

1. Introducción

1.1 Proceso de Miniaturización

Probablemente lleves en tu bolsillo una cámara de fotos, una de vídeo, un reproductor de música, de vídeo, un teléfono, una pantalla táctil... y todo en el mismo aparato de apenas 100 gramos.

Desde el teléfono que aparece en la imagen de al lado, hasta los actuales se ha recorrido un largo camino de miniaturización: en las pantallas, las memorias, los procesadores, las baterías, los circuitos electrónicos... Y esto no se para aquí, ya se habla de teléfonos que se pueden llevar como un auricular, pantallas enrollables del grosor de un folio...



ACTIVIDAD 1

¿Cuál crees que es el grosor de un folio?

ACTIVIDAD 2

Usando potencias de 10, estima el tamaño de

Un linfocito (una célula de la sangre). 10-5 m

Una molécula de metano (CH₄) 10-9 m

El virus del VIH, 10-7 m

Un átomo de Carbono, 10-10 m

Martin Cooper sostiene su primer teléfono móvil, el DynaTAC 8000x, de Motorola. Es del año 1983, pesaba casi un kilogramo y costaba unos 3000 € de entonces ¡sólo servía para llamar por teléfono! No tenía pantalla y su batería duraba unos 35 minutos.

Más en la web rtve.es

1.2 La música en tu bolsillo

[En esta dirección](#) puedes ver una visualización de cómo ha evolucionado el almacenamiento de música.

Lo que ves en esta imagen es un cilindro de cera en el que se cabían 2 minutos de música, es del año 1880. La altura del cilindro es similar a la de un iPod, donde caben hoy unas 3000 horas de música. Un aumento de un 8000000% Sin irnos tan lejos, el propio aparatito de Apple almacenaba 5 GB en 2001 y hoy, en el mismo tamaño, caben 120 GB, es decir, 24 veces más. Quizás estos números mareen o no te digan mucho, pero si la



tecnología de los motores hubiera seguido esa proporción, hoy, un coche podría recorrer unos 20000 km sin repostar, es decir, llenar el depósito ¡una vez al año!

Para que todo esto suceda hacen falta miles de científicos que investiguen sobre nuevos materiales, nuevas propiedades de la materia y las maneras de almacenar información. Se buscan cada vez materiales más pequeños donde almacenar la información, donde mandarle órdenes para que emitan luces...

De esto trata esta unidad, de todos esos proyectos que hoy pueden sonar a fantasía, como usar átomos individuales para almacenar información. Piensa que nadie se hubiera creído hace 50 años que podemos realizar videoconferencias con aparatos pequeñísimos desde cualquier lugar.

ACTIVIDAD 3

Ahora calcula tú. Un libro de 400 páginas se guarda en formato digital en 1 MB. ¿Cuántos km de estantería necesitan los libros que caben en un disco duro de 1 TB? ¿Se saldrían de la atmósfera si los

2. Nuevos Materiales

2.1 Historia de los materiales

La Piedra: Desde el origen hasta el 3500 A.C.



La Primera Revolución, de 3500 A. C. hasta el nacimiento de la Historia: Los Metales

El Cobre, el Bronce...



Este conocimiento básico va a permitir que, en el siglo XX, la Humanidad descubra, invente, diseñe una cantidad vertiginosa de nuevos materiales: plásticos de todo tipo, nuevas aleaciones como el duraluminio, tejidos como el goretex, nuevas cerámicas, aceros de altísima calidad, fibras de carbono, el teflón, o los terfenoles, cristales que emitan música.

[Aquí](#) puedes encontrar más información.

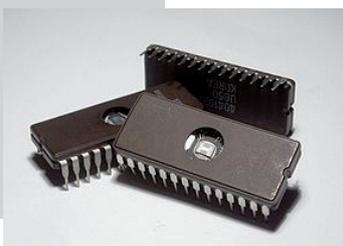
ACTIVIDAD 4

Trabajo individual. Cada alumno realizará un trabajo de un máximo de dos folios y un mínimo de 1 a dos caras, sobre alguno de los nuevos materiales del siglo XX. Para ello buscará información (Origen, composición, usos... en la red sobre Plásticos, Nylon, teflón, formica, microchips de Silicio, fibra de Carbono, nuevas aleaciones...

