

Investigación biotecnológica, elemento clave para el mejoramiento de la salud pública en países en desarrollo

(Biotechnology research, a key element for improve the public health in emerging countries)

Roberto Zenteno Cuevas * Claudia Patricia Laguna Martínez** Evangelina MontesVillaseñor ***

Resumen

Al inicio del siglo XXI hemos desarrollado un profundo nivel de comprensión de los factores desencadenantes de las enfermedades, gracias a este conocimiento hemos impactado profundamente en el bienestar y en la salud de la población; sin embargo, al mismo tiempo hemos desarrollado como nunca antes en la historia de la humanidad los niveles más altos de inequidad en bienestar y salud. Millones de personas mueren cada año en países en vías de desarrollo por la ausencia de vacunas o medicamentos fácilmente disponibles en países desarrollados.

Ante estas desigualdades la Organización de las Naciones Unidas (ONU) conformó el Proyecto Milenio, su objetivo, hacer que los países integrantes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) desarrollen acciones que disminuyan la pobreza e inequidades sociales y de salud. En el aspecto de salud, se ha establecido como fundamental el desarrollo de medidas de salud pública efectivas y la generación y aplicación de conocimiento científico y tecnológico de frontera. En este sentido, mediante un consenso con expertos en biotecnologías y salud global, se establecieron las diez biotecnologías que podrían impactar de manera fundamental en el mejoramiento de la salud de los países en desarrollo. Pero, ¿cuáles son las características, alcances y limitaciones de estas biotecnologías?, ¿qué les ha valido ser incorporadas como elementos a desarrollar dentro del Proyecto Milenio? brevemente pretendemos describir cuál es el estado actual y futuro para el desarrollo de estas biotecnologías en México y Veracruz;

finalmente planteamos algunas ideas sobre cuál sería el impacto de estas biotecnologías en las nuevas funciones esenciales de la salud pública.

Summary

At the beginning of the XXI century we have build a deep knowledge of the main factors responsible for many diseases, increasing the social welfare and population health; at the same time, we have developed like never before in the human history the highest levels of iniquities. Millions of people die in undeveloped countries due to the absent of vaccines or medicine easily available in developed countries.

In face of these inequities, the United Nations Organization, build the Millennium project, with the main goal of diminishing poverty, social and health iniquities. In the health area is fundamental to expound effective public health measures and the use of the "state of the art" in sciences and technology. In this sense, experts in biotechnologies and health, achieve the consensus for the definition of the 10 main biotechnologies with major impact in the public health for undeveloped countries; but which are their characteristics, ranges and limitations, in order to be incorporated like elements to develop in the Millennium project? which is its situation in México and Veracruz and which will be its influence in the new essential functions of the public health? that are some of the questions that the present work will try to respond.

* Investigador tiempo completo. Coordinador del Área disciplinar de Epidemiología. Instituto de Salud Pública. Universidad Veracruzana. rzenteno@uv.mx

** Medico, alumna de la Maestría en Salud Pública. Universidad Veracruzana, México. cllaguna@uv.mx

***Medico, alumna de la Maestría en Salud Pública. Universidad Veracruzana, México. evmontes@uv.mx

Biotechnology research, a key element for improve the public health in emerging countries.

Palabras clave: Biotecnología, salud pública, funciones esenciales, Proyecto Milenio.

Key words: Biotechnology, public health, key functions, Millennium project.

Proyecto Milenio, desarrollo, tareas y metas

En el reporte 2001 del programa de desarrollo de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD): "Haciendo que las nuevas tecnológicas trabajen para el desarrollo humano", se identifica al progreso tecnológico, como el principal factor que incidió en la reducción de los niveles de morbilidad y mortalidad e incremento de la expectativa y calidad de vida. Sin embargo, en sentido práctico y real los avances generados hasta ahora, no han hecho más que profundizar las diferencias e inequidades de los sistemas de salud, debido a que, los beneficios de la medicina moderna no han alcanzado a los millones de personas que habitan en los países en desarrollo. Para complicar las cosas, las naciones pobres se mueven con un proceso de lento desarrollo y hacen frente a una carga doble de enfermedades.

Al problema omnipresente de enfermedades infecciosas se agrega la carga de las enfermedades no transmisibles, las cuales ahora explican el 60 por ciento de todas sus muertes, y las tendencias sugieren que este número alcanzará el 73 por ciento antes del 2020.

En el reporte PNUD se establece como fundamental, la implantación de una organización y orientación articulada del conocimiento científico, de manera que éste pueda ser empleado para abordar, dirigir y resolver temas mundiales críticos tales como la pobreza, la desnutrición, el combate a las enfermedades y más recientemente los efectos de la globalización y transformación económica.

Esta capacidad de organización y orientación de la ciencia y la tecnología será fundamental

si se desean lograr, en el 2017, las metas del Proyecto Milenio, las cuales fueron adoptadas por todos los miembros de la ONU en el año 2000, como un compromiso para promover el desarrollo sustentable, disminuir las desigualdades y eliminar la pobreza en el mundo¹.

