

## BIOTECNOLOGÍA, ¿LA BESTIA DEL APOCALIPSIS?: Ideas breves, expectativas y temores

*William A. Lozano Rivas*

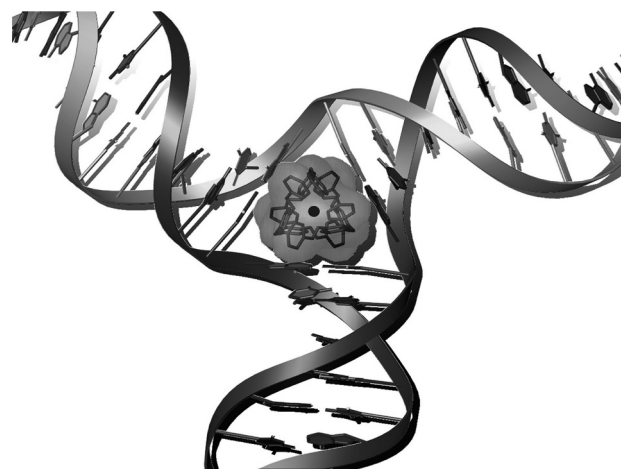
### *Recuento histórico y expectativas inmediatas.*

Cuando en 1869, Friedrich Miescher aisló un material celular rico en fósforo y lo llamó nucleína, nunca pensó que daría pie al descubrimiento más importante de toda la historia de la humanidad. Muchos otros trabajos posteriores empezaron a constituir la base científica que permitió entender la función de este material celular que hoy reconocemos como ADN (Ácido Desoxirribonucleico). El redescubierta de Mendel hacia 1900 y la comprensión de la mayoría de los mecanismos celulares y el papel de los cromosomas, permitió la comprobación y la comprensión “cabal” de las leyes de la herencia, también para enfermedades derivadas de mutaciones en los cromosomas. En 1909, Wilhelm Johannsen empleó la palabra gen para describir las unidades de herencia mendeliana y acuñó los términos fenotipo y genotipo. Thomas Hunt Morgan en 1911 describió la recombinación de cromosomas y la organización lineal de los genes en los cromosomas.

En el año 1941, aparece la teoría conocida como “un gen, una enzima” que a pesar de que no era un concepto del todo correcto, permitió sentar las bases de la naturaleza funcional de los genes. Posteriormente, el empleo de los rayos X para observar las estructuras atómicas, el entendimiento de que los genes están hechos de ADN y la descripción de su doble hélice (Watson y Crick, 1953), dieron paso al descubrimiento de la ADN polimerasa en el año de 1955, lo que impulsó el desarrollo de la técnica de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) para la recombinación del ADN. Los trabajos de Nirenberg, Khorana y Severo Ochoa en 1966, dilucidaron el código

genético. Sanger desarrolló varios métodos de secuenciación del ADN hacia finales de los 70's y para muchos, se constituyó en un acontecimiento de máxima relevancia para la historia del planeta, comparable con la aparición de organismos fotosintéticos o, incluso, el despertar racional y predictivo de los homínidos.

Quizás las aplicaciones que más expectativa causan entre la población, derivadas del conocimiento del genoma, son las de tipo médico y sus aparentes beneficios conexos. Poder “curar” enfermedades antes de que se manifiesten o prevenir su aparición, o incluso elegir características fenotípicas para los hijos, parecían posibilidades relegadas únicamente a la ciencia ficción, y se hacen casi tangibles a través de la biotecnología.



No obstante, tras las ventajas podrían venir los inconvenientes: una medicina de tipo predictiva, podría reordenar percepciones sociales relacionadas con la salud y, más exactamente, con el negocio de la salud. Hace sólo unas décadas, los avances médicos se presentaban de

forma paulatina con el descubrimiento de las vacunas, los antibióticos como la penicilina, los rayos X, etc., a partir de la mitad del siglo pasado, las invenciones adquirieron un ritmo vertiginoso y, podría pensarse, imparable. En donde se debe hacer énfasis, es en que el conocer de antemano unos caracteres genéticos que predisponen tendencias al padecimiento de ciertas enfermedades, podría llevar a la discriminación en atención, de algunos pacientes “genéticamente desfavorecidos” que resultan inconvenientes para la estructura económica de los servicios de salud o, incluso, podrían condicionar los contratos referentes a los seguros de vida y similares. En muchos países ya existen normativas que reglamentan el no uso de exámenes genéticos para la toma de decisiones de este tipo, no obstante, esta medida, de ninguna manera, asegura su cumplimiento en beneficio de la igualdad humana.

