



VOL: AÑO 6, NUMERO 16

FECHA: MAYO-AGOSTO 1991

TEMA: BIOTECNOLOGIA: Transformación productiva y repercusiones sociales

TITULO: **El impacto de la biotecnología en la productividad de la agricultura**

AUTOR: Roger A. Kleese [*]

TRADUCTOR: Cristina Massieu Trigo

SECCION: Notas y traducciones

TEXTO

La biotecnología es un abanico diverso de tecnologías que actualmente están en varias etapas de evolución y desarrollo. Para entender estas tecnologías y su potencial aplicación a la agricultura, resulta de ayuda considerarlas en una perspectiva histórica. Además, es importante entender la interdependencia de las biotecnologías hacia las tecnologías tradicionales bien desarrolladas.

El desarrollo comercial de la biotecnología es más difícil de imaginar actualmente que lo que era hace 5 años. También, los problemas que se están perfilando generalmente requieren de un entendimiento mejor de la fisiología y bioquímica de los sistemas vegetales y animales bajo estudio. A pesar de ello, hay una oportunidad significativa de un impacto per se en la producción, así como bajas en los costos y creación de productos con valor agregado.

A la biotecnología se le ha dado una publicidad y promoción tremendas. De hecho, ninguna otra tecnología ha tenido tantos elogios y ha generado la promesa de entregar tanto desde su infancia como la biotecnología. Esta atención y estas promesas han atraído capital aventurero y el interés de la comunidad de Wall Street. Han emergido cerca de 200 compañías biotecnológicas pioneras, la mayor parte de ellas desde 1978. Esto ha reunido a una mezcla interesante de científicos y hombres de negocios, que frecuentemente resulta en que científicos sin experiencia previa como tales acaben convertidos en empresarios.

La inversión en investigación biotecnológica

Los planes empresariales (que han variado en calidad y profundidad) han comprendido desde las semillas, la ganadería, las enzimas industriales, los endulzantes artificiales y los medicamentos humanos, siendo estos últimos los que han atraído la mayor atención. La diversidad de tecnologías reunidas y su diversidad de aplicaciones han hecho difícil seguir y entender estos nuevos negocios. Sin embargo, el público ha clamado por mercancías de muchas de estas compañías, con ofertas públicas (cerca del billón de dólares). Además de los pioneros iniciales, las grandes corporaciones también han invertido fuertemente en biotecnología. Estas inversiones se han dado principalmente en fármacos humanos, compañías químicas y unas cuantas de las más grandes compañías semilleras. Mi propósito al detallar lo anterior es indicar el enorme interés comercial en estas tecnologías. Sin embargo, quiero aclarar que la investigación que dio origen a la biotecnología comenzó en instituciones académicas y continúa ahí actualmente. Los fondos federales para investigación han enfatizado estas áreas por medio de organismos

como la Fundación Nacional para la Ciencia (National Science Foundation NSF), El Departamento de Energía (Department of Energy-DOE), Departamento de Defensa (Department of Defense-DOD) y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Unites States Department of Agriculture). Abundan las publicaciones científicas periódicas con artículos completos destinados a estos temas. Las universidades han estado activas en formar especialidades curriculares, centros o institutos con el objetivo de proveer orientación y organización para la investigación biotecnológica. Se han fundado cátedras en biología molecular en muchas universidades. Se puede observar un espectro siempre creciente de conferencias de biotecnología. La investigación, tanto en el sector público como en el privado continúa siendo estimulante y excitante.

Investigación biotecnológica-definición de áreas

Hablar de biotecnología no es utilizar un término preciso, no hay alguno adecuado que abarque y defina a esta familia completa de tecnologías. Los campos tradicionales de la biología, como medicina, fitotecnia y zootecnia pueden ciertamente ser incluidos entre las biotecnologías, pero generalmente no se cobijan bajo el moderno paraguas de la biotecnología. Para nuestros propósitos, me gustaría incluir tres conjuntos de tecnologías. Estas tres tecnologías son: transformación genérica, anticuerpos monoclonales y cultivo de tejidos vegetales. El hilo conductor que corre a través de estas tres tecnologías es la manipulación genética que se hizo posible gracias ellos. Cada una de estas tecnologías dan origen a un rango amplio de aplicaciones.

La transformación genética

La primera tecnología es dependiente de la biología molecular, especialmente la clonación de genes y su transferencia para nuevos organismos.

Esta tecnología se ha hecho posible por el descubrimiento de una familia de enzimas que puede ser utilizada de un modo preciso para retirar piezas de ADN (ácido desoxirribonucléico). Un biólogo molecular calificado puede utilizar estas enzimas como tijeras y goma para cortar en pedazos una cadena de ADN e insertar nuevas piezas entre los extremos cortados. De ahí viene el término ADN recombinante. El trabajo inicial con este ADN se formó en 1973.

