



Astro-acústica para no videntes

J. Retondo¹, G. Londonio¹, L. Medina¹ & R. Girola¹

¹ *Artes Electrónicas, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires, Argentina*

Contacto / rafaeldgirola@yahoo.com.ar

Resumen / Este proyecto tiene por objetivo ofrecer a personas no videntes o con capacidades visuales disminuidas, la oportunidad de experimentar el cielo nocturno y sus cuerpos celestes a través del sonido. Para ello se utilizaron datos astronómicos de las veinticinco estrellas más brillantes observadas desde la Tierra, los cuales fueron modelizados con parámetros sonoros mediante síntesis y procesamiento de sonidos: las frecuencias con las magnitudes aparentes y la reverberación con las distancias estelares.

Abstract / The purpose of this project is to offer blind and visually impaired people the opportunity to experience the night sky and its celestial bodies through sound. To do so, astronomical data were used of the twenty-five brightest stars observed from Earth and modelled with sound parameters by synthesis and sound processing: frequencies with apparent magnitudes and reverberations with stellar distances.

Keywords / methods: miscellaneous — stars: fundamental parameters

1. Introducción

La Astronomía es una ciencia de carácter observacional. Es por ello que usualmente se asume que es imprescindible que tanto la comunidad científica como el público general dispongan de una correcta visión, excluyendo a personas con capacidades visuales disminuidas. Estas personas estarían limitadas por la falta de herramientas específicamente desarrolladas.

Para poder superar esta limitación, aquí presentamos una propuesta que hace posible transmitir un dado paisaje celeste mediante la modelización sonora de ciertos parámetros estelares.

Los efectos de sonido que se pueden usar en la traducción de las características generales de las estrellas son el *eco*, la *reverberación* y el *timbre*. La *reverberación* es un fenómeno sonoro producido por la reflexión y que consiste en una ligera permanencia del sonido una vez que la fuente original ha dejado de emitirlo. Cuando el sonido reflejado es inteligible por el ser humano como un segundo sonido, se denomina *eco*, pero cuando es percibido como una adición, modificando el sonido original, se denomina *reverberación* (Miyara, 2004).

Respecto al *timbre*, este no puede analizarse desde un único plano, ya que no tiene necesariamente relación con la fuente sonora sino que es una propiedad de todos los sonidos. Dado que el *timbre* es el resultado de una percepción compleja que surge de la unión de varios planos espacio-temporales (e. g., la envolvente, la sonoridad, la duración, las formantes del sonido y el comportamiento en el tiempo de estas últimas, Miyara, 2004), no es posible considerarlo para nuestra propuesta.

Teniendo esto en cuenta, los parámetros estelares que proponemos interpretar acústicamente son la magnitud aparente, la distancia y la posición respecto al Sol. La magnitud aparente puede ser interpretada como una frecuencia fundamental del sonido, mientras que la dis-

tancia y posición se pueden interpretar a través de porcentajes del efecto de *reverberación*. El objetivo es generar una instalación inmersiva donde los sonidos (equivalentes a la magnitud y distancia de las estrellas) provengan de puntos específicos, siendo equivalentes a las posiciones de las estrellas en el cielo. Esta experiencia incluye el uso de altoparlantes para poder direccionar espacialmente las posiciones de las estrellas (respecto de una posición dada) y los respectivos brillos mediante variaciones de frecuencias sonoras (similares al efecto Doppler).

A continuación resumimos los lineamientos generales de nuestra propuesta. En la sección 2. describimos en detalle los aspectos metodológicos, así como también las modelizaciones realizadas. En la sección 3. comentamos las primeras experiencias realizadas. Finalmente presentamos las primeras conclusiones y perspectivas para mejorar el proyecto en la sección 4..

2. Sonorización de parámetros estelares

Para este trabajo se consideraron las 25 estrellas más brillantes del cielo (excluyendo al Sol). La información sobre su distancia, magnitud (aparente y absoluta) y tipo espectral fueron extraídos de Dolan (1989) y se muestran en la Tabla 1, con el fin de generar sonidos de acuerdo a sus características físicas más importantes. Sobre esta población de estrellas realizamos diferentes procesos de normalización de acuerdo a las relaciones presentadas en (Schaeffer, 2008).

En primer lugar normalizamos las distancias a las estrellas a valores entre 0 y 100. Luego se realizó la conversión de todos los valores de la magnitud aparente (A) en números positivos (C) usando la relación:

$$C = A \cdot 100 + B \quad (1)$$

seleccionando un valor de B para que el resultado sea

positivo. De esta forma podemos usar el valor C para establecer una relación directa entre el menor de los valores obtenidos y la frecuencia audible más baja que podemos usar en nuestro proyecto (45 Hz):

$$D = C \cdot 45, \quad (2)$$

donde ahora C representa los valores positivos de la magnitud aparente y D los valores finales de la frecuencia a sintetizar. Si además implementamos el efecto de *reverberación*:

$$F = (E \cdot 100)/1500, \quad (3)$$

siendo E la distancia en años-luz, donde $E=1500$ representa el máximo valor correspondiente a la estrella α Cyg, y 100 su valor máximo de distancia normalizado.

