

Sesiones

ESTADO DEL ARTE: NANOTECNOLOGIA EN MEDICINA

Académico Ing. **Jorge Reynolds Pombo**

Hace tres décadas en la Fundación Santa Fe, me encontré con el Académico Efraim Otero Ruiz quien me dijo: “Sabes que hay una cosa muy interesante, nueva, que es el manejo de los elementos prácticamente hasta ahora imposibles de identificar, lo cual será una revolución completa no solamente en el campo de la medicina sino en el de la industria”. Posteriormente tuve dos reuniones con él sobre este tema y ahí comencé a enterarme de qué era la nanotecnología: una ciencia nueva, una ciencia que verdaderamente era prometedora pero que hace 30 años era ciencia ficción.

Algo que nos da idea del tamaño al cual nos referimos: una millonésima parte de un metro y, ahí estamos entrando hasta encontrar elementos más pequeños que las células. Hoy en día ya estamos en un mundo gigantesco en comparación de lo que hoy día se puede entrar a conocer y el futuro que tiene en todas las disciplinas y en todo lo que tenga que ver con nuestro planeta.

Comenzamos a pensar en el nanotubo hecho de carbono siendo la base, en muchos casos, de la nanotecnología. El carbono es el elemento más duro que ha podido hacer el hombre. Tiene una gran flexibilidad y condiciones para ser aplicado en las estructuras de materiales. Pensemos en lo que se puede hacer al tamaño de una millonésima de metro, que es cien mil veces más pequeño que el grueso de un cabello rubio.

Con estos elementos podemos llegar a encontrar en las células, su parte básica. Un poco de ciencia ficción. Podemos manejar la electricidad producida por esas células.

1. Los **nanorobots** experimentalmente ya se comienzan a utilizar y a experimentar pero todavía faltan tratamientos por hacer. El nanorobot tiene la función de depositar fármacos.
2. El segundo robot está hecho para localizar células cancerosas. En el momento en que encuentra las células se inhibe y es eliminado por el riñón o por los otros órganos. Este sistema se encuentra en experimentación. Es aproximadamente 20 veces más pequeño que un glóbulo rojo y está totalmente programado, por ejemplo, para mostrar cierto tipo de células y absorberlas. Son millones de ellos que hacen la misma función y pueden encontrar un cáncer absolutamente incipiente.

Otro de los trabajos que se están haciendo son los **respirocitos**, nanoelementos cuyo tamaño es la cuarta parte de un glóbulo rojo y tiene la posibilidad de almacenar oxígeno por cien veces más, en casos por ejemplo, de un infarto, se ponen millones de estos elementos en el torrente sanguíneo para que vayan al tejido afectado y lo oxigenen. Los respirocitos ya están en aprobación del National Institute Health, en los Estados Unidos, para ser utilizados en humanos.

El Académico Rodolfo Llinás, en Nueva York, está trabajando en lo que él llama los **nanowires**. Es un pequeño elemento de unos 20 nanómetros con diversidad de minicables que en el caso de un derrame cerebral, se lleva por un catéter hasta el sitio donde se llegó a producir esta anomalía y ahí se depositan los nanocables que principian a crecer y de esta manera van a hacer interconexión y a conectar las neuronas mejorando de esta manera las condiciones. También es un trabajo que está en experimentación. En tejidos vivos todavía no se sabe cuáles son sus resultados. Como idea parece muy halagadora. Probablemente en un futuro como ha sucedido con gran cantidad de cosas, como más de 200 novelas de Julio Verne que eran ciencia ficción y todas se volvieron realidades.

Los **nanomotores**, compuestos de más de 200 átomos, que por cambios eléctricos a cambios magnéticos, se vuelven aptos para poder mover **nanobombas**, de unos 30 nanómetros. Estos elementos ya se combinan con piñones los cuales están hechos de células vivas y de esta manera se vuelven **nanomáquinas** para diferentes usos, inclusive en condiciones de tejidos vivos para estimulación o movimiento de bombas, dosificadores de drogas, con posibilidades extraordinarias.