ACTIVIDAD 5

Trabajo en equipo. En equipos de dos alumnos realizar un Power Point de un máximo de 15 minutos de duración para presentar al resto de la clase, sobre la evolución a lo largo de la historia de un objeto deportivo o de uso cotidiano en función del material en que se ha fabricado. (Por ejemplo: raqueta de tenis, tablas de esquí, cuerdas de alpinismo, bicicletas, ropa, material de construcción cualquier otro que se os ocurra...)

El Silicio: es un elemento químico situado en el grupo 14 de la Tabla Periódica (grupo del Carbono) y de símbolo Si. Es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre (27,7% en peso) después del oxígeno. Se utiliza en aleaciones, en cerámica y, como semiconductor, es básico en la industria electrónica e informática para la creación de chips que se pueden implantar en transistores, pilas solares y una gran variedad de circuitos electrónicos (por esta razón se conoce como Silicon Valley a la región de California en la que concentran numerosas empresas del sector de la informática.)



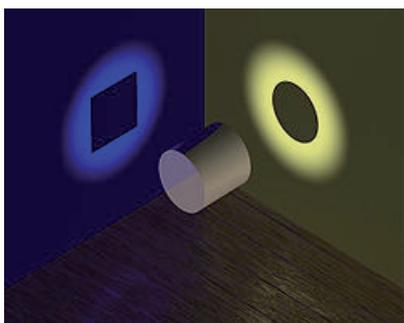
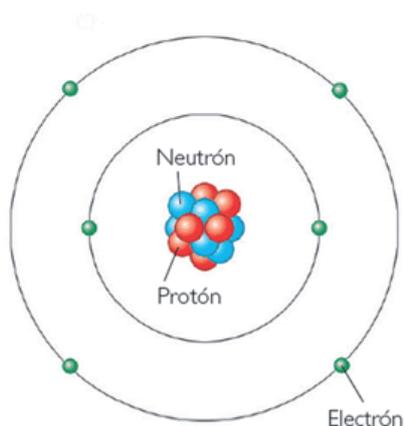
2.2 Inmersos en la tercera revolución

Vivimos inmersos en una nueva revolución. La que proviene de la enormidad de lo minúsculo. Los científicos del siglo XX se han preguntado qué hay por debajo de los átomos que caracterizan a cada elemento químico. Había que ir más allá, ¿cual era su estructura, el comportamiento de esos abismos microscópicos? Y hubo que idear nuevas teorías, nuevos modelos que dieran cuenta de ese mundo. Así nació la Física Cuántica y de este árbol fantástico y extraño, brotaron diversas ramas para hablarnos del átomo, del núcleo atómico, de las partículas elementales... Pero no nos equivoquemos, esta es una revolución que todavía está en marcha. Aún carecemos de una teoría definitiva, pero las consecuencias tecnológicas de lo que ya sabemos no han hecho sino comenzar.

La teoría del mundo microscópico, la Mecánica Cuántica describe propiedades extrañas al mundo en el que desarrollamos nuestra vida cotidiana, el mundo macroscópico. Los átomos, en

su pequeñez, son como enormes catedrales vacías, pero tienen masa y energía, y son las piezas básicas con las que se fabrica todo lo que conocemos, desde el menor grano de arena hasta las más grande de las estrellas, pasando por la hierba, los árboles, los montes, el agua y cualquier ser vivo o no que exista en el Universo.

Todos tenemos una idea intuitiva de lo que es un cuerpo con masa, un corpúsculo dirían los físicos, una bola de billar, también de lo que es una ola marina, una onda en términos científicos. Nuestra experiencia cotidiana nos permite diferenciar claramente entre ambas cosas, entre ambos conceptos. Tal es así que durante siglos la física clásica diferenció nítidamente ambas dinámicas. Pero en el mundo cuántico se pierde esa diferencia y hablamos de la dualidad corpúsculo-onda. Un mismo objeto, un electrón por ejemplo, puede comportarse como una bola de billar en ocasiones, y otras veces como una onda, incluso interactuando consigo mismo dando lugar a interferencias. Y, lo más increíble de todo, este comportamiento extraño, depende de quién y cómo lo esté observando. Mira la figura adjunta para hacerte una idea intuitiva, según el punto de vista, un mismo objeto aparece como un círculo o como un cuadrado. Es una analogía que te puede servir.



