



La biotecnología y el desarrollo de nuevos fármacos

Habitualmente, se usan de manera indistinta palabras como medicamento o fármaco. Sin embargo, su significado es diferente. Cuando se habla de **medicamentos** se hace referencia a una sustancia sola o asociada, destinada a su utilización en personas o animales, con propiedades para prevenir, tratar o aliviar enfermedades o dolencias.

Los **fármacos** (principio activo de los medicamentos) pueden ser sustancias idénticas a las producidas por el organismo como por ejemplo la hormona insulina (obtenida por ingeniería genética) o sustancias químicas de síntesis que no existen en la naturaleza pero que tienen regiones análogas dentro de su estructura molecular que producen un cambio en la actividad celular.

El descubrimiento de la estructura del ADN (ver Cuaderno N° 3, 32, 65) al principio de la década de 1950 hizo posible el desarrollo de nuevas técnicas que han desembocado en la producción de nuevas vacunas y fármacos, y muchos otros compuestos bioquímicos complejos que antes eran difíciles o imposibles de fabricar. Hoy existen más de 100 medicamentos y vacunas recombinantes de mayor eficacia, inocuidad y menor costo que los medicamentos tradicionales (ver Cuaderno N° 21, 29, 49, 51, 71).

Etapas en el desarrollo de un fármaco

La primera fase en el desarrollo de un fármaco es el descubrimiento de un gen, o una familia de genes, que están íntimamente relacionados con el origen de una enfermedad determinada. Este conocimiento de estos genes permite identificar una **diana** específica, que será el objetivo al que se dirigirán las nuevas moléculas o fármacos que se van a desarrollar. El tiempo que consumen estas fases iniciales de desarrollo es variable y se estima que puede ser entre 2 y 10 años.

A partir de la diana claramente validada se identifica lo que se conoce como el **compuesto líder**, que puede ser una estructura química, un compuesto natural, un péptido o un anticuerpo que se une a la diana y tiene un efecto activador o inhibidor sobre ella.

El compuesto líder es el punto de partida para desarrollar masivamente moléculas relacionadas, hasta la obtención de una serie de candidatos sobre los que se trabaja en las fases preclínicas. Estos candidatos se obtienen por exploración o ensayo masivo (*screening*), analizando entre 10 mil y 100 mil moléculas más o menos relacionadas y próximas entre sí. Estas moléculas se obtienen, generalmente, mediante química combinatoria (producción simultánea de una



colección de moléculas) o a partir de fuentes naturales. De éstas sólo pasan a los ensayos preclínicos unas 250.

Tras el descubrimiento de estas moléculas con posible acción terapéutica, se inicia un largo proceso cuyo objetivo final es la comercialización del nuevo medicamento. Este proceso, que suele durar varios años, comienza con la **fase preclínica**, que incluye una serie completa de estudios para:

- conocer el perfil farmacocinético de los fármacos (cómo se distribuyen en el organismo, cómo se metabolizan, cómo se eliminan, etc.),
- desarrollar moléculas potencialmente activas (farmacodinámica)
- estudios toxicológicos para garantizar la seguridad de los productos.

Esta fase requiere entre 3 y 5 años. De las 250 moléculas analizadas, sólo alrededor de cinco pasan a la fase de estudios clínicos. Así se completa el desarrollo preclínico de un nuevo principio activo.

Luego comienzan los **ensayos clínicos** en humanos, previa autorización de las autoridades sanitarias. El periodo de desarrollo clínico de un producto farmacéutico se divide en cuatro fases que, en ocasiones, se pueden superponer (Ver cuaderno N° 71). Al finalizar los ensayos clínicos, las autoridades sanitarias evalúan la documentación del medicamento, antes de autorizar y aprobar su puesta en el mercado y su comercialización.

En resumen, el proceso de desarrollo de un fármaco, desde el descubrimiento de la molécula hasta la **aprobación por las agencias reguladoras**, dura al menos 15 años y tiene un costo medio de unos 650 millones de euros, de los que el 65% se emplea en investigación clínica. El resultado de este proceso es un medicamento que ha demostrado su seguridad, eficacia y calidad a través de los ensayos clínicos, correctamente identificado y con información apropiada, cuya comercialización ha sido autorizada por las autoridades sanitarias.

