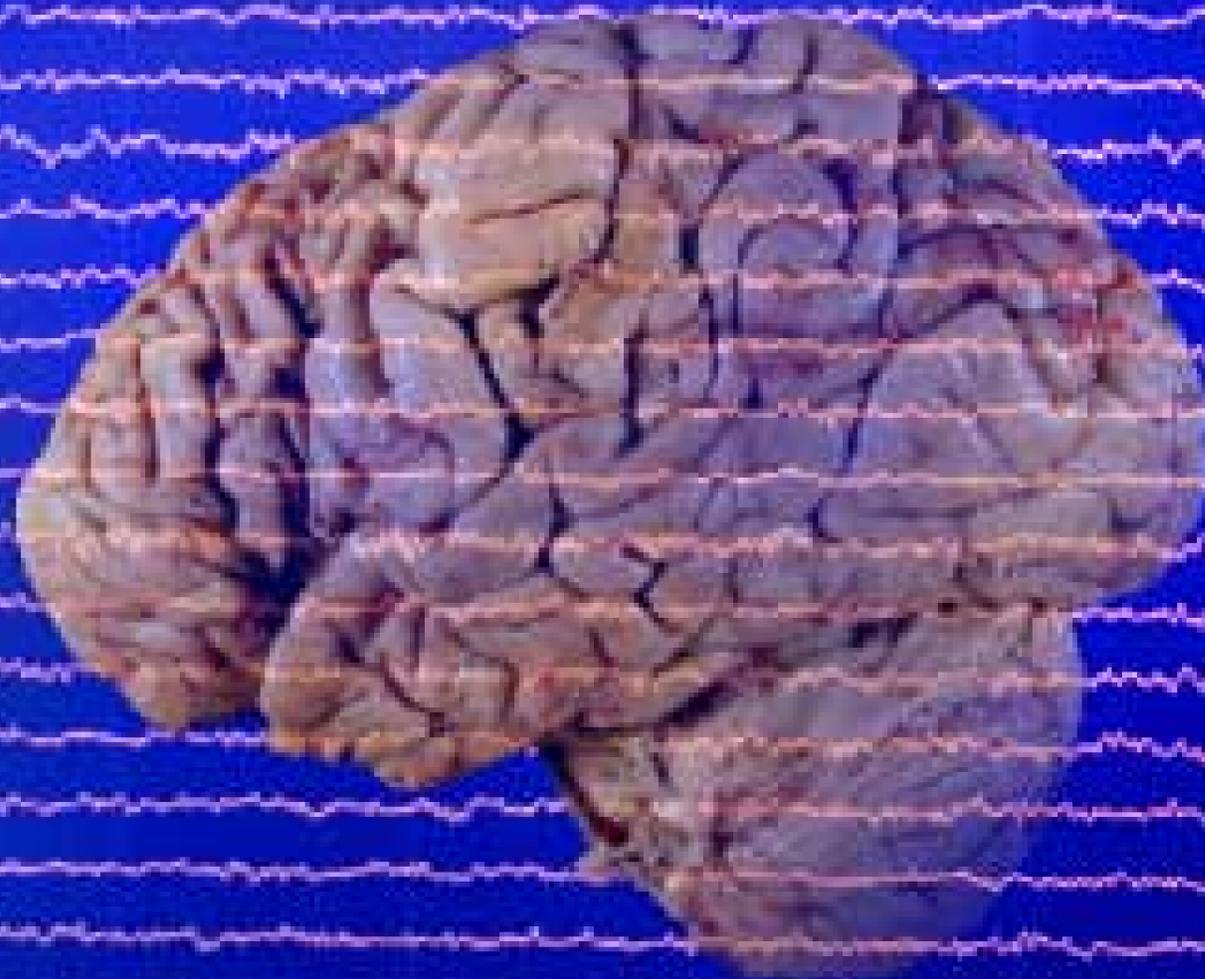


# En primera línea del estudio del cerebro humano



► LA COMPLUTENSE PARTICIPA EN EL PROYECTO CEREBRO HUMANO GRACIAS AL LABORATORIO MIXTO UCM-UPM DE NEUROCIENCIA COGNITIVA Y COMPUTACIONAL

