

FÉLIX ARES DE BLAS

*La divulgación científica,
clave para la democracia del siglo XXI*

9 DE OCTUBRE DE 2008

FÉLIX ARES DE BLAS

INGENIERO SUPERIOR DE TELECOMUNICACIONES
Y DOCTOR EN INFORMÁTICA.

PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO EN EL ÁREA DE TECNOLOGÍA Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES.

DIRECTOR DE RELACIONES CON EL SISTEMA EDUCATIVO DE LA CAJA GUIPUZCOANA Y SAN SEBASTIÁN.

EX-DIRECTOR GENERAL DEL MUSEO DE LA CIENCIA DE SAN SEBASTIÁN.

MASTER EN DIRECCIÓN BANCARIA Y MASTER EN RECURSOS HUMANOS.

AUTOR DE VARIOS LIBROS Y DE CIENTOS DE ARTÍCULOS TÉCNICOS Y DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA. SU ÚLTIMO LIBRO LLEVA EL TÍTULO DE *EL ROBOT ENAMORADO*.

SU EXPERIENCIA EN LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA LE HA PERMITIDO REALIZAR ALREDEDOR DE 200 PROGRAMAS DE RADIO Y TELEVISIÓN Y NUMEROSAS COLABORACIONES EN PRENSA.



LHC O EL FIN DEL MUNDO

La extraña sigla LHC significa *Large Hadron Collider*, es decir: Gran Colisionador de Hadrones. El nombre es extraño pues las palabras hadrón y colisionador no son habituales. No se utilizan en el lenguaje del día a día. Colisionador, podemos intuir que se trata de algo que produce colisiones. Lo intuimos y acertamos. En cuanto la palabra hadrón ya es más complicada, ¿tendrá que ver con «ladrón»? «Gran Colisionador de Ladrones»? No, no parece que tenga mucho sentido. Entonces empezamos a recordar cosas que nos contaban en el colegio: electrón, protón, neutrón. Las partículas que forman un átomo, todas terminan en «ón» y dos de ellas terminan en «rón». ¿Hadrón tendrá que ver con las partículas subatómicas? Sí. Así es. Se llaman hadrones a un grupo de partículas subatómicas, entre las que se encuentran los protones que, recordemos, son las partículas con carga eléctrica positiva que forman parte del núcleo de cualquier átomo.

Ya empezamos a intuir que el Gran Colisionador de Hadrones se refiere a una gran máquina que hace chocar entre sí (colisionar) partículas subatómicas; por ejemplo protones.

En la primera quincena de septiembre de 2008 la mayor parte de las personas del mundo oyeron hablar del Gran Colisionador de Hadrones, una enorme máquina que se ha construido cerca de Ginebra, en la frontera entre Suiza y Francia. Se trata de un túnel circular de 27 km de circunferencia con el que se van a hacer chocar entre sí protones lanzados a velocidades próximas a la de la luz. Se trata de la mayor máquina jamás construida. Y resulta que su objetivo es teórico, no tiene una utilidad práctica inmediata. Con ella se pretende entender mejor la física de partículas subatómicas. Y más concretamente, se pretende buscar una partícula que se llama «bosón de Higgs».

Una partícula que según la teoría más extendida sobre la composición de la materia es la responsable de la masa de los átomos.

Es sorprendente que un tema tan tremendamente teórico de repente se hiciera popular. ¿Por qué? El día 10 de septiembre de 2008 se iba a poner en marcha por primera vez. Los protones darían sus primeras vueltas a lo largo de la circunferencia del LHC. Pero esa no podía ser la razón, pues un año antes, concretamente en mayo de 2007, había habido un primer intento, que fracasó por un fallo en uno de los pernos de sujeción, y la noticia, aunque fue publicada por los periódicos, apenas tuvo impacto en el público. ¿Cuál era la diferencia entre la prueba del 2007 y la del 2008? Por desgracia, la diferencia era que en esta ocasión los periodistas habían escuchado a un científico, el único entre decenas de miles, que decía que uno de los resultados de la colisión de los protones podría ser nada menos que el fin del mundo. Este científico, insisto que uno entre decenas de miles, decía que un resultado de la colisión sería la creación de un agujero negro que «chuparía» toda la tierra.

Los titulares de la prensa se hicieron eco de las declaraciones de ese científico. He elegido unos pocos, al azar.

El periódico «El Morro Cotudo, el diario ciudadano de Arica Parinacota» titulaba: «Vea el fin el mundo en directo y por Internet».
 «Cadena Global.com de Caracas titulaba: «¿Se acabará el mundo el miércoles?»».
 «ExOnline»: «Experimento científico podría ocasionar el fin del mundo».
 «Rioja2.com»: «¿El fin del mundo?»».

Hoy es bastante habitual que la versión electrónica de los periódicos permita que los lectores opinen. Esto me permitió «husmear» en diversos periódicos y los comentarios que leí eran más o menos así:

Casi un 50% despotricaba contra los científicos y decían:

«¿Si no están seguros por qué lo hacen?»
 «El peligro es inmenso»
 «¿Quiénes se creen que son?»
 «¿Por qué tirar el dinero, con el hambre que hay?»

Entre los que no estaban en contra los comentarios eran de este tipo:

«¿Y esto para qué sirve?»
 «Caprichos de científicos que no sirven para nada»

Solamente unos pocos mensajes decían lo que la gran mayoría de los científicos pensaban: que no había ningún peligro, y lo hacían con dos argumentos básicos;

el primero es «histórico»: continuamente nuestra atmósfera está siendo bombardeada por partículas de altísima energía que nos llegan en los rayos cósmicos. Algunas de esas partículas, no muchas, chocan con velocidades superiores a las que van a chocar en el LHC y el fin del mundo no ha ocurrido. Por lo tanto, no hay ningún motivo para pensar que ahora va a ocurrir otra cosa. El segundo argumento se refería al famoso «agujero negro». Para la mayor parte de la gente el agujero negro tiene un cierto atractivo, pero se le considera algo así como un aspirador de masa que chupa todo lo que hay a su alrededor. Los científicos el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas), responsable del proyecto, decían que sí, que es posible que en las colisiones se creara un miniagujero negro; pero que inmediatamente se evaporaría, por un tema de mecánica cuántica que se llama radiación de Hawkins.