Dado que el código genético es esencialmente universal, es teóricamente posible identificar y retirar un gene de un organismo para colocarlo en otro. Además, después de la inserción y manipulación real del nuevo gene, es también posible modificar su nivel de expresión. Uno puede obtener niveles extremadamente altos de expresión de un gene clonado, lo que puede resultar en cantidades tremendas de producto de este gene.

Muchas de las aplicaciones comerciales de este alto nivel de expresión de un gene extraño se situaron generalmente en una bacteria. La bacteria se transforma en una fábrica para la obtención del nuevo producto genético. Por ejemplo, la insulina y la hormona de crecimiento humanas provienen de la E. Coli que ha sido transformada, por el gene de cada uno de estos compuestos.

Anticuerpos monoclonales

La segunda tecnología que se incluye bajo el paraguas mencionado, es la fabricación de anticuerpos monoclonales, conocida como tecnología del hibridoma. Cuando un sistema inmunológico animal está amenazado por algún organismo extraño, como durante una infección o por una vacunación, se produce un recibimiento completo de anticuerpos.

La entidad estimulante del sistema de inmunidad es definida como un antígeno o un inmunógeno. Los antígenos son típicamente protéicos, pero pueden contener también otras moléculas de diversa composición. Aunque una variedad de anticuerpos con grados variables de especificidad están produciendo anticuerpos en respuesta a una estimulación antigénica, las células encargadas de producirlos son bastante específicas para la clase de anticuerpo que se produce. Así, el rango de anticuerpos provienen de un rango de células, cada una produciendo una sola clase de anticuerpo y es posible aislar estas células individuales y fundirlas con largas células vivientes, generalmente células de mieloma, creando lo que llamamos hibridomas.

Cada hibridoma tiene la habilidad para producir una clase única de anticuerpo y si uno busca a través del rango de hibridomas que provienen de una única respuesta antigénica, uno encuentra que ciertos hibridomas producen anticuerpos extremadamente específicos. Estos anticuerpos, a los que se conoce como monoclonales, tienen una variedad de usos debido a su especificidad. Entre estos usos, están los diagnósticos y terapéuticos para enfermedades específicas y ciertas aplicaciones para purificación química o industrial. Los primeros informes sobre anticuerpos monoclonales se dieron en 1975.

Cultivo de células y tejidos vegetales

La tercera tecnología que estamos incluyendo es el cultivo de células y tejidos vegetales. Esta es, por mucho, la más antigua de las tres tecnologías. En realidad, los reportes más tempranos informan de cultivos de células vegetales creciendo justamente antes del fin del siglo pasado, en 1890.

El cultivo de tejidos vegetales ha sido utilizado por un buen número de años para propagar ornamentales, como orquídeas y para limpiar de infecciones virales en especies de cultivo de propagación vegetativa, como los madereros o frutales. Los cultivos de tejido están ahora siendo utilizados en una gran variedad de formas, seleccionando rasgos útiles y usando a las células como recipientes para la transferencia de genes.

Las manipulaciones de cultivo de células o de tejidos son muy dependientes de la especie. Es posible cultivar algunas especies como células individuales y para regenerar plantas completas de aquellas células, mientras que otras especies son difíciles de conservar aún como grupos de células.

Encontramos que, en general, los cereales han sido difíciles de cultivar y especialmente difíciles de manipular como células individuales. Lo opuesto es verdadero para especies tales como tabaco o zanahorias, en que cualquier parte de la planta puede ser cultivada y regenerada en plantas completas.

Eficiencia en la producción agrícola

Regresaremos en una posterior discusión a estas biotecnologías, lo que ellas son y lo que ellas no son y especialmente sus relaciones con campos tradicionales de la ciencia.

Queremos tocar ahora una consideración breve sobre la productividad agrícola. Quisiéramos pensar en función de eficiencia de la producción agrícola, refiriéndonos más a la productividad que a la producción per se. Debido al lugar donde usted reside, estamos seguros que es bien consciente de las crisis financieras enfrentadas por muchos granjeros de Iowa y sus abastecedores. Hay varias razones para esto, incluyendo la recesión global de los últimos cinco o seis años, así como el valor creciente del dólar, ambas han resultado en una demanda decreciente para los productos de granja de E.U. en el extranjero. En este contexto, hemos producido en exceso en relación con la

demanda y la sobreproducción, especialmente de maíz, trigo y soya, se ha hecho un problema mayor.

Una reacción inmediata a esta situación es reducir gastos para investigación agrícola. Pensamos que esto sería un error. Nosotros no utilizaríamos una estrategia basada en tratar con políticas de investigación agrícola, lo que les queremos proponer como premisa para los comentarios que haremos es que incrementando la eficiencia de la producción generaremos un impacto económico positivo para la sociedad.