► ESTE PROYECTO HA SIDO SELECCIONADO POR LA COMISIÓN EUROPEA COMO UNA DE LAS DOS GRANDES LÍNEAS DE TRABAJO (LA OTRA ES EL GRAFENO) DIGNA DE SER OBJETO DE UN PROYECTO A DIEZ AÑOS DOTADO CON 1.100 MILLONES DE EUROS

En estas dos páginas, montaje de un cerebro humano sobre la lectura real de la actividad de un paciente

**E**l 28 de enero la Comisión Europea anunció cuáles habían sido los dos elegidos como proyectos emblemáticos de Tecnologías Emergentes de Futuro (FET Flagship): un estudio en profundidad del grafeno y el Proyecto Cerebro Humano (**Human Brain Project, HBP**). La Comisión eligió aquellas ideas que espera que “ayuden a mejorar las vidas, la salud y la prosperidad de millones de europeos”. Para ello les han concedido 1.100 millones de euros y un largo plazo de diez años de trabajo.

La Universidad Complutense de Madrid participa en el HBP a través del Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Computacional, un centro mixto UCM-UPM, que forma parte de las infraestructuras del Campus Moncloa de Excelencia Internacional. El Laboratorio está integrado en el clúster de Medicina Innovadora, y está dirigido por el profesor complutense Fernando Maestú Unturbe.

## CAMPUS DE MONTEGANCEDO

El Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Computacional está ubicado dentro del Centro de Tecnología Biomédica del Campus de Montegancedo.

Allí está instalada la máquina de magnetoencefalografía dentro de una habitación que aísla totalmente de las partículas magnéticas. Maestú explica que en ese aparato se puede tener a los pacientes hasta una hora, pero lo normal suele ser media, “sobre todo cuando hay personas con patologías como la enfermedad de alzheimer o traumatismos craneoencefálicos, ya

## EL LABORATORIO DE NEUROCIENCIA COGNITIVA Y COMPUTACIONAL FORMA PARTE DE LAS INFRAESTRUCTURAS DEL CEI MONCLOA

que se intenta que estén el menos tiempo posible”. Se pueden hacer estudios del estado basal (en reposo) y también alguna batería cognitiva (tareas de memoria, atención y lenguaje).

Antes de estas instalaciones había una máquina parecida en la UCM, pero se vendió porque la compañía quebró y no había servicio técnico. Maestú explica que se mudaron al Centro de Tecnología Biomédica y allí la habitación aislada la construyó la Complutense, y la máquina la puso la Politécnica. En el Laboratorio son unas 23 personas y en este momento más de la mitad son complutenses. La UPM aporta ingenieros de Telecomunicaciones, de Industriales... , y la UCM investigadores de Medicina, de Psicología y también de la Facultad de Físicas. Hay alumnos de dichas facultades que se trasladan al Laboratorio a hacer su investigación.

## LA HABITACIÓN

La habitación, construida por la UCM, aísla de campos magnéticos y está hecha con un material que se llama mumetal, que lo que hace es desviar el campo magnético, “con lo que se pueden hacer registros muy eficientes”.

El campo magnético que hay alrededor de esa habitación está millones de veces por encima de lo que registran los investigadores en el cerebro, que es de  $10^{-15}$  teslas. Maestú explica que “estas habitaciones fueron todo un descubrimiento para hacer estos experimentos de magnetoencefalografía y sin ellas es imposible. Además de eso, el estar aquí alejados de cualquier fuente de campo magnético también es importante. Antes, cuando estábamos en el pabellón 8 de Medicina, teníamos cerca el Metro, y sus intensidades de campo eran demasiado fuertes como para hacer registros limpios”.

