

- c).- Cultivos resistentes a plagas, enfermedades, a la sequía y salinidad y a la competencia desarrollada por malezas.
- d).- Plantas menos dependientes de la aplicación de productos agroquímicos.
- e).- Cultivares con cualidades nutrimentales mejoradas.

Desarrollo agrícola nacional con base en la infraestructura hidráulica y la tenencia de la tierra en Sinaloa

Los eventos significativos en el desarrollo de la infraestructura hidráulica en Sinaloa, se muestran en la Cuadro 1.

En Sinaloa, el desarrollo agrícola tuvo auge entre 1970 y 1990 cuando se duplicó la superficie irrigada y se distribuyó ésta entre los ejidatarios. La propiedad de la Tierra en Sonora y Sinaloa se muestra en la Cuadro 2, y en ésta se denota los eventos sociales entre 1958 y 1992 dentro del sector ejidal y

agricultores privados que tuvieron impacto en la tenencia del recurso agua.

En 1975 la distribución promedio por 37, 284 ejidatarios de los distritos de riego era de 8.56 hectáreas de tierra de riego (316 914 Has), las cuales superaban a las 24.4 ha por persona que ocupaban los 9,621 pequeños propietarios (234 ,752 ha).

En las tierras de temporal, de la planicie y la sierra, había 73, 015 ejidatarios que disponían de 7.35 ha, en promedio cada uno y también había 15, 379 pequeños propietarios con 23.9 ha por persona (Grammont, 1987). Otro cambio importante en el sector agrícola después de 1940, fue la aparición de la empresa agrícola, una organización muy tecnificada, con fuertes requerimientos de inversión de capital para impulsar la producción agrícola (Langue, 1986).

Cuadro 1. Desarrollo de la infraestructura hidráulica de 1934 a 1992 de la agricultura en Sinaloa.

Gobierno	Plan de trabajo	Obras construidas	Contribución
Gobierno de Cárdenas (1934-1940)	Infraestructura hidráulica	Construcción de la presa Sanalona sobre el río Tamazula	Aumentó la superficie irrigada de 31, 000 a 94, 000 hectáreas en el valle de Culiacán.
Manuel Ávila Camacho (1940-1946)	Infraestructura hidráulica	Se excavaron tres grandes canales: el de Bamoa (Guasave), el Antonio Rosales (Culiacán), y el SICAE (río Fuerte) (Grammont, 1987). Se termina la presa Sanalona.	Se aumenta la superficie irrigada
Miguel Alemán (1946-1952)	Gestiones políticas y cambios a las dependencias gubernamentales	Se dan reformas a la Secretaría de recursos Hidráulicas. Se Inauguro la presa Sanalona sobre el río Culiacán, y se crió la comisión del Río Fuerte par la Construcción de la Presa Miguel Hidalgo.	Mayor coherencia a la política de irrigación a nivel nacional.
Adolfo Ruiz Cortines (1952-1958)	Ampliación en la capacidad de las presas e incrementó en la infraestructura hidráulica	Más capacidad a la presa Sanalona, se inició a la construcción de la presa sobre el Río Humaya y una presa derivadora en el Río San Lorenzo. En 1956 se inauguró la presa Miguel Hidalgo, la de mayor capacidad en Sinaloa (ISS, 1990).	Aumentó la superficie irrigada en distintos valles del Estado
Adolfo López Mateos (1958-1964) y Gustavo Díaz Ordaz (1964-1970),	Ampliación en la capacidad de las presas e incrementó en la infraestructura hidráulica	Se puso en marcha la presa del río Humaya y se elevó la cortina de la presa Miguel Hidalgo, se construyó la presa Josefa Ortiz de Domínguez sobre el arroyo de Álamos,	La superficie irrigada alcanzó la cifra de 413 944 hectáreas.
Luis Echeverría (1970-1976) y José López Portillo (1976-1982).	Se redujo notablemente la inversión federal	No se construyeron canales ni presas.	La inversión federal no se suspendió completamente .
Miguel de la Madrid (1982-1988) y Carlos Salinas de Gortari (1988-1992).	Se intensifican las obras de riego.	Construcción de las presas: Bacurato (Gustavo Díaz Ordaz) sobre el río Sabinal, (Ingeniero Guillermo Blake Aguilar) en el río Ocoroní y el comedero (José López Portillo) en el río San Lorenzo. Se inicia la construcción de otras presas: Huítes, Eustaquio Buelna, Vinorama, El salto, Santa María y El tamarindo (ISS, 1996).	Entre 1970 y 1990 se duplicó la superficie irrigada y las tierras se distribuyeron entre los ejidatarios y los agricultores privados en proporción aproximada de 40 % para el sector privado y 60 % para el sector ejidal.

La agricultura se transformó en un negocio cuyo objetivo principal fue la generación de utilidades, más que la producción de alimentos. Este cambio ocurrió principalmente entre los productores de hortalizas para exportación, todos ellos del sector privado (Meyer, 1984).

El censo de 1970 indica que había 100 empresas exportadoras de hortalizas, de las cuales ocho podían ser consideradas grandes

empresas capitalistas. Sin embargo, no todos los productores privados se convirtieron en empresarios y muchos de ellos continuaron como productores en pequeña escala y en forma tradicional, sin inversiones de consideración. En el sector ejidal también hubo empresarios agrícolas, aunque en su mayor parte fueron pequeños productores.

Cuadro 2. Tenencia de la tierra en el período de 1958 a 1992 en Sinaloa y Sonora y sus efectos en el recurso agua.