Los Estados Unidos tienen una preeminencia en agricultura mundial que ha provenido de dirigir la investigación hacia lo más productivo de las tecnologías biológicas, químicas y mecánicas acopladas con mayor eficiencia y habilidades administrativas. Deberíamos sostener una buena investigación agrícola, que beneficiara tanto a consumidores como a productores. Esto requiere que pensemos más ampliamente cómo definimos la misión de la investigación agrícola. Es importante estar conscientes de ello, tanto los ciudadanos como las fuerzas económicas internacionales. Comercializamos productos en una economía mundial. Necesitamos proveer alguna protección para nuestra propia capacidad de producción. Es necesario, también, para asegurar esa investigación agrícola, tomar en cuenta lo concerniente a la salud y seguridad de los productores agrícolas y los consumidores. Aún más, el entorno y la calidad de la vida en áreas rurales también deberían estar considerados en la misión de la investigación agrícola.

La biotecnología - sus cualidades únicas

Nos gustaría regresar ahora a una anterior discusión sobre la biotecnología, qué es y qué no es, y su relación con otras áreas de la ciencia.

Mucho acerca de las nuevas tecnologías no es único. Hoy se las puede estar pensando simplemente como las nuevas tecnologías, que pueden algún día ser una lista impresionante de tecnologías agrícolas garantizadas. Esta lista incluye semillas híbridas, especialmente de maíz, productos químicos agrícolas, herbicidas e insecticidas y fertilizantes comerciales. Las contribuciones de la biotecnología tendrán que ser de tamaño adecuado antes de ser añadidas a esta lista.

El cruce de las fronteras entre especies

La habilidad de cruzar genéticamente las barreras entre especies es una de las propiedades únicas. Los criadores de plantas están restringidos generalmente por buscar otras especies dentro del cultivo que están tratando de mejorar o utilizar, en el mejor de los casos, a familiares estrechamente relacionados como fuentes de genes importantes, como aquellos que podrían proveer resistencia a enfermedades vegetales.

Por ejemplo, ha sido posible la cruce entre especies de hierbas estrechamente relacionadas con cereales. Aún cruces interespecíficas entre cereales como trigo y cebada son posibles, aunque no ha sido posible cruzar estas especies con maíz, también un cereal. Los genes de especies de hoja ancha como tomates, papas y soya no han sido accesibles para cultivo de cereales.

Utilizando técnicas de biología molecular es posible identificar genes en cualquier especie vegetal para transferirlos a una nueva planta. Aún estamos bastante limitados en el rango de especies donde esto es posible. También estamos limitados en nuestra habilidad para aislar genes.

La transferencia de genes en la mayoría de las especies de granja no ha sido lograda, pero presumimos que la tecnología será desarrollada.

La expresión de genes valiosos

Una segunda característica única de la nueva biotecnología es que da oportunidad para causar niveles altos de expresión de genes valiosos.

Hemos hecho previamente referencia a dos ejemplos de esto: la insulina y la hormona de crecimiento humanas. Los ejemplos en agricultura animal son: hormona de crecimiento bovina, que causa aumento en la producción de carne, así como ciertos agentes estimulantes antivirales o inmunológicos, como los interferones. En teoría, cualquier gene puede estar hecho para expresar niveles altos de su producto genético.

Oportunidades únicas de negocio

Creemos que otra característica única de la biotecnología será la oportunidad de cruzar áreas de negocio agrícolas tradicionales. Nos gustaría dar un par de ejemplos de estos: Utilizando ya sea selecciones de cultivo de tejidos vegetales o el enfoque de la biología molecular es posible manipular la composición bioquímica como calidad protéica.

Las proteínas están compuestas de unos 20 diferentes aminoácidos, diez de los cuales están considerados esenciales para puercos y aves de corral. Esto es, puercos y aves de corral no pueden producir estos aminoácidos.

Para formular una ración balanceada para ganadería es necesario complementar maíz con otra fuente de proteína, generalmente harina de soya, ya que la proteína de maíz es deficiente en dos aminoácidos esenciales, lisina y triptofano.

El mejoramiento de la calidad protéica del maíz para alimentación complementa el negocio, reduciendo la necesidad de harina de soya. La semilla sería utilizada para suministrar proteína mejorada y esencialmente para suministrar la ración balanceada.

