

INVESTIGAR EN PSICODIDÁCTICA: UNA REALIDAD EN AUGE

PSIKODIDAKTIKAKO IKERKETA GORABIDEAN

José Cruz y Maravillas Díaz
Coordinadores / Koordinatzaileak

ISBN: 978-84-9082-061-2
L.G./D.L.: BI 1804-2014

ARGITALPEN ZERBITZUA
SERVICIO EDITORIAL



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

Investigar en psicodidáctica: una realidad en auge

Psikodidaktikako ikerketa gorabidean

José Cruz y Maravillas Díaz
Coordinadores / Koordinatzaileak

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

ARGITALPEN
ZERBITZUA
SERVICIO EDITORIAL

CIP. Biblioteca Universitaria

Investigar en psicodidáctica [Recurso electrónico] : una realidad en auge = Psikodidaktikako ikerketa gorabidean / José Cruz y Maravillas Díaz, coordinadores -koordinatzaileak. – Datos. - Bilbao : Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, Argitalpen Zerbitzua = Servicio Editorial, D.L. 2014

1 disco compacto CD-Rom (344 p.).

Requisitos del sistema: Adobe Acrobat Reader.

Textos en español y euskara.

D.L.: BI-1804-2014. – ISBN: 978-84-9082-061-2.

1. Psicopedagogía – Investigación. I. Cruz, José, coord. II. Díaz, Maravillas, coord. III. Título: Psikodidaktikako ikerketa gorabidean.

37.015.3(0.034)

© Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua
Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco

ISBN: 978-84-9082-061-2

Lege gordailua / Depósito legal: BI 1804-2014

SUMARIO

Arte y Comunicación

El cine y los derechos del niño en el Grado de Educación Primaria: una propuesta de intervención didáctica. <i>María Olga Macías Muñoz</i>	9
Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. <i>Lourdes Cilleruelo y Augusto Zubiaga</i>	22
Transmisión de valores en adolescentes: un análisis con videojuegos. <i>Jon Sinde y M.ª Concepción Medrano</i>	39
Educación artística a pie de calle: el caso de las esculturas de Abandoibarra (Bilbao). <i>José Javier Cruz Arrillaga</i>	61
Investigando sobre didáctica de la dirección de orquesta. MARGARITA LORENZO	70
Adaptaciones de la literatura griega. <i>M.ª Carmen Encinas Reguero</i>	83

Aspectos psicosociales en los procesos de enseñanza aprendizaje

Ajuste e implicación escolar de los estudiantes de educación primaria: variabilidad sociopersonal. <i>Ainhoa Imaz Ugarte, Iker Ros Martínez de la Hidalga</i>	103
Apoyo social e implicación escolar de estudiantes de Educación Secundaria. <i>Naiara Escalante Mateos, Ane Elkoro y Arantza Fernández-Zabala</i>	115
Apoyo social percibido y autoconcepto de estudiantes de Bachillerato y Universidad. <i>Lorena Revuelta, Arantza Fernández y Marta Sarasa</i>	126
El autoconcepto y la implicación escolar en la adolescencia. <i>Ane Elkoro, Naiara Escalante y Eider Goñi</i>	139
Resiliencia e implicación escolar de estudiantes de secundaria: diferencias en función de variables sociopersonales. <i>Estibaliz Ramos-Díaz, Arantzazu Rodríguez-Fernández, Iker Ros-Martínez de la Hidalga e Iratxe Antonio-Agirre</i> . . .	156
Intervención sobre el autoconcepto de personas adultas: revisión de propuestas. <i>Inge Axpe Sáez, Lorena Revuelta Revuelta y Nuria Galende Pérez</i>	172
Representaciones sociales de un grupo de adolescentes ante su futuro. Una aproximación situada. <i>Diego Díez</i>	187
Implicación y actividad física: elaboración del cuestionario IMAF. <i>Ibon Echeazarra, Iker Ros, Guillermo Infante y Ana Zuazagoitia</i>	204
Una versión abreviada para la medida del Autoconcepto Físico. <i>Inge Axpe Sáez, Arantza Fernández-Zabala y Marta Sarasa Maya</i>	216
La motivación académica, problemas algebraicos y el ajuste escolar. JAVIER GASCO . . .	231
Un nuevo cuestionario para evaluar la inteligencia emocional percibida: IEP-4. <i>Iratxe Antonio-Agirre, Estibaliz Ramos, Lorena Revuelta, Arantzazu Rodríguez, e Igor Esnaola</i>	249

Enseñanza aprendizaje en el aula

El aprendizaje ubicuo en los Trabajos de Fin de Grado: análisis del perfil tecnológico del profesorado Universitario. <i>Aingeru Gutiérrez-Cabello Barragán, José María Etxabe Urbieta y Daniel Losada Iglesias</i>	263
Análisis de secuencias didácticas elaboradas por alumnado de Grado de Educación Infantil: Contenidos. <i>Oihana Barrutia Sarasua, Oihane Otermin Lizarralde, Josu Sanz Alonso y José María Etxabe Urbieta</i>	276
Análisis de las competencias cognitivo-lingüísticas y de las estrategias metodológicas utilizadas por los maestros y maestras en formación. <i>José María Etxabe Urbieta y Teresa Muñoz Angos</i>	299
Transkribatze arauak eta transkripzio helburuak. <i>Juan Abasolo</i>	316
Experiencia de construcción conjunta conocimiento profesional en red en la asignatura “organización de Centros Educativos”. <i>Begoña Tellería y Karmele Bujan</i>	326

Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología

An approach to the STEAM Education. Educational practices at the crossroads art, science and technology

Lourdes Cilleruelo y Augusto Zubiaga
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Resumen

Los actuales modelos de investigación educativa deben considerar la tendencia a la integración de las artes en el marco de las disciplinas científicas (STEM to STEAM). En esta nueva orientación, las prácticas artísticas son entendidas como un ámbito propedéutico para la canalización y desarrollo de diferentes saberes y conocimientos, y las metodologías artísticas se convierten en pilares esenciales para la definición de criterios de excelencia, innovación, y desarrollo tecnológico. De hecho, la integración de las Artes en la corriente STE(A)M nos sitúa ante un nuevo marco de enseñanza aprendizaje donde, a partir de problemas deseados, la curiosidad y el interés personal se convierten en motor y guía del conocimiento, un punto de partida para la exploración de diferentes soluciones a *nuestros* problemas, empoderando la imaginación y prestando especial atención al proceso de experimentación colaborativa, o *making*.

Palabras clave: Educación STEAM, arte, ABP

Abstract

The tendency to integrate the arts in the context of the scientific disciplines (STEM to STEAM) should be considered by the existing models of educational research. In this new orientation, artistic practices are understood as a propaedeutic field for the pipeline and development of different knowledge and expertise, and artistic methodologies become pillars for the definition of criteria of excellence, innovation, and technological development. In fact, the integration of the arts into the current STE(A)M takes us to a new framework of teaching learning where, from desired outcomes, curiosity and personal interest become motor and guide knowledge, a starting point for the exploration of different solutions to *our* problems, empowering the imagination and paying special attention to the process of collaborative experimentation, or making.

Keywords: STEAM Education, art, PBL

Correspondencia: Lourdes Cilleruelo, Departamento Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal, E.U. de Magisterio de Bilbao, UPV/EHU. Dirección. Barrio de Sarriena, 48940 Leioa (Bizkaia). E-mail: lourdes.cilleruelo@ehu.es

Introducción

La sociedad del SXXI nos enfrenta a un nuevo paradigma de conocimiento, complejo y variable, que debe ser abordado con eficacia, lo que ha llevado a muchos teóricos a poner en cuestión un sistema educativo basado, fundamentalmente, en la separación histórica entre humanidades y ciencias. Aunque actualmente los proyectos curriculares tratan las diferentes materias de modo independiente, las nuevas pedagogías reclaman por su parte la unión de la emoción y la razón (Robinson, 2010). Estas evidencias nos invitan a revisar el papel actual de la Educación Artística en el currículum. En este artículo, se intentará abordar las nuevas oportunidades que se le abren a la Educación Artística como elemento vehicular para la construcción de un currículum transdisciplinar.

