



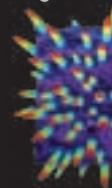
GEORGE WHITESIDES

Profesor de Química de la Universidad de Harvard

por Pere Estupinyà

A lo largo de su carrera, George Whitesides (Louisville, EE UU, 1939) ha desarrollado poderosas técnicas de nanofabricación como la litografía blanda o el autoensamblaje molecular. Investigaciones que le valieron, entre muchos otros galardones y reconocimientos, el Premio Príncipe de Asturias en el 2008. En la siguiente entrevista hablamos con él de su particular visión sobre la nanotecnología y de otros asuntos de la actualidad científica norteamericana. A sus setenta años, George Whitesides no pretende ser políticamente correcto, ni repite los tópicos de siempre sobre nanotecnología, ni disimula una cierta arrogancia con sus provocadores planteamientos. Tras un recorrido por los diferentes laboratorios que dirige en el Departamento de Química de la Universidad de Harvard, da inicio a la entrevista preguntando él mismo: «¿Qué te ha parecido lo que has visto?»

**«LA QUÍMICA ES LA VERDADERA
NANOTECNOLOGÍA»**



Me ha dejado impresionado la diversidad de proyectos. ¿Cuántas disciplinas diferentes de científicos trabajan aquí?

[Con sonrisa de satisfacción.] Diría que quizá unas quince: biología, ingeniería, computación, física, farmacología, ciencia de materiales, todo tipo de químicos...

¿Y se entienden entre ellos?

¡Eso es lo que intentamos! Hay tres razones para mantener este espíritu multidisciplinario. La primera es que los investigadores aprenden unos de otros, y eso es muy estimulante para ellos. En segundo lugar, los problemas actuales más trascendentales en ciencia y tecnología son profundamente complejos e imposibles de afrontar sólo desde una única perspectiva. Si realmente quieres hacer algo importante e innovador debes mezclar investigadores excelentes de diferentes disciplinas; nadie puede ser al mismo tiempo un verdadero experto en biología celular, microfabricación, desarrollo de sensores y microscopía de alta resolución. Y la tercera razón es muy sencilla: trabajar siempre dentro del mismo campo es aburridísimo. Es más interesante cambiar cada cierto tiempo, tener varios proyectos entre manos, renovarte y probar líneas de investigación originales.

Explique un proyecto concreto que sería imposible realizar fuera de este planteamiento.

Casi todo lo que hacemos, pero un muy buen ejemplo es la extinción de llamas con campos eléctricos que has visto antes. Para hacer esta investigación necesitas gente que sepa trabajar con combustión, con electrostática, termodinámica, sistemas dinámicos, ingenieros para diseñarlo y, además, que todos piensen conjuntamente sobre el problema. Estamos muy entusiasmados con él porque es un proyecto muy innovador y puede tener aplicaciones en industria, energía, construcción, en el campo militar... ¡En la sociedad hay llamas por todas partes!

Me parece curioso que aún no haya citado las palabras *nanotecnología* o *nanotecnólogo*... ¿No le gusta el término *nano*?

Si he de ser sincero, me deja un poco indiferente. No es bastante descriptivo, ni está muy bien definido. El significado de *nano* depende mucho de las circunstancias. Cuando yo empecé se decía que la nanotecnología trabajaba a menos de una micra. Después decían que a menos

de 100 nanómetros. Ahora si te dedicas a microfabricación lo harás en el rango de los 50 nm, 10 nm si eres un químico interesado en partículas que puedan penetrar en tejidos, y bajarás hasta 2 nm si como físico quieres aprovechar fenómenos cuánticos. Es una noción muy flexible y la puedes definir casi como quieras.

De hecho, usted es bastante crítico con la nanotecnología. Dice que muchas veces con la *micro* ya es más que suficiente, y se abusa de la palabra nano porque está de moda.

