

LA INTERSECCIÓN ENTRE ARTE Y NEUROCIENCIA

XIMO LIZANA ([LINKEDIN](#))

Profesor investigador, Premio Nacional de Arte Contemporáneo (AECA) en España y premio de la Köln Messe (Alemania). Ex director artístico de ARCO, profesor de la Universidad Europea de Madrid (UEM) y de la Universidad de California en Irvine. Director del Máster Live Entertainment de Live Nation / UEM y del Máster de Creación y Gestión de Videojuegos de Play Station / UEM y ex director académico del Máster de Nuevas Tendencias en Comunicación Publicitaria de McCann / UEM. Colabora con mas de veinte corporaciones en alta tecnología y su experiencia proviene de centros de investigación como el MIT, ZKM o Texas Tech. Es ponente habitual de eventos como TEDex, WOBI, Inspirational, etc. Asesora a las principales corporaciones publicitarias y agencias de medios en sus comités de innovación. En la actualidad es el director artístico de Aqualium, combinando esta actividad con proyectos expositivos internacionales y el asesoramiento en tecnología a empresas como Disney, Thyssen Krupp, Repsol, Banco Santander, etc.

Está especializado en singularización de corporaciones por medio de la tecnología y es uno de los pioneros de la introducción en España de la VR, AR+, tecnología laser holográfica e interactividad. Entre sus primeros hitos destaca por ser el primer artista en vender un robot como obra de arte a un museo en España o realizar la primera escultura holográfica sin materia. NeuroCulture también ha sido pionero a nivel internacional, ya que es el primer sistema capaz de medir de forma cuantificable la emoción en el arte.

Desde los quince años he estado implicado en procesos donde se unían el arte y la tecnología. Y desde mi experiencia me gustaría dar una visión muy personal sobre esta intersección entre el arte y la neurociencia y acerca de este viaje en el que se ha pasado de una idea a una metodología y un sistema concreto capaz de cuantificar la respuesta frente al arte.

Entendiendo la tecnología como una prótesis, es decir, como todo lo que «amplifica» al ser humano y lo «libra» de sus limitaciones orgánicas proyectando su extensión hacia una nueva realidad que podemos denominar como una realidad líquida.

En ese proceso, básicamente autárquico, sin referencias, sin libros y sin ninguna documentación, la intuición se volvió mi única herramienta para percibir la verdadera trascendencia del hecho artístico y su impacto sobre la sociedad.

Eso sí, he contado con ciertos elementos de referencia, como los grandes experimentadores que se reflejan en los libros clásicos de psicología del color provenientes de estudios de autores como Kandinski, la teoría de la Gestalt o la escuela de la Bauhaus. En ellos, por ejemplo, se analizaban el impacto del color y la abstracción en el espectador con técnicas basadas en la observación, la experimentación y el método de «prueba y error», las únicas vías posibles de investigación en su época.

Leyes como la de figura-fondo, la de pregnancia o la de agrupación, los juegos con diferentes perspectivas, o todas las combinaciones provenientes de las diferentes teorías del color, sentaron las bases de un recorrido que posteriormente técnicas mucho más sofisticadas, como las derivadas de la neurociencia, han podido verificar por medios digitales.

El arte en sí mismo considero que siempre ha sido la punta de lanza de la innovación, y constituye un inequívoco «testigo de su tiempo» tanto en sus etapas más clásicas como en las vanguardias

históricas y en el contemporáneo. Quizás nos cueste detectar esa función narrativa desde las nuevas vanguardias actuales, pero yo lo achaco a un problema de falta de perspectiva, ya que la historia nos enseña que siempre ha sido así y, por tanto, creo que solo es cuestión de tiempo.

Como artista a medio camino entre el arte y la ingeniería, siempre me escandalizó el contraste existente entre el «rigor pasional» del artista, donde el método, la búsqueda de la excelencia y en definitiva su vocación en su grado más superlativo lo inunda todo y «el mundo del arte» o «el mercado», un lugar mucho más cuantitativo que cualitativo, donde todos los criterios se conforman por variables como el contexto, la localización geográfica o el acceso a los medios y al beneplácito de las instituciones. El arte actual se ha convertido en un asunto político y de bienes tangibles.

En este punto nació la visión de NeuroCulture como la necesidad de devolverle a la sociedad su instrumento de innovación más importante (el arte) y sentar las bases en cuanto a la creación de objetividad en el «hecho artístico e historicista». Como artista, jamás podría haber expuesto estos conceptos sin la ayuda de un equipo increíble y la colaboración de distintos expertos con un mismo propósito: conocer la pulsión más primaria del ser humano al enfrentarse a una propuesta creativa. Recordemos que «lo artístico» es una de las pocas capacidades intrínsecamente humanas que plantean nuestra singularidad frente al resto de los seres vivos. Una actividad «aparentemente» sin función de utilidad definida y que también «aparentemente» no aporta ningún beneficio directo para nuestra supervivencia.

La primera fase, tras nuestro descubrimiento de la neurociencia, se centró en la búsqueda de experiencias anteriores en el campo artístico. Los primeros pasos fueron bastante penosos, experiencias puntuales entre las que cabe destacar toda la visión del maestro, amigo y creador de la neurociencia António Damásio. De origen portugués, el profesor Damásio dirige

junto a su esposa Hanna el Instituto del Cerebro y la Creatividad, combinando esta actividad con sus clases de psicología en la Universidad de Southern California. Sus estudios han sentado las bases de la neurociencia, que a día de hoy todavía se encuentra en su etapa más embrionaria. Libros como *La sensación de lo que ocurre*, *El error de Descartes* o *En busca de Spinoza* establecieron los principios que todos los neurocientíficos han utilizado como piedra angular de sus trabajos.

Algunas de sus conclusiones, como «Las imágenes que experimentamos son construcciones cerebrales provocadas por un objeto, y no reflejos especulares del objeto» o «Las emociones preceden a los sentimientos» (*En busca de Spinoza*, capítulo 2: «De apetitos y emociones») fueron nuestra inspiración a la hora de crear NeuroCulture.

Siguiendo la inspiración de Damásio, empezaron a realizarse cientos de experimentos entre elementos audiovisuales y neurociencia, dando lugar a líneas de investigación neurocientíficas de muy distinta naturaleza, como el neuromárketing, las experiencias cognoscitivas o la gimnasia mental para trastornos como el obsesivo-compulsivo o el déficit de atención.

NeuroCulture nace para dar objetividad al hecho artístico, como una herramienta que permita a las instituciones culturales cambiar sus estrategias a la hora de medir el rendimiento y la eficacia de su actividad.

Muchas de ellas llamaron nuestra atención y comenzamos a buscar todos los trabajos que se habían realizado aunando el arte con la medición y decodificación de los impulsos neuronales; sorprendentemente, había pocos. Lo primero que localizamos fue una experiencia pionera en Suiza que buscaba analizar las diferentes percepciones de una obra de arte en un entorno segmentado por razas humanas. Para nosotros fue apasionante descubrir que el laboratorio más avanzado del mundo, el CERN, tenía un programa de artistas en residencia con músicos,

escritores, bailarines y creadores contemporáneos, algunos especializados en procesos matemáticos y neurocientíficos, cuya función residía en inspirar a los ingenieros en la búsqueda de soluciones creativas y «out of the box», con el fin de plantear las bases científicas de sistemas nunca antes concebidos.