Año	Objeto	Causas	Apoyo	líderes	Efectos	Estados
1958	Presa El Varejonal	Se invaden las tierras que serían abiertas al cultivo	Organización campesina no gubernamental, la Unión General de Obreros y Campesinos de México (UGOCM).	Jacinto López,	prefería impulsar la agricultura privada, se vio obligado a favorecer a los agraristas, pero no a los de la UGOCM, sino que trasladó campesinos michoacanos, afiliados a la CNC, para dotarlos de tierras ejidales en Sinaloa	Sinaloa
1967-1969	El predio El Alhuate de la Familia Redo	Aunque los 81 lotes de la familia Redo estaban certificados durante el gobierno de Miguel Alemán a favor de los campesinos, la Suprema Corte de Justicia de la Nación falló a favor de los 81 pequeños propietarios,	Los campesinos fueron apoyados por el Gobierno del Estado	Leopoldo Sánchez Celis	La familia Redo entregó el predio al presidente Gustavo Díaz Ordaz para que se repartiera (Burgos, 1985).	Sinaloa
1970		<i>Se agudizaron las tensiones entre los sectores campesino y privado</i>			Los propietarios particulares subdividieron legalmente sus tierras para prevenir cualquier	Sinaloa y Sonora
1970-1976	Invasión de 50 000 hectáreas de riego en el valle del Río Culiacán.	El Gobierno Federal afectó tierras de agricultores de ambos estados, lo que provocó fuertes reacciones del sector particular (Ibarra, 1993).	Apoyo de la burguesía de todo el país.	Sector Privado	El Gobierno federal expropió 37 131 hectáreas de riego y 65 655 hectáreas de agostadero en el valle del Yaqui; los agricultores de Culiacán ofrecieron 13 500 hectáreas para su distribución entre los campesinos, el gobierno aceptó.	Sinaloa y Sonora
1970-1992	Agricultores negocian mediante la renta o contrato de asociación privados a las tierras en participación ejidales.	se generalizó el acceso a las tierras	Fomento Agropecuario	Manuel de Jesús Clouthier (Retamoza, 1994).	En ambos estados los agricultores adquirían fuerza política y se ligaban a las organizaciones cupulares de la burguesía nacional (Jerónimo, 1995).	Sinaloa y Sonora

El mismo censo de 1970 indica que el sector privado absorbió 79% del total de las inversiones agrícolas y que la mayor parte de éstas se dedicaron a la producción de hortalizas para la exportación en *Sinaloa: el drama y sus actores*, México (INAH, 1975). Con respecto a la banca en Sinaloa, esta se desarrolló ligada al crecimiento de la agricultura usando créditos para impulsar sus empresas (Pérez, 1944).

Causas y efectos de la agricultura tecnificada

Las actividades agropecuarias son importantes en la región del Golfo de California, no sólo por su aportación económica, sino también por su impacto ambiental. El efecto principal es sobre el uso desmedido del recurso agua, y los daños en la salud. Las grandes cosechas generan ingresos, pero también costos por la contaminación de la superficie por el uso de fertilizantes, plaguicidas y otros desechos que percolan hacia el acuífero (Neuman, 2006).

En la región del Golfo de California, los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit sobresalen en las actividades agropecuarias y de la agroindustria de alimentos. La contribución de estas actividades al producto interno bruto (PIB) de la región es de entre 8 a 9%. Su aportación al empleo representa más del 17% en el caso del sector agropecuario y más del 5% en las actividades agroindustriales.

Por otro lado, la agricultura consume 80% del agua dulce disponible en la región, con una eficiencia del 40%. La Comisión Nacional de Agua identifica al 41% de los acuíferos de la región del Golfo como en estado de sobreexplotación. Esta situación ha empobrecido los recursos que sustentan a las actividades agropecuarias. Con respecto a la contaminación que se genera por la agricultura extensiva, existen tres principales fuentes contaminantes del agua dulce, tanto subterránea como superficial: la intrusión salina, por extracción de agua para uso agrícola, las descargas de residuos de la agricultura y los municipios, y los desechos sólidos que van desde botes de agroquímicos hasta desechos de la vitivinicultura, la porcicultura, las fábricas y la navegación (Neuman, 2006).

Es importante señalar que el sector agrícola genera más del 60% de las aguas residuales,

que además de cargas orgánicas llevan restos de fertilizantes y plaguicidas. Muchos no se degradan, sino llegan al mar en concentraciones muy altas y ocasionan procesos de eutrofización, afectando a la flora y fauna.

CONCLUSIONES

Es importante informar a los agricultores y principalmente a los propietarios y usuarios de las tierras con producción extensiva sobre la situación en la cual se encuentran el recurso agua y suelo, lo que pone en riesgo la agricultura estatal y regional a corto y mediano plazo. Asimismo, resulta relevante aumentar las inversiones en investigación agrícola, sobre todo para la conservación y uso sustentable del agua y suelo, con fondos tanto nacionales como estatales y municipales.

Se requiere innovación tecnológica en agricultura para aumentar los rendimientos de algunos cultivos con menor cantidad de agua.

La conservación y el manejo eficiente de los mantos acuíferos, marcaran la pauta para mantener el liderazgo actual en Sinaloa en producción agrícola Nacional.

LITERATURA CITADA

- Bie, S.W. 1994. **Global food: agricultural research paradigms revisited.** *Forum Dev. Stud.*, 1-2: 221-227pp.
- Brown, L.R. 1996. **Tough Choices, Facing the Challenge of Food Scarcity,** Norton and Company. Nueva York-Londres, 115-136pp.
- Brown, L.R. 1999. **Alimentar a 9.000 millones de personas.** In: *La situación del mundo. Informe anual del Worldwatch Institute sobre Medio Ambiente y Desarrollo.* Barcelona: Icaria Editorial, 221-251 pp.
- Grammont, H. 1987. **La presencia norteamericana en el agro sinaloense en la primera mitad del siglo XX.** In: *Secuencia* núm. 7, Revista Americana de Ciencias Sociales, México, Instituto de investigaciones Doctor José María Luis Mora, 5-23 pp.
- Crosson, P., and J.R. Anderson. 1995. **Achieving a Sustainable Agricultural System in Sub-Saharan Africa.** In: *Building Blocks for Africa 2025.* World Bank, Africa Region Technical Department and Environmentally

Sustainable Development Division, Washington, D.C. 2(1): 195-210.

Crump, A. 1998. **The A to Z of World Development.** New Internationalist Publications Ltd., Oxford. 293 p.

