

### CAPÍTULO 3

## El papel de la tecnología en el sistema de producción agropecuario



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE MEDELLÍN  
DEPTO. DE BIBLIOTECAS  
BIBLIOTECA "EFE" GÓMEZ

DE MANERA SINGULAR DEBE DESTACARSE, igualmente, la educación superior, la ciencia y la tecnología, componentes, por sus mutuas interacciones difíciles de separar, de factores movilizados de la producción y garantía de la generación y supervivencia de modelos productivos ancestrales y/o alternativos o de *referenciar qué y cómo debemos producir*; competentes para dinamizar las economías rurales, con profunda consideración y complementariedad con la naturaleza y capaces de insertarnos de manera eficaz y competitiva en una economía global.

La educación y la formación deberían dar respuesta a la pregunta formulada por Uribe Calad<sup>1</sup>:

Cuál es el tipo de tecnología que se quiere para el sector agropecuario colombiano, si se quiere una producción agropecuaria competitiva y sostenible, con enfoques tecnológicos que favorezcan también a sectores desprotegidos, complementados con acciones de inversión en desarrollo social, o si se quiere continuar exponiendo al sector agropecuario nacional a la competencia extranjera basada en tecnologías acordes con una dotación de recursos productivos diferentes a los del país. Sesgo tecnológico de uso de factores de la función de producción. La necesidad de generar ciencia y tecnología de tipo nacional se basa tanto en la especificidad y complejidad de la dotación de los recursos en el país, como en el fuerte impulso y desarrollo tecnológico agropecuario en el ámbito mundial, desarrollo tecnológico sesgado hacia la utilización extensiva de los recursos abundantes y ahorrador de los recursos escasos de los países más desarrollados y localizados en tierra templada.

---

<sup>1</sup>Uribe Calad, *op. cit.*, p. 2.

Éste sería uno de los primeros interrogantes a resolver por nuestra educación superior, a partir de las características y calidad de nuestros recursos productivos: tierra, capital y mano de obra, y de la capacidad institucional para la generación de conocimiento e innovación tecnológica. La pregunta es válida cuando se conoce que en el sector agropecuario, según Balcázar<sup>2</sup>

El registro de cambios tecnológicos se circunscribe a las modificaciones que experimenta el proceso productivo en un cultivo determinado, bien sea por la incorporación de nuevos insumos, el mejoramiento de los recursos usados, o bien por la modificación en la forma como se utilizan los mismos. Este enfoque de análisis de la dinámica tecnológica da lugar a una percepción restringida que no permite detectar cambios en las pautas de uso de la tierra, que se producen como respuesta a múltiples factores como, por ejemplo, la disminución de la distancia relativa a los mercados (por desarrollo de la infraestructura y tecnología del transporte), el aumento de la presión social sobre la tierra, el descubrimiento de nuevos recursos, etc. Estos desarrollos, por lo general, abren posibilidades a usos más intensivos de la tierra, los cuales llevan consigo no sólo la intensificación de los cultivos existentes, sino que también implican el desplazamiento de unos sistemas de uso del suelo por otros nuevos.

Es decir, la respuesta a nuestra gran variabilidad de localización territorial-edafoclimática deberá partir de reconocer que no existen soluciones universales para unos espacios llenos de singularidades productivas y socioculturales.

Por ello, "sin capacidad de crear no es posible hacer uso novedoso de tecnologías ni adaptaciones a las condiciones locales. En segundo lugar figura la difusión de innovaciones recientes, como la manera de aprovechar la posibilidad de la era de redes. En tercer lugar está la difusión de viejas invenciones, pues el desarrollo tecnológico es un proceso acumulativo y necesita la difusión generalizada de éstas, para poder adoptar las posteriores. Finalmente se incluye la masa crítica de conocimientos especializados para garantizar dinamismo tecnológico"<sup>3</sup>.

La acción gubernamental en este campo permitió crear el Consejo de Ciencia y Tecnología Agropecuaria como organismo responsable de dictar las políticas generales de investigación y transferencia de tecnología y de adaptar planes

---

<sup>2</sup> Álvaro Balcázar V. 1990. Tamaño de finca, dinámica tecnológica y rendimientos agrícolas. *Coyuntura Agropecuaria* 7 (3), pp. 108-125.