Actualmente, la biotecnología está proporcionando metodologías que permiten reducir los costos y acortar el tiempo necesario.

Contribución de la biotecnología al desarrollo de nuevos fármacos

La biotecnología permite un mejor conocimiento de los procesos biológicos y contribuye al descubrimiento de fármacos a través de una mayor diversidad y selectividad de compuestos y dianas terapéuticas, permitiendo que los procesos de obtención sean más seguros, baratos y eficaces.

El conocimiento del genoma humano, permite conocer la secuencia genómica completa de numerosos genes, así como sus alteraciones o variaciones de secuencia (mutaciones) en individuos enfermos. De esta forma, muchos genes y



sus correspondientes proteínas fueron relacionadas con diferentes patologías, de manera que su inactivación permitiría el tratamiento de esa enfermedad.

Una vez validados dichos genes como dianas terapéuticas, se comienzan a buscar los compuestos líderes. Estos normalmente se realizan con compuestos orgánicos, mayoritariamente de origen sintético obtenidos por *Química Combinatoria* (QC), o con colecciones de productos aislados de la naturaleza.

Sin embargo, con la ayuda de la ingeniería genética se utilizan métodos de ensayo de compuestos en forma automatizada, a pequeña escala (miniaturizados) y de alto rendimiento (*high-throughput screening*, HTS o Análisis de alto rendimiento). La evaluación biológica permite la identificación de compuestos activos *in vitro*, llamados **modelos** (*hits*), que una vez identificados conducen a la obtención de compuestos activos *in vivo*, no tóxicos y con buenas propiedades de absorción, distribución, metabolismo y excreción, llamados **precandidatos** (*leads*). La modificación de esos precandidatos proporciona, finalmente, los **candidatos** a fármacos para ser ensayados en las diferentes fases clínicas.

Hasta los años '80, las moléculas bioactivas se descubrían accidentalmente, por análisis al azar (*random screening*) o por modificación de moléculas conocidas, principalmente productos naturales. Con el desarrollo de la biología molecular y celular en los años '90, y la introducción de la informática, se comenzaron a utilizar otras herramientas de búsqueda.

El *screening* como fuente de fármacos

1. Productos naturales

Alrededor del 60% de las moléculas de pequeño tamaño aprobadas para su uso terapéutico en los últimos veinte años son productos naturales, o derivados de los mismos. A pesar de esto, el interés de muchas grandes compañías farmacéuticas por el descubrimiento de fármacos a partir de productos naturales comenzó a decaer en la década de los '90 por razones prácticas. En estos procesos, los extractos crudos se sometían a los ensayos y, en caso de evidencia de actividad, el extracto se fraccionaba y el compuesto causante de esa actividad se aislaba y caracterizaba mediante un proceso lento, ineficiente y muy laborioso. A estas dificultades se sumaban las derivadas de la propiedad intelectual de algunos compuestos aislados de fuentes naturales.

Cuando comenzó a incorporarse la automatización, la robótica y la computación al campo del descubrimiento de fármacos, la química llegó a ser el paso limitante, ya que el descubrimiento de fármacos se seguía haciendo a la manera tradicional no pudiendo suministrar suficiente número de compuestos que los nuevos sistemas de búsqueda requerían. Actualmente, se están buscando estrategias para



aumentar el rendimiento en el aislamiento y producción de productos naturales. Una de ellas es la manipulación genética que permita su producción por organismos genéticamente modificados cultivables en el laboratorio.

2. Química combinatoria

La química o síntesis combinatoria es la producción simultánea de una colección de moléculas en lugar de una única, como se hacía tradicionalmente.

El objetivo primario era la preparación simultánea de todos los posibles compuestos (principalmente péptidos) de un determinado tamaño. En 1991 se publicaron los dos primeros artículos de química combinatoria, en los que se describe la síntesis de una colección (biblioteca, quimioteca) de varios millones de entidades químicas (péptidos) y su aplicación para identificar aquellas que interaccionaban con unas dianas determinadas.

