

Aportaciones de la tecnología neuro a la docencia experimental

Contributions of neuro technology to experimental teaching

RESUMEN

Nuestro trabajo parte del uso de las herramientas de neurotecnología en estudios universitarios de postgrado. En el hacemos una breve de historia del comienzo y de la extensión del uso de la neurotecnología no solo en el ámbito clínico, sino en otros campos como el del neuromarketing; y en este contexto advertimos de los problemas deontológicos que pueden aparecer. La metodología consiste en la descripción de las herramientas usadas en el aula y las consecuencias de su uso continuado a lo largo de siete años. Comprobamos como los propios alumnos generan los mecanismos científicos adecuados para entenderlas y usarlas. Planteamos la discusión de cómo el uso de estas herramientas genera trabajos científicos, como pruebas piloto que podrían aplicarse a grandes investigaciones. Como fruto de lo precedente hemos llegado a la conclusión de que el uso de estas herramientas aplicadas en la docencia aumentan la atención del estudiante, generan mayor participación, facilitan la memorización y fomentan el debate y la resolución de cuestiones por autoaprendizaje; al tiempo que ofrece la ventaja de reducir el absentismo en el aula y la disminución del uso de artefactos inductores a la distracción como el teléfono móvil, etc. La dinámica de las clases se vuelve más participativa, con aparición de círculos de discusión sobre diversos temas. Además, la duración de la sesión pasa de dos horas en las clases teóricas a tres y hasta tres horas y media, y a pesar de ello sigue manteniéndose la atención e interés del alumno.

ABSTRACT

Our work is based on the use of neurotechnology tools in postgraduate university studies. In it we make a brief history of the beginning and the extension of the use of neurotechnology not only in the clinical field, but in other fields such as neuromarketing; and in this context we warn of the deontological problems that may appear. The methodology consists of the description of the tools used in the classroom and the consequences of their continued use over seven years. We check how the students themselves generate the appropriate scientific mechanisms to understand and use them. We raise the discussion of how the use of these tools generates scientific works, such as pilot tests that could be applied to large investigations. As a result of the above, we have come to the conclusion that the use of these tools applied in teaching increases student attention, generates greater participation, facilitates memorization and encourages debate and resolution of issues through self-learning; while offering the advantage of reducing absenteeism in the classroom and reducing the use of distraction-inducing artifacts such as mobile phones, etc. The dynamics of the classes become more participatory, with the appearance of discussion circles on various topics. In addition, the duration of the session goes from two hours in the theoretical classes to three and up to three and a half hours, and despite this, the attention and interest of the student continues to be maintained.

Palabras Clave / Keywords

Neurotecnología, docencia, aula, atención, memoria, GSR, Eyetrack, FX, EEG, VR
Neuromarketing

Neuro technology, teaching, classroom, attention, memory, GSR, Eyetrack, FX, EEG, VR
Neuromarketing

1. Introducción

La incorporación de modernas neuro-tecnologías como ayuda a la docencia y el debate originado entre los partidarios y detractores de las mismas, recuerda lo sucedido durante los años ochenta del pasado siglo con el desarrollo de las tecnologías del medio audiovisual y su aplicación a la enseñanza, nos referimos a los tiempos en que se popularizó el video, lo que permitió su utilización en la docencia, no sin encontrarse con la resistencia de los partidarios de una formación basada solo en los medios tradicionales de aprendizaje que tenían como eje la memorización.

También la aparición de la calculadora en el aula de matemáticas supuso inicialmente un choque con el argumento de que los estudiantes no aprenderían las reglas básicas de la aritmética.

Más todos esos temores se ha evidenciado que son infundados, ya que resulta evidente que la incorporación de ayudas tecnológicas, ahora de neurotecnología, hace aumentar la participación y las capacidades del alumno, dejando los temas más mecánicos, menos creativos, en un segundo plano.

Tras siete años de docencia experimental realizada en el máster de Neuromarketing de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), podemos afirmar que la eficacia de la combinación del conocimiento teórico impartido por el profesor en la clase, con las lecturas y ejercicios que realizan los estudiantes para después proceder a la experimentación con equipos de tecnología avanzada, intentando validar una hipótesis por medio de los equipos puestos a su disposición y bajo la supervisión de un profesor o técnico de laboratorio, demuestran que la metodología utilizada ha sido la adecuada.

2. Estado de la cuestión. El cerebro cuando era una pirámide inexpugnable

«Si pudiéramos modificar inteligentemente los mecanismos cerebrales, las consecuencias serían mucho más importantes que las de prolongar la duración media de la vida o limitar la natalidad, puesto que influir sobre los procesos mentales significa controlar el origen de todas las actividades humanas». (Delgado, 1972. P. 294)

Este autor fue un pionero en la implantación cerebral de electrodos en determinadas zonas del cerebro, la técnica se utilizó al principio para tratar de controlar determinados tipos de epilepsias. Posteriormente se utilizaba para estimular determinados núcleos cerebrales en los que se podían producir estímulos de inhibición o activación, provocando diversas actitudes y conductas en los sujetos de experimentación. En los comienzos de la investigación se utilizaron cables para conectar los electrodos implantados en el cerebro con el aparato generador de los estímulos. Posteriormente esto se hacía por medio de ondas electromagnéticas, es decir, vía radio. La cita que ponemos al comienzo de la segunda parte de este trabajo es muestra de que el investigador español era consciente de las posibilidades que abrían esas técnicas y las derivas de todo tipo (ético-sociales) que se producirían con ellas. Es más, este autor, en su obra, hacía toda una serie de consideraciones filosóficas y sociales de controvertida aceptación. Francamente nosotros invitamos a la lectura de ese libro, pues permitirá tener una más amplia perspectiva del pasado y si cabe del presente, de los intentos tanto de conocer cómo funciona el cerebro y de su manipulación en el sentido más estricto del término.