Este proceso se realizó de forma sucesiva para el resto de los datos. En la últimas dos columnas de la Tabla 1 se muestran la conversión de datos con las frecuencias sonoras y el volumen de *reverberación* resultante para cada estrella. Se observa que la frecuencia va disminuyendo a mayor magnitud aparente (menor brillo aparente), con una disminución más lineal para magnitudes $m > -0.5$ mag.

Adicionalmente, se aplicaron procesos individuales a cada sonido con el fin de representar propiedades físicas de cada estrella (como las configuraciones binarias o la existencia de vientos estelares) con el objetivo de complementar la información de las mismas con un contexto sonoro específico. A continuación mostramos algunos ejemplos:

- *Capella*: sistema cuádruple formado por Capella A y B, dos estrellas gigantes amarillas, mientras que C y D son de menor tamaño. Por ello se les asignó una frecuencia fundamental y 3 armónicos, con un timbre adicional.
- *Shaula*: estrella azul múltiple de tres componentes y de tipo variable pulsante. Se les asignó una frecuencia fundamental y dos armónicos, con espectro sonoro variable.
- *Acrux*: estrella doble separada por 4". Se le asignó una frecuencia fundamental y una adicional.
- *Spica*: sistema binario de componentes muy próximas entre sí. Se le asignó un armónico parcial. Como presenta intensos vientos estelares emitidos por ambas estrellas, se le adicionó un ruido. Debido también a su metalicidad, se le agregó un *flanger* o "ruido metálico".

3. Experiencia inmersiva

Como ya mencionamos en la Sección 1., proponemos la creación de una experiencia inmersiva en la que realizamos la simulación acústica de las estrellas presentadas en la Tabla 1 mediante la parametrización sonora de sus propiedades físicas. Pero, además, esto requiere el montaje de una instalación específica, la que incluye una sala oscura con sillones personalizados para cada asistente y altoparlantes direccionables. Para seleccionar y regular los sonidos de cada una de las estrellas usamos el controlador *Launchpad* que se muestra en la Fig. 1.



Figura 1: Captura de pantalla del controlador *Launchpad* empleado en las experiencias. En la parte superior se aprecia el listado de las estrellas de trabajo y los diferentes comandos que permiten seleccionarla; en la parte central se encuentran los comandos para seleccionar las frecuencias fundamentales para cada una y sus armónicos; mientras que en la parte inferior se regulan los parámetros de reverberación para simular las distancias.

Adicionalmente, la experiencia incluye una parte cultural, en la que se introduce el significado de las estrellas en diferentes culturas.

Antes de probar nuestra propuesta de experiencia inmersiva con personas con discapacidad visual, primero hemos hecho algunos ensayos con la ayuda del público general. Para ayudarles a vivenciar la descripción de cómo el no vidente construye el cielo acústicamente, se dispusieron de mascarillas de obstrucción visual. Los ensayos se realizaron en el espacio áulico de Física en la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF), y en el "Parque Cielos del Sur" (Chivilcoy, Prov. de Bs.As.), éste último durante las Jornadas de Enseñanza y Divulgación de la Astronomía. En ambas experiencias los participantes (tanto alumnos como asistentes a las Jornadas) simulaban diferentes grados de dificultades visuales mediante mascarillas y pudieron percibir distintas frecuencias y matices de sonidos, visualizando desde esta nueva perspectiva el paisaje celeste.

Los ensayos nos han demostrado que resulta difícil recrear la experiencia de observar el cielo nocturno literalmente sin el uso de la imagen. Sin embargo, al hacerlo de manera interpretativa es posible sumar información acerca de cada astro que de otra forma no se encontraría. Por ello, el recurso sonoro enriqueció la forma de percibir ciertas características de las estrellas por parte de los participantes que realizaron las primeras experiencias. De este modo, nuestro proyecto está planeado a futuro con la idea de ser montado en una instalación holofónica, donde los sonidos correspondientes a cada cuerpo celeste provengan de la ubicación precisa donde el mismo se encontrara en el firmamento.

Tabla 1: Lista de las 25 estrellas más brillantes utilizadas en este trabajo (ordenadas por magnitud aparente en orden creciente). Información extraída de Dolan (1989). Las últimas dos columnas corresponden a la parametrización sonora generada en nuestro experimento.

