

Neurobodrio

un caldo musical emergente

Rodrigo Valla *

Resumen

La construcción de una pieza musical a través de la interacción de objetos sonoros aleatorios permite la composición de obras pensadas para ser ejecutadas por intérpretes sin entrenamiento formal. Para condicionar dichos elementos y garantizar una obra con cierto grado de identidad se diseñan una serie de reglas que definen un juego. En este caso, una baraja de cartas especiales define los roles que deberá cumplir durante la ejecución cada integrante de un grupo de personas que simulará el funcionamiento de una red neuronal que interactuará con una secuencia de fotografías durante la ejecución de la pieza.

Palabras clave

Juego musical — Música aleatoria — Redes neuronales

* Investigador independiente, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Contacto: rodrigovalla@icloud.com

Índice

Información preliminar	1
1 Materiales necesarios	2
1.1 Preparación	2
2 La obra	2
2.1 Roles de las neuronas	2
2.2 Ejecución	3
3 Para entendidos	3
4 Recapitulando	4
Agradecimientos	4
Referencias	4

Información preliminar

Este artículo es en realidad una partitura. Contiene toda la información necesaria para hacer sonar **Neurobodrio**, una pieza musical estocástica para intérpretes sin entrenamiento musical formal¹. Pieza que es al mismo tiempo un juego y fue compuesta con la intención de que aquellas personas que le den vida, se diviertan.

Es parte de una serie de piezas musicales para jugar que comenzó con un juego para 3 personas, 13 pelotas de ping pong y un piano de cola con pedal tonal (Valla 2011) y, por ahora, termina con esta obra.

¹ Si bien en español estocástica y aleatoria son sinónimos prefiero la primera porque viene del griego y significa *hábil en conjeturar*.

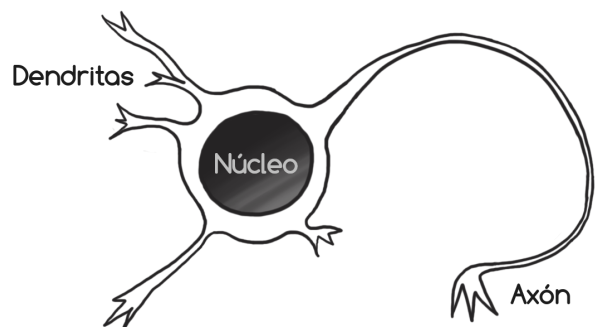


Figura 1. La neurona y sus partes principales.

Recurro principalmente a dos trucos para hacer posible que la obra pueda ser interpretada por personas sin formación musical:

1. El diseño de la partitura.
2. Acciones aleatorias restringidas por el reglamento del juego.

Si bien dos interpretaciones distintas de una obra como la que aquí se codifica no son exactamente iguales, las reglas del juego garantizan tanto la presencia de una serie de *objetos sonoros* como un comportamiento predecible, al menos de manera estadística, para la superposición de dichos objetos.

Como ya se habrán dado cuenta, la primera parte del título de la pieza viene de *neurona* y la segunda es *bodrio* (palabra que proviene del vocablo germánico *brod* que quiere decir caldo). El conjunto de intérpretes si-

mulará ser una red neuronal que responderá al estímulo producido por una serie de imágenes que condicionarán en gran medida la forma musical de la pieza, algo parecido a lo que sucede con **Fotosíntesis** (Valla 2017). La obra emergerá de la actividad de la red.

Para poder jugar el juego es necesario poder hablar y reconocer en un dibujo el núcleo celular de una neurona. Las neuronas son células que forman parte del sistema nervioso de distintos organismos cuya función es recibir y transmitir información. Y si bien existen distintas clases casi siempre responden a cierto patrón (ver Figura 1). Existen neuronas *excitatorias* (hacen que otras neuronas se disparen) e *inhibitorias* (modulan la actividad de otras neuronas) (Crick 1994).

También hace falta recordar que, cuando se trata de colores luz, la combinación del rojo y el azul da magenta, la del rojo y el verde amarillo y la del verde y el azul cyan (ver Figura 2). La combinación de los tres da blanco.

Suficiente introducción. Ya es hora de empezar a hablar del juego, sus reglas y los materiales que se requieren.



Figura 2. Los colores primarios luz y sus combinaciones.