Si, tal y como recoge la Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión europea (2006) “hay una serie de temas que se aplican a lo largo del marco de referencia y que intervienen en las ocho competencias clave: el pensamiento crítico, la creatividad, la capacidad de iniciativa, la resolución de problemas, la evaluación del riesgo, la toma de decisiones y la gestión constructiva de los sentimientos”; la cuestión que se plantea es si el pensamiento artístico y su puesta en práctica (donde razón e intuición se relacionan de forma dialéctica para producir objetos orientados a la comunidad) no facilitan el aprendizaje de las destrezas y habilidades que los estudiantes necesitan. En opinión de Sousa y Pilecki “las destrezas que las artes desarrollan influyen en la creatividad, la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la comunicación, la autonomía (self-direction), la iniciativa y la colaboración” (2013, p.15). De hecho, muchos científicos, matemáticos e ingenieros, cuando evalúan sus propias actividades a posteriori, ven en “ciertas cualidades artísticas” la clave para el éxito, porque tras éste, encuentran de forma recurrente la curiosidad subjetiva, la observación precisa, la percepción de los objetos de un modo diferente y el trabajo efectivo con otros.

En respuesta a dicha necesidad, en 2006, Georgette Yakman acuñó el término STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Math) como marco para la Educación a través de las disciplinas, un nuevo paradigma que plantea la Ciencia y Tecnología interpretada a través de la Ingeniería y de las Artes. Bajo ese esquema, los nuevos modelos de investigación educativa deberían de considerar la progresiva integración de las artes en el marco de las disciplinas científicas: el paso del STEM to STEAM (Resnick y Rosenbaum, 2013). La integración de las Artes en la corriente STE(A)M nos sitúa ante un nuevo marco de aprendizaje, donde a partir de problemas deseados, de las ganas de saber, la curiosidad se convierte en motor y guía del conocimiento, un punto de partida para la exploración de diferentes soluciones, en una búsqueda permanente de la satisfacción personal. Este modelo de educación provee una aproximación interdisciplinar integrada conectada con el mundo real, y dirigida a la resolución de problemas (PBL). El vínculo entre arte, ciencia y tecnología permite el diseño de conexiones curriculares, estableciendo un conjunto de nuevas relaciones entre competencias y temas del currículum.

En este contexto, las prácticas artísticas, y más específicamente, las ligadas a la Educación Artística, pueden ser entendidas y valoradas en sentido propedéutico, como un ámbito previo de preparación para el aprendizaje efectivo, el entrenamiento de la

capacidad de síntesis, o la canalización y desarrollo de diferentes saberes y conocimientos. En consecuencia, la aplicación efectiva de metodologías artísticas puede ir convirtiéndose en rasgo cualitativo esencial para la definición de criterios de excelencia metodológica, innovación, y desarrollo tecnológico (Moraza y Cuesta, 2010).

Materiales y Método

En el marco del proyecto de investigación *Transformando la educación a través del Arte y los Media; Prácticas Transdisciplinares*, financiado por la UPV/EHU, en el que ha colaborado la Escuela Universitaria de Magisterio de Bilbao y la Facultad de Bellas Artes de la misma Universidad, un grupo de docentes e investigadores estamos desarrollando iniciativas concretas encaminadas a generar conocimiento transdisciplinar. Este texto se hace eco de las propuestas metodológicas apuntadas en la introducción, y muestra una implementación práctica (experimentación/acción) que ha puesto de relieve, por un lado, los condicionantes imperantes, y por otro, las estrategias necesarias para poder desarrollar en la práctica metodologías de trabajo orientadas al aprendizaje y al placer estéticoⁱ mediante el desarrollo de proyectos personales. Estas dos cuestiones, (condicionamientos y estrategias), nos pueden llevar a una revisión de la definición y del ámbito de actuación de una Educación Artística que no se limite a la construcción de la identidad (como es el caso de la corriente denominada Cultura Visual) sino que asuma también el reto de facilitar espacios de investigación y de innovación educativa en los que los problemas deseados conciten de manera puntual y variable los diferentes saberes y áreas de conocimiento, sean estos los que sean.

La metodología del proyecto de investigación está asentada en tres anclajes, que se interrelacionan y avanzan trenzándose dinámicamente. En primer lugar, se está generando un registro o base de datos, una cartografía y mapa de conexiones de instituciones que trabajan en el ámbito de las prácticas transdisciplinares, procurando una identificación y categorización de las diferentes líneas de trabajo que se están desarrollando actualmente. En segundo lugar, se pretende aprender a establecer contacto con científicos de aquellas áreas de conocimiento que puedan estar vinculadas de alguna manera con nuestras propuestas, pero sobre todo conocer de primera mano lo que se espera de las artes desde ese ámbito. Este acercamiento nos ayudará a tomar conciencia del espacio de legitimidad de las prácticas artístico-tecnológicas contemporáneas, desde el punto de vista de una sociedad del conocimiento hipertecnificada.

En tercer lugar, se están desarrollando diferentes hilos argumentales, en forma de propuestas teórico-prácticas concretas, con la finalidad de ser implementadas en el contexto docente y de investigación. Estas propuestas, auténticos *McGuffin* (pretextos que desencadenan y guían la acción) o herramientas heurísticas si se quiere (Pólya, 1973), sirven de punto de partida a la hora de establecer posibles vínculos con instancias del ámbito tecno-científico, y por otro, son susceptibles de ser articuladas y rentabilizadas como material artístico y didáctico, adquiriendo, por ejemplo, forma de juegos de rol, prácticas docentes transdisciplinares, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), exposiciones artísticas, etc.

Resultados

1. Identificación de perfiles de actuación en la aproximación a la educación STEAM: el movimiento *Maker*

La integración de las artes puede entenderse desde diferentes perspectivas (Burnaford, G. Brown, S. Doherty, J. y McLaughlin H.J., 2007). El movimiento *maker* puede suponer un modo de integración de las artes en el sistema educativo dentro de la corriente STEM to STEAM. Este movimiento cobra cada día más fuerza debido al abaratamiento de impresoras 3D y a la popularización de microcontroladores (Arduino, Rapsberry Pi, Makey Makeyⁱⁱ) puesto que permiten la fabricación de objetos customizados y prototipado a bajo coste. Los *makers* al igual que los artistas “necesitan crear”, entregados en un proceso de exploración continua de lo “que pueden hacer y pueden aprender a hacer” ambos motivados por objetivos internos, y ajenos a recompensas extrínsecas (Dougherty, 2013).

1.1. DIY. Problemas deseados

La cultura del DIY (*Do It Yourself!*) o *¡hágalo usted mismo!* nos sitúa ante una nueva era de “ciencia de garaje” de individuos interconectados, que centran su atención en el prototipado o diseño personalizado, emancipado de la producción industrial, en el que prima la experimentación y exploración de los nuevos medios, suscitado por un interés en el funcionamiento y contenido de la propia tecnología, por la búsqueda de una alternativa al consumo tecnológico marcado por las grandes compañías. Este movimiento se caracteriza por la utilización de elementos *low cost* o de bajo coste y del uso indistinto de alta como baja tecnología, en un diálogo creativo constante con los materiales.