<sup>3</sup> Ramírez, *op. cit.*, p. 3.

y programas que se formulen en esos campos. Posteriormente se da vida a una instancia parecida para la promoción del sector agroindustrial. Igualmente, se ejecuta el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pro-natta), articulado al Sistema Nacional de Tecnología Agropecuaria (Sintap), que tienen como propósito generar y transferir la tecnología, dirigida prioritariamente a mantener y aun a elevar la competitividad de los productos que ya han alcanzado cierto nivel, a desarrollar productos potenciales para exportación y a impulsar sistemas integrales para la producción campesina. En esto último los resultados son deficitarios y, por ende, es necesario un esfuerzo renovado.

A pesar de toda esta institucionalidad e intencionalidad para reactivar el campo, el ICA fue prácticamente liquidado como centro rector de la generación de ciencia y tecnología agropecuaria, y sustituido parcialmente por Corpoica, ente sin mayor capacidad de responsabilizarse de esta tarea. El Sintap y el Pro-natta ya ni se mencionan en el Plan Nacional de Desarrollo.

### **Desarrollo tecnológico, innovación y transferencia**

Es obvio reconocer que para el cumplimiento de estas tareas no sólo existen las universidades públicas y Corpoica; el sector privado, de manera continua, ante la poca oferta para sus proyectos productivos específicos, se ha dado al ejercicio de constituir, para los sectores más dinámicos o de mayor trayectoria, estructuras para el desarrollo de investigación sectorial; los ejemplos son conocidos: bananeros, palmeros, cafeteros, azucareros, etc. Muchas de estas instituciones articuladas a convenios de competitividad, calidad y programas de promoción de exportaciones, impulsados por el gobierno. Estas nuevas entidades investigativas han entrado a competir eficientemente por los recursos de ciencia y tecnología asignados por Colciencias y otros entes gubernamentales. Es urgente apropiarse de este nuevo panorama competitivo, para captar, mediante alianzas o propuestas innovadoras, parte de los escasos recursos disponibles en este campo.

Con independencia de quién haga la oferta, se demanda por un desarrollo de tecnologías que permitan utilizar los recursos naturales con el criterio de mejorarlos o mitigar los impactos de la producción sobre los mismos. *Se podría afirmar que las tecnologías imperantes no son garantía de la supervivencia. La contaminación del aire, el agua y el suelo, la deforestación, la proliferación de plagas y enfermedades, etc., evidencian los desequilibrios generados y el desgaste del desarrollo tecnológico dominante.*

Para abordar las anteriores temáticas desde la investigación agropecuaria, resultará útil el enfoque de sistemas, al intentar explicar lo dominante en el medio natural, a través de enunciados teóricos, por ejemplo: la teoría de la complementariedad, que confronta el enfoque teórico sustentado en la teoría de la competencia, el cual se ha venido ejercitando. El escenario es difícil y complejo, es un desafío para lograr un desarrollo tecnológico sostenible como asunto vital.

Sobre el fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y su transferencia como elementos esenciales para el desarrollo rural, Uribe Calad<sup>4</sup> señala:

Desde las sociedades recolectoras y cazadoras hasta nuestros días, e incluso desde antes, la evolución del hombre ha estado basada en su capacidad de utilizar herramientas y acumular conocimiento, es decir, en los adelantos científicos y tecnológicos de la humanidad... Las definiciones aceptables de desarrollo sobrepasan el solo crecimiento económico, dado que buscan objetivos adicionales de equidad, bienestar y sostenibilidad ambiental. La función de producción que combina recursos y los convierte en productos es básicamente el resultado de la ciencia y la tecnología, entendida dentro de su sentido microeconómico, y la sumatoria de uso de los recursos, la que nos define el nivel de desempleo. ¿Por qué no existe un índice de desempleo de la tierra arable?