1. Materiales necesarios

Para jugar **Neurobodrio** lo primero que hace falta es un conjunto de al menos 26 personas con ganas de hacerlo (mejor no obligar a nadie). Recuerden que vamos a simular una red neuronal que va a responder a una serie de imágenes, en particular a su color. Si bien tenemos en nuestras retinas unos 6 millones de conos (neuronas sensibles al color) no parece posible reunir tanta gente, así que buscaremos un ideal de entre 144 y 610 intérpretes.

Habrà que descargar un **banco de fotografías**. Será necesaria una forma de presentarlas que permita a los intérpretes verlas al mismo tiempo. Proyectar las imágenes en una pantalla parece ser la mejor opción, pero se podrá utilizar cualquier otra que cumpla la condición anterior.

También habrá que descargar una **baraja neuronal** (una baraja diseñada especialmente para esta obra) útil para definir qué clase de neurona será cada intérprete (ver Figura 3). En caso de no contar con medios para imprimir las cartas podrán hacerse a mano o incluso será posible designar los roles con otros métodos, aunque tendrán que respetarse las cantidades relativas de cada clase de neurona (ver 3).

1.1 Preparación

Antes de comenzar es necesario construir la secuencia de fotografías que condicionarà a los intérpretes. Quien decida hacerlo deberá seleccionar entre 13 y 21 imágenes del *banco de fotos* y ordenarlas como mejor le parezca. Deberà agregar al principio y al final de la secuencia la imagen con el título de la pieza y en la segunda posición la imagen del rectángulo negro.

Alguien tendrá que asumir la dirección de la obra y estará a cargo de hacer pasar las fotografías. A los demás intérpretes se les dará una carta de la *baraja neuronal*. La cantidad de barajas necesarias dependerà, por supuesto, de la cantidad de *neuronas humanas* que hayan decidido jugar.

2. La obra

Cada *neurona humana* ya tiene con ella una carta que determina qué deberá hacer mientras transcurre la pieza. Habrà 6 clases de neuronas distintas: neuronas rojas, verdes y azules en dos tipos (excitatorias e inhibitorias). Cada una responderà según su color aparezca o no en una región de las fotografías.

El número de regiones en que se dividirán las fotografías depende de la cantidad de intérpretes y está dada por:

$$R = \frac{n}{25} \quad (1)$$

donde R es la cantidad de regiones (deberà tenerse en cuenta su parte entera) y n el número de intérpretes (ver Figura 4). Cada región se asignará a un área determinada del espacio ocupado por los intérpretes. Dichas áreas deberán tener todas un tamaño similar.

2.1 Roles de las neuronas

Cada neurona tendrá asignado un *objeto sonoro* que deberá repetir esporádicamente y de manera irregular (entre una y tres veces por segundo) con baja intensidad mientras transcurre la pieza. Esto simula el comportamiento real de las neuronas en estado de reposo (Crick 1994). Cuando se cumplan ciertas condiciones tendrán que aumentar su actividad aumentando la frecuencia de repetición y la intensidad de su sonido.

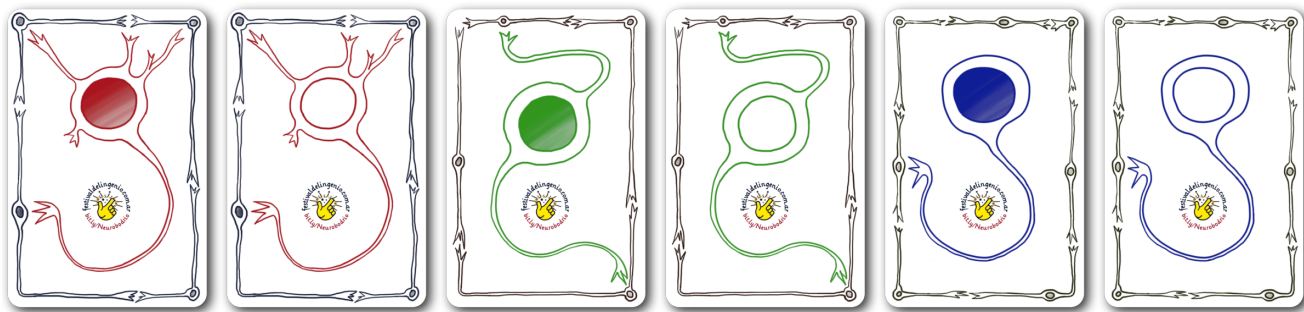


Figura 3. De izquierda a derecha: neurona excitatoria roja, inhibitoria roja, excitatoria verde, inhibitoria verde, excitatoria azul e inhibitoria azul.