Dentro de los objetivos del Proyecto Milenio ² (Cuadro 1) se puede apreciar, que el número 12 implica el desarrollo en ciencia y tecnología y su fundamentación considera que las metas del Proyecto Milenio relacionadas con la salud y medio ambiente (1,4,5,6,7,8 y 9) simple y sencillamente no pueden ser realizables sin la contribución de la ciencia y la tecnología³.

Cuadro 1
Objetivos del Proyecto Milenio*

- 1) Erradicación de la pobreza extrema y el hambre.
- 2) Lograr la enseñanza primaria universal.
- 3) Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer.
- 4) Reducir la mortalidad infantil.
- 5) Mejorar la salud materna.
- 6) Combatir el VIH/SIDA, el paludismo, la TB y otras enfermedades.
- 7) Acceso universal a medicamentos esenciales.
- 8) Garantizar la sustentabilidad del medio ambiente.
- 9) Manejo de agua y su sanitización.
- 10) Morar niveles de vida en residentes de barrios marginados.
- 11) Fomentar una asociación mundial para el comercio y el desarrollo.
- 12) Innovación en ciencia y tecnología.

*Tomado UN, millennium project 2006.¹

Desarrollo de la biotecnología y su impacto en la salud

Es en este punto donde la biotecnología puede tener un enorme potencial para aportar conocimiento dirigido a resolver problemas de salud y ser un motor de cambio importante.

En el año 2001, los investigadores de la Universidad de Toronto, Canadá; Doctores A.S. Daar y P. A. Singer, mediante un proceso conocido como Delphi, llevaron a un panel de 28 científicos expertos en biotecnología y salud global, a establecer un consenso sobre la identificación y categorización de las biotecnologías que mayor impacto y trascendencia tendrían para la salud de

los países en desarrollo; se obtuvieron de inicio 51 biotecnologías las cuales mediante un proceso de debate y análisis se redujeron a sólo diez (Cuadro 2)⁴. Es de tal magnitud el impacto y trascendencia de estas biotecnologías que la ONU las ha considerado como elementos importantes a desarrollar dentro del Proyecto Milenio³. Pero ¿cuáles son las características de estas biotecnologías? ¿de qué manera se espera impacten en la salud? A continuación describimos:

Cuadro 2
Las 10 biotecnologías que impactarán en la salud en países en desarrollo*

- 1) Diagnóstico molecular.
- 2) Vacunas recombinantes.
- 3) Administración de vacunas y drogas.
- 4) Biorremediación.
- 5) Secuenciación de genomas de agentes patógenos.
- 6) Protección femenina contra infecciones de transmisión sexual (ITS).
- 7) Bioinformática.
- 8) Alimentos enriquecidos, genéticamente modificados.
- 9) Proteínas terapéuticas recombinantes.
- 10) Química combinatoria, (QC).

*Tomado de Daar AS.⁴

1) Desarrollo de nuevos procedimientos de Diagnóstico Molecular

El rápido y preciso diagnóstico de las enfermedades no sólo incrementa la oportunidad de supervivencia, sino que también evita la pérdida de recursos, la aplicación de tratamientos inapropiados y ayuda a prevenir la expansión de las enfermedades infectocontagiosas. Muchas herramientas diagnósticas convencionales tienden a ser laboriosas, llevan mucho tiempo, son caras y algunas veces inexactas.

En contraste, los diagnósticos moleculares modernos contienen los avances científicos y tecnológicos más recientes en biología molecular y permiten identificar la presencia o ausencia de moléculas asociadas a los patógenos (ácidos nucleicos o proteínas) en la sangre o tejidos de los pacientes.

El diagnóstico molecular es simple, rápido, relativamente barato y tiene una alta

especificidad y sensibilidad. En términos generales los procedimientos se dividen en dos grandes bloques, aquellos que implican el análisis de ácidos desoxirribonucleicos o ribonucleicos (ADN o ARN), mediante la amplificación de este material por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)⁵; y los inmunológicos, aquellos que emplean anticuerpos o antígenos generados por el paciente cuando está en contacto con el agente patógeno, o derivan de un proceso canceroso y son detectados por ELISA o algún otro inmunoensayo.

Recientemente se está incorporando una nueva área, que sin duda revolucionará la industria farmacéutica y los procedimientos diagnósticos, ésta tiene que ver con la nanotecnología, mediante la cual será posible detectar moléculas de ADN o ARN sin la necesidad de un proceso de amplificación⁶. Sin duda el diagnóstico molecular será la herramienta que marcará la diferencia en el abordaje y tratamiento de varios padecimientos infecciosos y degenerativos en un futuro cercano.

2) Desarrollo y generación de vacunas recombinantes

Las vacunas sin duda, son el avance médico más importante de los últimos 100 años.

