

Capítulo 3

T203

MÚSICA Y CEREBRO

KARL PRIBRAM

ME GUSTARÍA hablar sobre qué es un tono para que pudiéramos reconocerlo, para que pudiéramos oírlo. No obtendré una respuesta completa a la cuestión que estoy proponiendo, porque dudo de que la haya, pero tenemos una dirección en la que podemos apuntar para explorar sobre ella.

Una vez en Canadá conocí un catedrático de Psicología que era capaz de ver una página de cifras matemáticas y leerla perfectamente, hacer álgebra, sumas, fracciones, quebrados, pero no sabía leer. Tenía lo que se denomina alexia y era la más pura que jamás haya visto. Esto empieza a darnos una idea sobre cuál es el problema en relación a las funciones del cerebro.

Un sonido en concreto no es ni un símbolo ni un conjunto de cifras. Lo importante es el entorno en el que encaja. Este paciente con alexia no tenía ningún problema en leer música: tocaba el piano, la guitarra; no tenía problemas con la aritmética, matemáticas, álgebra... Una explicación muy fácil para esta cuestión es que todo el procesamiento del lenguaje musical se realiza en el hemisferio izquierdo, en el caso de los varones. Esto no se puede aplicar tanto en las mujeres, ya que éstas emplean mucho más que los hombres los dos hemisferios para el lenguaje musical.

Si hiciéramos la prueba de inyectarnos anestesia a un hemisferio y no al otro, y lo intentamos con los dos hemisferios y no a la vez, nos encontraríamos con que músicos de nivel utilizarían un hemisferio u otro, o probablemente ambos, para entender y apreciar la música.

Un tono no es un tono excepto en el contexto de la música, y podemos preguntar qué es música; si la música es distinta al lenguaje o no. N. Chomsky y yo hemos discutido durante mucho

tiempo sobre si la música es un lenguaje, y si los lenguajes del cerebro son lenguajes como series de instrucciones. Un tono es un símbolo en la música, como lo es un fonema en un lenguaje natural. Para que podamos oír un tono sugiere que quizás haya otra construcción, a parte de la simbólica, cuando comprendemos y apreciamos la música.

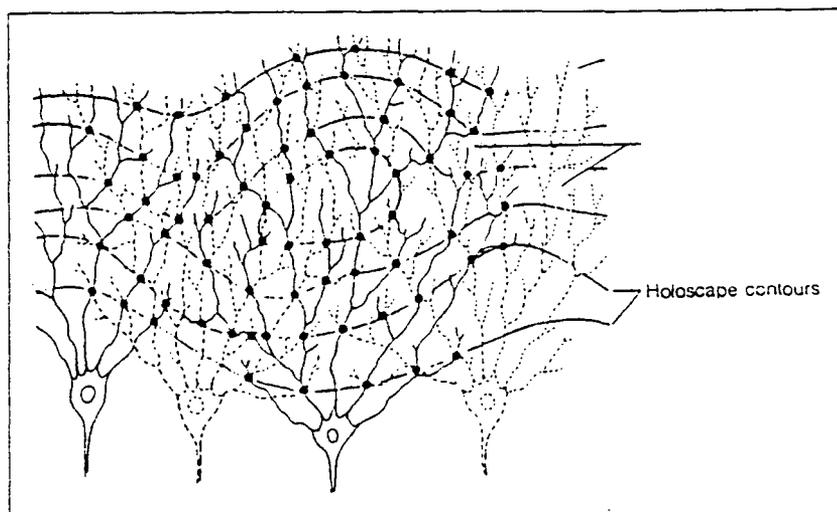
Hay una diferencia entre un mundo que se comparte en contra de la experiencia privada. Quizá la mejor manera que tenemos de compartir experiencias es a través de la Ciencia. La Ciencia nos permite compartir cosas y parte de razón de ello es que ponemos número en las cosas para reconocer qué ha hecho la otra persona, mediante un tipo de exposición que es cuantitativa o a través de cifras, por ecuaciones; estos medios de expresarnos nos permiten hacer nuestra experiencia privada compartible. Una vez en Canadá, en una época en la que acababa de salir del comportamentarismo, entré en una sala de conciertos y me estaba preguntando sobre los organismos para entender la música. Los miraba a todos y no había nada para ver. Toda esa experiencia era privada; mirando a un individuo en particular no tenía la más mínima idea de si era sordo o no; no había movimiento. Tenemos que tener un medio para pasar de la experiencia particular al compartir para poder apreciarnos los unos a los otros. Puede que uno tenga un tono maravilloso en la cabeza, pero si tiene una guitarra esa persona podrá comunicar esa tremenda melodía a través del instrumento. O podría pasarla por escrito en forma de partitura. Cuesta compartir una experiencia, así que debemos de alguna manera proyectarla hasta un mundo compartible que organiza nuestro comportamiento. Necesitamos un cerebro que nos organiza todo esto.