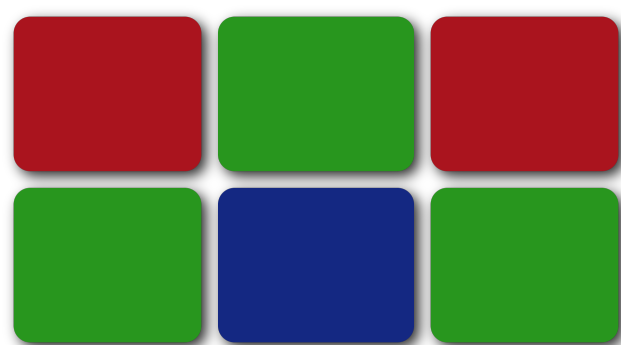


Figura 4. Un ejemplo de 6 regiones para una cantidad de entre 150 y 174 intérpretes.

2.1.1 Neuronas excitatorias

Neuronas rojas: Su *objeto sonoro* consistirá en cantar la palabra *Rojo* con tono grave. Aumentarán su actividad cuando aparezca el color rojo o un color que contenga rojo (por ejemplo el amarillo o el blanco) en su región de las fotografías.

Neuronas verdes: Su *objeto sonoro* consistirá en cantar la palabra *Verde* con tono medio. Aumentarán su actividad cuando aparezca el color verde o un color que contenga verde en su región de las fotografías.

Neuronas azules: Su *objeto sonoro* consistirá en cantar la palabra *Azul* con tono agudo. Aumentarán su actividad cuando aparezca el color azul o un color que contenga azul en su región de las fotografías.

2.1.2 Neuronas inhibitorias

Neuronas rojas: Su *objeto sonoro* consistirá en cantar *SSShhhh* con tono grave. Aumentarán su actividad cuando consideren que las neuronas excitatorias rojas a su alrededor están demasiado activas al responder a su región de las fotografías.

Neuronas verdes: Su *objeto sonoro* consistirá en cantar *SShhh, sshhh* con tono medio. Aumentarán su actividad cuando consideren que las neuronas excitatorias verdes a su alrededor están demasiado activas al responder a su región de las fotografías.

Neuronas azules: Su *objeto sonoro* consistirá en cantar *Shh, shh, shh* con tono agudo. Aumentarán su actividad cuando consideren que las neuronas excitatorias azules a su alrededor están demasiado activas al responder a su región de las fotografías.

Cuadro 1. Roles de las distintas neuronas

		Sonido	Tono
Roja	Excitatoria	<i>Rojo</i>	Grave
	Inhibitoria	<i>ssshhhh</i>	Grave
Verde	Excitatoria	<i>Verde</i>	Medio
	Inhibitoria	<i>sshhh, sshhh</i>	Medio
Azul	Excitatoria	<i>Azul</i>	Agudo
	Inhibitoria	<i>shh, shh, shh</i>	Agudo

2.2 Ejecución

Quien haya decidido asumir la dirección de la obra hará visible la imagen con el título y esperará a que se haga absoluto silencio. Luego presentará la imagen del rectángulo negro dando comienzo a la obra, continuando luego con el resto de la secuencia. Mientras tanto lo intérpretes intervendrán según lo indicado en 2.1. Cada fotografía deberá estar activa entre 8 y 13 segundos, tiempos que condicionan el ritmo formal del juego. Una vez alcanzada nuevamente la imagen con el título los intérpretes darán por finalizada la ejecución con un aplauso.

3. Para entendidos

Desde el punto de vista musical esta pieza, a través de las reglas del juego y las acciones aleatorias de los intérpretes, busca producir una textura propia de la música de masas. Justamente Ligeti parece haber sido el primero en proponer una obra dando instrucciones. En 1961 presentó *The future of music*, obra que no era otra cosa que el bullicio provocado en el público a través de indicaciones escritas en un pizarrón (Ross 2007).