En el caso concreto de las investigaciones de Delgado, ese era uno de los caminos por el que se podía acceder a la manipulación directa del cerebro, pues permitía que la conducta del individuo fuera directamente manejada. A fin de cuentas se podía convertir en la práctica al individuo en un autómatas. Otro de los medios con los que se puede actuar sobre el cerebro sería con la psicofarmacología. Con tales sustancias, los psiquiatras han logrado producir en las enfermedades psiquiátricas, estabilizaciones, remisiones y curaciones que no hace muchos años no tenían solución.

La otra perspectiva de actuación sobre el cerebro, si cabe llamarla así, era la de estudiarlo en vivo, pero hasta el nacimiento de la tecnología adecuada como veremos más abajo, el cerebro solo se podía estudiar *post mortem*, o todo lo más, cuando a los individuos les ocurría una enfermedad o accidente cerebral que provocaba graves cambios en su personalidad. Recuérdese el célebre caso de Phineas P. Gage, a quien un grave accidente de trabajo provocó que una barra de hierro atravesara su cerebro por un lugar determinado, el individuo no murió, pero sufrió gravísimos cambios de personalidad (Serfaty, 2010)¹. Y como líneas atrás hemos escrito, por fin, no hace muchos años, se pudo lograr un viejo sueño que albergaban varias especialidades médicas: Psiquiatras, neurólogos, etc., que era el de observar el cerebro en vivo mientras está en funcionamiento y esto fue posible con las técnicas de Resonancia Magnética.

Desde el punto de vista médico, amén de lo que más atrás hemos dicho de que solo era posible el estudio cerebral *post mortem* o en excepcionales casos de graves accidentes o determinadas enfermedades cerebrales. Se utilizaban para efectuar diagnósticos de enfermedades cerebrales, las radiografías del cerebro con o sin contraste, y la electroencefalografía, de prioritario empleo en las epilepsias.

Pero, fueron los físicos Rabi, en 1938 y años después, en 1946 Bloch, Mills y Purcell quienes advirtieron que determinados núcleos atómicos podían absorber radiofrecuencia cuando se les colocaba en un campo magnético de determinada potencia, logrando la resonancia de esos núcleos y su identificación. Con ello se podía estudiar moléculas y tejidos orgánicos. En 1971 el norteamericano Dr. Raymond Damadian hace una demostración evidenciando que se podía usar la resonancia magnética para el estudio de los tejidos humanos y detectar tumores. En 1972 crea el primer prototipo de aparato de RNM. Posteriormente, otro investigador norteamericano Paul Lauterbur, crea una técnica para generar imágenes de la resonancia

magnética en dos y tres dimensiones y en 1973 el físico inglés Mansfield mejora la técnica del anterior, lográndose reproducir las imágenes magnéticas en segundos y apareciendo mejor definidas.

Con la aplicación de la RNM a la medicina, se podía observar el cerebro *in vivo*. La técnica consistía en que, por medio de la RNM, se comprobaba cómo determinadas regiones cerebrales estaban funcionando por el mayor flujo de riego sanguíneo que estaban recibiendo en ese momento, hecho que podía ocurrir en determinados pacientes como los obsesivos, cuando estaban «en acción» con sus rituales, pero obviamente la mayoría de las funciones cerebrales o mentales podían estudiarse de esta forma.

Que se abría un nuevo mundo con esta técnica, al margen del estrictamente médico puede observarse en el trabajo que en el año 2005 se publica en la revista norteamericana *Journal of neurology*, cuyo título sería en castellano: *La recompensa, motivación y sistemas de emociones asociadas con el estadio inicial del amor romántico*. (Fisher, A, et al. 2005). La investigación fue llevada a cabo con 10 mujeres y siete hombres que estaban muy enamorados. Los examinados eran sometidos a la visión de una fotografía de la persona amada durante un intervalo de tiempo, a continuación, se distraía al investigado con otra actuación inesperada del investigador, que distraía su atención, le decía que hiciera un cálculo mental por ejemplo y después le mostraban la foto de algún allegado familiar. Durante esta actuación se comprobaba que, cuando el sujeto de experimentación contemplaba la foto de su ser amado se activaban aquellas zonas cerebrales que se asocian con la producción de dopamina, y eran estas la zona ventral tegmental (AVT) y el núcleo caudado. Lo llamativo era que el núcleo caudado que estaba en el hemisferio derecho del cerebro se mostraba más activo cuanto más enamorado/a estaba el/la sujeto de investigación. También se activaban significativamente otros núcleos cerebrales como la ínsula, el *putamen* y el *globus pallidus* izquierdo cuanto más enamoramiento mostraban los sujetos. Los investigadores también llegaron a la conclusión de que en esa fase del amor romántico se activaban áreas cerebrales subcorticales con estrecha relación con los sistemas de premio y motivación (Autor 200. P. 101).

