



UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE  
MADRID

campus



# red.escubre

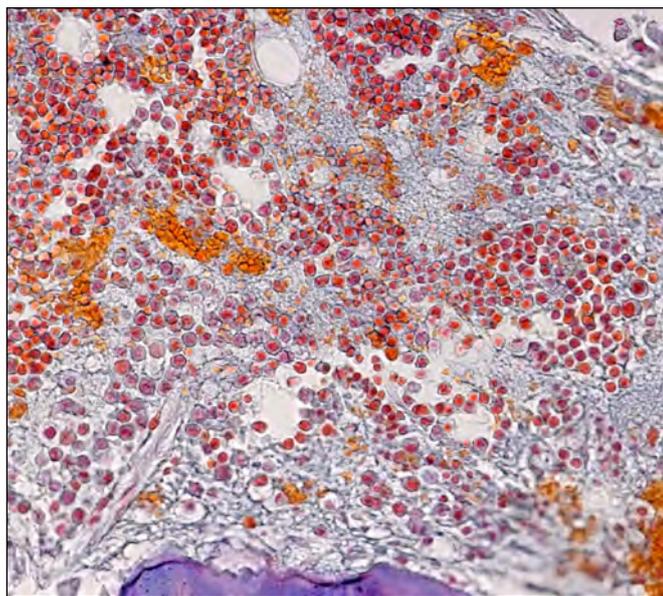
Boletín de noticias científicas y culturales

Publicación Quincenal  
Del 12 al 26 de mayo de 2014

n° 31

## Nuevas dianas terapéuticas para combatir la leucemia linfoblástica aguda

La leucemia linfoblástica aguda (LLA) es el cáncer más frecuente en la infancia. Aunque los tratamientos actuales consiguen curar al 80% de estos niños, la recaída de la LLA supone la quinta neoplasia más frecuente en la edad pediátrica y una de las más letales del cáncer infantil. Los trabajos del grupo de investigación de la Dra. **Ángeles Vicente**, en la **Facultad de Medicina** de la Universidad **Complutense** abren la puerta a la identificación de nuevas dianas terapéuticas y a la creación de nuevos fármacos que mejoren el tratamiento de estos pacientes.



## Sistema de Información Rápida ante la presencia de Tormentas Ionosféricas

Las tormentas ionosféricas son perturbaciones de la ionosfera que pueden afectar gravemente las comunicaciones mediante satélites y los sistemas de posicionamiento, como el GPS. Ocasionalmente se producen tormentas intensas que suponen una amenaza para la integridad física de las personas. El grupo de **Estudios Ionosféricos y Técnicas de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS)** de la Universidad **Complutense** ha establecido una metodología de estudio de estos fenómenos que ha permitido el desarrollo de sistemas de aviso para alertar a los organismos responsables de la adopción de medidas encaminadas a paliar los daños.

## Contenido

### Salud

- Nuevas dianas terapéuticas para combatir la leucemia linfoblástica aguda **2**
- Nuevas estrategias multidiana para el tratamiento del Alzheimer **5**

### Medio Ambiente

- Sistema de Información Rápida ante la presencia de Tormentas Ionosféricas **7**

### Ciencias

- Cómo incentivar el proceso de aprendizaje autónomo de los estudiantes **11**

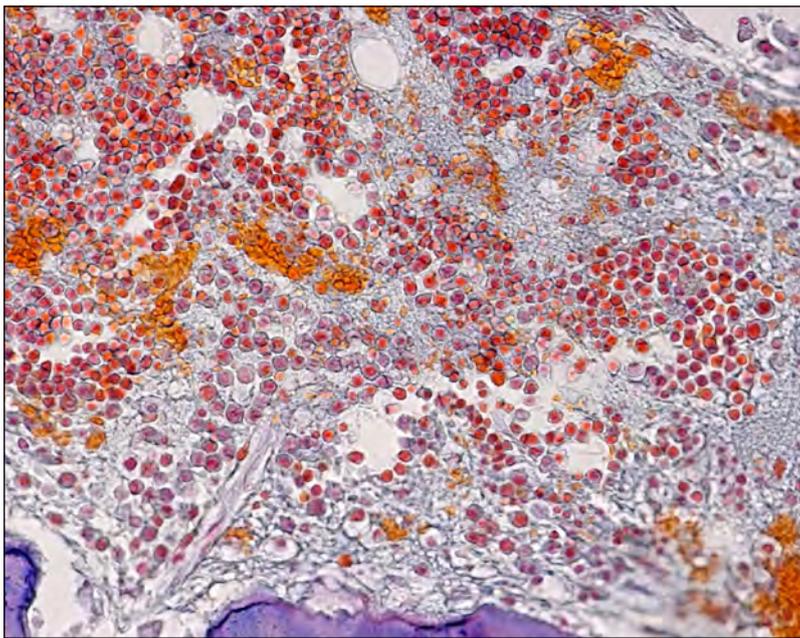
### Cultura

- Cinco libros de la Biblioteca Histórica en la exposición "Cuerpos de cera. El arte de la anatomía", en el Museo de la Evolución Humana, en Burgos **13**



### Nuevas dianas terapéuticas para combatir la leucemia linfoblástica aguda

La leucemia linfoblástica aguda (LLA) es el cáncer más frecuente en la infancia. Aunque los tratamientos actuales consiguen curar al 80% de estos niños, todavía la recaída de la LLA supone la quinta neoplasia más frecuente en la edad pediátrica y una de las más letales del cáncer infantil. Los trabajos



La médula ósea es el órgano responsable de la formación diaria de millones de células sanguíneas. Diferentes alteraciones en la diferenciación de los linfocitos B en la médula ósea puede conllevar el desarrollo de la leucemia linfoblástica aguda

del grupo de investigación de la Dra. **Ángeles Vicente**, en la **Facultad de Medicina** de la Universidad **Complutense** sugieren que la proteína BMP4 jugaría un papel esencial en la evolución de esta enfermedad abriendo la puerta a la identificación

de nuevas dianas terapéuticas y a la creación de nuevos fármacos que mejoren el tratamiento de estos pacientes.