También tuvimos constancia de la publicación de un artículo en la revista *Frontiers in Human Neuroscience* sobre algunos experimentos realizados por un equipo de la Universidad de Houston y patrocinados por la Fundación Menil, con el fin de medir la actividad cerebral en contexto, como una especie de huida de los entornos asépticos y controlados de laboratorio. José Luis Contreras-Vidal y su equipo buscaban conocer los niveles de activación por géneros, por edades, etc. y pensaron que en un contexto expositivo los resultados serían mucho más ricos que frente a la visión de un elemento audiovisual en el laboratorio, buscando la realimentación en un entorno más real y por lo tanto no completamente controlado.

Estos y otros referentes nos inspiraron para crear NeuroCulture, que en sí mismo no estaba concebido como un estudio de laboratorio, sino como una herramienta que permitiese a las instituciones culturales cambiar sus estrategias a la hora de medir el rendimiento o la eficacia de su actividad.

Neurociencia en España

La neurociencia se encuentra en España en sus albores, aunque mucho más desarrollada en el entorno universitario, donde destacan el máster en Neurociencia de la Universidad Complutense, el doctorado en Neurociencias de la Universidad Autónoma de Barcelona o el trabajo realizado en la Sociedad Española de Neurociencia. Hay también algunos institutos que tienen diferentes proyectos de investigación, como el de la Universidad de Granada o el Basque Center on Cognition, Brain and Language, así como todo

un entramado de pequeñas *startups* muy orientadas al neuromarketing y a experiencias asociadas a fondos institucionales y europeos cuyo fin principal es generar proyectos e investigar en áreas principalmente enfocadas a la salud, el aprendizaje cognoscitivo, las discapacidades o el propio estudio del sistema nervioso asociado al comportamiento humano.

Existen también muy diferentes foros sobre esta temática entre los que destacaría tanto el congreso que organiza la Sociedad Española de Neurociencia como las jornadas sobre el tema organizadas por la Fundación Telefónica. O los increíbles congresos de neuromarketing que organizó Mónica Deza en la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia.

También está disponible el *Mapa de autores en neurociencia* <http://bac.fundaciorecerca.cat/neuroscience>, en el que se pueden documentar algunas de las propuestas más institucionales desde el punto de vista de la investigación en áreas muy diferentes, siendo este el único listado de referencia en España que conocemos.

NeuroCulture mide datos cruzados obtenidos a través de sensores EEG, de un sistema de seguimiento de mirada (eyetracking) y de los biorritmos captados por diversos biosensores.

Dentro de este mar de pequeñas empresas de neurociencia existe un abanico increíble; algunas se dedican a la captación de ayudas para investigar sobre temas «del entorno académico» o dentro de «proyectos internacionales» o «de ámbito europeo» de largo alcance y proyección en el tiempo, y su actividad se suele materializar en un artículo científico (un «paper») y una exposición empírico-analítica que muchas veces ni siquiera es concluyente, ya que proviene de un estudio sumamente especializado con clara vocación investigadora.

Existen también *startups* pequeñas y medianas, muchas veces creadas por investigadores uni-

versitarios que sienten la imperiosa necesidad de llevar a la «vida civil» sistemas que permitan una conversión mucho más directa, específica y gamificada, generando «bug fixes» y versiones beta cada vez más avanzadas. Nosotros nos consideramos incluidos en ese tipo de empresas por dos razones principales: la obsolescencia de la tecnología y la viralidad de la información en un entorno globalizado, así como el hecho de que alejarnos del entorno controlado de laboratorio nos permite que toda la experimentación se realice con sujetos reales y en entornos reales, pudiendo ofrecer resultados mucho más concluyentes y perfectamente comprensibles por parte del profesional que tiene encomendada la tarea curatorial en el entorno museológico.

La introducción de nuevas técnicas de análisis de señales EEG (similares a las que se captan en un encefalograma) en el estudio de la comprensión de la percepción del hecho artístico permite explorar esta percepción humana desde una óptica más científica donde se relacionen grupos de redes neuronales y los consecuentes *feedbacks* captados por los sensores. Los ritmos de disparo neuronal que generan estos grupos pueden conectarse por sincronía formando unidades funcionales transitorias distribuidas en diversas áreas del cerebro y toda esta interrelación es captada por los sensores del EEG. Estos datos, cruzados con los vectores de mirada del sistema de seguimiento de mirada (*eyetracking*) y los biorritmos captados por diversos biosensores, nos dan una serie de *inputs* que, una vez bien cribados y segmentados, con la interpretación adecuada y la eliminación del ruido, nos permiten establecer una serie de relaciones primarias entre el individuo, la obra de arte y el entorno que le da la coherencia expositiva y de *storytelling* asociado al comisariado específico de la exposición.

La comprensión de los mecanismos cognoscitivos

La comprensión de la interrelación entre lo «cognoscitivo primario» o reptiliano y lo

«cognoscitivo aprendido» o adquirido es el verdadero caballo de batalla de la neurociencia, así como la relación entre las estructuras y zonas neuronales en contacto con las áreas de conocimiento del ser humano y la lingüística.

Igualmente, todo lo referente a la comprensión y a cómo el cerebro interpreta los *inputs* externos y los asimila dentro de su propia red de oscilación neuronal, gestionando ese conocimiento adquirido.

Esta dinámica cerebral no solo sienta las bases de la percepción, sino que acota otras estructuras asociativas, como las propias del lenguaje, la asociación entre ideas y todo lo relativo a la constitución de una topografía cerebral.

Los estudios más recientes han denominado como «funciones transitorias» la unión de muchas variables neuronales, asociadas por «ligamiento por sincronía» dentro de la estructura neuronal de actividad eléctrica del cerebro. Esto permite el intercambio de impulsos desde diferentes áreas del cerebro que condicionan toda nuestra experiencia contemplativa de la obra de arte así como de su entorno. Por esta razón, para tratar de medir la respuesta cerebral frente al arte, es indispensable que la diadema neuronal o EEG esté instalada justo encima de los puntos (regiones cerebrales) que deseamos analizar para generar procesos promediados donde la información del primer impulso de la contemplación de la obra nos permita extraer la mayor cantidad de datos de utilidad para la decodificación de la emoción. La coherencia en la utilización de los sensores de registro marca el punto de rigor científico en toda la fase de captación de datos. Aunque también es importante analizar el comportamiento en ambos hemisferios para ver el nivel de sincronía y de actividades en las diferentes áreas del cerebro.

La combinación de metodologías nos permite una mayor precisión a la hora de analizar la experiencia y la utilización de tecnología inalámbrica (*wireless*) y sirve para que la experiencia sea lo

más natural posible, lo que se denomina «entorno ecológico», que luego se coteja frente a una experiencia simétrica realizada en laboratorio.