[Se mueve hacia adelante, levanta los brazos, y adopta una expresión más seria.] Mira, la nanotecnología fue impulsada gracias a dos promesas concretas, y ninguna de las dos funcionará. La primera: con el desarrollo de microscopios de barrido o TEME que nos permitían ver

por primera vez átomos y moléculas, nos imaginamos que seríamos capaces de manipular la materia a escala atómica, y construir nuevas máquinas o robots a escala nanoscópica. Eso no ha tenido sentido nunca, y se ha mantenido vigente porque se han ignorado las limitaciones físicas que conlleva. No tendremos pequeños submarinos circulando por la sangre en dirección

a las células cancerígenas, el propio flujo sanguíneo es un gran inconveniente. Los linfocitos tienen las dimensiones que tienen por alguna razón, y ya les cuesta bastante encontrar células cancerígenas; y submarinos robóticos minúsculos no lo harán. La segunda promesa llegó con las tecnologías de la información, los microprocesadores, los circuitos electrónicos y la necesidad de ir reduciéndolos constantemente. Aquí lo que sucede es que la microelectrónica convencional ya está produciendo sistemas tan pequeños que no hace falta en absoluto incorporar herramientas de nanociencia. La microelectrónica comercial trabaja a escalas de 40 nanómetros, y las rebajará aún más. Yo creo que continuará mejorando hasta ofrecer unos productos de consumo fabulosos, que no necesitaremos reducir más, y después colonizará otros mercados por todo el mundo. Pero avanzará por evolución, no por revolución.

¿Dónde tendrá éxito entonces la nanotecnología?

En los campos de la energía y del saneamiento de agua ya lo tiene. Allí encontramos estructuras nanoscópicas por todas partes. La nanotecnología nació con unas ideas, pero ha evolucionado por otros caminos. Todos

«LA PREGUNTA SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA ES PURAMENTE QUÍMICA, NO TIENE NADA QUE VER CON LA BIOLOGÍA»





los combustibles a base de hidrocarburos están siendo procesados por estructuras a escala nanoscópica sobre un soporte de aluminio. Lo hacen químicos y le llamamos catálisis heterogénea, pero en el fondo es nanotecnología. Y qué decir de la energía solar, ¡eso sí que es prometedor! Yo quiero saber cómo funciona la fotosíntesis a nivel químico, y hacer ciencia de materiales para intentar aprovechar igual de bien que las plantas la energía del Sol.

He leído una frase suya, «La química es la verdadera nanotecnología», en un texto donde aseguraba que, en el campo de la medicina, la verdadera disciplina del futuro es la química, no la biología molecular.

Sí. Parecía que entrábamos en la era del genoma, pero cada vez tenemos más claro que cuando leemos el ADN no encontramos tanta información como pensábamos. La secuencia de bases se queda corta, no nos dice nada de la catálisis ni de las reacciones químicas, que para mí son la clave de lo que entendemos por vida. La biología molecular ha llegado a leer el genoma, pero se están dejando muchas cosas atrás. Este grado de detalle no interesa tanto a los biólogos, pero es imprescindible que alguien se preocupe de las reacciones y de la comunicación entre los elementos del interior de una célula, que son mera química.

**«SI REALMENTE QUIERES
HACER ALGO IMPORTANTE
E INNOVADOR TIENES QUE
MEZCLAR INVESTIGADORES
EXCELENTES DE
DIFERENTES DISCIPLINAS»**

Usted otorga un papel central a la química en todas las áreas del conocimiento, de hecho su grupo investiga en áreas tan dispersas como los sistemas complejos o el origen de la vida.

Para mí la pregunta sobre el origen de la vida es meramente química, nada tiene que ver con la biología. Mira, algo bueno de hacerte mayor es que acabas viendo muchas temáticas diferentes. Yo soy químico, pero lo que quiero es investigar problemas interesantes. Me da igual cómo los clasifiques, yo ya le encontraré la perspectiva química. Un buen ejemplo es la complejidad. Para mí es conceptualmente impresionante; una disciplina que se puede aplicar en paquetes de energía, tráfico, neuronas, mercados bursátiles, moléculas dentro de la célula... a cualquier sistema formado por elementos que interaccionan entre ellos de manera aparentemente aleatoria y, entonces, sin entender por qué ni cómo, algo sucede. Estas propiedades emergentes son impresionantes; nos dejan boquiabiertos y con dos preguntas básicas por resolver. La primera: ¿existe una ciencia que pueda llegar a describir de manera satisfactoria las leyes internas de esta

complejidad? Y la segunda: eso nuevo que aparece... ¿estaba allí antes y es cuestión de ser más certeros con los cálculos, o es realmente imprevisible?