Ya para la industria, están los **nanolubricantes** que tienen condiciones de adherirse directamente a las piezas mecánicas para una lubricación perfecta. Un ejemplo de esto es un sistema mecánico bastante complejo, con una lubricación completa hoy día, con unos aceites compuestos por **nanoelementos**, es posible hacer lubricaciones las cuales en ensayos de motores de automóviles, le aumentan la vida hasta en un 60% por una lubricación casi perfecta.

Hay un trabajo teórico, dirigido por mi (Ing. Reynolds), sobre **nanobombas** para dosificación de drogas a ± 25 nanómetros, hecho con células cardíacas y utilizando un estimulador para poder hacer el músculo cardíaco y de esta manera poder hacer una bomba con una eficiencia considerada bastante apropiada. En este momento se están haciendo trabajos experimentales del funcionamiento de ese músculo cardíaco y su estimulación para un sistema experimental apropiado.

La **nanotecnología** da la posibilidad de creación de complejos circuitos electrónicos implantables. Hay tamaños que se puede implantar en el ojo de hasta cuatro millones de transistores, suficientes elementos para poder crear un sistema primitivo para crear una visión. A estos tamaños estamos hablando de cuatro cámaras de televisión de alta definición en más o menos cien nanómetros cúbicos que toman la energía eléctrica directamente de diferenciales de potencia orgánica.

Un **nanocircuito** se hace con **nanolitografía**. A estos tamaños **nanométricos** se va haciendo el grabado y la colocación de las diferentes tintas conductoras, semiconductoras y aislantes, creando los circuitos apropiados inclusive para la parte de implantación o para otros efectos en los que no se necesita condiciones neutras para su implantación. La ciencia de la creación de **nanosensores**, circuitos electrónicos y luego sistemas de transmisión que hoy día se está utilizando con los teléfonos celulares, se desarrolla paralela a la anterior cuya información puede ser procesada directamente en el teléfono celular

y ser transmitida a un centro de recepción o para visualizarlo, por ejemplo en medicina, para ver como están funcionando condiciones cerebrales o cardíacas.

Los nanotatuajes es la creación con nanoelementos de un sistema para visualizar el electrocardiograma y mil diferentes parámetros de la química sanguínea, así es como el médico puede leer en la mano mil parámetros diferentes, la función cardíaca; puede ver también la función respiratoria. Estos nanotatuajes en este momento están siendo experimentados en cerdos y, fuera de ser una herramienta médica, se puede ver televisión, se puede poner la pantalla del teléfono celular en la mano. Esto ya no es ciencia ficción, ya se está ensayando el sistema y parece que ya se está ensayando de una manera más funcional y se cree que en menos de dos años se estarán aplicando los nanotatuajes en humanos. Con los nanotatuajes se crea toda la electrónica suficiente para poder visualizar los diferentes eventos.

Nuestro trabajo desde hace varios años ha sido un nanopuente aurículo-ventricular que toma la señal de la aurícula, obvia el sitio donde se encuentra la interrupción eléctrica del corazón y se reinyecta en el ventrículo. Cuando se comenzó la idea no había las posibilidades porque no se había llegado a circuitos electrónicos menores a 50 nanómetros. Hace cuatro años Intel pudo crear los primeros circuitos electrónicos a 10 nanómetros. De esta manera Intel se interesó por esta idea y se comenzó a crear los primeros prototipos. En este momento tenemos dos perros con este sistema que tiene varias cosas interesantes, ya no usa batería, tiene un tamaño aproximado de la cuarta parte de un tamaño de arroz, las patas son más largas y son el electrodo tanto proximal como distal; el sistema de energía es piseoeléctrico; hoy en día se ha llegado a una gran eficiencia ya no con cristales naturales sino con cristales cerámicos y la electricidad la produce el mismo corazón al contraerse. También este nanopuente está conectado con el teléfono celular del cardiólogo el cual, en cualquier momento, puede visualizar el funcionamiento y también puede cambiar los parámetros por medio de un catéter que tiene ocho funciones diferentes, para poder localizar, hacer la electrofisiología correspondiente, colocarlo en el sitio adecuado y poderlo fijar, tanto eléctricamente como mecánicamente. Paralelo a todo esto hemos trabajado en la realización de un corazón virtual, a nivel nanométrico y funciona experimentalmente en fármacos sin todos los problemas que existen en animales o en elementos vivos. Todos estos sistemas van a la simulación lo cual conlleva a la posibilidad de crear patrones que se puede experimentar de una manera relativamente fácil.

