

## Desarrollo de tecnología educativa para invidentes

“Fomento a la Investigación Educativa”

Martínez-Y-Cárdenas José Rodolfo,<sup>1</sup>  
Martínez Álvarez Carlos.<sup>2</sup>

CIIDIR OAXACA IPN, Calle Hornos No. 1003, 71230. Sta. Cruz Xoxocotlán, Oax.

[rodolfo\\_mc@yahoo.com](mailto:rodolfo_mc@yahoo.com), 01 (951) 5170400 ext. 82739  
Fax 01 (951) 5170400

### Resumen

En este trabajo se presentan tanto la metodología como las diferencias obtenidas en la evaluación del aprendizaje de videntes vs. invidentes después de que ambos grupos fueron sometidos a un proceso educativo básico de aprendizaje de patrones acústicos. Donde estos patrones acústicos son el resultado de la transformación de imágenes geométricas básicas a imágenes acústicas codificadas, con la finalidad de ofrecer un sistema de ayuda para los invidentes durante su navegación por escenarios complejos.

El grupo seleccionado de videntes se caracterizó por tener una experiencia musical, queriendo decir con esto que pueden ejecutar o ejecutaron algún instrumento musical en alguna etapa de su vida. Su entrenamiento consistió en cinco sesiones de aprendizaje con los patrones acústicos, en donde en las tres primeras sesiones el invidente sensó táctilmente el borde (silueta) de un elemento geométrico que estaba plasmado en forma resaltada sobre la tarjeta, formando así un total de 32 objetos, cada una de estas imágenes geométricas posee una correspondencia lineal y única con un patrón acústico además de tener un nombre. Finalmente se logró con esto la creación de conceptos de figuras geométricas acústicas, lo que equivale a la lectura de texto acústico. En forma paralela se siguió la misma metodología con invidentes y en este documento se presentan los resultados de ambos grupos.

Entre los resultados más importantes de este trabajo es que ambos grupos tienen la capacidad para decodificar los patrones acústicos, lo cual significa que se puede desarrollar la lectura del texto acústico, por otro lado se muestra la posibilidad de enviar al cerebro información correspondiente a la forma de un objeto real mediante la obtención de su silueta. Este procedimiento de enviar datos físicos a través del sonido se conoce como sonificación.

**Palabra clave:** Invidentes, prótesis acústica, patrones acústicos, sonificación.

### Metodología

Estos experimentos realizados tienen como finalidad demostrar la hipótesis de que tanto los videntes como invidentes tienen la capacidad de decodificar ciertos patrones acústicos, después de haberse sometido a un entrenamiento básico; por otro lado se obtuvieron datos veraces que nos orientan sobre la complejidad de decodificación de ciertos patrones, principalmente los relacionados con curvas.

El grupo seleccionado de videntes tenían en común el contar con una experiencia musical considerable, ya que pueden ejecutar o ejecutaron algún instrumento musical en alguna etapa de su vida. Su entrenamiento consistió en cinco sesiones de aprendizaje de los patrones acústicos, en donde en las tres primeras sesiones el invidente sensó táctilmente el borde (silueta) del patrón acústico que estaba plasmado en forma resaltada sobre tarjetas y debería de relacionarlo tanto con su

<sup>1</sup> Investigador del CIIDIR OAXACA IPN, becario COFAA del IPN.

<sup>2</sup> Investigador del CIIDIR OAXACA IPN, becario COFAA del IPN.



correspondiente nombre y con su patrón acústico. Logrando con esto la construcción de conceptos de figura geométrica acústica, lo que equivale a la lectura de texto acústico. Cabe mencionar que es algo así como aprender un nuevo idioma, tarea que no es simple.

En la cuarta sesión se les pidió a los oyentes que ya sin el uso de tarjetas escucharan los patrones acústicos y los dibujarán sobre una hoja de papel, después de esta sesión pasaron a una última sesión en donde se escogieron en forma aleatoria 8 patrones del grupo de 32, y se estimularon a los sujetos siguiendo la distribución de cuadrado latino, finalmente se les pidió a los oyentes que dibujaran los ocho patrones seleccionados y se hizo la evaluación correspondiente. Este proceso fue exactamente igual para los invidentes, excepto que en lugar de dibujar las imágenes se les pidió que describieran estas.

Los patrones acústicos están constituidos por 50 notas musicales escogidas del piano. Estos patrones tendrán la capacidad de describir acústicamente desde una línea recta hasta formas geométricas bidimensionales. Como referencia comparativa tenemos al sistema Braille, el cual como es bien sabido es utilizado por los invidentes como interfase de lectura basándose en la sensibilidad del tacto y el conocimiento profundo del código creado por Luis **Braille**<sup>3</sup> en 1825.

