

Para indicar realmente la importancia de la investigación y el apoyo en ciencia básica voy a empezar con una definición que como los faros es más lo que es oscuro que lo que ilumina para que nos enfoquemos exactamente en qué es ciencia básica e investigación en ciencia básica. Existe una definición muy antigua de J.J. Thompson, premio nobel en física, quien descubrió el electrón, que indica que realmente la investigación o la ciencia básica es aquella que se hace sin ningún propósito de aplicación, se por curiosidad y eso parece trivial, pero cambia radicalmente la situación cuando se encuentran las leyes que gobiernan a la naturaleza. En una definición más reciente, Marcelo Beizer resalta el hecho de que lo que mueve la investigación en ciencias básicas no son las aplicaciones inmediatas sino la solución a problemas regionales o locales que se tienen que hacer pero no como punto central.

Una de las críticas sobre la impertinencia social de la ciencia básica plantea la cuestión de qué tan válido es investigar en la naturaleza en cosas que no tiene una aplicación inmediata, por qué estudiar partículas elementales en altas energías y por qué se hacen inversiones tan gigantescas como las que hay en Europa con el CERN Centro de investigación europeo solamente para indicar un punto que conocemos todos: el mundo actual sin internet no funciona, la era de Gutenberg murió. Y de dónde salió eso. Salió de investigaciones de partículas elementales para resolver una necesidad que no tenía que ver con partículas elementales, transmitir enorme cantidad de información de una manera confiable, ese es el origen por ejemplo de internet. Hay enorme cantidad de problemas en todas partes, nuestro país está lleno de violencia, de desigualdad, pobreza. ¿Tenemos que dedicarnos solamente a resolver esos problemas, o sea que eso es la prioridad exacta? lo que hagamos en inversión en ciencia básica, ¿no se justifica porque tenemos esos problemas? ¿Por qué los científicos gastan su tiempo en cosas esotéricas, alejadas de la realidad, están mirando cosas que no tienen ningún objetivo inmediato de aplicación y además se gastan los fondos públicos en eso?

Centrándonos en las cuestiones anteriores, intentare mostrar que la búsqueda de conocimientos fundamentales motivados por la curiosidad es tan útil, o más que la búsqueda de soluciones a problemas específicos a través de una serie de ejemplos. En una conferencia que dio el director de la FIL en el año 66 se cuestiona cosas fundamentales, se preguntan si los circuitos básicos que son las que permiten que todas las computadoras del mundo funcionen, fueron descubiertos por gente que quería hacer computadoras, una aplicación muy directa, la respuesta es: no. Todos los circuitos básicos empezando por el transistor, que es la pieza fundamental de toda la informática, fue hecho por científicos que estaban interesados en contar partículas elementales o físicas nucleares, para desarrollar algo que se conoce ahora como la mecánica cuántica.

Voy a empezar con un ejemplo el caso del ADN, aquí están Watson y Crick después del descubrimiento de la molécula del ADN basándome en una de sus publicaciones en National en el 53 de la Universidad de Cambridge observamos que la situación de Inglaterra para este año estaba un poco caótica: una infraestructura destruida por la guerra, la pérdida de las colonias, inflación elevada, altos niveles de desempleo, racionamiento de alimentos, pobreza, mendicidad, desempleo y epidemias. Las acciones tomadas estaban basadas en subsidios sociales, control de cambios y nacionalización de industrias, en síntesis, el país más pobre en ese momento después de la guerra, fuera de Alemania. Uno podría pensar que no valdría la pena haberle gastado inversiones en la Universidad de Cambridge en el laboratorio donde se descubrió el ADN porque eso no era una solución a un problema relevante en ese momento, estudiaron la estructura de una molécula curiosa.

Hace 50 o 40 años recordamos de nuevo a Crick, ya que la investigación ha conducido el ADN en medicina como fundamental en el diagnostico de enfermedades genéticas, agentes infecciosos, identificación de tumores. Toda la medicina ahora esta signada por las investigaciones en ADN, en ciencias forenses, en agricultura, en ganadería, en antropología, en arqueología etc. etc.

