

Cambios tecnológicos en curso y su impacto en el profesional agrícola

Ricardo Radulovich¹

Resumen: A la luz de su actual y potencial impacto en la labor del profesional agrícola, se presentan y discuten las principales líneas tecnológicas que están evolucionando rápidamente, destacando la interacción entre la computación e informática y las comunicaciones, la biotecnología y la diversificación de productos, la producción bajo conceptos de sustentabilidad, y cambios generales en combustibles, superconductores y transporte. Esta presentación indica claramente que la vida profesional del futuro será más compleja y sumamente dinámica. El trabajo del profesional agrícola de avanzada ya no es, y será mucho menos en el futuro, la simple producción de productos más o menos tradicionales. Aparte de fomentar la capacidad de autocapacitarse mediante el uso de las redes informáticas, resalta la necesidad de ampliar los objetivos de la profesión para incluir con mayor énfasis una formación empresarial e industrial. Así, el profesional agrícola podrá ser también, con mayor facilidad, un empresario y un industrial, utilizando más plenamente los avances tecnológicos, aprendiendo a producir con mayor competitividad y logrando el mejor retorno por su inversión y la de su empleador.

INTRODUCCION

Tal vez cada generación gusta de pensar que en su tiempo se están dando los mayores cambios en la historia de la humanidad. Sin embargo, para saber si los cambios tecnológicos en curso son más impactantes que los que han ocurrido en otras épocas, habría que conocer, desde la perspectiva de nuestros antepasados, qué impacto tuvieron cambios como aprender a dominar el fuego, o el uso que los europeos dieron a la pólvora, o el advenimiento de la imprenta o de la pasteurización o del teléfono, entre otros.

Esta minúscula reseña de los muchos adelantos tecnológicos que se han venido sucediendo en la historia de la humanidad, sirve para resaltar que el presente no es más que una continuidad del pasado y como tal, solamente una etapa en el paso hacia el futuro. Si ahora el tiempo de evolución tecnológica se ha acortado grandemente, esto es posible solamente gracias a la acumulación de conocimiento ya existente y la accesibilidad al mismo.

Aún así, en términos absolutos, la producción científica y tecnológica actual es mucho mayor y

exhaustiva que nunca antes, y el futuro inmediato se presenta como un caleidoscopio de opciones y posibilidades, que van desde la transformación de seres vivos por ingeniería genética hasta el uso cotidiano de redes mundiales de información y comunicación computarizada. En este último sentido y otros, la globalización es inevitable, y parte del reto de Latinoamérica es saber obtener las ventajas que ello trae y, por qué no, contribuir significativamente a ese progreso mundial.

Empero, y como nota de cautela, se debe destacar que el progreso tecnológico en el contexto de un desarrollo sin equidad, puede ampliar la brecha social intra- e internacional en vez de cerrarla. De esta forma, y como ejemplo, se puede ya encontrar a un profesional consultando por computadora si su embarque aéreo de flores producidas en invernadero llegó bien a Zurich, mientras que un colega de la misma promoción lidia a diario con pequeños productores de maíz que apenas logran una tonelada de grano por hectárea por año.

Cambios tecnológicos en curso

Se pueden establecer dos líneas de pensamiento respecto al desarrollo e impacto de cambios tecnológicos en la agricultura y en sus profesionales y practicantes:

¹Escuela de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica y Departamento de Ciencias de Suelos, Cultivos y Atmósfera, Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York, EEUU.

- i) **Cambios tecnológicos generales**, que se dan en algún proceso o en una actividad de interés general para la humanidad, como lo fue la revolución computarizada o lo está siendo el advenimiento de superconductores de uso comercial, los cuales eventualmente encuentran su aplicación en la agricultura; y,
- ii) **Cambios tecnológicos específicos**, que son identificados y realizados principalmente en función de la agricultura o una disciplina afín, como sería el manejo integrado de plagas o nuevas estrategias para la conservación de suelos, y cuyos principios generales eventualmente pueden encontrar aplicaciones en otras actividades humanas.

Sin embargo, es muy difícil y en parte improductivo pretender separar estas dos líneas de desarrollo tecnológico, más si se considera que la agricultura es sumamente interdisciplinaria y que actualmente hay una mayor interacción entre ésta y otros elementos, como son el medio ambiente y líneas de producción no tradicionales como fármacos y combustibles.