En los periódicos que admitían la valoración de los mensajes por parte de los lectores, estos últimos mensajes (los que explicaban el pensamiento científico) fueron tremendamente mal valorados.

Inmediatamente a mí me vino una pregunta: Si ese día se hubiera sometido a votación ¿Se habría hecho el LHC? Para mí la respuesta es clara, los votos habrían dicho que no. Lo que me lleva a un montón de reflexiones. La primera es que el dinero para hacer el LHC ha salido de los bolsillos de los ciudadanos, parte de él de mi bolsillo, y como tal quiero tener derecho a decidir sobre qué se hace con él. Es decir, estoy a favor de que los ciudadanos digan a qué dedican su dinero. Pero la segunda reflexión es más triste: si los ciudadanos son los que controlan lo que se investiga casi con seguridad que no se habría construido el LHC; pero si vamos a la historia casi con seguridad que no se hubieran lanzado satélites artificiales, no se habría investigado sobre el láser,...

¿Y a qué habríamos dedicado el dinero? Por lo que leo en los foros de los periódicos estoy convencido de que la ciudadanía se decantaría por investigar sobre temas claramente pseudocientíficos, como son el famoso «motor de agua», la «fusión fría», la acupuntura o la homeopatía...

Soy un usuario habitual de taxi y tengo un puñado de taxistas que me llevan habitualmente en largos viajes; por ejemplo desde San Sebastián a Cuenca. En esos viajes se habla de todo. Y uno de los temas habituales con ellos es el motor de agua, y siempre surge la misma idea: «las multinacionales lo tienen oculto para que no nos beneficiemos. Para vendernos petróleo». Hay una versión más suave que dice que las petroleras ya tienen a punto el sustituto del petróleo pero que no quieren sacarlo para seguir vendiendo su producto.

En cuanto a la acupuntura o la homeopatía; basta que en una de mis conferencias hable de homeopatía para que varias manos se levanten para intervenir airadamente: «Pues diga usted lo que diga a mí me funciona». «A ver si se entera usted de los artículos científicos que demuestran que funciona». «Usted dice que es ‘efecto placebo’ pero también funciona con niños y con animales que no se dejan sugestio-

nar»... El tema de esta charla es la divulgación científica, no la homeopatía así que no voy a insistir en el hecho de que los principios de la homeopatía son absurdos, una magia simpática sin sentido y que en tests doblemente ciegos nunca ha funcionado.

Así que tengo un enorme dilema. Por un lado, como demócrata, creo que es la ciudadanía, que paga sus impuestos, la que debe dirigir lo que se investiga. Por otro lado, como investigador, estoy convencido de que la mayor parte de los grandes descubrimientos que han cambiado, para mejor, nuestras vidas nunca se habrían subvencionado con un sistema en el que los ciudadanos votasen directamente qué investigar. ¿Qué podemos hacer?

BUSCANDO LAS RAÍCES DEL PROBLEMA

Es obvio que lo que tenemos que hacer es encontrar las causas del problema. Y creo que no descubriré ningún secreto a nadie si digo que la causa principal, aunque no la única, es el desconocimiento de estos temas: 1) Ideas básicas de ciencia. 2) Cómo funciona la ciencia. 3) Diferenciar lo que es ciencia de lo que no lo es.

A continuación voy a dar unas pinceladas sobre cada uno de esos puntos. No se trata de definir con exactitud cada uno de ellos sino de poner unos ejemplos que ayuden a entender lo que quiero decir.

- 1) Ideas básicas de ciencia. Por ejemplo: la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma. Al quemar gasolina, se oxida y al oxidarse se desprende la energía de sus enlaces químicos. Pero el agua no arde. ¿Dónde está la energía en el agua? El motor de agua se viene abajo como un castillo de naipes. Obviamente, el agua, como toda masa, es un concentrado de energía, de acuerdo con la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$. Pero para obtener energía de la masa se necesita o bien una reacción de fisión o bien una de fusión. Pero no creo que estemos hablando de eso cuando se habla del motor de agua.
- 2) ¿Cómo funciona la ciencia? Se pregunta a la naturaleza mediante experimentos y ésta responde. Para saber si el experimento se ha realizado adecuadamente debe publicarse, para someterse a escrutinio de los que saben (los pares) y alguien debe repetirlo. La opinión de una sola persona, por sabia que sea, no vale nada. Lo que es relevante es el consenso que se obtiene por acumulación de experimentos. Si no hay ninguna forma de hacer un experimento que demuestre que la hipótesis es incorrecta, eso no es ciencia. Bajo estos parámetros, la homeopatía se viene abajo inmediatamente.

- 3) Diferenciar ciencia de lo que no lo es. La ciencia es un método de trabajo. Los que no se someten al método no hacen ciencia, aunque lo parezca. La oposición a los alimentos transgénicos, por ejemplo, es más visceral que otra cosa. Se habla de que son malísimos, el demonio en persona, pero ¿dónde están las pruebas de sus maldades? Como pasa casi con todo, habrá transgénicos malos y habrá transgénicos buenos. Se podrán fabricar transgénicos beneficiosos y transgénicos perjudiciales. Lo que es difícil de digerir es que se prohíba una tecnología altamente prometedora simplemente porque «podría» ser malísima. Evidentemente, no podemos permitir que cada cual haga lo que le dé la gana. Hay que exigir una serie de garantías que minimicen los riesgos y si nos los vamos a comer hay que exigir pruebas de que son inocuos. Lo que que debemos hacer es definir qué pruebas debemos exigir para permitir que se utilicen organismos modificados genéticamente. Y tendremos que tener distintos niveles de exigencia para distintos organismos. Por ejemplo, tendremos que tener un nivel de exigencia para animales de granja, tendremos otro para plantas con autopolinización, otra para plantas con polinización cruzada,... otra para plantas que vamos a dedicar a la fabricación de combustibles, otra para aceptar productos transgénicos como alimentos para animales, y otra para aceptarlos como alimentos para los humanos. Pero, obviamente, una cosa es definir los criterios para aceptarlos y otra muy distinta demonizarlos y no aceptarlos bajo ningún concepto; eso no es ciencia.