Como puede deducirse, lo precedente no evidencia más que una de las múltiples posibilidades que pueden obtenerse aplicando esta metodología de la RNM. En lo que atañe a campos tan interesantes de cómo puede afectar a temas volitivos, de deseo o motivación desde la perspectiva de esta base neurofisiológica y de dinámica cerebral recordaremos ahora la importancia y significado de un núcleo cerebral. Nos estamos refiriendo al núcleo *Accumbens*, que es parte de los ganglios basales del cerebro. El citado núcleo junto al bulbo olfatorio componen la parte ventral de Cuerpo Estriado. Aquí se produce un neurotransmisor el GABA (Ácido hidroxigamaaminobutírico). La importancia de esta sustancia es que actúa en los circuitos de retroalimentación inhibitoria del sistema nervioso central. Pues bien, sobre esta base se llevaron a cabo unos estudios con unos cien voluntarios. Y lo que se comprobó fue que ese núcleo *Accumbens*, considerado el lugar del ansia o del deseo, se activaba significativamente cuando el individuo sentía el deseo intenso de algo: alcohol, tabaco, sexo, etc. En los estudios concretos que se hicieron promovidos por un publicista avisado M. Lindstrom se dio la circunstancia de que aparecieron hallazgos paradójicos, pues a aquellos voluntarios que eran fumadores habituales, se les hacían las advertencias propias de que el tabaco mata, de que produce muchas enfermedades, etc, es decir, la típica propaganda negativa que se viene poniendo ahora en las cajetillas de tabaco. Pero en aquel momento, los investigados no se dejaban intimidar por las advertencias mortales a las que podían verse abocados de seguir con el hábito, muy al contrario se observaba una activación mayor del núcleo *Accumbens*, lo que quería decir que tenían un deseo mayor de fumar. Luego la propaganda negativa era inútil o perjudicial para disuadir a los fumadores (Lindstrom 2010. P. 45).

Y en esa línea, este autor que venimos mencionando hace referencia a una investigación de R. Montague, director de un centro de neuroimágenes en Houston. El trabajo consistía en aclarar las preferencias de los usuarios sobre la Coca-Cola respecto a la Pepsi-Cola, utilizando la RNM se evidenciaba que se activaba el *putamen* ventral, hecho que sucede cuando se está reconociendo un sabor agradable, los estudios de Montague ponían en evidencia que los sujetos de experimentación alcanzaban un porcentaje de preferencias de la Coca-Cola respecto de la Pepsi-Cola de un 75 por ciento, pero es que además del núcleo anterior se activaba también la corteza prefrontal interna, considerada ésta zona cerebral como el lugar donde se efectúan los análisis de posibilidades y la elección entre varias. Lindstrom en ese trabajo que había publicado en la red y luego aparecerá en su libro, pone una cita de Montague que nosotros añadiremos aquí por lo que de significativa es para el tema que estamos tratando:

«... había dos zonas del cerebro comprometidas en una lucha de fuerzas entre el pensamiento racional y el emocional y que, durante ese milisegundo de lucha e indecisión, las emociones se sublevaban como soldados amotinados para vencer la preferencia racional a favor de Pepsi, y era en ese preciso instante que vencía la Coca-Cola» (Lindstrom, 2010. P. 37).

Hay sentimientos básicos en el individuo que se consideran desde siempre como conformantes de la personalidad y claves para la trayectoria existencial. Nos estamos refiriendo a los sentimientos religiosos. Es más, en estos tiempos somos testigos de cómo la exacerbación de los mismos en determinadas religiones están llevando al individuo a una conducta de agresividad y crueldad que se creía propia de la Edad Media. Las religiones suelen contar con diez componentes básicos: «sentido de pertenencia, visión clara, poder sobre los enemigos, atractivo sensorial, narrativas, grandeza, evangelismo, símbolos, misterio y rituales» (Lindstrom, 2010. P. 119). Pues bien, en los estudios de experimentación con RNM hecha para Lindstrom con voluntarios por la Dra. Calvert se comprobó que la actividad cerebral que desarrollaban los voluntarios cuando observaban imágenes de «marcas Fuertes»: Apple, Ferrari, etc., era similar al de aquellas personas que se encontraban en oración o contemplación de imágenes religiosas o símbolos propios de su religión. De todas formas, debe remarcarse que se activaba la corteza orbitofrontal inferior media, a la que se considera ligada con emociones o sentimientos de gratificación. Anexos a esta región y a los efectos de los sentimientos religiosos en estudios experimentales también hechos con la RNM, se encuentran el núcleo caudado, participante en emociones de alegría, serenidad, etc., y la ínsula relacionada con sentimientos espirituales.