Dyson, T. 1996. **Population and Food.** Global trends and Future Prospects, Publicación European Journal of Population/Revue européenne de Démographie, 15(2):203-204.

Eicher, C.K. 1995. **Zimbabwe's maize-based green revolution: preconditions for replication.** *World Dev.*, 23: 805-818.

FAO. 1995. **Agricultura mundial: hacia el año 2010, estudio de la FAO.** N. Alexandratos, ed. Roma, FAO y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Páginas. 57 p.

Goldman, A. y Smith, J. 1995. **Agricultural transformations in India and northern Nigeria: exploring the nature of green revolutions.** *World Dev.*, 23: 243-263.

Gutiérrez, J. A. 1996. **La revolución verde, ¿solución o problema?** In: Suttcliffe, B. (coord.), *El Incendio Frío. Hambre, alimentación y desarrollo*, Icaria-Antrazyt, Barcelona, pp. 231-245.

Hamblin, A. 1995. **The concept of agricultural sustainability.** *Advances in Plant Physiology* 11: 1-19.

Instituto Nacional de Antropología e Historia. 1975. **Centro Regional del Noroeste. Sinaloa: el drama y sus actores**, México, (Colección Científica, 20), 296 pp.

Langue, F. 1986. **Economías y sociedades en el estado de Sinaloa. Los orígenes locales de la Revolución de 1910.** Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales, maestría en historia regional, 176-190 pp.

Mann, Ch. 1997. **Reseeding the Green Revolution.** *Science*, 277: 1038-1043 pp.

Mann, Ch. 1999. **Crop scientists seek a new revolution.** *Science*, 283: 310-314 pp.

Matson, P.A., W.J. Parton, A.G. Power y M.J. Swift. 1997. **Agricultural intensification and ecosystem properties.** *Science* 277: 504-509 pp.

McCalla, A.F. 1994. **Agriculture and food needs to 2025: Why we should be concerned.** Washington, D.C., GICAI. 145-158 pp.

Meyer, J. 1984. **Esperando a Lozada.** Zamora, El Colegio de Michoacán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 268 pp.

Neuman, T. 2006. **Un futuro comprometido: La agricultura y la acuicultura compiten por el agua.** Programa de las américas 1-9 pp.

Pérez, R. A. 1944. **Historia de los triunfos de nuestra santa fe entre las gentes las más bárbaras y fieras del Nuevo Orbe.** México, Layac, 3 vols. 115 pp.

Pimentel, O., Harman, R., Pacenza, M., Pekarsky, J. & Pimentel, M. 1994. **Natural resources and an optimum human population.** *Pop. Environ.*, 15: 5, 45 pp.

Shiva, V. 1991. **The violence of the Green Revolution.** Third World Agriculture, Ecology and Politics, Zed Books, Londres, 158 p.

Swaminathan, M.S. 1994. **Uncommon opportunities. An agenda for peace and equitable development.** Informe de la Comisión Internacional de la Paz y la Alimentación. Londres, Zed Books, 178 p.



Figura 1. Producción agrícola en el estado de Sinaloa mediante equipo tecnificado Foto: Gomez J.L.



Figura 2. Sinaloa y Sonora: El más alto porcentaje de superficie agrícola sujeto a riego. Foto Talli Nauman.

Mariano Norzagaray Campos

Doctorado en Ciencias Marinas por el CINVESTAV-IPN-Mérida, Candidato a Dr. en Geohidrología por la UNAM. Premio nacional a la investigación 1998 y ha publicado desde el 2003 12 artículos nacionales e internacionales en temáticas hidrogeoquímicas y cambio climático y ha dirigido 15 tesis de maestría, 8 de licenciatura y 1 de doctorado. Actualmente es profesor Investigador Titular "C" de tiempo completo en el CIIDIR-IPN unidad Sinaloa- Depto. de Medio Ambiente y

Recursos Naturales- Ingeniería Ambiental. Correo electrónico: mnorzaga@ipn.mx

Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango, Maestría en Ciencias con especialidad en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Biólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).

Omar Llanes Cárdenas

Maestro en Ciencias por el CIIDIR IPN- Sinaloa en el área de Ingeniería Ambiental. Profesor Investigador en la Universidad Autónoma de Sinaloa. Desde el 2007 ha escrito 4 artículos nacionales y en la actualidad es candidato a Doctor y estudiante en el CIBNOR- Unidad La paz.

Enrique Troyo Diéguez

M.C por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México. Doctor en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Investigador Titular, CIBNOR, S.C. La Paz, B.C.S., México. Desde 1985 ha sido autor o coautor de 105 artículos de investigación nacional e internacional y ha participado en 75 congresos científicos; en la actualidad es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II. Correo electrónico: etroyo04@cibnor.mx

Patricia Munoz Sevilla

Doctorado en Ciencias por la Universidad de Marsella, Francia. Desde 1985 ha sido autora y coautora en 45 artículos de investigación nacionales e internacionales. Actualmente es el Director del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del IPN.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO

Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez, Cipriano García Gutiérrez, J. Ricardo Camacho Báez,
Miguel Ángel Apodaca Sánchez, Leobardo Gerardo Montoya y Eusebio Nava Pérez

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 51-56



e-revist@s

BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO

ROLE OF BIOFERTILIZERS IN THE AGRICULTURAL DEVELOPMENT IN MEXICO

Adolfo Dagoberto Armenta-Bojórquez¹, Cipriano García-Gutiérrez¹, J. Ricardo Camacho-Báez¹, Miguel Ángel Apodaca-Sánchez², Leobardo Gerardo-Montoya¹ y Eusebio Nava-Pérez¹

¹Profesor Investigador. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR-IPN COFAA. Unidad Sinaloa, México. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Col. San Joachin, C.P. 81101, Guasave, Sinaloa. Teléfono: +687-872-9626. Fax: +687-872-9625. ² Profesor-Investigador. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, Sinaloa. UAS.