El making en el entorno educativo puede describirse como un aprendizaje basado en proyectos, o aprendizaje práctico centrado en el proceso, cuyo objetivo no se centra en la creación de productos artesanales sino que reivindica una exploración activa del mundo que nos rodea. El contexto de enseñanza-aprendizaje deriva desde un proceso marcado por demasiada información, instrucciones, interrupciones e intervenciones -TMI, *Too Much Information*- hacia el *Think, Make, Improve* -Pensar, Crear, Mejorar- (Libow y Stager, 2013). Este cambio metodológico centra su principal punto de interés en el making, como parte del proceso donde los estudiantes juegan, construyen, juegan, experimentan, testean estrategias y materiales, comparten conocimiento, y documentan su aprendizaje.

El *tinkering*, o cacharreo, supone otra aproximación al movimiento *maker* como “un estilo válido y valorable” desde el que afrontar problemas deseados. Dicho estilo se caracteriza por “un compromiso lúdico, experimental e iterativo, en el que los *makers* están continuamente revaluando sus objetivos, explorando nuevos caminos e imaginando nuevas posibilidades” (Resnick y Rosenbaum, 2013, p.164). En este sentido el *tinkering* es el modo de pensamiento que permite integrar de un modo natural las artes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A este respecto, resulta interesante la aproximación *kindergarten* al aprendizaje aportada por Resnick (2007) quien, inspirado en el jardín de infancia, propone un ciclo procesual en forma de espiral en el que los estudiantes desarrollan y refinan sus capacidades como pensadores y también como

hacedores creativos a largo plazo, sin un final definido. Los estudiantes “*Imaginan*, lo que quieren hacer, *Crean* un proyecto basado en sus ideas, *Juegan* con sus creaciones, comparten sus ideas y sus creaciones con otros, *Reflexionan* sobre sus experiencias- todo lo cual les lleva a imaginar nuevas ideas y proyectos”. Este modelo se revela como el paradigma para el desarrollo de las competencias necesarias para la sociedad del S. XXI. La capacidad de reencuadre, el pensamiento crítico, y la capacidad creativa, se revelan como principal garante del aprendizaje a lo largo de la vida.

Por tanto, la investigación científica a través de las artes empodera la imaginación prestando especial atención al proceso de experimentación o *making*, cuyo principal motor es el deseo e interés de aquél que lo realiza. La resolución de problemas marca un recorrido curricular transdisciplinar, que dibuja un mapa de pecoreos dictaminado por el proceso de resolución de un ansia de saber. Aquí, el concepto de diseño se entiende como “la capacidad de representar y desarrollar tareas y procesos de trabajo para resultados deseados” (Davies, Fidler y Gorbis, 2011, p. 11). Tal y como apunta Ares “si los hermanos Wright hubieran tenido que conocer todas las sutilezas del vuelo de las aves, nunca habrían volado. Casi podemos decir que las aves tan sólo eran la prueba de que el vuelo de los objetos más pesados que el aire era posible. Todo lo demás fue inventado” (Ares, 2008, p.284).

1.2. DIWO. Los espacios *makers*

Brennan, Monroy-Hernandez y Misnick (2010) constatan la idea de que los jóvenes deben tener las mismas oportunidades para consumir como para crear medios interactivos, para lo que se deben desarrollar ciertas disposiciones y capacidades, pero también apuntan a la necesidad de facilitar el acceso a contextos en los que desarrollarse como creadores. Los espacios *makers*, también denominados popularmente *fablabs*, son centros comunitarios con herramientas en los que compartir recursos para el diseño y prototipado de objetos pero también conocimientos. Por tanto estos lugares pueden ser definidos como espacios para la fabricación pero también para la educación entre iguales (*peer-education*). En estos nuevos espacios formados libremente por un creciente número de individuos con intereses comunes o organizaciones de diferente índole configuran un modelo educativo en donde la cultura del “escuchar” se transfiere a la cultura del “hacer” como fuente de conocimiento e innovación. En opinión de Sousa y Pilecki (2013, p.46) el *tinkering* se revela como “la única actividad que, combinando fuerzas creativas y sociales, abarca el juego y el aprendizaje”.

Las dinámicas de creación/aprendizaje que se establecen en los espacios físicos se extienden e intensifican en las redes sociales y comunidades virtuales. El aprendizaje conectado en Red (Ito, Gutiérrez, Livingstone, Penuel, Rhodes, Salen, Schor, Sefton-Green y Watkins, 2013) aboga por un concepto ampliado de aprendizaje impulsado por el interés personal, el apoyo social proporcionado por la comunidad y su posible reorientación y conexión académica en términos dinámicos. “Este modelo se basa en la evidencia de que el aprendizaje más resiliente, adaptativo y efectivo incluye tanto el interés personal como el apoyo social para superar las dificultades y alcanzar reconocimiento” (Ito et al, 2013, p.4). El aprendizaje conectado ve en las comunidades digitales una nueva oportunidad educativa para la gente joven, en cuanto que aporta nuevos formatos atractivos para la interactividad y la expresión personal, facilita el

acceso a la información y el conocimiento desde una perspectiva cultural más amplia y diversa, y proporciona apoyo social a través de sus redes y comunidades sociales.

2. Redes transdisciplinares. Tejiendo redes y metodologías de trabajo en la encrucijada arte, ciencia y tecnología

Malina, Strohecker, LaFayette y Ione (2013) plantean la necesidad de establecer nuevas formas de colaboración entre científicos, ingenieros, artistas y diseñadores. Raffaella Regina (2014), en una entrevista realizada al artista multidisciplinar Tomás Saraceno, extrae la conclusión de que esta imprescindible colaboración entre artistas y científicos es también difícilmente previsible: nace de una química especial, porque no todos los artistas pueden colaborar con todos los científicos en un plano de mutua satisfacción. Hacen falta espacios y oportunidades para conocerse y acordar objetivos comunes. Sin embargo, para que esos contactos fructifiquen, se revela imprescindible un marco de ayudas institucionales y trayectorias curriculares imaginativas que faciliten el beneficio mutuo de grupos de investigación transdisciplinares.

Hasta el momento, nuestras iniciativas van tomando cuerpo en base a una serie de contactos con distintas instancias procedentes del ámbito científico, que se han verificado a través de charlas y encuentros de carácter puntual promovidos por la propia UPV/EHUⁱⁱⁱ, y de citas y entrevistas concertadas con representantes concretos del ámbito académico. Son contactos interesantes, pero sin embargo, es imprescindible pensar en términos de incentivos. La colaboración entre artistas y científicos debe redundar en beneficio mutuo, y a día de hoy, en nuestro entorno, no existen vías de trabajo colaborativo que susciten un interés real en los agentes. Quizás las tutorizaciones en Trabajos fin de Grado fueran un marco interesante para alumnos especialmente motivados que quisieran aventurarse en espacios transdisciplinares.

3. Resultados de la implementación. La educación STEAM en la práctica

Queremos complementar el marco teórico de aprendizaje que hemos intentado ir describiendo en las líneas precedentes, con un ejemplo práctico que ilustre las claves principales en las que se inscribiría cualquier iniciativa que fuera a desarrollarse en dichos parámetros. Con esa intención, pasaremos a describir de forma resumida un proceso práctico que llevamos un tiempo desarrollando, que nace del interés que ha despertado en nosotros el tema genérico de las redes neuronales y el conexionismo. En concreto, el proyecto teórico-práctico en el que estamos trabajando explora la posibilidad de aplicar conocimientos básicos procedentes de la electrónica analógica, la óptica, y de la biología, a la finalidad de desarrollar objetos biomiméticos que ayuden a comprender y familiarizarse con los fundamentos de dichas áreas de conocimiento, desde el placer derivado de la imitación de las obras de la naturaleza.