A lo anterior se debe agregar una mayor integración de la cadena alimentaria desde la producción hasta el consumidor, tanto en términos de productos frescos como procesados, así como en una íntima relación con el factor salud-nutrición. Esto, que proviene de una mayor conciencia y sofisticación por parte de los consumidores y que se expresa por medio de regulaciones y otros determinantes del mercado, obliga al profesional agrícola a ser conocedor de ello e incorporar estas consideraciones en su quehacer. Como ejemplo, ya no basta con producir un tomate bonito para el mercado, ahora el consumidor o sus representantes quieren estar seguros que no está cargado de químicos u otros contaminantes como metales pesados o toxinas.

Por otro lado, y se ha dado en algunas instancias tanto a favor como en contra de los productores, el consumidor puede estar también interesado en saber que el producto se ha producido de acuerdo con conceptos de sostenibilidad ambiental, o que para su producción se han respetado elementos sociales como serían los de género o de equidad. De allí que algunos esquemas de mercadeo, sobre todo en Europa, se fundamentan en que el producto es producido por

pequeños productores de bajos recursos y/o que lo es de forma amigable con el ambiente.

También, es claro que las soluciones a un problema que pudiera considerarse meramente agrícola pueden provenir de otras disciplinas, como sería adaptar desarrollos tecnológicos ya existentes, lo cual sucede con mucha frecuencia. De esta forma, se evidencia que no es en aislamiento que la agricultura ha progresado o progresará, lo cual enfatiza tanto la necesidad de mantener la amplitud en la formación del profesional como la de fomentar en él o ella la capacidad de actualizarse en diversas disciplinas. Un claro ejemplo de utilización de conocimientos de otra disciplina, al punto que consistió en una hibridación y en muchas instancias pudo considerarse una intromisión, fue el proceso de esclarecimiento y consolidación de los principios de la sostenibilidad de la agricultura en función de la degradación ambiental, que se realizó gracias a una fuerte dosis de la ecología biológica. En estos momentos, es posible decir que la ecología agrícola ha evolucionado al punto que, aparte del normal intercambio entre disciplinas, la profesión es autosuficiente en esta rama del saber.

Aún así, y con miras a estimular el pensamiento en temas exclusivos de la agricultura, al enlistar los principales cambios tecnológicos en curso y su relación con el profesional agrícola, se abre un espacio de discusión para aquellos cambios tecnológicos que deben provenir o nacer del seno mismo de la agricultura, en una actitud más de demanda por tecnología innovativa que de respuesta a la oferta de tecnología existente que puede adaptarse. Sin embargo, se reitera que dicha separación es meramente arbitraria, y existe una profunda interacción entre demanda y oferta, que hace difícil separar de entre ambas modalidades originantes del progreso tecnológico.

Por otra parte, en vista de crecientes necesidades y demandas, y aunque no se destina una sección específica aquí, es necesario mantener una perspectiva sobre cambios en metodologías sociales, muy necesarias sobre todo en el quehacer con pequeños productores y otros sectores rurales de bajos recursos. Estos cambios metodológicos, que en estos momentos enfatizan equidad económica y de género, así como la necesidad de realizar procesos participativamente junto con la clientela (lo cual va más allá de la simple participación), encuentran también aplicación en otros sectores y actividades que el agrícola o rural, y marcan con ello

tendencias que influyen ampliamente el quehacer humano.

Computación e informática y comunicaciones

Quizás este rubro sea en el cual los cambios son más evidentes, tanto por su ubicuidad (se encuentran en todos lados) como por su aplicabilidad a la generalidad de la población. El unir computación e informática y comunicaciones nace de la relación cada vez más estrecha que existe entre ambas ramas tecnológicas, aunque cada una de ellas, de previo a unir las, puede y debe ser analizada por aparte--por ejemplo, en la medida que una persona interactúa con su computador sin estar conectada a alguna red, o cuando realiza una llamada de teléfono a teléfono.

En cuanto al desarrollo de la informática *per se*, la proliferación de programas amigables aunado a la cultura computacional que se inculca desde la niñez, hacen prácticamente innecesario que el estudiante sea entrenado en programación de algún tipo y, tras elementos introductorios y frecuente actualización teórica, la mejor educación en este sentido sigue siendo la experiencia. En computación, según está previsto para dentro de un lustro, las computadoras y otro equipo en que sean aplicables (por ej., teléfono, televisor, automóvil) podrán ser operados con la voz, lo cual simplificará aún más su uso. También, se estima que dentro de una década se dispondrá de computadoras ópticas, que operan con luz y no por cargas eléctricas, las cuales volverán obsoletas las computadoras actuales. Por otra parte, el continuo abaratamiento de los sistemas de cómputo seguirá permitiendo el acceso de la población a máquinas, programa tradicional y tipo multimedios, y bases de datos cada vez más poderosos, que además pasan a encontrar usos previamente prohibitivos, como sería tener sistemas de riego u otros completamente automatizados y regidos por un computador dedicado, o la enseñanza vía multimedios interactivos que se pueden distribuir por medio de discos compactos.

