

Doctorado en Arte Contemporáneo Latinoamericano
Facultad de Bellas Artes.
Universidad Nacional de La Plata
Director: Prof. Eduardo Russo
Propuesta de tema y plan para la Tesis doctoral
Sensación táctil y/o audio-táctil de vibraciones de baja frecuencia en música reforzada electroacústicamente.
Autor: Anzil, Sergio Iván
Director: Basso, Gustavo Jorge
Co-Director: Mastropietro, Carlos Mario

Propuesta de tema y plan de tesis

1.- Área temática de interés. Enunciado y justificación.

La estrecha relación existente entre las vías de percepción auditiva y táctil sugiere que la música amplificada puede generar sensaciones táctiles y/o audio-táctiles combinadas. Dadas ciertas condiciones, piel, huesos y demás constituyentes del cuerpo humano, reaccionan a las vibraciones de modos diversos. Frente a la casi total ausencia de investigación al respecto, el presente proyecto de investigación básica se propone explorar: a) las vías a través de las cuales puede la música amplificada generar efectivamente dichas sensaciones; b) las condiciones necesarias para que dichas vibraciones y sensaciones se produzcan; y c) los modos en los cuales vibra el cuerpo humano.

2.- Estado general de la cuestión

2.1.- Multisensorialidad audio-táctil

Durante las últimas décadas ha habido un renovado interés en el estudio de fenómenos de percepción multisensorial. Numerosos estudios prueban que zonas de la corteza cerebral que tradicionalmente se creían asociadas a un determinado sentido, hoy se saben activadas por varios [Eimer, 2004]. Estudios en humanos [Schürmann y/o, 2006] y en macacos [Kayser y/o, 2005] han probado la activación de la corteza cerebral en las mismas zonas, tanto para estímulos auditivos cuanto para táctiles. Resonancias magnéticas del cerebro de estos macacos dieron como resultado que “agregar un estímulo táctil simultáneo a un estímulo auditivo acentúa significativamente las activaciones dentro del cortex auditivo.” ... “Así también, el cortex auditivo y las regiones insulares vecinas son enervadas por fibras del núcleo vestibular, introduciendo otra señal no auditiva a esta región, que puede integrarse con la actividad vinculada al sonido (Akbarian y/o., 1994; Guldin y Grusser, 1998). Juntos, estos resultados sugieren que el cortex auditivo está involucrado en el procesamiento multisensorial de varias formas, proveyendo entonces un interesante campo de trabajo para futuras investigaciones y generando el interrogante acerca de qué puede ser considerado como el verdadero cortex auditivo.” [ibíd.]

El núcleo vestibular, asociado al sentido del tacto, suministra información que es procesada en la zona del cortex auditivo. La estrecha relación demostrada experimentalmente aparece, en este último párrafo, apoyada por la estructura física del sistema nervioso central.

La percepción alterada del tacto por el sonido conocida como la “ilusión de piel de pergamino” (parchment-skin illusion en el original) [Jousmäki y Hari, 1998; Schürmann y/o, 2004] es otro ejemplo de interferencia audiotáctil. En referencia a este fenómeno encontramos que el “sonido producido cuando tocamos superficies texturadas provee información relacionada a aquellas superficies. Ha sido recientemente demostrado que la percepción de la textura de las manos puede ser modificada simplemente manipulando el contenido de frecuencias de esos sonidos asociados al tacto.” [Guest, S. y/o, 2002].

Comparaciones entre la frecuencia percibida a través del tacto y de la audición muestran linealidad para estímulos de entre 10 y 320Hz; “esto sugiere que el mecanismo para la detección de la frecuencia es el mismo para la piel y el oído.” [Mowbray y Gebhard, 1957].

Estos estudios prueban que los sentidos de la audición y del tacto se encuentran íntimamente relacionados en lo que respecta a las zonas de nuestro cerebro que procesa la información tradicionalmente asociada a ellos. Los datos de interferencia mutua cuestionan la separación misma y obligan a abandonar aquella concepción que los definía como independientes y compartimentados.

2.2.- Las vías de la vibración - Piel

Numerosos estudios médicos y neurológicos han explorado los mecano-receptores de la piel humana y de otros mamíferos probando la sensibilidad de los diferentes mecano-receptores ante distintas frecuencias y amplitudes de vibración. La casi total ausencia de estudios que exploren la **vía aérea** de estimulación táctil hizo necesario buscar en áreas que tratan el tema de forma tangencial.

Si bien en la mayoría de las investigaciones mencionadas o por mencionar -salvo en las que se explicita lo contrario- los estímulos táctiles utilizados fueron de **contacto directo**, resulta posible suponer que las vibraciones generadas por la música sean percibidas, por lo menos en parte, a través de alguno de los mecano-receptores de la piel humana. Esto puede inferirse a partir de que las “...unidades de adaptación rápida del Tipo II de los corpúsculos de Paccini y las de adaptación lenta de las terminales de Ruffini”...son sensibles al estímulo remoto.” [Toma y Nakajima, 1995]

Una de las pocas referencias vinculadas a sensaciones audiotáctiles generadas por **vía aérea** la realiza Michael Morgan cuando expresa que “personas visualmente impedidas han descrito frecuentemente la experiencia de navegar por eco-localización, como siendo mas cercano a sentir por tacto que por sonido: un *objeto borroso* (*looming object* en el original) parecerá rozar el seno mas que ser oído aproximándose” [Morgan, 1999]. Cabe destacar que el área del rostro, junto con antebrazos y manos, es una de las zonas que mas activación de la corteza cerebral produce frente a estímulos táctiles [Wernert y Arns, 2004].

Lamentablemente, estudios sobre eco-localización han ignorado esta forma de percepción por completo [Després y/o, 2005; Ramos y Arias, 1997]. Los resultados potenciales del presente estudio, pueden aportar mayores datos y/o detalles sobre los modos de percepción de sujetos impedidos visuales que permitan mejorar el diseño de los dispositivos que dichas personas utilizan para su navegación.