Se hizo la conversión del borde de la imagen a patrón acústico, a través de un programa el cual va recorriendo todos los pixels y con base a este recorrido va escribiendo las coordenadas respectivas en un archivo texto el cual será posteriormente compilado por el lenguaje Csound, ver Richard **Boulanger**<sup>4</sup>, con el objetivo de crear un archivo wav en donde ya estará inmerso el patrón acústico. Este archivo .wav fue el que finalmente se presentó al vidente.

### Diseño experimental

Dentro del campo de experimentación subjetiva la aplicación de los cuadrados latinos<sup>5</sup> se ha convertido en una herramienta estadística muy eficaz, debido a que cuando un sujeto se expone sucesivamente a un cierto número de estímulos (para este caso en particular, a estímulos acústicos), es lógico que el sujeto sea afectado tanto por el proceso surgido con anterioridad, como por el número de procesos históricos que el sujeto recibió previamente. Cuando llega un estímulo a nuestro cerebro, éste deja plasmada una huella y según haya sido la magnitud del estímulo ésta huella va a afectar a la percepción de los sonidos subsecuentes, ya sea enmascarándolos o resaltándolos.

El diseño de cuadrado Latino usado estuvo basado en el trabajo de T. M. **Little** y F. **Jackson H.**<sup>6</sup>, en donde la distribución aleatoria de los tratamientos se restringe mediante la agrupación de los mismos, tanto en columnas como en hileras (bloques). Así pues resulta posible eliminar la variabilidad del error experimental asociada con ambos efectos. Cada tratamiento ocurre el mismo número de veces (una sola vez) en cada hilera y columna.

Un Cuadrado Latino requiere al menos tantas repeticiones como tratamientos existan; por lo tanto no resulta práctico para experimentos con un gran número de

<sup>3</sup> El Sistema **Brialle**.- <http://www.nodo50.org/utlai/lucer11.htm>

<sup>4</sup> Richard **Boulanger**, “*The Csound book, Perspectives in software síntesis sound design, signal processing, and programming*”. Massachusetts Institute of Technology, 2000. Nota.- Es un lenguaje desarrollado para sintetizar música del MIT Media Laboratories.

<sup>5</sup> J. Denes, “*Latin Squares and their applications*”, Academic Press.

<sup>6</sup> Thomas M. Little y F. Jackson Hills.- “*Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*”, Editorial Trillas, 2002.



tratamientos. Los Cuadrados Latinos más comúnmente utilizados son aquellos que tienen entre cuatro y ocho tratamientos, con una sola unidad experimental por tratamiento en cada columna e hilera.

Las pruebas de la percepción de los patrones acústicos caen dentro del área de la acústica subjetiva. Por ejemplo, supongamos que un sujeto a sido expuesto a diferentes patrones acústicos, primeramente fue expuesto a un estímulo de patrón acústico de rectángulo y posteriormente es estimulado por el patrón acústico de círculo, el efecto del estímulo del patrón acústico de círculo en el sujeto puede verse afectado por el primero (el del estímulo del patrón acústico del rectángulo) y si los invirtiéramos tal vez el efecto sería diferente.

### Resultados Experimentales

Como se mencionó anteriormente se seleccionaron del universo de los 32 patrones una muestra aleatoria de 8 patrones los cuales son representativos del universo en cuestión. En la Tabla 1 se presentan estos patrones.

Tabla 1.- Muestra aleatoria formada por los 8 patrones

Nombre del patrón acústico	Representación de la Figura
Vertical izquierda y horizontal alta.	
Círculo	
Vertical izquierda, horizontal arriba y vertical derecha	
Línea Vertical	
Cubo	
Vertical izquierda y horizontal baja	
Horizontal Baja	
Línea descendente y ascendente	

Los sujetos fueron sometidos a varias sesiones de entrenamiento, cada sesión se lleva aproximadamente 45 minutos, durante cinco días. Es importante comentar que



la selección de las personas ha sido un punto crucial en la parte de aprendizaje y evaluación, ya que la condición de que hayan tenido una formación musical ha complicado las cosas, además de que estén dispuestas y comprometidas a seguir un plan de entrenamiento. A continuación se presentan los resultados de los dos grupos de ocho personas, ocho videntes y ocho invidentes.

Siguiendo los principios de la estadística descriptiva la cual sugiere que es mejor una gráfica que un grupo de datos; con base en esto se tiene la siguiente Figura 1, la cual es una descripción de los datos. Aquí se observa y se concluye muy claramente que una de las figuras más difícil de identificar es el círculo. Con estos primeros resultados experimentales podemos concluir que subjetivamente son difíciles de decodificar los patrones acústicos los cuales representen curvas. Por otro lado se observa que el patrón ascendente y descendente al mismo tiempo es difícil de decodificar por los invidentes; las causas pueden ser muchas y tratar de explicarlas caeríamos en la tentación de lucubrar mentalmente. Es aquí donde es pertinente utilizar las técnicas estadísticas para ver si existe una diferencia significativa entre ambos grupos.