Para medir la respuesta cerebral frente al arte, es indispensable que la diadema neuronal o EEG esté instalada justo encima de los puntos (regiones cerebrales) que intervienen en las emociones durante la contemplación de la obra.

La modularidad de la tecnología EEG es casi ilimitada: las tecnologías no invasivas están sufriendo una auténtica revolución a escala global, saliendo de los laboratorios e integrándose en entornos más naturales y amigables, en lo cual han colaborado de forma muy activa la tecnología *wireless* o avances como el sensor seco (anteriormente los sensores tenían que ser adheridos a la piel mediante un gel conductor).

Además, gracias a la irrupción de las técnicas de análisis de Big Data, es posible limpiar, procesar y convertir volúmenes de datos en algo fácilmente comprensible, un proceso que hace solo unos años era inasumible.

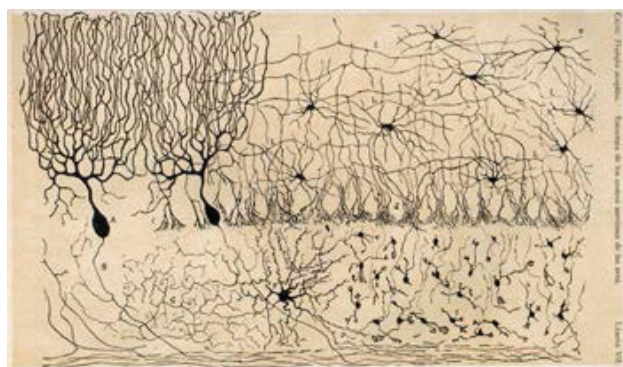
Pero es que, con estos avances, adicionalmente se abre la puerta a nuevos niveles de consciencia de la humanidad a nivel interno y de proyección de la interioridad hacia el exterior o incluso de amplificación del sujeto por medio de sistemas biotecnológicos que nos conducen a un nuevo nivel de consciencia y de comprensión de nuestro entorno, así como de nuestra interioridad.

Se está trabajando con éxito en torno a la transmisión de mensajes por medio de estos sistemas a través de Internet; de hecho, ya se ha logrado transmitir algunas palabras por medio de la red entre dos diademas EEG. En el entorno médico se están dando avances espectaculares, sobre todo en lo referente a la recuperación de la atención en problemáticas neuronales, pero también en otros campos como el *márketing*, el *coaching*, la seguridad o el *wellness* se está alcanzando una precisión desconocida hasta el momento.

Las técnicas se alternan dependiendo del nivel de precisión que necesite el estudio. Las más comunes son la decodificación de señales fisiológicas por medio de biosensores, hardware adaptable de electroencefalografía o gafas de *eyetracking* para medir el momento de atención y los puntos de foco en la contemplación de la obra de arte. Estos sistemas son los que se denominan *wearables*, pero todas estas técnicas se están alternando con otras dependiendo del propósito del estudio. En el entorno neurocientífico actualmente no se desprecia ninguna información que pueda enriquecer el estudio, aunque no provenga de un *feedback* estrictamente neuronal. Por ejemplo, en muchas metodologías se analizan también los microgestos faciales.

Las técnicas más comunes son la decodificación de señales fisiológicas por medio de biosensores, gafas de eyetracking para medir el momento de atención y los puntos de foco en la contemplación de la obra de arte.

No olvidemos que la neurociencia es sumamente reciente. En 1875, Richard Birmick presentó sus hallazgos sobre los fenómenos bioeléctricos en los hemisferios cerebrales de ratones y monos y en 1912 Vladímir Vladimírovich Pravdich-Neminsky publicó el primer encefalograma (EEG), todo ello en animales. No fue hasta 1920 que Hans Berger (1873-1941) comenzó sus estudios sobre electroencefalografía en humanos, posteriormente acotados y enriquecidos por el trabajo del profesor António Damásio y su equipo.



Dibujo de las células de un cerebro de pollo¹, por Ramón y Cajal². Fuente: Wikipedia.

La neurociencia de lo creativo

Más allá de la constatación de que el hecho artístico y su contemplación aportan a la sociedad un activo, existe toda una corriente de investigadores que están indagando en la importancia de los procesos creativos para la resolución de problemas y la percepción de la realidad.

Nosotros, en la experiencia del análisis de la exposición *Momias egipcias* de la Fundación La Caixa, percibimos que el grado de estimulación neuronal detectado al contemplar una obra en su sala junto a otras que la acompañan y referencian dentro del contexto expositivo es mucho más «intenso» que el producido en el laboratorio. En la exposición se generaba un *feedback* neuronal que incluso nos llegó a sorprender, ya que era similar al que provoca un concierto o una buena película de acción. Frente a las mediciones controladas en laboratorio, las registradas en sala presentaban un altísimo grado de activación neuronal.

Este suceso, más allá de lo anecdótico, supuso una gran alegría para el equipo de NeuroCulture, ya que confirmaba varias hipótesis: la primera, que el arte sirve y emociona; la segunda, que somos capaces de introducir en un entorno totalmente subjetivo, como es el arte, elementos objetivos que lo doten de rigor y pongan en valor su valía y su aportación a la sociedad; y la tercera, su funcionalidad instrumental una vez semiautomatizado el proceso, así como su comprensión inteligible por cualquier profesional que no tenga una formación médica o neurocientífica.

Estas experiencias de medición artística nos han hecho preguntarnos sobre la ciencia que se esconde tras un proceso de creación de cualquier índole.

No como un hecho puntual sino como algo integrado en lo cotidiano, espontáneo e inesperado. Y los procesos que llevan a cada persona a tener su pequeño «Picasso interno» en su día a día, como una meta superior a la medición funcional de proyectos artísticos concretos.

Un verdadero potencial en la búsqueda de mejores ideas, más eficientes e innovadoras, ya que la neurociencia puede ayudarnos a desarrollar todo ese potencial a veces oculto, con una especie de «gimnasia para el cerebro».

En los últimos estudios neurocientíficos, dentro de lo que se ha denominado «neurociencia de lo creativo», se están desmoronando ciertos tópicos como que el hemisferio izquierdo es el «creativo», donde se alojan los sentimientos más humanísticos y apasionados, frente al derecho, que actúa como una computadora. Como he comentado más arriba, la interpretación de las áreas del cerebro como unidades definidas e independientes no se sostiene bajo la óptica de los últimos avances.

El hecho creativo se compone de muchas y diferentes ecuaciones cognoscitivas, tanto en el rango consciente como el inconsciente, que se plantean más bien como un equipo que trabaja conjuntamente para controlar la correcta ejecución de la función que se desea realizar.

Estos estudios insinúan que la red creativa se divide principalmente en tres áreas de conocimiento. La primera sería la red dorsal de la atención visio-espacial, que se conforma por la comunicación entre el surco interparietal, que es la segunda, y la zona de los campos oculares frontales, que es la tercera. Es la red que utilizaríamos para resolver el típico test de agudeza de razonamiento espacial-visual (por ejemplo, el test de caras-copas), pero al mismo tiempo implicaríamos partes del cerebro que ponen en juego habilidades más propias del lenguaje, como el área de Wernicke o la de Broca.

