

Red.escubre

Boletín de noticias científicas y culturales



Publicación semanal
Del 15 de diciembre de 2015 a enero de 2016



Nº 64



La física cuántica plantea un problema irresoluble

El problema del gap espectral, una cuestión central en física cuántica y de partículas, no tiene solución de forma general. Un grupo de investigadores de la Universidad **Complutense**-Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), del *University College of London* (UCL), y de la Universidad Técnica de Múnich, han demostrado en un artículo publicado en *Nature* que aunque se disponga de una descripción completa de las propiedades microscópicas de un material, no siempre se puede predecir su comportamiento macroscópico. Es la primera vez que se demuestra este tipo de limitación fundamental en un problema físico importante.

Contenido

Ciencia

La física cuántica plantea un problema irresoluble **2**

Menos es más: pulsos láser ultracortos sub-dos ciclos ópticos **4**

(Año internacional de la luz)

Antropología

Apenas queda rastro genético de los cimarrones en sus descendientes **7**

Pedagogía

El fenómeno viral del bolígrafo verde **9**



El fenómeno viral del bolígrafo verde

¿Puede el color de un bolígrafo mejorar el aprendizaje y la autoestima infantil? En los últimos meses se ha convertido en viral una técnica de aprendizaje que no es nueva. **Tatiana Ivanko** enseña caligrafía a su hija destacando con un bolígrafo verde las letras y bolitas que le han salido bien, en lugar de tachar en rojo los errores. ¿El color verde es el responsable de este aprendizaje motivador o también influyen otros factores, como la cercanía materna?

Red.escubre Ciencias

Prueban que un problema de física cuántica es irresoluble

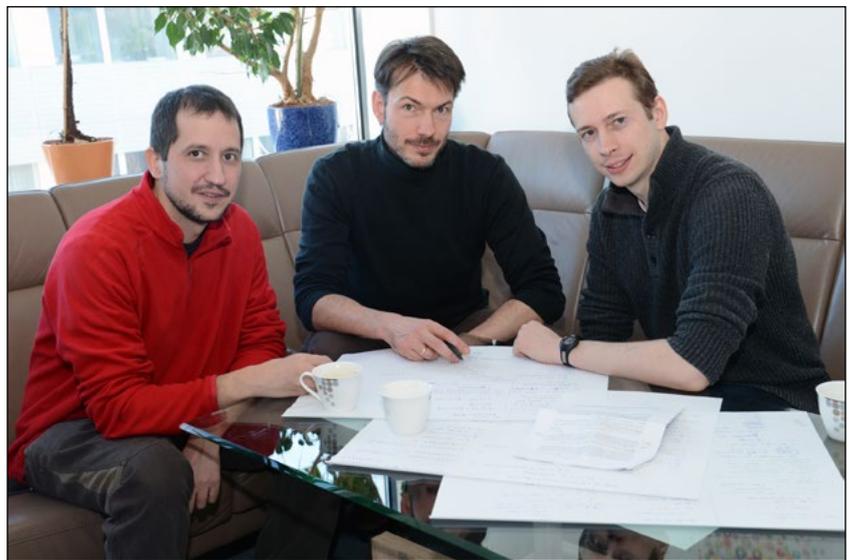
El problema del gap espectral, una cuestión central en física cuántica y de partículas, no tiene solución de forma general. Un grupo de investigadores de la Universidad Complutense-Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), del University College of London (UCL), y de la Universidad Técnica de Múnich, han demostrado en un artículo publicado en *Nature* que aunque se disponga de una descripción completa de las propiedades microscópicas de un material, no siempre se puede predecir su comportamiento macroscópico. Es la primera vez que se demuestra este tipo de limitación fundamental en un problema físico importante.

El gap espectral representa la energía necesaria para transferir un electrón de un estado de baja energía a un estado excitado. Por ejemplo, un gap espectral pequeño es la propiedad central de los semiconductores. De forma similar, esta cantidad juega un papel importante en muchos otros materiales. Cuando el gap espectral se hace pequeño, es decir, se cierra, el material puede cambiar a otro estado totalmente diferente (lo que ocurre, por ejemplo, cuando un material se convierte en un súper conductor).