¿Está seguro de que esto no es terreno para los físicos?

Te pondré un ejemplo químico. Imagínate que tú lo sabes todo sobre la estructura de la molécula de agua. ¿Podrías prever la transición

de líquido a hielo? ¿O es que sucede a un nivel diferente? Yo creo que es fundamentalmente diferente, porque la segunda ley de la termodinámica, por ejemplo, aparece cuando hay más de una molécula, no una sola. A los físicos no les suele gustar este planteamiento, porque ellos creen que si van desgranando el sistema de arriba abajo podrán llegar a entender todas sus características. Suelen ser más reduccionistas, pero yo como químico tengo una aproximación diferente. Nosotros en el laboratorio construimos nuevos sistemas complejos en lugar de deconstruir los existentes. Y entonces los estudiamos de una manera más holística.

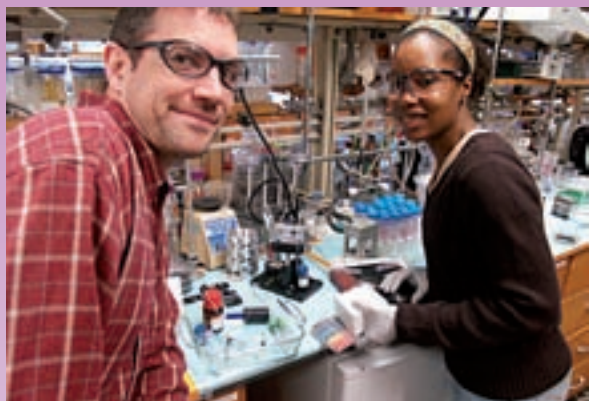
Y eso que usted apostaba por la multidisciplinariedad...

[Sonríe.] Déjame que te expliqué una anécdota. Hace un par de años participaba en un congreso en Aviñón sobre ética de la nanotecnología (no creo que exista ningún problema ético con la nanotecnología, pero eso es otra cuestión) donde se concluyó que los grandes retos ac-



PASEANDO POR EL LABORATORIO DE WHITESIDES

Además de poder hablar con George Whitesides sobre varias cuestiones relativas a la nanotecnología y a la ciencia actual, el químico nos brindó la oportunidad de visitar su laboratorio y conocer en qué trabajan los miembros de su equipo de investigación.



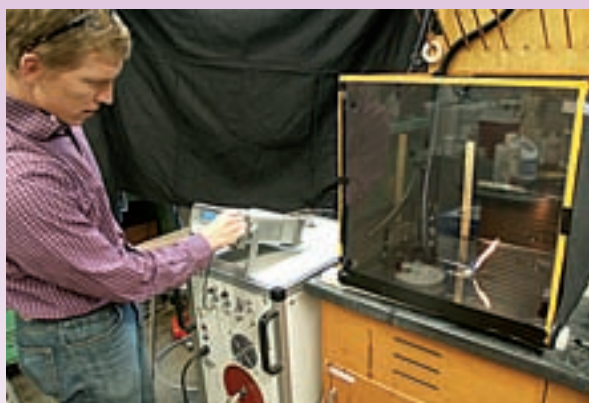
Infoquímica

George Whitesides es un pionero en el innovador campo de la infoquímica, que pretende codificar información utilizando reacciones químicas en lugar de ceros y unos electrónicos. El chip creado con microfluídica por Roger York y Audrey Ellerbee procesa información con burbujas de aire. No tienen ninguna aplicación en mente todavía, pero eso no les importa nada. Ya llegarán.



Levitación

Filipo Ilievski me mostró unas bolitas de diferente densidad dentro de un fluido paramagnético, que levitaban a diferente altura al aplicarles un campo magnético. No parecía muy espectacular. Lo más nuevo era la simplicidad de esta técnica patentada por Whitesides, que no requiere fluidos a temperaturas supercríticas ni condiciones extremas, y puede ser aplicada con sensores que aprovechen diferencias de densidad para detectar, por ejemplo, si un aceite está adulterado.