Sobre comunicaciones, en estos momentos está ocurriendo una restructuración a nivel mundial, que lógicamente incluye no solamente telefonía sino también televisión por cable. Grandes compañías están reorganizándose para afianzar su porción del creciente mercado, y como parte de éste, Latinoamérica. Entre los principales cambios tecnológicos se encuentran el uso

de fibra óptica en vez de cables convencionales, que es conveniente e incluso necesario para una gama de aplicaciones sofisticadas, y la telefonía celular, que pronto pasará a ser telefonía global en la medida que las principales compañías dispongan del adecuado número de satélites. De esta última forma, cualquier lugar del mundo podrá ser accesado por telefonía, y con ello también vía computadora. La principal limitante en estos momentos para dicha expansión no pareciera ser el costo de la inversión, que las compañías aparentemente están dispuestas a cubrir ante la perspectiva de ganancias multimillonarias, sino aspectos legales y jurisdiccionales de cada país, lo cual incluye la reticencia a la privatización de las telecomunicaciones.

Sin embargo, la gran riqueza está en la sinergia que se obtiene al combinar computación e informática con comunicaciones, en lo que se constituye en un reto que ningún profesional podrá darse el lujo de menospreciar. De esta forma, queda claro que esta combinación de avances tecnológicos es un arma de doble filo, que beneficia a quien la usa y perjudica a quien no la usa. En este último sentido, ya sea porque se carece del equipo, del tiempo o de la experiencia para recorrer o consultar frecuentemente las redes informáticas, se abre un nicho en el mercado para empresas o gremios que realicen este trabajo para el usuario, filtrando, seleccionando, sumalizando y analizando información relevante, que puede ser transmitida a éste ya sea por medio impreso o incluso--y preferiblemente--por redes informáticas (esto último en lo que parece ser una realidad inescapable).

A continuación se presenta una breve síntesis de los beneficios que se han comenzado a obtener, y que seguramente crecerán con los años. Aunque en la mayoría de los casos es información la que se estará intercambiando o generando, es conveniente separar de entre los diferentes servicios para su análisis.

1. Información: El acceso a información está creciendo vertiginosamente, y aunque falta aún bastante camino por recorrer, particularmente en lo que respecta al interior de Latinoamérica, existe y se está estructurando toda una gama de servicios que serán accesibles con sólo un computador con módem, una línea telefónica y el derecho de acceso, y que son, según nuestro interés:

- **Acceso a información técnica actualizada**, lo que incluirá revistas técnicas y científicas y, eventualmente, todo tipo de publicaciones. De hecho, el concepto mismo del libro y la necesidad de adquirirlo estará en juego dentro de pocos años, y con ello el de la biblioteca. Podemos imaginarnos una biblioteca completamente accesible vía computador, lo cual ocurrirá en la medida que los libros y revistas se produzcan también en medios electrónicos y el costo de la comunicación baje de manera tal que permita prolongada conexión entre el usuario y la biblioteca. También, es posible imaginar que el mercadeo de las publicaciones será mediante redes computarizadas, y la compra de una revista o un libro significará el acceso al mismo por medio de una red o absorber el archivo electrónico y almacenarlo en el propio computador. En particular, el acceso a todo tipo de información técnica actualizada permitirá aplicar los más recientes avances y técnicas más probadas en materia de producción.
- **Acceso a información útil para mercadeo**, como son precios y cantidades de un producto compradas o vendidas en cualquier lugar o espacio de tiempo, así como estándares de calidad requeridos, datos sobre rechazos a importaciones, impuestos, cantidades sembradas o en producción en cada país, y todo tipo de información que pueda ser útil para la transacción de bienes y servicios.
- **Acceso a información de índole social y otra**, como son datos sobre población y segmentos poblacionales, preferencias de consumo, ingreso, niveles de educación, y todo tipo de estadísticas relevantes sobre una población y su quehacer, que permitirá evaluar la apertura o expansión de mercados así como el mantenimiento de mercados ya existentes.

También, el acceso a todo tipo de publicaciones, incluyendo diarios y revistas generales, permitirá una actualización sin precedentes, que solamente podrá ser abarcada por personas o grupos dedicados a ello. Esto significa que el tamaño de una operación deberá ser suficientemente grande para destinar los recursos necesarios para el acopio, síntesis y análisis de la información, y se convertirá en un criterio más que

determina la competencia, al parecer directamente beneficiando a los más grandes.