Identificar estas redes no solo nos sirve a la hora de seleccionar los puntos de contacto de la diadema para generar las lecturas que posteriormente interpretaremos, sino que también nos ofrece la posibilidad de crear patrones de activaciones y desactivaciones muy útiles a la hora de comprender el proceso creativo.

Esta área de trabajo todavía está llena de incógnitas. Destacan en ella los estudios realizados por investigadores como Rex E. Jung, Brittany S. Mead, Jessica Carrasco y Ranee A. Flores en la universidad de Albuquerque, en Nuevo México (<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00330/full>). Se están sentando las bases de las primeras estructuras, pero la cantidad de variables es casi ilimitada, ya que, al contrario de lo que se pensaba, la estructura de funcionamiento del cerebro es mucho más transversal de lo que se deducía de los primeros estudios realizados.

Se menciona en este estudio un fenómeno curioso que ellos llaman «flow» o estado de flujo, muy característico de las «jam sessions» de los músicos o de los «duelos de gallos» de los raperos, donde se entra en un flujo de improvisación creativa en el que se concatenan conceptos, secuencias que tienen un orden y una coherencia aparentes cuasi en tiempo real, y cómo el área más racional del cerebro gestiona ese flujo puramente creativo para que sea coherente.

Esta investigación plantea cruces de funciones dentro de la estructura de la red neuronal para poder visualizar explosiones creativas en las que lo «nuevo» se liga intrínsecamente al «pasado» y a la lógica de la experiencia.

Esta investigación plantea cruces de funciones dentro de la estructura de la red neuronal donde se alternan funciones antiguas como recuerdos, experiencias u otro tipo de estímulos para plantear la propuesta creativa que se genera con carácter innovador, de modo que, para visualizar estas explosiones creativas, lo «nuevo» se liga intrínsecamente al «pasado» y a la lógica de la experiencia.

Siempre que existe ese «flow creativo» es necesaria la intervención de la red de atención ejecutiva para ordenar esas ideas de forma eficiente. De ahí la dificultad a la hora de establecer el número de áreas cerebrales comprometidas en

cada proceso pudiendo captar y aislar los datos relevantes, despreciado el «ruido».

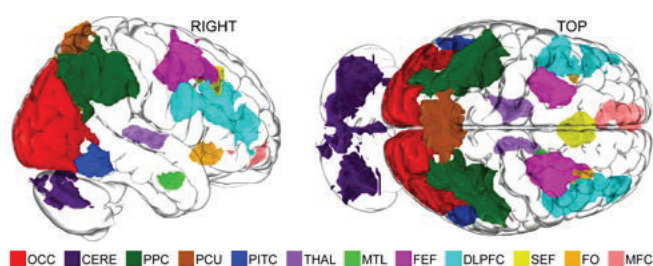
Otra posibilidad consiste en analizar las tres redes primarias de la actividad creativa que identifica el equipo de Jung. Estas redes son las siguientes:

1. Foco ejecutivo (la corteza prefrontal y las áreas posteriores del lóbulo parietal)

Esta parte ordena los conceptos, resuelve los problemas asociados a un razonamiento y ubica cada dato en su red idónea para que la eficiencia del proceso y la capacidad de asociación sean totales. Es la red que nos ayuda a gestionar.

2. Default Network

Es una red implicada en la construcción de estructuras mentales simuladas, totalmente dinámicas y construidas bajo el cimiento de experiencias anteriores, dándonos un abanico de alternativas generado a partir de nuestro propio bagaje personal y cómo lo hemos percibido. Esta red también está presente cuando evocamos el recuerdo de alguien que conocemos, lo que se denomina cognición social. Es la red que nos permite imaginar.



<http://www.kurzweilai.net/where-is-imagination-located-in-the-human-brain>

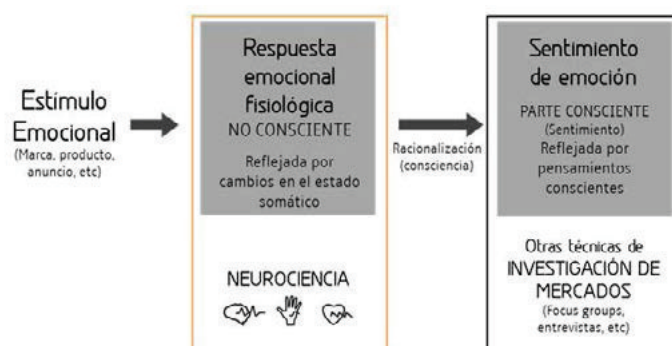
3. Saliency Network

Se trata de la red que combina todos los estímulos para que el flujo de impulsos entre la red ejecutiva y la red creativa (Default Network) sea fluido. Está conformada por la corteza anterior dorsal del cíngulo y la corteza insular anterior.

Una vez descritas las ideas principales que permiten contextualizar este ámbito del arte y la neurociencia, pasemos a describir con más detalle nuestro caso de estudio.

Introducción de la experiencia NeuroCulture: neurociencia y emociones

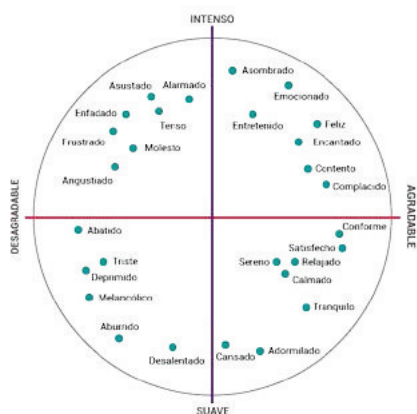
William James, en un artículo científico publicado en 1884 en la revista *Mind*, propuso la idea de que las respuestas fisiológicas y de comportamiento del cuerpo humano preceden a la experiencia subjetiva de las emociones.



Estas respuestas fisiológicas (referidas como «distintas expresiones del cuerpo») muestran patrones diferentes para cada experiencia emocional. Desde entonces, este paradigma ha inspirado a numerosos científicos que han focalizado su investigación en entender la relación entre las emociones y la especificidad de la actividad del sistema nervioso autónomo. Pero primero hay que entender qué se pretende medir (modelo) y cómo se puede medir (actividad que se mide para inferir el modelo).

- Modelo estructural de la emoción: Existen dos alternativas predominantes en el modelo estructural sobre el que se representa la emoción: el modelo discreto (alegría, satisfacción, ansiedad, miedo, etc.) y el modelo continuo de valencia-activación-control («valencia» representa el tono

hedónico positivo-negativo, «activación» es el nivel de excitación y «control» es el nivel de energía). A continuación, en la figura se muestra el modelo continuo emocional básico (valencia-activación) junto con una aproximación a su correspondencia discreta.



- Actividad medida para caracterizar respuestas fisiológicas: Las actividades para caracterizar respuestas fisiológicas más utilizadas por los investigadores son la actividad electrodérmica (EDA), la actividad cardiovascular (ACV), la actividad respiratoria (RA) y la actividad cerebral obtenida por medio de electroencefalograma (EEG) o a través de imagen por resonancia magnética funcional (fMRI).