A partir de este trabajo científico, las grandes compañías farmacéuticas adoptaron rápidamente esta técnica y crearon departamentos de química combinatoria, y propiciaron el nacimiento de pequeñas empresas basadas en este tipo de química. Actualmente, se tiende a preparar colecciones menos numerosas, pero de mayor calidad y relevancia, por ejemplo, de unos 150 compuestos, con una pureza superior al 95% y con todos sus miembros caracterizados estructuralmente.

3. Análisis de alto rendimiento

El Análisis de alto rendimiento o *High Throughput Screening* (HTS), es un proceso en el que un elevado número de compuestos se analiza mediante un ensayo (denominado *ensayo primario*) que pone de manifiesto su capacidad de interaccionar con una diana farmacológica dada. Aquellos compuestos que resulten activos en el ensayo primario serán sometidos a posteriores estudios encaminados hacia su potencial farmacológico para el tratamiento de la enfermedad de interés. Con este tipo de técnica se pueden analizar entre 100 mil y 2 millones de compuestos, de los que sólo unos pocos podrán considerarse candidatos a fármacos y avanzarán en las fases posteriores del desarrollo farmacéutico.

La automatización de los ensayos mediante la robotización permite aumentar la velocidad del HTS, a la vez que libera al personal del laboratorio de realizar un trabajo muy tedioso. En la actualidad ha dejado de tener sentido la generación aleatoria de librerías de millones de compuestos y la tendencia es hacia la producción de otras menos numerosas, pero de mayor calidad, diversidad y relevancia.



Plantas y animales que producen fármacos

Con el advenimiento de las técnicas de ingeniería genética que permitieron obtener plantas y animales transgénicos surgió también la posibilidad de utilizar a estos organismos para la producción de proteínas recombinantes de interés farmacológico (ver Cuaderno 9 y 47).

Así, los animales pueden producir estas proteínas recombinantes en vez de hacerlo en biorreactores o fermentadores industriales utilizando bacterias. Así, en este caso, el nuevo biorreactor es un animal transgénico. La estrategia de utilizar animales de granja (ovejas, vacas, cerdos, cabras, gallinas, conejos, etc.) como fábricas de productos farmacológicos recombinantes se denominó “Granja farmacológica”.

Algunos de los animales desarrollados hasta la actualidad son: conejos que producen Interleukina-2 y α -Glucosidasa; cabras que producen el activador del plasminógeno tisular y Anti-trombina III; cerdos productores del Factor VIII humano y Proteína C;

Ovejas productoras de α 1-antitripsina y Factor de coagulación IX y vacas productoras de lactoferrina y Hormona de crecimiento humano. Se estima que, próximamente estarán en el mercado las proteínas farmacológicas provenientes de estos animales transgénicos.

De la misma forma en que la biotecnología introduce ciertos genes en los vegetales para hacerlos tolerantes a herbicidas o resistentes a sequías y plagas, actualmente se está ensayando la modificación del genoma de algunas plantas para que produzcan ciertas proteínas de interés farmacológico. Las proteínas producidas en plantas transgénicas tienen aplicaciones nutricéuticas (arroz con vitamina A), de diagnóstico de laboratorio (avidita, tripsina), terapéuticas (insulina, hormona de crecimiento) y preventivas (antígeno de la hepatitis B).

Las principales ventajas que implica el uso de la biotecnología recombinante vegetal para producción de proteínas de aplicación en salud humana son:

- § Se trata de un sistema eucariótico de expresión capaz de procesar correctamente proteínas humanas.
- § Su costo de producción, frente a fermentadores o cultivos de células humanas, es aproximadamente diez veces menor.
- § El hecho de que no se haya descrito ningún patógeno compartido entre las plantas y el ser humano garantiza la ausencia de arrastre de patógenos en el proceso productivo que, como los virus o priones, tanto preocupan en otros sistemas.



Lo que se viene: la Farmacogenómica

La farmacogenómica es el estudio de *cómo la herencia genética de una persona afecta a la respuesta de su organismo a un fármaco*. Esta disciplina tiene en cuenta las características de las secuencias genómicas, mediante una visión integradora que incluiría interacciones entre dichos genes y tiene como objetivo crear fármacos a medida para cada paciente y adaptados a sus condiciones genéticas.