3. El Carbono

3.1 Combinaciones con otros elementos

A principios del S. XIX el químico Berzelius clasifica los productos químicos en Orgánicos (los que proceden solamente de organismos vivos) e Inorgánicos (los que proceden de la materia inanimada).

La Química Orgánica, también llamada Química del Carbono, estudia las propiedades de un gran número de compuestos que contienen carbono en su composición. El carbono también forma parte de otros compuestos que son objeto de estudio de la llamada Química Inorgánica.

Sin embargo la síntesis de la urea en laboratorio realizada por Wöhler en 1828 rompió la barrera entre sustancias orgánicas e inorgánicas. En la actualidad, muchos compuestos orgánicos se sintetizan en el laboratorio a partir de sustancias orgánicas e inorgánicas más sencillas.

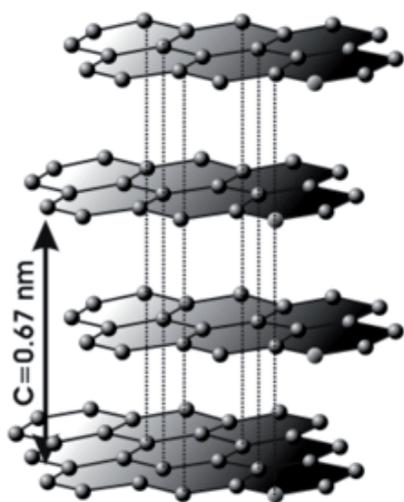
Más del 95% de las sustancias químicas conocidas son compuestos del Carbono. Todos los compuestos responsables de la vida (ácidos nucleicos, proteínas, enzimas, hormonas, azúcares, lípidos, vitaminas, etc.) son sustancias orgánicas. Los compuestos orgánicos están presentes en la vida cotidiana a todos los niveles: En productos naturales como la seda o el algodón, o artificiales como el poliéster. Son utilizados como combustibles, en la industria textil, farmacéutica, en medicina, en cosmética...

El Carbono es el elemento químico de número atómico $Z=6$. La gran cantidad de compuestos orgánicos que existen tiene su explicación en las características del átomo de carbono, con cuatro electrones en su capa de valencia: según la regla del octeto necesita ocho para completarla, por lo que un átomo de carbono forma cuatro enlaces covalentes. Además los átomos de carbono pueden unirse entre sí mediante enlaces sencillos $C-C$, enlaces dobles $C=C$ o enlaces triples $C\equiv C$ formando cadenas carbonadas lineales, ramificadas o cíclicas de diversos tamaños.

3.2 Combinaciones del Carbono consigo mismo

GRAFITO

En el grafito cada átomo de C está unido a otros tres átomos de C mediante enlaces covalentes. A cada átomo de C le queda un electrón que se mueve con cierta facilidad. El enlace covalente entre los átomos de una capa es extremadamente fuerte (longitud de enlace $C-C$ 1,42 Amstrong), sin embargo las uniones entre las diferentes capas se realizan por fuerzas de Van der Waals y son mucho más débiles (distancia entre capa y capa 3,34 Amstrong)



Propiedades

Es de color negro con brillo metálico, refractario y se exfolia con facilidad (las capas pueden deslizarse horizontalmente al romperse los débiles enlaces entre capa y capa). En la dirección perpendicular a las capas presenta una conductividad de la electricidad que aumenta con la temperatura, comportándose como un semiconductor.

Para observar la simulación de dos capas de grafito en movimiento haz click en [este enlace](#).

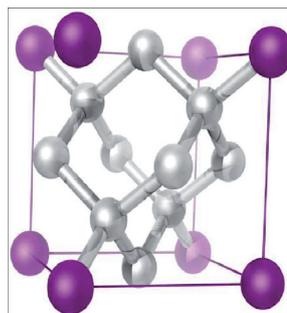


DIAMANTE

En el diamante cada átomo de C está unido a otros cuatro átomos de C mediante enlaces covalentes. La distancia entre los átomos de C es 1,54 Amstrong.

Propiedades

El diamante tiene la más alta dureza y conductividad térmica de todos los materiales. Estas propiedades determinan que la aplicación industrial principal del diamante sea en herramientas de corte y de pulido.



ACTIVIDAD 6

Investiga y escribe en tu cuaderno las semejanzas y diferencias entre Diamante y Grafito.

[Aquí](#) puedes ver cómo construir una red.