¿TIENE IMPORTANCIA EL PROBLEMA?

Cabe la posibilidad de que estemos exagerando y que el tema no tenga importancia. Tal vez yo haya buscado ejemplos extremos, casi una caricatura, para apoyar mis tesis; pero que en el mundo real todo funcione de un modo razonablemente adecuado.

Sinceramente, el problema tiene importancia. Y no sólo por los ejemplos citados. Hoy en día, nuestra vida se basa en el desarrollo científico y técnico. Nuestro bienestar, nuestros puestos de trabajo, nuestra diversión, la duración de nuestra vida, la calidad de la misma, los alimentos que comemos,... todos son productos del desarrollo científico-tecnológico.

Podríamos pensar que en nuestra vida cotidiana nunca, o casi nunca, tenemos que hacer uso de nuestra capacidad democrática de decidir en temas científico-técnicos, por lo que el problema es irrelevante. Y no es así, como voy a tratar de demostrar.

DECISIONES PERSONALES (DEMOCRACIA FAMILIAR)

En primer lugar tenemos una capacidad de decisión familiar. Veamos unos ejemplos. Uno de ellos ya lo hemos tratado. ¿Compramos alimentos que tengan transgénicos o no? ¿En base a qué tomamos nuestra decisión? ¿Sabemos lo que son los transgénicos y qué pruebas se han realizado o simplemente hemos oído que una ONG¹ de gran fama, muy vociferante y con un enorme presupuesto publicitario, dice que no son buenos? ¿Hemos verificado que lo que dice la dicha ONG en otras fuentes?

Otra decisión personal. Vemos por la tele que los nuevos coches consumen mucha menos gasolina y que, por tanto, son más respetuosos con el medio ambiente. Así que, como tenemos conciencia ecológica, decidimos cambiar de coche. Realmente todavía nos podía durar dos o tres años más, pero lo cambiamos para ser solidarios con el medio ambiente. ¿Haremos lo correcto?

El gran físico Enrico Fermi en sus clases solía pedir a los alumnos lo que ahora se conoce como «problemas de Fermi». Se trataba de plantear alguna pregunta aparentemente irresoluble, o soluble con un gasto inmenso, y pedir a sus alumnos que buscaran una respuesta aproximada mediante suposiciones razonables. Él opinaba, y es cierto, que la mayor parte de las veces, unas aproximaciones valorarían un parámetro por exceso y otras lo harían por defecto, de modo que los errores se compensarían y la respuesta final nos daría una visión clara de lo que ocurría. Entre sus problemas más famosos están saber el número de afinadores de pianos en la ciudad de Chicago o cuántos milímetros se desgastan los neumáticos en un coche cada mil kilómetros.

Aparentemente son problemas de difícil solución. Sin embargo, con unas simples hipótesis razonables los resultados son correctos. Por ejemplo, los neumáticos. Medimos la profundidad del dibujo en uno nuevo. Luego medimos la profundidad en uno desgastado y preguntamos a su dueño los kilómetros que ha hecho desde el último cambio. Con eso podemos estimar el desgaste de ese neumático. Si lo hacemos con varios coches y hayamos la media, tendremos un valor aproximado.

Recientemente, en un curso de verano de la Universidad Rey Juan Carlos, mi contribución al curso consistió en hacer varios de estos «problemas de Fermi», y uno de ellos fue el del cambio de coche. Con una simple hoja de cálculo fui preguntando a los alumnos, por datos de consumo, precio, kilómetros al año,...

Hicimos dos planteamientos. En uno de ellos un ciudadano concienciado cambiaba de coche por uno más ecológico cada cinco años y asumíamos que la mejora en

¹ Por favor, no se generalice mi crítica. La mayor parte de las ONG hacen tareas maravillosas y hay que apoyarlas. Pero también hay que ser críticos con ellas, sobre todo con aquellas que se muestran como si estuvieran en posesión de la verdad. La ciencia siempre es humilde. El conocimiento siempre es provisional. Siempre hay aproximaciones a la verdad o «hipótesis». Nunca hay realidades absolutas.

eficiencia era el 5%. En otro caso, el ciudadano «no concienciado» hacía durar su coche diez años. Y calculamos la energía consumida en cincuenta años por uno y otro. ¿El resultado? El «no ecológico» gastaba cerca del 50% de la energía que gastaba el «ecológico». ¿La explicación? ¿Cómo es posible que con coches que consumen menos se gaste más? Hay que tener en cuenta la energía gastada en la fabricación del coche. El coche consume al circular; pero también consume mucho al ser fabricado, y el costo energético de la fabricación suele ser olvidado. Más o menos a nosotros nos salió que la fabricación de un coche medio cuesta veinticinco millones de vatios hora y encontramos en Internet datos que decían lo mismo. Al introducir este factor resulta que lo más ecológico, para un ciudadano que hace unos 10 000 km año, es retrasar la compra del coche lo más posible. Para un taxista, el resultado podría ser el contrario.

Con toda nuestra buena fe, podemos tomar decisiones que consiguen lo contrario de lo que queremos. ¿Qué ha fallado? En este caso, que nos hemos dejado llevar por una publicidad que incide solamente en parte del problema: el consumo de gasolina al rodar y no hemos tenido en cuenta todo el proceso, incluyendo la fabricación del vehículo. También hay que señalar que nadie vela porque la publicidad no sea engañosa. Es más, nuestros políticos también han caído en la trampa como demuestra el «plan Renove». Dicho plan puede tener sentido para reactivar la economía, para aumentar la seguridad,... pero no tiene sentido en una de las razones por la que nos lo han «vendido»: disminuir las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Otro ejemplo. Tenemos una gripe y podemos ir al médico de toda la vida o al que se ha puesto de moda últimamente, al homeópata, «que es más natural». Pues la «medicina oficial» es muy intrusiva y causa graves efectos secundarios.