Durante las últimas décadas se han producido grandes avances en el tratamiento de la LLA infantil, que tienen que ver sobre todo con la combinación de diferentes drogas antileucémicas durante la terapia, el mejor manejo de las complicaciones derivadas de las toxicidades de dichas drogas, y con la capacidad de cuantificar los niveles de enfermedad mínima residual durante el tratamiento. El gran aumento en la tasa de curación de los pacientes con LLA se debe principalmente al uso de tratamientos dirigidos según el grupo de riesgo del paciente. El criterio para clasificar cada paciente en un grupo de riesgo determinado se basa en la presencia o ausencia de algunos factores biológicos encontrados al diagnóstico y la respuesta a la terapia en momentos concretos del tratamiento.

Los pacientes clasificados como grupo de Riesgo Alto (RA) son tratados de forma más agresiva, reservando protocolos menos agresivos para los pacientes de Riesgo Bajo (RB) o intermedio (RI). Pero todavía desconocemos qué factores identifican correctamente todos los casos, como demuestra el hecho de que hasta un 15% de los pacientes diagnosticados como de RB o RI recaen. El descubrimiento de nuevos factores pronósticos, sobre todo en este subgrupo de pacientes, ayudará a administrar un tratamiento más adecuado y a mejorar aún más las tasas de curación. Si estos nuevos factores pronósticos resultan ser además dianas terapéuticas novedosas, se podrían sumar nuevos fármacos al

arsenal terapéutico.

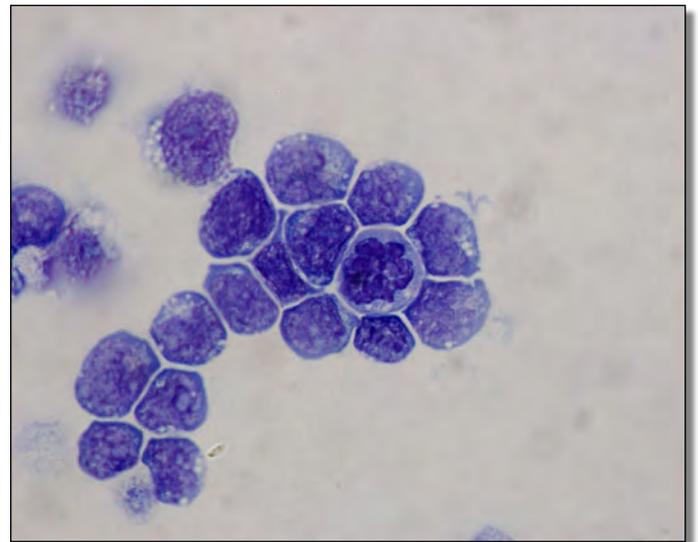
Las proteínas morfogenéticas óseas (Bone Morphogenetic Proteins, BMPs) son citocinas multifuncionales que pertenecen a la superfamilia del TGF- $\beta$ . Si bien estas proteínas fueron inicialmente identificadas por su capacidad de inducir la formación de hueso y cartilago, estudios posteriores les han atribuido un rango mucho más amplio de actividades biológicas. Actualmente sabemos que las BMPs regulan procesos fundamentales durante el desarrollo embrionario como la generación de la asimetría derecha-izquierda, neurogénesis y desarrollo de múltiples órganos. Además en los últimos años se han descrito efectos en la proliferación, diferenciación, quimiotaxis y apoptosis de diversos tipos celulares. Si bien hoy parece incuestionable que diferentes tumores presentan una BMP alterada, la relevancia de dichos cambios en el desarrollo y evolución del tumor es aún una incógnita, habiéndose descrito tanto efectos positivos como negativos en los mismos.

Desde hace años, el grupo de la Dra. **Ángeles Vicente** ha centrado su investigación en el estudio de la relevancia de la vía de señalización BMP4 en el mantenimiento de la población de precursores linfohematopoyéticos humanos, describiendo los mecanismos implicados en este proceso. Sin embargo, la influencia de BMP4 no se limita a los progenitores linfohematopoyéticos y, según resultados ya publicados por el grupo de investigación, al menos dos de las principales poblaciones de células del Sistema Inmune que participan directamente en las respuestas antitumorales, como son las células NK y las células dendríticas, modulan su actividad a través de esta vía de señalización.

La relevancia de los datos obtenidos en relación con la capacidad de BMP4 en el mantenimiento de los progenitores linfohematopoyéticos en condiciones normales, su capacidad de modular la respuesta inmune y la producción incrementada del morfógeno

por parte de las células mesenquimales que constituyen el estroma de la médula ósea en las LLA infantiles, propiciaron el inicio de una colaboración con el grupo del Dr. **Manuel Ramírez Orellana**, oncólogo pediatra del *Hospital Niño Jesús*, que lleva varios años investigando diferentes aspectos de la biología de la LLA, con interés especial en encontrar factores asociados a la recaída leucémica y a la infiltración leucémica del sistema nervioso central. Fruto de esta colaboración se han generado ya algunos resultados iniciales, que sugieren que la evaluación de los niveles de BMP4 y de la vía de señalización de esta proteína tendría valor pronóstico en la respuesta al tratamiento en niños diagnosticados de LLA.

Uno de los hallazgos con implicaciones potenciales más importantes, es el hecho de que las células LLA-B de pacientes de RB o RI que recaen, afectando fundamentalmente al sistema nervioso central y testículo, expresan niveles muy elevados de la proteína BMP4 y presentan una inactivación de su



**Células de la línea NALM6, derivada de un paciente de leucemia linfoblástica aguda**

vía de señalización, bien por no expresar el receptor o bien como consecuencia de la sobre-expresión de mediadores inhibidores de la vía. En contraste con estos resultados, las células LLA-B de pacientes de RB que no recaen no expresan BMP4 y la vía canónica de señalización es activa.