## PROYECTO CEREBRO HUMANO

El ambicioso objetivo del Proyecto Cerebro Humano (HBP) es comprender nuestro cerebro en su totalidad. Con ello se pretende discernir qué es lo que nos hace humanos, así como

LA FACULTAD DE MEDICINA ACOGIÓ TRES CONFERENCIAS LOS DÍAS 13 Y 14 DE MARZO

## Enfermedades y videojuegos en la Semana del Cerebro



Sobre estas líneas, el profesor Miguel Burgaleta, de la Pompeu Fabra y José María Martínez Selva, de la Universidad de Murcia

Alberto del Arco y Gregorio Segovia, profesores del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina, han sido los responsables de organizar las actividades que se han celebrado en la UCM dentro de la Semana del Cerebro. Esta iniciativa, como informa del Arco, está promovida por la Fundación Dana desde los años 90 del siglo XX, y su objetivo es acercar al público los conocimientos sobre el cerebro de una "manera accesible y comprensible". El objetivo final es intentar entender mejor cómo funciona el cerebro, qué nos hace ser humanos y por qué somos como somos.

La primera de las conferencias la impartió Fernando Maestú, profesor del Departamento de Psicología Básica de la UCM y director del Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Computacional. Entre otras cosas, Maestú explicó que gracias al uso de la magnetoencefalografía se ha visto la evolución de enfermedades como el Alzheimer que comienzan con una pérdida de conectividad en los primeros estadios para luego compensarse, de ma-

nera un tanto sorprendente, con una hipersincronización según la enfermedad se desarrolla. A partir de ahí se va perdiendo por completo la conectividad en el cerebro. Ahora queda por descubrir a qué se debe esa inesperada hipersincronización. Existen algunas teorías, pero todavía tienen que ser comprobadas.

### LA ERA DIGITAL

Desde que se ha generalizado el uso de Internet, los móviles y las redes sociales, se han alzado muchas voces que hablan de cómo se modifica el cerebro humano con estas tecnologías. Algunos las han demonizado, pero Gregorio Segovia recordó que esto no es algo nuevo, ya

**ES UNA ACTIVIDAD QUE SE ORGANIZA DESDE LOS AÑOS NOVENTA DEL SIGLO XX (EN LA QUE SE CONOCIÓ COMO DÉCADA DEL CEREBRO) Y QUE ESTÁ PROMOVIDA POR LA FUNDACIÓN DANA**

que Sócrates ya "expresó su miedo a que la escritura acabara con la memoria".

El profesor del Departamento de Anatomía Humana y Psicobiología de la Facultad de Psicología de la Universidad de Murcia, José María Martínez Selva, explicó que es evidente que las tecnologías cambian nuestro comportamiento y también nuestro cerebro. Aunque eso no es nada especial, sino que se debe a la "plasticidad cerebral" de nuestra especie. Donde sí pueden surgir problemas es en la pérdida de la entidad física de la memoria, en trastornos provocados por la adicción a los videojuegos e incluso en las tecnoadicciones, que hoy en día siguen siendo raras y que no hay que confundir con la dependencia.

Por su parte, Miguel Burgaleta, de la Universidad Pompeu Fabra, presentó un pequeño estudio realizado con una decena de chicas diestras de unos 19 años, que demostró que apenas 16 horas de videojuegos modifican la morfología cortical. Lo que se desconoce es si eso es negativo, positivo o neutral.



Un investigador analiza la actividad cerebral de un sujeto en el Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Computacional

desarrollar nuevos tratamientos para las enfermedades cerebrales y construir nuevas y revolucionarias tecnologías de computación. El HBP incluye grupos de investigación de prácticamente todos los países europeos, pero también está abierto a otros como Argentina, Canadá, China, Israel, Japón, Arabia Saudí y Estados Unidos.