La vacunación ha tenido como resultado la erradicación de la viruela, la inminente erradicación de la polio y la dramática reducción de muchas otras enfermedades infecciosas, además de ser una nueva arma contra el cáncer.

Los avances en la investigación para el desarrollo de nuevas vacunas son varios y numerosos; van desde la eliminación de genes relacionados con patogenicidad, toxicidad y virulencia, generando organismos prácticamente inocuos que mantienen el resto de sus características y pueden generar una respuesta inmune eficiente; hasta la inclusión de los genes que codifican para antígenos importantes del agente infeccioso o célula cancerosa, en un organismo no patógeno (bacterias, hongos, animales e inclusive vegetales) sobreexpresarlo y

obtener así grandes cantidades del producto proteico. Todos estos procedimientos presentan de manera adicional una disminución considerable de los costos de producción, lo que impactará positivamente en el abaratamiento de la vacuna y sus características de almacenamiento⁷.

3) Nuevos procesos de administración y manejo de vacunas y drogas

El proceso de atenuación y preservación de la vacuna desde su producción hasta su administración, el mantenimiento de la cadena fría, y los mecanismos físicos de administración del medicamento "inyecciones", son los principales elementos que incrementan los costos de muchas campañas de vacunación masiva. En este sentido, se han venido desarrollando varias tecnologías que tienen como fundamento eliminar todos estos inconvenientes, se encuentran en desarrollo vacunas orales o inhaladas, parches de liberación prolongada, geles, mecanismos de conservación de vacunas en azúcares inertes que sustituirán a la cadena fría, pistolas de alta presión en las cuales se impulsa la vacuna a través de la piel y penetra al cuerpo a una alta velocidad⁸.

Una ventaja adicional de estas tecnologías es que también pueden ser aplicadas a la administración de drogas, sobre todo en los casos en los que se requieren tratamientos o regímenes largos y complicados que hacen difícil que el paciente cumpla con ellos, lo cual en muchos casos reduce la adherencia y en consecuencia el éxito del mismo, un claro ejemplo de esta problemática lo constituye la tuberculosis.

4) Procesos de Biorremediación

La biorremediación se define como la capacidad de plantas o microorganismos para "limpiar" su ambiente mediante procesos bioquímicos naturales. La biorremediación tendrá una trascendencia directa en el desarrollo de cualquier actividad relacionada con el entorno, incluyendo agua, suelo y aire⁹.

Por ejemplo, el uso de la biorremediación para limpiar la contaminación del suelo

o agua puede fomentar la producción de comida, y puede prevenir la propagación de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua¹⁰.

Dos tipos principales de contaminación amenazan la salud y existencia de la población humana: la basura orgánica y los metales pesados tales como el plomo, el mercurio y el cadmio, las bacterias pueden desintoxicar ambos. Las plantas pueden descomponer en otras formas la basura orgánica y almacenar los metales dañinos en sus tejidos, y hacer más sencilla la recolección, cosecha y reciclaje de la basura metálica. La tecnología de biorremediación puede también ser usada para reducir la contaminación ambiental asociada con industrias pesadas, incluyendo los derrames de petróleo, drenaje de minas y basura radioactiva.

5) Secuenciación de genomas de agentes patógenos

La secuenciación de genomas de patógenos, junto con la bioinformática, acelerarán de una manera nunca antes vista el proceso para descubrir drogas y serán una herramienta importante para el combate en contra de enfermedades infecciosas¹¹. Por ejemplo, en la tuberculosis existe una forma infecciosa, *Mycobacterium tuberculosis*, y otra no infecciosa, *Mycobacterium smegmatis*, para la primera especie se conoce su genoma completo y del segundo se tiene un avance considerable, se espera que al concluir, la comparación de ambos genomas, permitirá identificar y caracterizar los genes que tienen un papel importante en la patogénesis y virulencia; de inmediato se vislumbra la oportunidad para desarrollar con los productos de estos genes nuevas drogas o vacunas. Finalmente, el análisis de los genomas de patógenos podría revelar también los mecanismos de drogaresistencia y encaminar investigaciones para el desarrollo de tratamientos que provengan de los productos de estos genes¹².

6) Nuevos mecanismos de protección femenina contra infecciones de transmisión sexual (ITS)

Desde hace diez años las ITS se consideran

como la segunda causa de enfermedad entre mujeres de 15 a 44 años. Por una variedad de razones que van desde las socioeconómicas, culturales, hasta las biológicas, las mujeres son más vulnerables a las ITS que los hombres¹³.

Esta situación se encuentra agravada por una resolución no pronta de la afección, debido a la obstaculización en la búsqueda de atención y cuidado médico, causados por un marcado estigma social, la carencia de recursos, tiempo y dinero. Es un hecho claro que la mejora en la salud de las mujeres y más aún si son madres tiene un impacto positivo en sus hijos, su hogar, su comunidad y directamente en el desarrollo de su país; es por eso que se han venido desarrollando diversas iniciativas para prevenir el contagio de una ITS, de ahí el origen de las campañas publicitarias para fomentar el empleo del condón masculino y más recientemente el femenino, cuyo impacto se ha visto limitado por la desaprobación de la pareja sexual, regularmente el hombre. Quizá el método ideal de protección femenina contra las ITS será la vacunación, ya que no tiene ningún impacto en el encuentro sexual y no exige un efecto anticonceptivo, semejante por ejemplo, al condón.