**El Sistema Nervioso Central constituye uno de los principales santuarios donde las células leucémicas se alojan, resisten a la quimioterapia y son responsables de futuras recidivas en estos pacientes**

Los resultados preliminares respecto a BMP4 en LLA infantil apuntan al siguiente escenario: por un lado en las LLA no productoras de BMP4, en las cuales la vía está activa, el ligando BMP4 es producido por células del microambiente, y puede favorecer la apoptosis, diferenciación e inhibición de la proliferación, todo ello asociado a buena respuesta al tratamiento. Por el contrario la existencia de LLA productoras de BMP4 con señalización canónica inactiva, se asocia a recaídas, principalmente extramedulares. Por otro lado, otros resultados generados indican que los niveles de BMP4 en muestras de líquido cefalorraquídeo (LCR) se asocian al grado de infiltración leucémica de dichas muestras. Por tanto, el papel de la vía de BMP4 en la recaída leucémica se puede asociar a dos fenómenos biológicos que no son excluyentes: por un lado BMP4 podría prevenir la apoptosis inducida por la quimioterapia, activando las vías Smad-independientes y por otro lado, BMP4 podría favorecer la migración y asentamiento de las células leucémicas en nichos anatómicos en los que se encuentren protegidas por el microambiente entre los que cabe destacar el sistema nervioso. Cualquiera de estas dos situa-

ciones podría contribuir a la resistencia a la terapia. Este estudio preliminar se ha realizado sobre una cohorte de pacientes relativamente pequeña, y los resultados obtenidos sugieren que la vía de BMP4 (producción del morfógeno y/o inhibición de la vía canónica) es un factor de mal pronóstico en niños con LLA, de manera importante en los subgrupos catalogados hasta la fecha como de RB o de RI. La confirmación del valor pronóstico de la vía de BMP4 se conseguirá en un estudio prospectivo que reclute un número suficiente de niños con LLA que permita hacer un estudio multivariante en el que se incluyan los factores pronósticos aceptados en la actualidad. Por lo tanto, las implicaciones para la práctica clínica del diagnóstico y tratamiento de niños con LLA son:

De confirmarse estos resultados, el estudio del nivel de activación de dicha vía en esta leucemia podría ser un parámetro más a incorporar a la hora de determinar el riesgo de la misma (Riesgo bajo, Riesgo intermedio y Riesgo alto) y por lo tanto de incluir al paciente en un determinado protocolo de tratamiento. Por otra parte, si se corroboran los resultados que apuntan que la señalización dependiente de Smads está muy probablemente inactiva en

### **Los niveles de la proteína BMP4 avanzarán la respuesta al tratamiento en niños diagnosticados de LLA**

LLA de alto riesgo, se podrían identificar nuevas dianas terapéuticas para estos casos de LLA de mal pronóstico.

El pasado 18 de Marzo en la sede de la Asociación Española de Pediatría, los grupos de investigación dirigidos por los doctores **Ramírez-Orellana y Vicente**, recibieron de manos del presidente de la Fundación *Uno entre Cien Mil*, el Sr. **José Carnero**, la primera ayuda de investigación que concede esta fundación para luchar contra la leucemia linfoblástica aguda. El objetivo principal de este proyecto es evaluar el valor pronóstico de la vía de BMP4 para definir con mayor precisión el grupo de riesgo de cada paciente.

## Nuevas estrategias multidiana para el tratamiento del Alzheimer

Hoy en día no existe una terapia que haya demostrado ser la solución definitiva para la enfermedad de Alzheimer (EA). Actualmente se sabe que el uso de fármacos multidiana plantea nuevas estrategias de combate para esta enfermedad. En este contexto, un equipo de investigación de la **Facultad de Farmacia** de la **Universidad Complutense** compuesto por los profesores **Angel Agis Torres**, **Mónica Söhlhuber**, **María Fernández** y **J. María Sánchez Montero** ha llegado a la conclusión de que la utilización de productos naturales como los

cannabinoides modificados, junto con la utilización de técnicas computacionales, proporcionan la base para diseñar fármacos a medida, mucho más eficaces para el tratamiento de la enfermedad y con menos efectos secundarios.

Paradójicamente el aumento de la esperanza de vida hace que la enfermedad de Alzheimer aumente de una forma alarmante en nuestra sociedad. Afortunadamente también son enormes y crecientes, los recursos y esfuerzos destinados, tanto para desvelar las causas de la EA, como para encontrar "la solución" adecuada al problema.

En los últimos años se está descubriendo que además de los signos considerados como característicos de esta enfermedad desde hace décadas (acumulaciones anómalas de péptidos  $\beta$  amiloide y proteína tau, deficiencia colinérgica en el sistema nervioso central), hay que tener en cuenta otras características importantes como son el estrés oxidativo, la excitotoxicidad y la neuroinflamación.

Pero también se han encontrado en los enfermos daños mitocondriales, incremento de la apoptosis, estrés nitrosativo, alteraciones del calcio y otros elementos como metales, así como alteraciones de las apolipoproteínas (ApoE4). Estamos en una etapa de las investigaciones sobre esta enfermedad en la que se sabe que hay una íntima relación entre todos los factores implicados, pero se discute acaloradamente sobre cuáles son los que pueden iniciar la EA, y cuales son resultado de los acontecimientos. Cada uno de dichos factores o características patológicas de la enfermedad es susceptible de ser considerado una "diana", es decir, un elemento a combatir con la terapia adecuada (Figura 1).

El diseño de fármacos multidiana ("multi-target"), es decir, capaces de atacar varios objetivos simultáneamente, más eficientes y con menos efectos secundarios, constituye un punto de inflexión en la tendencia de la investigación farmacológica, ya que propone que la solución a una patología sea sistémica en lugar de específica. En la actualidad hay fármacos autorizados para únicamente dos dianas: por una parte, los que favorecen la actividad colinérgica del sistema nervioso central, por medio de la inhibición del enzima que degrada el neurotransmisor acetilcolina

(Inhibidores de la acetilcolinesterasa, AChEI). Por otra parte están los fármacos que intentan evitar el estado hiperexcitado (excitotoxicidad) de las neuronas afectadas por la EA, mediante moléculas que ejercen una acción antagonista sobre el receptor de glutamato de tipo NMDA (N-metil, D-aspartato). Dentro de esta última clase solo se cuenta con una molécula: la memantina. Tanto un grupo de fármacos como el otro (relacionados estrechamente con la plasticidad neuronal y la memoria), no impiden el progreso de la enfermedad, aunque sí se aprecia una