El proceso se articula a partir de la construcción de un imaginario, de la búsqueda de información, del empoderamiento en recursos técnicos y procedimentales, y de la puesta en práctica de distintas líneas de desarrollo técnico y conceptual, en el ámbito específico del diseño y desarrollo de unos prototipos de neuronas, y su posible virtualidad conectiva en redes y aplicaciones programables, utilizando recursos de electrónica analógica *low-tech*. Nuestra intención es que los contenidos del proceso de investigación-aprendizaje sean fácilmente inteligibles y económicamente reproducibles

en entornos de aprendizaje de Educación Secundaria, para lo cual nos parece interesante desarrollar los contenidos, no tanto desde un conocimiento experto previo de la materia a tratar, sino desde una curiosidad potente e ilusionada, pero solo relativamente informada, que es un estado mental familiar a la pura voluntad creativa, donde la imaginación genera un estilo de pensamiento afín al juego, rellenando las lagunas de conocimiento que se muestran inaccesibles al aprendizaje efectivo (*know how*), con sobreentendidos que hagan avanzar la historia, en un marco en el que realidad y ficción pueden llegar a mezclarse en un juego de representación en el que casi todo es a priori posible.

Así, nuestro juego nos está sirviendo para entender, desde un acercamiento orientado por la curiosidad activa, el principio de funcionamiento de las neuronas, y de las diversas configuraciones de redes presentes en los organismos biológicos, pero también ha ido generando sobre el terreno piezas de arte tecnológico, que ya han sido expuestas en varias exposiciones artísticas (Trait d'Unión, Bide Zabalak) y materia para la reflexión, desarrollada en publicaciones científicas (Zubiaga, Cilleruelo, y Tobar, 2013).

3.1. Desarrollo de la iniciativa

Nuestra primera iniciativa consistió en intentar desarrollar un prototipo de neurona electrónica que simulara de forma efectiva las capacidades y características básicas de un modelo neuronal genérico, donde podemos encontrar un cuerpo o soma, un axón que transmite el impulso de activación de dicha neurona, y unas sinapsis excitadoras e inhibitoras que inducirían a dicha neurona a ser excitada o inhibida. Las dendritas o ramificaciones mediante las cuales las neuronas serían interconectadas para ser excitadas o inhibidas constituirían el elemento definitivo a simular. El proceso de búsqueda de información nos ha llevado a tomar en consideración acercamientos que se realizaron en los años 40 del siglo XX, y en concreto al modelo McCulloch-Pitts, y otros, donde se establece la analogía entre la carga y descarga en el tiempo de una neurona, con el ciclo de carga y descarga de una combinación electrónica resistencia/condensador.

El siguiente elemento que nos ha sido necesario simular ha sido el de determinar la naturaleza del impulso que generaría cada neurona. Las simulaciones clásicas generan un impulso eléctrico que se dispara en función del grado de excitación de la neurona. Nosotros pensamos que sería visualmente más atractivo, y más didáctico en el plano de la comprensión de los fenómenos, traducir ese impulso eléctrico a una señal luminosa visible. Ello nos llevó a diseñar un tipo de circuito que activara o desactivara una señal luminosa, en concreto un LED. Asumir el carácter óptico de la señal nos llevó a interesarnos por la forma en que las neuronas pudieran ser sensibles a la luz, lo que nos orientó hacia el campo de la optoelectrónica. Hicimos pruebas con distintos dispositivos o sensores optoelectrónicos, como los LDR, los fotodiodos y los fototransistores, y descubrimos también que los libros de texto de tecnología de Educación Secundaria, y por supuesto, la Web, son una fuente de información inagotable y permanentemente renovada en este campo. En nuestro caso, el diseño final de nuestra unidad neuronal fue influido en gran parte por nuestras experiencias con "Interruptores crepusculares", fundamentados técnicamente en el control de la incidencia de una cantidad de luz determinada sobre un sensor fotosensible (LDR).

Podemos decir que el diseño final se ha fundamentado en una hibridación entre un interruptor crepuscular y una temporización resistencia-condensador.

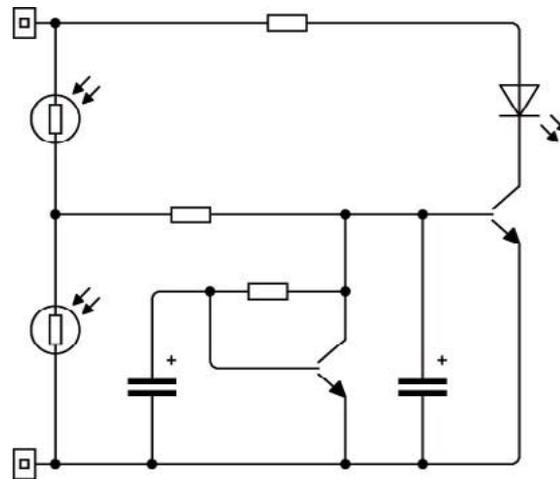


Figura 1. Esquema del circuito electrónico simulador de neurona

El siguiente requerimiento al que nos enfrentamos fue el de ser capaces de conectar entre sí las distintas unidades neuronales. Para ello, tras unos primeros intentos basados en la proximidad física entre emisores y detectores de luz, optamos por hacer uso de hilos de fibra óptica para establecer las conexiones “dendríticas” entre neuronas. El sistema se ha revelado eficaz desde el plano técnico, y además otorga a los entramados que vamos desarrollando un interesante carácter plástico, cercano a la representación gráfica de un corte histológico. De forma más o menos consciente, nos hicimos eco de las bellísimas representaciones de imágenes microscópicas que hallamos en los dibujos de cortes anatómicos de tejido neuronal realizados por Santiago R. y Cajal, que afloraron en instalaciones como *Zaintza Bereziak*, 2013 donde expusimos por primera vez un montaje con nuestras neuronas interconectadas mediante fibra óptica.

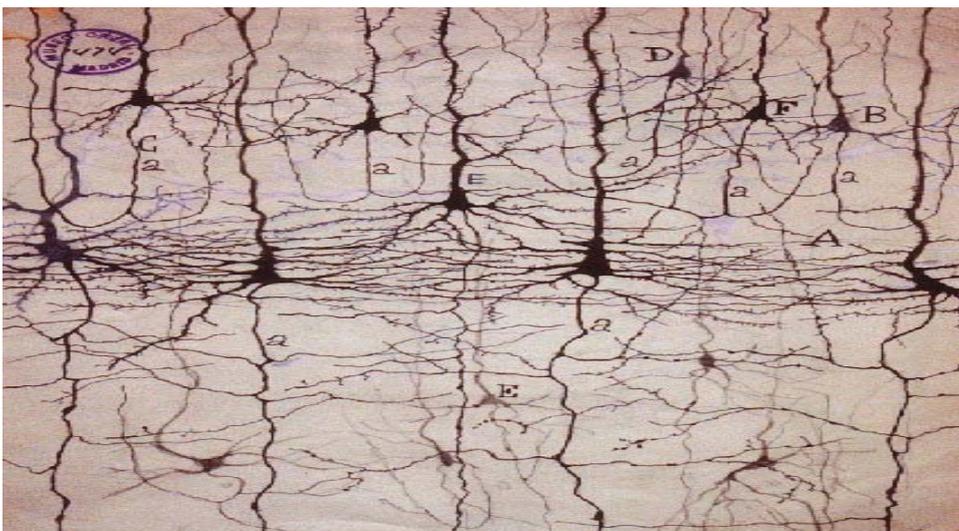


Figura 2. Cajal, red de células nerviosas

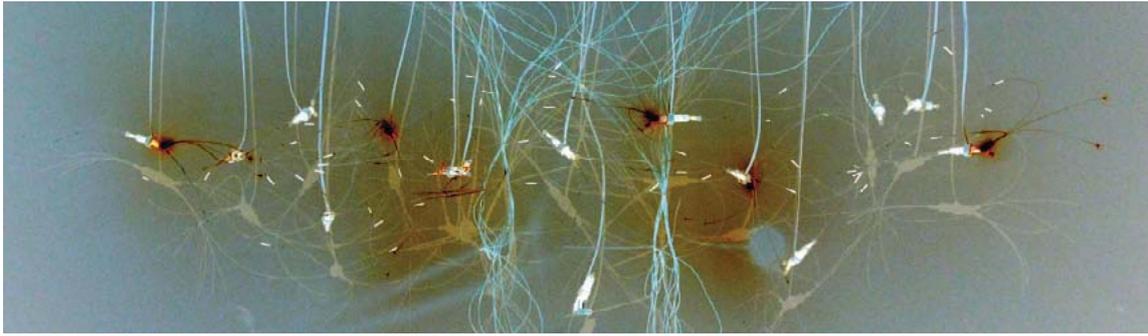


Figura 3. Augusto Zubiaga. *Zaintza Bereziak*, 2013. Exposición Bide Zabalak. Sala Portalea, Eibar