Se están desarrollando vacunas contra enfermedades de transmisión sexual tales como: VIH¹⁴, hepatitis A, B y C, virus de papiloma humano, herpes y chlamydia que se encuentran en fases avanzadas de evaluación clínica¹⁵.

7) Bioinformática

La Bioinformática es el uso del hardware y del software para almacenar, recuperar, manejar y analizar grandes cantidades de información biológica. El desarrollo de una gran cantidad de biotecnologías tales como: 1) la genómica, 2) la proteómica, 3) los microarreglos de ADN, 4) la química combinatoria, 5) la electroforesis bidimensional, 6) la espectrometría de masas, 7) el modelado y simulación farmacológica y 8) el diseño "in silico" de drogas o biomoléculas, requieren de una gran cantidad de procesamiento, almacenamiento y velocidad de análisis

de información, que únicamente es posible realizar mediante el empleo de computadoras¹⁶. Sin la bioinformática el manejo de la información generada por los proyectos genómicos, por ejemplo, tomaría varios años, sería extremadamente laboriosa y con errores, recordemos que la modificación de una sola base en un gen puede tener repercusiones biológicas importantes.

Uno de los usos predominantes de la bioinformática en las enfermedades infectocontagiosas es el rápido descubrimiento de blancos para drogas, mediante la comparación de genomas, como se mencionó previamente, o por el diseño molecular o la identificación por electroforesis bidimensional o por espectrometría de masas de proteínas expresadas únicamente por patógenos altamente virulentos o drogoresistentes, los cuales se ubican de manera inmediata como blancos de futuros procedimientos diagnósticos o blancos terapéuticos. Una de las características que ha distinguido a la bioinformática desde sus inicios, ha sido su acceso rápido y sin restricciones; gracias a la Internet es fácil ingresar a portales que concentran y compilan infinidad de herramientas bioinformáticas¹⁷, todas ellas son por lo general libres de algún pago, también conocidas como de "uso académico".

8) Alimentos enriquecidos, genéticamente modificados

La mitad de todas las muertes infantiles en países en desarrollo están asociadas a una carencia de vitaminas y de alimentos esenciales¹⁸. La desnutrición también causa deterioro en el desarrollo cognoscitivo y físico, y se asocia a múltiples enfermedades. Por ejemplo, la anemia causada por la deficiencia del hierro es la responsable de un gran número de casos de muerte materna. Cada año más de 300.000 niños en el mundo presentan deficiencia de la vitamina A y dos tercios de estos niños mueren. Una manera eficaz de combatir esta deficiencia es el aumentar el contenido de la vitamina A en sus alimentos.

Esta fue la razón que motivó la creación de un arroz genéticamente modificado "transgénico" que contiene grandes cantidades de β -caroteno, precursor de la vitamina A y que se denominó "arroz de oro"¹⁹.

Otro ejemplo de alimento transgénico, es una papa que contiene el gene de la albúmina *amA1* (derivado del amaranto), lo que la convierte en un alimento altamente enriquecido, ya que posee altos contenidos de todos los amino ácidos esenciales²⁰.

Estos son sólo un par de ejemplos de cómo una de las biotecnologías más controvertidas podrían aportar una invaluable ayuda para disminuir afectaciones a la salud, derivadas de grados severos de desnutrición producto de condiciones de desarrollo no equitativas.

9) Generación y producción de proteínas terapéuticas recombinantes

Gracias a la tecnología de ADN recombinante es posible insertar uno o varios genes de una proteína terapéutica en un organismo inocuo, tales como las levaduras, las cuales se reproducen rápida y fácilmente y tienen una ventaja sobre las bacterias, son capaces de realizar modificaciones post-traduccionales de la proteína (glicosilación, fosforilación, etc), de manera que se asemejan lo más posible a una proteína nativa. Los animales transgénicos, son la fuente principal para la producción de proteínas recombinantes. Éstos son animales que recibieron en su condición de óvulo fecundado o huevo, el gene de una proteína a expresar, de manera que al desarrollarse, el gen se encuentra presente en la mayoría o en un grupo específico de células que la secretan en un fluido corporal fácilmente recolectado, tal como leche u orina, disminuyendo los gastos de producción y abaratando costos.

Algunas proteínas terapéuticas recombinantes que serían de real significancia para el manejo de varias enfermedades en los países en vías de desarrollo serían la eritropoietina para el tratamiento de la anemia, el interferón- α para el tratamiento de infecciones virales y/o leucemia, y la insulina para el tratamiento de

la diabetes²¹.