RESUMEN

Los fertilizantes sintéticos presentan baja eficiencia ($\leq 50\%$) para ser asimilados por los cultivos, el fertilizante no incorporado por las plantas trae un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con NO_3^- , eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global. Una alternativa para frenar esto es el uso de biofertilizantes, preparados con microorganismos aplicados al suelo y/o planta, con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética. La respuesta de los biofertilizantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales. Los microorganismos aplicados deben competir con una microflora nativa mejor adaptada a condiciones ambientales adversas, incluyendo falta de humedad en el suelo, predación, alta salinidad y pH extremos, que pueden disminuir rápidamente la población de cualquier especie microbiana introducida. Los resultados de esta investigación indican que la utilización de cepas nativas de microorganismos en la elaboración de biofertilizantes tienen mayor posibilidad de efectividad en el campo, por estar adaptados a las condiciones del suelo de cada región.

Palabras claves: Biofertilizante, cepas nativas, agricultura.

SUMMARY

Synthetic fertilizers have low uptake efficiency by crops, it can be less than 50% of the applied fertilizer, the not incorporated fertilizer brings an adverse environmental impact, such as groundwater, contamination with NO_3^- , eutrophication, acid rain and global warming. An alternative to use bio-fertilizers, are microorganisms preparations applied to the soil and or plant, to replace partially or totally synthetic fertilizer. The responses to biofertilizers vary considerably, depending on kind of microorganisms, soil type, plant species and environmental conditions. Applied microorganisms must compete with native soil microflora which might be better adapted to adverse environmental conditions (lack of soil moisture, predation, high salinity and extremes pH); these factors can quickly diminish the population of any microbial species introduced into the soil. The results of this research indicate that the use of native strains in the development of bio-fertilizers, have a greater opportunity of effectiveness use in the field due to their adaptability to the soil conditions of each region.

Key Word: Biofertilizer, native strains, agriculture.

INTRODUCCIÓN

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son clasificados dentro de dos grupos: El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al stress por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguin, 1998; Lucy *et al.*, 2004). Puede haber microorganismos que puedan estar en los dos grupos, que además de promover el crecimiento de la planta, inhiba los efectos de microorganismos patógenos (Kloepper *et al.*, 1980).

Algunas de las bacterias son versátiles y pueden presentar varios mecanismos, por ejemplo, *Bacillus subtilis* que produce auxinas que promueven el crecimiento de tomate e inducen resistencia sistémica contra *Fusarium oxysporum*, el cual provoca marchitez y pudrición de las raíces (Gupta *et al.*, 2000).

Microorganismos utilizados como biofertilizantes

Los microorganismos que intervienen en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBNA) que es la reducción enzimática de nitrógeno (N_2) a amonio (NH_4), podemos clasificarlos en dos grupos a) microorganismos

(bacterias hongos y algas) que fijan nitrógeno en forma no simbiótica o de vida libre y b) microorganismos que fijan el nitrógeno en forma simbiótica con plantas leguminosas y no leguminosas (azolla, gramíneas y otras), las mayores cantidades de nitrógeno atmosférico fijado, es llevado a cabo por leguminosas en asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* (Richards, 1987). En las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre se encuentran los géneros más estudiados que son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*, los cultivos en donde ha sido más estudiado este proceso de fijación de nitrógeno son: caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo y pastos tropicales forrajeros, donde la fijación de N_2 por bacterias asociativas y de vida libre es importante (Döbereiner *et al.*, 1995).

Microorganismos que proporcionan fósforo a las plantas, entre los más importantes está los hongos micorrízicos que presentan asociación simbiótica con las plantas, las cuales suministran además de un nicho ecológico, la fuente de carbono que necesita el hongo para su desarrollo, a su vez la planta se beneficia incrementando la captación de nutrimentos minerales del suelo principalmente fósforo (Alloush *et al.*, 2000).

En Chile ancho inoculado con *Glomus intraradices*, en suelo franco arenoso, con bajo contenido de fósforo, se obtuvo incremento en el número de hojas, área foliar, frutos y biomasa de raíces (Aguilera-Gómez *et al.*, 1999).

La disponibilidad del fósforo para la planta está influenciada por los microorganismos de la rizósfera. Un alto porcentaje de las bacterias de la rizósfera y el rizoplasma son capaces de degradar sustrato de fósforo orgánico, y las cifras totales de microorganismos aumentan en la vecindad de raíces metabólicamente activas (Powell y Bagyaraj, 1984). Existen microorganismos solubilizadores de nutrimentos tal es el caso de *B. subtilis*, *B. circulans* y *B. polymyxa*, lo cual, permite que el fósforo disponible en la rizósfera se incremente en beneficio para las plantas (Bashan *et al.*, 1996).

Bacterias promotoras de crecimiento de las plantas (BPCP), tienen capacidad para sintetizar

sustancias reguladoras del crecimiento o fitohormonas. Estas sustancias son compuestos naturales, que afectan diversos procesos de las plantas, a concentraciones más bajas de las que presentan nutrimentos o vitaminas. Los reguladores del crecimiento vegetal sintetizados por las plantas son: auxinas, giberelinas, citocininas, ácido indolacético, etileno y ácido abscísico. Cuando estas sustancias son producidas en forma endógena por las plantas, se les denomina hormonas vegetales o fitohormonas. El término "reguladores del crecimiento de las plantas" se refiere a los compuestos sintéticos que tienen propiedades para regular el crecimiento de las plantas; generalmente, este término se utiliza también cuando las hormonas de las plantas son producidas por microorganismos de la rizósfera (Arshad y Frankenberger, 1991).

Microorganismos productores de sideróforos que son compuestos de bajo peso molecular con alta afinidad por el hierro (Fe^{3+}); también pueden tener afinidad por el manganeso y molibdeno (Leong, 1986; Cornish y Page, 2000) como un mecanismo para obtener estos micronutrientes en condiciones de deficiencia (Neilands, 1981). Los sideróforos se asocian con el Fe^{3+} en la solución del suelo y son reabsorbidos y procesados en la planta o en la bacteria, siendo un mecanismo eficiente para obtener nutrimentos. Su producción ha sido asociada con diversas bacterias libres, especialmente del grupo de las *Pseudomonas* (Zdor y Anderson, 1992).

