorporadas las luces que integran el modo audiovisualizado de la experiencia, reduciendo en gran medida los márgenes de desvíos, incluso en los altavoces traseros. Así mismo resulta evidente la efectividad que los sujetos alcanzaron para localizar los restantes emisores sonoros y lumínicos ubicados al frente o a los laterales, tanto en el modo acústico como en el audiovisualizado. De acuerdo a lo comentado por algunos de los sujetos, el grado de penumbra de la sala en la cual se realizó el experimento colaboró para que la intensidad lumínica de los emisores traseros (LB, RB) posibilitara que el auditor vincule los altavoces traseros balizados por el reflejo que estas luces emitían sobre paredes y techo.

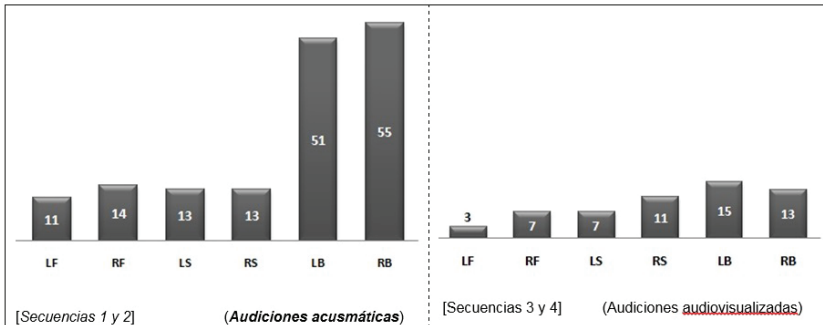


Figura 23. Se observa el número de desvíos de acuerdo a la disposición de cada altavoz. Para ambos análisis gráficos fueron sumados los datos de sujetos con y sin experiencia previa.

En el 4to y último análisis (Fig. 24) los resultados refieren a los grados de desvío.

Podemos advertir que el mayor porcentaje de desvío resulta ser de un altavoz de distancia. Consideramos que esto es dado por la proximidad del altavoz señalado (y percibido por el oyente) y el altavoz emisor. Así mismo no se evidenciaron grandes diferencias en la experiencia acústica vs la audiovisualizada. En este sentido, nuevos experimentos en donde se apliquen cambios en el radio de la circunferencia sobre el cual son ubicados los altavoces, podrían alterar significativamente esta variable de desviación.

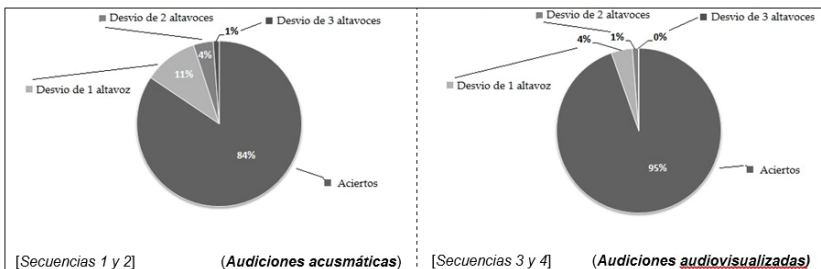


Figura 24. Análisis según los grados de desvío para las secuencias 1-2 y 3-4 respectivamente. Para ambos análisis gráficos fueron sumados los datos de sujetos con y sin experiencia previa.

## 6. Conclusiones

De acuerdo a este estudio experimental se desprende que mediante el balizamiento audiovisual como el que aquí exploramos se estarán otorgando mayores

ventajas perceptuales a aquellos sujetos que no posean antecedentes en relación a experiencias de espacialización envolvente. De este modo se facilitará a un público auditor más heterogéneo la posibilidad de distinguir, y en el mejor de los casos interpretar, los planteos de aquellas producciones sonoras que posean estrategias con trayectorias envolventes.

Somos consientes que este estudio nos permitió obtener una acotada aproximación respecto a los que podríamos experimentar durante la audición de una producción musical con características envolventes, ya que las mismas poseen mayores niveles de complejidad, como es el caso de la audición simultánea emitida por diferentes altavoces, fuentes sonoras de extensa variedad tímbrica/espectral, extremos rangos dinámicos, duracionales, y combinaciones temporales en las trayectorias envolventes, entre muchas otras variables sonoras.

Cabría considerar para futuros trabajos experimentales modificar y combinar simultáneamente las variables que fueron aplicadas en este estudio. Estos cambios en los materiales podrían abrir nuevos resultados y por ende, innovadores campos de exploración.

## **Notas**

1. El planteo de permutaciones simétricas al que nos referimos está basado en pautas de combinación serial (inversión, retrogradación, etc.) aplicadas en las trayectorias de espacialización envolvente.
2. Referencia de los altavoces: LF-RF, (Left-Rigth/Front); LS-RS (Left-Rigth/Side); LB-RB (Left-Rigth/Back).
3. Podemos notar que en todas las secuencias los altavoces LS, RS (Left-Rigth/Side) responden siempre a la regla de permutación simétrica de modo horizontal.
4. El motivo de elaborar en modo retrogrado la 3er y 4ta secuencia consiste en preservar similar grado de complejidad en todas las trayectorias envolventes experimentadas tanto de un modo acusmático o audiovisual y, como fue comentado, evitar además que los sujetos memoricen las secuencias de espacialización sonora.
5. Existe evidencia (Roffler y Butter, 1968) que a mayor ancho de banda la determinación de la localización de la fuente emisora aumenta, mientras que es más dificultoso hacerlo cuando se utilizan tonos puros.
6. Experiencias previas (Ascholoff, 1963, citado por Harima, Suzuki y Sone, 1993) han demostrado que cuando se simulan movimientos envolventes de una fuente sonora a altas velocidades de rotación, nuestra percepción auditiva comienza a percibir las solo a la derecha e izquierda hasta alcanzar extremos de velocidad que provocan una audición focalizada en el centro de la cabeza.
7. El criterio adoptado para asignar este nivel de dB se basó en relación a la distancia (altavoz-sujeto) descrita a continuación (ver ítem “Radio de la circunferencia”).