10) Desarrollo de química combinatoria "QC"

La QC ha revolucionado la industria farmacéutica en los últimos dos décadas, actualmente una gran cantidad de enfermedades con un profundo impacto para la salud pública carecen de una vacuna o una droga que permita establecer tratamientos efectivos y factibles, los casos más notables los podemos observar en la malaria, el dengue, la tuberculosis y el VIH/SIDA.

La idea básica de la QC es sintetizar una cantidad muy grande de moléculas y al mismo tiempo evaluar su bioactividad, mediante afinidad con su receptor, e identificar y caracterizar únicamente las moléculas más prometedoras. Para la construcción de estas moléculas se emplean Bibliotecas Químicas, o Bancos de Moléculas las cuales se enlazan secuencialmente a un núcleo básico, obteniendo una gran variedad de moléculas similares que conforman familias²².

Las técnicas de combinación química pueden ser usadas para proveer nuevos, o reforzar los medicamentos ya existentes para enfermedades infecciosas o crónicas degenerativas. Por ejemplo, mediante QC se produjo una familia de quince mil compuestos, el análisis de cada uno de estos permitió la identificación de dos nuevas drogas contra *Leishmania*²³. Pero no solamente es posible desarrollar fármacos contra enfermedades infecciosas, a partir de un fármaco contra afecciones cardíacas se ha derivado una familia de 250 elementos que se encuentran en evaluación clínica.

Como se puede apreciar las repercusiones de esta biotecnología será de gran trascendencia en el abordaje de enfermedades y de profundo impacto para la salud pública.

Limitaciones para el desarrollo de las biotecnológicas en salud en países en desarrollo

Los reportes preliminares del Proyecto Milenio han identificado cuatro áreas

prioritarias que requieren de acciones importantes para impulsar la investigación biotecnológica en países en desarrollo, y lograr así un verdadero impacto en la salud pública: 1) Apoyo económico para desarrollar biotecnología innovadora; 2) Apoyo para desarrollar infraestructura científica y biotecnológica; 3) Apoyo para la formación de recursos humanos de alto nivel en ciencias y biotecnologías; 4) Estimular el desarrollo de iniciativas conjuntas con capitales privados y públicos, a través de la creación y expansión de negocios, incluyendo el uso efectivo del capital intelectual, humano, financiero y social.

Desafío para el desarrollo de las biotecnologías en salud en México

Ubicando las acciones anteriormente descritas podríamos mencionar que en México nos encontramos ante un gran desafío, de acuerdo al informe 2005 del CONACYT²⁴, se puede apreciar que para el 2004 la asignación de recursos de CONACYT conjuntamente con algunas secretarías y gobiernos estatales fue de 29 mil millones de pesos, lo que equivale el 0.38 por ciento del PIB, muy lejos del universalmente recomendado uno a dos por ciento, además este monto se distribuye de la siguiente manera: formación de recursos humanos 30 por ciento, apoyo a miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) 20 por ciento y apoyo al desarrollo de la investigación en todas las áreas del conocimiento 50 por ciento, lo que disminuye considerablemente los recursos para el desarrollo específico de investigación en biotecnología y salud.

Por otro lado, adolecemos de una infraestructura adecuada para el desarrollo de estas biotecnologías, son escasas las universidades que cuentan con el personal, equipo e instalaciones para desarrollar y llevar hasta la sociedad muchos de los avances científicos aquí descritos.

La formación de recursos humanos es también un tema delicado, de la población con estudios superiores registrados en el 2004, sólo 24 mil cuentan con doctorado, 282

mil con especialidad o maestría y 2,8 millones con licenciatura; en el año 2005, se generaron 38 mil nuevos maestros y tan solo 2,500 nuevos doctorados, con un marcado acento en las áreas de las ciencias sociales (50 por ciento); estos datos contrastan fuertemente con los 50 mil doctores que se forman en Estados Unidos, tan solo para el área de ciencia y tecnología. En México se encuentran registrados 400 programas de doctorado en las áreas biológicas, médico, agropecuarias, física y tecnología, el 95 por ciento son de universidades públicas y sólo el 49 por ciento (196) tiene registro ante CONACYT²⁴, es decir son de excelencia y de probada calidad. Por otro lado, los apoyos económicos en forma de becas que ofrece CONACYT o alguna otra entidad gubernamental, para desarrollar recursos humanos en países desarrollados son cada vez más escasos y competidos, y el problema se agrava por el hecho de que al concluir su preparación, muchos de los nuevos investigadores son contratados por compañías farmacéuticas o universidades extranjeras y no regrese a México a aplicar lo aprendido.

Finalmente, es importante mencionar que continua siendo escasa la vinculación entre las universidades o centros de investigación con las instituciones públicas y privadas encargadas de proporcionar y promover la salud de la población, y empresas farmacéuticas²⁴.