“La posibilidad de extrapolar la descripción microscópica del material a las propiedades del sólido es una de las herramientas más importantes en la búsqueda de materiales superconductores a temperatura ambiente o con otras propiedades de interés”, afirma uno de los autores del estudio, **David Pérez García**, investigador de la Universidad Complutense y miembro del ICMAT. El estudio publicado en *Nature* muestra una limitación fundamental en este enfoque. Usando matemáticas sofisticadas, los autores han demostrado que, aun disponiendo de una descripción microscópica completa de un material cuántico, determinar si tiene o no gap

espectral es un problema indecible.

“Alan Turing es conocido por su papel en la descodificación de la máquina Enigma”, cuenta **Toby Cubitt**, investigador del University College of London (UCL) Computer Science, también autor del resultado. “Pero dentro de la comunidad matemática e informática, es mucho



David Perez-Garcia (ICMAT-UCM), Michael M. Wolf (TUM) y Toby S. Cubitt (UCL) hoy en la Facultad de Matemáticas de la TUM – Imagen: Andreas Battenberg / TUM

más famoso su trabajo en lógica: demostró que algunas preguntas matemáticas son indecibles. Es decir, no son ni ciertas ni falsas. Simplemente están más allá del alcance de las matemáticas.

Es la primera vez que se demuestra este tipo de limitación fundamental en un problema físico importante

Nosotros hemos demostrado que el gap espectral es uno de esos problemas, lo que significa que no puede existir un método general para determinar si un sistema, descrito mediante la mecánica cuántica, tiene o no tiene gap espectral. Esto limita el alcance que pueden tener nuestras predicciones de los materiales cuánticos, e incluso de la física de partículas elementales”.

Un millón de dólares que ganar

El problema más famoso sobre el gap espectral es determinar si la teoría que gobierna las partículas elementales de la materia (el llamado modelo estándar de la física de partículas) tiene un gap espectral. Los experimentos de física de partículas, como los que se desarrollan en el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas Elementales), y las simulaciones en supercomputadores, indican que sí existe, en este caso, un gap espectral. Sin embargo, todavía no hay una demostración matemática de la cuestión, conocida como la conjetura del salto de masa de Yang-Mills. Quién la encuentre recibirá un millón de dólares de premio del Instituto Clay de Matemáticas, que seleccionó el problema como uno de los siete problemas del Milenio.

“Hay casos particulares del problema que sí tienen solución, aunque la formulación general sea indecible, por lo que aún es posible que alguien gane el millón de dólares. Pero nuestro resultado abre la posibilidad de que algunos de los grandes problemas de la física teórica no tengan solución”, añade el investigador **Toby Cubitt** (UCL).

“Desde los trabajos de Turing y Gödel en la década de 1930 se sabe que, en principio, podían existir problemas indecibles”, afirma **Michael Wolf**, investigador de la Universidad Técnica de Múnich. *“Pero, hasta el momento esto solo afectaba a la teoría de la computación y la lógica matemática más abstractas. Nadie había considerado seriamente que estas ideas pudieran afectar al corazón de la física teórica”,* prosigue. *“Desde una*



Imagen de Alan Turing en la Universidad de Surrey

perspectiva filosófica, el resultado también cuestiona la visión reduccionista de la realidad, porque la dificultad insalvable del problema radica en pasar de la descripción microscópica a las propiedades macroscópicas”.

No todo son malas noticias

“Pero no todo son malas noticias”, afirma **David Pérez-García** (UCM-ICMAT) *“Nuestros resultados también predicen la existencia de sistemas cuánticos con propiedades no observadas todavía. Por ejemplo, nuestro trabajo muestra que el añadir una sola partícula a un cúmulo de materia puede, en principio hacer cambiar radicalmente sus propiedades. La historia de la física nos enseña que, a menudo, propiedades nuevas y exóticas como esta se traducen, antes o después, en avances tec-*

nológicos”, concluye.

Ahora, los investigadores quieren ver si sus resultados se pueden extender más allá de los modelos matemáticos artificiales sobre los que han trabajado, a materiales cuánticos más realistas que puedan producirse en el laboratorio.

Referencia

Toby S. Cubitt, David Pérez-García, Michael M. Wolf, ‘Undecidability of the Spectral Gap’, se publicará en Nature el 10 de diciembre de 2015 y está embargado hasta las 1800 London time / 1300 US Eastern Time del 10 de diciembre de 2015.