En la literatura científica se pueden encontrar numerosos artículos que avalan la especificidad de la actividad del sistema nervioso central para construir los modelos emocionales tanto continuo como discreto utilizando medidas de estas actividades (de forma individual o combinada).

Medidas que pueden obtenerse con NeuroCulture

NeuroCulture utiliza un biosensor *wearable* y *wireless* que permite monitorizar de una forma natural dos de las actividades fisiológicas más utilizadas por los investigadores a la hora de discriminar emociones. Más concretamente, es posible monitorizar:

- Actividad electrodérmica (EDA): Se caracteriza por las variaciones en la resistencia eléctrica de la piel, que a su vez depende de la cantidad de sudoración. Las medidas más utilizadas por los investigadores para discriminar emociones son el *skin conductance level* (SCL), *skin conductance response rate* (nSRR) y *skin conductance amplitude* (SCR).
- Actividad cardiovascular (ACV): Se caracteriza por variaciones en el flujo de sangre por las arterias y las venas. Las medidas más utilizadas por los investigadores para discriminar emociones son el ritmo cardíaco (HR), la variabilidad del ritmo cardíaco (HRV) y la presión sanguínea sistólica y diastólica (SBP y DBP).

El biosensor se coloca en las falanges de los dedos debido a que este es el lugar del cuerpo en el que se mide la actividad electrodérmica con mayor fiabilidad. En esta zona, hay una elevada densidad de glándulas sudoríparas y es la posición recomendada por la [Sociedad de Investigación en Psicofisiología](#)³.

Por otro lado, dado que en cualquier estudio los participantes se mueven y esto puede distorsionar las medidas fisiológicas tomadas, se ha incorporado al anillo un sensor de movimiento (acelerómetro de tres ejes) solidario con el resto de los sensores. El innovador diseño del biosensor (una especie de anillo) permite que todos los sensores estén ubicados en el mismo lugar y, por lo tanto, estimar de forma exacta el desplazamiento. Gracias a esto, es posible filtrar el ruido producido en la señal, haciendo posible realizar estudios en movimientos de forma fiable minimizando la pérdida de datos.

Adicionalmente, NeuroCulture utiliza una diadema *wearable* y *wireless* que permite monitorizar de una forma sencilla la actividad cerebral (EEG).

La diadema se coloca alrededor del perímetro craneal y los arcos en las zonas frontal y parietal. Sus sensores están ubicados de tal modo que

permiten medir las respuestas cerebrales en las áreas relacionadas con las emociones y los procesos cognitivos, y no es necesario aplicar sobre ellos ningún gel conductor. El diseño de la diadema asegura la máxima fiabilidad (con una frecuencia de muestreo de 256 Hz), pero sin renunciar a la comodidad al llevarla puesta y a una rápida colocación (se coloca en aproximadamente 120 segundos). Gracias a la diadema es posible monitorizar:

- Valencia emocional: Dirección positiva-negativa de la emoción. Captura el grado de atracción/rechazo emocional, y varía desde un sentimiento «positivo/agradable» hasta uno «negativo/desagradable».
- Atención: Involucración mental. Captura la aplicación voluntaria de la actividad mental o de los sentidos, y varía desde la «mente en blanco» hasta la atención completa.
- *Engagement*: Relevancia personal. Captura la relevancia personal del contenido al que se está prestando atención, y varía desde contenido irrelevante hasta altamente relevante.
- Memorización: Índice de retención. Captura el grado de almacenamiento, codificación y retención en la memoria.

Por último, NeuroCulture utiliza también gafas de seguimiento ocular (*eyetracking*) para obtener información sobre:

- Patrón de atención visual: Zonas de interés visual. Captura los elementos que llaman principalmente la atención y a los que las personas dirigen la mirada.
- Patrón de exploración: Trayectoria de exploración visual. Captura cómo las personas exploran los estímulos por medio de sus patrones de mirada.

Proceso específico de NeuroCulture

Los últimos avances neurocientíficos muestran la importancia de la respuesta emocional en la toma de decisiones⁴. La respuesta emocional de origen fisiológico es inconsciente e incontrolable y genera cambios en el estado somático de las personas.

Esta respuesta fisiológica se produce antes de cualquier proceso racional que involucre un análisis de la situación, del entorno o del contexto. El sentimiento de emoción es la racionalización de la respuesta emocional fisiológica producida cuando entra la racionalización de la situación o del contexto, y ambos conceptos emocionales pueden no coincidir.

Como se ha mencionado previamente, las respuestas emocionales fisiológicas se pueden medir de forma objetiva mediante el uso de metodologías de investigación con origen en las neurociencias. Además, los resultados obtenidos son complementarios a otras técnicas de investigación cualitativas que permiten obtener información sobre el sentimiento de emoción.



Cuando analizamos por primera vez la posibilidad de materializar un sistema que midiese el impacto real de la cultura y el arte en las personas, investigamos las propuestas y tecnologías producidas con este propósito.

Para nuestra sorpresa, constatamos que nadie había considerado que los sistemas de neurociencia pudiesen aportar luz sobre las actividades culturales.

La industria se ha enfocado principalmente hacia sectores como el audiovisual, la medicina o el retail.

NeuroCulture es el primer sistema a nivel mundial de medición del impacto de los productos culturales en el espectador. Para realizar esta función utiliza los más avanzados sistemas de neurociencia, incluyendo el *tracking* ocular, sistemas de posicionamiento (IPS/GPS) y distintos tipos de biosensores.

¿Cuál es el valor cuantificable de la cultura?

Esta es la pregunta tras la que se esconde la visión de NeuroCulture.

Hace seis años, el profesor Ximo Lizana y María Porto tuvieron una idea innovadora nacida de la necesidad de buscar una metodología veraz, creíble, cuantificable y analítica de medir el impacto del arte en el espectador. Dicho impacto se debía medir analizando datos de la incidencia de la cultura en la sociedad y no percepciones empíricas o subjetivas. Esto finalmente permitiría medir el retorno real que generan la cultura o el arte.

La patente de idea inicial fue registrada por Aqualium y desde su dirección se tomó la decisión de que se tratase de tecnología cien por cien española.

NeuroCulture permite medir el nivel de atención y generar un histórico de mediciones que haga posible tener una visión global de la actividad cultural de un espacio expositivo.

Para poder materializar esa visión estableció una unión estratégica con Javier Mínguez Zafra y María López-Valdés, fundadores de una ingeniería pionera que es referencia a nivel europeo en el campo de la neurociencia y el neuromarketing. De la unión entre las dos empresas nació NeuroCulture.

En el momento de la conceptualización de NeuroCulture, el apoyo de la obra social de La Caixa fue fundamental para pasar de lo conceptual a lo real y este proyecto representa una visión pionera a escala global.

NeuroCulture convierte las emociones y la biometría en datos comprensibles

Una de las ventajas más destacables de NeuroCulture es que se trata de un proceso ecológico, en el que el espectador se mueve en completa libertad por el espacio expositivo, sin ningún tipo de condicionamiento. Esta información se coteja con los datos obtenidos en el laboratorio en un entorno controlado, dando lugar a una serie de lecturas que son interpretadas por ingenieros, psicólogos y especialistas de campo.