¿Cómo vamos a proyectar nuestra experiencia hacia el mundo? Mi manera particular de ver ésta es muy parecida a lo que ocurre en un sistema HIFI. Cuando tenemos un altavoz a cada lado, la música se proyecta hacia adelante y en medio de los dos. La sugerencia es que quizás los sistemas sensoriales del cerebro operan de una manera parecida, y de hecho los sensores operan de este modo. Perkins hizo unos experimentos preciosos en los que demostró que el sentido del tacto es muy parecido al del oído, ya que si estimulas un brazo con cinco vibradores realmente sólo sientes una sensación en un punto en concreto (en el antebrazo). Incluso si puedes arreglar las relaciones de fase entre los vibradores, puedes hacer que ese punto se vaya moviendo de arriba a abajo en el antebrazo y sólo se siente un vibrador. Si tienes dos de ellos, uno en cada brazo, tienes diez vibradores de tono cambiando las vibraciones de fase para que salte de un brazo a otro. Este es un mecanismo muy poderoso para explicar cómo nuestra experiencia puede estar operando en cuanto a formas de ondas que se relacio-

nen entre sí con relaciones armónicas. Éstas dependen de relaciones de fase.

Esto nos lleva a una hipótesis: los procesos del cerebro que organizan la experiencia y aquellos que organizan el comportamiento son distintos. Los que organizan la experiencia son armónicos, parecidos a la música, y los que organizan el comportamiento son circuitos neuronales que operan para hacer que levantemos un dedo, que tengamos miedo al director de orquesta, etc. Necesitas que los circuitos neuronales estén funcionando, del mismo modo que los que atraen la entrada del aire en el caso de un sistema de estéreo hasta el sistema de altavoces. Así que es necesario tener los circuitos, pero la experiencia y la producción de la música es algo más, es otra cosa. Tiene que ver mucho con relaciones de fase armónicas. Esto es el tipo de proceso que está ocurriendo en el cerebro tiene que ver con las sinopsis y las dendritas, y no tanto con los axiones que terminan en sus propios circuitos. Aquí tenemos lo que yo llamo un oloscape, que opera en la red sináptica-dendrítica. (figura 1)

FIGURA 1



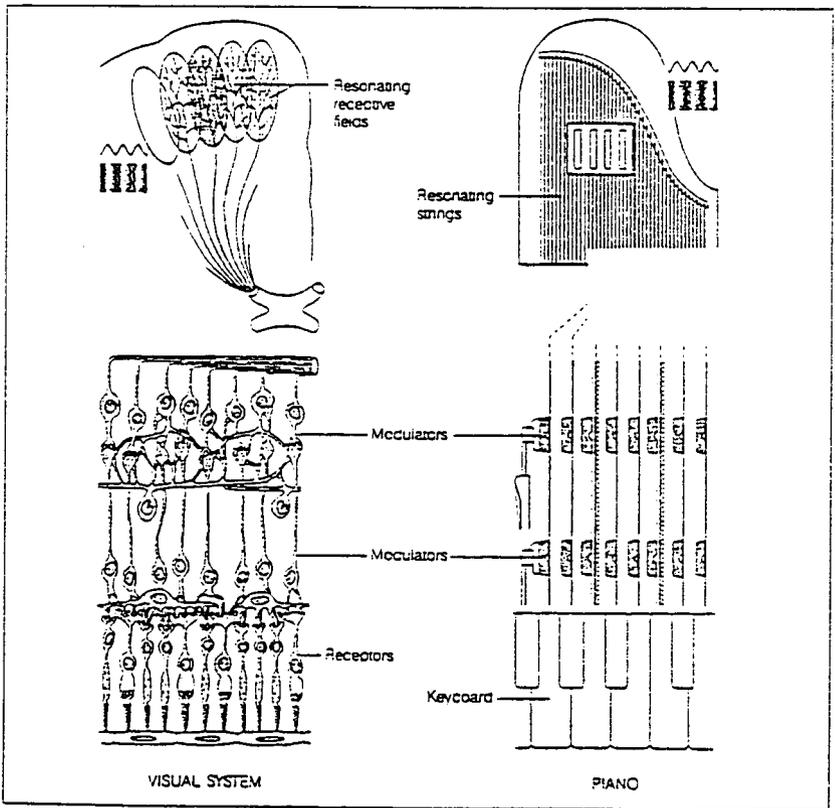
Podemos observar que los puntos que nos dan la potencia computacional de lo que está ocurriendo no son las neuronas en sí, sino las ramificaciones. Es importante si tenemos en cuenta la química de lo que está ocurriendo. Si una persona se excita por la música, estará oyendo de diferente manera que si está abu-