Así, pues, ¿Conocer el riesgo y la predisposición a un tipo de enfermedades, más allá de permitir su corrección por vías genéticas, mejorando la calidad humana y ampliando la esperanza de vida, puede constituirse en una herramienta discriminatoria?

### *Percepciones sociales, mitos y verdades de las plantas modificadas genéticamente.*

Otro tema que despierta gran interés, corresponde al de los Organismos Modificados Genéticamente (OMG's); los cultivos transgénicos han sido ampliamente criticados por grupos ecologistas derivados de la ideología religiosa y fanática de la organización “Greenpeace”. El principal temor que se ha constituido en el caballo de batalla de estos grupos, se refiere a las implicaciones a nivel de salud.

A pesar de esta resistencia ideológica, lo que mucha gente desconoce es que en la actualidad, cerca del 60% de la soya cultivada en el mundo es transgénica, el maíz BT que ocupa el 13% de los cultivos actuales es cada día más

cultivado, y cerca de un 40% de los alimentos cultivados en Latinoamérica son transgénicos. Se prevé que este número seguirá creciendo y se estima que para el año 2015, unos 20 millones de agricultores plantarán 200 millones de hectáreas de cultivos transgénicos en 40 países.

La mayoría de la gente teme que estos alimentos transgénicos puedan ocasionarles desde resistencia a antibióticos y reacciones alérgicas, hasta mutaciones en su ADN; no obstante, estas preocupaciones resultan aún infundamentadas y no existe razón alguna, en principio, para rechazar de forma contundente a los alimentos genéticamente modificados. Sin embargo, una preocupación que sí es real, es la de la pérdida de la biodiversidad por el paulatino reemplazo de plantas de variedades y características distintas -p.e. diversos tipos de papa- por una planta modificada genéticamente con características estándar; o, también, la de la posibilidad de fuga de transgenes hacia otros cultivos que provoquen modificaciones indeseadas.

Mientras los agricultores se preocupan por la fuga de transgenes desde los cultivos transgénicos a sus cultivos “no modificados” dadas las consecuencias que esto podría acarrear (p.e. ineficiencia en sus prácticas de control de plagas o rechazo de sus productos por contenido de transgenes), los científicos aún no se ponen de acuerdo en los impactos y los costos de la diseminación de los genes de los OMG's, frente al beneficio de su utilización. Una forma de control de esta diseminación es el uso de semillas tipo “terminator” o similares, cuyo producto (sus nuevas semillas) es estéril. No obstante, este tipo de semillas proporcionan la mayor desconfianza a los agricultores, en la medida en que sienten que no son dueños de sus cultivos y no les deja otra alternativa diferente a la de continuar comprando semillas patentadas a las multinacionales.

Surge entonces otra preocupación alimentada por la aparición de un nuevo andamiaje de control agrícola mundial en cabeza de Monsanto, quien posee prácticamente el 80% de las patentes de plantas transgénicas. Los países agrícolas y sus actores, temen convertirse en siervos de esta multinacional.

Al igual que muchos de los campos de la biotecnología, estas iniciativas de manipulación genética parecen convertirse en una ciencia de élite y para élites, que lejos de la promesa de mejorar la calidad de vida de los hombres, y en el caso de los transgénicos: erradicar el hambre del mundo, lo que ha logrado -al menos hasta ahora- es favorecer las cuentas bancarias y abultar, aún más, los bolsillos de estas compañías biotecnológicas.



De otro lado, la manipulación genética para mejorar un cultivo de flores por ejemplo, posee un impacto muy bajo entre la sociedad. Podría decirse que a nadie le importará si le regalan unas bellas y lozanas flores transgénicas; pero si alguien sabe, durante una cena, que consume una sopa de maíz transgénico, muchos, probablemente renunciarán a la cuchara y preferirán beberse sólo la copa de champán.