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad español (MINECO), el gobierno regional de Madrid, el European Research Council (ERC), la John Templeton Foundation, y la Royal Society (UK).

Menos es más: pulsos láser ultracortos sub-dos ciclos ópticos



AÑO INTERNACIONAL
DE LA LUZ
2015

Desde su invención por **Theodor Maiman** en 1960 [1] no ha habido ningún periodo en el que pareciera que esa peculiar herramienta, el láser, ya no tenía más aplicaciones, ya fueran científicas, tecnológicas o industriales. Hoy en día la situación es igual. Aún no se ve el límite.

El láser es una fuente especial de radiación electromagnética que, a diferencia del máser, su homólogo en la zona de las microondas, no existe de forma natural en el universo. Es el control ejercido por una cavidad óptica de espejos sobre la emisión de fluorescencia de un medio lo que logra

que el sistema cambie su tipo de emisión de espontánea a predominantemente estimulada. Esto tiene como consecuencia que el dispositivo emita radiación electromagnética coherente, ondas en una oscilación perfecta del campo electromagnético (figura 1a). Hay dos líneas principales de desarrollo de láseres, no totalmente disjuntas entre sí. Por un lado se han desarrollado láseres cada vez más potentes, con el objetivo de tener más vatios, más energía en menos tiempo. Este tipo de láseres es más propio de grandes instalaciones y en la actualidad ya existen láseres de Petavatio (10^{15} vatios por pulso) y hay proyectos para instalaciones aún más potentes, entre las que podemos destacar el proyecto europeo ELI (Extreme Light Infrastructure) [2], reflejo del liderazgo que tiene Europa en el desarrollo de láseres y sus aplicaciones.

Por otro lado, la tecnología fue permitiendo que la radiación fuera pulsada, alcanzando sucesivamente el régimen de microsegundos, nanosegundos (10^{-9} s), picosegundos (10^{-12} s) y hoy en día femtosegundos (10^{-15} s) (Fig. 1b). Estos últimos tienen duraciones del orden del inverso de la frecuencia de oscilación del campo eléctrico en la zona del espectro visible que es de 10^{14} Hz. En esta zona temporal hablamos de óptica ultrarrápida. Eligiendo materiales con un espectro de fluorescencia ancho y controlando la dispersión total en la cavidad se han desarrollado láseres que emiten pulsos cada vez más cortos, hasta lograr que el campo eléctrico no llegue siquiera a efectuar un par de ciclos en su oscilación (Fig. 1c). Son los denominados láseres sub-dos ciclos ópticos. Hoy en día, el material que más prestaciones da para este tipo de láseres es el Titanio:Zafiro ($\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$), un cristal de zafiro (Al_2O_3) dopado con iones de titanio (Ti^{3+}) que emite desde 650 nm a 1100 nm, con máximo a aproximadamente 800 nm. Un pulso de luz a 800 nm y dos ciclos de oscilación dura sólo 5.3 fs. Son los eventos físicos más rápidos que puedan hacerse y medirse* y superan con mucho la rapidez de las medidas temporales que pueden hacerse con técnicas electrónicas. Si esta excepcional fuente de radiación interacciona con la materia tenemos acceso a explorar los fenómenos que en ella ocurren en escalas de tiempo extremadamente

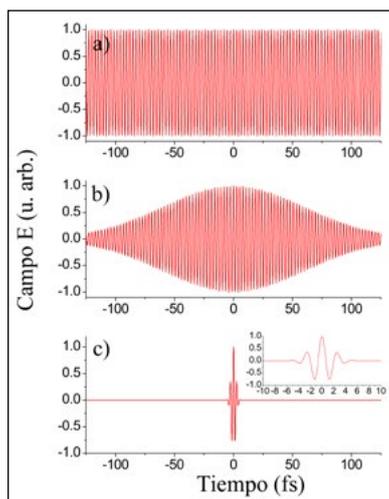


Figura 1.- Campo eléctrico E de un láser de onda continua a), pulsado de 100 fs de duración b) y pulso sub-dos ciclos ópticos c).

han desarrollado láseres cada vez más potentes, con el objetivo de tener más vatios, más energía en menos tiempo. Este tipo de láseres es más propio de grandes instalaciones y en la actualidad ya existen láseres de Petavatio (10^{15} vatios por pulso) y hay proyectos para instalaciones aún más potentes, entre las que podemos destacar el proyecto europeo ELI (Extreme Light Infrastructure) [2], reflejo del liderazgo que tiene Europa en el desarrollo de láseres y sus aplicaciones.