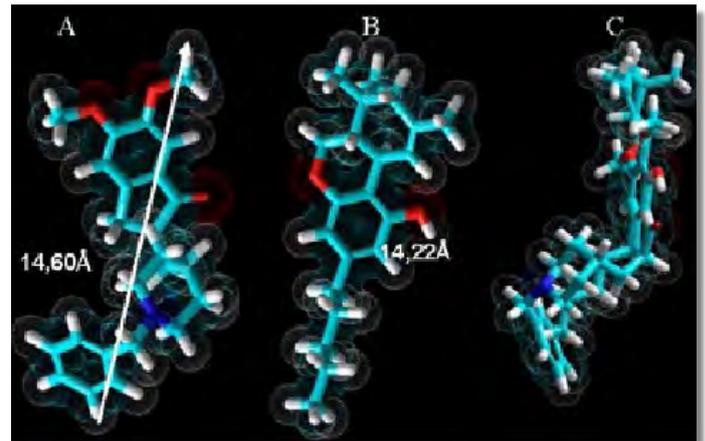


Figura 1. Posibles dianas terapéuticas de la enfermedad de Alzheimer

mejora de los síntomas en la administración combinada. A partir de aquí se propone el desarrollo de fármacos que actúen contra más dianas, con lo que se obtendría así un efecto potenciador por sinergia. Como resultado se conseguiría una mayor eficacia terapéutica y, por tanto, también una disminución de los efectos secundarios, consecuencia de la utilización de dosis mayores y menos específicas.

En una primera aproximación se han establecido terapias multidiana combinando fármacos, mientras que en una acción más profunda se está intentando diseñar moléculas que aúnen diferentes acciones sinérgicas en su actuación sobre la patología de la EA. Los ligandos dirigidos a múltiples dianas (multi-target-directed ligands, MTDL), son moléculas que precisamente presentan diversas propiedades terapéuticas combinadas. Un concepto concurrente es el de molécula híbrida: aquella que incorpora diversos grupos funcionales, activos por separado para cada una de las dianas del fármaco. Sin embargo, no conviene confundir ambos conceptos: las moléculas híbridas serían un subconjunto de las posibles moléculas MTDL. O lo que es lo mismo: no todas las MTDL provienen de una combinación de grupos funcionales.

En el caso de la terapéutica de la EA podemos tomar como ejemplo la diana terapéutica más ampliamente utilizada: la inhibición de la acetilcolinesterasa. En este contexto, el grupo de investigación de la **Facultad de Farmacia** de la Universidad **Complutense** viene trabajando desde hace algunos años en el potencial terapéutico de los cannabinoides, ya que ha-

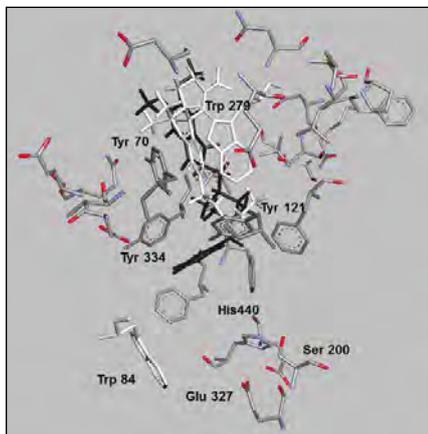


**Similitud estructural del donepezilo (E2020) (A) y tetrahidrocannabinol (THC) (B). Superposición de ambas estructuras (C)**

ciendo modificaciones en las moléculas se pretende aprovechar la similitud estructural del tetrahidrocannabinol (THC) con la molécula de donepezilo (Figura 2), actualmente utilizada en el tratamiento de la enfermedad como AChEI, integrando adicionalmente otras actividades beneficiosas, y eliminando o minimizando la potencia psicotrópica de los compuestos de partida. Así el potencial terapéutico sobre la EA de estos cannabinoides modificados se pone de manifiesto por su actividad sobre diversas dianas, señalando su idoneidad como fármacos multidiana. Entre otros mecanismos sobre los que actúa se pueden señalar los siguientes: inhibición de AChE, inhibición de la agregación de péptido  $\beta$  amiloide; acción antiexcitotóxica; actividad anti-oxidante; o también sus propiedades antineuroinflamatorias. El diseño de estas moléculas se realiza inicialmente in silico, es decir, en el ordenador, y posteriormente una vez comprobada su eficacia teórica (Figura 3), son sintetizadas en el laboratorio. Sometidas a todas las evaluaciones requeridas, harán posible su desarrollo como fármaco. Los resultados de esta investigación se acaban de publicar en la revista Current Neuropharmacology. (<http://benthamscience.com/journal/contents.php?journalID=cn&issueID=119753>)

**Referencia bibliográfica:** Angel Agis-Torres, Monica Söllhuber, Maria Fernandez, and J.M. Sanchez-Montero: Multi-Target-Directed Ligands and other Therapeutic Strategies in the Search of a Real Solution for Alzheimer's Disease. *Current Neuropharmacology*, 2014, 12, 2-36.

**Figura 3. Interacción de un fármaco (donepezilo, representado en negro) con su diana (acetilcolinesterasa humana, aminoácidos representados en gris), y tetrahidrocannabinol (representado en blanco) obtenida por técnicas computacionales**



### Sistema de Información Rápida ante la presencia de Tormentas Ionosféricas

Las tormentas ionosféricas son perturbaciones de la ionosfera que pueden afectar gravemente las comunicaciones mediante satélites y los sistemas de posicionamiento, como el GPS. Son originadas por tormentas geomagnéticas que, a su vez, son perturbaciones del campo magnético de la Tierra causadas por un incremento de la presión que el viento solar ejerce sobre él. Aunque la mayor parte de estas tormentas geomagnéticas son de pequeña magnitud y no causan grandes perjuicios, ocasionalmente se producen tormentas intensas que suponen una amenaza para la integridad física de las personas y pueden causar grandes daños en los recursos tecnológicos. El grupo de **Estudios Ionosféricos y Técnicas de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS)** de la Universidad Complutense (<http://www.ucm.es/grupos/gi149>), en colaboración con la Universidad de Alcalá de Henares y el Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (Trieste, Italia), ha establecido una metodología de estudio de estos fenómenos que ha permitido el desarrollo de sistemas de aviso para alertar a los organismos responsables de la adopción de medidas encaminadas a paliar los daños.