Ver cómo era la estructura de ese tipo de moléculas para el año 53 y no resultaba pertinente en

Inglaterra, tomo el caso de los rayos X, se piensa que realmente esa técnica que ahora es una técnica fue descubierta para mirar donde se situaban las balas de los soldados heridos en la guerra y eso fue lo que motivó su investigación: nada más alejado de la realidad. Esta técnica fue desarrollada específicamente por Röntgen y su única intención era descubrir cuál es la naturaleza de la electricidad, su mismo nombre lo decía rayos X que significaba que no sabía qué era lo que estaba descubriendo así quedó su nombre. Hoy es una técnica absolutamente indispensable en medicina, en ingeniería, en farmacología, porque es la forma como se puede ver la estructura de la materia.

Probablemente todos conocen lo que se llama la técnica de resonancia magnética nuclear, más comúnmente como imágenes diagnosticas en el desarrollo de esa técnica contribuyeron matemáticos, físicos, ingenieros, químicos, médicos, tecnólogos todo para obtener, sin una relación aparente de la utilidad inmediata de cada una de las contribuciones, algo que ahora es una técnica estándar donde hay de manera implícita, una gran cantidad de técnicas: spin nuclear, radioactividad,

Los imanes que los escanógrafos que usan tienen bobinas superconductoras, dentro del tratamiento requieren transformadas de Fourier, soluciones de ecuaciones integrales bastante complicadas, codificación de señales entre todo eso se constituyó en una técnica, que ahora se denomina NMR. Esta historia de resonancia magnética, es un excelente ejemplo de que en la investigación en ciencias nadie sabe exactamente para quien trabaja. No se puede establecer un modelo lineal entre una inversión y una aplicación.

Otro caso especial es la teoría de la relatividad, especial y general, es una teoría de Albert Einstein de principios del siglo pasado, para la vida diaria no tiene mayor relevancia, nosotros nos movemos a velocidades muy bajas, sin embargo, esa teoría es una pieza fundamental en algo que todos conocemos: el sistema de posicionamiento global. Un sistema que permite conocer la posición de un objeto sobre la superficie terrestre, actualmente con precisiones por debajo de los metros y es una tecnología que ha dado lugar a más de 160 fabricantes en el mundo, con un mercado de varios miles de millones de dólares, de hecho, prácticamente cualquier aparato de esos que tenemos en el bolsillo que se llaman celulares, tienen un sistema de posicionamiento global. La idea fue esencialmente conocer como es la naturaleza última del espacio - tiempo. Si todo eso está basado en señales de satélites que se están orbitando al globo a velocidades y alturas relativamente altas donde hay que hacer dos correcciones, una por una, primero, la corrección general por la velocidad del satélite y la otra por el hecho de que el satélite está a varios miles de kilómetros de la superficie de la tierra y solamente para indicar unos datos, la corrección total de estos dos defectos temporales son del orden de 38 microsegundos. Si no existiera la teoría de la relatividad, daría una imprecisión en la ubicación de diez kilómetros, o sea el sistema de posicionamiento global no sirve para nada sin esa corrección, eso está en la teoría especial de la relatividad.

Otra investigación que realmente ha cambiado la forma de ver el mundo es la mecánica cuántica, fue pensada por un grupo de científicos en la primera mitad del siglo pasado entre los que se encontraban: Planck, Einstein, Broglie, Heisenberg, un número notable de científicos que estaban exactamente interesados en cuál es el comportamiento de la materia a nivel atómico, subatómico y al cambiar a un panorama totalmente diferente, de una idea absolutamente determinista, eso era todo lo que movía a los que desarrollaron la mecánica cuántica. Nunca jamás se imaginaron que esa teoría revolucionaría la forma como se percibe la realidad y sobre todo la forma como vivimos.

No hay nada que haya impactado más la vida de los habitantes sobre este planeta que esas teorías inútiles en las cuales no valdría la pena invertir. Por ejemplo, el 30 % del PIB de los Estados Unidos probablemente se ha extendido, proviene de desarrollos originados en la mecánica cuántica, porque toda la industria electrónica, semi conductores, laser, comunicaciones, tienen que pasar por eso que fue algo en su momento totalmente inútil: ciencia básica.

