



Revista Agronegocios

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN

Año 3 - Nº 1

Abril - Junio, 2009



tratado de libre comercio
PERÚ - EE.UU.

Contenido

- 3 **TLC EE.UU. PERÚ** ... en marcha
- 5 **TLC con Estados Unidos** Es hora de mejorar la competitividad para la agroexportación sostenida
- 8 **Los TLC y la porcicultura peruana** ¿Estamos realmente preparados?
- 11 **Impacto de la política de libre comercio** ... en el desarrollo económico del Perú
- 16 **Bioeconomía** (Segunda parte)
- 20 **Maldición de los recursos naturales** Hipótesis explicativa
- 23 **Esquilando al alpaquero**
- 24 **El efecto de los precios de importación** ... en los precios nacionales del maíz amarillo duro
- 27 **Diploma de Especialización en Manejo, Diseño de Áreas Verdes y Arboricultura Urbana - 2009**



Bioeconomía

(Segunda parte*)

Dr. Marcel Gutiérrez-Correa¹

La economía basada en el petróleo ha prevalecido por más de un siglo, pero está siendo reemplazada en el presente siglo por un modelo basado en la utilización sostenible y económica de los genes mediante biotecnología moderna denominado *bioeconomía* (Gutiérrez-Correa, 2008a). El clásico modelo económico basado en el petróleo es difícilmente adaptable a los crecientes requerimientos de conservación de la salud ambiental y de altos rendimientos, productividades y réditos económicos. En el 2010 el 20 % (160 mil millones de dólares americanos) de los productos químicos serán producidos por biotecnología y a mitad de siglo la totalidad de la industria química a base de petróleo será reemplazada por la industria biotecnológica (Figura 1). Adicionalmente, a mitad del presente siglo se tendrá que producir suficiente cantidad de alimentos para satisfacer a una población mundial que superará los 9 000 millones de habitantes. En el Perú, en el año 2021 habrá que alimentar a 7 millones más de peruanos y en el 2041 a 17 millones más (Figura 2); sin embargo, la disponibilidad de tierra cultivable (alrededor de 4 millones de hectáreas) seguirá siendo la misma que en la actualidad a menos que se incremente a expensas del bosque -situación que debemos rechazar totalmente- o se incremente significativamente su rendimiento y productividad.

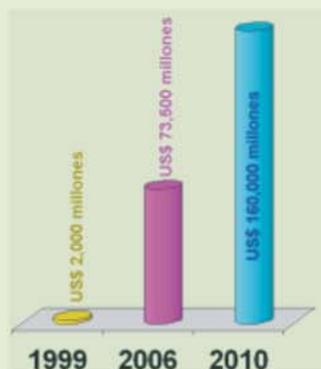


Figura 1. Proyección de la producción industrial de químicos mediante biotecnología.

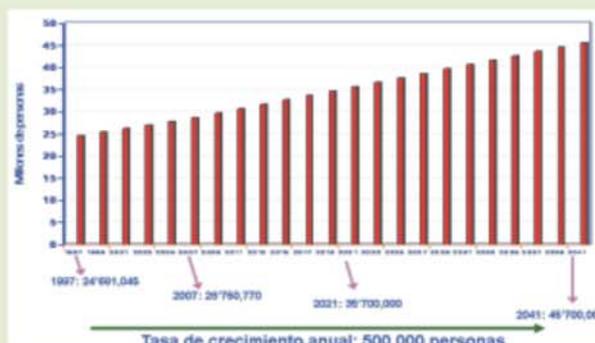


Figura 2. Evolución de la población peruana. Elaboración propia a partir de datos del INEI.

El modelo bioeconómico, discutido brevemente en la primera parte, se encuentra en marcha y trae consigo la necesidad de reconversiones en los sistemas productivos y en la adaptación de la teoría económica. En este sentido, el modelo de producción a utilizar en bioeconomía demanda de cambios sustanciales toda vez que se requiere de una estrecha coordinación entre la producción de alimentos y materia prima y la producción industrial. Además, este modelo productivo debe sobrepasar la tendencia sostenible y convertirse en regenerativo en la medida que debe no sólo conservar el ambiente para las generaciones venideras sino que lo debe corregir y sanear permanentemente obteniendo los mayores rendimientos y productividades para lograr un desarrollo social y económico equitativo.