En nanotecnología, en la parte de tejidos, la doctora Doris Taylor ya está construyendo corazones a partir de células madres para obtener un corazón completo con base en una formaleta que se hace y luego se le colocan las células madres al paciente que se le va a trasplantar y ahí comienza el crecimiento de este corazón. En la actualidad ella tiene alrededor de mil cerdos en los que ya ha hecho este trasplante. Este es el comienzo de los bancos de órganos. Ya la bioingeniería de tejidos tiene todas estas posibilidades.

El grafeno, de reciente aplicación en electrónica por los rusos Andre Geim y Konstantin Novoselo, Premio Nobel de Física 2010, de la Universidad de Manchester, cambia el mundo por ser el grafeno un superconductor de la electricidad a temperatura normal y es más duro que el diamante. El computador cuántico va a ser del tamaño de un dado y comparado con un

computador normal al que se le pondría una tarea matemática que duraría cien años, el primero hará esa misma tarea en 10 minutos. El costo del computador cuántico oscila en \$USD 50, solo que el gran problema que existe en este momento es ver cómo se le ingresa la información. Se está trabajando en un sistema que es como una especie de anteojos que toman la parte encefalográfica, de ahí que con el pensamiento se pueda manejar el computador.

Un teléfono celular se puede portar como un teléfono de pulsera, cuenta con un sistema de alta resolución en 4D. Este va a ser el futuro de los periódicos a relativo corto tiempo que, puede enviar la información día a día.

Poder partir el átomo y crear nuevos elementos -hasta hace poco era imposible de partir- se vuelve una realidad. El acelerador de partículas que está entre Suiza y Francia cambia totalmente una serie de ideas, acelera muchos procesos y dentro de la medicina innova lo que ya existe de poder llegar a destrucción de tejidos o creación de tejidos sin ni siquiera hacer una sola incisión sino con elementos como los quartz que penetran por bombardeos de las tempestades solares con el fin de destruir un trombo o un ateroma, la mayor inversión que ha hecho el mundo ha sido este acelerador de partículas. Es importante que diferentes universidades e instituciones e inclusive las academias participen en estudios teóricos, por medio de teleconferencias. Todos estos desarrollos transversales suman para nuevas creaciones.

Peter Heinz en 1964, de la partición del átomo y demás, hace menos de un mes se pudo comprobar ya que esto era posible y que este mundo que se venía preparando para esa posibilidad, ya tiene un campo de acción en medicina y en la industria, creación de nuevas herramientas y de nuevas fórmulas químicas. Fotografías de cámaras de un millón por milisegundo en donde se puede ver la trayectoria y las condiciones de los distintos elementos. Cuando hablamos de un millón de fotografías por milisegundo podemos ver la fantasía de la tecnología para hacer cámaras.

Todos ustedes recuerdan la película “El viaje increíble” en donde se proyecta ya la tecnología y vemos ahora como ha evolucionado. Tiene una gran importancia la parte de comunicación, el teléfono celular, el Internet y la fibra óptica, en donde las herramientas del médico del futuro serán diferentes como también la creación de sensores e interfases que tendrán diferentes formas de visualización y de manejo; la utilización de fármacos a control remoto desde el teléfono celular. Los sitios de mayor experimentación son Taiwan y Corea. A las nuevas invenciones hay que crear una nueva ética y nuevas leyes que controlen estas maravillas porque en malas manos puede ser la autodestrucción del hombre como tal.