El ponente continúa resaltando la escasez de aportes tecnológicos para nuestro desarrollo sectorial, e igualmente pone en cuestión la actual oferta tecnológica que no corresponde a nuestras necesidades y recursos, al no considerar las condiciones edafoclimáticas y socioculturales de nuestros productores agropecuarios; que nuestras ventajas comparativas nos ponen en la disyuntiva de diversificar para encontrar nichos de mercado donde podamos ser competitivos. Reconoce, igualmente, que nuestra base de recurso suelo no es tan ilimitada y que los suelos de buena fertilidad dan sustento a las actividades productivas denominadas empresariales, donde es posible incorporar recursos de capital; destaca, también, la disminución de los recursos financieros y presupuestales de asignación gubernamental, para emprender la tarea de presentar una variada oferta tecnológica, que asuma nuestra gran variabilidad natural y productiva por parte de Corpoica, garante de esta responsabilidad. Factores que redundan en la incapacidad de competir en los mercados internacionales. Concluye que estas visiones y escasez de recursos han limitado un papel más protagónico y los aportes de la institución.

---

<sup>4</sup> Uribe Calad, *op. cit.*, p. 1.

Sobre esta ponencia han interlocutado otros autores, cuyas principales observaciones se resumen a continuación: Aquí vale preguntarse —opina Berdegu<sup>5</sup>—:

Por qué la innovación tecnológica en el agro colombiano marcha rezagada respecto de las potencialidades, necesidades y demandas de la sociedad, tanto en el plano de la búsqueda de mayores niveles de competitividad en los mercados, como en el de la reducción de la pobreza y el logro de mayores niveles de calidad de vida de la mayoría de los habitantes rurales, para nosotros y para las generaciones futuras. Parte de las respuestas estarían en: a. Una incoherencia entre el *stock* de conocimientos científicos y tecnológicos básicos y las condiciones agroecológicas y sociales del medio rural colombiano. El conocimiento científico y tecnológico predominantemente disponible, surgido de la revolución verde, se orienta a las condiciones y requerimientos de suelos planos, mecanizables, con alta fertilidad, disponibilidad de agua y clima favorable. Muchos de los conocimientos y tecnologías de la Revolución Verde requieren importantes economías de escala para expresar su potencial, y la mayor parte de las fincas colombianas son muy pequeñas y fragmentadas. b. La inconstancia de las políticas de ciencia y tecnología agropecuarias, toda vez que las innovaciones introducidas en la primera mitad de la década de los noventa, y que se expresan en la creación de Corpoica, fueron debilitadas o descontinuadas antes de que pudieran dar resultados.

Para Edgardo Moscardi<sup>6</sup>:

Los desafíos de Colombia como país de agricultura tropical para generar y difundir tecnologías adecuadas son diversos. El tema de la heterogeneidad es clave en el planteamiento y debe tomarse particularmente en cuenta para no atomizar los escasos recursos de investigación. La implicación de la heterogeneidad es la necesidad de identificar clústeres competitivos para un conjunto prioritario de actividades productivas, y concentrar los recursos de investigación en los problemas de desarrollo tecnológico que se encuentran en el ámbito de esos clústeres. Es claro que se encontrarán efectos de desborde hacia otras zonas, pero la concentración de recursos es fundamental.

---

<sup>5</sup> Julio Berdegu. 2000. Comentarios a la ponencia "Fortalecimiento de la ciencia y la tecnología: elemento esencial para el desarrollo rural". Internet.

<sup>6</sup> Edgardo Moscardi. 2000. Comentarios a la ponencia "Fortalecimiento de la ciencia y la tecnología: elemento esencial para el desarrollo rural". Internet.

Según Camilo Aldana<sup>7</sup>, el reconocer, “a grandes rasgos, las características de Colombia como país tropical y de gran heterogeneidad y complejidad demuestra la inconveniencia de adoptar tecnologías generadas y desarrolladas para países de clima templado, con una dotación de recursos naturales muy diferente al nuestro. A esta inadecuación se atribuyen los problemas de equidad y de sostenibilidad de la llamada revolución verde”.

Aldana añade otro argumento de gran peso para justificar la necesidad de un mayor desarrollo de la ciencia y la tecnología, que consiste en el paso que ha dado el país de un sector agropecuario fuertemente subsidiado, a la apertura con rezagos en la tasa de cambio, generando la pérdida de rentabilidad de los productos tradicionales.