rrida, ya que puede que venga un surgimiento de adrenalina y ésta puede aumentar más las zonas rojas que las azules.

La segunda hipótesis sobre la que estamos trabajando es que la organización de la experiencia ocurre gracias a un procesos que es como una función Gabor. Un tono es como una función Gabor. La manera más fácil para entender ésto es pensar en la metáfora de un piano. Para ser precisos matemáticamente esto cuadra con nuestra olografía cuántica y el procesamiento de imágenes tales como hacemos con imágenes de resonancia magnética en hospitales.

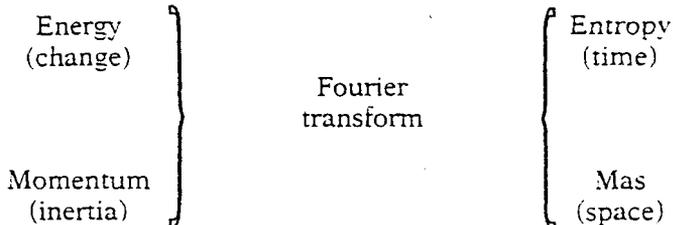
Quizá el avance más importante en nuestra comprensión sobre cómo percibimos y experimentamos las cosas es que el proceso que seguimos para percibir la forma de los objetos es muy parecido al que empleamos para apreciar la forma en la música, al oír; que la modalidad visual funciona de la misma manera que la auditiva. (figura 2)

FIGURA 2



Esto supone de una gran ayuda para entender que la modalidad auditiva es un modelo primordial parecido al sistema táctil, y podemos demostrar que también es cierto para el visual. Significa que hay una generalidad en cuanto a cómo experimentamos las cosas, la música, etc.

En el sistema visual tenemos receptores, igual que en un piano hay amortiguadores, ensordecedores, que pueden soltar o mantener apretados los pedales. Aquí tenemos todo este proceso en relación a lo que está ocurriendo en el córtex cerebral, de una manera espacial-regular. Así que si hay una parte de la retina que se estimula, ésta estimula una parte de la corteza cerebral. Hay una relación espacial-regular entre los receptores y lo que ocurre en la caja de resonancia, en las cuerdas y en esa parte de la maquinaria. La parte que más me está costando es poder hacer entender a mis colegas lo siguiente: lo que está muy claro para todo el mundo es que existe una organización espacial de cuerdas y éstas se tocan cuando aprietas una tecla en concreto. Pero lo que no se entiende tan fácil es que hay ciertas resonancias en ese conjunto de cuerdas, hay vibración de las cuerdas. Un análisis armónico es la única manera de entender esto. Lo que está ocurriendo en la caja de resonancia es una interacción entre los sonidos producidos por las cuerdas, y la pregunta es qué significa esto en el caso del córtex cerebral; cuál sería la equivalencia al tocar una cuerda y hacerla vibrar en el cerebro. La respuesta es una función Gabor, podemos describirla como tal. Pero qué es una función Gabor. La transformación Fourier es la más básica en todo esto y aquí la tenemos...



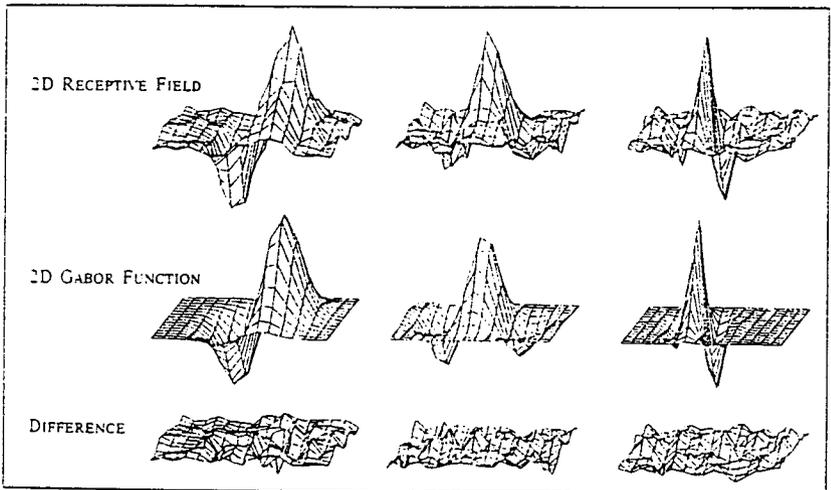
Teorema de Fourier.