2. **Comunicaciones:** La comunicación computarizada vía redes, que por ahora se limita a material escrito, pronto evolucionará a agregar comunicación oral y, posterior o concurrentemente, visual. Las limitaciones para esto último no parecen ser muchas y, al menos en las regiones donde la calidad de las líneas telefónicas lo permita, el desfase que existe entre modular, transmitir y demodular una imagen podrá ser superado con nuevos equipos de gran rapidez y capacidad. De esta forma, el computador sustituirá al teléfono, o pudiera también decirse que el teléfono evolucionará para convertirse en un computador.

De particular importancia para la profesión es la creciente facilidad de obtener y brindar información de última hora, que puede lograrse al estar el usuario inscrito en alguna lista de correo electrónico--lo cual deberá hacerse con el cuidado correspondiente de no ser inundado por correo redundante o inservible ('junk mail'). Por este mismo u otros mecanismos, como son tableros de información ('bulletin boards') o comunicación directa entre compradores y vendedores, podrán realizarse una serie de transacciones, a cuyos pasos (como embarque y arribo) se les podrá dar seguimiento por el mismo medio. Incluso el pago por una compra o la adquisición de compromisos a futuro podrán realizarse vía computador, lo cual evidencia la necesidad de controles y protección de la privacidad y legitimidad en la comunicación.

3. **Programas computarizados:** Cada día se producen y mercadean más programas computarizados, como son programa de uso general o específico, modelos computarizados y sistemas expertos y, más recientemente, toda la gama de posibilidades que ofrecen los multimedia. Es prácticamente imposible tan siquiera mantener un nivel de actualización, aunque fuera solamente por el costo que significa comprar todos los programas que uno necesita o podría llegar a necesitar en algún momento. Con el sistema de redes que se está describiendo aquí, será posible ya sea comprar el programa que se necesita o sencillamente

'alquilarlo' por el tiempo que se ocupa. Esto será particularmente importante para programas muy específicos, de uso limitado, o aquellos de alto costo.

Una derivación de esto, que puede ser solamente acceso a información de una biblioteca computarizada, como se vio previamente, sería el acceso a un programa interactivo en multimedios para actualización profesional. Solamente una o un par de sesiones serían necesarias para lograr los beneficios, y resulta totalmente inoperante tener que comprar el programa, a menos que su uso fuera para un grupo considerable de usuarios. De esta forma, la posibilidad de mantener la actualización profesional o capacitación de posgrado, será sumamente asequible, incluso en términos de su costo.

Habiendo enfatizado aquí el sistema de "alquiler" de programas, resulta evidente que los mecanismos de pago o cobro vía computador deberán sofisticarse para ser eficientes y seguros. Uno de éstos sería poder utilizar una tarjeta de crédito para efectuar un pago, para lo cual debe garantizarse que no se pierda la privacidad de la transacción. Otro mecanismo sería pertenecer a un club o sociedad de usuarios, lo cual podría permitir acceso a crédito con cobro posterior. Estas y una gama de otras posibilidades, están siendo probadas o consideradas, y será la experiencia la que determine cuál o cuáles son aquellas más inmunes a la fechoría.

Otro elemento que habrá que tener siempre en mente, en vista de tanta promiscuidad vía redes, es la contaminación con virus, que representan una amenaza tanto para el usuario como para el proveedor del servicio.

De este escueto análisis, aunado a los conceptos de competitividad, eliminación de subsidios y rentabilidad que acompañan a las tendencias económicas actuales, se desprende que, por necesidad, el profesional agrícola deberá por lo menos tener una más clara y actualizada idea de las tendencias de los mercados, si no directamente convertirse en un mercadeador más eficiente, y por fuerza deberá buscar la rentabilidad de las operaciones que realiza o asesora. En este sentido, el avance tecnológico no solamente facilita sino también obliga.

Biotecnología y diversificación

Aunque la mayoría de los cambios más interesantes del momento se están realizando en el área de la biotecnología, existe una tendencia muy relacionada a la diversificación de mercados y sistemas productivos que no puede menospreciarse, y que causan un considerable incremento en adaptaciones tecnológicas que el profesional agrícola debe incorporar en su bagaje en uno u otro momento. Por ello, tras delinear los avances y posibilidades futuras de la biotecnología, se procede a considerar brevemente la diversificación por sí misma.