Por otro lado, la tecnología fue permitiendo que la radiación fuera pulsada, alcanzando sucesivamente el régimen de microsegundos, nanosegundos (10^{-9} s), picosegundos

(10^{-12} s) y hoy en día femtosegundos (10^{-15} s) (Fig. 1b). Estos últimos tienen duraciones del orden del inverso de la frecuencia de oscilación del campo eléctrico en la zona del espectro visible que es de 10^{14} Hz. En esta zona temporal hablamos de óptica ultrarrápida. Eligiendo materiales con un espectro de fluorescencia ancho y controlando la dispersión total en la cavidad se han desarrollado láseres que emiten pulsos cada vez más cortos, hasta lograr que

El láser es una fuente especial de radiación electromagnética que no existe de forma natural en el universo

el campo eléctrico no llegue siquiera a efectuar un par de ciclos en su oscilación (Fig. 1c). Son los denominados láseres sub-dos ciclos ópticos. Hoy en día, el material que más prestaciones da para este

tipo de láseres es el Titanio:Zafiro ($\text{Ti}:\text{Al}_2\text{O}_3$), un cristal de zafiro (Al_2O_3) dopado con iones de titanio (Ti^{3+}) que emite desde 650 nm a 1100 nm, con máximo a aproximadamente 800 nm. Un pulso de luz a 800 nm y dos ciclos de oscilación dura sólo 5.3 fs. Son los eventos físicos más rápidos que puedan hacerse y medirse* y superan con mucho la rapidez de las medidas temporales que pueden hacerse con técnicas electrónicas.

Si esta excepcional fuente de radiación interacciona con la materia tenemos acceso a explorar los fenómenos que en ella ocurren en escalas de tiempo extremadamente

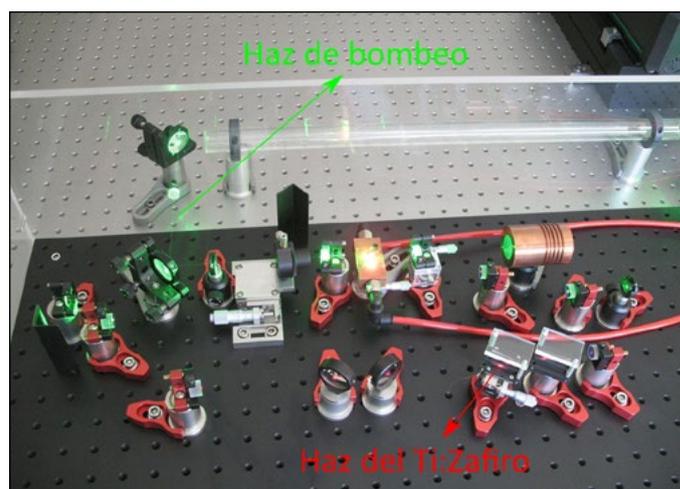


Figura 2.- Oscilador láser de Ti:zafiro del Grupo UCM de Física del Láser, Óptica Cuántica y Óptica no Lineal. El haz de bombeo es verde (532 nm) y en los elementos de la cavidad se observan reflejos rojos del haz con emisión centrada en 800 nm del oscilador sub-dos ciclos ópticos

cortas, pudiendo hacer una película de su evolución y no sólo tener información sobre el estado final de la materia. Menos duración da más información.

En el **Grupo de Física del Láser, Óptica Cuántica y Óptica no Lineal** de la Universidad **Complutense** hemos desarrollado un oscilador láser de Titanio:Zafiro (Fig. 2), en colaboración con **H. M. Crespo** de la Universidad de Oporto, que emite pulsos con 5.6 fs de duración [2,3]. Este láser es uno de los pocos de banda ancha que existen en España y el único de construcción propia. Este dispositivo nos permite afrontar estudios en diversos sistemas y campos siempre que tengamos técnicas de medida adecuadas. Para ello