El resultado es un informe pormenorizado de cuestiones específicas que definen la percepción primaria de la exposición, tanto en el montaje museístico y su conveniencia, como en los aspectos narrativos o emotivos ligados a la cronología de la secuencia de los elementos de la muestra.

La encuesta en la que no se puede mentir

NeuroCulture es capaz de evaluar el *engagement* emocional del conjunto de obras expuestas, la exposición en general y la atención visual, así como el impacto emocional y biológico que esta genera en los espectadores.

Un sistema pensado para dotar a los curadores de una precisión de cirujano

NeuroCulture es un instrumento único en manos de los comisarios expositivos, con el que serán capaces de llevar a un nuevo nivel sus comisariados. Tendrán un equilibrio perfecto entre emoción, conocimiento y precisión, pudiendo formular preguntas enfocadas a problemas

concretos, creando combinaciones entre elementos que se potencien entre sí, o descartando elementos poco representativos para sustituirlos por otros más idóneos.

NeuroCulture permite medir el nivel de atención y buscar formatos que conecten a nivel multi-generacional. Y esto es válido desde para los profesionales más expertos a los nativos digitales. Se puede conocer qué soportes refuerzan el contenido de la muestra, captando la atención y estableciendo una relación bidireccional con el espectador.

El sistema permite generar un histórico de mediciones que haga posible tener una visión global, en perspectiva de la actividad cultural de un espacio expositivo. A la hora de consolidar una estrategia, esta herramienta permite hacer balance más allá del número de visitantes.

El arte es emoción y medirla nos asegura que nos basamos en parámetros reales y que podemos defender la actividad por su carácter social en cualquier foro científico. Sabremos que lo que producimos es de calidad, que genera una pulsión vital en el individuo y cuánta positividad aportamos a la sociedad en datos evaluables, analizables y de sencilla comprensión incluso para los no expertos.

Este sistema permite generar un histórico de mediciones que haga posible tener una visión global de la actividad de un espacio expositivo, lo que permite hacer balance más allá del número de visitantes.

Eficiencia en la utilización de recursos. Intuir el éxito o el fracaso de un producto cultural nos permite tomar decisiones acertadas a la hora de focalizar los recursos en los puntos fuertes del recorrido, poniendo el acento en aquellos elementos que van a generar más actividad emocional en el espectador.

«... el esfuerzo inútil conduce a la melancolía...»
(Ortega y Gasset).

Productos culturales segmentados

La medición nos permite dirigir las exposiciones a un público objetivo, específico, ya que gracias a un piloto se puede conocer el grado de activación generado por la exposición antes de su lanzamiento oficial.

Ese foco puede condicionar las estrategias que se siguen desde la museística del montaje expositivo hasta el foco estratégico de la campaña de comunicación o los talleres didácticos asociados.

La narrativa

La precisión de las mediciones nos permite plantear un «*storytelling* emocional» creando un recorrido experiencial en vez de historicista en las exposiciones.

Podemos saber qué pieza funciona mejor sola y cuál acompañada, qué tipo de información es pertinente y cuál redundante. Qué espacios repercuten negativamente en el visionado y cuáles potencian la emoción del recorrido. El sistema visualiza de forma gráfica los recorridos y los puntos calientes, como se haría con un lineal de supermercado con el fin de ubicar eficientemente un producto.



El caso de estudio

A continuación vamos a describir un ejemplo de experiencia piloto que se llevó a cabo con la exposición *Animales y faraones* de la obra social de La Caixa.

En este caso se trata de un estudio relacionado con el sector de los museos, en el que se pretende evaluar el arte egipcio y donde se contempla una tarea libre en la que el participante recorre el espacio del museo sin restricción temporal.



Para este caso se utilizó la siguiente instrumentación:

- Anillo biométrico: Sistema de medida *wearable* y *wireless* equipado con sensores biomédicos para medir la actividad electrodérmica, el volumen de pulso sanguíneo y el movimiento. Además es un dispositivo wifi que permite monitorizar a múltiples participantes de forma simultánea.



- Diadema EEG: Sistema de medida *wearable* y *wireless* equipado con sensores secos de electroencefalografía para medir la actividad

cerebral. Además es un dispositivo wifi que permite monitorizar a múltiples participantes de forma simultánea.



- Software de análisis: Software profesional de diseño y ejecución de estudios que sincroniza los dispositivos de biometría (anillos y diademas).

Protocolo experimental

Los participantes saben que van a participar en un estudio de evaluación de una experiencia, pero no conocen el objetivo concreto del estudio (se les informa, si lo desean, al acabar el mismo). Dichos participantes son instruidos para que realicen la visita de la forma más natural posible.

En la siguiente sucesión de gráficas, se presentan distintos resultados de este estudio. Por ejemplo, analizamos el espacio expositivo en su conjunto: puntos calientes de paso, atención y finalmente activación, con el fin de generar una visión global del grado de activación que producen las dos salas seleccionadas para el estudio.

El protocolo experimental se divide en dos estudios separados y posteriormente contrapuestos, el primero «in vitro» en un entorno controlado,

con el fin de cotejar con el segundo, que es un estudio «natural» en el espacio expositivo.

El estudio arrojó en sus conclusiones que la experiencia es vivida con mucha más intensidad en el espacio expositivo que en el entorno controlado visualizando imágenes en una pantalla. Pero fue más sorprendente comprobar que el grado de activación de una exposición es algo superior al que produce una película o un contenido multimedia.

Análisis de datos

El análisis de la señal registrada por los sensores es totalmente individualizado (mediante la autocalibración estadística y el aprendizaje de la respuesta emocional de cada participante). Para este proceso se utilizan modelos computacionales. Una vez obtenidos los parámetros de emoción de las tareas en evaluación y de comparación para cada participante, los resultados se agregan para obtener un resultado conjunto.



Las ventajas de este análisis frente a la estadística clásica son:

- Alta precisión y fiabilidad en las decodificaciones emocionales.
- Alta especificidad de los resultados con muestras pequeñas (aproximadamente N=10 participantes en tareas libres).
- Posibilidad de realizar análisis segmentados guiados por los datos de los participantes.

Métricas y representaciones gráficas del estudio

Este estudio se centró en el análisis de las siguientes métricas:

Métricas emocionales

Activación emocional: mide el nivel emocional por unidad de tiempo de ejecución. Varía del reposo a la excitación.

Impacto emocional: mide las variaciones emocionales intensas por unidad de tiempo.

Tiempo de ejecución: mide la duración en segundos de cada tarea.



Métricas de comportamiento

Densidad de paso: métrica que indica las zonas visitadas por más sujetos sin importar el tiempo que estén detenidos.

Punto de interés: métrica que representa la cantidad de tiempo que los participantes pasan en las distintas zonas de la exposición.