El rango de frecuencias total aproximado del conjunto de los mecano-receptores de la piel según estudios centrados en los corpúsculos de Paccini, en los corpúsculos de Meissner y de los folículos pilosos para estímulos por **contacto directo**, se encuentra entre los 2-5 y los 400Hz [LaMotte y Mouncastle, 1975; Merzenich y

Harrington, 1969]. La sensación subjetiva se divide en dos rangos de cualidad diferente: a) entre los 5 y los 60Hz para la sensación de agitación (*flutter* en el original) y b) entre los 50 y los 400Hz para la sensación de vibración (*vibration* en el original) “con una rápida transición de cualidad en la zona de superposición” [ibíd.] cuando en el estímulo la frecuencia cambia de modo continuo. Aquí se reseñan también los 30 y 250Hz como las frecuencias en las que se detecta máxima respuesta. Resultados similares fueron obtenidos por Toma y Nakajima para los mecano-receptores de adaptabilidad rápida del Tipo I (op.cit.). Otros estudios extienden el umbral de altas frecuencias hasta los 600Hz [Callne y Pallis, 1966; ver también debajo Clark Synthesis].

Los mecano-receptores operan aquí también, detectando vibraciones que son transmitidas a la piel por vía indirecta. Huesos, músculos, cavidades y tejidos del cuerpo humano, vibran por resonancia generando microdesplazamientos de la piel que son detectados por sus mecano-receptores [Collins y/o, 2005]; esta sensación suele ser llamada *kinestésica* y se encuentra asociada al modo en que “la posición del cuerpo, el peso, la tensión muscular y el movimiento son percibidos” [ver Ref.Biblio.1]. A su vez, los receptores de músculos y tejidos profundos envían su propia información al cerebro.

2.3.- Las vías de la vibración – Huesos y tejidos profundos

Como en el punto anterior, múltiples investigaciones han explorado la sensación kinestésica por **contacto directo** con la fuente de vibración.

“Los humanos pueden percibir el sonido a través de dos vías diferentes: una es la transmisión del sonido a través del canal auditivo, otra es a través del cráneo. La tecnología de conductividad ósea ha sido utilizada principalmente para”... (ayudar a)...”la audición en hipoacúsicos y como herramientas de comunicación en organizaciones militares.” [Watabe y/o, 2006].

La probada incidencia de las vibraciones en el incremento de la masa muscular y ósea en ratones [Murfee y/o, 2005], ha determinado que plataformas vibrantes sean consideradas por la NASA como una posible solución parcial al problema de la pérdida de masa ósea y muscular en astronautas expuestos a la ausencia de gravedad [NASA, 2001]. Entre otros resultados, estudios similares han detectado que: a) la mano humana posee sensibilidad a la vibración entre los 8 y los 160 Hz [Morioka y Griffin, 2006], b) los huesos del cráneo humano conducen vibración recibidas por **vía aérea** en el rango experimentado de los 1000 a los 8000 Hz [Gierke y Nixon, 1959], c) la máxima sensibilidad del sistema mano-brazo está comprendida entre 12 y 16 Hz [Águila Soto, ...], d) “la resonancia del subsistema cabeza-hombros está en el intervalo de 20 a 30Hz.” [Urias, 2007] y e) puede observarse “un efecto de resonancia en la mandíbula inferior y el subsistema craneal en el intervalo de 100 a 200 Hz.” [Urias, op.cit.].

“La Norma ISO 2631 trata esencialmente de las vibraciones transmitidas al conjunto del cuerpo por la superficie de apoyo, que puede ser los pies o la pelvis. Su campo de aplicación se centra en las vibraciones transmitidas al cuerpo humano por superficies sólidas en un rango de frecuencias entre 1 Hz a 80 Hz, para vibraciones periódicas, aleatorias, o no periódicas de espectro de frecuencia continuo.” [Águila Soto, op.cit.]

Varias empresas ofrecen a la venta *transductores táctiles*; dispositivos que transforman audio digital en vibraciones transmisibles a sillones y/o pisos a los que se los adosa. Clark Synthesis, fabricante de uno de estos productos, alega en su sitio de internet que como resultado de sus investigaciones, el “ancho de banda táctil humano abarca desde lo subsónico, 20Hz y por debajo, y lo sónico hasta los 800Hz para la mayoría de los individuos, y hasta los 2 o 3kHz para individuos impedidos auditivos.” [Clark Synthesis, ...]. La misma fuente afirma que sus productos aprovechan la conductividad ósea de las vibraciones en el rango comprendido entre los 20Hz y los 20kHz.

Los límites mencionados no parecen depender de una característica de la estructura ósea humana sino que la redacción sugiere que este está determinado por el dispositivo ofrecido. No se citan investigaciones que avalen el rango publicado.

En otro párrafo se menciona que “Estudios han mostrado que la mayoría de los individuos son muy sensibles al *sonido táctil* y pueden detectar un cambio tan pequeño como 2Hz. Esta sensibilidad se aproxima a la del oído humano la cual puede detectar cambios de 1Hz.”

De modo similar, en un experimento de diferenciación de frecuencias por contacto de la mano con un objeto vibrante sujetos con hipoacusia severa congénita, además de demostrar un mejor desempeño que aquellas con audición normal, pudieron detectar fluctuaciones azarosas de la señal estable de referencia (250Hz) menores a $1.1 \pm 0.3\text{Hz}$ ($2.3 \pm 0.1\text{Hz}$ para los sujetos oyentes) [Levänen y Hamdorf, 2001].

La coincidencia entre los datos experimentales de los estudios mencionados, y lo publicado en el texto promocional de los productos de Clark Synthesis le confieren a este último alguna credibilidad; es posible pensar que los rangos publicados por esta empresa se basen en investigaciones científicas no detectadas por quien suscribe el presente proyecto. De cualquier modo, este hecho último sugiere poca investigación en el área.