Otro de los mecanismos que es clave en nuestros hábitos de compra, pero también para otras conductas humanas de importante repercusión social son los provocados por las llamadas neuronas espejo. Rizzolatti, Gallese y Fogassi fueron los investigadores que las descubrieron. En 1996, en un artículo en la revista *Brain*, dan cuenta de este hallazgo y años después en 2004 y 2005, Rizzolatti y Fogassi publicaron más trabajos sobre el tema en las revistas *ARN* y *Science*. La clave de la importancia de estas neuronas es que son las que producen o provocan mecanismos de imitación y sentimientos o emociones de empatía. Los lugares anatómicos donde se encuentran tales neuronas serían la corteza frontal inferior y la corteza parietal inferior.

«Algunas de las ideas que subyacen a esta investigación son que esas neuronas crean conceptos abstractos de determinados actos psicomotores que el individuo observa hacer a sus congéneres. En consecuencia, esas neuronas ayudan a aprender imitando la acción que está llevando a cabo otro individuo, pero también se ponen en acción cuando el propio sujeto de experimentación está realizando un acto, ahora bien, lo llamativo del hallazgo ha sido que se activaran sin estar efectuándose una acción. En una palabra: las neuronas espejo actuaban simbólicamente, llevando a cabo `mentalmente` la acción que el sujeto de experimentación estaba viendo hacer a otro individuo» (Autor et. al. 2011. P. 249).

Como se recordará, uno de los elementos claves en la decisión de comprar o de votar es la imitación. Recuérdese la teoría del caballo ganador al que suelen apuntarse muchos electores en una época electoral y que se utiliza para explicar el porqué de los triunfos de determinados partidos políticos en un momento dado. Y a todo esto si añadimos que esas cortezas cerebrales citadas anteriormente están en aquellas partes del cerebro como son la zona ventral tegmental (AVT) y el núcleo caudado que, como escribimos más atrás, son productoras de dopamina y que, como es sabido, este neurotransmisor es el productor de la sensación placentera y de felicidad intensa; es el neurotransmisor del placer, como lo han definido algunos autores. Los elementos de la trama están pues descritos, así que con ese mecanismo de las neuronas espejo no solo se activan los mecanismos de imitación, sino que también o a la vez el individuo siente una sensación de alegría al realizarlos. Se gratifica en consecuencia la toma de decisiones en las compras o en la elección de un candidato echando un voto en la urna.

A continuación, y teniendo en cuenta todo lo precedentemente apuntado, llevaremos a cabo una exposición de cómo se puede hacer una aplicación práctica de nuestros conocimientos teóricos.

3. Material y método

Todos estos avances que hemos ido desgranando en el estado de la cuestión, han llegado a los distintos ámbitos de la vida cotidiana y de una manera muy fructífera a la educación. En concreto desde el año 2015 en la Universidad Autónoma de Barcelona y en concreto en el Máster de Neuromarketing que en esta universidad se imparte.

Los estudiantes participan en el diseño experimental de una investigación aplicada sobre la conducta de varios sujetos de estudio, elegidos entre ellos mismos o estudiantes de otros

cursos que se ofrecen como voluntarios sanos, Siguen todo el protocolo ético de consentimiento informado, autorizaciones, etc. y los estudiantes pasan a desarrollar la parte de captación de datos por medio de los equipos que tienen a su disposición. Algo primordial teniendo en cuenta que lo que se investiga en muchas ocasiones son aspectos muy personales, como es el comportamiento inconsciente. Los alumnos son **advertidos de** la importancia moral y legal de respetar informaciones privadas.

El objetivo es una formación en el aula con experimentación, para que el estudiante obtenga resultados y conclusiones en un piloto que reproduce todo el procedimiento aplicado en la experimentación real.

Tanto los equipos como la forma de afrontar la docencia y experimentación son extremadamente cuidados. La tecnología utilizada en el aula por los estudiantes la componen cinco equipos de precisión para estudiar el comportamiento frente a varias situaciones.

Eyetrack, FX, GSR, EEG, RV y el software de integración.

Figura 1. Equipos neurotecnológicos empleados en la docencia experimental



3.1. El **Eyetrack** o seguimiento Ocular.

Permite observar con exactitud dónde mira el sujeto de estudio, a efectos de conocer el comportamiento atencional, la preferencia frente a varias opciones en formas, colores, o por la temática del estímulo audiovisual utilizado.

Es un instrumento de gran aceptación en sus dos principales presentaciones- La barra integrada en el equipo de exposición de un estímulo, normalmente un ordenador, aunque también puede ser un móvil, *tablet* o incluso la pantalla de televisión o de cine. También con las gafas de seguimiento ocular, que permite el desplazamiento, posibilitando estudios de conducción en el coche, o de compra de productos en el punto de venta, aunque no sea posible sumar los resultados de diferentes sujetos de estudio al no estar sincronizado el estímulo en todos ellos, puesto que en cada momento los sujetos ven cosas distintas, dependiendo de su propia elección.

3.2. La **FX** expresión Facial.

Es otro equipo que se pone a disposición de los estudiantes. El reconocimiento electrónico de la expresión facial permite, por medio de micro expresiones o de más evidentes rasgos faciales, conocer las emociones que despierta un estímulo, normalmente audiovisual, aunque puede ser de otra naturaleza incluso en la interacción con otras personas.