Tal como he apuntado más arriba, no hay ningún estudio publicado por revistas con árbitros, salvo en las propias que publican los homeópatas, que haya demostrado que la homeopatía funciona. No obstante, ha tenido un gran éxito mediático. Fundamentalmente porque se confunde la «medicina» homeopática con la natural, y más concretamente con las «hierbas». Ni que decir tiene que la homeopatía nada tiene que ver con las hierbas medicinales. Las «diluciones» homeopáticas, como se ha demostrado infinidad de veces, no tienen producto activo. Por tanto, es difícil que hagan daño pero también es dudoso que hagan algo positivo. Mejor dicho, no es dudoso; con toda seguridad que si no hay elemento activo no pueden hacer nada.

Para mí lo más sorprendente no son los clientes, son los médicos homeópatas. Han pasado por una universidad donde les han enseñado la medicina basada en pruebas. Y ellos acuden a una filosofía mística, con doscientos años de edad y, recuerdo a mis oyentes que hace doscientos años no se sabía nada de los virus, ni de las bacterias, ni de los priones. Es decir, hace doscientos años se sabía muy poco de medicina. Entiendo que los enfermos no sepan nada de esto, pero no es fácil encontrar una explicación a la ignorancia de los médicos homeópatas. Tal vez sea que en las facultades de medicina se les enseña técnicas de curar y no se les informa de lo que es la

ciencia. Si se les informara de ello sabrían que las pruebas doblemente ciego (o técnicas adecuadas de aleatorización) son indispensables para saber si un medicamento es útil o no. Y si no es útil, no se autoriza. ¡Ah, se me olvidaba! Para los que no son médicos: en nuestra legislación (y la de muchos países) los «medicamentos» homeopáticos no cumplen la legislación de medicamentos; se consideran alimentos. Si se considerasen medicamentos nunca llegarían a las farmacias por no haber demostrado su eficacia.

Otro tanto podríamos decir de otras «curas milagrosas»: ir al brujo de Coslada, o al limpiador de colon francés,...

¿Ponemos bombillas de bajo consumo o no? ¿Y si vamos a las de bajo consumo a cuáles: a las fluorescentes compactas o a los de LEDs? Las fluorescentes consumen menos energía y, por lo tanto, emiten menos CO² que las de incandescencia, incluyendo en ambos casos la energía que se gasta en su fabricación, pero dentro llevan vapor de mercurio que es un metal pesado tóxico. De hecho, en nuestro país se han retirado los termómetros clínicos de mercurio, por tener dicho metal. Las LEDs consumen mucho menos que las fluorescentes y dentro no tienen gases tóxicos pero hoy por hoy son muy caras...

¿Comparamos una televisión plana de LCD o de plasma o continuamos con la de tubos de rayos catódicos? ¿Cuál consume menos y es más respetuosa con el medio ambiente? Por favor, cuando hagan sus cálculos tengan en cuenta la vida media útil y lo que se consume en la fabricación de la propia televisión.

¿Qué es mejor: un ventilador o un equipo de aire acondicionado? ¿Qué frigorífico compramos? ¿Lavamos los platos a mano o con un lavavajillas?

¿Los alimentos calentados con un horno de microondas son menos saludables que los calentados eléctricamente? ¿Es bueno poner un ozonizador en el baño?...

Los ejemplos se pueden multiplicar. Vemos que en nuestra vida cotidiana tenemos que realizar elecciones que tienen que ver con la ciencia y con la tecnología.

DEMOCRACIA DE PORTAL

Muchas veces en la comunidad de vecinos debemos tomar decisiones que tienen que ver con la ciencia y tecnología. Por ejemplo, una empresa de telecomunicaciones nos pide permiso para instalar una antena de telefonía móvil. Enseguida alguien dice que son muy malas para la salud, que causan cáncer y dolores de cabeza y que tenemos que negarnos.

A partir de ese momento toda argumentación es inútil. «Hay un estudio científico que dice que son malísimas».

Como en casi todo en esta vida, hay opiniones contradictorias. Hay estudios que dicen que las antenas producen dolencias y los hay que dicen lo contrario. Lo que

hay que tener en cuenta es el consenso científico. La abrumadora mayoría de los científicos, lo que significa la mayoría abrumadora de los estudios, dicen que no hay pruebas de que las antenas, con los límites de potencia establecidos, causen ningún problema de salud. Hay alguno que dice lo contrario. Subrayo alguno frente a cientos.

Es inútil decir que los informes que dicen lo contrario se refieren a dosis altísimas y a células in vitro, no a seres humanos reales haciendo una vida real.

Normalmente se argumenta a favor de las antenas con fotones y mecánica cuántica, argumentos totalmente correctos pero que no son fáciles de digerir por el gran público. A mí me gusta más el argumento histórico. Poco después de que Marconi lograra hacer una comunicación de radio entre América y Europa, algunos barcos de pasajeros adoptaron la «telegrafía sin hilos» como sistema de seguridad. Y así nació la figura del radiotelegrafista, que ha estado con nosotros durante casi un siglo.

En los barcos se instalaron emisoras de radio de una potencia enorme. Los radiotelegrafistas no solo pasaban sus horas de trabajo cerca del emisor, sino que solían dormir a su lado. Con el nacimiento de la aviación ocurrió lo mismo: el oficial de comunicaciones se hizo habitual. Recordemos que los aviones intercontinentales, como los barcos, deben poder hablar a miles de kilómetros de distancia de los centros de control y que, por tanto, la potencia de emisión tiene que ser muy alta. Y cuando apareció el radar los radaristas recibían parte de la señal (el radar emite en aproximadamente las mismas frecuencias que los móviles). Los técnicos de las emisoras comerciales de radio vivían en casas cercanas a las antenas...