Resulta también notoria la coincidencia que puede detectarse entre los datos vertidos en párrafos anteriores y los resultados de uno de los numerosos trabajos que investigan la *vibración de cuerpo entero* (whole-body vibration). Sujetos expuestos a la vibración de dos sinusoides simultáneas de 10 y 8Hz, fueron más sensibles al estímulo que cuando se les presentaron las dos ondas de modo independiente. “La explicación probablemente puede ser encontrada en el fenómeno de batimento”... “Las señales sumadas de 8 y 10Hz se repiten cada 0.5s, i.e.: con una frecuencia de 2Hz. La sensibilidad debida a la contribución de los 2Hz combinada con el incremento de la amplitud de picos hace fácil la detección de la vibración.” [Ljunggren y/o, 2007; véase también Levänen y Hamdorf, op.cit.].

Cabe preguntarse aquí si las *frecuencias diferenciales* generadas por batimentos de frecuencias mas altas (audibles) son plausibles de ser percibidas por la vía audiotáctil. De ser así, no estaría fuera de lugar suponer que este tipo de estímulo pueda generarse a través de la música.

Dadas estas coincidencias, también resulta posible suponer una vía compartida de sensibilidad tanto para las vibraciones que impactan la piel por vía aérea, como para aquellas que alcanzan el cuerpo humano por vía sólida, provoquen o no estas (y/o aquellas) resonancias en los diferentes huesos, cavidades y/o tejidos constituyentes [ver *supra* Mowbray y Gebhard, op.cit.].

Los múltiples métodos y rangos estudiados, como así también las diferentes condiciones en las cuales se realizaron los experimentos, han determinado múltiples y diversos resultados. Se destaca que en su conjunto, estos estudios dan prueba de la incidencia de la vibración en huesos y tejidos del cuerpo humano; así también, no se han detectado estudios que exploren esta incidencia por **vía aérea** en todo el rango de frecuencias perceptibles

de modo audiotáctil, ya sean estas originadas por ondas de baja frecuencia de *primer orden*, i.e.: sinusoides de baja frecuencia, o por ondas de baja frecuencia de *segundo orden*, i.e.: *frecuencias diferenciales* originadas por la interferencia de ondas de frecuencia de rangos superiores.

2.4.- Ámbito musical, contexto social y musicológico

Las características del fenómeno social contemporáneo comúnmente conocido como “raves” han dado lugar a que algunos asistentes concurren a los mismos munidos de protectores auditivos. Estos individuos, por el mismo hecho de proteger su sistema auditivo, dan prueba de ser concientes del riesgo sanitario que acarrea asistir y aún así, lo hacen. Frente a interrogatorios directos por parte de quien suscribe, estos individuos han respondido que “la música se siente en todo el cuerpo”. Estos testimonios, además de advertir sobre los futuros problemas de salud pública a los que deberá enfrentarse el conjunto de nuestra sociedad, sugieren que las vibraciones generadas por la música son capaces de producir sensaciones táctiles o audiotáctiles.

Es notorio que algunos de estos eventos incluyan en los afiches promocionales leyendas que advierten sobre altos niveles de presión sonora tales como “120dB. Asistencia a su propio riesgo”. [ver Ref.Biblio.2]

Ésta es una de las razones por las cuales se circunscribe el presente proyecto a músicas reforzadas electroacústicamente. Si bien algunos instrumentos acústicos son capaces de producir gran presión sonora, este no es el caso de la mayoría, y aquella no alcanza los niveles que, *a priori*, parecen necesarios para los objetivos de esta investigación. También se sopesó la posibilidad de repetir el estímulo de forma consistente y exacta un sinnúmero de veces, con los beneficios que esto conlleva para la exposición de diferentes sujetos al mismo estímulo. Paralelamente, los datos de campo obtenidos serán plausibles de utilizar por otros para la elaboración de estadísticas que permitan determinar la incidencia de estos locales bailables en la salud pública en lo que a salud auditiva se refiere.

Recientemente, experiencias personales asistemáticas consistentes en la asistencia a -y recorrida de- algunos de estos locales bailables mencionados, inquisiciones directas a los asistentes a estos locales, como también percepciones personales y testimonios recogidos (como los mencionados *supra*), han suministrado indicios que se dirigen en la siguiente dirección:

- a) existe sensación táctil y/o audiotáctil efectiva;
- b) esta resulta dependiente de factores de frecuencia y amplitud de la presión acústica;
- c) músicas electroacústicamente reforzadas son capaces de generar dicha sensación;
- d) las condiciones presentes en algunos de los locales bailables referidos satisfacen las necesarias para la generación de la sensación antes mencionada;
- e) las vibraciones de baja frecuencia (y mucha amplitud) resultan más efectivas para la generación de sensación táctil;
- f) existe sensación a nivel cutáneo;
- g) la sensación a nivel cutáneo se torna mas intensa (por lo menos en la piel de antebrazos) si sobre la piel se antepone una capa de ropa liviana en contraposición a la piel desnuda (se experimentó con tejido de algodón). Una explicación *a priori* de este hecho podría encontrarse en que la ropa ofrece más resistencia al frente de onda por poseer una superficie mayor que la de los vellos de los brazos en su conjunto. Las vibraciones del tejido son transmitidas a los vellos y estos las transmiten a los sensores táctiles cutáneos.
- h) existe sensación táctil a niveles corporales más profundos como en huesos, estómago, piernas, cráneo, cavidad pulmonar y órganos internos (en este último caso, de más difícil localización). En algunos casos, sonidos de muy baja frecuencia producen lo que parecería ser atonía en la musculatura de las piernas. Varias personas han manifestado que “las piernas se les aflojan” en momentos determinados (y coincidentes) de piezas musicales. Este efecto pudo ser reproducido en condiciones de laboratorio y fue experimentado por mi persona.
- i) las condiciones necesarias fueron detectadas hasta aproximadamente unos 30-40 metros de distancia de los parlantes. Esto, vinculado con los altos niveles de presión acústica necesarios mencionados con anterioridad, se torna un problema de salud pública que ya acarrea graves pérdidas a la sociedad en su conjunto. Es un hecho comprobado que la exposición prolongada a altos niveles de presión acústica produce pérdidas de audición severas e inclusive sordera. En mi labor docente me encuentro **diariamente** con alumnos que pertenecen a la franja social que suele asistir a estos locales, y que alegan poseer un grado u otro de pérdida auditiva. Algunos de estos comprobados a través de estudios médicos.