Modelo de Producción de la Bioeconomía

Como fue mencionado, en la bioeconomía se requiere que los sistemas productivos funcionen coordinadamente de tal manera que se maximice el uso de la energía a la vez que se produzca el menor daño ambiental. En este sentido, es necesario establecer un Sistema Productivo Integrado (SPI) con una consideración simultánea del manejo de los componentes biofísicos de los recursos, de los impactos sociales y ecológicos de las tecnologías utilizadas y de los componentes institucionales involucrados (Sachs y Silk, 1990). Adicionalmente, en la medida que la biomasa vegetal es fundamental en la producción industrial cada SPI debería estar localizado en las zonas de producción agrícola, con lo que contribuye positivamente al desarrollo rural y se

* La Primera parte está publicada en la Revista Agronegocios, octubre del 2008

¹ Ph.D., Profesor Principal de Biotecnología, Director del Laboratorio de Micología y Biotecnología, Departamento de Biología, UNALM. mgclmb@lamolina.edu.pe

convierte en el motor de su economía. Sin embargo, debemos ser enfáticos en aclarar que esta visión de desarrollo rural no implica el uso -como tradicionalmente se cree- de tecnologías intermedias o simples; por el contrario, se requiere de tecnologías de avanzada con una base científica sólida para alcanzar y superar los requerimientos de alta rentabilidad y productividad. La clásica concepción de las economías de concentración y de gran escala ha devenido en obsoleta con los nuevos avances tecnológicos que implican compactación, miniaturización y modularidad, lo cual permite su aplicación a condiciones rurales y genera, además, muchas actividades secundarias y terciarias dando lugar a mayor empleo y reducción de la migración a las grandes ciudades. De otro lado y también en contraposición con modelos y posiciones clásicas, es importante tener en cuenta que ningún país en desarrollo puede sostenerse en el ritmo mortal de la obsolescencia impuesta por la competencia en los mercados mundiales sin desarrollar su capacidad de innovación y recambio tecnológico al mismo ritmo.



Figura 3. Sistema Productivo Integrado como modelo de producción de la bioeconomía.

En bioeconomía un SPI está formado por dos componentes interactuantes: las *agrorefinerías* y las *biorefinerías* (Figura 3) (Gutiérrez-Correa, 2008b). Las agrorefinerías integran la producción y la transformación en complejos industriales cuyas dimensiones no son necesariamente grandes pero con un alto nivel de conocimientos y priorizando la calidad, disminución de costos y la salud ambiental. Estas tienen como objetivo la producción de alimentos y derivados transformados y biomasa lignocelulósica que actuará como materia prima para el segundo componente del SPI. Este esquema fue propuesto hace 20 años como una alternativa para un desarrollo agrícola más sostenible pero no se pensó en dotarlo de alta tecnología (Munck, 1987). En nuestra propuesta, el funcionamiento de las agrorefinerías es bajo un concepto regenerativo buscando la optimización en el uso de fertilizantes químicos y del agua, la minimización en el uso de pesticidas y la pérdida de nutrientes así como la maximización en el empleo de los ciclos biogeoquímicos y de prácticas culturales que eviten la erosión del suelo -incluyendo la agricultura de precisión (Bouma *et al.*, 1999)- en conjunción con

variedades genéticamente modificadas que sean más eficientes en la toma de nutrientes, agua, resistentes a estreses y con mayores rendimientos.

El segundo componente de un SPI son las biorefinerías constituidas por un esquema industrial que tiene a la biomasa como materia prima y que mediante el uso de biocatalizadores (células y/o enzimas) en combinación con procesos químicos y termoquímicos, producirá una diversidad de productos que reemplazarán a los producidos a partir del petróleo (NRC, 2000). Este modelo es, en buena cuenta, una adaptación de la experiencia basada en la economía de los hidrocarburos. Los sistemas industriales han seguido el esquema de las refinerías petroquímicas, donde a partir de la misma materia prima se obtiene una variedad de productos (Kamm & Kamm, 2004). Esto prorratea los costos y hace rentables los diversos productos obtenidos en una planta petroquímica. La idea básica es el procesamiento de múltiples recursos renovables y la producción de múltiples productos en un complejo productivo. Se debe implementar análisis tecnológicos, ecológicos y sociales y un sistema de diseño para asegurar una optimización global de la conversión de la materia prima y la formación de productos en una forma similar a las refinerías petroquímicas (Zeng & Biebl, 2002). Las biorefinerías deben operar con dos elementos biológicos fundamentales para que sean eficientes: las *factorías celulares* y los *sistemas enzimáticos* (Figura 4). Las factorías celulares son microorganismos (u otro tipo de células) genéticamente diseñados mediante ingeniería metabólica para utilizar y convertir diversos sustratos en productos (bio)químicos (Gutiérrez-Correa, 2008a – Fig. 4; Raab *et al.*, 2005). De otro lado, los sistemas enzimáticos son complejos de enzimas modificadas mediante evolución dirigida de tal forma de adaptarlos a las condiciones demandadas por determinados bioprocesos para una muy eficiente actividad (Hibbert & Dalby, 2005; Turner, 2003).