Impacto de los biofertilizantes en México

En México el mayor impacto de los biofertilizantes fue en los años 70's y 80's con la fijación biológica de nitrógeno en soya y garbanzo, donde se logró sustituir la fertilización nitrogenada en Sinaloa que en ese tiempo fue el principal productor nacional de estas leguminosas (Armenta-Bojórquez, 1986; 1990), la utilización de inoculantes comerciales a base de *Rhizobium* fue una práctica generalizada por los productores agrícolas, además de ser recomendada por los centros de investigación (INIFAP, 1990).

En los últimos años han aparecido las primeras preparaciones comerciales de BPCP y hongos

micorrízicos arbusculares (HMA), por su costo han sido utilizadas principalmente en hortalizas.

Los trabajos de investigación con micorrizas son relativamente recientes ya que la elaboración del inóculo no es de fácil manejo por ser un simbionte obligado. Sin embargo, en los últimos años con los adelantos tecnológicos se han introducido al mercado productos con impacto a la horticultura en cuanto a la obtención de plántulas vigorosas en el invernadero aumentando la sobrevivencia de plantas en el trasplante a campo, como la introducción de un inoculante líquido de *Glomus intrarradices* por la compañía Buckman en 1995 en Sinaloa.

En 1999, se introdujo HortiC Plus, de Plant Health Care (PHC) en el mercado. En el 2000, se introdujeron sustratos con esporas especialmente para su utilización en invernaderos para satisfacer la demanda a productores de hortalizas. Sin embargo, no existen evaluaciones serias de investigación sobre el beneficio de estos inoculantes comerciales.

En cultivos de granos ha habido una producción nacional de inoculantes (INIFAP) apoyada inicialmente por el gobierno mexicano, pero no se ha tenido la aceptación esperada por los productores, de cualquier manera los productos biológicos presentan una penetración menos espectacular que los fertilizantes sintéticos en el mercado, al mostrar los productores desconfianza de reducir la fertilidad del suelo y con ello, sus ganancias. Esta desconfianza se basa principalmente en la respuesta de los biofertilizantes que varían considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas, y condiciones ambientales. Los microorganismos aplicados deben competir con una microflora nativa mejor adaptada, las condiciones ambientales adversas, incluyendo falta de humedad en el suelo, predación, alta salinidad y pH extremos, pueden disminuir rápidamente la población de cualquier especie microbiana introducida en el suelo, excepto que se tomen las precauciones necesarias para seleccionar el inoculante adecuado y proveer condiciones que lo favorezcan.

Los problemas de fertilidad son resueltos principalmente con fertilizantes sintéticos, pero los efectos adversos al medio ambiente han orientado a buscar nuevas estrategias como los biofertilizantes (Rabie y Humiany, 2004).

Contaminación de fertilizantes sintéticos

El nitrógeno es el nutrimento aplicado más extensivamente como fertilizante, seguido por el fósforo y potasio. Los fertilizantes nitrogenados se caracterizan por su baja eficiencia en su uso por los cultivos, misma que puede ser menor al 50% (Keeney, 1982), lo que trae como consecuencia un impacto ambiental adverso, tal como contaminación de mantos acuíferos con NO_3^- , eutrofización, lluvia ácida y calentamiento global (Ramanathan, *et al.*, 1985). La roca fosfórica, que es la materia prima de los fertilizantes fosforados, tiene cantidades importantes de cadmio dependiendo del tipo de roca (Gilliam, *et al.*, 1985) y el uso continuo de este fertilizante induce la acumulación en el suelo de cadmio, elemento que es indeseable por su riesgo de toxicidad en plantas y animales (Mengel y Kirkby, 1982). Otro problema no menos importante es la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con nitratos y la emisión de gases de nitrógeno a la atmósfera (NO y N_2O) que es consecuencia del uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990; Puckett, 1995; Gilliam *et al.*, 1985) y de la aplicación de láminas inapropiadas de agua de riego, y asociado a esto, está el riesgo de acumulación de nitratos en frutos y verduras comestibles, así como en acuíferos, lo cual es de alto riesgo para la salud humana cuando la concentración de N-NO_3 supera el 0.2% en las partes comestibles de las plantas como frutos de hortalizas o verduras y en agua potable llega a 10 ppm (Malakouti, *et al.*, 1999).

Perspectivas de los biofertilizantes

El aumento de la concientización sobre el cuidado del medio ambiente y la evidencia del deterioro ambiental que causan los agroquímicos ha hecho que los productores agrícolas, vean como buena alternativa la aplicación de los biofertilizantes ya que en la actualidad se usa BPCP y hongos micorrízicos, entre los productores de plántulas en invernaderos y

viveros, así como el incremento de microempresas productoras de abonos orgánicos que incluyen los biofertilizantes y la producción de estos insumos por los propios productores, que los introducen a un manejo más sustentable del suelo, estas practicas van en aumento tanto en agricultura orgánica como convencional, sobre todo en el noroeste del país, aún siendo donde se tiene la tecnología agrícola más avanzada. Se esta adoptando una estrategia de suministro de nutrientes a los cultivos (hortalizas y cultivos de grano), integrando una inteligente combinación de fertilizantes orgánicos, humus de lombriz y biofertilizantes; todo ello dentro del marco de la sustentabilidad, para reducir los daños causados al ambiente y a la salud del hombre y los animales por los métodos irracionales que se han empleado en las últimas décadas (Fundación Produce, 2006).

La mayor demanda de abonos orgánicos por los productores agrícolas vienen siendo los fermentados líquidos (compostas líquidas y biofertilizantes líquidos) que al aplicarse al suelo tienen importantes beneficios entre los que destacan, el aumento en los nutrientes (Eghball *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2003); mejoramiento de la capacidad del suelo para retener agua; mejores condiciones físicas para el desarrollo de las raíces y el laboreo del suelo (Badaruddin *et al.*, 1999); control de algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de raíces, y un aumento en la actividad microbiana (Kannangara *et al.*, 2000; Litterick *et al.*, 2004).