La consecuencia de todo lo anterior se pueden apreciar con unos cuantos ejemplos: El desarrollo de nuevas patentes en general y más aún para el área de salud en México es de los más bajos en Latinoamérica, tan sólo en el 2004 se aprobaron 162 patentes, ninguna para el área de salud²⁴, el 70 por ciento de las vacunas que se administran dentro del Programa Nacional de Vacunación son de importación²⁵, el 100 por ciento de los medicamentos de tercera generación específicos contra cepas multidrogorresistentes de tuberculosis son de importación, al igual que el 70-80 por ciento de los medicamentos empleados en quimioterapias contra diversos tipos de cáncer, y finalmente un alto porcentaje de la insulina empleada en el tratamiento de

pacientes diabéticos insulino-dependientes es importada.

El desarrollo de las biotecnologías en salud en el estado de Veracruz

En términos generales la inexistencia en Veracruz de un padrón o un registro de actividades de investigación, así como de investigadores y sus líneas de trabajo no permite elaborar un análisis sobre el desarrollo de estas biotecnologías en salud; esta es una de las carencias que pretende abordar y resolver el recién conformado Consejo Veracruzana de Ciencia y Tecnología (COVECyT).

Pero al interior de la Universidad Veracruzana, sería bueno preguntarnos hasta qué punto se cuenta con la infraestructura física y la planta académica para el desarrollo de estas biotecnologías, con el énfasis particular en salud, ¿estamos formando recursos humanos a nivel de pre y posgrado capaces de desarrollar y administrar estas biotecnologías? ¿estamos egresando profesionistas capaces de conformar equipos de trabajo multidisciplinario que desarrollen proyectos de biorremediación? ¿estamos formando biólogos, químicos o doctores en ciencias capaces de identificar, caracterizar, diseñar y/o sintetizar nuevas moléculas con valor terapéutico, farmacológico o diagnóstico? Nuestros egresados ¿tienen la habilidad o la capacidad para construir productos de clonación y generar proteínas o vacunas recombinantes?, ¿pueden desarrollar procedimientos innovadores de diagnóstico molecular?, ¿estamos formando médicos o investigadores médicos, biomédicos o epidemiólogos con la capacidad de desarrollar ensayos clínicos que evalúen la efectividad de una droga, una vacuna o una proteína terapéutica recombinante?, ¿estamos preparando profesionistas con pre o posgrados en administración, economía o finanzas que construyan o desarrollen en conjunto con un equipo multidisciplinario empresas biotecnológicas que comercialicen los productos o paquetes de producción biotecnológica en salud?

La respuesta afirmativa a estas preguntas nos permitirá cerrar círculos virtuosos que generarían por una parte biotecnologías que beneficiarían de manera inmediata a la población, aplicando una distribución real del conocimiento, una de las máximas premisas de la función sustantiva de nuestra universidad.

Por otro lado, derivado de la comercialización en mercados nacionales o internacionales de los productos biotecnológicos o de licenciamiento de las patentes, se generarían y captarían capitales que fluirían dentro de la sociedad veracruzana, beneficiando directa e indirectamente la misma universidad.

Las respuestas a estas y otras preguntas nos permitirán iniciar un análisis real de la situación que guardan este tipo de investigaciones; la respuesta negativa a varias de ellas nos obligan, como integrantes de la comunidad universitaria, a impulsar el desarrollo y la creación de la infraestructura con el equipamiento básico necesario, habría que redoblar esfuerzos a fin de desarrollar proyectos de investigación en biotecnologías en salud y de programas de posgrado de excelencia, que nos permitan generar los recursos humanos con las capacidades y habilidades que respondan a las necesidades de la población.

Biotechnologías y las funciones esenciales de la salud pública

La aparición de enfermedades emergentes (EVON, virus Hanta, Ébola entre otros), re-emergentes (tuberculosis, malaria y dengue), epidemias globales (VIH, influenza, SARS, obesidad y diabetes), y otros fenómenos como la drogoresistencia, son claros ejemplos de las crisis en las que se encuentran desde hace varios años los sistemas de salud pública de varios países en vías desarrollo e igualmente desarrollados; estas crisis se han originado entre otros aspectos por las políticas de privatización y los recortes presupuestales en sus sistemas de salud, forzando a atender, más que a prevenir la enfermedad. Derivado de este descuido de la salud pública, vista ésta como una responsabilidad social e institucional

y con la finalidad de reinsertarla dentro de los procesos de transformación del sector salud y dar soluciones a sus problemáticas, la Organización Panamericana de la Salud construyó una serie de once categorías operacionales conocidas como las Funciones Esenciales de la Salud Pública (FESP) (Cuadro 3)²⁶, las cuales poseen las propiedades de ser caracterizables y medibles, a fin de determinar su grado de cumplimiento e impacto, de manera que puedan ser empleadas como base para mejorar la práctica de la salud pública y fortalecer el liderazgo de las autoridades sanitarias en todos los niveles del Estado.