Cualquier forma o patrón en cualquier modalidad sensorial es susceptible de analizarse en formas sinusoidales regulares y sus componentes y cualquier partitura se puede analizar hasta en tonos.

Debería ser el patrón. Cualquier patrón en cualquier modalidad sensorial es susceptible de analizarse hasta formas sinusoidales regulares y sus componentes, y cualquier partitura se puede analizar tono por tono. Cualquier pieza musical está compuesta por tonos, y cuando juntas éstos en un sistema ideal se podrían entender como una transformación Fourier. Cada composición de música está hecha de una curva sinusoidal muy sencilla, formas de onda de distintas frecuencias y relaciones de fase entre sí. Así es la esencia de la teoría de Fourier. Normalmente no se necesita más de siete o hasta doce sinusoidales para formar un tono muy complejo. Hay otro aspecto en todo esto que casualmente es de lo que hablaba Gabor: éste intentó meter cuanta más información pudiera en una señal que pasó a través del Atlántico. Esto era en el año 1940 y la publicación se hizo en 1946. Decía que si intentas meter demasiado apretada toda la información siempre pierdes algo. Ésto es fácil de entender: si coges la mitad de una onda sinusoidal no puedes especificar la longitud de la onda; pero si tienes un control de la longitud puedes calcular la frecuencia y puedes compactar más información en una señal de alta frecuencia. Pero hay un límite en todo esto: si coges una función delta perderás toda la información sobre la frecuencia.

El campo dendrítico de una neurona en particular podemos sacar un muestreo viendo cuál es la salida de esta neurona con respecto a una entrada del sistema, y lo estimulamos pasando a través de la retina y cuando esa célula responde aumentando su ratio de disparos, entonces hacemos una marca. (figura 3)

FIGURA 3



En nuestro propio trabajo hemos vuelto al sistema sensorial y en esencia hemos mostrado el mismo tipo de resultados: si cogemos una serie de impulsos del nervio y la grabamos, estos tienen aspecto de funciones Gabor; si coges cualquier sinusoidal de este tipo y lo circunscribes como una función Gabor, ésta es sencillamente una restricción sobre la transformación Fourier. El hecho de que la transformación Fourier vaya al infinito en realidad no funciona, porque las infinidades no están dentro de nuestros cerebros. Cada campo receptivo tiene sus construcciones temporales y espaciales.

Con respecto a qué es un tono uno de los mayores problemas con que nos encontramos, especialmente cuando los juntas en grupos de tonos, es saber la dirección hacia la que está apuntando el tono. Sencillamente sabes cuándo en una composición de música el tono apunta hacia una dirección en particular, que más o menos esperas, en contra de otra que no esperabas.

Algo de esto es tu propia experiencia con los tonos, pero no por completo; hay algunas cosas que hacemos que son disonantes. No tienes por qué esperar el siguiente tono para poder saber que ésta te va a llevar a una disonancia. Este es el problema que surge aquí. Me parece a mí que si tienes una función Gabor, que es una densidad espectral pura, que te da un mapa espectral perfecto, un mapa armónico, los tonos individuales tienen dirección porque se están produciendo dentro de ciertas dimensiones. El problema es el contexto. El tono no es un tono a menos que esté en el contexto apropiado, y una vez que está dentro del mismo toda la experiencia musical que trae al tono, no sólo la cultural sino también la biológica, determina qué es el tono. Parte de su determinación, entonces, puede pensarse como una especie de vector. Los vectores direccionales que producen el tono y que están implícitos en el tono. Así que a la pregunta qué es un tono, la mejor respuesta es qué es una función de Gabor. Es interesante que la primera persona que dijo esto fue Gabor mismo, y ya lo tenía apuntado en su libreta de Psicología como una buena posibilidad para explicar las dificultades que critica en un libro sobre acústica, en su manual del año 50. Estamos casi en el año dos mil y es de esperar que para entonces todo el mundo acepte el hecho de que el cerebro funciona más al estilo de la música de lo que nadie ha sido capaz de imaginar.