FULLERENOS

Los fullerenos son otra de las formas alotrópicas del carbono. El primer fullereno se descubrió en 1985 y se han vuelto populares entre los químicos, tanto por su belleza estructural como por su versatilidad para la síntesis de nuevos compuestos, ya que se presentan en forma de esferas, elipsoides o cilindros. Los fullerenos cilíndricos reciben a menudo el nombre de nanotubos.

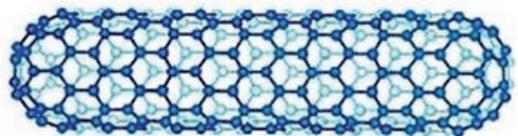
[Aquí](#) puedes observar diversos modelos de fullerenos.



Propiedades de los fullerenos. Aplicaciones

Los fullerenos no son muy reactivos debido a la estabilidad de los enlaces tipo grafito, y son también muy poco solubles en la mayoría de disolventes. Entre los disolventes comunes para los fullerenos se incluyen el tolueno y el disulfuro de carbono. El fullereno es la única forma alotrópica del carbono que puede ser disuelta. En el campo de la nanotecnología, la resistencia térmica y la superconductividad son algunas de las características más profundamente estudiadas. En medicina los fullerenos son usados como jaulas huecas para alojar fármacos que se liberan en forma controlada.

Un nanotubo es una sustancia integrada por fullerenos polimerizados, en los que los átomos de carbono a partir de un determinado punto enlazan con los átomos de carbono de otro fullereno.



Los nanotubos tienen un diámetro de unos pocos nanómetros y, sin embargo, su longitud puede ser de hasta varios cientos de micrómetros de longitud (algunos alcanzan un milímetro, 1000 micrómetros) por

lo que dispone de una relación longitud-anchura muy alta.

ACTIVIDAD 7

Halla la proporción longitud-anchura de un nanotubo usando los datos anteriores y plantea la longitud que tendría un tubo análogo de 5 cm de diámetro

Algunos están cerrados por media esfera de fullereno. Existen nanotubos monocapa (un sólo tubo) y multicapa (varios tubos metidos uno dentro de otro, al estilo de las famosas muñecas rusas). Las propiedades eléctricas, térmicas y estructurales de los nanotubos cambian según el diámetro, la longitud, la forma de enrollar etc.

Aplicaciones de los nanotubos

Se han encontrado numerosas aplicaciones. Los nanotubos de carbono forman un material que resulta ser 100 veces más fuerte que el acero y seis veces más ligero. Hay estudios que pretenden utilizar estos materiales en aviones, automóviles y otros medios de locomoción, pues supondría una pérdida de peso y un aumento de su resistencia mecánica.



ACTIVIDAD 8

Construye tu propio fullereno. Necesitas imprimir [tres documentos en pdf](#), unas tijeras y cinta adhesiva.

4. Grafeno y Cuanticables

4.1 El Grafeno. Frontera de la ciencia

La punta de un lápiz está compuesta de grafito. Como ya hemos visto, el grafito tiene idéntica composición que el diamante, uno de los materiales más duros

que existen, si bien difieren en su estructura cristalina. Como consecuencia de esta diferencia, cuando escribimos o dibujamos sobre papel, nuestra experiencia cotidiana nos muestra que se desgasta rápidamente. ¿Qué ocurre? En realidad, este desgaste del grafito, no se debe a que ceda o se rompa... simplemente se exfolia en capas sucesivas que van dejando su huella en el papel. Si prosiguiéramos indefinidamente con dicho proceso, llegaríamos hasta una última capa transparente de un átomo de espesor. Es el grafeno, el material a cuyas capas apiladas se le da el nombre de grafito.

El grafeno es un material compuesto por átomos de carbono que forman la estructura más plana y más dura conocida. Los átomos se estructuran en una red hexagonal perfecta (salvo impurezas). Los nanotubos de carbono de pared única son cilindros de grafeno.

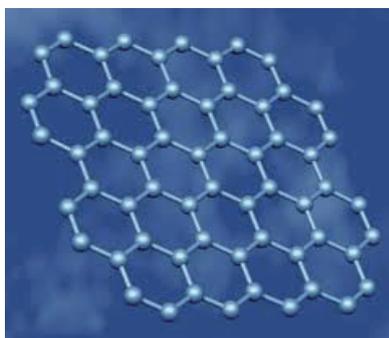
El grafeno era conocido como estructura teórica desde finales de los años cuarenta. Fue P. R. Wallace quien introdujo el concepto en 1947 para describir la estructura del grafito. En 2004, los investigadores A. K. Geim y K.S. Novoselov, de la universidad de Manchester, [lograron aislar por primera vez una lámina de grafeno](#).