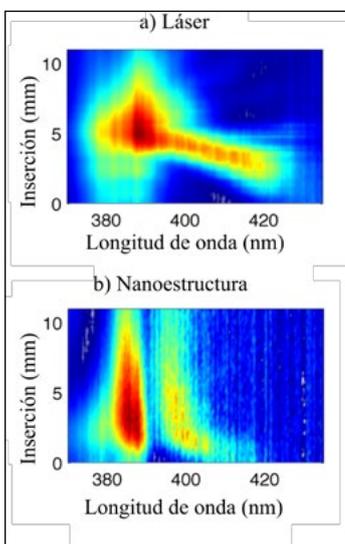


Figura 3.- Trazas obtenidas por d-scan de un pulso incidente del oscilador sub-dos ciclos a) y el transmitido por una nanoestructura de oro b) fabricada en la ICTS ISOM (Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología) de la Universidad Politécnica de Madrid

hay que diseñar diagnósticos específicos ya que los detectores electrónicos, como por ejemplo un fotodiodo, son muy lentos para resolver el pulso temporalmente. En óptica ultrarrápida hay diversos diagnósticos temporales de uso común, pero cuando se baja al nivel de los dos ciclos ópticos, hay que desarrollar técnicas más específicas, debido al gran contenido espectral del campo. Una de esas técnicas es la denominada d-scan (dispersion scan) que permite deducir la amplitud y fase del campo eléctrico a partir de la medida de los espectros

del segundo armónico generado por el campo que va a ser medido en diferentes condiciones de dispersión [3]. Uno de los campos en que estamos aplicando esta técnica es la plasmónica. Analizamos los pulsos transmitidos por nanoestructuras metálicas de oro [4], de los cuales pueden deducirse propiedades de los plasmones (oscilaciones de carga) que han interactuado con el campo (Fig. 3). La intensidad de estos pulsos focalizados es muy alta, incluso si cada pulso tiene poca energía, ya que la potencia es enorme, del orden de Megavatios, debido a la extremadamente corta duración del pulso.

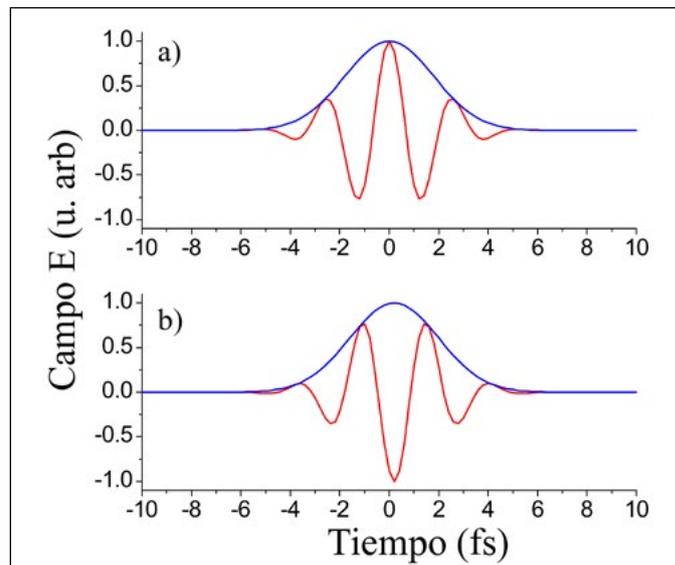


Figura 4.- Pulso sub-dos ciclos con fase 0 a) y fase Π b). En azul la envolvente, en rojo el campo eléctrico

Por ello podemos también estudiar el comportamiento de la materia sometido a altas intensidades y observar su respuesta óptica no lineal, por ejemplo en grafeno [5]. Este sistema es de gran interés tecnológico hoy en día, no sólo por sus propiedades eléctricas, sino también por las ópticas [6], en particular por su actuación como absorbente

El Grupo Complutense ha desarrollado un oscilador láser de Titanio: Zafiro uno de los pocos de banda ancha que existen en España

saturable en cavidades láser para generar pulsos en conmutación de ganancia y en bloqueo de modos [7], mecanismo que justamente se utiliza para generar pulsos ultracortos.