Otro ejemplo de convergencia de diferentes negocios que involucran el uso de semillas es la fabricación de biológicos animales. Los virus están compuestos de un núcleo de ADN rodeado por un abrigo de varias proteínas. Cuando el virus invade un animal, el sistema de inmunidad de éste responde produciendo anticuerpos, generalmente contra una o dos proteínas predominantes en el abrigo del virus. En realidad, es posible estimular una buena producción de anticuerpos inyectando simplemente en un animal la proteína viral que eleve la respuesta inmunológica. El enfoque de la biología molecular para crear una vacuna consiste en aislar un gene que codifica para la proteína inmunogénica, transferir el gene a un tipo de célula que servirá como una fábrica para manufacturar grandes cantidades del producto genético y así aislar la proteína para utilizarla como vacuna. Una extensión de esta tecnología sería retirar el gene vital que codifica para el lugar inmunogénico y la proteína directamente en una célula vegetal. Si las células fueran de un núcleo de maíz, podemos imaginar al maíz como el vehículo de entrega para una vacuna animal oral.

Se consideran a las plantas de cultivo no solamente para entregar vacunas, también para lograr una calidad nutritiva mejorada de proteína, de carbohidrato o grasa, así como hormonas que realcen la eficiencia de conversión entre alimento y carne.

La investigación biológica tradicional

Las aplicaciones de la biotecnología son muy dependientes de nuestro conocimiento en áreas tradicionales de la ciencia. Hemos tratado de centrarnos en las tecnologías en sí mismas más que pensar en los campos de la ciencia que son esenciales para las aplicaciones biotecnológicas.

Hasta aquí nuestros comentarios se han centrado en las tecnologías, y ciertamente la mayor parte de lo que usted lee trata de las tecnologías manipulativas y no de las áreas tradicionales necesarias para sostener estas aplicaciones.

Para ilustrar esto, nos gustaría referirnos a nuestra propia compañía que ha experimentado algunas de estas nuevas tecnologías.

Tenemos tanto biología vegetal como organización de la investigación y atención a la salud animal.

Biología vegetal: Dentro de esta área formamos un grupo de investigación y tenemos gente entrenada en cultivo de células y tejidos, así como gente que tiene fuertes antecedentes en biología molecular.

Definimos estas tecnologías manipulativas como genéticas, ya que son realmente habilidades con toda una diversidad de prácticas y procedimientos para manipular plantas, células o genes individuales. Pero ninguno en nuestro grupo cursó en su educación formal áreas como cultivo de tejidos vegetales o biología molecular. En lugar de eso, los antecedentes de los científicos están en bioquímica, bioquímica física, genética, fisiología y microbiología. Uno de los proyectos que hemos perseguido es la mejora de la calidad protéica en maíz elevando los niveles de lisina y triptofano. Nuestro enfoque para hacer esto ha sido seleccionar por niveles altos de estos aminoácidos en cultivos de células, en gran medida de la misma manera que un microbiólogo seleccionaría por un mutante particular (Hibberd, et. al., 1986).

Se requiere una considerable habilidad y experiencia para manipular cultivos de células vegetales. No es un ejercicio trivial y sí mucho más complejo que hacerlo con una bacteria o levadura de crecimiento. Pero hasta antes de que fueran posibles las manipulaciones reales de los cultivos, se tenía que seguir una estrategia de selección basada en una comprensión de la bioquímica del sistema bajo selección.

Ha sido la comprensión de la ruta biosintética para triptofano la que nos permitió hacer nuestro trabajo de selección, hoy se conoce que hay una enzima que puede ser desregulada y con este procedimiento se debería guiar una sobreproducción de triptofano.

La biología animal

En nuestra investigación de salud animal se agrupan biotecnologías que conocemos como clonación, transferencia y expresión de genes y el aislamiento de anticuerpos monoclonales.

Nuestros intereses comerciales son tratar con enfermedades infecciosas y promover crecimiento y desempeño en ganadería. Debido a esto, las disciplinas de que nuestra gente proviene son: virología, medicina veterinaria, inmunología y bioquímica, microbiología y endocrinología.

No siempre hemos comprendido completamente la importancia de las disciplinas tradicionales y cómo impactarían el desarrollo de productos.

Cuando abrimos las puertas, nuestros objetivos de producción principales fueron producir vacunas para enfermedades virales en ganadería utilizando un enfoque de biología molecular.

Supusimos que si fuimos capaces de aislar la apropiada codificación de gene para el mejor inmunógeno y éramos entonces capaces de transferirlo a una bacteria y causar un nivel alto de expresión genética, tendríamos un antígeno que induciría la respuesta inmunológica apropiada. Cada paso de la biología molecular representó un reto considerable. Hubo un tiempo cuando habíamos sido capaces de aislar genes virales insertados en E. Coli, pero fue difícil obtener un adecuado nivel de expresión. Comprendimos que necesitábamos que el gene viral fabricara grandes cantidades de la proteína celular fabricada por él, de otra manera no tendríamos un producto comercialmente viable.