Otras razones de la preferencia de estos abonos líquidos son: a) Que pueden aplicarse de muchas maneras incluyendo el agua de riego que puede ser por gravedad o presurizado. b) Fácil manejo por las motobombas que reducen jornales. c) No requiere equipo especializado para su almacenamiento y aplicación y d) Se tiene mejor control de la cantidad aplicada al manejarse en volumen y no en peso.

El incremento de estas microempresas y practica del productor de producir su propio fertilizante (biofertilizantes), debe ser fomentada y mejorada por los centros de investigación y organismos relacionados con la agricultura, para optimizar esta actividad que se traduzca en mayores

ganancias y mejoras al ambiente. Entre las actividades a mejorar esta el de seleccionar microorganismos nativos de la región en la producción de biofertilizantes, ya que así se dan mayores posibilidades del establecimiento y multiplicación del mismo en el suelo, lo que permitirá un mayor beneficio en la planta. En Sinaloa, en producción de plántula de chile jalapeño, la aplicación de cepa nativa de *B. subtilis*, presentó la mayor producción de biomasa (peso seco), comparable a cepas de *Bacillus* comerciales (Espinoza *et al.*, 2003). En tomate la producción de biomasa en peso seco de follaje de plántula, se encontró que las cepas nativas de *B. subtilis* son eficientes para la obtención de plántulas de tomate con calidad, reduciendo en 50% la fertilización sintética (Armenta-Bojórquez *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

La utilización de cepas nativas de microorganismos en la elaboración de biofertilizantes, presentan mayor posibilidades de efectividad en el campo, por estar adaptados a las condiciones del suelo de cada región.

La recomendación del uso de biofertilizantes, debe hacerse inicialmente como un complemento a la fertilización sintética, con visión de sustituirla a mediano o largo plazo de acuerdo a las condiciones de suelo, manejo y respuesta del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Aguilera-Gómez, L., Davies F. T., Olalde-Portugal, V., Duray, S. A., Phavaphutanon, L. 1999. **Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intrarradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annum* L. cv. San Luis).** Photosynthetica. 36:441-449.
- Alloush, G.A, Zeto, S.K, Clark, N. 2000. **Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhizal effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil.** Journal of Plant Nutrition. 23(9):1351-1369.
- Arshad, M., and Frankenberger Jr., W.T. 1991. **Microbial production of plant hormones.** Plant and Soil. 133:1-8.
- Arshad, M., and Frankenberger Jr., W.T. 1998. Plant growth-

- regulating substances in the rhizosphere: Microbial production and functions. *Advances in Agronomy*. 62:45-151.
- Armenta-Bojórquez, A. D., Ferrera-Cerrato, R., Trinidad, S. A., y Volke, H.V. 1986. **Fertilización e Inoculación con *Rhizobium* y Endomicorrizas (V-A) en Garbanzo Blanco (*Cicer arietinum* L.) en Suelos del Noroeste de México.** *Agrociencia*. (65):141-160.
- Armenta-Bojórquez, A. D. 1990. **Fijación simbiótica de nitrógeno *Rhizobium*-leguminosa.** *Inter. CGIP-UAS*. 1(1):6-10.
- Armenta-Bojórquez, A. D., Airola-Gallejos, V. M., y Apodaca-Sánchez, M. A. 2009. **Selección de aislados nativos de *Bacillus subtilis* para la producción de plántulas de tomate en Sinaloa.** Primer Simposium Internacional de Agricultura Ecológica. INIFAP. Cd. Obregón, Sonora, México. 252-256 pp.
- Badaruddin, M., M. P. Reynolds y O.A.A. Ageeb. 1999. **Wheat management in warm environments: effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency, and mulching.** *Agron. J.* 91:975-983.
- Bashan Y., Holguín G. y Ferrera-Cerrato, R. 1996. **Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. II. Bacterias asociativas de la rizósfera.** *Terra* 14(2):195-210.
- Bashan Y., and Holguin, G. 1998. **Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB.** *Soil Biol. Biochem.* 30, 1225-1228.
- Castellanos, J. Z., y Peña-Cabriales, J. J. 1990. **Los nitratos provenientes de la agricultura.** Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra*. 8 (1):113-126.
- Cornish, A.S., and Page, W. J. 2000. **Role of molybdate and other transition metals in the accumulation of protochelin by *Azotobacter vinelandii*.** *Applied and Environmental Microbiology*. 66(4):1580-1586.
- Döbereiner, J., Urquiaga, S., Boddey, R. M., and Ahmad, N. 1995. **Alternatives for nitrogen of crops in tropical agriculture. Nitrogen Economy in tropical Soil.** *Fertilizar Research*. 42:339-346.
- Eghball, B., D. Ginting y J. E. Gilley. 2004. **Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties.** *Agron. J.* 96: 442-447.
- Espinoza, V.M.A., Armenta, B.A.D. y Olalde, P.V. 2003. **Interacción de micorriza y *Bacillus subtilis* en la producción de plántula de chile en invernadero.** XII Congreso nacional de Ingeniería agrícola y II foro de la agroindustria del mezcal (memorias). AMIA. Oaxaca, México.
- Fundación Produce Sinaloa. 2006. **Memoria Agricultura orgánica. Memorias del Curso Eco Agro de de Agricultura Orgánica. Fundación produce Sinaloa. Guamúchil, Sinaloa, México.** pp. 7-9.
- Gilliam, J. W., Logan, T. J. y Broadbent, F. E. 1985. **Fertilizer use in relation to the environment.** *In: Fertilizer technology and use*; Engelstad, O.P. (ed.); third edition. Soil Science Society of America, Inc. Madison Wis. USA. 561-588 pp.
- Gupta, V.P., Bochow, H., Dolej, S., Fischer, I. 2000. **Plant growth-promoting *Bacillus subtilis* strain as potential inducer of systemic resistance in tomato against *Fusarium wilt*.** *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 107 (2):145-154.
- INIFAP, 1990. **Guía para la asistencia técnica agrícola Valle del Fuerte. Soya para grano.** Los Mochis, Sinaloa. pp160-172.
- Kannangara, T., R.S. Utkhede, J.W. Paul y Z.K. Punja. 2000. **Effects of mesophilic and thermophilic composts on suppression of *Fusarium* root and stem rot of greenhouse cucumber.** *Can. J. Microbiol.* 46:1021-1028.
- Keeney, D. R. 1982. **Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution.** *Farmed soils, fertilizer, agroecosystems. Agronomy. A series of monographs-Americans Society of Agronomy.* (22):605-649.
- Kloepper, J. W., Schroth, M. N., and Miller, T. D. 1980. **Effects of Rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield.** *Phytopathology*. 70:1078-1082.
- Leong, J. 1986. **Siderophores: Their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogen.** *Annu. Rev. Phytopathol.* 24:187-209.
- Litterick, A.M., L. Harrier, P. Wallace, C.A. Watson and M. Wood. 2004. **The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production – a review.** *Critical Reviews in Plant Science*, 23(6):453-479.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B. R. 2004. **Applications of free living plant growth-promoting**