Los puntos expuestos con inmediata anterioridad fueron experimentados en mi propio cuerpo además de por aquellos sujetos consultados; en algunos casos personas conocidas por mi, en otros, completos desconocidos. En combinación con lo expuesto en puntos anteriores es altamente probable confirmar la existencia efectiva de sensación táctil y/o audiotáctil producida a partir de variaciones de la presión acústica.

Por supuesto, y como ya fue dicho, todos estos resultados deben ser **cotejados y corroborados** con un estudio sistemático aún no realizado.

En el ámbito musicológico, el sonido es visto desde dos perspectivas diferentes; cada uno de ellos coincidente con la *dualidad onda/partícula* propuesta por la física en la década de 1930 [Penrose, 2004].

Tomando como referencia a la presión atmosférica, y desde la *perspectiva de onda*, el fenómeno vibratorio asociado al sonido es visto como perturbaciones (crecimientos y decrecimientos) **continuas e indiferenciadas** de la presión [Basso, 2001; Lyver, 2000, Puig, 1997].

Sonidos largos, o de evolución lenta, pueden servir como ejemplos paradigmáticos de este punto de vista. A modo ilustrativo, por extensión y analogía, podemos decir que el movimiento de las moléculas de aire circundante “masajean suavemente” de forma **continua** al cuerpo del sujeto receptor. Similar a una ola de mar, el aire en movimiento es analizado **en su conjunto**; como una entidad masiva, elástica e **indiferenciada**. Las técnicas de síntesis de sonido por medio de osciladores son un exponente de este punto de vista.

La *perspectiva de partícula* o *teoría de ondas de choque* toma en cuenta la característica *no dispersiva* del aire [Russell, 2001]; -determinante de la independencia entre frecuencia y velocidad de traslación- la cual permite que un conglomerado de frecuencias originadas en un mismo instante se propaguen como un *paquete de energía, fonon* o *vibrón* [ver Ref.Biblio.3] y que como tal, alcancen al sujeto perceptivo [Bertram y/o, 2005; Deines y/o, ...].

Esta característica se hace mas evidente en fenómenos vibratorios que incorporan grandes cambios de amplitud en cortos lapsos de tiempo (e.g. Sonidos pulsantes o impulsivos originados en explosiones, golpes, etc) [Long,

2003-04; Maher, 2006]. El estímulo vibratorio es visto como algo **discontinuo y diferenciado** [Bertram y/o, op.cit.; Clark Synthesis, op.cit.]. Análogamente, grupos de moléculas del aire circundante “golpean” el cuerpo del sujeto receptor de forma **discontinua y diferenciada**. A modo de ejemplo, las técnicas granulares de síntesis de sonido se han originado en este modo de observación.

En una segunda instancia, y en el caso de confirmar la existencia de sensación táctil, cotejar los resultados desde estas dos perspectivas permitirá detectar la importancia relativa de las *ondas de baja frecuencia de segundo orden* en la intensidad de la sensación táctil y/o audiotáctil percibida.

2.5.- Conclusiones y aportes posibles de la investigación propuesta

En síntesis:

a) Numerosos estudios han abordado la relación entre la percepción auditiva y táctil demostrando la estrecha relación que existe entre ambas. No hay estudios musicológicos que exploren este tema; ni en Latinoamérica ni en el resto del mundo.

b) La sensibilidad de la piel humana a las vibraciones ha sido probada en múltiples investigaciones. Muy pocas pueden hallarse que lo hayan hecho para vibraciones transmitidas por **vía aérea**, y ninguna desde un punto de vista musical;

c) Quizá tantos como los dedicados a la piel, estudios que exploran la conductividad de vibración a través de los huesos han arrojado resultados positivos para el conjunto del cuerpo humano como para segmentos del mismo. Todos (exceptuando uno) explorando la vibración por **contacto directo**.

Algunos análisis de experiencias asistemáticas personales, realizados desde la *perspectiva de partículas*, sugieren que componentes de baja frecuencia de *primer o segundo orden*, pueden incidir o determinar el grado mayor o menor de sensación táctil o audiotáctil generada en el individuo perceptivo; la *frecuencia* de estos componentes es una característica a investigar; el nivel de presión acústica necesario, es el otro.

La experiencia realizada por Merzenich y Harrington [op.cit.] sugiere que la cualidad de la sensación audiotáctil en una determinada pieza musical podría depender, por lo menos en parte, de la/s frecuencia/s de *segundo orden* presentes en dicha pieza. De corroborarse su existencia a partir de la presente investigación, los efectos audiotáctiles originados a partir de *frecuencias diferenciales*, i.e.: de *segundo orden*, podrían explicar alguna de las dimensiones del *timbre* [Basso, op.cit.; Štěpánek, 2006].

La comparación de resultados según las perspectivas de *onda* y de *partículas* puede suministrar datos cuantificables que favorezcan el control de la generación de sensaciones audiotáctiles.