Estoy seguro de que si alguien viene a nosotros en ese momento y nos ofrece vendernos "un vector de expresión" eso daría niveles altos de expresión, quizás 5-6C-C de proteína de C / C, lo habríamos pagado encarecidamente para ello. Pero fuimos capaces a tiempo de manipular las regiones de control de los genes, de modo que obtuvimos este nivel alto de expresión.

Establecimos primero inmunizar animales pequeños y después los grandes para descubrir el grado de respuesta inmunológica y ver si, en realidad, podíamos proteger animales.

Hemos encontrado que éste es un ejercicio muy difícil y ahora hemos comprendido todo lo que hay acerca de estimular una buena respuesta inmunológica con un antígeno particular. Es básicamente en la inmunología el área donde necesitamos centrarnos para utilizar este método de vacunas eficazmente con el productor.

Se pueden diseñar genéticamente nuevos cultivos que no requerirán de pesticidas o que utilizarán menos agua y elaborarán su propio fertilizante. Con ello, la ganadería puede producir más y mejorar la calidad de la carne, la leche y los huevos para alimentación humana.

Los animales de granja pueden también ser inducidos a luchar genéticamente contra las enfermedades, de modo que no necesitarían antibióticos, hormonas, o vacunas.

Nuevos productos para biotecnología. La promesa

Puede llegar a dominar un nuevo uso, que mejora la ecología en el control de pestes en la agricultura, debido a que las mejoras biológicas lo han hecho posible a través de la biotecnología.

Como usted puede ver, algunos tienen grandes esperanzas para la biotecnología. Pero ¿cuál ha sido, en realidad, el impacto de la biotecnología hasta la fecha? La respuesta es, muy poco.

La resistencia a herbicida

La exposición de razones para obtener variedades cultivables resistentes a herbicida implica ensanchar el uso de un herbicida particular, de modo que puede ser aplicado a cultivos que de otra manera serían sensibles. La aplicación más positiva de esta tecnología involucra el uso de nuevos compuestos con mucho más baja toxicidad, donde se están aplicando cantidades más pequeñas del producto químico. Hay varios ejemplos

de utilización, ya sea cultivo de tejido o técnicas de biología molecular para incorporar resistencia a herbicidas en variedades cultivables. Sin embargo, la mayoría de estas investigaciones están trabajando con tabaco, que los científicos usan como un sistema modelo. Solamente un par de especies cultivables de granja, como el maíz, están en experimentación. Estas variedades estarán en algunos años en el mercado.

La resistencia a enfermedades

Hay varios laboratorios utilizando cultivo de tejidos para seleccionar por resistencia a ciertas enfermedades vegetales, especialmente aquellas enfermedades que producen toxinas. Introducir una toxina en los medios parecería ser razonablemente efectivo para seleccionar células que sean capaces de crecer en presencia de la toxina y así ofrecer alguna oportunidad para seleccionar con el tiempo plantas resistentes a ella.

Ha habido un éxito limitado con este enfoque (Gengenbach y Green, 1975). Usar la misma técnica de selección de cultivo de células para lograr resistencia a enfermedades que no producen toxinas, plantea una tarea algo más compleja.

El mejoramiento de la resistencia a enfermedades utilizando biología molecular no es muy posible. Tenemos poca información que nos permitiera obtener un condicionamiento de genes para resistir a patógenos de la planta.

Aunque los genes estuvieran disponibles, los patólogos se preguntan si este enfoque sería un medio a largo plazo para retrasar su acción en la planta. Los cultivadores de plantas han seleccionado por varias décadas las variedades resistentes a patógenos, seleccionando por un gene individual que confiera resistencia a cierto tipo de patógenos. Con el tiempo, éste muta y una nueva variedad virulenta se desarrolla.

Este ha sido un ciclo nunca terminado, que los patólogos y agricultores han intentado evitar cultivando algún nivel bajo de resistencia condicionada por múltiples genes y por tanto, reduciendo la oportunidad para que emerja una forma del patógeno altamente virulenta.

Resistencia a insectos

El trabajo de resistencia a insectos ha estado principalmente centrado en la toxina del Bacilo Thuringinui. Este trabajo está hoy todavía limitado por la cantidad de especies vegetales que pueden ser transformadas utilizando una técnica de transferencia de genes por medio de biología molecular. En general, muy poco está entendido de la base bioquímica para lograr la resistencia a los insectos y como resultado estamos enfrentando una situación no muy eficiente para tratar enfermedades vegetales, donde no somos capaces de identificar químicamente aquellos genes que fueran candidatos para la transferencia.