El medio ambiente, la dieta, estilo de vida y estado de salud, todo ello puede influir sobre la respuesta de una persona a un fármaco. Entender el funcionamiento genético se cree será la "llave" para crear drogas personalizadas con mayor eficacia y seguridad. Las compañías farmacéuticas y biotecnológicas están empleando cada día más la farmacogenómica en el desarrollo de fármacos, llevando a su utilización generalizada en la clínica en un futuro próximo.

En resumen, la biotecnología y las disciplinas emergentes relacionadas están cambiando totalmente las reglas que existían en el descubrimiento y desarrollo de fármacos. Así, la biotecnología permite definir nuevas dianas (genómica, proteómica), obtener nuevos compuestos (*screening* de productos naturales, química combinatoria), diseñar nuevas terapias (farmacogenómica), desarrollar compuestos más selectivos, llevar a cabo nuevos desarrollos preclínicos mediante ensayos más eficaces, menos costosos y más rápidos, producir a gran escala nuevas sustancias más seguras y no accesibles con las metodologías tradicionales (producción en animales y plantas transgénicas), utilizar nuevas y más poderosas herramientas de análisis (bioinformática) y utilizar biomoléculas a escala nanométrica con nuevas perspectivas en el diagnóstico y la terapéutica (biosensores, nanobiotecnología).

En el futuro, se espera que la automatización de los laboratorios aumente, y que el desarrollo de tecnologías a pequeña escala con bibliotecas de compuestos sea más rápido y fiable.



CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Un aspecto importante de este Cuaderno que es para destacar con los alumnos es la optimización en la producción, y los procesos de control que implica actualmente el desarrollo de un fármaco a través de el empleo de biotecnología moderna. Este tema, al igual que en el caso de los alimentos mejorados por técnicas de ingeniería genética, resultan en ocasiones motivo de debate, por lo cual es importante que los alumnos accedan a información científica confiable referida a bioseguridad, controles y legislación. El objetivo es guiarlos para convertirse en ciudadanos críticos y consumidores responsables. Para esto se recomienda complementar la lectura de este Cuaderno con los Cuadernos N° 19 y 62.

El tema abordado en este cuaderno ofrece la posibilidad de estudiar las aplicaciones de la biotecnología a la industria y, en particular, su utilidad para la salud humana en una población en constante crecimiento y con las constantes demandas de fármacos que esta plantea. Se sugiere aprovechar el texto para enseñar nociones básicas y fundamentales como salud y prevención, y comprender los beneficios que puede ofrecer la biotecnología en estos aspectos. Debido a que son temas que forman parte de la vida cotidiana de los alumnos, se sugiere indagar en las ideas previas que ellos tienen acerca de conceptos tales como salud y enfermedad.

Otros temas relacionados que pueden ejemplificar y reforzar la utilidad de técnicas modernas para el desarrollo de nuevos fármacos, es el caso de los antibióticos que resultan ineficaces debido a la selección de bacterias resistentes (ver Cuaderno N° 51). Es interesante que los alumnos conozcan también cómo fue el desarrollo de la primera vacuna contra la viruela realizada por el médico Jenner y comparen con los desarrollos actuales (ver Cuaderno N° 29 y 71), para comprender los beneficios y la seguridad que ofrecen las nuevas tecnologías.

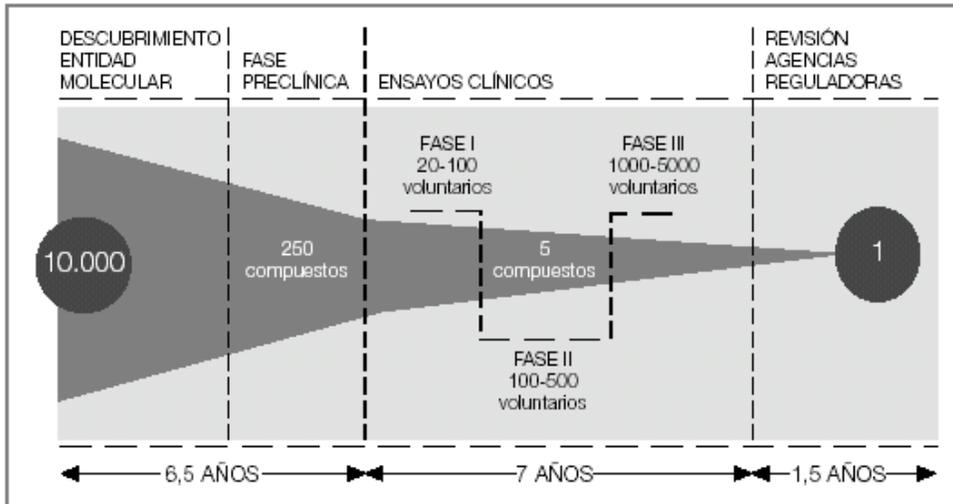
Otro de los aspectos que se puede destacar a partir de este tema es la importancia que representa la interacción entre la actividad científica y la industrial; las ventajas de estas tecnologías desde el punto de vista de la producción al permitir obtener una proteína ajena al organismo, en grandes cantidades, fácil de purificar, y la ventaja que representa para la población la obtención de productos farmacológicos que podrían resultar más beneficiosos que los fármacos obtenidos por técnicas "tradicionales", o que podrían complementarlos o acelerar su producción.