Estamos hablando de personas que pasaban la mayor parte de su vida al lado de emisoras de radio que emitían potencias inmensas, incluso en la banda de los teléfonos móviles. Recordemos que las emisoras de «telegrafía sin hilos» mandaba «pulsos» que se traducen en emisión en un amplísimo margen de frecuencias. Y no se pasaban un día o dos; se pasaban toda la vida. Recientemente se ha jubilado un radiotelegrafista amigo mío que estuvo cuarenta años en la emisora de un barco. ¡Cuarenta años!

Nadie ha detectado ninguna enfermedad especial en los «radiotelegrafistas». Tras cuarenta años, nada.

Es decir, yo en mi casa no tendría ningún inconveniente en que me pusieran una antena de telefonía móvil, siempre que me pagasen adecuadamente por las servidumbres creadas: alimentación de la antena, subida de técnicos, y dado que los demás tienen miedo y que, probablemente, el precio de mi piso disminuya por ello, me compensen razonablemente.

Algo similar podemos decir de las redes Wifi. Lo que antes se limitaba a los teléfonos móviles, hoy se ha extendido a las redes inalámbricas de ordenadores (las redes Wifi). Ya empieza a haber un movimiento en contra de los «routers» Wifi en colegios, hospitales, etc. Y nosotros, como padres, debemos decidir democráticamente si en nuestros colegios admitimos redes Wifi o no.

Lo mismo dicho para telefonía móvil es válido para Wifi, con una gran ventaja para Wifi: las potencias de emisión son menores.

Otro tema que se nos puede plantear es si instalamos un sistema para calentar agua sanitaria con el calor del Sol. ¿Sabemos si es rentable ecológicamente? La respuesta es que sí lo es.

También se nos puede plantear poner paneles fotovoltaicos. Es decir paneles que transforman la luz del Sol directamente en electricidad. ¿Sabemos si es rentable ecológicamente? ¿Qué votaremos? Mi respuesta es un poco complicada, si nuestra casa está aislada o con una conexión a la red muy defectuosa, es una buena solución. Si nuestra casa está en una zona con acceso a una buena red, hoy por hoy es dudoso su rendimiento ecológico. Me explico, probablemente se gaste más energía en la fabricación del sistema que la que se ahorra. En el sistema incluyo tanto las células fotovoltaicas, como los elementos de transformación y de almacenamiento. Observen que he dicho «hoy por hoy», estoy absolutamente convencido de que en no mucho tiempo el rendimiento de las células solares aumentará, las baterías durarán más y tendrán más capacidad de carga y empezarán a ser rentables ecológicamente.

Un vecino nos plantea que existe un sistema de calefacción geotérmico. Se basa en que la temperatura de la tierra aumenta con la profundidad. Aprovechándose de ese hecho se pueden poner tuberías alrededor del edificio en las profundidades y de ese modo calentar el agua. ¿Es correcto? ¿Ahorramos energía?

Lo importante no es mi respuesta, lo importante es que nos demos cuenta de que en la vida de una comunidad debemos tomar decisiones que implican temas científico-técnicos.

Democracia científica en ayuntamientos

El municipio ha decidido instalar una incineradora y decide someterlo al voto de los ciudadanos, ¿qué debemos votar? ¿Son tan malas (producen dióxinas) como dicen algunos, o son tan inocuas como dicen otros?

¿Debemos construir un tranvía o no?

Tenemos escasez de agua y hay que encontrar una solución. ¿Una desaladora? ¿Recoger el agua fecal, tratarla y reusarla en regadío? ¿Hacemos un esfuerzo por mejorar las conducciones para que tengan muchas menos pérdidas?...

¿Cambiamos las luces de Navidad, que hoy son incandescentes, por las nuevas bombillas LEDs que consumen menos?

¿Cambiamos todas las farolas para conseguir una iluminación más uniforme, que consuma menos y que no se gaste mandándola al cielo, lo que no sólo es un despilfarro sino que, además, producen una contaminación lumínica mala para los animales, para las plantas, para el sueño de los seres humanos y que nos ha hecho perder la belleza del cielo nocturno? ¿Cómo deberían ser esas farolas?

Una vez más los ejemplos de decisiones en los ayuntamientos relacionadas con la ciencia-técnica son habituales. Muchos de ellos se consultan a los ciudadanos y otros muchos deberían someterse a consulta.

Lo mismo podríamos decir en los niveles provinciales y autonómicos, pero no voy a insistir en ello. Vamos directamente a la Gran Ciencia.

Democracia en la Gran Ciencia

Hay grandes temas de investigación que son importantes porque pueden cambiar el mundo de arriba abajo y sobre los que tendríamos que poder opinar. Algunos de los ejemplos ya han salido, por ejemplo los transgénicos. Su potencial es enorme; entre otras cosas pueden producir un aumento de las cosechas similar al que logró la «Revolución Verde». Pero en el momento en que se habla de genes empiezan a surgir los miedos; frases en las que aparece la palabra «Frankenstein», o «jugar a ser dioses», «no suficientemente comprendido»,... son habituales.

Si los transgénicos van en los alimentos, los ciudadanos tenemos un cierto poder de decisión directo: si no los queremos no compramos los productos que los llevan. Pero tenemos poca capacidad de influencia si se trata de prohibir su cultivo en un país, o lo contrario, en acelerarlos porque consideramos que los miedos son infundados.

¿Qué deberíamos hacer? Está claro que nuestro poder está en nuestros votos. Hay que leerse el programa electoral de los diversos partidos y votar a aquellos que se decidan claramente por nuestra opción en este y otros temas científicos. Pero, ¿cuál debería ser el sentido de nuestro voto? ¿Deberíamos aprobar los cultivos transgénicos cumpliendo ciertas normas o no?

Ni que decir tiene que mi voto es que deberíamos autorizar los cultivos transgénicos siempre que hayan pasado unas pruebas claramente definidas por un organismo independiente, que garanticen su seguridad. Sin embargo, la mayor parte de la gente los considera una aberración. ¿Por qué? Sinceramente creo que por ignorancia. Voy a explicar un caso paradigmático de lo que ha ocurrido con los organismos modificados genéticamente (transgénicos).