La detección de sensaciones audiotáctiles generadas por la música puede abrir un campo de experimentación sumamente novedoso y completamente inexplorado tanto para la Composición, como para la Orquestación, la síntesis sonora y la Educación musical en general. Así también, puede suministrar una herramienta de análisis y una nueva perspectiva para evaluar los fenómenos de los cuales se ocupan las materias antes mencionadas.

La determinación de las condiciones necesarias para la producción de sensación táctil y/o audiotáctil permitirán determinar si es posible reducir los niveles de presión acústica en locales bailables **sin reducir la sensación “corporal” buscada por los asistentes**. Es decir que, independiente de las acciones que puedan llevarse a cabo para modificar las conductas sociales que llevan a algunos individuos a asistir a estos lugares, podrían mejorarse las condiciones de los mismos, haciéndolos espacios menos agresivos para la salud auditiva.

El análisis de los datos estadísticos referidos a rango de frecuencias/ amplitudes presentes en los locales bailables suministrarán una fuente de evaluación para determinar la incidencia de los mismos en la salud auditiva de la población.

Determinar los rangos de frecuencias/amplitudes necesarios para la generación de sensación audiotáctil o táctil en los seres humanos pueden aportar datos que permitan, entre otros: mejorar y/o diseñar dispositivos de asistencia para personas visual y/o auditivamente impedidos; hacer mas eficaces tratamientos médicos donde estén involucrados dispositivos vibrantes; rediseñar parcial o totalmente herramientas de trabajo para reducir la transmisión de las frecuencias que mayor incidencia tengan en el cuerpo humano; mejorar el diseño de dispositivos antivibratorios; determinar con mas precisión que materiales/dimensiones son los apropiados para la construcción de estructuras antivibrantes y que rangos de frecuencias deben atenuarse mas; mejorar el aislamiento acústico de un local...

Fuera de los campos ya citados, los resultados de este trabajo pueden aportar datos útiles en campos de aplicación tan dispares como Biología (cod.0200), Física Acústica (0301), Biofísica (0302), Física Médica (0308), Ingenierías Civil (1700) y Acústica (1801), Computación (1802), Ingeniería Industrial (2000), Ingeniería Mecánica (2200), Hábitat, energía y ambiente (2906), Ciencias de la Salud (3000), Medicina Dermatológica (3209), de Rehabilitación (3220), del Trabajo (3221), Otorrinolaringología (3230) y Salud Pública (3237), Pedagogía (4308), Ciencias de la Información (4600), Lingüística (4700), Teatro (4806), Diseño Audiovisual (4808) e Industrial (4811), Psicoacústica (4999) y Sociología (5000).

Por último, la Industria del Audio, con todos sus campos de aplicación (i.e.: música, cine, videojuegos, etc.), también podría hacer uso de los resultados del presente trabajo.

3.- Objetivos de la investigación.

-Explorar la capacidad de generar sensaciones táctiles y/o audiotáctiles a partir de vibraciones de baja frecuencia en músicas latinoamericanas reforzadas electroacústicamente.

-Corroborar la existencia de sensibilidad de la piel a las vibraciones recibidas por vía aérea.

-Determinar los rangos de frecuencia y los niveles de presión acústica necesarios para que dichas sensaciones se produzcan.

-Determinar la incidencia de componentes de baja frecuencia en el mayor o menor grado de generación de sensación táctil y/o audiotáctil en vibraciones audibles de media y alta frecuencia.

-Determinar los niveles de presión acústica/ rango de frecuencias presentes en locales bailables interiores y exteriores, nacionales y latinoamericanos.

4.- Hipótesis

Variaciones de la presión acústica (de características a determinar) y por ende, música reforzadas electroacústicamente, inducen en los seres humanos una respuesta sensorial táctil y/o audiotáctil detectable.

5.- Plan a desarrollar y metodología.

Dadas las características del objeto de estudio, un enfoque cuantitativo será el dominante durante el desarrollo de la investigación. Aspectos cualitativos serán tenidos en cuenta en una segunda fase.

Se desarrollarán pruebas experimentales destinadas a determinar, en primer término, la presencia de sensación táctil o audiotáctil y, en segundo término, las condiciones necesarias de presión acústica/rango de frecuencias para que estas sensaciones se produzcan.

El desarrollo de la segunda fase estará destinado a determinar, en concordancia con la oposición de las *perspectivas de onda/partícula*, la incidencia de componentes de baja frecuencia en el mayor o menor grado de generación de sensación táctil y/o audiotáctil en vibraciones audibles de media y alta frecuencia.

La metodología comprenderá las siguientes actividades:

- Confección de cuestionarios a ser respondidos por asistentes a eventos en locales nacionales y/o latinoamericanos donde haya presencia de música latinoamericana reforzada electroacústicamente. Confección de cuestionarios a ser respondidos por sujetos con hipoacusia sensorineural (o mixta) profunda. Los mismos estarán orientados a detectar alusiones (directas o indirectas; concientes o inconcientes) a sensaciones táctiles y/o audiotáctiles por medio de preguntas no conductistas elípticas. Dichos cuestionarios serán utilizados en las mismas oportunidades que se realicen las actividades de medición en locales y de entrevistas con hipoacúsicos. También se incluirán, para el caso de las encuestas a realizar a los asistentes a eventos donde haya presencia de música latinoamericana reforzada electroacústicamente, preguntas orientadas a determinar el tipo de estímulo sensorial buscado por el encuestado al asistir a dichos eventos.