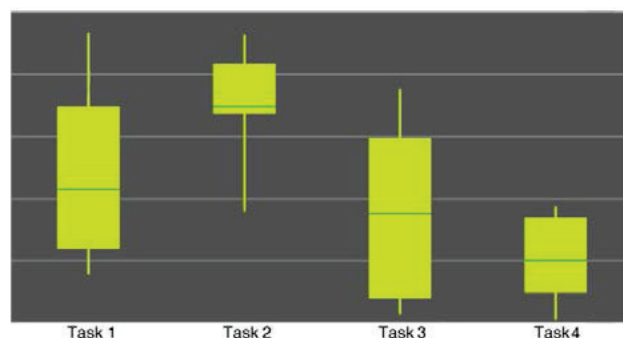
Para este estudio se utilizaron las siguientes representaciones gráficas, en las que se muestra la respuesta de los sujetos a cuatro tareas (*task*) que se les encomendaron a los visitantes de la exposición (estas gráficas se actualizan en tiempo real):



Comparativa de activación emocional

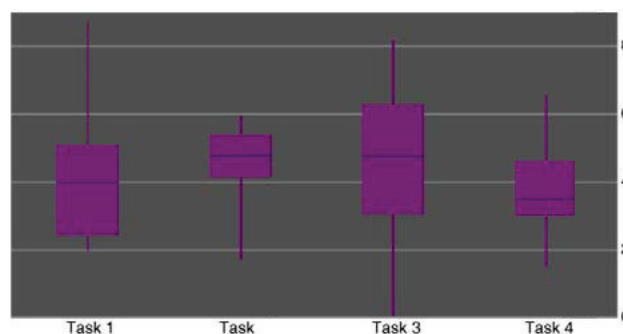
Esta gráfica permite comparar los niveles de activación emocional, su mediana, máximo,

mínimo y los percentiles 75 y 25. Esta medida no tiene unidades, pero sirve para comparar relativamente la intensidad emocional entre las tareas.



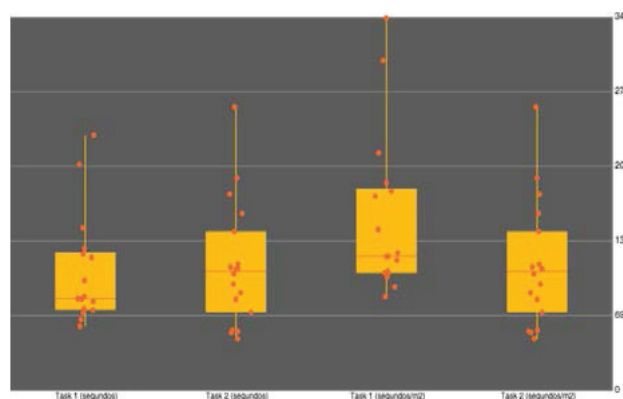
Comparativa de impacto emocional

Esta gráfica permite comparar los niveles de impacto emocional, su mediana, máximo, mínimo y los percentiles 75 y 25. Esta medida no tiene unidades, pero sirve para comparar relativamente la intensidad emocional entre las tareas.



Comparativa de tiempo de ejecución

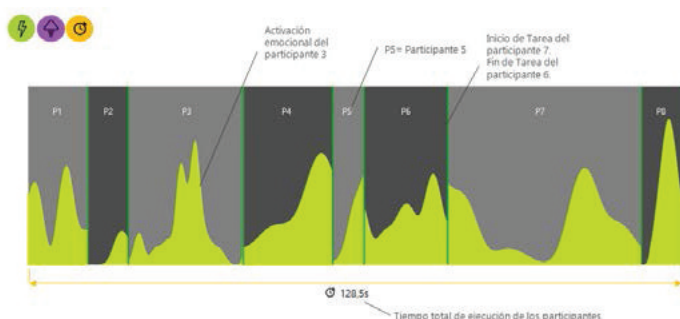
Esta gráfica permite comparar la distribución del tiempo de ejecución y del tiempo de ejecución



relativo a la superficie para cada tarea con respecto a parámetros como su mediana, máximo, mínimo y los percentiles 75 y 25. La graduación de la gráfica está en segundos y segundos/m² (normalizados) y se pueden comparar resultados entre las tareas.

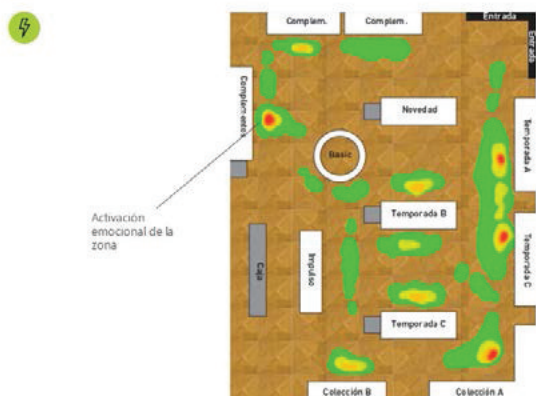
Dinámica de activación emocional

Esta gráfica permite observar la evolución de la activación emocional de cada participante y aporta información de las zonas con mayor impacto. Además, permite ver las variaciones en el tiempo de ejecución.



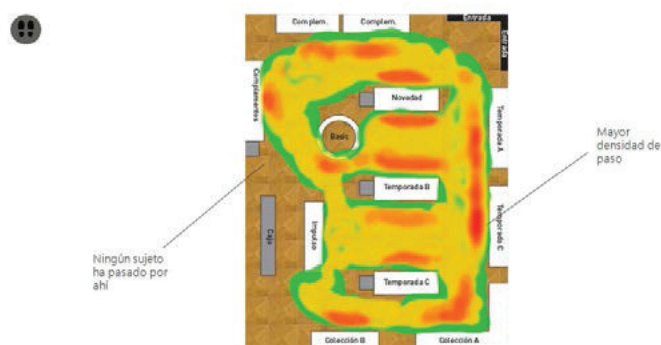
Mapa de activación emocional

Este mapa permite ver representados los espacios con mayor activación emocional. Las zonas en rojo son las de mayor activación (en este caso y los siguientes, el gráfico corresponde a un ejemplo no de arte, sino de un espacio comercial, para la medición de la eficiencia de los flujos de tránsito entre los distintos puntos de venta).



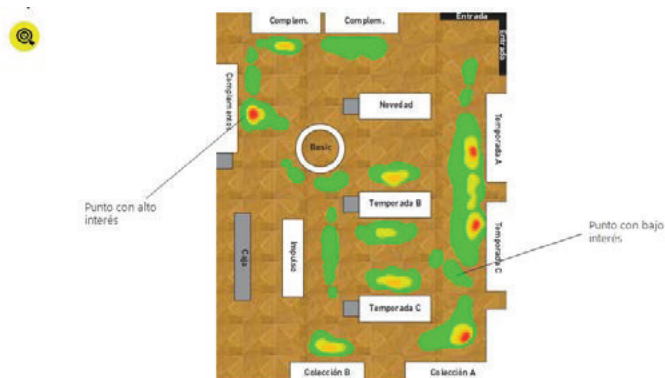
Mapa de densidad de paso

Este mapa permite ver representados sobre el plano del punto de venta los espacios con mayor densidad de paso. Las zonas en rojo son las de mayor densidad de paso.