El desarrollo de la magnetorresistencia gigante es algo muy cercano porque hemos trabajado en eso aquí, hay dos científicos muy sonrientes uno es Fert y el otro es un brasileño Mario Baibich, hacia el año 83 y esto fue un desarrollo muy rápido porque en menos de 20 años pudieron lograrlo, observaron qué pasa cuando se tienen dos capas magnéticas bien delgaditas, qué pasa cuando le ponen un campo magnético, encontraron que la resistencia cambiaba con el campo magnético, no más: qué inútiles! Le gastaron tiempo, inversión en los laboratorios donde trabajaron, Mario Baibich fue de Brasil a trabajar a Francia con Fert, sólo para ver el comportamiento de esa estructura en campos magnéticos. Pues hoy en día esa investigación condujo al desarrollo de los sensores que leen las cabezas de los discos duros de todos los computadores del mundo. Es la única manera de entender por qué un disco duro actual normal tiene capacidad de almacenar densidades del orden de gigabytes por centímetro cuadrado y este descubrimiento fue reconocido con premio nobel de física en el año 2007 siendo uno de los que tiene mayor impacto en tecnología y cambia radicalmente la forma de cómo podemos almacenar información y cómo la podemos leer exactamente y fue considerado como la primera aplicación masiva de nanotecnología.

Nada más alejado de lo práctico y nada más odiado por todos que las matemáticas. Cuando vemos un computador pensamos por qué funciona sin fallas, por qué es confiable, por qué le pueden dar el manejo de un avión a una computadora, qué es lo que hay detrás. Los circuitos electrónicos están basados en un teorema matemático que se llama: el teorema de Bloch, en el 24 Félix Bloch se puso a pensar en un problema matemático: cómo se comporta un sistema periódico y nada más. Esto dio origen a algo llamado: teoría de bandas y eso dio origen a toda la física de semiconductores, en base a eso se desarrolló el transistor y por ende toda la electrónica.

El teorema es absolutamente perfecto y eso, es pura matemática. Toda la transmisión de datos, las transacciones económicas, financieras se pueden hacer, si no estuvieran encriptados sería impensable que alguien tuviera la forma de un banco, de transmitir información a otro cuando pudiera ser accedido, eso se llama criptografía. Veinte años atrás en matemáticas eso era una de las áreas áridas del mundo, actualmente cuando entran información en una computadora todo está en criptografía basado en una teoría matemática perfectamente establecida que se está desarrollando desde precisamente hace veinte años. Dentro de las prioridades, la criptografía estaría en el último lugar. Actualmente es una herramienta fundamental en la transmisión de información.

La investigación en ciencia básica sin un deseo de aplicación inmediato a lo que conduce es perfectamente a lo contrario, una serie de aplicaciones en las cuales esa relación no se da en forma directa y ha brindado sin lugar a dudas un mejoramiento en la calidad de vida. Hacia el año 50 técnicamente yo debería estar muerto porque el promedio de vida estaba por debajo de 60 años, a finales del siglo pasado y principios de este, el promedio de vida de la humanidad ha aumentado al orden de 75 a 80 años mostrando la enorme contribución de todas las ciencias básicas, de toda la tecnología de los procesos y progresos en medicina, en salud, en tratamiento de agua potable y temas que mejoran la calidad de vida. Es la única manera cómo podemos explicar porque la tierra puede sostenerse con 1800.000.000 de habitantes. Sin esas contribuciones no habría una manera, además tenemos en todo momento los fundamentos sobre los cuales se basa la tecnología: teléfonos celulares, computadoras, comunicación, juegos. Todo eso es parte de la contribución y estimula a nuestros hijos y a nuestros nietos a interesarse realmente en cuestiones en ciencia y tecnología. Sin la contribución, sin una ciencia básica fuerte esto es imposible y cuáles son los impactos que ha tenido en lo económico, hay una nueva economía impulsada por el conocimiento eso lo hablamos, lo escuchamos en cada momento ,pero no nos ponemos a pensar realmente que significa.