ACTIVIDADES

Actividad 1: El desarrollo de un fármaco

En esta actividad se propone que los alumnos analicen la siguiente figura, para luego sacar conclusiones acerca de los pasos en el descubrimiento de un fármaco y la duración del mismo.

Fuente: http://www.cotec.es/docs/ficheros/200607030003_6_0.pdf



Preguntas para el análisis de la figura:

- 1) ¿En cuántas etapas se divide la secuencia de desarrollo de un nuevo fármaco? **Rta:** 4: descubrimiento de la entidad molecular, fase preclínica, ensayos clínicos y revisión por parte de las agencias reguladoras
- 2) Describir cómo van disminuyendo las cantidades de compuestos candidatos, a medida que se van cumpliendo las distintas etapas. **Rta:** Desde 10 mil compuestos estudiados al inicio de la investigación, pasando por 250, 5, hasta llegar a sólo un fármaco aprobado para ser comercializado.
- 3) ¿Cuáles son las etapas que requieren mayor cantidad de tiempo? ¿Cuál es el tiempo total? **Rta:** las de descubrimiento de nuevos compuestos y los ensayos pre y clínicos son las etapas que requieren más tiempo, en total se requieren alrededor de 15 años en el descubrimiento y desarrollo de un nuevo fármaco.
- 4) ¿Cuál es la importancia de contar con medicamentos que hayan pasado por estas etapas? **Rta:** la importancia es que contamos con medicamentos que han demostrado su seguridad, eficacia y calidad a través de los ensayos clínicos, correctamente identificados y con información apropiada, cuya comercialización ha sido autorizada por las autoridades sanitarias.



Actividad 2: Análisis de textos

La lectura de estos artículos ofrece, no solo la posibilidad de conocer desarrollos científicos referidos al tema trabajado, sino que resulta interesante contrastar las opiniones de ambos grupos científicos, y analizar en qué medida se complementan y buscan, en conjunto, la aplicación de los desarrollos industriales en beneficio de los consumidores.

Texto 1: “La biotecnología aumentará el número de fármacos disponibles en los próximos años”