1. Biotecnología: Mediante la combinación de cultivo de tejidos, mejoramiento genético convencional y, sobre todo, ingeniería genética, se está logrando actualmente una manipulación de plantas y animales que algunos han llamado una nueva revolución verde, y que por lo menos puede tildarse de revolución biológica.

Sin menospreciar los logros a la fecha, las posibilidades en esta línea de trabajo son enormes y los resultados podrán llegar a satisfacer la imaginación más exuberante. El sueño de todo agricultor de que sus cultivos sean autosuficientes en nutrimentos y resistentes a las plagas, y además rindan en abundancia productos de alta calidad que tardan mucho en deteriorarse poscosecha, podrá ser realidad en un futuro no muy lejano. Por otro lado, se puede también esperar que los cultivos actualmente de exclusividad tropical lleguen a ser producidos en latitudes hasta ahora prohibitivas, o que por lo menos la capacidad de producir la esencia de los mismos sea introducida en cultivos de clima templado, como podría llegar a ser en el caso del cacao o el achiote, y pareciera estar cerca de lograrse en el caso de ciertos aceites de productos tropicales.

Sin embargo, por ahora las posibilidades son limitadas y los cambios introducidos en plantas y animales se limitan por lo general a una sola característica. También, existe una gran cautela por parte de agencias reguladoras así como una resistencia natural por parte del público a consumir productos alterados genéticamente. Las compañías que se dedican a este rubro esperan que ambas instancias sean

suavizadas en la medida que se desarrolla experiencia y, particularmente en relación al consumidor, en la medida que se educa a la población respecto a las bondades y esperada inocuidad de los productos alterados genéticamente. De todas formas, como con cualquier herramienta poderosa, nunca se podrá bajar la guardia totalmente en vista de las amplias posibilidades de errores o usos con fines equívocos.

Existe en estos momentos toda una gama de productos que, mayormente gracias a ingeniería genética ayudada por cultivo de tejidos y mejoramiento convencional, se encuentran ya en los mercados o están cerca de llegar a ellos. Los principales objetivos que se persiguen a la fecha son lograr:

- **Mejores alimentos**, que tengan mejores características como sabor, textura y forma, así como más valor agregado y mayor durabilidad poscosecha. Actualmente se encuentran en los mercados tomates que pueden dejarse madurar en la planta gracias a una inhibición de la degradación de la pectina en las paredes celulares, un nabo cuya semilla contiene altos contenidos de aceite láurico, papas con mayor contenido de almidón, tomates con más pectina para industrialización, y zanahorias y chiles en miniatura. Entre los productos que se espera liberar pronto están tomates con mayor sabor, chiles y arvejas más dulces, y bananos con mayor duración en el estante por adición de proteínas antifúngicas de cebollas y rábanos, entre otros.
- **Mayor productividad**, lo cual incluye un tiempo de crecimiento más rápido. Ejemplos son incrementos en producción de leche en vacas por somatotropina bovina recombinante y la pronta liberación de salmones que requieren la mitad del tiempo entre huevo y mercado.
- **Una agricultura menos perjudicial al ambiente**, por un menor uso de plaguicidas debido a resistencia a plagas o a los agroquímicos por parte de los cultivos, o por el desarrollo de bioplaguicidas. Existen en estos momentos una variedad de introducciones vegetales con tolerancia a plagas o a herbicidas, por ejemplo maíz transgénico que posee un gen sintético similar a uno de *Bacillus thuringiensis*, y soya y algodón resistentes a herbicidas, así como una

gama de bioplaguicidas como son bioinsecticidas o biofungicidas.

- **La producción de compuestos complejos**, que no pueden ser producidos en cultivos de células, como se está dando por medio de animales transgénicos (vacas, cabras, ovejas, cerdas y conejas) que producen altas concentraciones de proteínas humanas en su leche (como son hormonas de fertilidad e insulina), en lo que se constituye en un mercado altamente selecto y no convencional.
- 2. **Diversificación**: Debido a: a) el crecimiento poblacional a nivel mundial, que ha conllevado la consolidación de amplios sectores de consumidores pudientes y exigentes; b) la globalización de la economía, que hace cada vez más fácil el acceso a mercados otrora lejanos o cerrados; c) el redescubrimiento o popularización mundial de una serie de cultivos no tradicionales, como el kiwi, el amaranto y el mangostán; y, d) las infinitas variaciones que se pueden introducir mediante la biotecnología, la gama de productos de la agricultura se ha ampliado y continuará ampliándose de forma tal que ya está resultando difícil darle seguimiento.