Mapa de puntos de interés

Este mapa permite ver representados sobre el plano del punto de venta los espacios que suscitan mayor interés, ya que los sujetos pasan un mayor tiempo en esas zonas. Las zonas en rojo son las de mayor interés.



Interpretación de los resultados cuantitativos

Tras el análisis global de los espacios, existe otra fase del estudio donde se analiza cada pieza individualmente y su interrelación dentro del marco global conformado por las otras piezas. Esto permite dar respuesta por medio de análisis a preguntas puntuales formuladas desde la óptica museística especializada.

Detalles como la disposición de la obra o el impacto emocional causado en determinados segmentos de edad o género abren un abanico de infinitas posibilidades limitadas únicamente por las preguntas «útiles» que el comisario de la exposición considera de interés para crear la composición y el contenido lo más eficientemente posible.

A modo de conclusión

En el mundo de la neurociencia es sumamente complicado encontrar resultados concluyentes que puedan ser utilizados por neófitos en la materia. Esto se debe, por un lado, a la gran cantidad de información que hay que procesar y por otro a la ausencia de datos concluyentes asociados a estas preguntas especializadas.

NeuroCulture se ha centrado en unir a los especialistas en arte con los expertos en neurociencia, dando lugar a una serie de cuestionarios de tremenda utilidad a la hora de ejecutar proyectos concretos, y que al mismo tiempo permiten una visión de conjunto del proyecto y de la trayectoria de la línea museística.

NeuroCulture permite responder a distintos tipos de preguntas. A continuación se presentan varias de ellas y los resultados que se obtuvieron:

¿Activan más las visitas en grupo con guía o las realizadas en solitario?

Comparativa activación emocional laboratorio vs museo

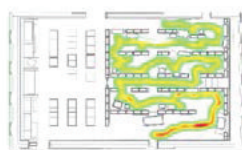
Activación media con guía:
1.67 Activación media con audioguía:
3.01 Activación media en solitario: 7.84

MUY IMPORTANTE

Más datos: Al ver los vídeos, el que va con guía se ve que como hay más gente en el grupo y no está cerca del guía, se distrae y mira otras cosas. Los de audioguía se quejaron de que había muy pocas obras explicadas.



Activación con guía: Empiezan muy activados y luego pierden interés...



Activación con audioguía: Empiezan también muy activados y luego pierden interés...

De las piezas de pequeño formato, ¿cuál es la que más ha activado? ¿Es el hipopótamo o el halcón?



La obra que más activa, posiblemente por sus restos de policromía y su nivel de detalle, es el halcón.



Esta obra, aun siendo emblemática, tenía una activación media. Se decidió estudiar colocarla sola en la próxima exposición, ya que se trata de una pieza de referencia en algunos museos del mundo y sin embargo aquí su relevancia fue menor.

¿Ha habido emociones negativas? ¿Dónde?

No las hubo en un porcentaje representativo.

¿Las piezas que están en vitrina activan menos que las que están expuestas sin vitrina?

Activación media de obras en vitrina: 5,41

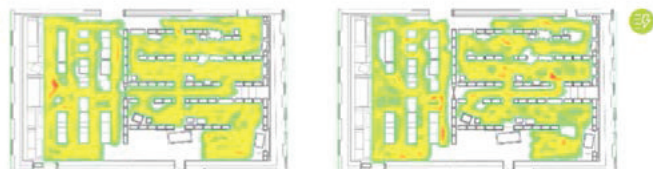
Activación media de obras al aire: 5,77

Hombres o mujeres, ¿qué grupo lo vive con más intensidad?

Como se puede ver en el siguiente gráfico, las mujeres mostraron una mayor activación y por tanto lo han vivido con mayor intensidad.

Hombres

Mujeres



Como se puede comprobar, NeuroCulture pretende ser una herramienta de alta utilidad en la toma de decisiones a la hora de valorar los componentes emocionales en un proyecto expositivo. Esta tecnología está en constante evolución y ya estamos trabajando en mejoras tanto a nivel hardware como software, además de en otros aspectos como la formulación de cuestiones específicas y la automatización de resultados. El objetivo último es generar una herramienta analítica gamificada en la que el gestor cultural pueda realizar sus propios estudios.

Referencias de interés

Christie, I. C., y Friedman, B. H. (2004), «Autonomic specificity of discrete emotion and dimensions of affective space: a multivariate approach», *International Journal of Psychophysiology* 51, pp. 143-153. http://www.vu-ams.nl/fileadmin/user_upload/publications/Christie_Friedman_2004.pdf

Friedman, B. H. (2010), «Feelings and the body: The Jamesian perspective on autonomic specificity of emotion», *Biological Psychology* 84 (3), pp. 383-393. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19879320>

Harmon-Jones, Eddie, Gable, Philip A., y Peterson, Carly K. (2010), «The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion-related phenomena: A review and update», *Biological Psychology* 84 (3), pp. 451-462. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301051109001823>

James, W. (1884), «What is an emotion?», *Mind* 9, pp. 188-205. <http://mind.oxfordjournals.org/content/os-IX/34/188.full.pdf>

Kim, K. H., Bang, S. W., y Kim, S. R. (2004), «Emotion recognition system using short-term monitoring of physiological signals», *Medical & Biological Engineering & Computing* 42, pp. 419-427. <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02344719>

Kreibig, S. D. (2010), «Autonomic nervous system activity in emotion: A review», *Biological Psychology* 84 (3), pp. 394-421. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030105110000827>

Lisetti, C. L., y Nasoz, F. (2004), «Using non-invasive wearable computers to recognize human emotions from physiological signals», *EURASIP Journal on Applied Signal Processing* 11, pp. 1672-1687. <http://asp.eurasipjournals.com/content/2004/11/929414>

Nasoz, F., Álvarez, K., Lisetti, C. L., y Finkelstein, N. (2003), «Emotion recognition from physiological signals for presence technologies», *International Journal of Cognition, Technology and Work*, Special Issue on Presence, 6 (1). <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10111-003-0143-x>

Paltoglou, Georgios y Thelwall, Michael (2013), «Seeing Stars of Valence and Arousal in Blog Posts», *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 4, n.º 1, pp. 116-123. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/T-AFFC.2012.36>

Picard, R. W., Vyzas, E., y Healey, J. (2001), «Toward machine emotional intelligence: Analysis of affective physiological state», *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23 (10), pp. 1175-1191. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=954607&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D954607

Van Dooren, M., De Vries, J. J. G., y Janssen, J. H. (2012), «Emotional sweating across the body: Comparing 16 different skin conductance measurement locations», *Physiology & Behavior*, 106 (2), pp. 298-304. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031938412000613>

<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00330/full>

Notas

1. <https://es.wikipedia.org/wiki/Pollo> ◀
2. https://es.wikipedia.org/wiki/Santiago_Ram%C3%B3n_y_Cajal ◀
3. <http://www.sprweb.org/> ◀
4. António Damásio, *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y de los sentimientos*, Barcelona, Crítica, 2005. ◀