Pero esta fuente de radiación aún tiene otra característica más absolutamente peculiar respecto a otros láseres. El hecho de que los pulsos sean tan cortos que sólo contengan algunas oscilaciones del campo, hace que la fase del mismo sea una variable determinante e identificativa del pulso. Así, dos pulsos pueden tener la misma duración, la misma envolvente, pero el campo eléctrico puede ser totalmente diferente en el tiempo. Esto puede verse en la figura 4, donde representamos dos pulsos de igual duración, y por tanto con igual envolvente, pero con una diferencia de fase temporal de Π radianes.

Fenómenos que se creían comprendidos se manifiestan

ahora dependientes de la fase temporal del campo. La materia “siente” cuál es la forma particular de la oscilación, no sólo de la envolvente, no sólo de la forma global [8]. El control y la estabilización de la fase en estos láseres ha permitido crear el peine de frecuencias, por lo que **Theodor Hänsch** obtuvo el premio Nobel de Física en 2005 y con el que se están realizando medidas en Física y Astronomía con una precisión sin precedentes [9].

El control de la fase en nuestro láser va a ser parte de nuestra investigación en un futuro próximo.

De nuevo, menos es más.

** Nota: esta afirmación es válida en el rango espectral visible-infrarrojo.*

Rosa Weigand
Profesora Titular, Departamento de Óptica
Facultad de Ciencias Físicas

[1] Th. Maiman, “Stimulated Optical Radiation in Ruby”, *Nature* 187, 493-494 (1960).

[2] <http://www.eli-beams.eu/>

[2] R. Weigand, M. Miranda y H. Crespo, “Oscilador laser de titanio:zafiro de 2 ciclos ópticos”, *Optica Pura y Aplicada*, 46(2), 105-110 (2013).

[3] M. Miranda, C. L. Arnold, Th. Fordell, F. Silva, B. Alonso, R. Weigand, A. L’Huillier y H. Crespo, “Characterization of broadband few-cycle laser pulses with the d-scan technique”. *Opt. Express* 20(17), 18732-18743 (2012).

[4] R. Weigand, F. Silva, H. Crespo, “D-scan como Diagnóstico de Excitaciones Plasmónicas en Nanoestructuras con Pulsos Ultracortos”, *RNO XI, Salamanca*, (2015).

[5] M. Sánchez Balmaseda, H. Salavagione, R. Weigand, “Efecto Kerr óptico del grafeno en N-Metil-2-pirrolidona”, *RNO XI, Salamanca*, (2015).

[6] F. Bonaccorso, Z. Sun, T. Hasan y A. C. Ferrari, “Graphene photonics and optoelectronics”, *Nature Photonics* 4, 11-22 (2010).

[7] P. Matía-Hernando, J. M. Guerra y R. Weigand, “Nd:YLF laser Q-switched by a monolayer-graphene saturable-absorber-mirror”, *Laser Phys.* 23(17), 025003 (2013).

[8] N. Ishii et al., “Carrier-envelope phase-dependent high harmonic generation in the water window using few-cycle infrared pulses”, *Nature Commun.* 5, 3331 (2014).

[9] <http://www2.mpg.de/~haensch/comb/research.html>

Red.escubre Antropología

Apenas queda rastro genético de los cimarrones en sus descendientes

El palenque de Yanga, en México, es el primer núcleo de esclavos africanos rebeldes -conocidos como cimarrones- que se estableció en América. Analizando el ADN de sus descendientes, un equipo internacional, dirigido por la Universidad **Complutense**, ha descubierto que en ellos queda muy poco rastro genético africano, al haber mayor proporción de los ancestros europeos y amerindios como consecuencia del mestizaje. Unas décadas después de que **Cristóbal Colón** llegara a América, los colonos europeos llevaron al continente esclavos africanos, puesto que la población nativa que utilizaban para hacer esos trabajos había sido diezmada por las epidemias. Los esclavos que se rebelaban -conocidos como cimarrones- huían para formar sus propias comunidades autónomas, llamadas palenques. El de Yanga, situado en lo que hoy es Veracruz (México), se creó en 1630 y fue el primero que surgió en todo el continente, convirtiéndose en un referente para los esclavos africanos.

Científicos españoles y mexicanos han analizado la composición genética de los descendientes de este asentamiento y han descubierto que en sus genes apenas queda rastro africano. *“El componente africano está más diluido, en comparación con el amerindio y europeo”*, afirma **Antonio González-Martín**, investigador del

departamento de Zoología y Antropología Física de la Universidad **Complutense** y autor principal del estudio, publicado en *Anthropological Science*.