Maestú explica que su Laboratorio ha conseguido entrar en el HBP gracias a la relación con la UPM. "La creación de este laboratorio mixto ha facilitado que gente de la UPM que ya estaba involucrada en la prefase del proyecto haya considerado que fuese necesario que estuviese también nuestro grupo". Y aparte de eso, se ha entrado por la "inversión en investigación que se hizo en el pasado. Sin esta tecnología no habríamos entrado

**LA FUSIÓN ENTRE LA COMPLUTENSE Y LA POLITÉCNICA ES LO QUE HA PERMITIDO QUE LA UCM ENTRE EN EL HUMAN BRAIN PROJECT**

en el proyecto nunca. A España van a venir millones de euros gracias al HBP, así que no es ninguna broma".

Reconoce que la fusión entre Complutense y Politécnica ha sido un trabajo duro, realizado tanto por él como por Alberto Fernández, profesor de Psiquiatría y director del grupo UCM-UPM de Investigación en Neurología Funcional, Neurociencia Cognitiva y Computacional (GINCOYCO) del CEI Moncloa. Los dos aseguran que el esfuerzo "ha tenido un beneficio enorme, ya que somos el único grupo de la UCM en el HBP". En la UPM sí hay otros grupos metidos en el proyecto y de hecho la Politécnica supone un 24% dentro de la representación nacional. El Laboratorio de Fernando Maestú participa en la división de Neuroinformática del HBP dentro del paquete de trabajo de análisis de datos funcionales, coordinando la utilización de datos de conectividad MEG (magnetoencefalografía) de todo el Proyecto. El grupo, además, está involucrado en todas las tareas relacionadas con análisis de datos funcionales.

El HBP comienza sus actividades en septiembre de 2013 y terminará en 2023. Los dos primeros años son para

**UNO DE LOS OBJETIVOS ES CONSTRUIR UN ORDENADOR QUE PROCESA TANTA INFORMACIÓN Y CON TAN Poca ENERGÍA COMO NUESTRO CEREBRO**

el despegue del proyecto, para la organización de grupos y la composición de la arquitectura final de la iniciativa. El grupo de Maestú entrará a trabajar a partir de ese momento, en 2015. A pesar de eso ya están teniendo reuniones para ver qué relaciones se pueden establecer con otros grupos.

### ORDENADOR MUY EFICIENTE

La tarea fundamental del Laboratorio de Maestú en el HBP será "dar señales cerebrales oscilatorias que indiquen cómo funciona el cerebro". Con ello lo que quieren es demostrar la conectividad funcional, cómo las áreas del cerebro están conectadas y cómo intercambian información entre sí.

Una de las ideas del HBP es crear un modelo para desarrollar un orde-

ador que se base en cómo funciona el cerebro humano. Este es capaz de procesar millones de bits por segundo y de manera muy eficiente, gastando poquísima energía, en torno a unos 10 vatios, haciendo un procesamiento enorme. Los investigadores intentarán saber cómo es así de eficiente, "porque si pudiéramos hacer un ordenador que simulara de alguna manera lo que hace un cerebro sería una máquina potentísima". El primer paso para conseguirlo es saber cómo funciona el cerebro a través de las señales, "si funciona con sincronizaciones en fase, con actividad en diferentes frecuencias, cómo hace para procesar la información... Si entendemos esa parte podríamos empezar a pensar en cómo transformar eso en algo para los que modelan computadores".

Dentro del Proyecto Cerebro Humano hay seis grandes líneas de

## LA INVESTIGACIÓN BÁSICA PARA EL DESARROLLO DEL ORDENADOR MEJORARÁ EL CONOCIMIENTO DE LAS PATOLOGÍAS

trabajo que están enfocadas al desarrollo de esas nuevas tecnologías que permitirán unificar los descubrimientos sobre el cerebro en todos sus niveles, desde el genético al morfológico e incluso el referente al comportamiento humano.

### LA UNIÓN DE FUERZAS

Explica Maestú que la idea es llegar a tener todos esos niveles de análisis unidos para obtener un modelo de cerebro que se pueda luego transferir a la computación. Gracias a la magnetoencefalografía, en su Laboratorio estudian, esencialmente, la actividad de las neuronas piramidales. Otras células como las de la glia o los astrocitos son soporte de las células piramidales y se ve su actividad de manera indirecta, porque si hubiera problemas en esas células los habría también en las piramidales y se verían las consecuencias.