Eficiencia mejorada de fertilizantes

Quizás unas de las aplicaciones potenciales más ampliamente publicitadas de la biotecnología en la agricultura consiste en alterar genéticamente plantas de modo que se provean de su propia fuente de nitrógeno. Aparentemente esto podría ser especialmente útil para cereales donde el nitrógeno es el nutriente de mayor necesidad. Sin embargo, aquí hay problemas mayores. Primero, hay un número de genes responsables de la fijación de nitrógeno. El ejercicio de la biología molecular para obtener todos estos genes en un solo paquete y transferirlos en masa ha resultado muy difícil. Además, hay

demandas físicas y químicas del sistema, como las condiciones anaeróbicas requeridas por una de las enzimas iniciales.

Tolerancia a la tensión

Frecuentemente vemos la tolerancia a la tensión como algo que la gente está interesada en mejorar con la biotecnología. Sin embargo, nuestra experiencia ha sido que la tensión que enfrenta muy frecuentemente la agricultura del Medio Oeste varía con la estación y la ubicación y es bastante impredecible. En algunos años la humedad excesiva crea un problema de tensión. En algunas regiones, en otros años, la deficiencia de agua crea un problema. Las altas temperaturas pueden acentuar condiciones sedientas. Incluso, es posible tener condiciones sedientas sin temperatura alta. Las temperaturas frescas de primavera son además otra condición de tensión. Si uno pudiera definir la tensión en particular en torno a los suelos salinos, por ejemplo, creemos que habría alguna oportunidad para manipular materiales de cultivo, de modo que pudiéramos seleccionar variedades que soporten esta tensión específica. Para tratar con clases más generales se presentan grandes dificultades.

La calidad nutritiva

Utilizando cultivos celulares hemos sido capaces de elevar los niveles de triptofano a un nivel suficientemente alto en algunos materiales de cultivo, no habría así necesidad adicional de triptofano en raciones de puercos. Utilizando el mismo enfoque, hemos intentado elevar el nivel de lisina, pero sin éxito. Desde hace un año y medio, hemos estado intentando utilizar el enfoque de biología molecular para elevar lisina. Nos sentimos muy optimistas acerca de este enfoque y de las oportunidades a largo plazo para manipular la calidad nutritiva. Sin embargo, hay una gran necesidad de entender más acerca de la bioquímica y fisiología de la planta, de modo que podamos hacer más eficientemente estas manipulaciones.

Limitaciones para proveer nuevos productos

En general, tenemos una tremenda necesidad de un mayor entendimiento de la biología vegetal básica, esto es, la bioquímica, fisiología y genética de la planta, lo cual sería de la mayor ayuda para entender las relaciones huésped-patógeno, insecto-pesto y la demanda de las plantas por nutrientes y fertilizantes, así como los componentes bioquímicos útiles para los animales. Pensamos que esta es una brecha de conocimiento que limitará nuestra habilidad para mejorar variedades cultivables utilizando parte de las nuevas tecnologías. En contraste, ha habido al menos veinte años de investigación básica en bacterias y mamíferos que han colocado los cimientos para las aplicaciones médicas y genéticas.

Hay otra razón fundamental del porqué no es probable que estas tecnologías impacten a la agricultura tan pronto como han impactado a la medicina. Muchas de las aplicaciones médicas de la biotecnología involucran la producción de cantidades grandes de un producto genético. Estos productos serán utilizados ya sea como terapéuticos o para diagnóstico. El objetivo de la biología molecular al manipular estos genes, puede ser simplemente elevar la expresión del gene a los más altos niveles posibles dentro de los límites de la célula, para elaborar el producto genético. En general, los enfoques de biología molecular que imaginamos en plantas cultivables requerirán que el gene esté expresado en el tejido y el tiempo correctos y en cantidades apropiadas para causar el efecto deseado. Las variedades diseñadas genéticamente sin duda provendrán de variedades cultivables de élite, que pueden estar concebidas como adecuadas finamente a sistemas biológicos con muchas buenas cualidades, a las cuales estamos intentando,

simplemente, añadir un rasgo adicional. Hay una casualidad significativa en esta adición de otro gene para otro rasgo, que puede desorganizar el sistema. Aún más, no será fácil regular la cantidad, estructura y localización de los genes que escogimos para manipular. En resumen, debido al efecto final deseado, creemos que la tarea para manipular genéticamente a voluntad las variedades cultivables está demandando mucho más que la producción de terapéuticos humanos.