A esto debe agregarse que se han consolidado una serie de sistemas de producción que multiplican la lista de productos, como son la producción en invernadero o en casas de sombra, la agricultura orgánica y los sistemas agroforestales, además de las consabidas diferencias existentes entre macro, meso y micro explotaciones, con estas últimas requiriendo de un enfoque y estructura social muy dinámica para lograr sus cometidos. Otro factor complicante es la necesidad de producir con por lo menos algunos grados de armonía con el medio ambiente y dentro de ciertos criterios de residualidad de químicos en los productos. También, el auge del procesamiento, que está íntimamente ligado al producto agrícola, hace que deban respetarse criterios específicos del destino poscosecha del producto, lo cual se traduce a la vez en modificaciones al sistema de producción.

Estas consideraciones sobre diversificación, que implican una formación muy específica o una gran capacidad adaptativa del profesional agrícola, deben tomarse en cuenta en varias instancias, entre las que

destaca la educación universitaria. La pregunta a formular, por supuesto, es ¿cuán específica o general debe ser la formación de profesionales agrícolas? Esta y otras preguntas serán retomadas posteriormente.

Sustentabilidad

Entre los cambios tecnológicos en curso destacan aquellos nacidos de la facilidad con que la agricultura puede alterar negativamente el ambiente y afectar directamente de igual forma a los consumidores de sus productos. En esta línea de consideraciones destacan la degradación de recursos, que incluye pérdida de suelos, bosques y biodiversidad y la contaminación, que incluye suelos, aguas, aire y los productos agrícolas mismos.

Como ha sido mencionado en otra parte, muchas prácticas de la agricultura sustentable, o agroecología, son: a) complejas; b) no se fundamentan en bienes físicos por lo que son difíciles de mercadear; y, c) tienen aplicabilidad restringida siendo a menudo específicas a una localidad. Esto dificulta que un solo profesional las domine con eficiencia a menos que se especialice en ellas, así como la diseminación y amplia adopción de las mismas por parte de los productores. Complicando el panorama, el progreso tecnológico en este campo no ha llegado a un punto de madurez, en el cual existirá una gama de tecnologías probadas que conlleven a la rentabilidad en plazos de tiempo razonables. Todavía existen muchas lagunas de conocimiento, razón por la cual la biotecnología ha encontrado un nicho hacia el cual crecer en función de ofrecer alternativas productivas con menor demanda por plaguicidas químicos, lo que vendrá a reforzar las prácticas de manejo integrado de la protección vegetal, y eventualmente a reducir el uso de otros insumos como fertilizantes.

Nuevamente, el creciente requerimiento de practicar una agricultura en mayor armonía con el ambiente y con el consumidor de sus productos, eleva la demanda de adaptaciones tecnológicas a las que el profesional agrícola deberá responder.

También, ha sido notado que las normas de protección ambiental pueden ser utilizadas cada vez más por las naciones industrializadas para controlar el comercio internacional, en vez de utilizar barreras arancelarias. El tener que aplicar estándares de los países industrializados en nuestros procesos de

producción, puede resultar sumamente oneroso si no prohibitivo. Esto no implica que dichos estándares no deban constituirse en metas deseables a corto plazo; sin embargo, su implementación conlleva un proceso natural de ajuste y evolución tecnológica.

Otros cambios tecnológicos generales

A continuación, y de ninguna manera pretendiendo ser exhaustivo (por ejemplo, se excluye la robótica), se describen algunos cambios tecnológicos selectos que se están gestando a nivel mundial, ilustrando para cada uno de ellos, en caso de ser pertinente, la relación o posible relación con la agricultura.

1. Combustibles: Existen una serie de cambios en ciernes en lo que se relaciona con combustibles, lo cual tendrá directa o indirectamente gran impacto en la agricultura. El impacto directo podrá venir en la medida que productos o subproductos agrícolas sean utilizados con mayor énfasis para la producción de combustibles, como lo son el alcohol de la caña de azúcar o la madera y productos de la descomposición de desechos. Otro impacto directo puede venir de la utilización de tierras agrícolas para captación de energía solar o eólica--por ejemplo, en varios países desarrollados pueden verse considerables extensiones de tierra con baterías de molinos de viento, a veces con dedicación exclusiva y otras con actividad agrícola entre las hileras de molinos.

De crecer este tipo de actividad, que hasta la fecha no ha tenido gran realce en Latinoamérica (excepto en contadas instancias, como el alcohol en Brasil), una vez más el profesional agrícola se verá confrontado con actividades productivas bastante diferentes de la tradicional producción de alimentos y fibras.