Hemos de hacer constar que lo ideal es poder realizar el sumatorio de los resultados de varios sujetos de estudio por momentos, es decir dividiendo el total de la exposición al estímulo durante milisegundos, a efectos de poder observar patrones de reacción en cada fracción de tiempo, elaborando una gráfica. Eso tan solo puede hacerse cuando el estímulo que se utiliza en cada sujeto es exactamente el mismo, por lo tanto, un estímulo grabado previamente. Y es necesario contar con un equipo de sincronización al milisegundo que evita el desplazamiento del estímulo a otro momento.

La expresión facial indica las emociones básicas: alegría miedo, desagrado, asco, etc. así como emociones secundarias. Ello puede ayudar a entender la reacción de diferentes grupos de personas por género, edad, o por especialización frente a un estímulo y ver si existen

diferencias sin necesidad de que sea expresado verbalmente, evitando la ocultación o el disimulo por razones éticas, ideológicas o de otra índole.

También puede existir una expresión de miedo y ansiedad, por ejemplo, frente a la imagen de un parto y de alegría como consecuencia del nacimiento. Y no se encuentra en contradicción, sino que demuestra cómo puede variar la conducta emocional del sujeto en un corto periodo de tiempo y la derivada de una situación de congoja respecto a la alegría incontenible.

Todos estos datos se recogen informáticamente y puede aplicarse la estadística a los resultados para elaborar conclusiones

3.3. El GSR o respuesta galvánica.

Es el método para medir la diferencia de conductividad de la piel por medio de unos electrodos aplicados en los dedos, que son sensibles a la carga emotiva que siente el sujeto de estudio, frente a un estímulo sensorial. Al oír una música, oler una comida, ver unas imágenes, puede medirse numéricamente el grado de emotividad que está registrando, ofreciendo un resultado fiable sobre la aceptación o el rechazo.

Este equipo de precisión neurológica, permite a los estudiantes hacer un diseño experimental y conocer los resultados segmentando una muestra poblacional.

La *galvanic skin response* (GSR) ofrece resultados con latencia de dos segundos frente al estímulo, el tiempo de poder reaccionar orgánicamente y ser captado por el equipo. Tiene gran precisión de medida, estableciendo una escala de intensidad se puede transformar en un gráfico.

3.4. La realidad Virtual VR

Esta técnica en sus distintas variedades, realidad aumentada, etc. resulta una técnica de extraordinaria capacidad inmersiva, que sustituye el entorno real por uno digital que permite simulaciones sin riesgos en el caso de aprendizaje de conducción de trenes, grúas, etc., e incluso permite aportar soluciones a personas con discapacidad que carecen de la posibilidad de desplazarse a determinados entornos, o en internamiento ofrece la percepción de realidad más lograda, con la tecnología disponible en la actualidad.

Puede incorporarse el seguimiento ocular y el GSR en este equipo.

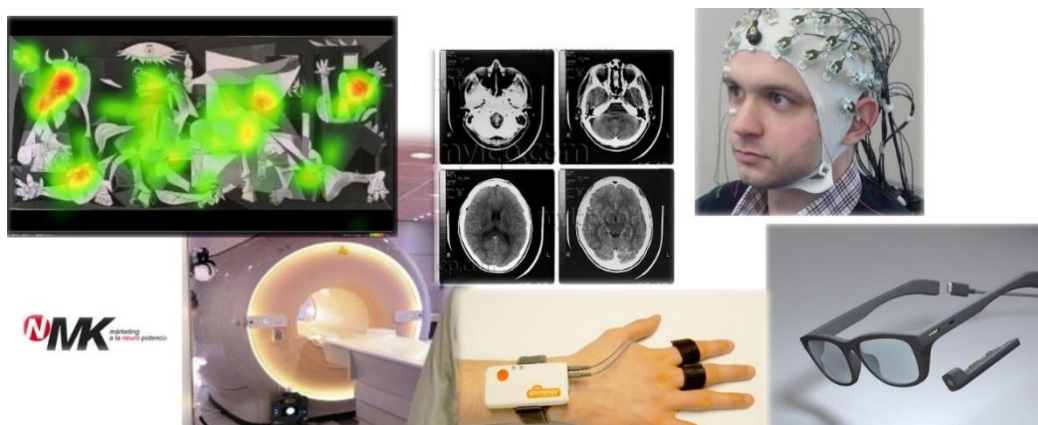
Figura 2. Utilización de Realidad Virtual. Un ejercicio durante la clase.



3.5. Electroencefalografía EEG.

Se trata de una técnica habitualmente empleada en la clínica para conocer patologías de la función cerebral, en especial la epilepsia, pero puede emplearse para conocer la conducta del consumidor en conocer de forma anticipada la elección entre dos opciones. Este método demuestra que la toma de decisiones se realiza en un estadio previo a la conciencia por parte del sujeto. Permite también experimentar con la carga cognitiva y con la impresión positiva frente a un estímulo, que como en los anteriores equipos, es conveniente utilizarlos con una N de unos 30 sujetos para poder establecer resultados y conclusiones a las que aplicar la estadística.