Apagar llamas con electricidad

Durante una combustión, además de dióxido de carbono y vapor de agua también se generan gran cantidad de partículas cargadas positivamente y negativamente. Cuando Kyle Bishop aplicó un campo eléctrico alrededor de esta llama, las partículas se desplazaron generando un efecto semejante al viento. La llama se movía como si alguien estuviese soplando, y al subir de golpe la intensidad, se apagó inmediatamente.



Cultivos celulares en 3D

Anna Laromaine me mostró su investigación como *post-doc* en el laboratorio de Whitesides. Todas las células de tu cuerpo tienen un vaso sanguíneo próximo que les suministra oxígeno y nutrientes, pero cuando un tumor crece, va acumulando capas de células de manera que las centrales quedan aisladas y reciben menos oxígeno. Para saber qué pasa allí, los científicos utilizan cultivos celulares. Una limitación de estos cultivos es que son «planos» y se hace difícil reproducir una estructura tridimensional. Anna Laromaine combina geles con papel para diseñar una estructura muy sencilla que permita a los investigadores colocar células de manera tridimensional y, por ejemplo, reproducir *in vitro* la estructura de un tumor.



Chips para *Caenorhabditis elegans*

No entendía cuál era la pregunta científica que quería responder Lizzy Hulme con su chip para gusanos *C. elegans* preparado con la técnica de *soft lithography* desarrollada por Whitesides. Cuando se lo consulté me respondió: «Nosotros no hacemos ciencia con herramientas, sino herramientas para hacer ciencia.» Este dispositivo no sirve para nada más que para tener un gran número de *C. elegans* en un espacio reducido y poder hacer cierto tipo de experimentos que antes no se podían realizar. Ni más ni menos.



Diagnóstico para todo el mundo

Estos pequeños papeles de colores que la química gerundense Anna Laromaine nos enseña son tests para analizar de manera fácil y barata muestras de sangre y orina. La idea del *lab on a chip* no es nueva, pero George Whitesides está obsesionado por bajar el precio de la tecnología para que pueda llegar a gran escala a los países en vías de desarrollo. Este chip de papel cromatográfico diseñado con técnicas de microfluídica permite detectar niveles de glucosa, proteínas y otros datos relativos a la salud de forma muy asequible.

tuales de la sociedad, como mantener el planeta Tierra habitable, tener un sistema sanitario que llegue a todo el mundo o aprovechar la globalización para redistribuir los beneficios de la sociedad con justicia... todos eran problemas químicos.

¿La globalización también? ¿En qué sentido?

¿Qué hace la globalización? Distribuir trabajos por todo el mundo siguiendo el coste más bajo. Pero, ¿qué tipo de trabajos? Los de producción, cuya base es meramente química. Tú y yo vivimos en países donde no tenemos «necesidades» sino «deseos». Cualquier ciudadano norteamericano puede acceder al agua potable y a una sanidad mínima, pero eso no pasa en Namibia. El Tercer Mundo está lleno de gente con necesidades materiales concretas como fármacos, alimentos o potabilización, que están producidas por la química. Hay mucho trabajo que hacer, y lo que debemos procurar es que ellos mismos fabriquen todos estos productos de manera sencilla, para poner en marcha el ciclo del desarrollo: tú pones dinero para que la gente compre cosas, cosas que alguien debe haber producido, habiendo generado puestos de trabajo, que permitirán tener dinero para comprar más cosas.

Se habla mucho de la ayuda que la ciencia puede prestar al mundo en desarrollo, pero ¿piensa que en el fondo hay una verdadera actitud de ayuda?