Pregunta: ¿Se puede decir que existe un cerebro musical?

Respuesta: Hasta cierto punto hay aspectos biológicos en cuanto a lo que consideramos la música y también hay otros que

la afectan desde el punto de vista cultural. Me gusta intentar discernir cuánto es biológica y cuánto cultural. Shandors nos dar una respuesta genial a esto: si es fácil es biológica, pero si es difícil probablemente será cultural. Para leer, para hablar, esto es muy claro; todo el mundo habla, es fácil, pero no todos leen tan fácilmente, por ejemplo hay personas que son disléxicas. La lectura no es tan natural, no es tanto un don, una facultad natural como es el habla. Pienso que pasa lo mismo con la música, ya que ciertas melodías son parte de nuestro don biológico, pero cuando hablamos de Schuman creo que se necesita una cierta educación para poder apreciarle. Para la musicoterapia esto es muy importante, porque en ella queremos volver a los aspectos más primitivos: al golpe, al ritmo, el compás, la frecuencia... Es más importante para la musicoterapia las altas frecuencias ya que éstas llevan más información, acabamos de ver eso; las bajas no transportan mucha información. Se traducen más fácil terapéuticamente. Pensando en profundidad sobre todo esto, sobre si lo que estamos haciendo es investigación básica, si tiene muchas aplicaciones, no quiere decir que no se aplica, sino que las aplicaciones están previstas y que luego hay que sentarse y preocuparse por el qué quiere decir, qué significa que un tono es una función Gabor, en contra de un símbolo. Las funciones Gabor tienen vectores, no tienen perímetros ni fronteras. Están formados de una forma distintas. El cerebro para las experiencias perceptuales es mucho más parecido a una función Gabor que a una función Shannon, es decir al procesamiento de datos por bits. Los bits de información son importantes en cuanto a decidir si levanto el brazo o no; son símbolos. Pero para experimentar algo, el paradigma musical, se ajusta mucho mejor a la función Gabor.

El primer paso en el proceso tiene que ver con el moverse. Por ejemplo muevo un libro de un sitio a otro. Todo el mundo piensa que lo que hace falta es controlar los músculos; por supuesto esto es cierto pero además el córtex lo que tiene que ser capaz de hacer es de decodificar el objetivo final, da igual qué músculos utilizamos. Hace unos años demostré cómo el córtex motor bordea utilizando principios armónicos; que células en el cortex motor están ajustadas a ciertas bandas de frecuencia. Nos da la imagen de Logrem, al igual que el sistema visual, auditivo... Este es el paso número uno, que podemos meter en forma de código lo que pretendemos hacer con nuestra entrada, no sólo qué músculos vamos a utilizar para hacerla. Entonces resulta que al aprender se aplican los mismos principios, en condiciones operantes, una especie de teoría sobre el aprendizaje hay contingencias de refuerzo. El refuerzo es la salida, el producto del com-

portamiento, y no el comportamiento en sí. Es lo que haces que tenga sus consecuencia, y ésta es una secuencia que encaja en un contexto. Este juego consecuencial, esta salida consecuencial que está ocurriendo en el entorno es lo que tenemos que meter en forma de código en el cerebro, y probablemente en la parte frontal del mismo en vez de en la parte de atrás. Entonces las consecuencias de la experiencia se decodifican en la parte frontal del cerebro. Cuando llegamos a esta parte del cerebro sabemos que está conectada con las partes del cerebro que tratan el sistema de dolor, de temperatura, las vísceras. Estas partes del cerebro que tratan de las consecuencias están muy ligadas a una experiencia positiva o negativa. Es el aspecto consecuencial de la música del tono lo que te liga al esquema emocional. Ese es un croquis o borrador, ya que en los últimos cinco años están saliendo muchos datos que nos ayudan a describir esto pero no tenemos las partes del cerebro todavía, y es una de las cosas que espero podamos lograr en los próximos cinco o diez años es descubrir los procesos del cerebro que están involucrado en todo esto, hasta el mismo nivel de precisión que tenemos en cuanto a los procesos perceptuales. Es el hecho de que el tono tiene consecuencia, que puede ser determinante, como una disonancia (no me gusta, me levanto y me marcho de la actuación). Tiene consecuencias hasta el punto de que cambia el comportamiento y en este sentido viene a ser emocional o emotiva.