Así, el desarrollo progresivo de nuestro trabajo nos ha llevado a profundizar, en primer lugar, en el diseño técnico y el desarrollo de las unidades neuronales, pero pronto nos hemos dado cuenta de que una neurona por sí sola no es capaz de generar pautas de gran complejidad, -aunque nos sorprendimos al ver que una única de nuestras neuronas, autoexcitada, funciona como marcapasos, -corroborando ciertos esquemas de computación conexionista que habíamos consultado en bibliografía especializada (Smith, 1981) o directamente en Internet-, lo que nos llevó a tomar confianza en los diseños que íbamos definiendo y poniendo en práctica. En cualquier caso, haber conseguido disponer con éxito de un modelo operativo de neurona, ha sido un requerimiento imprescindible que actualmente nos está permitiendo abordar la cuestión de la complejidad creciente de los sistemas computacionales de inspiración biológica. En modelos sucesivos con tres, cinco, diez, y hasta treinta y dos neuronas, estamos constatando, desde la experiencia, el carácter exponencial de la combinatoria derivable de la simple repetición de la arquitectura de una simple neurona, con su output, su input inhibitor y su input excitador.

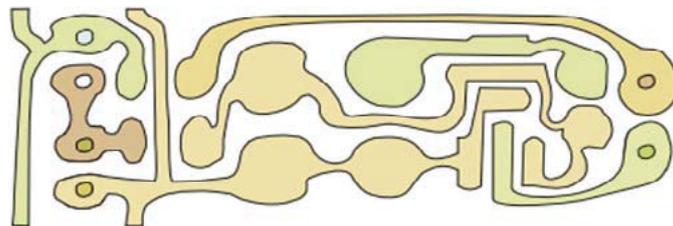


Figura 2. Diseño de fotolito para grabado del circuito electrónico en placa de circuito impreso PCB

Conforme hemos ido desarrollando nuestros prototipos, nos hemos visto también en la necesidad de hacer uso de un entorno de software que nos permitiera diseñar de forma rápida y eficiente distintas versiones de nuestros circuitos (Fig, 2), y en concreto, el recurso a los sistemas informáticos basados en la computación convencional (digital) nos está sirviendo de gran ayuda a la hora de visualizar los datos

generados por nuestros dispositivos. Así, hemos echado mano del entorno *Arduino*, procesador programable orientado a la función didáctica, una plataforma de acceso libre que cuenta con millones de usuarios en todo el mundo, e infinidad de foros on line, que nos ha permitido implementar de forma sencilla y eficiente recursos orientados a la monitorización en tiempo real del funcionamiento de nuestros dispositivos. En concreto, mediante un sencillo código de lectura de inputs analógicos, hemos podido generar, de forma rápida, las gráficas correspondientes al funcionamiento de nuestras neuronas, y sus combinaciones (Fig. 3).

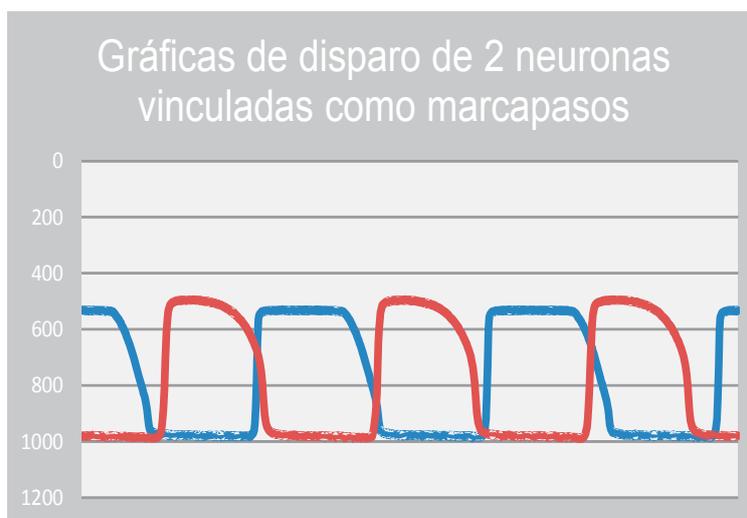


Figura 3. Gráfica de disparo de dos neuronas vinculadas como marcapasos

También se ha planteado la necesidad de una progresiva miniaturización de los elementos electrónicos, y la cuestión de la mejora de los costes y de las técnicas de producción. Ello nos ha llevado a abordar, desde las necesidades concretas generadas por nuestro proyecto, el tema del diseño y realización de placas de circuito impreso (Fig. 4) -tema que se puede encontrar también en textos de Tecnología en Educación Secundaria-, y también el de la familiarización con los componentes más básicos de electrónica analógica: las resistencias, los condensadores, los transistores, los diodos, las fotorresistencias, las placas de prototipos, etc., e incluso tener en cuenta la posibilidad de sustituir los componentes de electrónica analógica convencional por componentes SMD (*Surface Mounting Device*), más pequeños, baratos, y rápidos de montar, y a familiarizarnos con sus técnicas de montaje y soldadura. Una vez más, encontraremos en la red infinidad de foros y tutoriales que nos ayudarán a ir resolviendo los problemas técnicos que se vayan presentando. Una optimización de los diseños podría llevarnos incluso al ámbito de la colaboración con empresas que se hicieran cargo de la producción en serie de nuestros prototipos.

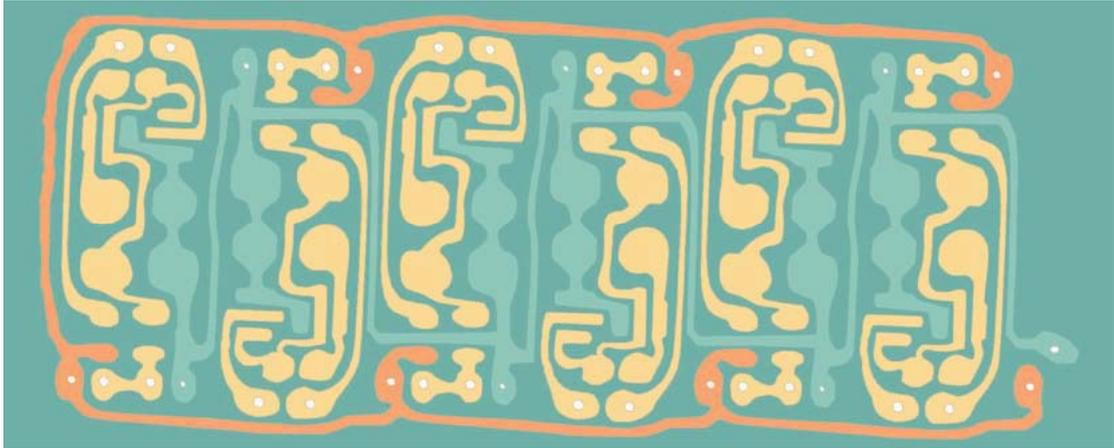


Figura 4. Estudio gráfico para integración de 6 unidades neuronales en una placa de circuito impreso

En resumen, nuestra propuesta parte desde unidades optoelectrónicas simples y eficientes, que tratan de emular el funcionamiento de células nerviosas, que pueden ir articulándose en configuraciones más y más complejas. Nuestros prototipos son técnicamente reproducibles en un entorno de aprendizaje informal, y debido a su flexibilidad y capacidad combinatoria, son capaces de emular, desde el comportamiento de una simple neurona, hasta la complejidad creciente y virtualmente infinita de las redes neuronales. Abordar dicha complejidad desde lo más sencillo quizás sea la forma más realista de acercarse al tema. Al intentarlo, se nos ha hecho inmediatamente imprescindible el auxilio de una representación visualmente clara y operativamente potente de nuestros mecanismos, sobre la que poder ir anotando y fijando, como en un pentagrama, las composiciones que vayamos generando, composiciones que quieren fijar melodías o acordes neuronales (Fig. 5).