Aplicación a la ganadería

Nos gustaría hacer algunos comentarios acerca de cuatro áreas de productos en diagnósticos, terapéuticos, vacunas y hormonas de crecimiento para ganadería. Como mencionamos previamente, hay ya varios diagnósticos para enfermedades animales basados en el uso de anticuerpos monoclonales. Hay docenas de juegos de diagnóstico monoclonales basados en anticuerpos para enfermedades humanas. La tarea de producir estos juegos de diagnóstico no parece ser difícil. Sin embargo, los mercados animales no son grandes y es discutible, justamente, cuanto llegarán a desarrollarse, debido al pequeño tamaño del mercado. Los monoclonales también han sido desarrollados para utilizarse como agentes terapéuticos para tratar enfermedades animales, pero de nuevo, los costos de los bienes, que es el costo del anticuerpo monoclonal, pueden ser tan altos que limitará la cantidad de productos. Utilizar biología molecular para producir vacunas por medio de genes clonados virales, que codifican para proteínas inmunogénicas, generalmente no ha sido una experiencia exitosa. Aunque el producto genético, la proteína inmunogénica, puede mostrar exactamente la misma secuencia de aminoácidos que la proteína nativa, aparentemente los cambios en la conformación tridimensional pueden causar que estas proteínas sean inmunógenos pobres.

Fuera de algunas enfermedades virales que hayan sido estudiadas utilizando esta técnica, hay solamente un par de ellas donde las vacunas producidas hayan sido eficaces.

Producir hormonas de crecimiento animal parecería ser un área donde el uso de la biología molecular cuenta con un éxito técnico. Hay una considerable cantidad de procedimientos de trabajo en varias de las hormonas de crecimiento bovinas y porcinas, con un buen número de instituciones académicas y firmas comerciales persiguiendo su aplicación para mejorar la eficiencia de alimentación, tasa de ganancia y calidad de la canal, así como producción láctea.

Los productos de esta área de investigación representan potencialmente el mayor mercado de la ganadería y por lo tanto, han atraído la mayor actividad de investigación.

Biotecnología pública contra investigación privada

Hemos intentado, hasta este punto, dar un panorama del tamaño de la uña del pulgar de nuestras impresiones de parte de los aspectos técnicos de la biotecnología y de cómo las vemos impactar la productividad agrícola. Hay un cierto número de cuestiones no científicas que necesitan estar dirigidas porque creemos que hay otros aspectos de la agricultura o la investigación agrícola que también serán impactados por esta tecnología. La primera de éstas, es una pregunta acerca de quien estará haciendo la investigación y, en particular, quién hará el papel de las instituciones públicas de investigación agrícola. En el pasado, particularmente en la primera mitad del Siglo XX, el otorgamiento de tierra a instituciones e investigadores federales en el USDA, proveyó la mayor entrada de tecnologías y productos mejorados para la agricultura. El servicio de extensión agrícola fue un enlace vital al transmitir esta información, de aquellas instituciones a la granja. Desde la Segunda Guerra Mundial hemos visto el crecimiento de la industria de maíz

híbrido, el uso de fertilizantes comerciales se ha hecho rutina y el advenimiento de los pesticidas agrícolas, especialmente herbicidas, ha conducido a su uso como un insumo agrícola común. La industria de atención a la salud animal ha crecido durante esa etapa proveyendo productos para el control o prevención de enfermedades, como vacunas y antibióticos, y los productos de estímulo al crecimiento que alteran el metabolismo mejorando así la eficiencia de alimentación de mejoramiento y la calidad de la canal. Estos se han hecho comunes en el mercado. Los esfuerzos de investigación por parte de la industria privada han crecido tremendamente durante este tiempo, generalmente centrados hacia el conocimiento existente para solicitar tecnologías para el desarrollo de productos comerciales. Las mejores estimaciones sugieren que el sector público es responsable de dos tercios de la investigación en los inicios de 1950. Esta proporción de investigación ha ido cambiando hacia el sector durante el principio de los años ochentas (Ruttan, 1986). Las unidades públicas de investigación agrícola han continuado trabajando en una mezcla de investigación básica y aplicada. Ellos también han asumido la responsabilidad para trabajar en aquellas áreas aplicadas donde los incentivos comerciales no son suficientes para generar esfuerzos de investigación privada.

Las tecnologías basadas en la biología molecular, así como la tecnología del anticuerpo monoclonal, dieron origen a la investigación agrícola en esta área, pública o privada. Debido a esto, hay una nueva mezcla de elementos trabajando en proyectos que muchas veces impactarán directamente la investigación agrícola. Encontramos una parte creciente de esta investigación conducida fuera de las escuelas de agricultura y también 25 financiamientos crecientes en estas escuelas, cuyas fuentes procedentes son de fuera del USDA o de las estaciones experimentales del estado. Esta nueva mezcla da como resultado instituciones acopladas con inversiones masivas de firmas de biotecnología y de grandes corporaciones, lo que está creando una imagen diferente de la investigación agrícola.

¿Cuál será la interacción y comunicación entre los diversos grupos de investigación?
¿Qué reestructuración tendrá lugar? ¿Cómo se transformará el papel de las estaciones experimentales agrícolas y el USDA? ¿Estará todo el énfasis en la biotecnología y se hará necesario un severo corte en la investigación necesaria en las disciplinas tradicionales?