Las tormentas geomagnéticas constituyen una manifestación de la Meteorología Espacial, un nuevo campo científico que estudia las condiciones del

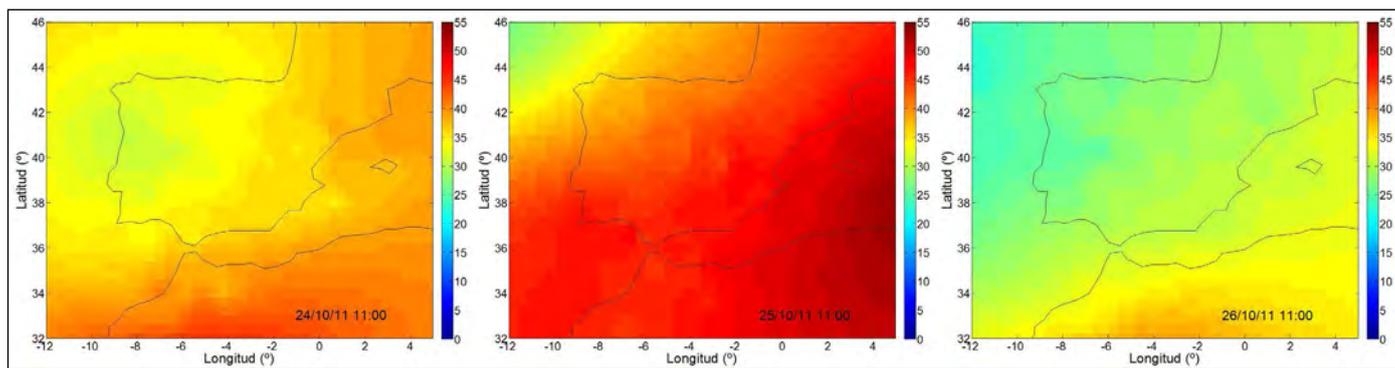
Sol y el viento solar, la magnetosfera, la ionosfera y la termosfera. Esta nueva disciplina inició su andadura en la década de los 90 del siglo pasado y abarca tres ámbitos: el Sol y su atmósfera (como origen de la energía), el espacio interplanetario (como medio de propagación) y la magnetosfera, la ionosfera y la superficie terrestres (como regiones afectadas). La adquisición de un mejor cono-



Aurora boreal observada en Noruega el 25 de octubre de 2011

cimiento de la Meteorología Espacial y el diseño de sistemas de alerta temprana son puntos clave para mitigar los riesgos asociados a las tormentas geomagnéticas.

Algunas tormentas geomagnéticas afectan intensamente a la ionosfera terrestre (parte conductora de la atmósfera que se extiende de 60 a 2.000 kilómetros de altura) provocando «tormentas ionosféricas», fenómenos que, por su influencia sobre los Sistemas Globales de Navegación y Posicionamiento por Satélite (GNSS), reciben particular atención. Las tormentas geomagnéticas tienen su origen en



Mapas de valores de TEC los días 24, 25 y 26 de octubre del 2011 a las 11:00 UT

procesos energéticos violentos que ocurren en el Sol y reciben el nombre genérico de «tormentas solares». Hay, por tanto, tres tipos diferentes de tormentas: solares, geomagnéticas e ionosféricas. La mayor parte de las tormentas geomagnéticas son de pequeña magnitud y no causan grandes daños. En el hemisferio norte se manifiestan, muchas veces, mediante auroras boreales visibles en zonas de muy alta latitud, como Islandia, Groenlandia o norte de Noruega, Suecia y Finlandia. En el hemisferio sur se produce un fenómeno similar que constituye las «auroras australes». Sin embargo, también se producen frecuentes tormentas intensas que, además de auroras, pueden causar grandes daños en los recursos tecnológicos. La agencia estadounidense NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) estima que en un ciclo solar de 11 años puede haber 4 tormentas geomagnéticas «extremas», 100 «severas» y 200 «fuertes», lo que indica que se trata de un fenómeno natural frecuente.

**Las tormentas geomagnéticas tienen su origen en procesos energéticos violentos que ocurren en el Sol**

Los fenómenos violentos en el Sol llegan a la Tierra en forma de radiación electromagnética unos ocho minutos después de producirse el suceso y en forma de partículas y perturbaciones del campo magnético interplanetario arrastradas por el viento solar, entre varias horas y unos pocos días después. Esto quiere decir que

los fenómenos en el Sol han tenido lugar ocho minutos antes de su observación desde la Tierra, pero queda un periodo de varias horas hasta que las perturbaciones generadas por estos fenómenos solares afecten a la Tierra y puedan producir una tormenta geomagnética.

**Existe la posibilidad de predecir la aparición de una tormenta geomagnética y de adoptar medidas preventivas**

Por tanto, existe la posibilidad de predecir la aparición de una tormenta geomagnética.

La primera señal de la importancia de las tormentas geomagnéticas muy intensas se produjo los días 1 y 2 de septiembre de 1859, cuando tuvo lugar una gigantesca erupción solar que originó la tormenta geomagnética más importante registrada hasta nuestros días. Este suceso se conoce como «evento de Carrington» en honor del astrónomo inglés que observó la fulguración solar y la relacionó con la tormenta magnética registrada en la Tierra. La tormenta produjo auroras que fueron claramente visibles en la Península Ibérica. Además, dañó los sistemas de telegrafía de la época, produciendo, en muchos casos, el incendio de los equipos. Fue la primera vez que un fenómeno de este tipo afectaba a un recurso tecnológico, y este hecho se considera hoy como una llamada de atención sobre la influencia que una tormenta de esas características puede tener en nuestra sociedad, totalmente dependiente de la tecnología. Si una

tormenta magnética de la misma magnitud que la de **Carrington** sucediera hoy, las consecuencias serían inimaginables ya que la dependencia de la tecnología ha aumentado exponencialmente desde entonces.

La importancia de los efectos de una gran tormenta geomagnética puede entreverse recordando que los recursos más directamente perjudicados serían los satélites, las redes distribuidoras de electricidad, los sistemas de conducción de gas y petróleo, y el transporte por avión y ferrocarril. A su vez, los campos eléctricos que se generan por las variaciones de campo magnético durante una tormenta geomagnética son capaces de inducir corrientes eléctricas en los sistemas conductores (cables eléctricos, conducciones metálicas, terrenos, etc.).



Satélite GPS

Estas corrientes, llamadas genéricamente GICs (*Geomagnetically Induced Currents*), son muy peligrosas para las conducciones metálicas subterráneas, como tuberías de petróleo o gasoductos, y para los sistemas eléctricos. El "apagón de Quebec", originado por la tormenta magnética de marzo de 1989, es una buena prueba de que estos riesgos existen. Este apagón dejó a 5 millones de personas sin electricidad durante nueve horas, causó daños en transformadores en Estados Unidos y Canadá por valor de 12 millones de dólares y obligó a dar de baja y reparar dos equipos de estas

características en el Reino Unido. Además, afectó seriamente a numerosos satélites. Se calcula que hubo unos 1.600 satélites sobre los que se perdió temporalmente el control de la órbita.