- Mediciones de presión acústica/rango de frecuencias presentes en eventos musicales latinoamericanos reforzados electroacústicamente en locales abiertos y cerrados, nacionales y/o latinoamericanos, destinadas a determinar los rangos respectivos utilizados por dichas músicas (y en dichos locales). Se relevarán -según disponibilidad- 10 a 15 locales cerrados y 5 abiertos; la medición se realizará en la zona de baile que presente mayor densidad de público. Se relevarán también otras zonas a fin de determinar los niveles estadísticos generales de rango de frecuencias/presión sonora de cada local relevado. Las mediciones se realizarán utilizando un sistema de grabación portátil digital calibrado al efecto. Dichas grabaciones serán evaluadas utilizando un decibelímetro de clase II y espectrógrafos digitales. A partir de los datos obtenidos en los diferentes locales, se establecerán niveles estadísticos medios de presión sonora/rangos de frecuencias, tanto de la zona de baile como de los niveles estadísticos medios generales de cada local, con el fin de cotejarlos con los datos a obtener *a posteriori* en experiencias de laboratorio. El entrecruzamiento de los datos obtenidos en locales y los obtenidos en laboratorio debería permitir determinar la presencia o ausencia de sensación táctil y/o audiotáctil en el público asistente a dichos locales. Así también, los datos obtenidos deberán ser plausibles de un análisis tendiente a determinar la incidencia de las condiciones acústicas presentes en dichos locales nacionales y latinoamericanos en la salud pública auditiva del segmento de población bajo observación. Cabe mencionar que locales de las características citadas acogen por igual a un amplio sector de la sociedad, pertenecientes tanto a las clases sociales mas bajas como a las mas altas; en su mayoría, jóvenes y jóvenes adultos de edades entre 16 y 35 años aproximadamente.

- Realización de encuestas a los asistentes a los eventos mencionados en el punto anterior. En el caso de detectarse alusiones (directas o indirectas; concientes o inconcientes) a sensaciones táctiles y/o audiotáctiles, se interrogará sobre la individualidad o multiplicidad de características de dichas sensaciones, sobre la localización corporal de las mismas, las situaciones en las cuales son o fueron percibidas, la interpretación que hacen de las mismas, y otras, que pudieran surgir como consecuencia de las mismas entrevistas o exploraciones de campo. Se intentarán obtener no menos de 30- 45 testimonios (3 por local).

- Confección de tablas de niveles estadísticos promedio de los rangos de frecuencia/presión acústica detectados; de cada local y del conjunto de locales, a fin de a) disponer de una herramienta de análisis a partir de la cual confeccionar series de estímulos vibratorios para la realización de investigaciones en situación de laboratorio; b) en conjunto con los resultados obtenidos en laboratorio, determinar la presencia (conciente o inconciente) o ausencia de sensación táctil y/o audiotáctil en el público asistente a dichos locales; c) determinar los métodos mas efectivos para evitar o minimizar el aspecto audible de los estímulos, en sujetos auditivamente normales, en condiciones de laboratorio; d) disponer de una herramienta que permita analizar la incidencia de los mismos en la salud auditiva de la población bajo estudio; e) disponer de una herramienta que permita configurar un estado de situación respecto del cumplimiento/desvío de la legislación sobre salud auditiva en el contexto nacional/latinoamericano.

- Análisis crítico de los resultados obtenidos.

- Revisión de bibliografía afín, para determinar los métodos más efectivos para evitar o minimizar el aspecto audible de los estímulos, en sujetos auditivamente normales, en condiciones de laboratorio.

- Contactar instituciones (y/o sujetos) que nucléen a personas con hipoacusia sensorineural (o mixta) profunda con el fin de obtener sujetos de encuestas y dispuestos a someterse voluntariamente a experiencias exploratorias no invasivas de laboratorio. Aunque se intentará obtener un número mayor, se estipula un mínimo de tres (3) sujetos para la realización de las mediciones.

- Realización de entrevistas a sujetos con hipoacusia sensorineural (o mixta) profunda. Las mismas estarán orientadas a determinar si dichos sujetos, por su misma situación, manifiestan detectar sensaciones táctiles originadas en vibraciones transmitidas por vía aérea y/o sólida. En el caso de respuesta positiva, se interrogará sobre la individualidad o multiplicidad de características de dichas sensaciones, sobre la localización corporal de las mismas, las situaciones en las cuales son o fueron percibidas, la interpretación que hacen de las mismas, y otras, que pudieran surgir como consecuencia de las mismas entrevistas o exploraciones de campo.