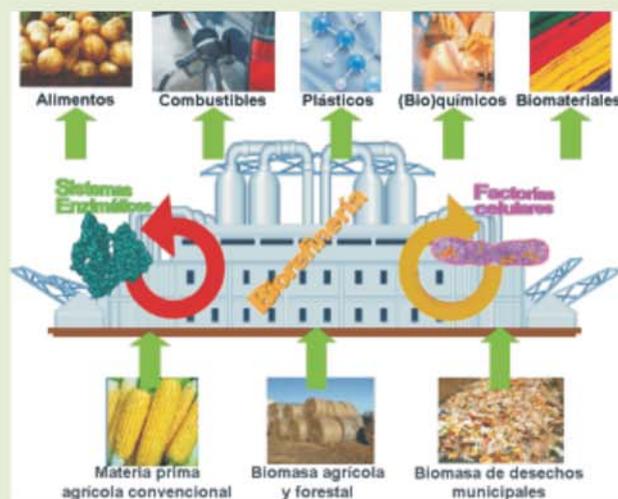


Figura 4. Concepto de Biorefinería. La ingeniería metabólica y la evolución dirigida son herramientas biotecnológicas fundamentales

El modelo de producción descrito brevemente requiere ser estricto en el concepto de sistema integrado, con el objetivo de no sólo conservar el ambiente sino de corregirlo y sanearlo permanentemente, obteniendo los mayores rendimientos y productividades para lograr un desarrollo social y económico equitativo. Este objetivo no es posible si producen desbalances en el sistema. Para el caso de las agrorefinerías el enfoque convencional de agricultura sostenible no debe ser utilizado puesto que se prioriza lo ecológico frente a lo económico, lo tecnológico y lo social -aunque aparentemente se busque favorecer este aspecto. Por ejemplo, en la producción de café y cacao bajo cultivo orgánico se obtienen rendimientos muy bajos (en promedio nacional 10,8 qq/ha para café y 500 kg/ha para cacao), además de un desperdicio de los residuos ricos en carbohidratos de tal forma que los productores dependen de precios especiales y no pueden competir en los mercados globales. En la Figura 5 se muestra una comparación de rendimientos de café según la tecnología de cultivo.

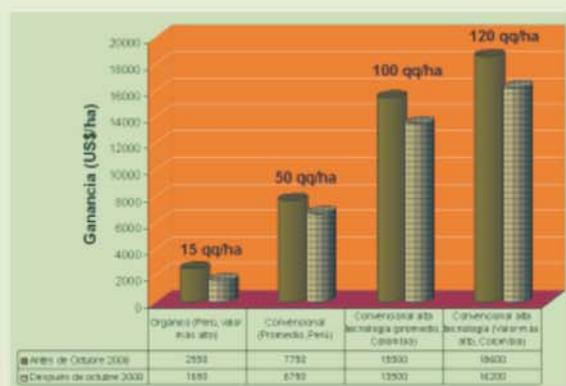


Figura 5. Rendimientos de café según la tecnología de cultivo. En noviembre del 2008 los precios del café orgánico cayeron en 35% y los del café convencional en sólo 12%.

En el Cuadro 1 se muestra una comparación similar para el caso del cacao. Igualmente, dentro del modelo de producción planteado la demanda constante de genes necesarios para innovar tanto las agrorefinerías como las biorefinerías promueve un uso más eficiente y sano de la biodiversidad, para lo cual el concurso de la biotecnología moderna es imprescindible.

	Orgánico	Convencional
Precio base (US\$/TM) (Depende de la Bolsa)	2,800	2,800
Plus orgánico (US\$ 200/TM)	3,000	-
Plus Mercado Justo (US\$ 150/TM)	3,150	-*
Ingreso por hectárea, condición actual (500 Kg vs 1,000 Kg)	1,575	2,800
Ingreso por hectárea, mejor manejo (800 Kg vs 1,500 Kg)	2,520	4,200

* Los pequeños productores pueden acceder también al mercado justo sin ser orgánicos.