Figura 3. Diversos resultados y equipo neurotecnológico usado en el aula.



3.7. RMfC (Resonancia magnética funcional)

El máster también da la posibilidad de conocer de manera práctica esta técnica e incluso aplicarla a alguno de los Trabajos de Fin de Máster. Pero esta técnica corresponde al ámbito sanitario y es muy costosa. La mayoría de los trabajos que se plantean no requieren de ella.

Los propios alumnos buscan las referencias y explican de que se trata este método en sus trabajos finales:

«Se trata de una técnica de neuroimagen capaz de detectar los cambios fisiológicos ocurridos en el cerebro relacionados con procesos mentales (Armony, Trejo-Martínez, & Hernández, 2012). Se basa en el estudio del nivel de oxigenación de la sangre: contraste BOLD (*Blood Oxygenation Level Dependent*). La señal BOLD detecta aumentos locales en la oxigenación de la sangre consecuencia de la acción de un neurotransmisor y que reflejan la señalización local neuronal y la actividad neuronal. Tiene una resolución espacial del orden de milímetros y una resolución temporal muy buena, de pocos segundos. La señal BOLD se basa en las diferentes propiedades magnéticas de la oxihemoglobina (oxyHb) y la deoxihemoglobina (deoxyHb). La primera es diamagnética, aumentando la señal y la deoxyHb es paramagnética y suprime la señal. De manera que cuando hay aumento de la actividad cerebral, la relación entre la deoxyHb y la oxyHb cerebral disminuye, aumentando localmente la oxyHb en el lugar donde hay dicho aumento e incrementando la señal de resonancia (Matthews & Jezzard, 2004).» (Lenz et al. 2016).

4 Discusión y conclusiones.

Después de siete años aplicando estas tecnologías en la docencia, hemos observado que ofrece una mejor implicación atencional por parte del estudiante, al tiempo que supone la participación del propio estudiante en la docencia, consiguiendo mejor memorización y permanencia del aprendizaje, fomentando el debate y generando la duda y la resolución de cuestiones con auto convencimiento.

El absentismo en el aula se ve reducido y los distractores como el móvil o la música por los cascos disminuyen al aumentar la atención como consecuencia del interés.

La dinámica de las clases se vuelve más participativa, los corros entre estudiantes más que separarlos de los demás, se convierten en círculos de discusión sobre los temas que se desarrollan en el aula.

Figura 4. Estudiantes exponiendo sus trabajos de investigación en congresos internacionales en Italia y en Andorra.



Además, se ha realizado un aumento de la duración de las clases. Las sesiones teóricas que realizamos no superan las dos horas, mientras que cuando implementamos las tecnologías descritas, la duración es de tres a tres horas y media, manteniendo la atención y concluyendo la clase con un debate entre los propios estudiantes, sobre los hallazgos que han conseguido. Y en algunas ocasiones se ha solicitado más clases.

La consideración hacia el profesor también se ve beneficiada consiguiendo una mejor puntuación en las sesiones con tecnología que en las exclusivamente teóricas, a excepción de algún profesor de gran prestigio.

A parte de los resultados en el aula, lo más llamativo de este curso de postgrado han sido los trabajos de fin de máster que se llevan produciendo desde su primer curso. Los alumnos han aprendido la utilización de las herramientas de neurotecnología y durante las sesiones prácticas han conseguido un adiestramiento de las mismas que les ha permitido preparar unas condiciones experimentales basadas en un objeto de estudio elegido y consensuado como grupo. Este máster versa sobre neuromarketing. Pero lejos de lo esperado, los temas que se han tratado durante estos siete años van más allá de la mercadotecnia o sobre ámbitos del negocio entendido desde el punto de vista clásico.

En este enlace el lector puede ver la gran variedad de temas que se han elegido:

<https://labcss.com/webpdf-final/>

TFM /	Herramientas neurotecnológicas con las que cuenta master usadas en los tfm					
	Eyetrack	Fx facial	GSR	VR	EEG	Otros
1		Si				
2					Si	
3	Si					(RMfC).
4	Sí					
5					Si	
6	Si					(RMfC).
7	Si		Si			(RMfC).
8	Si					
9	Si	Si	Si			
10	Si	Si	Si			
11	Si					
12	Si					
13			Si			
14					Si	

15	Si	Si	Si			
16	Si	Si				
17	Si	Si	Si			
18						(RMfC).
19			Si		Si	(ERPs)
20		Si	Si			
21	Si	Si	Si			
22			Si			
23	Si					
24	Si		Si			
25	Si	Si	Si			
26	Si					
27	Si		Si			
28	Si					
29	Si		Si			
30	Si		Si		Si	
31	Si		Si			

Nota. Trabajos de Fin de Máster y las herramientas neurotecnológicas usadas.

Siendo un ejemplo de cómo la aplicación de las neurotecnologías ha amplificado los campos de interés de los alumnos y produciendo una mayor experiencia instrumental de los mismos.