### *Bioética y Biotecnología.*

El hecho de que la biotecnología involucre el uso, aprovechamiento y comercio de productos biológicos y seres vivos para diversas aplicaciones, pone en el ojo del huracán las implicaciones éticas relacionadas con este saber científico.

El vertiginoso crecimiento científico en este campo parece rebasar la capacidad social para aceptar estos adelantos como algo propio, necesario e inherente a la actual civilización humana; tanto así que para algunos, los adelantos biotecnológicos crean aún más necesidades, en contradicción con las expectativas iniciales que ofrecían solucionarlas.

Un aspecto crítico es la aparición de científicos-empresarios que parecen jugar con las necesidades de la gente (¡bueno!, al fin y al cabo

todo sector lo hace) y lejos de que en estas compañías prevalezca un compromiso de servicio social (principio científico columna), prima el beneficio económico y la competencia mercantilista propia de los modelos económicos. Es obvio que detrás de las ini-

ciativas científicas siempre existe una posibilidad de negocio; no obstante, el punto álgido es la prevalencia de este último sobre los principios de servicio de la ciencia.

No dejo de pensar, que la biotecnología corre rápidamente a convertirse en una ciencia de élite para adinerados clientes, mientras que otros trabajos biotecnológicos menos ambiciosos, serán pequeños logros sin impactos relevantes: quien logre fabricar un reactor de depuración de aguas residuales dos o tres veces más eficiente que los actuales o quien presente una biotecnología para la potabilización de las aguas, más económica que otra actual, jamás recibirá una ovación Nobel en Estocolmo, ni un Premio Príncipe de Asturias.

Quizás, una prueba de esta tendencia ambiciosa del negocio biotecnológico, es la intro-

ducción de cultivos transgénicos en el África, sabiendo que las condiciones de agricultura en este continente son, desde todo punto de vista, inapropiadas. El deseo de introducir allí estos OMG's como respuesta a su desabastecimiento alimentario, se asemeja a la promesa de la "Revolución Verde" inútilmente orquestada por los gobiernos y que sólo trajo beneficio a las grandes empresas vendedoras de productos agrícolas.

Las semillas "terminator" de las que se habló anteriormente, parecen ser, para muchos, una herramienta de sujeción y de dependencia de los agricultores con las grandes multinacionales que, además, atenta contra los pequeños trabajadores del campo en la medida en que deben comprar una y otra vez, hasta su quiebra, las semillas para sembrar sus tierras ¿Es esta una salida efectiva a la crisis de hambre en el África?

De hecho, la crisis alimentaria en el continente africano se viene agudizando desde la famosa revolución verde; y es que, al parecer, en muchas zonas, el problema no es la falta de alimentos sino la escases de recursos para comprarlos, la distribución desigual de riqueza, la corrupción política y la improvisación administrativa ¿Pueden acaso estas respuestas biotecnológicas solucionar estos inconvenientes? Si no es así ¿Con qué propósito y justificación venden las multinacionales alimentos transgénicos al África?

¿Es la biotecnología una antagonista de la biodiversidad al manipular la capacidad de la naturaleza para responder a unas demandas condicionadas? En cualquier caso, la biotecnología no ha respondido cabalmente con su promesa "bandera" de combatir el hambre en el mundo y, por el contrario, parece ahondar una diferencia entre los países industrializados y los menos desarrollados. Los países "ricos" (económicamente) salvaguardan con recelo el

conocimiento biotecnológico y poco o nada es lo que transfieren a los demás países.

Los territorios suramericanos denuncian una amenaza que ya ha empezado a manifestarse: la patente de organismos vivos; ¿Es correcto que plantas medicinales empleadas de forma milenaria por tribus indígenas del amazonas ahora sean propiedad y patente de una multinacional, despojando a estas etnias de su conocimiento ancestral? ¿Es correcto que nuestros países "pobres" entreguen a los "ricos" lo poco que en realidad nos hace ricos?