El buen sabor de los tomates viene dado por un equilibrio entre azúcares y ácidos. En su color juega un papel muy importante los licopenos, que han adquirido una gran importancia últimamente pues son un antioxidante natural, y hay ciertas experiencias que dicen que pueden ser buenos para prevenir el cáncer de próstata.

En Inglaterra identificaron los genes que producían los licopenos e hicieron tomates transgénicos que tenían muchos más genes de ese tipo que los normales. Observen que estoy hablando de genes de tomate añadidos al tomate. Con ello lo que se lograba era que produjeran más abundancia de licopenos. Se pusieron a la venta y tuvieron éxito. Eran más sabrosos, tenían mejor color... Pero alguien dijo la frase maldita «son organismos modificados genéticamente». Las ventas empezaron a de-

caer y tuvieron que retirarlos del mercado. No había absolutamente nada que hiciera pensar que eran malos. Pero cayeron.

¿Ustedes qué harían? Se trata de tomates que tienen mayor proporción de genes de tomate que producen licopenos de tomate. Yo los compraría sin ningún problema.

Obviamente, detrás de la negativa de los ingleses a su compra hay una gran campaña de prensa en contra, y, una vez más, un desconocimiento de la ciencia básica. En ese sentido voy a contar una anécdota. Tal como se ha dicho en mi presentación, durante muchos años he sido director general del museo de la ciencia de San Sebastián (kutxaEspacio). Durante varios veranos hicimos cursos para que los alumnos entendieran lo que eran las técnicas genéticas. Entre otras cosas hacíamos en directo las pruebas de identificación de DNA, con la «reacción en cadena de la polimerasa». La técnica utilizada habitualmente por los médicos forenses para conocer la identidad de una persona, o si alguien es hijo de verdad de quien dice ser su padre, etc.

El curso duraba cuatro días y en él explicábamos lo que eran los genes, cómo se aislaban y como se volvían a introducir en el DNA de un organismo.

Al final, uno de los profesores habló del ejemplo del tomate de Inglaterra y se le ocurrió preguntar al público si ellos tomarían ese tomate. Y la respuesta de uno de los alumnos fue que no. Al preguntarle por qué, la respuesta fue: «por que tienen genes». Implícitamente nos estaba diciendo que él no quiere comer genes. E implícitamente nos estaba diciendo que él creía que los tomates normales no tienen genes, que sólo tienen genes los modificados por ingeniería genética. Y esto lo decía una persona adulta que había estado en un curso de cuatro días y que había pagado por el mismo. A mi me vino una pregunta a la cabeza, ¿cuándo la gente dice que no quiere transgénicos en qué está pensando? ¿Qué conceptos tienen de genes y de ser vivo?

El concepto de ser vivo lo estamos viendo permanentemente en películas de Hollywood donde muchos vegetarianos dicen que ellos no comen seres vivos. ¿La lechuga de la ensalada qué es, un mineral?

Lo importante, para las ideas de esta conferencia, es que ese alumno está decidiendo, a través de su voto, el destino de una tecnología que puede ser revolucionaria para mejorar el hambre en el mundo, la salud, la escasez de petróleo y el cambio climático. ¡Y no sabe que los tomates que come en su ensalada tienen genes!

No estoy diciendo que no deba votar sobre esos temas. Todo lo contrario. Estoy diciendo que debe hacerlo. Pero que para que ese voto sea útil debe haber un conocimiento mínimo de lo que son las ciencias. De esto hablaré al final de la charla. Será mi despedida.

Otros de los temas de Gran Ciencia en los que debemos dar nuestra opinión informada son la investigación con células madre o las centrales nucleares.

En algunos debates que he tenido sobre las células madre, me ha quedado claro, una vez más, que muchísima gente no tiene ni la menor idea de lo que es una

célula, dónde está el núcleo y qué es el DNA... y no digamos nada de embriogénesis o del funcionamiento de las células madre.

El debate nuclear es un tema extraño. Se puede estar a favor o en contra con razones válidas. Todo lo que hacemos los humanos tiene un cierto riesgo; el riesgo cero no existe. Unas personas estamos más dispuestos a asumir un riesgo que otras. El único modo de decidir si estamos dispuestos a aceptar el riesgo nuclear o no es democráticamente; yo no puedo imponer mi tolerancia al riesgo a los demás. Eso es obvio. Pero cuando hablo con la gente de estos temas veo que los riesgos han sido tremendamente exagerados y que nunca se ha hecho el balance de los riesgos de los sistemas de producción de energía sustitutivos. Es decir, se piensa que las nucleares son malas pero no se ha pensado cuán malas son las formas de obtener energía por otros medios.

Da la sensación de que para la gente la energía se produce sola. Hoy por hoy dependemos de la energía y si no se hace una central nuclear habrá que obtenerla por otros medios. Nunca se tiene en cuenta que los «otros medios» también tienen un riesgo. Por ejemplo, si en vez de una central nuclear hacemos una central de carbón, hay que extraer el carbón, con riesgos de vidas en las minas; hay que transportarlo (en cantidades muchísimo mayores que el uranio de las nucleares) con el riesgo de accidentes de tráfico; hay que introducirlos en los quemadores, al quemarlo se lanzan a la atmósfera no solo CO², sino compuestos que producen lluvia ácida, algún compuesto radiactivo (en pequeña cantidad) y elementos que perjudican a los pulmones...

No basta con decir que las nucleares son malas y que en Chernóbil murieron muchas personas. Hay que ver cuántas personas hubieran muerto si la producción de Chernóbil se hubiera hecho con las otras fuentes de energía disponibles en la época. Algunos lo han calculado y el resultado es sorprendente. Incluso con el caso catastrófico de Chernóbil y con un tipo de reactores que ya no se volverá a utilizar, el número de muertos por centrales de carbón (teniendo en cuenta todo el proceso de extracción, transporte, desechos...) hubiera sido mayor.