En el *call for papers* de este número se hacían una serie de preguntas sobre el uso de la neurotecnología en el aula. Todas estas preguntas han sido tratadas y respondidas en los siete años de máster, algunas de ellas generando más preguntas y a su vez, nuevas vías de investigación que harán que este joven campo de la aplicación de las neurotecnologías pueda ser llevado a otros ámbitos educativos cercanos o lejanos.

Este es el panorama que se nos plantea con esta tecnología aplicada al conocimiento humano, las derivas pueden ser múltiples. De hecho, con nuestro trabajo solo hemos querido poner en evidencia aspectos de nuestra conducta social, y personal que pueden ser modificados o conocidos. Y todo esto unido a lo que el mundo de lo que representa estos avances en la neurotecnología y su aplicación en el aula, sobre todo para que al edificar este nuevo edificio cuyos materiales extraemos de ambos campos, es decir el de la inteligencia social y el de las neurociencias, el futuro de la humanidad alcance el anhelo más humano: la felicidad o por lo menos la aproximación a la misma.

Así pues, la incorporación a ayudas a la docencia se nos ha revelado un factor diferencial, altamente valorado por los estudiantes que desean participar en la adquisición de conocimientos aplicables, que puedan tener una traslación al mundo del trabajo, donde se imponen el resultado y el *savoir faire*. Conviene desechar los miedos y frenos a esta nueva tecnología, en ocasiones considerada intrusiva, recordando que ello depende del uso que se le otorgue. En la era de la inteligencia artificial surgen nuevos retos en la formación que han de ser afrontados con valentía, sin los miedos de aquellos que se sienten superados.

Al final, la formación es anticiparse a las necesidades del futuro.

Notas

1. Documental *Neuromarketing, des citoyens sous influence* de Laurence Serfaty se nos ofrece una recreación en animación de cómo fue el accidente de Phineas P. Gage y su repercusión en las neurociencias. En el minuto nueve y treinta y cinco segundos.

Referencias.

Añaños, E. (2011). Impacto visual y fijación ocular de la publicidad no convencional (PNC) televisiva en los jóvenes y en la gente mayor. *Quaderns del CAC*, 83-95.

Añaños, E. (2015). EyeTracker Technology in Elderly People: How Integrated Television Content is Paid Attention to and Processed. *Comunicar*, 23(45), 75-83. doi: <http://dx.doi.org/10.3916/C45-2015-08>

Arizpe, J.M., Noles, D.L., Tsao, J.W., y Chan, A.W.-Y. (2019). Eye Movement Dynamics Differ between Encoding and Recognition of Faces. *Vision*3(1), 9. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/vision3010009>.

Armony, J. L., Trejo-Martínez, D., & Hernández, D. (2012). Resonancia Magnética Funcional (RMf): Principios y aplicaciones en Neuropsicología y Neurociencias Cognitivas. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 36-50.

- Asp, E., Manzel, K., Koestner, B., Cole, C. A., Denburg, N. L., & Tranel, D. (2012). A Neuropsychological Test of Belief and Doubt: Damage to Ventromedial Prefrontal Cortex Increases Credulity for Misleading Advertising. *Frontiers in Neuroscience*, 1-9.
- Bericat, E. (2012). Emotions. *Sociopedia*, 1(13). <https://doi.org/10.1177/205684601361>
- Cohen L. B. (1972). Attention-getting and attention-holding processes of infant visual preferences. *Child Development*, 43(3), 869-79. <https://doi.org/10.2307/1127638>
- De Balanzó, C & Sabaté, J. (2019). Neurociencias y publicidad: la nueva frontera de la persuasión. *Nous Formats en Creativitat Publicitaria*, 11, 909-923.
- Ellis, H.D., Shepherd, J.W., y Davies, G.M. (1979). Identification of familiar and unfamiliar faces from internal and external features: some implications for theories of face recognition. *Perception*, 8, 431-439. <https://doi.org/10.1068/p080431>
- García Fernandez, J.V. (2008) *Del fracaso amoroso. de la belleza, de la modernidad*. KRK Ediciones.
- García Crego J. / García Fernandez J.V. (2011). *Teorías y técnicas de manipulación humana*. Editorial Fragua.
- Greene, J. D., Nystrom, L. E., Engell, A. D., Darley, J. M., & Cohen, J. D. (2004). The Neural Bases of Cognitive Conflict and Control in Moral Judgment. *Neuron*, 44(2), 389-400. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2004.09.027>
- Hannula, D. E., y Ranganath, C. (2009). The eyes have it: hippocampal activity predicts expression of memory in eye movements. *Neuron* 63, 592-599.
- Hannula, D.E., Althoff, R.R., Warren, D.E., Riggs, L., Cohen, N.J., y Ryan, J.D. (2010). Worth a glance: using eye movements to investigate the cognitive neuroscience of memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 166. Recuperado de <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00166>.
- Jack, R., Garrod, O., & Schyns, P. (2014). Dynamic Facial Expressions of Emotion Transmit an Evolving Hierarchy of Signals over Time. *Current Biology*, 24(2), 187-192. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.11.064>
- Lenz, R / Robles Almenta, A. / Sanz Martos, A. B. / Zilli, E. (2016) *Influencia de la publicidad engañosa en adultos mayores en España*. Trabajo fin de máster. Universidad Autónoma de Barcelona. No publicado. <https://labcss.com/webpdf-final/xpdfs/TFM-25.pdf>
- Lindstrom, M. (2010). *Buyology*. Ediciones Gestión 2000.
- Matthews, P. M., & Jezzard, P. (2004). Functional magnetic resonance imaging. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 6-12.
- Morgado Bernal, I., & Orts, A. C. (2017). *Emociones corrosivas: cómo afrontar la envidia, la codicia, la culpabilidad, la vergüenza, el odio y la vanidad*. Ariel.
- Pascalis, O. & Kelly, D. J. (2009). The Origins of Face Processing in Humans: Phylogeny and Ontogeny. *Perspectives on Psychological Science*, 4(2), 200-209. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6924.2009.01119.x>
- Rodas, J.A. & Montoya-Restrepo, L.A. (2019). Medición y Análisis de Anuncios Publicitarios en Televisión con base en las Herramientas Seguidor-de-Visión y Lector-de-Rostro (EyeTracking y FaceReader). *Información tecnológica [online]* 30 (2), 3-10. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200003>
- Rodríguez Delgado, J.M. (1972). *Control físico de la mente*, (hacia una sociedad psicocivilizada). Espasa-Calpe, S.A. *Ibíd*em, pág.294.
- Zanin, L., Gil, E., & Bortoli, M. (2004). Atención y memoria: su relación con la función tiroidea. *Fundamentos en Humanidades*, V (10), 31-42.