Ya conoces los Estados Unidos... nuestras prioridades están dirigidas por el beneficio económico. La sociedad está convencida de que la salud es una oportunidad de negocio, no una obligación social. Es muy complejo, porque planteándolo de una manera tan cruda le estás pasando la responsabilidad al gobierno, que por otra parte es ineficiente y no sabe hacer nada por sí solo. Las únicas que pueden hacer cambios sustanciales son las empresas privadas con afán de lucro, pero están interesadas en el cáncer o en las enfermedades coronarias, que son enfermedades que aparecen en edades avanzadas. Para la salud de la población sería más eficiente limpiar el aire de las ciudades que dar mejores anticuerpos monoclonales durante los últimos seis meses de vida, pero aquí no hay un modelo de negocio claro. Entonces, tú me preguntas si la ciencia médica investiga seriamente en aplicaciones sólidas, de bajo coste, y que puedan ser utilizadas de manera amplia por toda la población, incluida la que no tiene recursos. La respuesta es un no contundente.

Uno de sus proyectos se dirige justamente a disminuir los costes de análisis sanguíneos en los países pobres.

Sí, hemos diseñado tiras de papel que detectan diversos indicadores. Hemos empezado y la tecnología está bastante avanzada, pero no la podremos implantar a gran escala



hasta que alguien diga: «Nos interesa, y queremos cien mil unidades para distribuirlas por los hospitales a ver cómo funciona. Si va bien os pediremos más.» Evidentemente, el problema es que este producto está pensado justamente para que sea muy barato y se pueda aplicar en la India o en África. O incluso que sirva para reducir el coste de los análisis sanguíneos en los Estados Unidos.

Y eso no interesa...

Exacto. Pero aquí, si te fijas, hay una paradoja muy grande. En la sociedad actual nos hemos acostumbrado a que la información sea gratuita y que el valor económico se añada al gestionarla. En cambio, tus análisis de sangre son mucho más caros de lo que podrían ser. Y eso es porque se consideran como una oportunidad de negocio. La consecuencia es que la gente controla su salud mucho menos de lo aconsejable. Es absurdo, porque produciendo sistemas analíticos de bajo coste podríamos controlar nuestro cuerpo de manera mucho más eficiente. La información de salud debería ser —y podría serlo—, gratuita, y buscar la oportunidad de negocio con la gestión de esta información.

Más de la mitad del presupuesto del 2010 para ciencia de los Estados Unidos se dedicará a investigación militar. Gran parte de su investigación está financiada por la DARPA, la agencia de investigación del departamento de defensa de los Estados Unidos. ¿Qué opinión le merece la investigación militar?

Es un asunto complicado. Déjame que te explique. En este país las universidades que actúan como grandes cen-

**«EL TÉRMINO ‘NANO’
ME DEJA UN POCO
INDIFERENTE. NO ES
BASTANTE DESCRIPTIVO,
NI ESTÁ MUY BIEN DEFINIDO.
SU SIGNIFICADO DEPENDE
DE LAS CIRCUNSTANCIAS»**

tros de investigación, tipo Caltech, Harvard, el MIT o la Universidad de Chicago, tenemos un rol complejo dentro de la sociedad. No estamos pensadas solo para enseñar, sino también para investigar, crear riqueza, puestos de trabajo, servicios y asesorar al gobierno. De alguna manera nos piden que pensemos por la sociedad. Antes de la Segunda Guerra Mundial la función básica de las univer-

sidades era enseñar a los alumnos, pero todo cambió cuando Vannevar Bush preparó su famoso informe *The endless frontier*, donde decía que las universidades de investigación debían preocuparse de tres asuntos básicos: empleo, salud y seguridad nacional. Y si miramos la historia del siglo XX, queda claro que no podemos menospreciar este tercer punto. ¿Qué cantidad es la adecuada para invertir en seguridad nacional? Aquí no hay una respu-

ta clara, la guerra es carísima. Es obvio que siempre es mejor evitarla, por supuesto. Siempre. Pero si somos realistas en un asunto tan importante como este, hay que reconocer que eso no siempre es posible. Está claro que los EEUU y la URSS se podrían haber ahorrado todo este dinero gastado en armas nucleares hace unas décadas, sin embargo, por otra parte, ¿el mundo es mejor o peor a causa de la existencia de armamento nuclear? Yo no lo sé, pero creo que posiblemente es mejor, ya que ha permitido evitar que ciertas naciones entren en guerra a gran escala, al saber que nadie puede vencerlas.

Hombre...