La notación gráfica que estamos desarrollando se hace eco de la forma convencional de representar la programación conexionista, y es por ello compatible con la mayoría de los diagramas que podamos encontrar en la literatura especializada. El reto que estamos abordando ahora es el de intentar definir un entorno práctico de creación, que partiendo de la representación de lo simple pueda ir adentrándose en lo complejo, con la ayuda de una sintaxis de programación, -que creemos que tiene mucho más que ver con la notación musical que con las líneas de código de los lenguajes de programación binaria convencionales-, que nos permita ir componiendo y fijando configuraciones conexionistas, fenómenos computacionales que podamos escuchar, interpretar y reproducir, “músicas” que resuenan en los organismos biológicos.

Comprobar la compatibilidad real y efectiva de nuestra implementación con los modelos teóricos existentes en la literatura especializada es una de nuestras principales prioridades, y por ello, podemos mostrar nuestra versión (Fig. 7 y Fig. 8) del esquema conexionista de los impulsos motores de una cucaracha, extraído de una publicación científica, mediante una expresión gráfica normalizada de las conexiones neuronales propuestas por los autores de dicho modelo (Fig. 6), y la posterior comprobación experimental que hemos realizado y que puede consultarse en las referencias de este texto^{iv}.

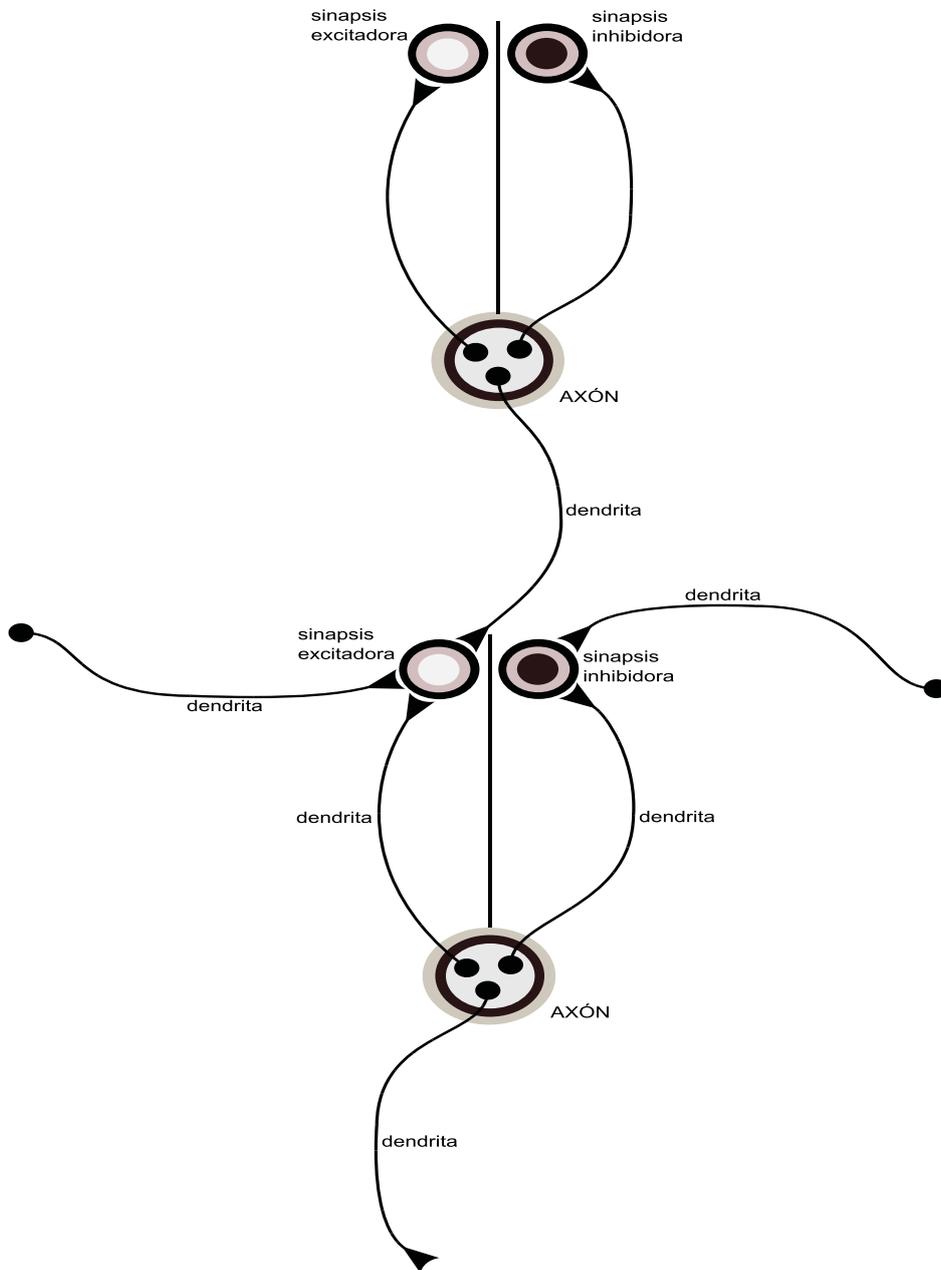


Figura 5. Estudio de expresión gráfica de los elementos funcionales constitutivos de las unidades neuronales, para una normalización de la gramática combinatoria. Las dendritas son simuladas mediante haces de fibra óptica que transmiten desde el axón la señal generada por cada neurona.

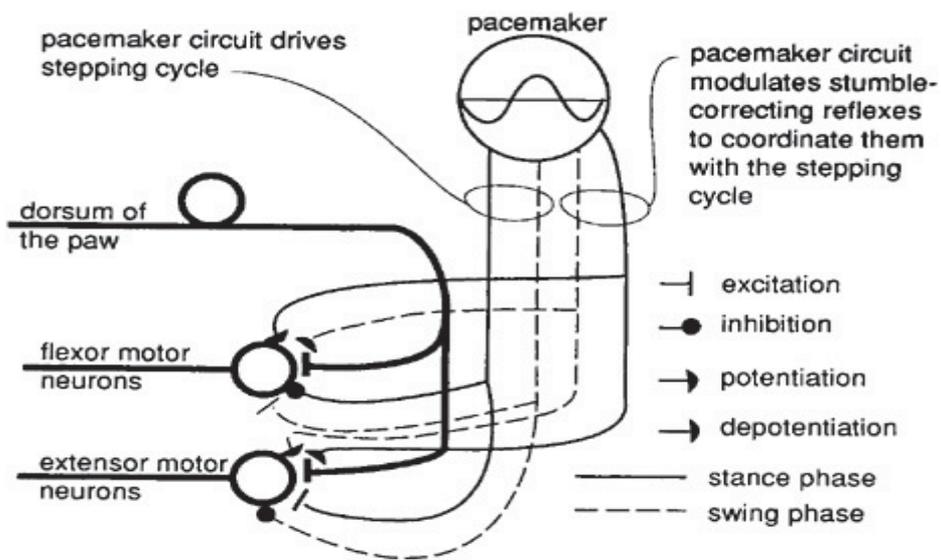


Figura 6. Esquema de red neuronal del reflejo motor de una cucaracha (D'Ydewalle, Eelen y Bertelson, 1992)