### *Biotecnología de la salud.*

Las aplicaciones de la biotecnología sobre la salud son diversas. En la actualidad pueden destacarse varios campos de acción:

- **Producción de sustancias terapéuticas:** fue la primera aplicación de la biotecnología a las ciencias médicas. Consiste en la obtención de "medicinas" a través de los microorganismos como es el caso de la penicilina o la insulina. La insulina actual es una molécula biológica desarrollada en laboratorio a través de la ingeniería genética.
- **Vacunas:** los métodos tradicionales de fabricación de vacunas han ido cambiando. En la actualidad, se cultivan virus en células vivas que se mantienen en laboratorio.
- **Terapia génica:** aunque aún se encuentra en fase de investigación, el principio de la terapia génica es el de introducir un gen normal en una persona enferma, en el caso en que la enfermedad padecida obedezca a un solo gen.
- **Prevención de enfermedades hereditarias:** en la actualidad se realiza una

prevención primaria, previa a la concepción, y una secundaria mediante la detección de enfermedades del embrión o feto durante la etapa de gestación.

Por ahora, la terapia génica es aún una promesa con grandes expectativas y quizás se tome algún largo tiempo en desarrollarla satisfactoriamente debido a la riqueza y variabilidad de muchas de las interacciones genéticas (Interactoma); no así la prevención de enfermedades hereditarias que es una realidad casi palpable, detenida aún por el recelo de las comisiones de bioética del mundo y en razón a las fuertes implicaciones que supone la manipulación de embriones.

Otro caso quizá más delicado desde el punto de vista ético, es el de la fertilización in vitro; cuando se presentan parejas que pueden transmitir graves enfermedades a sus hijos y quieren asegurarse que no las padezcan, se hacen varias fertilizaciones in vitro y se ‘desechan’ los embriones “defectuosos”.

En términos generales, las aplicaciones médicas de la biotecnología tienen un enorme potencial de dar respuesta a las necesidades mundiales de salud, de prevención de enfermedades y de cura a muchas amenazas crecientes como el cáncer y el VIH.

Creo que es tiempo de definir con claridad los límites del avance biotecnológico y de establecer prioridades en su desarrollo. La bioética y la bioseguridad vienen avanzando estrecha y rápidamente de la mano de la biotecnología. Los adelantos en la manipulación genética y las enormes posibilidades que se abren día a día con cada nuevo aporte, se constituyen en un reto inesperado para la bioética, que tiene que irse ajustando y adaptando a cada nuevo descubrimiento. La bioética ha trascendido más allá de los ámbitos de la medicina y ahora, gracias a la biotecnología, es una herramienta de juicio inherente a la vida en todas sus formas y expresiones.

## Acciones para conocer el estado real de las aguas subterráneas

*Jhon Barros*  
*Secretaría Distrital de Ambiente*

El principal uso que se le da al recurso hídrico subterráneo en Bogotá es el industrial, representado en un 31 por ciento del volumen total. Actualmente la Secretaría Distrital de Ambiente SDA tiene concesionados más de 7 millones de metros cúbicos por año. Todos estos datos provienen de varias acciones que adelanta esta entidad para garantizar una adecuada gestión del recurso.

En esta administración, profesionales de la Secretaría Distrital de Ambiente han desarrollado ocho acciones para garantizar el adecuado manejo, control y operación del recurso hídrico subterráneo o aguas subterráneas, las cuales son una fuente de abastecimiento de agua potable originarias de procesos de infiltración de aguas lluvias, deshielo y corrientes superficiales.

Un inventario de puntos de agua, el Sistema de Información Ambiental SIA, la implementación de medidores, adopción de formularios, el Programa de Uso Eficiente de Agua, la presentación de informes anuales, monitoreo y control, y auditorías para la generación de información, conforman este grupo de acciones.

De esta manera la entidad ha podido llegar a datos actuales sobre el estado del recurso, como que las localidades con mayor presencia de captaciones de agua subterránea son Suba (24%), Fontibón (15%) y Usaquén (14%).

Asimismo, la SDA ha establecido que en Bogotá el principal uso que se le da a las aguas subterráneas es el industrial, representado en un 31 por ciento del volumen total concesio-





nado, el cual en la actualidad es de 7.350.587 metros cúbicos por año; el mayor registro histórico en volumen concesionado fue en el 2002, con 11.866.659 metros cúbicos por año.

Para poder llegar a estos datos, la Secretaría de Ambiente aplica al pie de la letra varias actividades o líneas de acción, empezando con un inventario de puntos de agua, el cual contiene cada uno de los puntos existentes en la ciudad, lo que ha facilitado la codificación de cada uno de los pozos de donde se capta el recurso.