Publicado en www.porquebiotecnologia.com.ar el 29/07/2004

La farmacogenómica se perfila como el principal avance que aportará la biotecnología al campo de la medicina en los próximos años. No sólo permitirá ajustar la dosis terapéutica de muchos fármacos a las características genéticas del paciente, sino que ayudará a recuperar moléculas desechadas por inducir efectos adversos en determinados grupos de población. Entre todos las áreas que abarca una disciplina de aplicaciones tan amplias como la biotecnología, ha sido en salud humana donde se han producido los avances más importantes. Según ha explicado José Luis García, vicepresidente de la Sociedad Española de Biotecnología (Sebiot), que celebra estos días en Oviedo su congreso bianual, las compañías farmacéuticas han jugado un papel fundamental en este progreso, pues eran las que estaban mejor preparadas para utilizar las nuevas tecnologías de biología molecular. “El mayor avance que se ha producido en los últimos años en la medicina ha sido el proyecto genoma humano. Nos ha abierto una puerta a todo un universo del que, aunque existen ya numerosas aplicaciones para el conocimiento generado, todavía sólo somos capaces de ver las estrellas más cercanas”. En su opinión, son la farmacogenómica y la medicina “a la carta” las aplicaciones más claras que traerá consigo la biotecnología en el campo de la salud humana. “En nuestro hígado hay una serie de enzimas encargadas de metabolizar los fármacos y mantener el equilibrio en el organismo. Hoy ya podemos saber a través de análisis genéticos qué individuos metabolizan bien y cuáles no los medicamentos. Combinando este conocimiento con la proteómica, que estudia las propias enzimas, podremos saber qué dosis exacta de un fármaco habrá que dar a cada paciente para maximizar los efectos terapéuticos”, ha apuntado García. Al mismo tiempo, estos conocimientos permitirán ampliar el arsenal terapéutico disponible contra gran número de patologías. “Un mismo fármaco puede hacerle daño a un individuo y en otro tener un efecto beneficioso, lo que hace que todos los medicamentos se sometan a exhaustivos controles y se saquen al mercado sólo aquellos que hacen un daño mínimo a toda la población. De este modo quedan sin comercializarse muchas moléculas que podrían ser muy interesantes para amplios grupos de población. La farmacogenómica va a permitir aprovechar muchos de estos medicamentos”.

Texto N° 2: Test de orina predice la respuesta a medicamentos

(Publicado en www.porquebiotecnologia.com.ar el 20/04/2006)

“Un simple test de orina podría mostrar qué medicamentos se ajustan mejor a ciertas personas”, señalaron los científicos que ya probaron la técnica en animales. Encontraron que el perfil de moléculas que aparece en la orina de las ratas indica si las altas dosis de paracetamol podrían afectar o no el hígado de los animales, porque revela si el organismo puede o no procesar la droga. Según Jeremy Nicholson, director del proyecto, un estudio preliminar mostró que este enfoque podría funcionar también en humanos. La idea es analizar, a través de las moléculas secretadas en la orina, si determinada droga podría provocar resultados adversos en ciertas personas, ajustando los medicamentos “a medida” de cada una. Esta idea se viene desarrollando

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



desde hace un tiempo, pero a través de la farmacogenómica, es decir, ajustando las drogas a la composición genética de cada individuo. Pero según Nicholson, no es una buena estrategia, porque los genes no dicen mucho sobre otros factores que afectan el metabolismo de las drogas, como las bacterias que viven en nuestro intestino y lo que desayunamos esta mañana. "Los genes solos no son suficientes", coincide Donald Robertson, que estudia la relación entre el metabolismo y la seguridad de las drogas en la empresa Pfizer. El método desarrollado por Nicholson se basaría en la "farmacometabolómica", que analiza el perfil de metabolitos generados por el cuerpo. Analizaron primero los metabolitos de la orina de las ratas antes de exponerlas al paracetamol. Estudiaron el daño hepático y usaron la computadora para correlacionar los perfiles de metabolitos con el nivel de daño. Luego, usando un segundo grupo de ratas, vieron si podían predecir con la orina qué animales presentarían daño. "Y funcionó," declaró Nicholson. "Los de Pfizer casi se caen de sus sillas." Los científicos no saben aún cómo ciertos metabolitos pueden predecir la reacción a una droga, pero pueden asegurar que además de los genes hay otros factores, como la alimentación, los contaminantes, el estrés y el ejercicio físico.

Preguntas para analizar los artículos:

1. ¿Quiénes son las personas entrevistadas en ambos artículos y en dónde trabajan? *Rta: José Luis García, vicepresidente de la Sociedad Española de Biotecnología (Sebiot) y Jeremy Nicholson y Donald Robertson, de la empresa Pfizer.*
2. Los dos artículos mencionan una técnica, también mencionada en la sección teórica. ¿Cuál es y de qué se trata la misma? *Rta: ambos artículos hablan sobre la farmacogenómica, la cual es el estudio de cómo el genoma de una persona afecta a la respuesta de ese organismo a un determinado fármaco.*
3. En el primer artículo se menciona la "medicina a la carta". A qué se refiere? *Rta: se espera que en el futuro, el estudio de determinado grupo de genes en cada paciente, permitirá prever cuán efectivo será el tratamiento con determinado fármaco.*
4. Según los artículos, ¿es necesario y suficiente el conocimiento del genoma para evaluar la eficiencia de un fármaco en un determinado paciente? ¿Cuál de los artículos hace más hincapié en este concepto? *Rta: Principalmente en el segundo artículo se hace hincapié en el estudio no sólo de los genes, sino de los proteínas (proteómica) y metabolitos (metabolómica) para conocer el efecto de un fármaco en el paciente.*

Actividad 3: Novedades de plantas y animales que fabrican fármacos.