El Presidente de la Academia, Fernando Sanchez, se refirió a las graves implicaciones bioéticas al leer el siguiente artículo:

“Calculan que para el 2030 será posible implantar en el cerebro humano unas nanocélulas no biológicas, capaces de reemplazar a las células cerebrales y por lo tanto superarlas en cuanto a capacidad de acumular información y rapidez del pensamiento”.

Participación de los asistentes

El Académico **Guillermo Sánchez Medicina** agradeció y felicitó al Académico Jorge Reynolds por su presentación y, preguntó simplemente qué se conoce de esta aplicación en las funciones cerebrales, en los tres campos, conductuales, cognitivos y psicoafectivos y, en todas las funciones en general. Se están haciendo muchas investigaciones, Stephen Hawking está viviendo y pensando gracias a esto.

El Académico Reynolds dijo que el hombre llegó ya a esos elementos tan sumamente básicos que pueden quitar, poner y combinar, y ahí está la creación o la destrucción de lo que se tiene. Con esa simple manera de ver, la nanotecnología le da las posibilidades de esos elementos básicos, las moléculas, hasta hace un tiempo los átomos y ahora a elementos mucho más pequeños. Ya se está hablando de poder crear elementos en que el pensamiento se almacena y se transfiere a otro cerebro. Hoy día ya no hay límites entre la ciencia ficción y lo que se está creando de realidades. Si nos apartáramos totalmente con muy buenos conocimientos de lo que hay hoy en día y despertáramos en 10 años, serían irreconocibles las diferentes profesiones y las diferentes disciplinas porque habrá diferentes maneras de actuar, de desempeñar sus profesiones.

El doctor **Francisco Santander Piñeres**, de la Universidad Central, hizo alusión al desarrollo de la nanotecnología y a las implicaciones éticas en cuanto a que se puede alterar el orden, la estructura y el dinamismo de los mismos tejidos y células que constituyen los cuerpos y pidió al Académico Reynolds ahondar en este tema.

El Académico Reynolds dijo que hay en este momento una serie de movimientos pensando que la ética debe ser manejada por la ONU pero también se piensa que la velocidad con que se está desarrollando la tecnología y en una entidad internacional tomará mucho tiempo en que sea aprobado y mientras tanto el mundo tiene una serie de condiciones de maravillas por un lado y también la posibilidad de desastres por el otro. Pensaría –agregó– que los gobiernos deberían de comenzar, separadamente, a crear comités de cómo se van a pronunciar al respecto, de otra manera, todas estas maravillas pueden llegar a ser absolutamente catastróficas.

El **academico Soto** se lamentó por los académicos que no tuvieron el privilegio de oír lo dicho. No es hipérbole, no es chauvinismo. Dijo que lo hablado debiera ser publicado en nuestros medios informativos.

El academico **Ramón Abel Castaño Yepes** se unió a las felicitaciones y a los comentarios positivos sobre la presentación del Académico Reynolds; sin embargo, con una perspectiva del Sistema de Salud de cualquier país del mundo que está tratando de satisfacer las necesidades de las personas con recursos finitos, todos estos avances tecnológicos dejan una preocupación de que van a generar beneficios a muchas personas pero a unos costos también mayores. ¿Qué posibilidad hay de que estos milagros que usted nos presenta generen un efecto contrario, grandes beneficios con grandes ahorros?

Repuso el Académico Reynolds: “Todo lo que sea mal manejado puede ser totalmente contrario; mal manejado, sin una ética profesional apropiada y sin unas leyes reguladoras, puede ser el gran desastre”. Estoy pensando en hacerle una propuesta a la Academia para que pensáramos en hacer un simposio por medio de teleconferencias para ampliar todas estas ideas, de ver los pros y los contras de todo este mundo fantástico, con cuatro o cinco conferencistas internacionales, si lo consideran puedo comenzar a organizarlo porque es muy importante que la Academia comience a trabajar en todo este futuro que se nos presenta y, ojalá, más adelante, la creación de un comité de evaluación, siendo la Academia órgano asesor del Gobierno Nacional, pueda presentarle un estudio de estos adelantos.