Toda la economía actual está basada en eso tener información y conocimiento es el mayor valor para una sociedad y esos avances tecnológicos han sido impulsados crecimientos económicos como al final mostraré en un ejemplo concreto en China, de qué es lo que ha hecho la investigación en

ciencia y tecnología en la parte social. Hay nuevas estructuras sociales e institucionales basadas en tecnología, uno se pone a pensar 20 años atrás, para pagar el impuesto tenía uno que hacer colas, actualmente usando tecnologías, técnicas de información y comunicación, uno puede hacer absolutamente todo en una cosa que aquí se llama *gobierno en línea* eso, les guste o no, ha impactado y lo está cambiando, está haciendo muchas cosas diferentes, la digitalización de todo el país cambia radicalmente la situación, porque se conoce exactamente los datos de las personas y en lo político se requieren nuevas iniciativas gubernamentales, más que gubernamentales, nuevas iniciativas de estado.

Aclarando que esto no puede ser una iniciativa de gobierno, sino de estado, que trascienda los gobiernos, evitando el *síndrome de Eva* cada vez crear nuevamente las cosas sin evaluar lo que se hace. En síntesis uno justifica la inversión en ciencia básica porque esto realmente es un bien público, no se puede suponer y exigir que las industrias y las empresas hagan contribuciones fundamentales a la investigación en ciencia básica, no es su objetivo ellos se enfocaran a cosas un poco más directas, pero en ciencia básica debe ser un apoyo o una inversión estatal considerado como un bien público.

Escuché en la charla del doctor Pereira y nuestros invitados asuntos que planteaban se debían definir las áreas estratégicas como una parte de la inversión, o sea que lo que no esté en un área estratégica no cuenta, eso han sido políticas estándares en nuestros gobiernos, nuestros sistemas de ciencia y tecnología siempre ha sido establecido este planteamiento que para lo único que han servido es para una reducción oficial a la investigación en ciencia básica, pues decían que no cabía dentro de las áreas estratégicas. Por supuesto había estrategias, consistían en introducir cualquier tipo de investigación en ellas, pero el resultado en varios análisis en los sistemas de ciencia y tecnología es exactamente lo que está establecido ahí, o sea la investigación en ciencia básica debe ser siempre considerada como una área estratégica porque tiene un poder económico de muy largo plazo a veces de corto plazo, un poder cultural y un bien público fundamental para el desarrollo de un país.

Un ejemplo es la iniciativa STEM de Obama en Estados Unidos. Esa iniciativa creó una campaña llamada *educar para innovar* para lograr la excelencia en educación en ciencia y tecnología, ingeniería y matemáticas, y no es una cosa de retórica como muchas de las que hacemos acá es una inversión clara y establecida de entidades gubernamentales americanas públicas y privadas. Una inversión de 260.000.000 de dólares para hacer que la juventud o las escuelas americanas mejoren sus desempeños en ciencia y matemáticas. Otro ejemplo es sobre la visión china, la semana pasada en el último Reporter encuentran que China ha pasado a ser la segunda economía mundial en el PIB pasando por encima al Japón, buscando eso, leo una entrevista con el primer ministro chino y el editor en jefe de la revista Science en septiembre 30 del año 2008. En ella dice el primer ministro chino, como política de estado en ciencia, China necesita gastar más en investigación científica básica, la cual es la fuente de cualquier innovación tecnológica, ninguna investigación aplicada o de desarrollo tecnológico puede hacerse sin investigación básica, esto lo está diciendo un chino primer ministro como política de estado y estamos hablando del hecho de que el PIB chino esta en el 4910 miles de millones dólares americanos con una inversión en ciencia básica del 5% del total, en investigación y desarrollo. Sin embargo, el ministro chino en esa entrevista dice que la investigación ha servido como fuente y fuerza conductora, le da gran importancia a la investigación en ciencias fundamentales y considera que todavía eso no es suficiente, esto es un ejemplo claro de cómo es una política de estado sostenido a largo plazo. China tiene un crecimiento del orden del 10% o 12%. Actualmente a pesar de la crisis, en el último análisis de SIMAGO que es una institución que está revisando todas las publicaciones se encuentra que la primera institución es la Academia China de Ciencias. Esto me recuerda una anécdota: cuando estuve en los Estados Unidos en California, los chinos se veían por encima del hombro, ahora los son chinos quienes ven por encima del hombro a los americanos. Ha sido algo continuo, mantenido, no de política tradicional

de decir sí, pero a la hora de la verdad no decir nada.