Bioenergía y Bioproductos

La necesidad por un suplemento sostenible de recursos, el rápido avance en biotecnología de plantas y de microorganismos y la tendencia hacia un modelo bioeconómico son algunas de las fuerzas motoras por el interés en la producción de commodities químicos a partir de recursos renovables mediante procesos biológicos. Si bien la biotecnología se ha posicionado firmemente en la producción de químicos finos y especiales (aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas y farmacéuticos), progresivamente empieza a incursionar en la producción de commodities químicos (etileno, propileno, metanol, acetona y otros) desplazando su producción a partir de petróleo (Stottmeister *et al.*, 2005; Zeng & Biebl, 2002). Aunque se estima que sólo se conoce entre 1 y 5 % de la diversidad microbiana (Amman *et al.*, 1995), la diversidad metabólica de los microorganismos conjuntamente con las herramientas biotecnológicas pueden dar lugar a biorefinerías que produzcan no sólo todos los productos químicos actuales sino muchos nuevos de acuerdo con las necesidades futuras, dentro del modelo bioeconómico.

Igualmente, la demanda de bioenergía en todas sus formas será cada vez más grande. Se estima que cada día se consumen en el mundo 86 000 barriles de petróleo, los cuales deben ser reemplazados casi en su totalidad a mitad del presente siglo. Los biocombustibles líquidos más tomados en cuenta son el etanol y el biodiesel. Dentro del concepto de bioeconomía cualquier biocombustible no debe competir con las tierras destinadas a la producción de alimentos. En el caso del biodiesel la tecnología actual de producción utiliza fundamentalmente aceites de origen vegetal, metanol o etanol y soda, lo cual hace que esta tecnología no sea sostenible. Adicionalmente, por cada mol de triglicérido utilizado se producen tres moles de alquil-éster (biodiesel) y un mol de glicerol; este último puede constituir un contaminante causante de eutrofización sino se utiliza para producir otro producto. El cultivo de especies oleaginosas como jatropha en terrenos eriazos es por el momento una mejora, pero a mediano plazo esas tierras deberán ser incorporadas a la producción de alimentos con plantas transgénicas resistentes a sequía. La mejor alternativa es la producción de diesel microbiano a partir de biomasa lignocelulósica mediante factorías celulares (Rojo, 2008).

La producción de etanol a partir de maíz también es insostenible a largo plazo. En el caso peruano, con excepción de los cultivos establecidos de caña de azúcar en la costa y, probablemente, yuca en la selva, la alternativa para la producción de etanol es a partir de biomasa lignocelulósica. Considerando los valores de conversión de Kim y Dale (2004) y los datos del 2005 para arroz y maíz amarillo duro y del 2003 para caña de azúcar -teniendo en cuenta mantener una cobertura del 50 % con residuos de cosecha (biomasa lignocelulósica) para arroz y maíz para evitar la erosión del suelo- se tendría una disponibilidad de

7,34 Tg de biomasa lignocelulósica, la cual produciría 2 GL de etanol por año y con los residuos de lignina 1,87 TWh de electricidad y 10,6 PJ de vapor.

El uso de biomasa lignocelulósica para la producción de biocombustibles no genera deuda de carbono siempre que procedan de cultivos actuales (Fargione *et al.*, 2008). Sin embargo, existen varios aspectos tecnológicos que deben desarrollarse para que la producción de biocombustibles sea económicamente rentable y sostenible, particularmente enfocados a la optimización de la conversión de la biomasa en azúcares (Lynd *et al.*, 2008). Adicionalmente, las plantas productoras deben reestructurarse en biorefinerías para producir otros productos (por ejemplo, ácido láctico, ácido cítrico y pegamentos en el caso peruano).

Comentarios finales

El modelo bioeconómico puede constituirse también en un modelo de desarrollo que haga viable la sostenibilidad planteada por la Organización de las Naciones Unidas en 1987 (<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>), en la medida que hasta el momento no da resultados apreciables. El modelo bioeconómico no sólo toma en cuenta las tres dimensiones del desarrollo sostenible sino que además sobrepasa la tendencia sostenible y se convierte en regenerativo en la medida que no sólo busca conservar el ambiente para las generaciones venideras sino que lo corrige y sana permanentemente, obteniendo los mayores rendimientos y productividades para lograr un desarrollo social y económico equitativo. Su base genética le provee de inmensas posibilidades biotecnológicas, económicas y sociales a partir de la biodiversidad. En la Figura 6 se presentan los posibles usos de la biodiversidad presente en el Perú. El modelo de producción propuesto, además, permite su aplicación a cualquier condición al margen de la escala que se trate con lo que las poblaciones rurales tienen una alternativa real para mejorar sus niveles de vida. Finalmente, el modelo mejora el concepto de desarrollo sostenible porque tiene en cuenta, a diferencia de este, que los sistemas biológicos no son estáticos sino cambiantes, homeostáticos,