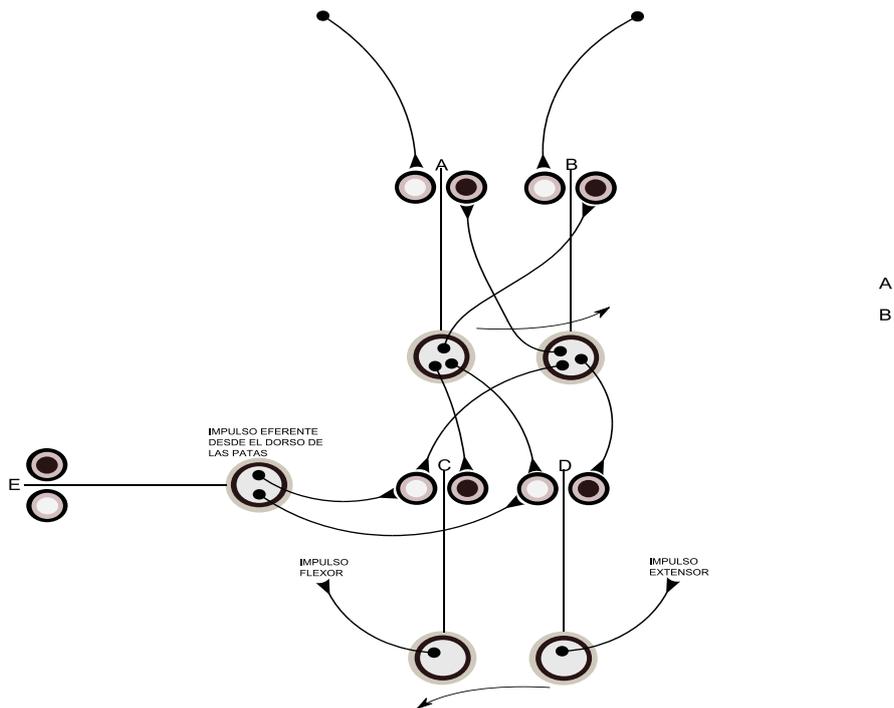


Figura 7. Esquema de red neuronal realizado para representar la hipótesis de funcionamiento representada en la figura anterior.

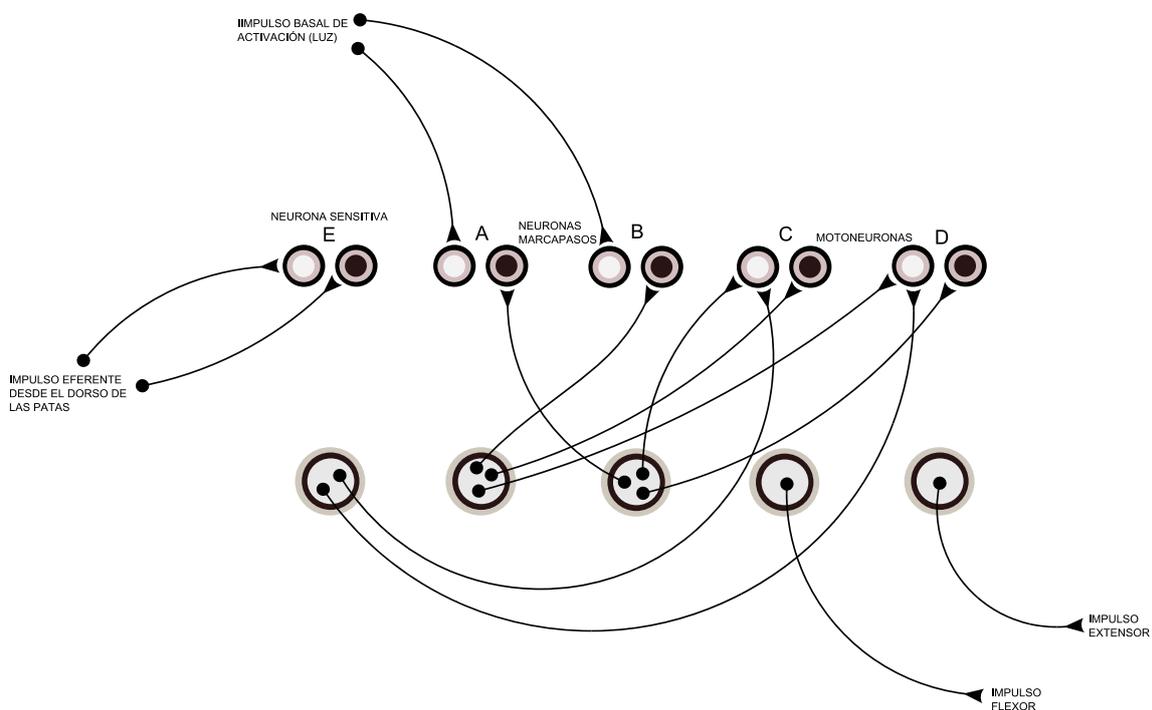


Figura 8. Ejemplo de notación normalizada del esquema de funcionamiento anterior, sobre una matriz de cinco neuronas

Conclusión

La educación STEAM permite una aproximación al proceso de enseñanza-aprendizaje desde un proceso activo impulsado por un juego experimental que promueve la ruptura de barreras entre disciplinas e incluye múltiples posibilidades en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. Desde el punto de vista docente, se puede constatar que el aprendizaje a partir del *tinkering* o cacharreo permite el acceso a planteamientos complejos de forma intuitiva y dirigidos por el interés personal, porque proporciona encuadres nuevos de relectura de modos de trabajo establecidos, facilitando procesos creativos (Gordon, 1961). Aprender intuitivamente, visualizar datos satisfactoriamente, y sobre todo, sentirse capaz de operar con ellos con la ayuda de otros, es decir, controlarlos, puede fomentar el interés por áreas de conocimiento a priori opacas y abstractas.

Este modelo reivindica un ámbito de investigación educativa transdisciplinar y transpersonal apoyado en comunidades físicas y virtuales (*makerspaces*) cuya base principal sea el acceso abierto al conocimiento orientado a un aprendizaje compartido y entre iguales. También constata la creciente necesidad de generar *makerspaces* o espacios físicos y virtuales para la experimentación y la creación, y la fabricación de objetos con nuevos y viejos materiales (*low/high tech*). Por ello es fundamental incrementar aquellos recursos y redes de aprendizaje que permitan esbozar recorridos curriculares personalizados basados en los intereses personales, y la curiosidad como guía del conocimiento, como queda evidenciado en el paso del STEM to STEAM.

Desde la perspectiva de la legitimación de las prácticas artísticas contemporáneas así como sus metodologías en el marco académico, se percibe que las prácticas ligadas al entorno del arte y la creatividad demandan con urgencia espacios y contextos donde sentirse útiles y reconocidas. Esta necesidad es aún más urgente cuando de lo que se trata es de asegurar para las prácticas transdisciplinares un espacio de legitimidad como mínimo poco desarrollado aún en el ámbito de la enseñanza artística universitaria. No se trata sólo de dar respuestas, sino también de encontrar preguntas. Deberíamos ser capaces de convencer a los científicos-tecnólogos que es bueno colaborar, para ir construyendo espacios donde sea posible integrar la praxis científico-tecnológica con la expresión artística y la realización personal.