Este modelo genético se conoce como trihíbrido de mestizaje, porque todas las poblaciones mestizas de América tienen, en mayor o menos porcentaje, aportes de estos tres grupos humanos. Los amerindios son el sustrato ancestral, sobre el que se solaparon el europeo y el africano. *“El componente africano presenta la singularidad de que llegó al nuevo mundo en un período de*

tiempo muy concreto (principalmente durante el siglo XVII), aunque de forma muy intensa. Mientras que, el flujo genético europeo (fruto de la emigración) ha sido constante desde los primeros estadios de la colonización”, explica el antropólogo de la Universidad **Complutense**.

Los científicos analizaron el ADN extraído de muestras capilares de 60 descendientes de los primeros pobladores de Yanga. El requisito era que los cuatro abuelos de los partici-

pantes hubieran nacido en la comunidad. Para averiguar el peso genético que tenían en la población los tres grupos ancestrales se compararon los datos obtenidos con la información genética procedente de descendientes de los grupos parentales: andaluces (representando a la población europea), africanos de Guinea Ecuatorial y el pueblo indígena Purépecha, como descendientes de los amerindios.

Además, para tener una imagen más amplia del fenómeno, los investigadores compararon el ADN de miembros



Los esclavos que se rebelaban huían para formar sus propias comunidades / Elycefeliz.

de otras diez poblaciones mestizas de México con el de amerindios, europeos y africanos. Las poblaciones procedían de Yucatán, Campeche, Veracruz, Puebla, México DF, Metztitlán, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León y Chihuahua.

Cambios según la historia

Los datos revelan que el linaje genético de estos pueblos sigue una distribución geográfica determinada. En el norte de México, el principal componente es europeo, seguido del indígena y, en mucha menor proporción, el africano. El modelo cambia en el sur y sureste, con una mayor presencia indígena, seguida de la europea y un bajo componente africano.

“Es el resultado de la historia demográfica, el reflejo de los lugares donde, tradicionalmente, se asentaron los europeos, donde sobrevivieron grupos indígenas y donde se requería la mano

El componente africano llegó al nuevo mundo de forma intensa pero corta mientras que el flujo genético europeo ha sido constante

de obra africana, normalmente empleada en la minería, la estibación (carga de buques) o los cultivos”, señala **González-Martín**. Teniendo en cuenta esta distribución geográfica, los once pueblos comparten un modelo genético parecido, con una alta presencia de componente amerindio y europeo (que oscilan en función de las regiones) y una baja presencia de marcadores africanos.

En cuanto al aspecto físico (fenotipo), apenas se distinguen rasgos africanos en las poblaciones mestizas actuales. *“En algunas regiones muy concretas y en algunos individuos sí se puede percibir un pasado africano pero, en general, pasa desapercibido”,* asegura el científico.

En la investigación, además de la Universidad **Complutense**, participan la Universidad de Barcelona, el laboratorio GENOMICA (Madrid), la Escuela Nacional de Antropología e Historia (México), la Universidad Autónoma de Yucatán (México) y la Universidad de Guadalajara (México).

Referencia bibliográfica: A. Solé-Llussà, A. Gorostiza, R. Rubí-Castellanos, V. Acunha-Alonzo, M. Gené, H. Rangel-Villalobos y A. González-Martín. “Exploring the African genetic influence in the first settlement founded by African slaves in America”, *Anthropological Science* 123 (2), 2015. DOI:10.1537/ase.150422.

Red.escubre Pedagogía

El fenómeno viral del bolígrafo verde

¿Puede el color de un bolígrafo mejorar el aprendizaje y la autoestima infantil? En los últimos meses se ha convertido en viral una técnica de aprendizaje que no es nueva. **Tatiana Ivanko** enseña caligrafía a su hija destacando con un bolígrafo verde las letras y bolitas que le han salido bien, en lugar de tachar en rojo los errores. ¿El color verde es el responsable de este aprendizaje motivador o también influyen otros factores, como la cercanía materna?

Muchos recordarán las teorías conductistas sobre el aprendizaje, aquellas que, a finales del siglo XIX y hasta mediados del XX, hicieron que se elevara la psicología y la pedagogía a estatus de ciencia, a la vez que se desarrollara



Rodear algo con un color sirve para fijar la atención. / Jonathan Rubio.

una técnica educativa conocida como enseñanza programada, una alternativa tecnológica al arte de educar.