El estudio exhaustivo de las otras



células lo llevarán a cabo los investigadores que hacen, por ejemplo, histología, "porque tienen mucha más definición en el campo microscópico".

### APLICACIONES MÉDICAS

Del HBP se van a sacar básicamente dos grandes aplicaciones. La primera ya se ha comentado y es la transferencia a la industria de un ordenador con una potencia de computación enorme. Toda la investigación básica que hay que hacer para llegar hasta allí va a permitir desarrollar las

técnicas de análisis y de modelos de comprensión del cerebro, y eso va a dar lugar a las segundas aplicaciones: las médicas. Gracias a todos esos conocimientos se van a conocer mejor todo tipo de patologías. El grupo de Maestú, por ejemplo, tiene una amplia línea de trabajo centrada en la enfermedad de alzheimer y gracias al HBP podrá compartir información con investigadores de otros muchos países y "al final se dará un empuje mucho más rápido al conocimiento de todas las enfermedades del cerebro".



A la izquierda arriba, Fernando Maestú en su intervención durante la Semana del Cerebro. Debajo, un investigador observa a un paciente de párkinson estudiado con magnetoencefalografía. Arriba, Fernando Maestú y Alberto Fernández.

→ Cómo es la patología del sistema y cómo funciona en la normalidad son dos caras de la misma moneda "que hay que entender si algún día quieres fabricar un ordenador que simule un cerebro humano". Alberto Fernández coincide con esta afirmación de Maestú, pero reconoce que en la investigación actual se hace al revés de como debería ser, es decir, "primero estudiamos las enfermedades y de ahí derivamos un modelo de cómo funciona un cerebro normal". De acuerdo con el investigador, lo ideal sería conocer

cómo funciona un cerebro cualquiera y a partir de ahí decir: "cuando se estropea una zona determinada, eso debe producir una enfermedad concreta con una serie de síntomas".

### ROMPER EL PARADIGMA

La vieja máxima de que sólo utilizamos un 10 por ciento de nuestro cerebro pasó a la historia hace mucho tiempo, al menos para los investigadores. En realidad el cerebro humano funciona "todo, no hay nada que esté reservado". El objetivo del HBP es

modelar el cerebro en su conjunto, y de hecho, grupos como el de Maestú apuestan por la idea de que "hay un funcionamiento global de la red más que de sus partes".