La adopción de tecnología desarrollada para los países de las zonas templadas no sólo tiene los inconvenientes obvios derivados de nuestro ambiente natural diferente y diverso, sino además de las restricciones causadas por nuestro menor nivel de ingresos y de acceso al capital, de manera que el grueso de los productores no puede adoptar tecnologías que impliquen una alta inversión.

Lo anterior no significa que deban desconocerse y desaprovecharse los avances científicos y tecnológicos generados en otros países. Por el contrario, el país debe desarrollar la capacidad y la estrategia necesarias para tener acceso, conocer y evaluar dichos avances, discernir cuáles de ellos son adecuadamente utilizables en nuestro medio y diseñar procedimientos para adaptarlos a nuestras condiciones.

Desafortunadamente, la generación de tecnología para países tropicales es escasa y, por lo tanto, las posibilidades de transferencia desde países más desarrollados no son tan grandes como aquella de la que se pueden beneficiar países del tercer mundo ubicados en la zona templada.

Las anteriores restricciones son especialmente graves en un contexto de globalización, en el cual la alta exigencia de competitividad representa a su vez una enorme exigencia en innovaciones tecnológicas. Éstas son esenciales, tanto para incrementar la productividad de las actividades ya existentes y que ahora no pueden contar con la protección y subsidios estatales del pasado, como para permitir el desarrollo

---

<sup>7</sup> Camilo Aldana. 2000. Comentarios a la ponencia “Fortalecimiento de la ciencia y la tecnología: elemento esencial para el desarrollo rural”. Internet.

competitivo de nuevos emprendimientos. Todos los países, acuciados por la globalización, se ven incitados a hacer grandes esfuerzos para incrementar la productividad y para adecuar los productos lo mejor posible a las exigencias del consumidor; los que no lo hagan, indefectiblemente, se quedarán más rezagados.

El gran tema que [Uribe Calad] ha dejado por fuera, al tratar del fortalecimiento de la ciencia y la tecnología como elemento esencial para el desarrollo rural, es el de la conformación y el funcionamiento del sistema nacional de ciencia y tecnología agropecuario, dentro del cual en la práctica Corpoica ha desempeñado un gran papel, pero que requiere un mejoramiento y fortalecimiento substanciales.

Pero también es cierto que, en la medida que el pensamiento científico y su aplicación a la producción material se inserta, "Esta nueva tecnología deberá ser objeto de actividades de investigación y extensión. Habrá que prestar más atención a la intensificación de sistemas, adaptados a la optimización de rendimientos del factor de producción que sean decisivos en cada situación. Los medios de generar y comunicar nuevas tecnologías deberán responder mejor al desafío planteado por la mayor diversidad agroecológica y socioeconómica"<sup>8</sup>.

Indiscutiblemente, la nueva tecnología ha sido la fuerza propulsora más consistente del desarrollo agropecuario. Y en el futuro las formas para lograr la seguridad alimentaria serán distintas de las que se han adoptado en el pasado, como consecuencia de que las reservas de buenas tierras con potencial de producción son cada día menores, de la estabilización de la productividad a un nivel elevado en las regiones que han introducido tecnología moderna, y de la degradación de la base de recursos en zonas de alto o bajo potencial. Desgraciadamente, los beneficios de las ventajas tecnológicas están muy desigualmente distribuidos.

Planteando la misma problemática de nuestro modelo de producción, Nieto Arango *et al.*, señalan<sup>9</sup>:

A pesar de contar Colombia con un sistema de ciencia y tecnología agroalimentaria, su funcionamiento, como tal, acusa serias debilidades en las diferentes fases de generación, transferencia y adopción, en las formas de orientación y articulación entre funciones y componentes, en su financiación y en los sistemas de información

<sup>8</sup> FAO, *op. cit.*, p. 27.