- Obtención y pruebas de eficiencia de los dispositivos destinados a obturar el canal auditivo de los futuros sujetos/control experimentales con audición normal.
- Revisión, corrección y ajuste de contenidos.
- Redacción de informes de avance del proyecto.
- Confección de series de estímulos vibratorios que permitan determinar el rango de frecuencias/presión acústica necesarios para la generación de sensaciones audiotáctiles. La experiencia se realizará utilizando serie de estímulos sinusoidales continuos de igual duración, de amplitud y frecuencia modificables manualmente por el investigador, siguiendo las respuestas del sujeto experimental; comenzando a partir de frecuencias sub-graves y baja presión acústica. Se recorrerá el rango de frecuencias de 2Hz a 5kHz. La presión acústica se incrementará según las respuestas del sujeto experimental. Los incrementos de frecuencia se realizarán siguiendo una tasa de cambio del 0.3% de la frecuencia precedente. Esta tasa se encuentra en concordancia con la determinada en investigaciones de discriminación táctil de cambios de frecuencia por contacto directo con la mano humana [Levänen y Hamdorf, op.cit.].
- Confección de cuestionarios a responder por los sujetos expuestos a las experiencias de laboratorio, orientados a detectar, en primera instancia: a) la presencia/ausencia de sensación táctil y/o audiotáctil global (i.e.: sin distinción de la vía por la cual dichas sensaciones se producen, de la cualidad de las mismas, ni de su localización.); y, en segunda instancia: b) la localización de la sensación (i.e.: sensación localizada en la piel, en los huesos y/o tejidos y/o cavidades internas, en alguna sección particular del cuerpo, no localizada o global), y c) la caracterización cualitativa (i.e.: sensaciones de *agitación/vibración*) de la misma. Se entrecruzarán los datos de frecuencia y presión acústica a fin de confeccionar gráficos cartesianos de curvas de sensibilidad.
- Exposición de sujetos -un mínimo de tres- con hipoacusia sensorineural (o mixta) profunda y de sujetos/control -un mínimo de 4- con audición normal a las series de estímulos antes mencionados en condiciones de laboratorio con el fin de obtener los rangos de presión acústica/frecuencias necesarios para la generación de sensaciones táctiles y/o audiotáctiles globales. Se ubicará a los sujetos de pie, en el medio de un campo anecoico. A los sujeto con audición normal se les obturarán los canales auditivos a fin de proteger su sistema de daños y evitar o minimizar el aspecto audible de los estímulos. Si fuera necesario, se contempla la posibilidad de suministrarles ruido blanco continuo por medio de auriculares. Se interrogará a cada sujeto según lo expresado en el punto anterior.
- Confección de los gráficos cartesianos de curvas de sensibilidad mencionados en puntos anteriores.
- Análisis crítico y entrecruzamiento de los datos obtenidos en condiciones de laboratorio y en los relevamientos de campo (de los eventos en locales nacionales y latinoamericanos con presencia de música reforzada electroacústicamente) con el fin de determinar si la música puede generar sensación táctil o audiotáctil global en dichas situaciones y locales.
- Confección de una segunda series de estímulos vibratorios que permitan determinar la incidencia de componentes de baja frecuencia en el mayor o menor grado de generación de sensación táctil y/o audiotáctil en vibraciones audibles de media y alta frecuencia. Se contrapondrán estímulos sinusoidales continuos a estímulos sinusoidales pulsátiles discontinuos, ambos de duración, frecuencia y presión acústica igual. Se utilizarán frecuencias y presiones acústicas que se consideren “casos testigo” según la experiencia en situación de laboratorio previa.
- Exposición de sujetos -un mínimo de tres- con hipoacusia sensorineural (o mixta) profunda y de sujetos/control -un mínimo de 4- con audición normal a la segunda serie de estímulos en condiciones de laboratorio con el fin mencionado en el punto anterior. Se interrogará a los sujetos experimentales para determinar si existe algún grado de cambio en la sensación, si este cambio lo caracterizaría como cualitativo y/o cuantitativo, y en que sentido se produce este cambio (i.e.: aumento o disminución de la sensación.). La posición de los sujetos experimentales y demás variables serán mantenidas idénticas al experimento precedente.
- Confección de tablas comparativas de las respuestas a los diferentes tipos de estímulos.
- Análisis crítico de los resultados obtenidos.
- Difusión de los resultados a la comunidad científica.
- Redacción del Informe final.

Cronograma de actividades del 1º y 2º año indicando los objetivos parciales a alcanzar.

[PRIMER AÑO]

TAREA	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Confec. de cuestionarios 1	1											
Mediciones en locales/ encuestas		2	3	4	5							
Confección de tablas		2	3	4	5	6						
Análisis de resultados			3	4	5	6	7					
Revisión, corrección y ajuste de contenidos.								8				

Revisión bibliográfica							7	8	9			
Prueba de dispositivos									9	10		
Confec. de estímulos 1 (comienzo)												11
Contactar instit. y sujetos hipoacúsicos/encuestas		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Informe de avance												12

[SEGUNDO AÑO]

TAREA	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Confec. De estímulos 1 (continuación)	1											
Confec. de cuestionarios 2		2										
Experiencia de lab. 1			3	4								
Gráficos de sensibilidad					5							
Análisis de los resultados						6						
Confec. De estímulos 2							7					
Experiencia de lab. 2								8				
Confec. de tablas comp.									9			
Análisis de los resultados										10	11	
Informe final											11	12