Biotecnología y aceptación pública

Un segundo nivel tratado es el de la comodidad del público que utiliza estas nuevas tecnologías. La biotecnología ha generado algún miedo y oposición debido a su habilidad para tomar genes de unas especies y ponerlos en otras, algo que la naturaleza ha evitado en el pasado. Las críticas temen que la liberación de formas particularmente virulentas de nuevos organismos tenga efectos no anticipados. Se preocupan acerca de la adulteración de alimentos por materiales producidos en altos niveles por organismos que han sido construidos con esa capacidad. Aquellos involucrados en la biotecnología discuten que los organismos modificados genéticamente han sido desarmados apropiadamente y que nosotros estamos, después de todo, tratando simplemente con genes naturales que elaboran normalmente productos genéticos y que hay, en realidad, oportunidad por mayor seguridad. Un ejemplo sería hacer plantas resistentes a enfermedades, más bien que desarrollar productos químicos para controlar enfermedades. No obstante, se han generado considerables intereses, tanto federales, estatales y aún municipales que han realizado actividades tendientes a proveer una estructura reguladora apropiada para evaluar la seguridad de la actividad de investigación por sí misma, así como de los productos que se desarrollan. En el nivel federal, una comisión presidencial ha involucrado a unas quince agencias federales como la Agencia de Protección Ambiental (EPA), los Institutos Nacionales de Salud (NIH), la Fundación Nacional de Ciencia (NSF), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y

la Administración de Alimentos y Drogas (FDA) para conseguir un conjunto de políticas reguladoras. No está claro hoy qué cuestiones reguladoras será necesario enfrentar para ganar aprobación, en particular en qué áreas de investigación o productivas.

La biotecnología. Temas sociales y económicos

Finalmente, hay temas socio-económicos a considerar, debido a algunos de los productos derivados de la biotecnología. Estamos observando ya parte del interés de los granjeros acerca de la hormona de crecimiento bovina. Cuando la inyectan en vacas, esta hormona de crecimiento puede mejorar la conversión alimenticia y la producción tanto como 40 veces. Ciertos granjeros de lechería están diciendo que esto es un riesgo para los precios de la leche y su propia seguridad financiera, debido a la posibilidad de una sobreproducción de leche. Aquellas compañías que fabrican este producto argumentan que la hormona de crecimiento bovina es una técnica neutral. Tanto los granjeros pequeños como los grandes pueden utilizar el producto. No obstante, un grupo de granjeros en Wisconsin está luchando contra la aprobación del producto, a partir del argumento de que ellos no la utilizarán. El Mercado Común Europeo está considerando una prohibición completa de estos productos y similares. Si el consumo de leche sólo se mantiene y este producto aumentara la producción, entonces está estimado que los precios de la leche caerán y la cantidad de vacas y granjas lecheras también declinará. ¿Cuáles granjeros serán los más afectados?, ¿cuántas granjas realmente desaparecerán? ¿Cuáles serán las oportunidades de empleo para los granjeros desplazados?

Resumen

Hemos intentado dar algunas de nuestras impresiones acerca de la naturaleza de la biotecnología y sus posibles repercusiones en la productividad agrícola, así como comentar en parte los temas más significativos que pensamos que van adelante de nosotros. No sabemos, en este momento, qué tan grande será el impacto de estas tecnologías.

Por momentos, las promesas de estas tecnologías y sus productos han sido excesivas en relación a lo que realmente pueden ofrecer. Por otra parte, hay oportunidades significativas para algunos productos revolucionarios. Sin lugar a dudas, veremos una mezcla de productos que representan ligeras mejoras en el producto tradicional, junto con productos que tenemos todavía que concebir. La agricultura está cambiando por otras razones que la biotecnología y va a cambiar debido a ésta. El reto es participar en estos cambios y tratar de dirigirlos al beneficio de la sociedad.

CITAS:

[*] (1988) Journal Iowa Academy of Sciences. Traducción de Yolanda Cristina Massieu Trigo. Profesora-investigadora del Grupo de "Biotecnología y Sociedad", Departamento de Sociología, UAM-A.

BIBLIOGRAFIA:

Doyle, Jack (1985). La agricultura alterada genéticamente y el destino de los alimentos mundiales. Viking Press. New York.

Gengenbach, B. G. y C. E. Green (1975). "Selección de T-citoplasma de maíz resistente a la toxina de Helminthospori", Crop Science. 15:645-649.

Hibberd, K A., M. Barker y Anderson, P. C. (1986). "Mutantes sobreproductivos de cultivos de cereales". United States Crops. Number: 4, 581, 847.

Ruttan, Vernon (1986). "Algunos intereses políticos en la investigación agrícola. Agencia de política de ciencias agrícolas". Spring Hill Center. Wayzata, Minnesota, April 29-May.