Soy el director de un centro de excelencia, uno de los ocho centros de excelencia que se originó en el 2004 que en su momento fue una política medianamente bien llevada y por primera vez una política de tecnología a mediano plazo, estipulado para cinco años, y esto realmente corto plazo, pero contextualizando considerémoslo mediano plazo. La Universidad del Valle apoyó y soportó la creación del centro de excelencia junto con doce universidades públicas y privadas desde Barranquilla hasta el Cauca, desde Medellín hasta Bucaramanga, más de 80 investigadores involucrados trabajando en algunas aéreas, en las cuales hay capacidad, porque uno inicia una labor de esta magnitud es con personas que tengan una cierta capacidad, pues el tiempo apremia, de esta manera se obtiene un trabajo muy eficiente. En la revista más importante de ciencias de superficies aplicadas se publicó el trabajo de uno de los estudiantes de doctorado de Julio Caicedo está terminando su doctorado, generalmente frente a esto, pensaríamos: *se publicó un artículo más, me da igual*. Pero eso es un trabajo reconocido internacionalmente publicado a finales de julio del presente año, aparece en esa página de internet como un trabajo magistral, un trabajo que aporta al nuevo conocimiento en el área de superficies. Es un orgullo porque realmente es un ejemplo que muestra que si se mantiene un apoyo más o menos sostenido se pueden obtener resultados reconocidos y el reconocimiento es un valor importante, además porque tiene una aplicación realmente directa, es usado para herramientas de corte, para cortar el papel hecho de la caña de azúcar, del bagazo de la caña de azúcar, con características especiales.

Hablamos continuamente de innovación, se les llama ahora a los sistemas de ciencia, tecnología e innovación. No solamente hay que hacer ciencia y tecnología sino que hay que innovar en todo. Qué se requiere para innovación, primero, gente bien preparada y eso no es suficiente, se requiere gente bien preparada con ideas, y aun así eso no es suficiente, se requiere gente bien preparada con ideas y herramientas para poder llevar a cabo los procesos. Eso es el núcleo pero no lo más importante, lo más importante son todas esas flechitas que convergen a la innovación: primero se requieren ciencia básica, si no hay buenos ingenieros, excelentes técnicos, no es posible hacer eso que se llama innovación, se requiere tecnología, por supuesto y buenos tecnólogos, se requiere que haya una muy buena ingeniería, y estas tres cosas que académicamente podrían ser lo importante no conducen a un sistema innovativo cómo se pretende en los temas de ciencia y tecnología, se requiere un contexto económico apropiado, o sea que haya política realmente efectiva y no en papel. Son tan importantes las ciencias básicas, como el contexto científico para la investigación y por ende la innovación.

Los intentos de direccionar, de priorizar la investigación en ciencia básica en base a resultados económicos o de aplicación inmediata, generalmente son inútiles y la mayoría de las veces contraproducentes. Lo único que debe priorizarse es la calidad que cualquier investigación en ciencia básica tenga. La calidad suficiente es lo que debe mover porque se pueden hacer muchas más cosas, o sea si alguien hace una excelente investigación en el caso de las matemáticas, por ejemplo, esa investigación debe tener calidad, si hace algo de segunda categoría eso no va a pasar, no va a quedar más que en un reporte que nadie lee, que no es visible y que no va a tener ningún impacto. Quiero terminar con esta frase pocos de los que trabajamos en esto tenemos la visión de Michael Faraday el que descubrió las propiedades de la electricidad, cuando un político William Gladston en Inglaterra le preguntó para qué es útil la electricidad, Faraday respondió *un día señor tendrás que pagar por ella* y si no miren sus facturas de la electricidad todos los meses. Muchas gracias.