Películas, Documentales:

Serfaty, L (Director) (2010). *Neuromarketing, des citoyens sous influence*. Altomedia/ Canal + /Planète & Planète no limit.

Trabajos de Fin de Máster estudiados.

1. Técnica instrumental de neuromarketing para pymes. Facial Coding Questionarie (2015-16)
2. Encantado de equivocarte: las emociones y la confianza en la toma de decisiones complejas y con límite temporal desde una visión del neuromarketing (2015-16)
3. Diseño de investigación: Análisis y modificación de un anuncio para mejorar su rendimiento (2015-16)
4. Importancia del diseño de la etiqueta del café (2015-16)
5. Eficacia publicitaria a través de la alta carga de elementos metadiscursivos. (2015-16)
6. Influencia de la publicidad engañosa en adultos mayores en España (2015-16)
7. Compras online en redes sociales influenciadas por estímulos sonoros (2016-17)
8. La venta empieza desde afuera análisis sobre la atención visual y memoria generada por diferentes tipos de escaparates en el sector de moda y tecnología (2016-17)
9. Análisis biométrico de los anuncios true-view in stream de Youtube (2017-18)
10. El efecto del envase en la percepción del sabor de la cerveza (2017-18)
11. Impacto del efecto halo en el juego del ultimátum: ¿Es una buena impresión suficiente para tolerar ofertas económicas injustas? (2017-18)

12. Visibilidad de la publicidad en el exterior e interior de los trenes de los FGC (2017-18)
13. Audio branding: una forma de transmitir valores y personalidad de una marca (2018-19)
14. Predicción de la decisión de compra y modulación de la actividad neurofisiológica relacionada con los gustos y las preferencias de los productos (2018-19)
15. Sesgos cognitivos en los perfiles de linkedin Influencia de la foto de perfil en la decisión en la selección de persona (2018-19)
16. ¿Cuánto vale una celebridad? (2018-19)
17. Elementos y recursos en la comunicación de una promoción, que la hacen más efectiva (2018-19)
18. Los estímulos olfativos como reforzamiento de la memoria a corto plazo (2019-20)
19. Influencia de las estrategias positivas y negativas sobre la efectividad de las campañas de marketing de las organizaciones no gubernamentales en términos del comportamiento de las personas (2019-20)
20. Creación, aplicación e integración de una melodía en un logo representativo de una marca de carácter digital Glovo y Netflix (2019-20)
21. La eficacia del *product placement* en los *Esports*. (2019-20)
22. Efecto de las campañas de concienciación medioambiental sobre la sensibilización y habituación de la respuesta emocional a estímulos relacionados (2020-21)
23. Estudio mediante *Eye Tracker* sobre el etiquetado Natural *Branding* aplicado a frutas (2020-21)
24. La Interacción con Humanos Virtuales y su Efecto en la Receptividad y el Recuerdo: Un Estudio Piloto (2020-21)
25. ¿Hay diferencia entre la respuesta declarada y no declarada frente a estímulos sexistas? Análisis de anuncios publicitarios sexistas con biosensores (2020-21)
26. La eficacia comunicativa de los prospectos farmacéuticos (2021-22)
27. La publicidad intrusiva en el recuerdo de marca e intención de compra. El efecto de la irritabilidad producido por los anuncios de YouTube en el recuerdo de marca y la intención de compra de los receptores (2021-22)
28. Influencia del sesgo de autoridad en la percepción del producto (2021-22).
29. El efecto del tono emocional de las campañas medioambientales en la intención de compra de productos ecológicos de gran consumo (2021-22)
30. Emoción, atención y memorización en campañas de sensibilidad social mediante realidad virtual en video 360°
31. Entre la sorpresa y las mociones: El arte a través de la Inteligencia artificial.