<sup>9</sup> Luis Nieto Arango *et al.* 1998. *Plan Estratégico Indicativo de la Ciencia y la Tecnología Agroalimentaria: 1998-2002*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Colciencias.

de los que dispone. Sumado a lo anterior, la privatización de las empresas estatales, proceso del cual partió la transformación del único centro de investigación agropecuaria (ICA) y la creación de Corpoica, generando un modelo distinto de gestión estatal en los campos de la investigación agropecuaria, que buscó transferirla a los particulares y del control sanitario del sector —que decidió preservarlo bajo la responsabilidad del estado— [...] El desmonte del andamiaje institucional sobre el cual descansaban la generación y transferencia de tecnologías, para pasarlo al sector privado, no resolvió el problema de ineficiencia. Actualmente, el modelo Corpoica ha hecho crisis, pues el sector privado no ha asumido el papel que el modelo de privatización le asignó.

Independientemente de que se pueda coincidir con algunas observaciones de los anteriores interlocutores, se han dejado de lado dos elementos cruciales: 1. La exclusión de las universidades públicas y sus facultades de ciencias agropecuarias como integrantes y protagonistas en la conformación de un sistema Nacional de Ciencia y Tecnología; su participación y compromiso sólo son tenuemente mencionados. 2. El papel que juegan los desarrollos agroindustriales como un norte para reorientar la producción, logrando mayor valor agregado de la producción agropecuaria y forestal, y posibilidades de empleo y distribución del ingreso. Los relatos de unos y otros ponen de presente la inconsistencia y la falta de coordinación entre políticas, planes, programas e instituciones responsables de orientar, no sólo la ciencia y la tecnología, sino todo el aparato productivo que discurre en el escenario rural. Igualmente, no hay respuesta para el 90% de los productores que —como está demostrado— no pueden beneficiarse de los programas de Corpoica (de la mano de los gremios), paralelamente de Proagro-Finagro y con ello de recursos financieros.

Es axiomático que, en el contexto de una economía globalizada, la producción agropecuaria, forestal y agroindustrial ha resultado la más vulnerable y damnificada. Y uno de los factores críticos para mejorar la producción y ser eficientes es la generación de un tipo de tecnología que sea compatible con el nivel de recursos que poseen los agricultores o productores. En esa línea el desarrollo tecnológico debería tener más presencia y énfasis en la formación de los profesionales del sector agropecuario.

Y para hacer viable y perdurable ese aporte de la tecnología es conveniente recordar que “uno de los grandes ejercicios de ingeniería social que ha conocido la historia, lo constituyó la Revolución Verde. Como producto de ella, la producción de alimentos se incrementó a tal punto que hoy un ser humano po-

dría consumir unos siete kilos de granos al día, pero paradójicamente miles de personas mueren de hambre. La Revolución Verde implicó la universalización de la opción tecnológica predominante en la agricultura norteamericana<sup>10</sup>. Ese modelo de producción agotó su capacidad de dar respuestas más amigables con el medio ambiente, validando la paradoja de una gran abundancia en medio de la hambruna de muchos pueblos.

Este enfoque tecnológico estaba sustentado por la simbología del hombre supranatural, enemigo de la naturaleza y capaz de transformarla usando la racionalidad. A pesar de los incrementos notorios de este modelo de producción, desde el punto de vista técnico, su debilidad radica en su enfoque reducido de las relaciones naturales existentes, definiéndolas en términos de causa-efecto en forma lineal, ignorando la reciprocidad que existe en el medio natural. Afortunadamente este error empieza a ser reconocido y se está popularizando el denominado enfoque de sistemas para la investigación agropecuaria. Si se asume la validez de este enfoque, permitirá descubrir los elementos teóricos sustentatorios del medio natural en el trópico: la biodiversidad<sup>11</sup>.

Desde una perspectiva más amplia, y reconociendo que no basta la innovación tecnológica, Moscardi plantea que el valor de

La innovación tecnológica también depende de las acciones de otros: los mercados, las agroindustrias, las reglas de comercio internacional, los derechos de propiedad, la paz social en el campo, de los organismos encargados de construir caminos o puentes, del sistema educacional, etc. Los sistemas de innovación tecnológica diseñados en América Latina a partir de los años cincuenta y sesenta, tomaron una visión mucho más estrecha y limitada. El modelo convencional de generación y transferencia de tecnología es aún hoy día más o menos el siguiente: organismos internacionales de investigación, universidades de países desarrollados => organismos nacionales de investigación => Sistema de transferencia y extensión => productores<sup>12</sup>.