El hecho es que desde la Segunda Guerra Mundial no hemos tenido grandes guerras, solamente pequeñas. Es

INTERGLOBE

INTERGLOBE

INTERGLOBE



sciencediting@interglobelanguage.com

www.interglobelanguage.com Tel 665.816.670

ESPECIALISTAS EN TRADUCCIÓN / CORRECCIÓN DE TEXTOS



complicado, pero tampoco podemos olvidar que la tecnología de la información, la ciencia de materiales, la energía nuclear o los aviones que ahora tenemos han salido en gran parte de investigaciones militares.

Se podría haber hecho más barato pensando directamente en las aplicaciones civiles sin pasar por las militares.

Sí, evidentemente, tienes razón. Muchísimo más barato, pero... ¿Lo habríamos hecho? Quién sabe.

Entonces su investigación financiada por la DARPA, ¿tiene fines militares?

No. Yo nunca he trabajado con un sistema militar, o con armas, ni lo haría. Nosotros ponemos la base científica, pero todo lo que hacemos para la DARPA siempre tiene aplicaciones civiles, y son las únicas en que nosotros pensamos. Créeme, realmente es así, estamos convencidos de utilizar la ciencia para hacer un mundo mejor.

En este sentido, usted ha manifestado muy claramente que su objetivo es marcar diferencias.

Sí, a tres niveles: con las personas, los conceptos y la tecnología. En tecnología, otros investigadores y yo ya hemos estado muy involucrados con avances dentro de las áreas de autoensamblaje, litografía o microfabricación de bajo coste, que están siendo utilizadas por mucha gente generando puestos de trabajo y riqueza. En cuanto a concepto, queremos aprovechar el poder que nos da

nuestra posición para crear nuevas tendencias. Hay mucha gente trabajando en proyectos de desarrollo, pero tradicionalmente los químicos no han estado implicados en ellos. Yo intento dar a conocer que hay un campo de oportunidades amplísimo para que la química participe en asuntos como el agua, la alimentación, diagnosis, vacunas... E intento motivar a más científicos a trabajar en este tipo de proyectos. Y en tercer lugar, las personas, que son importantísimas. Un gran objetivo nuestro es crear una estructura social de grupo de investigación, donde los estudiantes de aquí estén muy centrados en hacer una mejor función para la sociedad. Yo creo que mediante los estudiantes podríamos cambiar la agenda científica. No me malinterpretes, no estoy manipulando a los estudiantes para que sigan lo que a mí me dé la gana... yo sinceramente pienso que es más provechoso para ellos que publicar artículos científicos en publicaciones de referencia. Aquí también nos toca publicar, pero no nos interesa tanto.

¿Por qué ha sido tan crítico con el sistema de publicaciones científicas?

Yo soy crítico sobre todo con el *peer review*. Es muy, muy, muy conservador. Lo que hace es eliminar todos los trabajos malos y gran parte de los mejores. Nosotros publicamos para poder tener financiación que nos permita hacer investigaciones más atrevidas, que son las que queremos hacer en realidad. Es una situación ética extraña, porque estoy enseñando a los estudiantes a ser poco honrados con lo que realmente les interesa hacer, y así conseguir dinero con el que llevar a cabo sus ideas. Nos toca seguir este juego, porque en la mayoría de sociedades avanzadas la investigación se ha convertido en un negocio que mueve mucho dinero, con poca flexibilidad y demasiada burocracia.

No quiero acabar sin preguntarle por la alegría con la que los científicos de Estados Unidos han recibido a Obama.

La situación ha cambiado mucho, porque las primeras decisiones que tomó sí que mostraban una apuesta muy fuerte por la ciencia. Se rodeó de un equipo de asesores científicos excelente, ha aumentado la financiación y ha prometido que nunca modificará los resultados científicos para que confirmen su programa político. Yo sí que acuso a George W. Bush de haber tergiversado informaciones, especialmente en lo referente al cambio climático. Obama parece que va en buena dirección, y sus palabras reflejan buenos fundamentos. Espero que tenga éxito. No es fácil, pero si lo tiene, será un hito muy importante. ☺

Pere Estupinyà. Periodista científico (Washington DC).