Sin embargo, y tal vez porque: a) la tecnología está evolucionando en países desarrollados de clima templado, con una actividad agrícola y forestal radicalmente diferente a la nuestra; b) los vehículos eléctricos por ahora no parecen dar la talla; y, c) su combustión es limpia en términos ambientales, tal parece que el combustible de preferencia para el futuro será el hidrógeno. Mediante el uso de celdas de

combustión, que gracias a membranas semipermeables permiten controlar la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno, será posible en poco más de una década, contar con una gama de vehículos propulsados por hidrógeno. Esto, como cualquier otro cambio mayor en la tecnología, vendrá a afectar la agricultura, sobre todo en el caso que el uso de combustibles poco o no contaminantes venga acompañado de medidas o incentivos fiscales para promoverlo.

La pregunta clave en el caso anterior y otros similares siempre será: ¿en qué medida se deberá o requerirá cambiar o modificar el equipo agrícola existente, como tractores y bombas para riego, cuando un nuevo combustible como el hidrógeno se vuelva el común denominador? La respuesta, por supuesto, no será mayormente tecnológica sino económica, lo cual se traduce nuevamente en conceptos de rentabilidad.

2. Superconductores: Recientes avances han llevado al desarrollo de superconductores de cerámica, que operan a temperaturas más altas que los anteriores, y son además maleables y flexibles. Esto permitirá eventualmente el uso generalizado de superconductores, que conducen sin pérdidas por resistencia cientos de veces la electricidad que los cables de cobre. Las posibilidades de aplicación son enormes, y van desde pequeños y poderosos motores eléctricos hasta trenes que 'vuelan' en cojines de energía electromagnética. Las aplicaciones de tales motores pueden ser muchas en la agricultura, el manejo poscosecha y el procesamiento, y aquellas relacionadas con el transporte se comentan a continuación.

Un punto interesante que se desprende de un uso mucho más eficiente de la energía eléctrica, es que la producción en invernaderos se abaratará considerablemente, para ventaja de los países industrializados de clima templado. Si juntamos esto con el efecto invernadero, que probablemente afectará positivamente la agricultura en esos países, tanto en función de disponibilidad de agua como en períodos de crecimiento más largos, y agregamos los avances que están lográndose con la ingeniería genética, no podemos menos que sospechar que existe

una seria amenaza a la ventaja comparativa que hasta ahora han tenido los países tropicales y subtropicales en ciertos productos agrícolas de gran demanda mundial. Este será un reto que el profesional agrícola del futuro deberá enfrentar, y se centra en la competitividad.

3. Transporte: Uno de los puntos más sentidos de la agricultura es y seguirá siendo por mucho tiempo el transporte, a menudo con atmósfera controlada, de sus productos, así como de una diversidad de bienes hacia la finca. Sin embargo, en la medida que se generaliza el uso de combustibles más baratos y eficientes, y se consolidan otros avances como los superconductores y materiales más livianos y resistentes para motores y vehículos, como son ciertas cerámicas y la nueva tendencia a entender y emular materiales biológicos como la tela de araña y la quitina de los insectos, es posible imaginar que el costo económico y el tiempo asociados con el transporte disminuirán considerablemente. Las mínimas implicaciones de esto serán un mayor acceso a mercados, y es de esperarse que el efecto será positivo para los países cuya economía depende fuertemente de la exportación agrícola, ya sea de productos frescos o con valor agregado.

ANALISIS, RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Es indudable que la vida profesional del futuro se perfila más compleja y sumamente más dinámica. El trabajo del profesional agrícola ya no es, y será mucho menos en el futuro, la simple producción de ciertos productos más o menos tradicionales, utilizando tecnologías más o menos estables y probadas a través del tiempo, los cuales se entregan al comprador de siempre o a su competidor. No es que todo esto vaya a desaparecer; no, la base tradicional y estable permanecerá, la agricultura podrá aún por largo tiempo reconocerse como tal, aunque sobre ella se está construyendo una fantástica gama de variaciones y ramificaciones.