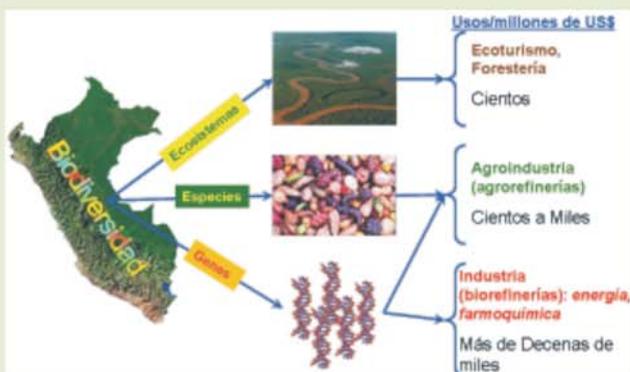


Figura 6. Usos y valores económicos posibles de la biodiversidad.

adaptativos y evolutivos. En tal sentido, la bioeconomía promueve un desarrollo dinámicamente equilibrado, es decir, bioeconómico cuya base es el capital biológico, el cual inherentemente incluye también al ser humano.

Referencias

Amann, R.I., W. Ludwig and K.-H. Schleifer. 1995. Phylogenetic Identification and In Situ Detection of Individual Microbial Cells without Cultivation. *Microbiological Reviews* 59(1): 143–169.

Bouma, J., J. Stoorvogel, B.J. van Alphen, and H.W.G. Booltink. 1999. Pedology, Precision Agriculture, and the Changing Paradigm of Agricultural Research. *Soil Science Society of America Journal* 63:1763–1768.

Fargione, J., J. Hill, D. Tilman, S. Polasky and P. Howthorne. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319: 1235 – 1238.

Gutiérrez-Correa, M. 2008a. Bioeconomía (Primera Parte). *Revista de Agronegocios* 2(3): 14 - 17.

Gutiérrez-Correa, M. 2008b. Bioeconomía: la economía del Siglo XXI. *Bios* 1(1): 3–6.

Hibbert, E.G. and P.A. Dalby. 2005. Directed evolution strategies for improved enzymatic performance. *Microbial Cell Factories* 4:29 doi:10.1186/1475-2859-4-29.

Kamm, B. and M. Kamm. 2004. Principles of Biorefineries. *Applied Microbiology and Biotechnology* 64: 137–145.

Kim, S. and B.E. Dale. 2004. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass and Bioenergy* 26: 361–375.

Lynd, L.R., M.S. Laser, D. Bransby, B.E. Dale et al. 2008. How biotech can transform biofuels. *Nature Biotechnology* 26(2): 169 – 172.

Munck, L. 1987. A new agricultural system for Europe? *Trends in Biotechnology* 5(1): 1–4.

NRC (National Research Council). 2000. Biobased industrial products: priorities for research and commercialization. Committee on Biobased Industrial Products, Board on Biology, Commission on Life Sciences. National Academy Press, Washington, DC.

Raab, E.M., K. Tyo and G. Stephanopoulos. 2005. Metabolic Engineering. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 100: 1 – 17.

Rojo, F. 2008. Biofuels from microbes: a comprehensive view. *Microbial Biotechnology* 1(3): 208–210.

Sachs, I. and D. Silk. 1990. *Food and Energy – Strategies for Sustainable Development*. United Nations University Press, Tokio.

Stottmeister, U., A. Aurich, H. Wilde, J. Andersch, S. Schmidt and D. Sicker. 2005. White biotechnology for green chemistry: fermentative 2-oxocarboxylic acids as novel building blocks for subsequent chemical syntheses. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 32: 651 – 664.

Turner, N.J. Directed evolution of enzymes for applied biocatalysis. *Trends in Biotechnology* 21: 474 – 478.

Zeng, An – Ping and Hanno Biebl. 2002. Bulk Chemicals from Biotechnology: The Case of 1,3-Propanediol Production and the New Trends. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* 74: 239 – 259. ◆