Esta cadena presenta muchas rupturas y condicionamientos que no han permitido una mayor integración para producir resultados más trascendentes,

---

<sup>10</sup> Germán Bustos. 1993. Ingeniería agrícola para el desarrollo sustentable. Bogotá. Fotocopiado.

<sup>11</sup> Adriano García. 1995. Agricultura y desarrollo. Palmira. Fotocopiado.

<sup>12</sup> Moscardi, *op. cit.*, p. 12.

lo cual ha conducido a un replanteamiento de los gobiernos por privilegiar la iniciativa privada, hasta en el campo de la investigación, innovación y transferencia tecnológica.

Asimilando los fenómenos anteriores y en la búsqueda de nuevas opciones tecnológicas y de producción, que desborden lo meramente tecnoproductivo, la Universidad Nacional invoca:

Así como la generación de una ciencia y una tecnología propias constituyen el reto del desarrollo económico; frente al proceso de globalización el reto para la sociedad colombiana se plantea como la posibilidad de configurar un nuevo proyecto de Nación, que vaya más allá de lo geográfico y de la tradición histórica y que a su vez incluya una concepción mucho más dinámica de la cultura como elemento cohesionador de lo nacional, y le permita al país, de este modo, integrarse desde un punto de vista propio en la aldea global<sup>13</sup>.

En ese horizonte, y ante los desarrollos de la biotecnología, Hoy más que nunca el hombre pretende trabajar la naturaleza y, al mismo tiempo, hacer que ella trabaje a nuestro arbitrio y en beneficio nuestro. Es como si la naturaleza nos hubiera sido entregada a los hombres tan sólo en función de lo que de ella seguimos ignorando. Pero en la actualidad las biotecnologías, esas prácticas de dominio y producción de vida que son el resultado de la aportación de la ingeniería genética y de los avances de la biología molecular, parecen anunciar una nueva era<sup>14</sup>.

Esta nueva técnica para manipular la vida es formulada como un desarrollo investigativo muy específico y con múltiples posibilidades de aplicación en agricultura, industria y ganadería; requiere una centralización total del conocimiento, de grandes inversiones en investigación y de mercados internacionales abiertos y confiables. Este desarrollo tecnológico ha dado lugar a renovadas esperanzas y a la vez a incertidumbre y temores por sus implicaciones éticas, sociales, geopolíticas y ambientales; también podría resultar en una nueva versión de la Revolución Verde, en la medida que sea direccionada por las grandes transnacionales que ya han acaparado las primeras patentes.

Y aunque parezca paradójico, Colombia podría sacar provecho del conflicto entre lo orgánico y lo transgénico (el miedo), lo cual es bien ilustrado por Echeverri cuando expresa<sup>15</sup>:

<sup>13</sup> Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia, *op. cit.*

<sup>14</sup> Gros, *op. cit.*, p. x.

<sup>15</sup> Juan Carlos Echeverri. 2001. Las enseñanzas. *Semana*. 1989, abril, pp. 46-47.

En la cultura agropecuaria el futuro puede estar en el pasado. En efecto, Europa y Estados Unidos se esfuerzan por (de)volverse orgánicos durante los próximos años. Las granjas industriales llenas de vacas locas y pepinos de dos metros, ahora dan más miedo que utilidades. Colombia debe explotar el hecho de que una parte de su agricultura puede ser orgánica. Ahora bien, los analistas nos informan de las potencialidades y riesgos de los cultivos transgénicos. Este dilema incómodo va a ocupar buena parte del debate en el futuro cercano.

En ese plano, aprovechando la alta sensibilidad por la alimentación sana e inocua,

Dentro de la innovación tecnológica en el sector agroindustrial, posiblemente la tendencia de cambio más importante en la producción de los alimentos en el ámbito mundial, sea de tipo filosófico y se fundamente en los conceptos interrelacionados de manufactura invisible, alimentos mínimamente procesados y tecnología de barreras... El concepto de manufactura invisible se basa en el deseo del consumidor actual, ante la evidencia que el producto ha sido objeto de algún tipo de procesamiento industrial, por reducirlo a un mínimo; se parte así mismo de la base de que el consumidor prefiere procesos físicos en lugar de procesos químicos<sup>16</sup>.