De esta forma, y en términos generales, el primer requisito que debe tener un profesional, en este caso agrícola, es capacidad de adaptación, en lo que viene siendo capacidad de evolución profesional a un ritmo acelerado. ¿Cuáles son los requisitos para ello? Aparte de las características de cada individuo, destaca una

formación profesional sólida y amplia. La formación agrícola se ha caracterizado por promover unas bases químicas y biológicas muy sólidas, las cuales, tal vez mejoradas por un poco más de énfasis en las bases físicas, proveen adecuadamente los fundamentos para que un profesional pueda llevar su carrera por cualquier rumbo en lo que respecta a la producción. Sin embargo, la formación del Ingeniero Agrónomo ha enfatizado tradicionalmente el aspecto producción, que generalmente se limita a poner el producto en la puerta de la finca, para que otros lo mercadeen o procesen. En estos momentos, la formación profesional deberá enfatizar también los aspectos empresariales e industriales, si el Ingeniero Agrónomo ha de permanecer competitivo en su calidad de profesional de primera línea.

Para adaptarse y evolucionar profesionalmente, resalta la necesidad de mantenerse actualizado respecto a los principales cambios tecnológicos, y poder capacitarse en aquellas nuevas tecnologías y rubros productivos que más le atañen a un nivel que le permita incorporarlos en su quehacer. Para ello hay por lo menos tres elementos básicos: haber aprendido a leer y capacitarse por sí mismo, y no solamente a estudiar del material que le dictan en clase; saber hacerlo en inglés, que es fundamental por ahora y en el futuro cercano, además de que permite acceso a mercados y otros beneficios; y, saber hacerlo utilizando computadores. De estos tres elementos, el más difícil de satisfacer es el primero, debido a la patéticamente pobre disponibilidad de libros actualizados y pertinentes, sobre todo en lo que respecta a la agricultura tropical. Por ejemplo, el tener como texto de un curso de edafología una traducción de la penúltima edición de un texto de edafología escrito para Estados Unidos, no es conducente a un buen aprendizaje sobre edafología tropical. La pobre inclinación a escribir que tenemos los académicos Latinoamericanos, además de deberse en parte a que el sueldo no nos alcanza y debemos dividir nuestro tiempo entre la academia y la suplementación de ingresos, puede estar fundamentada precisamente en que no estamos acostumbrados a leer, por esa carencia de materiales que por ende no producimos. Este círculo vicioso debe ser roto, y el acceso a libros y revistas técnicas deberá facilitarse una vez que los tengamos en la abundancia y calidad requeridas. Las redes de informática se constituirán en el vehículo para esa accesibilidad.

Como ya se mencionó, es necesario que además de saber producir el Ingeniero Agrónomo pueda fácil-

mente convertirse en un empresario y un industrial. Esto es particularmente importante si consideramos que el dinero está más en dónde y cómo se coloca el producto, y menos en producirlo. En forma análoga a la consabida crítica de que los países del Tercer Mundo no se desarrollarán mientras sean solamente suplidores de materia prima, así mismo el profesional agrícola no debe estar confinado a ser un simple suplidor de productos para ser vendidos frescos o procesados por alguien más. Para lograr esto, los principales cambios curriculares deberán estar en preparar mejor al profesional agrícola en disciplinas de la economía y la administración, enfatizando mercadeo y análisis para la rentabilidad, pero no solamente—ni principalmente—desde el punto de vista teórico, sino que para poder aplicar lo aprendido. También, los fundamentos del valor agregado, que va desde empaque y el secado de granos hasta los alimentos más sofisticados, deberán ser enseñados durante la formación universitaria, con énfasis en la aplicación y menos en la teoría. Con ello se logrará una mayor integración vertical de la profesión, que cubrirá desde los fundamentos biológicos hasta la interacción con mercados y consumidores.

Indudablemente, no es posible incrementar el período de formación universitaria más allá de su actual duración para incluir más cursos en economía, administración e industrialización. Es necesario para ello eliminar otros cursos, y no se debe hacer en las materias básicas sino en aquellas de producción. Por ejemplo, un estudiante de Fitotecnia no necesita tomar una letanía de cursos como son: cultivos básicos (I y II), fruticultura (I y II), olericultura (I y II), raíces y tubérculos, oleaginosas, café, caña de azúcar, y otros más que escapan de mi mente en estos momentos. Este modelo de enseñanza, que viene de un pasado en el cual la formación universitaria debía enseñar prácticamente todo lo que el futuro profesional podría necesitar, es ahora arcaico en vista de la creciente necesidad de educación continua y de las facilidades que existen para lograrlo.

Así, si consideramos que los métodos y rubros productivos cambiarán con el tiempo, y que el profesional es fluido y cuenta con capacidad para adaptarse y evolucionar, bastaría con establecer sólidamente los principios de producción con la mitad de estos cursos. De esta forma, habrá lugar para preparar a los graduados para hacer un uso más amplio de su profesión, aprendiendo a producir con mayor competitividad y logrando el mejor retorno por su inversión y la de su empleador.