- rhizobacteria.** Antonie Van Leeuwenhoek. 86, 1-25.
- Ma, Y., Zhang, J.Y., Wong, M.H., 2003. **Microbial activity during composting of anthracene-contaminated soil.** Chemosphere 55, 1505–1513.
- Malakouti, M., M. Navabzadeth and S. H. R. Hashemi. 1999. **The effect of different amounts of N-fertilizer on the nitrate accumulation in the edible parts of vegetables.** In: D. Anac y P. Martin-Prevel (editors); Improved Crop Quality by Nutrien Mnagement. Kluwer Academic Publisher. London. 43-45 pp.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1982. **Principles of plant nutrition.** 3rd Edition. International Potash Institute. Switzerland. 569-572 pp.
- Neilands, J. B. 1981. **Microbial iron compounds.** Annu. Rev. Biochem. 50:715-731.
- Powell C.L., and Bagyaraj, D. J. 1984. **Biological interaction with VA mycorrhizal fungi.** En: CL Powell y DL Bagyaraj(Eds.). VA mycorrhizal CRC press. 131-186 pp.
- Puckett, L. J. 1995. **Identifying the major sources of nutrient water pollution.** Environmental Science and Technology. 408A-414A.
- Rabie, G. H., Humiany, A. A. 2004. **Role of VA mycorrhiza on the growth of cowpea plant and their associative effect with N₂ fixing and P-solubilizing bacteria as biofertilizer in calcareous soil.** J. Food Agric. Environ. 2, 186-192.
- Ramanathan, V., Cicerone, R. J., Singh, H. B. and Kiehl. 1985. **Trace gas trends and their potential role in climate change.** J. Geophys. Res. 90: 5547-5566.
- Richards, B. N. 1987. **The microbiology of terrestrial ecosystems.** LST; John Wiley and Sons. Inc. New York. 327-329 pp.
- Zdor, R. E., and Anderson, A. J. 1992. **Influence of root colonizing bacteria on the defense responses of bean.** Plant Soil. 140:99-107.

Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez

Doctorado y Maestría en Edafología en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de

Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFFA) IPN Unidad Sinaloa.

Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) por el Instituto Tecnológico de Durango, Maestría en Ciencias con especialidad en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Biólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).

Jesús Ricardo Camacho Báez

Maestría en ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sinaloa. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.

Miguel Ángel Apodaca Sánchez

Doctorado en ciencias (Fitopatología) por el Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados (CP). Maestro en Ciencias, Centro de Fitopatología, CP. Ingeniero Agrónomo en Parasitología, Escuela Superior de Agricultura (ESA), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Profesor-Investigador de tiempo completo en la ESA y ESA-Valle del Fuerte, UAS.

Leobardo Gerardo Montoya

Maestro en Ciencias con Especialidad en Comercio Internacional. Escuela Superior de Economía del IPN. Tesis: "La Industria Siderúrgica Exparaestatal Ante la Apertura Económica y Comercial de México". Licenciado en Economía, Escuela Superior de Economía del IPN.

Eusebio Nava Pérez

Maestría en ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químico- Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Ingeniero Bioquímico en el Instituto Tecnológico de los Mochis, Sinaloa. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

POTENCIAL Y RIESGO AMBIENTAL DE LOS BIOENERGÉTICOS EN MÉXICO

Jorge Montiel Montoya

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 57-62



e-revist@s

POTENCIAL Y RIESGO AMBIENTAL DE LOS BIOENERGÉTICOS EN MÉXICO

POTENTIAL AND ENVIRONMENTAL RISK OF THE BIOFUELS IN MEXICO

Jorge Montiel-Montoya

Profesor-Investigador. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-IPN. Guasave, Sinaloa, México. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Col. San Joachin, C.P. 81101. Guasave, Sinaloa. Teléfono: +687-872-9626. Fax: +687-872-9625. mont54@yahoo.com

RESUMEN

Se presenta un estudio del potencial y el riesgo ambiental de los principales biocombustibles: bioetanol, biodiesel e hidrógeno en México, específicamente en Sinaloa. Se discuten las ventajas que tienen las algas con respecto a otros insumos para la producción de estos biocombustibles. Los bioenergéticos impactan: En lo económico.- Reduciendo costos y mejorando la calidad en productos, dando independencia energética y mejorando la competitividad. En lo ambiental.- Reduciendo las emisiones de gases y creando productos reciclables y biodegradables. En lo social.- Ayudan al crecimiento y diversificación de la economía rural. La producción de bioenergéticos a escala comercial puede ser factible en México y en Sinaloa, cuando se realicen aspectos técnicos, económicos y medioambientales y de concertación con los sectores agrario y agroindustrial. Para la producción de biodiesel se recomiendan: *Jatropha*, algas, salicornia, moringa, palma de aceite, higuierilla y aceite usado. Para la producción de bioetanol: algas, sorgo dulce, residuos agrícolas y municipales, pasto gigante y maguey y para producir hidrógeno: algas nativas del Estado de Sinaloa.

Palabras clave: Biodiesel, bioetanol, hidrógeno.