El concepto de alimentos mínimamente procesados consiste en situar la preservación de la frescura de los ingredientes utilizados, como un objetivo esencial del proceso empleado; por preservación de la frescura se entiende la apariencia de la misma. A su vez, el concepto de tecnología de barreras busca asegurar la conservación de los alimentos mediante tratamientos suaves que permitan mantener inalteradas sus cualidades fundamentales, definición que excluye parte de los procedimientos térmicos tradicionales; dentro del concepto analizado, ese objetivo se logra a través de la aplicación de varios procedimientos, los cuales actúan en forma complementaria y sinérgica, ya que, en general, ninguno de ellos, en forma aislada, aseguraría la conservación del producto.

Asociado y complementario de las anteriores tendencias y desarrollos, el diseño de nuevos empaques ha jugado un papel muy importante para conservar la calidad de los alimentos y la salud de los consumidores. Estas demandas de los consumidores y los consecuentes desarrollos tecnológicos que generan,

---

<sup>16</sup> Juan Castell. 1993. Criterios y propiedades de investigación en la agroindustria. Colciencias. *Nuevas tecnologías para recrear el agro*. Bogotá: Tercer Mundo, pp. 67-84.

representan una fuente de oportunidades para los productores, el desarrollo rural y la formación en ciencias agrarias.

### *Tendencias de desarrollo e innovación tecnológica*<sup>17</sup>

Podemos establecer que en el futuro los alcances del desarrollo de las diversas actividades productivas se centralizarán en la obtención de desarrollos tecnológicos para la producción industrial y agroindustrial, mediante reconversiones de energía, la calidad y la flexibilidad en la producción y la optimización de costos, tiempos y movimientos, con un manejo eficiente y sostenible, y la agricultura de precisión, fundamentada en sistemas de posicionamiento global (SIG).

Lo anterior pone de presente las temáticas que estarán influenciando la innovación tecnológica y el desarrollo científico y por ende, la producción de bienes y servicios; ellas son:

#### **Biotecnología**

En razón de sus altos inventarios de recursos naturales,

Colombia fue considerado por muchos años un país de vocación agrícola, pero hoy su mayor potencial de desarrollo sostenible se soporta en recursos humanos y en su gran biodiversidad. La construcción de opciones de desarrollo alrededor de la biodiversidad debe forjarse desde diferentes perspectivas; una de ellas es la relacionada con el conocimiento y la aplicación tecnológica del mismo. La biotecnología es una de esas herramientas que pueden contribuir a la valorización de nuestros recursos genéticos, junto con otras disciplinas del conocimiento; de esta manera, la Universidad debe participar, a través de los estudios en genética y biotecnología, en la formulación y construcción de estrategias que, desde nuestra biodiversidad, constituyan opciones de desarrollo local y regional<sup>18</sup>.

Se vaticina que se desarrollarán nuevos equipos para trabajar los nuevos cultivos derivados de la aplicación de los resultados de la investigación biotecnológica actual, que servirán como alimento humano y animal: fibras, fertilizantes, antibióticos, diagnósticos, descontaminantes, nuevos materiales, combustibles y materias primas. Lo cual comporta mecanizar más intensivamente la producción hortícola, frutícola, el bosque, la producción de biomasa

<sup>17</sup> Jaime Salazar. 1995. Perspectiva tecnológica en ingeniería agrícola. Seminario Internacional de Actualización Curricular. Bogotá.

<sup>18</sup> Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional, *op. cit.*, p. 86.

marina, las áreas con pendientes, con equipos mejorados en seguridad, ergonomía, confiabilidad, durabilidad y calidad global. A pesar de los temores que despiertan estos desarrollos,

Quien domine estas nuevas técnicas productivas habrá adquirido enormes ventajas sobre sus competidores. Se trata, en realidad, de una transformación tecnológica comparable a la que ocurrió en el mundo con la introducción de la electricidad. Para Colombia, la biotecnología es al mismo tiempo un peligro dramático y una oportunidad excepcional. La biotecnología ya se ha convertido en el corazón de la competitividad en el sector agropecuario; claro, los transgénicos también pueden ser una trampa mortal<sup>19</sup>.