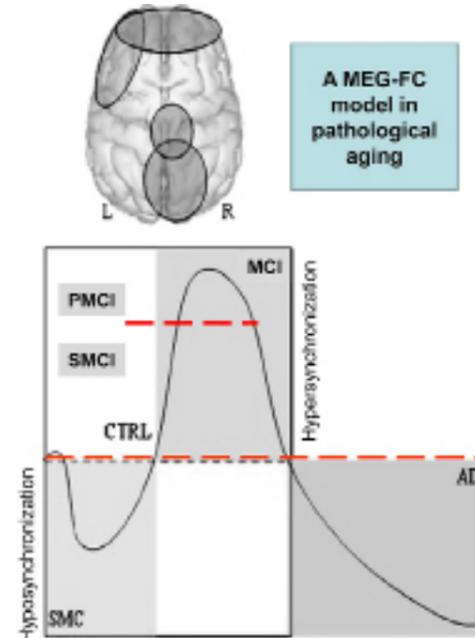
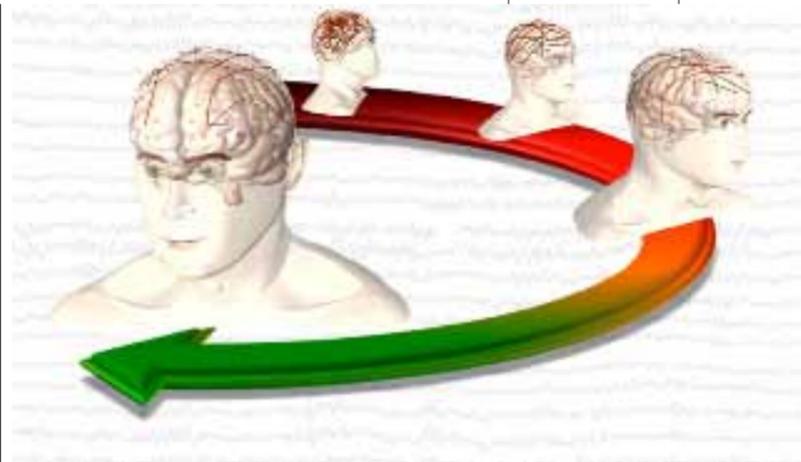
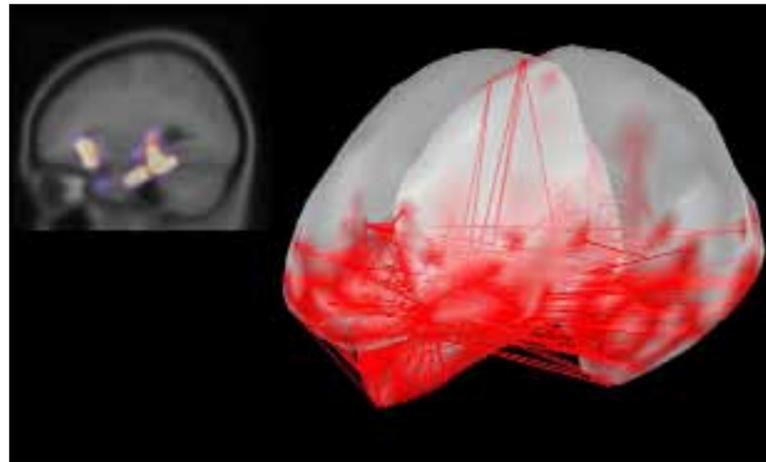
La idea es ver cómo funciona el conjunto tanto en diferentes estados cognitivos como en distintas patologías, "y eso es algo que no se había hecho hasta ahora". De hecho, el paradigma dominante en neurociencia sigue siendo decir que "el lóbulo frontal tiene tal capacidad, el lóbulo temporal tiene esta otra... Si preguntas a la mayoría de los profesionales que trabajan en estos campos, sobre todo en la clínica, te dan una idea del funcionamiento por parcialidad, por segregación, no de un sistema en globalidad".

El cerebro humano tiene unas 100.000 millones de neuronas, y cada una de ellas puede tener entre

## MAESTÚ POSTULA QUE LAS CUALIDADES DEL CEREBRO NO ESTÁN EN CADA UNA DE SUS PARTES, SINO EN LAS INTERCONEXIONES QUE HAY ENTRE ELLAS

10.000 a 20.000 conexiones, "no sólo con sus vecinos sino también a larga distancia". Maestú considera que esa "interrelación de neuronas indica que no tienen una sola funcionalidad. La auténtica información está en las redes".

El director del Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Computacional es consciente de que su hipótesis no está aceptada por todos y que "quizás nos equivoquemos, pero para salir de un paradigma hay que situarse en una situación divergente. En caso contrario no consigues aislarte completamente de ese paradigma". Lo que postula Maestú es que cada parte del cerebro aporta una cualidad, pero no tiene una funcionalidad específica. Las cualidades se aportan a un conjunto de una red, que es la que permite que se produzcan los procesos.



En esta doble página, varias imágenes que muestran las redes del cerebro, así como los picos de máxima y menor hipersincronización en la evolución de la enfermedad de alzheimer. Debajo, instalaciones del Laboratorio donde se realiza la electroencefalografía dentro del Centro de Tecnología Biomédica.