El caso de Chernóbil a mí me recuerda enormemente a las víctimas del tráfico en automóvil y a un accidente aéreo. En una Semana Santa mueren miles de personas en todo el mundo debido a los accidentes de tráfico. No se le da demasiada importancia. Es una noticia marginal. Hay un accidente aéreo en el que mueren ciento cincuenta personas y la noticia ocupa la portada de todos los periódicos del mundo. En el primer caso mueren miles de personas cada año; en el segundo mueren cientos cada muchos años. Pero la noticia es la segunda. Con Chernóbil me da la misma sensación, miles de muertos poco a poco en la extracción de carbón, en su transporte, en su manipulación, en el desecho de las cenizas, en las enfermedades pulmonares... como ocurren lentamente a lo largo de mucho tiempo pasan desapercibidas. Sin embargo, un accidente que mata a menos personas pero todas de golpe causa un tremendo impacto emocional. Y nos cargamos la tecnología que en el largo plazo produce menos muertes.

En el momento en el que hay que utilizar escenarios complejos y tener en cuenta muchos factores interrelacionados, los seres humanos somos especialmente malos a la hora de evaluarlos.

No podemos exigir que todas las personas sean capaces de fabricar esos escenarios complejos, pero sí deberíamos lograr que fueran capaces de entender los argumentos subyacentes y decidir por una opción u otra. Tarea ardua, sin duda.

Muchas veces me he encontrado con reticencias no ya a las conclusiones sino incluso a los propios datos. Abundo sobre el tema. Permítanme retroceder a los transgénicos. Cuando alguna vez he dicho públicamente que los alimentos transgénicos, que han pasado los sistemas de aprobación, son razonablemente seguros y después he explicado que el riesgo cero no existe, me han dicho cosas como: «Y eso quién lo dice, ¿la ciencia?; la ciencia también se equivoca. Recuerda lo que dijeron sobre que el tabaco no era perjudicial o que las grasas eran malas para el colesterol y ahora se alaba al aceite de oliva».

Tras esos argumentos se esconden varias cosas. La primera es una desconfianza en la ciencia. Bien es cierto que los científicos no somos del todo inocentes; a veces nos la hemos ganado a pulso. Por ejemplo, cada mes más o menos sale un nuevo avance que «va a acabar con el cáncer». Probablemente debido a la necesidad de conseguir financiación los científicos hemos exagerado lo que se podría esperar de nuestras investigaciones. La segunda es un desconocimiento total de lo que es la ciencia. ¡Claro que se ha cambiado de idea sobre las grasas y el colesterol! La ciencia hace eso: evoluciona. Lo que no evoluciona es el dogma. La ciencia, por definición, debe cambiar. Y en el caso de las grasas y el colesterol, además, no fue un cambio sino un refinamiento. Inicialmente se vio una correlación entre colesterol, ateromas y grasas y se dijo que las grasas eran perjudiciales. Después se vio que había distintos tipos de grasas y que algunas eran malas y otras eran buenas. Y de ahí vino lo del aceite de oliva. Por suerte para nuestro paladar y para la industria aceitera, las grasas de la aceituna forman parte de las buenas. Aquí no hay una marcha atrás (que no sería vergonzoso) lo que hay es un refinamiento: de pensar que las grasas eran perjudiciales, hemos pasado a que tan sólo lo son algunos tipos de grasas. De lo general y correcto (la ingesta de grasas favorece los ateromas) hemos afinado y hemos dividido las grasas en dos grupos.

El caso del tabaco es igualmente interesante para entender el funcionamiento de la ciencia. Las tabaqueras promocionaron las investigaciones que desvinculaban el tabaco del cáncer. E hicieron todo lo posible por que no se publicaran los resultados adversos. La mala noticia es que muchos científicos vieron cortada su financiación porque sus resultados eran malos (para las tabaqueras). La noticia horrible es que algunos científicos se vendieron a las tabaqueras. La buena noticia es que a pesar de los millones de las tabaqueras, la verdad ha salido adelante. Lo único que han logrado es retrasar su publicación. Esta es una gran lección de cómo funciona la ciencia para

los que son reticentes a ella. La ciencia corrige sus errores. La ciencia no es lo que dice o hace un científico. La ciencia es una tarea colaborativa, de grupo. El método científico es obligatoriamente lento y pesado: hay que experimentar, publicar, criticar, repetir las experiencias y eso lleva tiempo. Pero al final se llega a la hipótesis más plausible. A la «verdad científica», que siempre es provisional. Esa es su fortaleza: siempre es provisional. Siempre se puede (mejor dicho, se debe) cuestionar. Siempre hay que buscar cambios.

La divulgación

En la mayor parte de mi charla e insistido en que los ciudadanos debemos controlar las riendas de la ciencia. No debemos ser científicos; pero sí debemos ser capaces de dirigir hacia donde queremos que vaya la ciencia.

Hay un símil que a mí me gusta. Para conducir un coche no es necesario ser ingeniero capaz de diseñarlo; pero sí necesitamos unas ideas básicas de cómo se conduce. Para dirigir la ciencia no hay que ser científico; pero tenemos que tener unos conocimientos básicos; y esos conocimientos nos los da la divulgación científica.

El colegio nos da unos conocimientos básicos, pero la ciencia evoluciona y lo hace demasiado deprisa para que lo que hayamos aprendido de jóvenes nos sirva para toda la vida. Debemos reciclarnos, debemos saber los cambios que se han producido en ciencia. Y eso es lo que hace la divulgación científica.

En el mundo en el que vivimos debemos ser capaces de tener una opinión informada sobre la ciencia y la tecnología. En caso contrario la democracia puede convertirse en una caricatura. Por ejemplo, si no distinguimos entre lo que es la medicina científica y el brujo ¿por qué vamos a dedicar dinero a investigación médica? ¿Tal vez tendríamos que dedicarlo a brujería, al chamanismo o a ideas ya superadas de la «milenaria medicina» China? ¿Y qué les parecería dedicar nuestro dinero a la investigación de inviabiles y absurdas máquinas de movimiento continuo? ¿O al motor de agua? ¿Y qué les parece la idea de, en vez de hacer un sistema de suministro de agua a nuestra ciudad, sacar a la Virgen para que llueva?