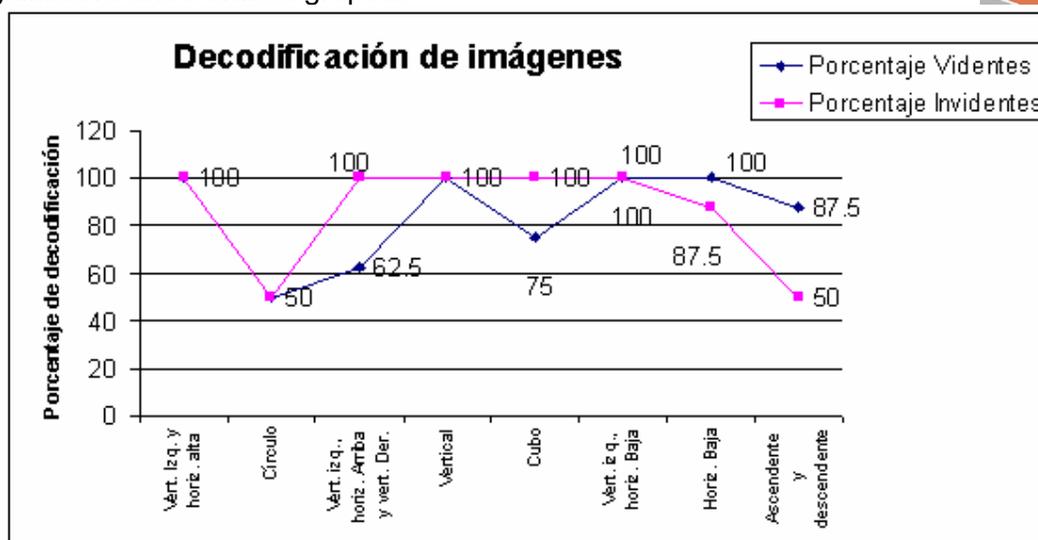


Figura 1.- Gráfica de barras de los patrones acústicos vs. Porcentaje de aprendizaje. Con base a los datos representados en la Figura 1, se procedió a calcular la *t student* de donde se concluye que **no** existe una diferencia significativa entre los grupos en lo que respecta a la decodificación de patrones acústicos después de haber llevado un proceso de construcción de conocimiento adecuado y pertinente a su inexperiencia con respecto a este nuevo sistema.

### Conclusiones

El avance hasta aquí presentado está sustentado con sujetos con visión normal y con experiencia musical vs. invidentes, demostrándose que ambos tienen la misma capacidad de ir construyendo su propio conocimiento ante un sistema totalmente desconocido el cual le permite recrear en su mente la imagen geométrica correspondiente a partir de un patrón acústico.

El siguiente paso es que a partir de este constructo lograr en el futuro hacer más estrecho el puente que existe aun entre estas imágenes geométricas básicas y las imágenes reales de nuestro mundo circundante. Con el objetivo de brindarles a los invidentes una prótesis que permita hacerles saber que forma posee la silueta del

cuerpo que se encuentra frente a ellos mediante un nuevo lenguaje acústico que aquí lo mencionamos como patrón acústico.

## "Fomento a la Investigación Educativa"

### Bibliografía

1. José Rodolfo Martínez y Cárdenas; Carlos Martínez Álvarez. *"El concepto de earcon como una posibilidad para el desarrollo de texto Acústico"*, 10º. Congreso Internacional Mexicano de Acústica. Puebla de los Ángeles, Pue., Del 26 al 28 de Noviembre 2003.
2. **José Rodolfo Martínez y Cárdenas; Rolando Menchaca García. "El concepto de sonificación, el contorno de los objetos, la aculogía su lectura como texto acústico"**, 11º. Congreso Internacional Mexicano de Acústica. Morelia, Michoacán, México, Del 6 al 8 de Octubre 2005.
3. **José Rodolfo Martínez y Cárdenas; Rolando Menchaca García; Virginia Berrón Lara. " Planteamiento de los patrones acústicos utilizados como un primer código de sonificación para invidentes y su análisis de varianza utilizando cuadrados latinos"**, 12º. Congreso Internacional Mexicano de Acústica. Sta. Cruz, Tlaxcala, México, Del 26-28 de Octubre 2005.
4. **Rodolfo Martínez y Sergio Beristain, "La percepción sensorial auditiva vista desde el punto de vista de la reversibilidad del mapeado de la imagen del mundo"**, First Pan-American Meeting on Acoustics, 2-6 Dec., Cancún, México, 2002.