Bogotá cuenta con 454 pozos, de los cuales 123 están ubicados en la localidad de Suba. Le siguen Usaquén con 66 y Fontibón con 54. Este inventario se alimenta constantemente de las denuncias de los usuarios y del personal de la entidad.

En tanto, el Sistema de Información Ambiental (SIA), que contiene toda la información técnica, permite generar los registros históricos, en cuanto a parámetros fisicoquímicos, mediciones, volumen, entre otros, convirtiéndose en una herramienta rápida y eficaz para la generación de soportes técnicos.

El SIA ha permitido, por ejemplo, calcular el volumen concesionado por año; entre 2000 y 2008, el volumen concesionado más alto fue en 2002, con casi 12 millones de metros cúbicos, mientras que el más bajo es el presente, con alrededor de 7 millones y medio.

Otra de las acciones es la implementación de medidores en todos los pozos que cuentan con concesión vigente, y que se encuentran activos. Este medidor permite realizar una correcta estimación del volumen extraído, información útil para la facturación de la tasa por uso que presentan los usuarios de manera trimestral discriminada por consumo mensual.

La SDA realiza el seguimiento continuo a estos medidores, con el fin de verificar el correcto funcionamiento y exigir la adecuación de un sistema de aforo volumétrico que determina el caudal en cada pozo.

Por cada perforación que se realice para extraer este recurso hídrico subterráneo, se debe adoptar el formulario único del Banco Nacional de Datos Hidrogeológicos (BNHD), el cual le permite a la SDA determinar características propias de perforación como el diseño y construcción del pozo, limpieza y desarrollo, niveles y caudales, entre otros.

Cada uno de los pozos que soliciten una nueva concesión o prórroga, deben contar con el Programa de Uso Eficiente del Agua (PAUEA), el cual contiene exigencias como el consumo actual, anual, mensual y por proceso del agua, porcentaje en litros de pérdidas, metas anuales de reducción, entre otras.

Según Octavio Augusto Reyes, jefe de la oficina de Control de Calidad y Uso del Agua de la SDA, este documento justifica y sustenta la solicitud del volumen de los usuarios que elevan solicitudes de concesión o prórroga.

“La entidad también cuenta con una serie de exigencias, como lo es la presentación anual de niveles hidrodinámicos y análisis fisicoquímicos. 14 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos nos permiten caracterizar el agua subterránea de la Sabana de Bogotá, y al mismo tiempo verificar la calidad del recurso hídrico subterráneo”, asegura Reyes.

### *Acuíferos*

Los niveles hidrodinámicos permiten analizar el comportamiento en la profundidad de los pozos a través del tiempo, lo cual indica la



afectación que una explotación aporta al acuífero. “En Bogotá, el 87 por ciento de las perforaciones registradas en el inventario de la SDA capta el acuífero cuaternario”.

Un acuífero es una capa permeable de roca capaz de almacenar, filtrar y liberar agua. El estrato, o la capa de la roca, tienen varios poros, los cuales forman una red que permite el flujo de agua a través de la roca.

En la capital existen pozos que explotan el recurso hídrico de la combinación de los acuíferos Cretácico y Cuaternario, pero el mayor volumen otorgado proviene del Cuaternario. Entre 2007 y 2008 el volumen concesionado al acuífero cuaternario fue superior a los

7 millones de metros cúbicos, mientras que el Cretácico captó menos de 300 mil.

Finalmente, la entidad realiza auditorías a cada uno de los usuarios, con el fin de tener fiabilidad en los datos y registros para la toma de decisiones. Estas auditorías se realizan en todo el proceso de preformación, en las pruebas de bombeo y en los contramuestras fisicoquímicos y microbiológicos.

En cuanto a las nuevas concesiones no se otorgarán para pozos que tengan filtros que capten a la misma profundidad de los pozos existentes en un radio de 500 metros; no se autorizará la instalación de filtros por encima de los 100 metros; y se priorizará el otorgamiento de concesiones a los usuarios que se localicen por fuera del área de cobertura de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Igualmente, la entidad encamina esfuerzos para trabajar conjuntamente con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, Ingeominas y la Asociación Colombiana de Hidrogeología, ya que todas estas entidades son concientes de que los acuíferos no tienen delimitación política.