Con la finalidad de presentar con más claridad los diferentes procesos que dan lugar a una tormenta geomagnética, así como sus efectos sobre la Tierra y en particular sobre la Península Ibérica, se realizó un seguimiento detallado de la tormenta que tuvo lugar los días 24-25 de octubre de 2011. Se ha elegido esta tormenta porque fue intensa, existen numerosos datos que facilitan su estudio y tuvo una notable influencia en el sistema de

aumentación EGNOS (Europea Geostationary Navigation Overlay Service), un recurso tecnológico muy importante para mejorar el funcionamiento de los sistemas de navegación GPS y GLONASS (*Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*) en Europa y África. La metodología que hemos utilizado estudió sucesivamente los fenómenos en el Sol, el camino del viento solar hacia la Tierra, su interacción con el campo magnético del planeta que origina la aparición de la tormenta geomagnética, la influencia que ésta ejerce sobre la ionosfera terrestre y el efecto sobre EGNOS y la seguridad del tráfico aéreo.

Para cuantificar el impacto de esta tormenta en la ionosfera se estudió la variación del Contenido Total de

Electrones (TEC). Este parámetro mide el número de electrones contenidos en un cilindro de sección unidad que se extiende desde el satélite hasta el receptor. Su unidad se llama Teca y equivale a 1016 electrones/m<sup>2</sup>. El TEC se obtiene a partir de los retrasos en la transmisión de ondas electromagnéticas observados en las estaciones GNSS. Por tanto, sus variaciones respecto a los valores en días sin perturbación expresan cómo la ionosfera se ha visto afectada por la tormenta geomagnética, es decir, miden la importancia de la tormenta ionosférica generada.

En nuestro estudio obtuvimos el TEC procesando los ficheros RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*) de 33 estaciones GNSS permanentes distribuidas por la Península Ibérica y Norte de África. Para cada estación se ha calculado el TEC en el punto en el que la señal satélite-receptor interseca con la ionosfera, que se supone concentrada a una altura de 350 kilómetros. La figura representa mapas regionales peninsulares de TEC con una resolución de 0.4°x0.4° correspondientes a las 11 horas de los días 24, 25 y 26. Los valores obtenidos permiten afirmar con claridad que la tormenta geomagnética ha generado una tormenta ionosférica sobre la Península Ibérica con dos fases: positiva (aumento de TEC) el día 25 y negativa (disminución de TEC) el día 26.

**Una gran tormenta geomagnética afectaría a los satélites, las redes eléctricas, gas, petróleo, aviones y ferrocarril**

Para alertar de los efectos perturbadores que puedan causar las tormentas ionosféricas se ha desarrollado el Sistema de Información Rápida de Perturbaciones Ionosféricas, SIRPI, para la Península Ibérica y el sur de Europa. El objetivo del Sistema no es predecir la ocurrencia de una tormenta ionosférica sino anunciar su presencia con la prontitud suficiente para que sea posible conocer los fallos que la situación puede estar induciendo en las comunicaciones, la navegación o el posicionamiento, ya que el fenómeno causante de la tormenta se conoce con varias horas de antelación, desde su origen en el Sol. Este sistema se activa al recibir una alerta de alguno de los centros especializados en el estudio de la Meteorología Espacial, muchos de los cuales emiten un mensaje

de aviso de tormenta uno o dos días antes de que ésta se produzca. El Sistema comprueba el estado de la ionosfera y emite un mensaje de aviso si se supera un valor umbral de TEC en las estaciones GNSS de control.

Para comprobar su validez, se ha aplicado SIRPI a cinco tormentas que tuvieron lugar en diciembre de 2006, octubre de 2011, enero de 2012, abril de 2012 y julio de 2012. Para realizar la verificación se han estudiado 24 días entorno a la fecha en la que se alcanza la perturbación máxima de cada tormenta y se han comparado los días con tormenta ionosférica con los días en que se emitió el mensaje de aviso. Estas pruebas han proporcionado un resultado correcto en un 83% de los 120 días estudiados correspondientes a las tormentas analizadas.

Esta línea de investigación, que cuenta con una subvención de la Fundación Mapfre concedida al

**Para alertar de sus efectos se ha desarrollado el Sistema de Información Rápida de Perturbaciones Ionosféricas**

grupo en el año 2013, contribuye a mejorar el conocimiento de la Meteorología Espacial y al desarrollo de sistemas

de aviso ante la llegada de una perturbación a la Tierra que pueda producir perturbaciones en la ionosfera. De esta manera es posible alertar a los organismos responsables de la adopción de medidas encaminadas a disminuir los daños.

**Miguel Herráiz Sarachaga. Gracia Rodríguez Caderón** Co-directores del Grupo de Investigación Estudios Ionosféricos y Técnicas de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS)

### Cómo incentivar el proceso de aprendizaje autónomo de los estudiantes

Un grupo de profesores de la **Facultad de Informática** de la Universidad **Complutense** ha estado trabajando en una experiencia docente que trata de incentivar el proceso de aprendizaje autónomo del estudiante, mediante la calificación de la asignatura a partir de tests formados por preguntas generadas por ellos mismos. Los resultados muestran que todos los estudiantes han mejorado sus calificaciones. Los resultados de esta investigación han sido publicado en la revista internacional "*Journal of Science Education and Technology*", bajo el título "[Enhancing Students' Learning Process Through Self-Generated Tests](#)".

Podemos asegurar que la universidad enseña adecuadamente a responder preguntas, pero sin embargo es mucho más complicado enseñar a hacerse preguntas. De la misma manera que las preguntas son fundamentales para que avance la sociedad, también lo son en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La idea de esta investigación surge ante la actitud pasiva que se observa en los últimos años entre los estudiantes. Las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones permiten que las clases teóricas se impartan con los últimos avances tecnológicos: diapositivas, audio, video, etc.; información que además se ofrece vía web al estudiante, convirtiéndose así en un sujeto pasivo en las clases.