Si bien puede concluirse fácilmente que **Neurobodrio** tiene forma musical abierta (sobre todo por la libertad para elegir la secuencia de fotografías a utilizar), tiene una única sección y una duración total acotada entre 104 y 273 segundos.

Las cantidades relativas de cada neurona en la *baraja neuronal* están inspiradas en la proporción de conos de la retina humana sensibles a cada color pero no son exactas. Tenemos un 64 % de células sensibles al rojo y el naranja, un 32 % al verde y el amarillo y sólo un 4 % al azul y el violeta (Rebeur 2010). Mientras que la *baraja neuronal* se compone de 14 neuronas rojas, 7 verdes y 4 azules, que a su vez se separan en excitatorias e inhibitorias (8/6, 4/3, 2/2).

Si el grupo de intérpretes es un múltiplo de 25 (corresponde a un número entero de barajas) se tiene que:

$$P_{ct} = \frac{n_{ct}}{25} \quad (2)$$

donde P_{ct} es la probabilidad de que un intérprete cualquiera asuma el rol de una neurona de color c y tipo t y n_{ct} es simplemente la cantidad de cartas de esa categoría en la baraja.

La organización de los distintos colores de neuronas por bandas de frecuencia (grave, media y aguda) intenta permitir una comunicación eficiente entre las neuronas de un mismo color pero distinto tipo (excitatorias e inhibitorias). De otra forma se produciría una competencia por el espacio acústico similar a la que tiene lugar en ecosistemas habitados por un gran número de especies que se comunican a través del sonido (Planque y Slabbekoorn 2008).

La asociación de las bandas de frecuencia de los sonidos y los colores no surge de la correlación entre las porciones del rango audible y el espectro visible que les corresponden sino de la intención de controlar levemente el timbre de la obra.

Para quienes al momento de construir la secuencia de fotografías quieran evaluar objetivamente las regiones de las imágenes, el *banco de fotos* contiene una serie de archivos con el color promedio para 4 y 6 regiones (ver Figura 5).

4. Recapitulando

He aquí entonces una nueva pieza musical estocástica que es al mismo tiempo un juego. No deberá perderse de vista su carácter lúdico en ningún momento. Al momento de la ejecución es posible que, individualmente, las neuronas de la red duden cuándo aumentar su actividad. No importa, no se requiere una absoluta seguridad de cada neurona, recuerden que la pieza en realidad emerge de la actividad de toda la red.

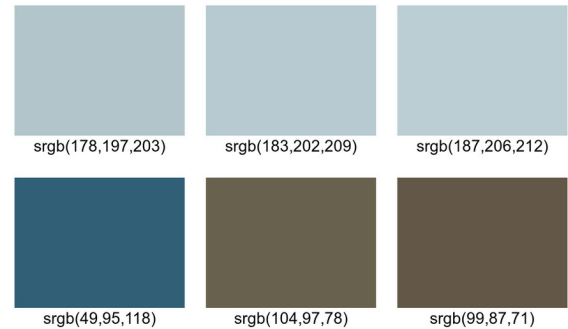


Figura 5. Valor RGB promedio para 6 regiones.

Agradecimientos

Esta obra fue compuesta pensando especialmente en el público del **Festival del Ingenio** al que le agradezco por adelantado. Sé que va a jugar **Neurobodrio** con muchas ganas porque ya lo han hecho antes con otras piezas de su tipo.

Referencias

- Crick, Francis (1994). «La búsqueda científica del alma: una revolucionaria hipótesis para el siglo XXI». En: Debate. Cap. 8, págs. 113-130.
- Planque, Robert y Hans Slabbekoorn (2008). «Spectral Overlap in Songs and Temporal Avoidance in a Peruvian Bird Assemblage». En: *Ethology*, págs. 262-271.
- Rebeur, Ana von (2010). «La ciencia del color: historias y pasiones en torno a los pigmentos». En: Ciencia que ladra. Siglo veintiuno. Cap. 2, págs. 19-23.
- Ross, Alex (2007). *The rest is noise: listening to the twentieth century*. Picador.
- Valla, Rodrigo (2011). *La mariposa y su efecto caótico*. Pieza musical estocástica para jugar. Partitura en bit.ly/lamariposaysuefectocaótico.
- (2017). *Fotosíntesis*. Pieza musical estocástica para jugar. Partitura en bit.ly/FotosíntesisPartitura.