6.- Referencias bibliográficas

- 1. Diccionario Inglés en línea. Publicación electrónica. <http://diccionario.reverso.net/ingles-definiciones/kinesthetic>
- 2. Fiestas “Avant Club”. Alsina 921. Capital Federal. Cartel publicado en la puerta de ingreso del local.
- 3. Enciclopedia electrónica en línea. <http://www.nationmaster.com/encyclopedia/%0FAcoustic-phonon>
- Aguila Soto, A. *Procedimiento de Evaluación de Riesgos Ergonómicos y Psicosociales*. Universidad de Almería. Publicación electrónica. <http://www.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/B-%20Condiciones%20f%EDsico-ambientales/6-Vibraciones.pdf>
- Akbarian, S., Grusser, O.J. Y Guldin, W.O. (1994). *Corticofugal connections between the cerebral cortex and brainstem vestibular nuclei in the macaque monkey*. J. Comp. Neurol. 339, 421-437
- Basso, G. (2001). *Análisis espectral. La Transformada de Fourier en la Música*. Editorial de la UNLP-REUN, La Plata.
- Bertram, M., Deines, E., Mitchel, F., , Mohring, J., Jegorovs, J. Y Hagen, H. (2005). *Phonon Tracing for Auralization and Visualization of Sound*. 16th IEEE Visualization (Vis 2005) p.20
- Calne, D. y Pallis, C. (1966). *Vibratory Sense: A Critical Review*. Brain. 89(4):723-46.
- Clark Synthesis. *What is Tactile Sound?*
<http://www.clarksynthesis.com/knowledgebase/WhitePages/WhatistactileSound.pdf>
- Collins, D., Refshauge, K., Todd, G. y Gandevia, C. (2005). *Cutaneous Receptors Contribute to Kinesthesia at the Index Finger, Elbow, and Knee*. J Neurophysiol 94: 1699-1706
- Deines, E., Mitchel, F., Hering-Bertram, M., Mohring, J., Jegorovs, J. Y Hagen, H. *Sound visualization using phonon tracin and FEM*. Institute for data analysis and visualization. Institute of Data Analysis and Visualization. Publicación electrónica. http://www.idav.ucdavis.edu/research/projects/sound_vis
- Després, O., Candas, V. y Dufour, A. (2005). *Auditory compensation in myopic humans: Involvement of binaural, monaural, or echo cues?* Brain Reserarch 1041. 56-65
- Eimer, M. (2004). *Multisensory Integration: How Visual Experience Shapes Spatial Perception*. Current Biology, Vol. 14, R115-R117
- Guest, S., Catmur, C., Lloyd, D., Spence, C. (2002). *Audiotactile interactions in roughness perception*. Exp. Brain Res. 146:161-171
- Jousmäki, V. y Hari, R. (1998). *Parchment-skin illusion: sound-biased touch*. Current Biology 8(6):R190
- Guldin, W.O. y Grusser, O.J. (1998). *Is there a vestibular cortex?* Trends Neurosci. 21, 254-259
- Kayser, C., Petkov, C., Augath, M. y Logothetis, N. (2005). *Integration of Touch and Sound in Auditory Cortex*. Neuron, Vol.48, 373-384.
- LaMotte, R. y Mountcastle, V. (1975) *Capacities of humans and monkeys to discriminate vibratory stimuli of different frequency and amplitude: a correlation between neural events and psychological measurements*. Journal of Neurophysiology, Vol 38, Issue 3 539-559
- Levänen, S. y Hamdorf, D. (2001). *Feeling vibrations: enhanced tactile sensitivity in congenitally deaf humans*. Neuroscience Letters 301 75-77
- Ljunggren, F., Wang, J. y Ågren, A. (2007). *Human vibration perception from single- and dual-frequency components*. Journal of Sound and Vibration 300 13-24
- Long, C. (2003-04). *Shock wave theory. Riffle Internal Ballistics, Longitudinal shock waves, and Shot Dispersion*. Publicación electrónica. www.the-long-family.com/OBT_paper.htm (versión pdf también disponible en la misma dirección).
- Lyver, D. (2000). *Principios básicos del sonido para video*. Editorial Gedisa. Barcelona.
- Maher, R. (2006). *Summary of Gun Shot Acoustics*. Publicación electrónica. www.coe.montana.edu/ee/rmaher/publications/maher_aac_0406.pdf
- Merzenich, M. y Harrington, T. (1969). *The Sense of Flutter-Vibration Evoked by Stimulation of the Hairy Skin of Primates: Comparison of Human Sensory Capacity with the Responses of Mechanoreceptive Afferents*

- Innervating the Hairy Skin of Monkeys.* Exp. Brain Res. 9, 236-260
- Morioka, M. y Griffin, M. (2006). *Magnitude-dependence of equivalent comfort contours for fore-and-aft, lateral and vertical hand-transmitted vibration.* Journal of Sound and Vibration 295 633-648
 - Morgan, M. (1999). *Sensory perception: Supernormal hearing in the blind?* Current Biology 9:R53-R54
 - Mowbray, G. y Gebhard, J. (1957). *Sensitivity of the Skin to Changes in Rate of Intermittent Mechanical Stimuli.* Science 28, Vol. 125. no. 3261, pp. 1297 - 1298
 - Murfee, W., Hammett, L., Evans, C., Xie, L., Squire, M., Rubin, C., Judex, S. y Skalak, C. (2005). *High-frequency, low-magnitude vibrations suppress the number of blood vessels per muscle fiber in mouse soleus muscle.* J Appl Physiol 98:2376-2380
 - NASA. (2001) *Good Vibrations. A new treatment under study by NASA-funded doctors could reverse bone loss experienced by astronauts in space.* http://science.nasa.gov/headlines/y2001/ast02nov_1.htm
 - Penrose, R. (2004). *The Road to Reality.* Traducción de Sanz, J. (2006). *El Camino a la realidad.* Debate, Barcelona.
 - Puig, S. (1997). *Audio digital y MIDI, Guías Monográficas.* Anaya Multimedia, Madrid
 - Ramos, O. y Arias, C. (1997). *Human Echolocation: The ECOTEST System.* Applied Acoustics. Vol. 51, No. 4, pp. 439-445
 - Russell, D. (aprox. 2001). Publicación electrónica. <http://www.kettering.edu/~drussell/demos.html>
 - Schürmann, M., Caetano, G., Hlushchuk, Y., Jousmäki, V., Hari, R. (2006). *Touch activates human auditory cortex.* NeuroImage, Vol. 30, Issue 4, 1325-1331
 - Schürmann, M., Caetano, Jousmäki, V., Hari, R. (2004). *Hands help hearing: Facilitatory audiotactile interaction at low sound-intensity levels.* The Journal of the Acoustical Society of America, Vol.115, Issue 2, 830-832
 - Štěpánek, J. (2006). *Musical Sound Timbre: Verbal Description and Dimensions.* Proc. Of the 9th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-06), Montreal, Canada, pp.121-126
 - Toma, S. y Nakajima, Y. (1995). *Response characteristics of cutaneous mechanoreceptors to vibratory stimuli in human glabrous skin.* Neuroscience Letters 195 61-63
 - Urias, C. (2007). *Vibração.* Segurança e Trabalho Online. Publicación electrónica. http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/vibracion-carlos_urias.ppt
 - Von Gierke, H. y Nixon, C. (1959). *M11. Experiments on the Bone-Conduction Threshold in a Free Sound Field.* The Journal of the Acoustical Society of America. Volume 31, No. 1, 128
 - Watabe, Y., Yui, K., Watabe, Y. y Hamada, H. *5aEA11. A study of bone conduction and its applications for audio signal transmission.* Journal of the Acoustical Society of America. Volume120, No.5, Pt. 2, 3330
 - Wernert, E. y Arns, L. (2004). *Lecture 3.1 – Human Perception (II): Olfactory, Haptics, Motor Capabilities, & Sensory Interaction* en *Introduction to Virtual Environments.* Publicación electrónica de la Universidad de Indiana. I590_VR - Lecture 3.1 - Human Perception II