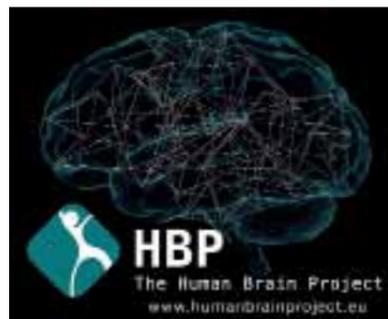
Bajo et al, 2011



para pagar el sueldo de unos cuantos investigadores "es algo casi inimaginable en la situación actual".

Se queja el investigador de que los científicos que se forman en la Complutense luego son fichados en lugares como Alemania por el triple de lo que se les paga aquí, "y se van, claro, pero es una lástima porque formamos aquí a gente buenisima, pero les pagan infinitamente más de lo que cobran los investigadores principales

El modelo estándar, el que considera que cada área tiene una función concreta, se ha desarrollado durante más de 100 años. De ahí que los que postulan un nuevo modelo estén como "en la prehistoria de la descripción de la organización cerebral a partir de la conectividad". Hay un gran número de trabajos en todo el mundo en esta línea y ya se conocen muchas cosas, "pero quedan muchas más por saber". Reconoce Maestú que, "por ejemplo, descubrir que las relaciones entre las áreas del cerebro son por sincronización en fase sería muy sorprendente, porque eso explicaría por qué gasta muy poca energía para procesar muchísima información".



o lo que fuera, había algunas zonas del cerebro que gastaban más energía". Siempre se había supuesto que la realización de alguna tarea tenía que producir algún tipo de activación y no al revés.

La explicación de por qué esto es así todavía no está del todo clara, pero Maestú considera que ese mayor gasto energético es un estado por defecto que parece necesario para que luego se procese mejor la información. "Es decir, si no alcanzas ese estado en reposo, cuando entra un estímulo tienes problemas, pero también tienes problemas si no se desactiva, porque si ese estado se mantiene se procesa mal el estímulo". Parece ser que el cerebro en reposo trabaja como si estuviera preparándose para hacer algo.

En el Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Computacional han visto que en los casos de deterioro cognitivo el cerebro está "hipersincronizado en el estado basal y sigue igual en el estado tarea y por eso no procesan la información de manera adecuada, ya que no llega el estímulo correctamente". El profesor Fernández lleva mucho tiempo estudiando esas redes por defecto para ver qué las caracteriza



en las diferentes enfermedades y ha descubierto que hay patrones en cada una de las patologías.

**PRODUCTIVIDAD**

La fecha límite del Proyecto Cerebro Humano es 2023, pero Maestú



considera que si da una productividad se podría ampliar. Entendiendo por productividad "lo que dice Obama, que de cada dólar que invierte en ciencia le devuelven cinco. Si el HBP hace transferencia a la industria y genera beneficios tendría sentido que con-

tinuara". En caso contrario tampoco pasaría nada, porque "diez años en ciencia es algo fantástico y se pueden conseguir cosas increíbles".

Para el propio Laboratorio de Maestú, el que les den una perspectiva de una década de dinero suficiente como

**LOS INVESTIGADORES DE LA UCM SE QUEJAN DE QUE AQUÍ HAY UNA FORMACIÓN DE CALIDAD, PERO ES IMPOSIBLE COMPETIR CON LOS SUELDOS QUE OFRECEN EN OTROS PAÍSES**

en España y se marchan sin pensárselo". Con los más de dos millones de euros que van a recibir gracias al HBP van a poder subir los sueldos para competir con otros países y, "sobre todo, conservar a los mejores para avanzar en la investigación".

Gracias al CEI Moncloa el grupo cuenta con tres jóvenes investigadores del Programa Internacional de Captación de Talento (PICATA), uno posdoctoral y dos predoctorales. El posdoctoral es un neurólogo cubano que ha estado trabajando seis años en Japón y ahora ha decidido venirse a España, al Laboratorio de Neurociencia Cognitiva y Computacional. Su contrato es sólo por dos años, pero Maestú espera que después de ese tiempo se pueda seguir contando con él, porque el hecho de que se incorpore "gente con talento es fundamental".