Política basada en pruebas

Nuestro mundo es muy complejo y los problemas a los que nos enfrentamos son tremendos. Por resumir en unas pocas frases lo problemas más acuciantes (en mi opinión):

1. Superpoblación. Con la tecnología actual el mundo es difícil que soporte los seis mil quinientos millones de personas que somos. Personas que comemos y que consumimos energía. Y la población sigue creciendo.

2. Pirámide edad invertida. La relación entre jóvenes y ancianos se ha invertido. Antes siempre había más jóvenes que ancianos. Ahora hay más ancianos que jóvenes. ¿Quién cuidará de los ancianos? ¿De dónde saldrán sus pensiones?
3. Fin del petróleo barato. En los últimos cincuenta años, nuestra economía ha ido derivando hacia una dependencia absoluta del petróleo. Pero el grifo ya no es capaz de seguir creciendo. Ya no da más. Hemos llegado al límite. Y dentro de poco el caudal del grifo empezará a disminuir. ¿Cómo suministraremos energía, plásticos, gasolina,... a los miles de millones de nuevos ciudadanos de la Tierra?
4. Fin de la capacidad de aumento de la producción agrícola. Prácticamente la totalidad de la tierra cultivable del mundo está cultivada. Y la población sigue creciendo. ¿Cómo daremos alimentos a esa población creciente?
5. Fin de materias primas. Hay muchas materias que se han convertido en tremendamente escasas y están subiendo de precio. No sólo el petróleo y los alimentos, también el cobre y el tántalo que se usa en la electrónica y el rutenio y el...

¿Cómo vamos a solucionar estos problemas? ¿Acudiendo al brujo? ¿Volviendo a una agricultura antigua y poco productiva (aunque la bauticemos con nuevos nombres muy rimbombantes como orgánica o ecológica)? ¿Dedicando dinero al «panda» por que tiene ojitos que nos hacen pensar en un niño y olvidándonos de que necesitamos bancos de germoplasma del arroz, del trigo de la cebada... para salir adelante en caso de enfermedades que ataquen esas plantas? ¿Dedicando mucho dinero a las ballenas jorobadas y olvidándonos de que hay que conseguir nuevas variedades de plátanos pues muchas personas viven de ellos? (Los plátanos no tienen semillas; se multiplican por «esquejes», por tanto, tienen muy poca variedad genética y una plaga puede atacar a toda la producción mundial. Urge conseguir semillas de plátanos que permitan cruzamientos para aumentar la variedad genética de los mismos).

Reconozco que es mucho más atractivo el panda que los granos de arroz y la ballena jorobada que los plátanos; pero, y es un gran pero: ¿qué es más útil?, ¿qué es más necesario?, ¿dónde deben estar nuestras prioridades?

La única respuesta válida es que debemos hacer ciencia y tecnología que nos permitan superar los problemas. Pero para ello los ciudadanos debemos estar convencidos de que la ciencia es la solución; pero que exige dinero, y exige tiempo. Tanto de lo uno como de lo otro andamos escasos.

Y sobre todo, exige que los políticos hagan propuestas realistas. Basadas en pruebas y no solo en ideologías. Basadas en pruebas y no en buenas ideas. ¿Cómo era el refrán español? «¿El infierno está pavimentado de buenas intenciones?». El «buenismo» no conduce a nada. Debemos exigir pruebas. Si construimos parques fotovol-

táicos debemos exigir pruebas a nuestros políticos de que de verdad generan energía teniendo en cuenta todo su ciclo de vida, sin olvidarnos de la fabricación o el mantenimiento. Si vamos a paralizar la energía nuclear hay que exigir pruebas de cómo vamos a conseguir la energía que necesitamos (o cómo vamos a dejar de consumirla)...

Ante las propuestas de los políticos debemos exigir pruebas. Y debemos ser capaces de darnos cuenta de si lo que nos cuentan tiene visos de ser cierto o nos están «vendiendo una moto».

Debemos exigir una política que huya de los eslóganes y se base en pruebas.

¿Y cómo podemos hacerlo? ¿Cuál es nuestro poder?

Nuestra capacidad de compra y nuestro voto.

Si nos convencen de que, a lo largo de su vida, una bombilla de LEDs consume y contamina menos que las incandescentes, compremos LEDs.

Si nos convencen de que los tomates con más licopenos no son malos para la salud, compremos tomates modificados genéticamente con más licopenos.

Si nos convencen de que guardar el germoplasma de los arroces es importante, demos dinero a las organizaciones que se dedican a preservarlo.

Si creemos que conseguir variedades de plátano es importante, votemos a los partidos que apoyan los centros de investigación sobre el plátano.

No tenemos dinero para todo. Debemos priorizar. Debemos definir qué es lo que es más importante para nosotros.

Si nos convencen...

Y a la hora de votar, debemos leer los programas políticos de los distintos partidos y votar por aquellos que digan cosas que nos parecen sensatas. Por favor: ¡que le parezcan sensatas a usted; no a mí! No se deje embaucar por eslóganes.

Para acabar quiero reproducir una frase de Massimiano Bucchi, sociólogo de la Universidad de Trento en Italia, que fue publicado por la revista «Research*eu», publicada por la Comisión Europea, de junio de 2007:

«¿El punto de vista de los ciudadanos es por naturaleza un problema del que sólo hay que preocuparse a posteriori? ¿La sociedad sólo puede entrar en juego cuando la ciencia ya ha dado sus frutos? Tal razonamiento está desprovisto de sentido, sobre todo porque la participación del ciudadano ya es un hecho, lo queramos o no. La política de investigación, en una Europa democrática, debe tener en cuenta la opinión pública desde las primeras etapas de su aplicación.

Hoy en día, no se trata tanto de saber si la sociedad del conocimiento es compatible con la democracia. El caso es que no puede existir sin una sociedad realmente democrática en todos sus procesos, incluyendo la gobernanza del conocimiento».