***Esta investigación propone que el alumno plantee cuestiones de selección múltiple sobre la asignatura***

Cada vez toman menos apuntes en clase, y por lo tanto los conocimientos adquiridos se olvidan con suma facilidad en un plazo relativamente corto, lo que deteriora la continuidad de la disciplina.

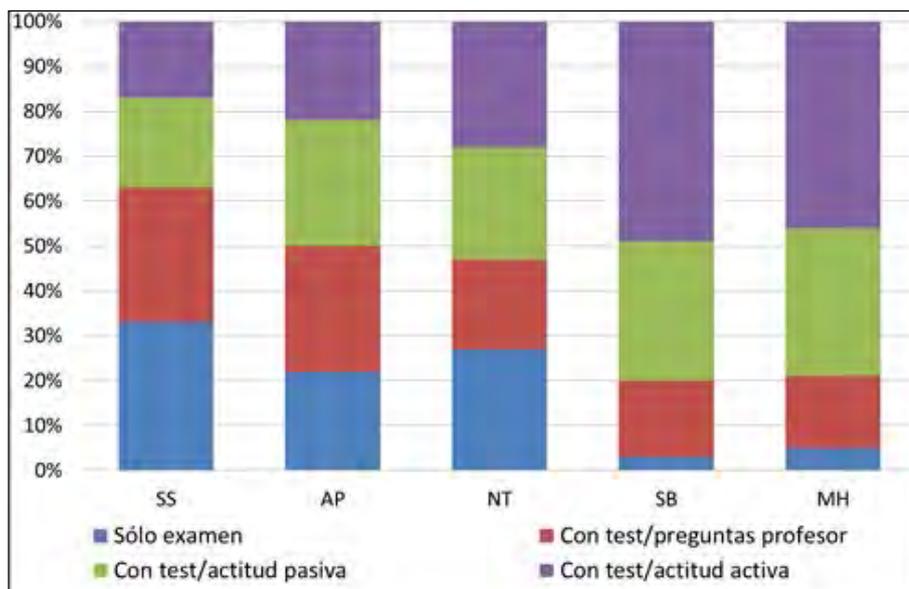
Pero además se considera conveniente que el estudiante adquiera no sólo los conocimientos asignados a cada materia, sino también capacidades y destrezas transversales comunes a todos los estudiantes universitarios, tales como el análisis y síntesis de conceptos, la gestión adecuada de la información y



la mejora de la comunicación escrita.

En esta investigación se propone dar la posibilidad al alumno de plantear cuestiones de selección múltiple (tipo test) sobre la asignatura. Con las preguntas formuladas por el propio alumno y otras aportadas por el profesor, se configuran diferentes pruebas tipo test a lo largo del curso. Al aplicar esta metodología se consigue fomentar la motivación intrínseca del estudiante, ya que éste percibe que participa de una manera directa y activa en su calificación, ya que sus propias preguntas pasarán a formar parte del examen.

Todo esto se consigue fácilmente al utilizar las



Distribución de estudiantes por nota y método de trabajo

nuevas tecnologías de una manera activa, integrando éstas no sólo como soporte documental, sino también para permitir una interacción fluida estudiante-profesor y estudiante-estudiante. Se utiliza un entorno de aprendizaje on-line (el denominado Campus Virtual), en el que se han integrado varias herramientas (una de ellas desarrollada por el equipo investigador) que permite a los estudiantes: (1) subir sus preguntas tipo test y ver las subidas por sus compañeros, y (2) comentar mediante la activación de un foro específico para cada prueba las dudas que puedan surgir al intentar responder las cuestiones planteadas por sus compañeros. Por parte de los docentes las herramientas permiten: (1) evaluar de forma cualitativa el nivel de comprensión que ha adquirido el estudiante, así como su capacidad para expresarse a través de su habilidad para proponer preguntas sobre la materia objeto de estudio; y (2) generar automáticamente una prueba de evaluación para calificar de forma cuantitativa los conocimientos adquiridos por el estudiante.

*Estamos fomentando en el alumno la capacidad de gestionar adecuadamente la información disponible*

En este proceso, profesores y estudiantes pueden ver todas las preguntas. Esto, que en un primer momento puede parecer una ventaja, en realidad no lo es ya que como las preguntas han sido formuladas por sus pares, la formulación de la pregunta o el resultado marcado como correcto pueden ser erróneos. Además, la cantidad de preguntas generadas para un mismo test puede superar la centena, lo que de alguna manera impide que el estudiante logre aprenderse las preguntas y su respuesta correcta de memoria. Con todo esto se incentiva de

manera indirecta el análisis crítico: el estudiante debe apreciar la calidad de las preguntas ajenas, saber si están bien planteadas y si la solución es correcta. Así, indirectamente estamos fomentando en el alumno la capacidad de gestionar adecuadamente la información disponible, distinguiendo lo importante de lo accesorio.

El procedimiento invita a la participación no sólo a los estudiantes avanzados, sino también a los estudiantes con menos base, ya que en ningún momento nos planteamos calificar la calidad de las preguntas subidas, sino fomentar la generación de esas preguntas por parte de los alumnos.

El trabajo, llevado a cabo por profesores del Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática, de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense, ha sido evaluado sobre 769 alumnos de la propia Universidad, matriculados en 12 asignaturas diferentes. Los resultados muestran que no sólo los estudiantes que han participado activamente en esta metodología han mejorado sus calificaciones, sino que aquellos que han participado de una manera pasiva (aprovechándose del trabajo de sus compañeros) también lo han hecho, aunque han mejorado sus calificaciones en menor medida.