Desde el punto de vista del tipo de vínculos que puedan irse generando entre artistas, pedagogos y científicos, y de la forma de abordarlos y consolidarlos, en el recorrido efectuado hasta el momento presente, hemos podido constatar que cuando se trata de concitar el interés del mundo científico, es problemático no abordar casuísticas e intereses concretos. Dejando de lado el escollo que supone trascender el estereotipo dominante por lo que respecta a las expectativas del ámbito científico cuando entra en contacto con el ámbito artístico, y viceversa, -problema que daría en sí mismo para una investigación psico-sociológica sin duda muy fecunda-, el estilo de pensamiento científico/tecnológico puede ser bastante refractario o desconfiado cuando se trata de abordar cuestiones inconcretas, inespecíficas, o altamente especulativas procedentes del ámbito artístico, máxime cuando no se vislumbra un beneficio intelectual, académico o económico tangible. Por ello, las propuestas concretas, donde los interlocutores científicos tienen algo que entender, algo que abordar, algo que opinar, algo que enseñar, es decir, un marco definido en el que poder dar rienda suelta a su creatividad, son un punto de partida a nuestro juicio imprescindible, pero no suficiente, para establecer un mínimo común denominador a la hora de pactar una comunicación fructífera, porque un interés real es también necesario. Estos requerimientos demandan de nuestra parte un esfuerzo suplementario, porque se trata ni más ni menos que de seducir a los científicos en su propio terreno, de invitarles a reencuadrar su trabajo desde puntos de vista poco convencionales, pero también nos obligan a nosotros a dejarnos seducir y conducir por ellos, y a buscar conjuntamente espacios de beneficio mutuo.

Referencias

- Ares, F. (2008). *El Robot enamorado. Una historia de la inteligencia artificial*. Barcelona: Ariel.
- Brennan, K., Monroy-Hernández, A. y Resnick, M. (2010). Making projects, making friends: Online community as catalyst for interactive media creation. En *New Directions for Youth Development*, Special Issue: New Media and Technology: Youth as Content Creators 2010: pp.75–83. doi: 10.1002/yd.377
- Burnaford, G. Brown, S. Doherty, J. y McLaughlin H.J. (2007). *Arts Integration. Frameworks, Research, and. Practice: A Literature Review*. Washington: Arts Education Patnership. Recuperado de <http://www.eugenefieldaplus.com/academics/A+%20research/artsintegration.pdf>

- Davies, A., Fidler, D. y Gorbis, M. (2011). *Future Work Skills 2020*. Palo Alto, CA: Institute for the Future for University of Phoenix Research Institute. Recuperado de <http://www.iftf.org/futureworkskills/>
- Dougherty, D. (2013). The Maker Mindset. En M. Honey y D.E. Kanter (Ed.) *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*. (pp. 7-11). London: Routledge.
- D'Ydewalle, G., Eelen, P., y Bertelson, P. (Ed.). (1992). *International Perspectives On Psychological Science, II: The State of Art*. New Jersey, US: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gordon W. J. (1961). *Synectics: The Development of Creative Capacity*. New York: Harper & Brothers.
- Ito, M., Gutiérrez, K., Livingstone, S. Penuel, B., Rhodes, J., Salen, K., Schor, J., Sefton-Green J. y Watkins, S. C., (2013). *Connected learning. An agenda for Research and Design*. Irvine. CA: Digital Media and Learning Research Hub. Recuperado de http://www.itofisher.com/mito/publications/connected_learn_4.html
- Libow, S. y Stager, G. (2013). *Invent To Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*. Torrence, CA: Constructing Modern Knowledge Press.
- Malina, R.F., Strohecker, C., LaFayette, C. y Ione, A. (2013). *Steps to an Ecology of Networked Knowledge and Innovation enabling new forms of collaboration among sciences, engineering, arts, and design*. US: National Science Foundation. Recuperado de http://seadnetwork.files.wordpress.com/2014/01/volume_i_print_final.pdf
- Moraza, J.L. y Cuesta, S. (2010). *Campus de excelencia Internacional. El arte como criterio de excelencia. Modelo Ars: (Art:Research:Society)*. Madrid: Ministerio de Educación.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2006). Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente [Diario Oficial L 394 de 30.12.2006]. Recuperado de <http://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/mecu-europa/eqf-recom-20080423.pdf?documentId=0901e72b806a600e>
- Pólya, G. (1973). *How to solve it. A New Aspect of Mathematical Method*. New Jersey: Princenton University Press. Recuperado de https://notendur.hi.is/hei2/teaching/Polya_HowToSolveIt.pdf
- Regina, R. (2014). *Un acercamiento a la obra de Tomás Saraceno. Materiales, espacio e instalaciones*. Cueto, M.J. (directora). Trabajo Fin de Master, UPV/EHU.
- Resnick, M. (2007). All I Really Need to Know (About Creative Thinking) I Learned (By Studying How Children Learn) in Kindergarten. En *Creativity & Cognition conference*, Junio 2007. Recuperado de <http://web.media.mit.edu/~mres/papers/kindergarten-learning-approach.pdf>
- Resnick, M. y Rosenbaum, E. (2013). Designing for tinkerability. En M. Honey y D.E. Kanter (Ed.). *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*. (pp.163-180). London: Routledge.
- Robinson, K. (2009). *El elemento: descubrir tu pasión lo cambia todo*. Madrid: Grijalbo.
- Smith, C.U.M. (1981). *El cerebro*. Madrid: Alianza Universidad.

- Sousa, D.A., Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using Brain-Compatible Strategies to Integrate the Arts*. Thousand Oaks. CA: SAGE.
- Yakman, G. *STEAM: A Framework for Teaching Across the Disciplines*. <http://steamedu.com>
- Zubiaga, A., Cilleruelo, L. y Tobar, K. (2013). Mehr Licht!: La gestión de lo inexplicable: luces y sombras de las prácticas transdisciplinarias tecnoartísticas. En *Arte y políticas de identidad*. Vol 9. 37-48. Recuperado de <http://revistas.um.es/api/article/view/191811>

Lourdes Cilleruelo, Doctora en Bellas Artes. Profesora Agregada y Directora del Departamento de Didáctica de la expresión Musical, Plástica y Corporal de la E.U. de Magisterio de Bilbao de la Universidad del País Vasco, UPV/EHU. Investigadora principal del proyecto de investigación financiado por la misma universidad “*Transformando la educación a través del Arte y los Media: Prácticas transdisciplinarias*” Este proyecto investiga sobre el potencial de la educación artística como elemento principal para la construcción de un currículum transdisciplinar.

Augusto Zubiaga, Doctor en Bellas Artes, Profesor Agregado del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad del País Vasco. Miembro del proyecto de investigación anteriormente mencionado.

Notas:

i Respecto al vínculo entre placer estético y conocimiento, la mimesis aristotélica nos puede servir de marco referencial, un marco subrayado por la reflexión de Alejo Carpentier en *Los pasos perdidos*: “Llego a preguntarme a veces si las formas superiores de la emoción estética no consistirán simplemente, en un supremo entendimiento de lo creado.”

ii Para más información véase: <http://www.arduino.cc>; <http://www.raspberrypi.org/>; <http://www.makeymakey.com/>

iii En este sentido nos referimos a acciones desarrolladas dentro de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea como es el caso del *Congreso Internacional ACC: Arte, Ciencia, Ciudad*, Bilbao 2013 (<http://www.artsciencecity.com/>); o el curso *El uso de los juegos de rol y simulaciones en la docencia universitaria: introducción teórico práctica*, 2012 organizado por los profesores Leire Escajedo e Igor Filibi.

iv Para más información véase: <https://vimeo.com/110827149>