Cuadro 3
Funciones esenciales en salud pública*

1. Monitoreo y análisis de la situación de salud de la población.
2. Vigilancia de salud pública, investigación y control de riesgos y daños en salud pública.
3. Promoción de la salud.
4. Participación social y empoderamiento de los ciudadanos en salud.
5. Desarrollo de políticas, planes y capacidad de gestión que apoyen los esfuerzos en salud pública y contribuyan a la rectoría sanitaria.
6. Regulación y fiscalización en salud pública.
7. Evaluación y promoción del acceso equitativo de la población a los servicios de salud necesarios.
8. Desarrollo de recursos humanos y capacitación en salud pública.
9. Garantía de calidad de los servicios de salud individual y colectiva.
10. Investigación, desarrollo e implementación de soluciones innovadoras en salud pública.
11. Reducción del impacto de emergencias y desastres en salud.

*Tomado de Muñoz F., et al., ²⁶

Sobre el impacto que las diez biotecnologías descritas tendrían en el desarrollo de las nuevas funciones esenciales de la salud pública, podríamos decir que prácticamente todas y cada una de las once funciones²⁶ se encontrarían permeadas, digamos que en dos grandes niveles:

1) *Aquellas funciones con un impacto directo*, es decir en donde las aportaciones biotecnológicas serán decisivas para el desarrollo óptimo de la función por ejemplo en la función 1: Monitoreo y análisis de la situación de salud, se podrían desarrollar

nuevos procedimientos de diagnóstico preventivo mediante técnicas moleculares.

En la función 2: Vigilancia, investigación y control de riesgos y daños en salud; encontramos que podemos desarrollar nuevos procedimientos moleculares de tamizaje o diagnóstico genético “medicina genómica”, mapeo genómico de nuevos agentes patogénicos, podríamos identificar y controlar nuevas amenazas contra la salud y realizar una caracterización molecular de los agentes patógenos emergentes.

En la función 7: Evaluación y promoción del acceso equitativo a los servicios de salud; podríamos desarrollar y aplicar mediante nuevos procedimientos, vacunas recombinantes, de esta manera disminuiríamos costos, ampliaríamos coberturas, y desarrollaríamos por ejemplo esquemas completos de vacunación femenina contra ITS; podríamos también, mediante el desarrollo de química combinatoria y empleo de proteínas terapéuticas recombinantes desarrollar nuevos medicamentos, creando tratamientos contra el cáncer más económicos y de fácil adquisición por amplios sectores de la población.

La función 8: Desarrollo de recursos humanos y capacitación en salud pública; en esta función sería importante que pudiéramos desarrollar salubristas, médicos y personal especializado en salud, capaces de entender el funcionamiento de todas las biotecnologías aquí descritas, lo cual impactaría satisfactoriamente en la toma correcta de decisiones para el desarrollo y ejecución de programas innovadores de salud.

La función 10: Investigación, desarrollo e implementación de soluciones innovadoras en salud pública; sería una función concentradora ya que permitiría desarrollar todas las biotecnologías descritas anteriormente.

Finalmente tenemos a la función 11: Reducción del impacto de emergencias y

desastres en salud; en donde podríamos desarrollar alimentos genéticamente modificados, formando paquetes nutricionales que pudieran ser proporcionados a la población, en caso de ocurrencia de desastres o contingencia ambiental, “sequías prolongadas”, igualmente podríamos desarrollar vacunas de bajo costo y de fácil adquisición en caso de alguna emergencia epidémica y finalmente podríamos desarrollar procesos de biorremediación, en caso de que ocurriera un accidente industrial que genere contaminantes de suelo y agua, tales como metales pesados, materiales radioactivos, petróleo y sus derivados, desarrollando programas de recuperación ambiental.

2) Y En el segundo bloque tenemos el resto de las funciones; 3,4 5 y 9 en donde se ven impactos secundarios derivados de las acciones realizadas en las funciones descritas en el primer nivel 1.

Por último tenemos que considerar que el compromiso es grande, por una parte tenemos que iniciar y consolidar el desarrollo de estas biotecnologías y en paralelo, dentro de las nuevas funciones esenciales, iniciar la construcción de sus procedimientos de aplicación, evaluación, medición de impactos, beneficios e índices de bienestar en la salud de la población, en este sentido falta entonces mucho por hacer.

Discusión

Solo restaría por mencionar que varios futurólogos, que no adivinos, coinciden en afirmar que sólo aquellas naciones que desarrollen investigación propia que les permita resolver sus problemáticas de alimentación, salud, preservación de su medio ambiente y consumo del agua para los próximos 200 años, podrán tener cabida como sociedades libres e independientes²⁷, hoy, depende de nosotros y de nadie más, cómo queremos que sean ubicados nuestros hijos y sus descendientes todos ellos mexicanos.