Este logro, que podemos calificar de revolucionario, ha sido el motivo por el que estos científicos han recibido en 2010 el premio Nobel de Física.

Pero... ¿Por qué es revolucionario este hecho?

Para contestar a esta pregunta, veamos primero las propiedades que tiene este fantástico material:

- Alta conductividad eléctrica.
- También es un gran conductor térmico.
- Alta elasticidad y dureza.
- Es 200 veces más resistente que el acero.
- Es tan ligero como la fibra de carbono, pero mucho más flexible.
- Se calienta poco al conducir los electrones (Efecto Joule bajo).
- Ante idéntico trabajo, consume menos electricidad que el silicio.



Algunas propiedades teóricas son:

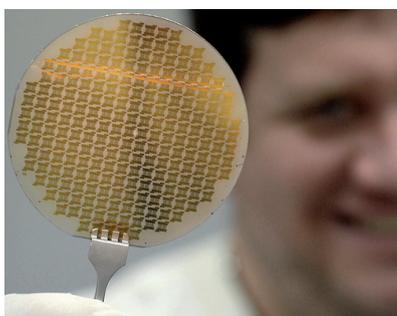
- Es transparente y tan denso que ni siquiera el átomo de helio puede atravesarlo. Los electrones, que se trasladan sobre el grafeno a una velocidad constante de unos 10⁶ m/s, se comportan como cuasipartículas sin masa. Los llamados fermiones de Dirac.
- Los electrones del grafeno pueden moverse libremente por toda la lámina.



Estas últimas propiedades son teóricas, es decir todavía no han sido probadas experimentalmente. Por tanto, nos hallamos ante una de las fronteras de la Ciencia, ante un material nuevo, en parte desconocido, con propiedades predichas por los modelos teóricos, pero todavía en fase de prueba experimental.

4.2 Posibles usos

Cuando hablamos de posibles usos del grafeno, estamos hablando de tecnología de futuro. Todo lo que existe por ahora son prototipos que están en fase de laboratorio en el mejor de los casos, y, en muchos otros, en fase de proyecto.



La gran conductividad eléctrica del grafeno y su bajo efecto Joule, lo presentan como el mejor candidato para la fabricación de procesadores. Estos se han basado hasta ahora en la tecnología del silicio, pero presentaban problemas para dispositivos pequeños, como los teléfonos móviles o los ordenadores portátiles, debido al excesivo calentamiento, lo que deriva en pérdida de eficiencia y desgaste de materiales.

Además, el hecho de que los electrones se desplacen por su superficie, implica que necesitan menos energía que en el caso del silicio, por lo que un procesador basado en el grafeno obtendría un mayor ahorro energético y más duración de la batería. En febrero de 2010 IBM anunciaba la fabricación de transistores de grafeno que operaban a 100 Ghz de frecuencia.

Otra de las características del grafeno que más llama la atención es la unión de una extrema dureza y densidad junto a una extraordinaria flexibilidad y ligereza. Se calcula que una capa de grafeno capaz de cubrir un estadio de fútbol pesaría del orden de un gramo. Si a esta ductilidad y ligereza se une su elevada conductividad, el grafeno se convierte en el gran candidato para fabricar las pantallas del futuro. Su flexibilidad permitirían plegar o enrollar la pantalla según las necesidades del usuario, obteniendo así, tanto grandes pantallas de alta definición, como ligeras pulseras de información fácilmente transportables. Científicos surcoreanos de la Universidad Sungkyunkwan de Seúl acaban de construir la primera pantalla

¿Te imaginas un teléfono móvil con ventiladores en su interior?

En los aparatos electrónicos pequeños hay que evitar que se caliente demasiado, para que puedan funcionar correctamente.

En las grandes instalaciones también existe este problema. La sala de ordenadores del BIFI en Zaragoza, donde hay cientos de ordenadores funcionando, necesita un potente sistema de refrigeración

Puedes hacerte una idea de cómo es posible reducir el tamaño de algunos dispositivos, aunque en muchos casos son artículos para 'geeks', no para ser comercializados a gran escala.

táctil de este material. Tiene 30 pulgadas y puede doblarse y enrollarse hasta ocupar un mínimo espacio.