#### Tratamiento y aprovechamiento de residuos contaminantes

En la mayoría de procesos el beneficio es uno de los principales elementos para el manejo de los sistemas sostenibles de producción; la investigación deberá contribuir con sus aportes y desarrollos tecnológicos a controlar y minimizar la contaminación. Un caso significativo, al orden del día, es el despulpado sin agua dentro del beneficio del café, eliminando con esto una gran carga contaminante de las fuentes de agua. En estas temáticas,

Hay varios estudios asociados a la conservación del medio ambiente que deben ser prioritarios para el país: diagnóstico de contaminantes que supone levantar un inventario de los contaminantes presentes en el aire, en el suelo y en los sistemas hídricos, sustancias químicas que al proceder de fuentes fijas o móviles pueden ser de origen industrial, agrícola o de desechos humanos; el estudio del impacto de los contaminantes en la agricultura y en la salud, que implica investigar la influencia que tienen los contaminantes en los alimentos, el fitomejoramiento de plantas, el manejo de los cultivos de café, caña de azúcar, flores y la obtención de pulpa de papel; y la evaluación de la incidencia de los contaminantes en la salud de los seres vivos<sup>20</sup>.

#### Automatización y robótica

En la mayoría de las actividades productivas será relevante el uso de sistemas y procesos controlados por microcomputadores y principios automatizados en el manejo del agua, de la maquinaria, etc.; lo cual implica el desarrollo, tanto de *software* como de *hardware* necesario para el avance de herramientas rápidas y confiables, que permitan introducir valor agregado a los procesos e

<sup>19</sup> 2001. Biotecnología, apuesta del milenio. *Dinero* 134, 8 de junio, pp. 32-47.

<sup>20</sup> Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional, *op. cit.*, p. 79.



insumos. El diseño y fabricación asistida por sistemas inteligentes es una gran realidad. Además, la legislación y las demandas en las áreas de protección ambiental, el mantenimiento de la calidad del producto y la facilidad de trabajo son factores que ejercen una firme influencia en futuros desarrollos.

La automatización y la robótica están estrechamente ligadas a la disponibilidad de mano de obra y a los avances en electrónica, visualizándose un gran desarrollo en el manejo de animales en confinamiento y en la agroindustria. *Pero no dejar de inquietar que ese tránsito acelerado del hombre-máquina al hombre-operador puede dejar una secuela de mano de obra no calificada, cesante.* La comodidad, la seguridad y la ergonomía son factores del desarrollo y de innovación tecnológica que deben ser sopesados al momento de seleccionar tecnologías.

Por ello, los desarrollos tecnológicos deben aumentar la capacidad de responder al cambio e incrementar las opciones para una adopción autosuficiente. La innovación tecnológica tendrá que estar enteramente ligada con la eficiencia en el uso de los recursos. Igualmente, la diversidad de sistemas socioeconómicos, culturales, productivos y ecológicos debe considerarse como la clave de la adaptabilidad y no como un impedimento para el desarrollo.

### **Incorporación de tecnología: mecanización**

Los sistemas productivos agropecuarios-forestales también requieren técnicas de mecanización, industrialización y una infraestructura básica (instalaciones, vías de comunicación, obras hidráulicas, centros de acopio, etc.) para la producción y transformación de materias primas de origen animal y vegetal, que darán mayor valor agregado, lo cual implica incorporación de niveles diferenciales de tecnología. Necesariamente, la incorporación tecnológica en el sector debe ser vista como la continuidad y complementación de procesos de energización rural.

En el país, en general, el parque de maquinaria agrícola está envejecido, su desarrollo tecnológico es mínimo, se encuentra sobreutilizado y muestra fuerte deterioro de la capacidad de potencia disponible para atender las necesidades del sector. Tampoco existen procesos de planificación, selección, mantenimiento y administración adecuada de estos recursos de capital. Se registra, igualmente, un gran rezago tecnológico en el uso de pequeñas máquinas motorizadas, herramientas y equipos manuales, bajo nivel de aprovechamiento de la tracción animal, que han derivado en sistemas de producción ineficientes y prácticas culturales insostenibles.