Thorndike, Watson o Skinner ya experimentaron con las conexiones entre estímulos y respuestas para producir determinados aprendizajes y cambios de conducta. La ley del efecto afirmaba que el refuerzo positivo o recompensa refuerza la conexión entre un estímulo y una respuesta, pero también el refuerzo negativo o castigo. Y la ley del ejercicio comprobaba que, cuanto más se practica es mayor esa conexión. Las leyes de motivación posteriores intentaron crear situaciones agradables y eliminar las des-

agradables para facilitar el aprendizaje.

Aunque la mayoría aprendemos mejor cuando la experiencia educativa es significativa para nosotros, también la investigación pone en evidencia que, cuando tras unos años utilizando un mismo método recibimos un cambio en la presentación, en los estímulos, en el refuerzo o en el docente, se produce un efecto positivo en el aprendizaje pero, en muchos casos, es un efecto solo ligado a la novedad.

La técnica del bolígrafo verde que de manera intuitiva ha utilizado **Tatiana Ivanko** se centra en estas leyes básicas del aprendizaje: refuerzo positivo y práctica. Pero no está exenta de lo que las teorías de la Gestalt, constructivista, del procesamiento de la información, sociocultural, de psicología positiva o emocional, nos han aportado a lo largo del siglo XX.

Gracias a estas teorías sabemos que, por ejemplo, rodear con un color que resalta sobre el escrito sirve para fijar la mirada y la atención, y es el punto de partida para iniciar el proceso de percepción, de atención, de memorización, de respuesta... Además, al mostrar los aciertos, se está reforzando el sentimiento de capacidad. Por otra parte, si la que está enseñando es una madre a su hijo, el vínculo maternal y su atención individual conecta las emociones y el bienestar con el aprendizaje.

Una misma técnica, diferentes resultados

Desde mi punto de vista, el color es una variable cultural. Cada cultura tiene sus códigos de color y la nuestra asocia el rojo con peligro o evitación, y el verde, con aceptación y autorización para seguir adelante. Es una asociación bien cristalizada en nuestras mentes occidentales adultas pero, ¿de la misma manera en la mente infantil? Habría que probar qué sucedería con otros colores si mantenemos el resto de variables constantes en ese aprendizaje.

Y una última cuestión, para mí la más significativa: ¿una misma técnica, puede ser igual de eficaz para todos? Las teorías adaptativas de la educación que definiendo ponen

Red.escubre

en evidencia que no hay ningún método eficaz para todas las personas porque todas nos diferenciamos en cómo percibimos y procesamos la información, y en nuestros estilos cognitivos y de aprendizaje, que hacen que cada uno desarrollemos un perfil individual único y propio.

Estas mismas diferencias se van construyendo en interacción con cada entorno (familiar, cultural, social...), procesando de diferente manera las situaciones educativas, a partir de nuestros propios conocimientos y experiencia. Un mismo

Cada cultura tiene sus códigos de color y la nuestra asocia el rojo con peligro y el verde, con autorización para seguir adelante

método o estilo docente puede ser altamente valorado por un grupo de estudiantes mientras que por otros, en el mejor de los casos, puede serles indiferente.

Las teorías adaptativas explican estos hechos afirmando que el éxito o el fracaso del aprendizaje solo se pueden explicar por la capacidad de adaptación del método educativo a las aptitudes y estilos de aprendizaje de los estudiantes. Aunque lentas, las teorías psicopedagógicas nos ayudan a facilitar el aprendizaje y el logro de competencias relevantes para la persona. Solo tienen que llegar a los ministerios, a la sociedad, a las familias.... Y hacerse tan virales como las redes sociales.

Mercedes García García es profesora de Pedagogía Diferencial en la Universidad **Complutense** y codirectora del Grupo de Investigación 940424 Pedagogía Adaptativa UCM.

Red.escubre

Boletín de noticias científicas y culturales

Realización: Gabinete de Comunicación de la UCM y Unidad de Cultura Científica OTRI-UCM

Si desea recibir este boletín en su correo electrónico envíe un mensaje a gprensa@ucm.es