Por otra parte, combinado con la llamada tinta solar, podría resultar un material adecuado para desarrollar paneles de energía solar que facilitara que los dispositivos se recargaran a sí mismos al instante (supercapacitadores), incluso en condiciones de baja luminosidad. Todo ello podría llevar también a la fabricación de tejidos inteligentes o, en el campo de la biotecnología, se ha pensado en usarlo para encapsular virus. Y, por supuesto, nanotubos de una sola capa.

[Aquí](#) puedes echar un vistazo al futuro.



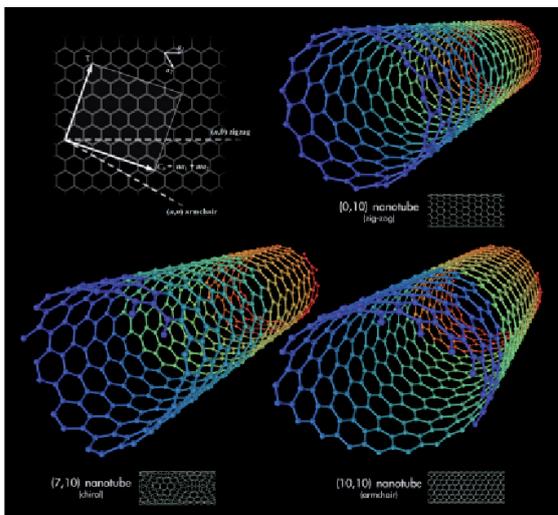
4.3 Cuanticables: Nanotubos de grafeno o cables cuánticos

Quizás el ordenador de tus nietos se parezca muy poco a los actuales. No debe extrañarte, pues una pantalla de 1990 y una de 2010 se parecen muy poco. Para que aparezcan tecnologías nuevas hace falta gente que imagine y trate de construir el futuro, el futuro tecnológico. Quizás el futuro de los ordenadores sean los cuanticables, cables para transportar la electricidad que no tendrán nada que ver con los hilos de cobre actuales.

Actividad 9

En el diseño de los ordenadores hay que tener muy en cuenta el calor que desprenden los componentes y la manera de eliminarlo. Haz una lista de los componentes de un ordenador de sobremesa y localiza el número de ventiladores o mecanismos de disipación de calor que hay.

Los cuanticables son unos grafenos enrollados, es decir, un tubo formado una



capa de átomos de carbono; una manguera microscópica con paredes del grosor de un átomo de carbono. Por ese canal atómico, las cargas eléctricas pueden circular casi sin rozamiento y apenas disiparían calor. Es algo parecido a esos tubos neumáticos por el que la cajera del supermercado mete unos cilindros llenos de dinero que son aspirados y transportados fuera del alcance de los curiosos.

Así se podrían fabricar ordenadores mucho más pequeños, más rápidos y con mucho menor consumo de energía.

Pero las cosas no son tan fáciles. El grafeno, con sus átomos en perfecta posición, en los vértices de los hexágonos regulares es muy fácil de dibujar pero algo más difícil de conseguir. En ocasiones a la red le puede faltar algún átomo de C o contener algún intruso que ocupe el lugar del carbono... Es decir, impurezas.

Las impurezas pueden cambiar las propiedades cualquier material, y los cuanticables, estructuras con muy pocos átomos, son muy sensibles. Según la web del BIFI (<http://bifi.es/>):

El objetivo de cuanticables es analizar en qué grado afectan los defectos que contienen los materiales en la capacidad que tiene un cable cuántico para conducir la corriente. Para tal fin, investigadores de la Universidad de Buenos Aires desarrollan un modelo teórico que simula el cable cuántico, las impurezas y los electrodos a los que se conecta el cable cuántico.

Para la simulación se necesitan realizar numerosos cálculos, una gran capacidad de computación, pero no con un ordenador potentísimo, sino conectando muchos ordenadores como el tuyo. Cuando chateas o lees un mensaje o te ausentas del ordenador y lo dejas encendido, hay una gran potencia de cálculo que está desaprovechada, puedes prestársela a la ciencia. Ibercivis es el proyecto que consigue conectar miles de ordenadores y ponerlos a trabajar en un mismo objetivo, ¿nos prestas tu ordenador?