A partir de los siguientes textos, extraídos de la sección Novedades (www.porquebiotecnologia.com.ar), completar el cuadro correspondiente:

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



<p>Más fármacos a partir de animales transgénicos La empresa holandesa de biotecnología Pharming está desarrollando varios productos a partir de organismos transformados genéticamente. Uno de ellos es la lactoferrina humana, proteína que se encuentra naturalmente en la leche, que estimula el sistema inmune y se cree que juega un papel fundamental en la protección contra el cáncer, el asma y las enfermedades alérgicas. La compañía está desarrollando la producción de lactoferrina humana recombinante en la leche de vacas transgénicas. La utilización de esta proteína sería para su adición en alimentos funcionales y saludables. Otro de los productos es el inhibidor C1, obtenido a partir de conejos transgénicos y actualmente en fase avanzada de evaluación en humanos. Se trata de un fármaco que sirve para tratar pacientes con una enfermedad genética poco corriente llamada angioedema, un síndrome que afecta a la piel y a la mucosa de las vías respiratorias superiores y del tubo digestivo.</p>	<p>§ Animales transgénicos: _____ ---</p> <p>§ Proteínas recombinantes producidas: _____ -</p> <p>§ Acción de las proteínas: _____ _____ ----</p> <p>§ Lugar de desarrollo del producto: _____ ---</p>
<p>¡Mozo, hay remedios en mi arroz! La Comisión Californiana de Arroz aprobó ayer la solicitud de la compañía Ventria Bioscience para sembrar por primera vez en el Estado de California un cultivo transgénico que produce fármacos. La Comisión asesora al Departamento de Alimentación y Agricultura del estado, quien tiene la decisión final sobre el asunto. El arroz fue modificado genéticamente para producir dos proteínas humanas que combaten las infecciones: la lactoferrina y la lisozima. Estas proteínas se aplicarían para prevenir infecciones en niños. Tanto la lactoferrina como la lisozima son proteínas que están presentes en la leche materna y protegen a los bebés de la otitis, diarrea e infecciones respiratorias, entre otras infecciones. Pero estas proteínas desaparecen cuando se interrumpe la lactancia . Los investigadores de Ventria desarrollaron las formas humanas de estas proteínas para que puedan usarse con fines terapéuticos. Producirlas en plantas sería mucho más simple y barato que emplear los métodos de producción convencionales.</p>	<p>§ Planta transgénica: _____ ---</p> <p>§ Proteína recombinante producida: _____ -</p> <p>§ Acción de la proteína: _____ _____ ----</p> <p>§ Lugar de desarrollo del producto: _____ ---</p>

Respuesta:

- 1) vacas y conejos; lactoferrina e inhibidor C1; protección contra el cáncer, el asma y las enfermedades alérgicas y tratamiento de angioedema, respectivamente; desarrollados por la empresa holandesa de biotecnología Pharming.
- 2) arroz; produce lactoferrina y la lisozima ; protegen a los bebés de la otitis, diarrea e infecciones respiratorias, entre otras infecciones; desarrollado por la compañía Ventria Bioscience.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología.



Material de Consulta

§ Biotecnología en la medicina del futuro. Fundación COTEC para la Innovación tecnológica. Se puede bajar el artículo en formato pdf, previa suscripción gratuita al sitio. http://www.cotec.es/docs/ficheros/200607030003_6_0.pdf

§ Artículo "Genoma médica". De Genoma España
http://www.gen-es.org/02_cono/docs/GENOMA_MEDICINA.pdf

§ Biotecnología y salud. De Sebiot
<http://sebiot.cnb.uam.es/Espanol/publicaciones/Biotec%20y%20salud%20final.pdf>

§ ¿Cómo se Descubre o Inventa un Medicamento? Revista Ciencia hoy. **Volumen 6 - N°34 – 1996.** <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy34/medic05.htm>