| Desig. | Nombre | Distancia (a.l.) | Magnitud Aparente | Magnitud Absoluta | Tipo Espectral | Frecuencia (Hz) | Dry/Wet Volume |
|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| α CMa | Sirius | 8,6 | -1,46 | +1,4 | A1Vm | 13950,0 | 0,57 |
| α Car | Canopus | 74,0 | -0,72 | -2,5 | A9II | 186,0 | 4,93 |
| α Cen | Rigel Kentaurus | 4,3 | -0,27 | +4,4 | G2V+K1V | 116,3 | 0,29 |
| α Boo | Arcturus | 34,0 | -0,04 | +0,2 | K1,5IIIp | 97,6 | 2,27 |
| α Lyr | Vega | 25,0 | +0,03 | +0,6 | A0Va | 93,0 | 1,67 |
| α Aur | Capella | 41,0 | +0,08 | +0,4 | G6III+G2III | 90,0 | 2,73 |
| β Ori | Rigel | 1400,0 | +0,12 | -8,1 | B81ae | 87,7 | 93,33 |
| α CMi | Procyon | 11,4 | +0,38 | +2,6 | F5IV-V | 75,4 | 0,76 |
| α Eri | Achernar | 69,0 | +0,46 | -1,3 | B3Vnp | 72,3 | 4,60 |
| α Ori | Betelgeuse | 1400,0 | +0,50 | -7,2 | M2Iab | 70,8 | 93,33 |
| β Cen | Hadar | 320,0 | +0,61 | -4,4 | B1III | 67,1 | 21,33 |
| α Cru | Acrux | 510,0 | +0,76 | -4,6 | B0,5Iv+B1Vn | 62,6 | 34,00 |
| α Aql | Altair | 16,0 | +0,77 | +2,3 | A7Vn | 62,3 | 1,07 |
| α Tau | Aldebaran | 60,0 | +0,85 | -0,3 | K5III | 60,1 | 4,00 |
| α Sco | Antares | 520,0 | +0,96 | -5,2 | M1,5Iab | 57,4 | 34,67 |
| α Vir | Spica | 220,0 | +0,98 | -3,2 | B1V | 56,9 | 14,67 |
| β Gem | Pollux | 40,0 | +1,14 | +0,7 | K0IIIb | 53,4 | 2,67 |
| α PsA | Fomalhaut | 22,0 | +1,16 | +2,0 | A3Va | 53,0 | 1,47 |
| β Cru | Becrux | 460,0 | +1,25 | -4,7 | B0,5III | 51,3 | 30,67 |
| α Cyg | Deneb | 1500,0 | +1,25 | -7,2 | A2Ia | 51,3 | 100,00 |
| α Leo | Regulus | 69,0 | +1,35 | -0,3 | B7Vn | 49,5 | 4,60 |
| ϵ CMa | Adhara | 570,0 | +1,50 | -4,8 | B2II | 47,0 | 38,00 |
| α Gem | Castor | 49,0 | +1,57 | +0,5 | A1V+A2V | 45,9 | 3,27 |
| γ Cru | Gacrux | 120,0 | +1,63 | -1,2 | M3,5III | 45,0 | 8,00 |
| λ Sco | Shaula | 330,0 | +1,63 | -3,5 | B1,5IV | 45,0 | 22,00 |

4. Conclusiones y perspectivas de desarrollo

Hasta el momento se han sonorizado parámetros básicos de las estrellas y seleccionando un mapa estelar en concreto. Nuestro objetivo es con mostrar un cielo lo más real posible, además de introducir y poder explicar otros parámetros estelares más complejos. De este modo, en una siguiente instancia del proyecto, se utilizarán parámetros estelares tales como su masa, temperatura superficial, radio, luminosidad y movimiento propio. Para ello éstos parámetros serán descritos también con códigos que establecen rangos auditivos selectivos, pero con un parámetro a la vez. Además, para poder realizar el mapeado de una constelación completa de acuerdo al brillo de las estrellas que la componen, nuestra idea es acotar un rango de frecuencias correlacionadas con la magnitud aparente, así como también los colores (de acuerdo a su tipo espectral), asignando frecuencias específicas. Respecto al movimiento propio, se trabajará con la direccionalidad del sonido de acuerdo al efecto Doppler. La masa también será acotada en un rango de frecuencias correlacionadas con las mismas, y, finalmente, los tamaños estarán reflejadas en un conjunto de valores discretos de frecuencias.

Si queremos realmente lograr en el público no vidente, o con capacidades visuales disminuidas, una sensación auditiva lo más objetiva posible, deberíamos tener

en cuenta que la posibilidad de establecer alguna relación matemática específica, lineal como en nuestro caso, que modele de alguna forma esta percepción, es un tema controversial y todavía sin resultados concretos (ver, por ejemplo Zimmer, 2005). Además, dado que las magnitudes aparentes escalan logarítmicamente con el flujo luminoso, a través de la ecuación de Pogson, que no es más que la aplicación astronómica de la ley fisiológica de Weber-Fechner, si la diferencia en brillos no es pequeña, podría producir sensaciones auditivas relativas muy diferentes al de las sensaciones visuales. Este tema será analizado a futuro.

Agradecimientos: Los autores agradecen al árbitro anónimo por las valiosas sugerencias realizadas, las cuales enriquecieron y mejoraron la presentación de este trabajo.

Referencias

- Dolan C., 1989, *The 26 Brightest Stars DataBase*, Longman Group UK
Miyara F., 2004, *Acústica, sistemas y sonido 3a edic*, UNR Editora, Argentina
Schaeffer P., 2008, *Tratado de los objetos musicales 2a edic*, Alianza Editorial, España
Zimmer K., 2005, *Perception & Psychophysics*, 67, 569