### Cinco libros de la Biblioteca Histórica en la exposición "Cuerpos de cera. El arte de la anatomía", en el Museo de la Evolución Humana, en Burgos

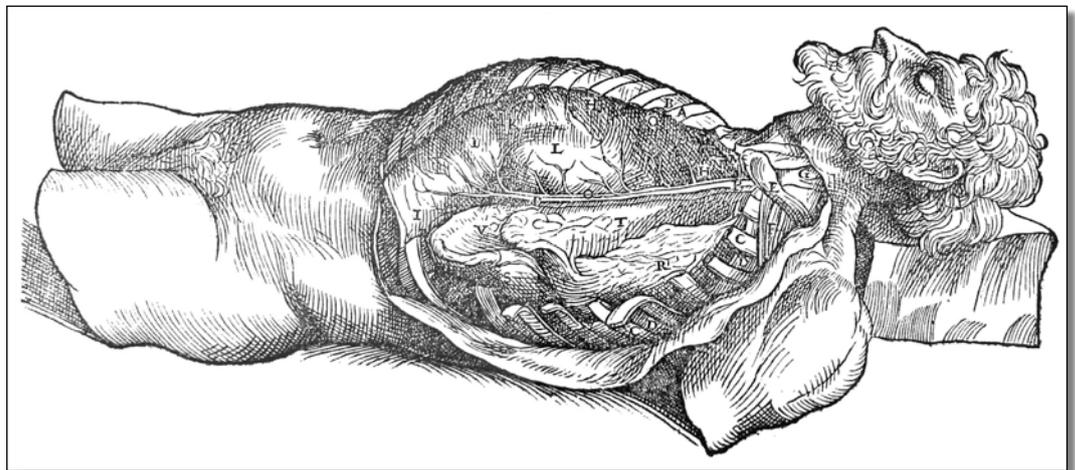
Hasta el 31 de julio se podrá visitar la exposición "Cuerpos de cera. El arte de la anatomía", organizada por el Museo de la Evolución Humana, en Burgos, en la que se muestra el arte de la Anatomía a través de parte de la colección de modelos de anatomía en cera de la Universidad Complutense. Estos modelos van acompañados por varios libros, obras maestras de la medicina y del arte del grabado, cuyas imágenes, detalladas e impactantes, sirvieron de fuente de inspiración a los artistas a la hora de realizar dichas figuras en cera. Estas piezas cuentan con un gran valor artístico, al igual que docente y pedagógico, pues sobre ellas se enseñaban en las antiguas aulas de medicina, ante la imposibilidad manifiesta de conseguir cuerpos humanos para el aprendizaje de los alumnos de medicina.

**Juan Luis Arsuaga**, director científico del Museo de la Evolución y profesor del **Departamento de Paleontología** de la Universidad Complutense, indicó en el acto de inauguración de la exposición que se trata de una de las dos mejores colecciones de modelos anatómicos en cera del

mundo y es la primera vez que se expone al gran público. Además, explicó que la muestra cuenta una historia. La historia de unos científicos-artistas de la Ilustración, que promovían un pensamiento humanista para hacer más feliz a la humanidad a través del conocimiento.

La colección de modelos anatómicos, heredera del Real Colegio de Cirugía de San Carlos, está compuesta por esculturas anatómicas de cera del siglo XVIII con gran valor antropológico, histórico, artístico, anatómico y pedagógico. Estas esculturas, realizadas por Juan Cháez y Luigi Franceschi, alcanzan un elevado nivel expresivo y se valen de un profundo conocimiento técnico

*La colección está compuesta por esculturas anatómicas de cera del siglo XVIII con gran valor, histórico, artístico, anatómico y pedagógico*



Disección. Lámina del libro "De humani corporis fabrica" de Andreas Vesalius.

para sorprender al visitante. Pertenecen al **Museo de Anatomía «Javier Puerta»** de la Universidad Complutense.

Para la exposición se han elegido figuras con las



**Gemelos.** A la izquierda la figura de cera. A la derecha la lámina que sirvió de modelo, obra de William Smellie en su libro: "A sett of anatomical tables, with explanations, and an abridgement, of the practice of midwifery, with a view to illustrate a treatise on that subject, and collection of cases".

que ilustrar tres temas principales: obstetricia, bipedestación y cerebro. Son cerca de 40 esculturas de cera en distintos tonos. Los modelos anatómicos explican la evolución y las singularidades de la especie humana en cuatro grandes apartados: la postura erguida, el aparato fonador, el cerebro y el parto. La muestra cuenta también con escenografías, decorados y entelados de distintas épocas, así como imágenes a gran escala y máquinas artesanas y manuales.

Las obras prestadas por la **Biblioteca Histórica** de la Universidad **Complutense** son varios tesoros bibliográficos de la Universidad, cuidadosamente seleccionados para formar parte de esta magnífica exposición, destacando entre ellas la primera edición de la obra "De humani corporis fabrica", de **Andreas Vesalio**, y la obra en gran formato "A sett of anatomical tables, with ex-

planations, and an abridgement, of the practice of midwifery, with a view to illustrate a treatise on that subject, and collection of cases", del médico obstetra **William Smellie**, en la que destacan las láminas de la aplicación del fórceps en partos difíciles.

En ese sentido, uno de los ámbitos destacados de la exposición es el titulado 'Un parto diferente' en el que se entra de lleno en la colección de ceras, con uno de los grupos de esculturas. Se trata de un primer grupo de ejemplo de partos y de un segundo grupo de esculturas con temas anatómicos relacionados.

La exposición "**Cuerpos de cera. El arte de la anatomía**" de la que pueden hacer [un breve recorrido virtual](#), se podrá visitar hasta el 31 de julio, en la sala de exposiciones temporales del **Museo de la Evolución Humana de Burgos**, con entrada gratuita.

**Aurora Díez Baños**

### Lista de obras prestadas por la Biblioteca Histórica:



Lámina de la obra **Albini Tabulae sceleti et musculorum corporis humani** de **Albinus Bernhard Siegfried**

**Smellie, William.** *A sett of anatomical tables, with explanations, and an abridgement, of the practice of midwifery, with a view to illustrate a treatise on that subject, and collection of cases.* London : [s.n.], 1754

BH MED GF 93

**Navas, Juan de.** *Elementos del arte de partear - parte primera.* Madrid : en la Imprenta Real, 1795

BH MED 12301

**Vesalius, Andreas.** *De humani corporis fabrica.* Basileae : ex Officina Ioannis Oporini, 1543, mense Iunio.

BH FG 1126

**Vicq-Dazyr, Felix.** *Traité d'anatomie et de physiologie : avec des planches coloriées...* Paris : Barrois Jeune : Imprimerie de Franç. Amb. Didot l'Aîné, 1786 BH FOA 5376

**Albinus, Bernhard Siegfried.** *Albini Tabulae sceleti et musculorum corporis humani.* Londini : H. Woodfall, impensis Johannis et Pauli Knapton, 1749 BH MED GF 47

# red.escubre

Boletín de noticias científicas y culturales

Si desea recibir este boletín en su correo electrónico envíe un mensaje a [gprensa@rect.ucm.es](mailto:gprensa@rect.ucm.es)