Referencias bibliográficas

1. UN, millennium project 2006. Disponible en <http://www.unmillenniumproject.org/who/index.htm> [visitado 10 de Septiembre del 2006].
2. Objetivos de desarrollo del milenio. ODM, 2006. Disponible en <http://www.unmillenniumproject.org/reports/reports2.htm> [visitado 10 de Septiembre del 2006]
3. Task Force on Science, Technology and Innovation, 2006. Disponible en <http://www.unmillenniumproject.org/reports/tfscience.htm> [visitado 10 de Septiembre del 2006]
4. DaarAS, Thorsteinsdottir H, Martin DK, Smith AC, Nast S, Singer PA. Top ten biotechnologies for improving health in developing countries. *Nat Genet.* 2002;32:229-232.
- 5.- Marsh P, Cardy DL. Molecular diagnostics: future probe-based strategies. *Methods Mol Biol.* 2004; 266:167-89.
6. Park SJ, Taton TA, Mirkin CA. Array-based electrical detection of DNA with nanoparticle probes. *Science* 2002;295:1503-1506.
7. Wack A, Rappuoli R. Vaccinology at the beginning of the 21st century. *Curr. Opin. Immunol.* 2005; 17:411-418.
8. Poland GA, Murria D, Bonilla-Guerrero R. New vaccine development. *BMJ* 2002; 324:1315-1319.
9. Schwarzenbach RP, Escher BI, Fenner K, Hofstetter TB, Johnson CA, von Gunten Wehrli BU. The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science.* 2006; 25(313):1072-1077.
10. Corseuil HX, Moreno FN. Phytoremediation potential of willow trees for aquifers contaminated with ethanol-blended gasoline. *Water Res.* 2001;35:3013-3017.
11. Scarselli M, Giuliani MM, Adu-Bobie J, Pizza M, Rappuoli R. The impact of genomics on vaccine design. *Trends Biotechnol.* 2005;23(2):84-91.

12. Whittam TS, Bumbaugh AC. Inferences from whole-genome sequences of bacterial pathogens. *Curr Opin Genet Dev.* 2002;12(6):719-725.
13. Women and sexually transmitted infections, WHO, report. 2000. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs249/en/index.html>. [visitado 10 de Septiembre del 2006]
14. International AIDS vaccine initiative. 2005. Disponible en <http://www.iavireport.org/trialsdb/> [visitado 10 de Septiembre del 2006]
15. Rupp RE, Stanberry LR, Rosenthal SL. Vaccines for sexually transmitted infections. *Pediatr Ann.* 2005; 34(10):818-824.
16. Ouzounis CA, Valencia A. Early bioinformatics: the birth of a discipline--a personal view. *Bioinformatics.* 2003; 19(17):2176-90.
17. Bairoch A., Apweiler R., Wu C.H., Barker W.C., Boeckmann B., Ferro S., et al. The Universal Protein Resource (UniProt). *Nucleic Acids Res.* 2005 33:D154-159. <http://www.expasy.org/sprot/>. [visitado 10 de Septiembre del 2006]
18. Nutrition for Health and development, WHO report 2005. Disponible en <http://www.who.int/nut/>. [visitado 10 de Septiembre del 2006]
19. Ye X, Al-Babili DS, Klöti A, Zhang J, Lucca P, Peter Beyer P, Potrykus I. Engineering the Provitamin A (beta -Carotene) Biosynthetic Pathway into (Carotenoid-Free) Rice Endosperm. *Science* 2000; 287(5451): 303-305
20. Chakraborty S, Chakraborty N, Datta A. Increased nutritive value of transgenic potato by expressing a nonallergenic seed albumin gene from *Amaranthus hypochondriacus*. *Proc Natl Acad Sci.* 2000; 97(7):3724-3729.
21. Hunter CV, Tiley LS, Sang HM. Developments in transgenic technology: applications for medicine. *Trends Mol Med.* 2005;11(6):293-298.
22. Merlot C, Domine D, Cleva C, Church DJ. Chemical substructures in drug discovery. *Drug Discov Today.* 2003; 8(13):594-602.
23. Graven A, St Hilaire PM, Sanderson SJ, Mottram JC, Coombs GH, Meldal M. Combinatorial library of peptide isosters based on Diels-Alder reactions: identification of novel inhibitors against a recombinant cysteine protease from *Leishmania mexicana*. *J Comb Chem.* 2001; 3(5):441-452.
24. Informe general de la ciencia y la tecnología en México 2005. CONACYT <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/contenido/IGECyT2005%20web.pdf> [visitado 16 de Octubre del 2006].
25. Manual de procedimientos técnicos, 2003. Consejo Nacional de Vacunación, Secretaría de Salud, México. 2003 <http://www.conava.gob.mx/>. [Visitado 16 de Octubre del 2006].
26. Muñoz F, López-Acuña D, Halverson P, Guerra de Macedo C, Hanna W, Larrieu M, Ubilia S, Zeballos JL. Las funciones esenciales de la salud pública: un tema emergente en las reformas del sector salud. *Rev. Lat. Salud. Pública* 2000; 8(1):126-134.
27. Global futures studies & research, 2005, milenum project. Disponible en <http://www.acunu.org/> [visitado 10 de Septiembre del 2006].