8. Para considerar la distancia de los sujetos con respecto a cada altavoz, se tomó en cuenta la reverberación que posee la sala. Para tal fin se buscó alcanzar la mayor distancia posible –sujeto/altavoz- para percibir separados entre sí a los emisores, mientras se preservara el sonido directo antes que el reverberante (Brown, Stecker y Tollin, 2015).
9. Se preservó el plano horizontal al focalizar los altavoces con respecto a los sujetos para evitar la incidencia que ejerce sobre la audición el ángulo de elevación de los emisores sonoros (Damaske y Wagener, 1969 citado por Cetta, 2007, p. 38).
10. El software -Open source- utilizado fue PD (Pure Data - extended) versión 0.43.4.
11. En el Subpath (Fig. 14) de la Tabla de desvíos observamos que el objeto “select” contiene 6 números, los cuales corresponden a la siguiente equivalencia de valores decimales en caracteres ASCII: 107 = k, 97 = a, 106 = j, 186 = , 100 = d, y 161 = i.
12. Referencias de cada test: 1.4 = Acusmático-A; 2.4 = Acusmático-B; 3.4 = PIPA-A; 4.4 = PIPA-B. Para más detalles de cada una de las siglas del test aplicado, ver Fig. 11.

## Referencias bibliográficas

- Bahrick, L. E. (1987) Infants’ intermodal perception of two levels of temporal structure in natural events. *Infant Behavior and Development*, Núm. 10. USA: pp. 387–416.
- Bahrick, L. E. y Lickliter, R. (2000) Intersensory redundance guides attentional selectivity and perceptual learning in infancy. *Developmental Psychology*, Num. 2 (36) USA: pp. 190-201.
- Brown, A.D., Stecker, G.C. y Tollin, D.J.(2015) The precedence effect in sound localization. *J. Assoc. Res. Otolaryngol* 16(1): 1-28.
- Cetta, P. (2007) *Un modelo para la simulación del espacio en música*. Buenos Aires: Educa.
- Damaske, P. y Wagener, B. (1969) Investigations on directional hearing using a dummy head. *Acustica* 21, pp. 30-35.
- Harima, T., Yoiti S. y Toshio, S. (1994) Critical rotational speed for a rotating sound image. *Journal Acoustic Soc. Japan (E)* 15,3. pp. 207-209.
- Landy, L. (1990) Is more than three decades of computer music reaching the public it deserves?. In *Proceeding of the 1990 International Computer Music Conference*. Glasgow. Pp. 369-372.
- Lewkowicz, D. J. (1992) Infants’ responsiveness to the auditory and visual attributes of a sounding/moving stimulus. *Perception & Psychophysics*, 52, pp. 519-528.

- Luna, F. E. (2015) Una plataforma de reproducción de obras acusmáticas y su exploración transmodal. *Actas del 12mo Encuentro de Ciencias Cognitivas de la Música. La experiencia musical: cuerpo, tiempo y sonido en el escenario de nuestra mente*. Buenos Aires: SACCoM. pp. 68-69.
- \_\_\_\_\_ (2016) Plataforma de producciones acusmáticas y su vinculación transmodal. *Epistemus. Revista de estudios en música, cognición y cultura*, 3(2), 9-29.
- Prager, J. (2012). *L'Interpretation acousmatique. Fondements artistiques et techniques de l'interpretation des oeuvres acousmatiques en concert*. [http://www.inagrm.com/sites/default/files/Interpretation-acousmatique\\_0.pdf](http://www.inagrm.com/sites/default/files/Interpretation-acousmatique_0.pdf) (última visualización 5/3/2014)
- Roffler, S. y Butler, R. (1968) Localization of tonal stimuli in the vertical plane. *J.A.S.A.* 43, 1260-1266.
- Truax, B. (1999) Composition and diffusion: space in sound in space. *Organised Sound*, 3(2), 141-146.
- Tutschku, H. (2001) *On the interpretation of multichannel electroacoustic works. On loudspeaker orchestras: some thoughts on the GRM acousmonium and BEAST, Germany*. <http://www.tutschku.com/content/interpretation.en.php?lang=en> (última visualización 12/4/2013)
- Weale, B. y Landy, L. (2010) El proyecto Intención/Recepción y su relación en el campo de la producción y en el de la educación musical. En *En el límite. Escritos sobre arte y tecnología*. Buenos Aires: CEPESA/UNLa. pp. 23-34.

## Biografía del autor

### Fabián Esteban Luna

fluna@untref.edu.ar

Compositor. Candidato a Magister en Psicología de la Música. Facultad de Bellas Artes. UNLP. Miembro de grupos de investigación en la UNTref. Profesor en programas de grado en diferentes universidades (UNTref, UADE), e instituciones en música (CSMCBA A. Piazzolla y ESEAM J. P. Esnaola). Integró la conducción académica (2003- 2013) de la carrera en Productor de Artes Electroacústicas – Instituto de Tecnología ORT. Se orientó a la música electroacústica, con obras acusmáticas y medios mixtos. Fundador (2007) de la red Poliedro, para la composición musical colaborativa mediada a través de la web. Sus piezas fueron registradas en sellos discográficos de la UNLa Vol. III, RedASLA/CMMAS Vol. II/III, Fund. Telefónica, y UNTref/CEIArtE. Es autor de Diseño de sonido para producciones audiovisuales. Estrategias aplicadas por sus realizadores y teorías afines (Edit. Club Burton, 2016).