SUMMARY

A study of potential environmental risk of major biofuel: bioethanol, biodiesel and hydrogen in Mexico and specifically in Sinaloa is shown. The advantages that the algae have in relation to other production inputs of these biofuels are discussed. The bioenergetics impact: Economically.- Reducing costs and improving quality in products, giving economical independence and improving the competitiveness. In environmental.- Reducing emissions of greenhouse gases, creating recyclable and biodegradable products. Socially.- Helping the growth and diversification of rural economy. Bioenergy production on a commercial scale may be feasible in Mexico and Sinaloa, where there are actions that should include comprehensive technical, economic and environmental aspects in consultation with the agricultural and agroindustrial sectors. It is recommended: For the production biodiesel: *Jatropha*, algae, salicornia, moringa, palm oil, higuierilla and used oil. For the production of bioethanol: algae, sweet sorghum, agricultural and municipal wastes, grass giant and maguey to produce hydrogen: algae native of Sinaloa State.

Key words: Biodiesel, bioethanol, hydrogen.

INTRODUCCIÓN

Las constantes fluctuaciones en el precio de los combustibles, la creciente preocupación por el medio ambiente y la influencia que tiene el uso de hidrocarburos fósiles en el calentamiento global, han intensificado la búsqueda de fuentes alternativas de combustible (Barriga, 2001). Recientemente, los biocombustibles, entre los que se pueden mencionar entre otros el biodiesel, bioetanol, e hidrógeno, han tenido gran auge en el mundo debido a la necesidad de producir energía de manera sustentable.

México entrará en crisis energética a corto plazo debido al agotamiento de sus reservas de petróleo por lo que es de urgencia desarrollar biotecnologías para la explotación de los recursos naturales renovables antes de que esta crisis nos alcance. Las microalgas, la *Jatropha*, el aceite de palma y los residuos agrícolas y forestales son parte de la solución.

Además, es de interés mundial reducir la emisión de CO₂ y producir localmente energía estable para consumo nacional o exportación. Algunas plantas superiores y microalgas son altamente prometedoras para producir aceite, como materia prima para la producción de biodiesel, sin competir con los alimentos. Estos proyectos, generan un gran impacto social, económico y ambiental por la alta generación de empleos permanentes, la reducción de gases como el CO₂ y el desarrollo de empresas sustentables y sostenibles.

La bioenergía puede mejorar la rentabilidad de la agricultura, promover el desarrollo económico local y diversificar el portafolio de opciones productivas. La bioenergía representa el 8% de la energía primaria total en México.

El desarrollo de procesos biotecnológicos para la producción de biocombustibles está sustentado en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 y en la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (2008) y su Reglamento, que establece una estrategia clara y viable para avanzar en la transformación de México sobre bases sólidas, realistas y, sobre todo, responsables. Esto se sustenta específicamente en tres ejes rectores: economía competitiva generadora de empleos y sustentabilidad ambiental. El desarrollo de la industria de biocombustibles en México busca fomentar la seguridad energética al diversificar las fuentes de energía sin poner en riesgo la seguridad alimentaria del país y tomando en cuenta el desarrollo rural y el impacto ambiental.

Actualmente existe una diversidad de investigaciones dirigidas a la producción de biohidrógeno, bioetanol y biodiesel sin embargo, los costos de producción no compiten con el precio del petróleo, pero en el futuro serán las que en su mayor parte sustituirán a las gasolinas y diesel derivados del petróleo utilizado en la combustión interna de autos (Scott y Bryner, 2006).

El Programa y Estrategia de bioenergéticos, tendrá como meta para el 2012 la producción de 300 mil hectáreas de caña de azúcar para la producción de etanol como oxígeno en Guadalajara, iniciando con 200 mil hectáreas/año

En México, las metas de biodiesel son de cultivar más de 100 mil hectáreas de cultivos en Yucatán, Chiapas, Michoacán, Veracruz y potencialmente en Sinaloa. Existe la necesidad urgente de normar criterios de qué, donde y cómo se van a producir, que criterios de sustentabilidad, que convenios para distribución (PEMEX) y que calidad de biocombustibles.

El objetivo de este ensayo es estudiar el potencial y el riesgo ambiental de los principales bioenergéticos: bioetanol, biodiesel, e hidrógeno en México, específicamente en Sinaloa. Debido a que las algas son el insumo con más potencial para producir bioenergéticos líquidos, se

presentan las ventajas que tienen con respecto a otros insumos.

Bioetanol

El bioetanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de azúcares presentes en los granos y plantas vegetales, tales como cereales y caña de azúcar. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa. El bioetanol es un recurso renovable biodegradable, fuente de energía que reduce los niveles de CO₂ y tóxicos tales como el benceno y el tolueno. El bioetanol mejora la calidad del aire.

El bioetanol de primera generación es el etanol producido a partir de cultivos tales como caña de azúcar, maíz, cebada, trigo, centeno, sorgo y papa. Esta tecnología es un hecho, y la producción comercial actual de bioetanol.

El aprovechamiento de los residuos agrícolas o esquilmos para producir bioetanol es un punto primordial para evitar la sustitución de alimentos por bioenergéticos. Es necesario llevar a cabo investigaciones para bajar el costo del proceso y estudiar su factibilidad y aplicación en México. Por ejemplo, en el Instituto Nacional del Petróleo en el 2007, se utilizaron materiales lignocelulósicos; es decir, biomasa en general y desechos orgánicos con el cual se obtuvo bioetanol con un rendimiento del 33%.

La producción de Etanol en E.E.U.U a partir de maíz es problemático debido a que: consume grandes cantidades de combustibles fósiles. El calor para fermentación generalmente viene del gas natural o del carbón, consume mucha cantidad de agua: 1-2 litros de agua/litro de etanol para procesamiento, más de 250 litros de H₂O/litro de etanol para irrigación. Erosión rápida del suelo de superficie por lo que impacta negativamente el ciclo de nitrógeno.

Biodiesel

Se denomina Biodiesel al producto resultante de la reacción química entre los ácidos grasos, principalmente de los aceites vegetales y alcoholes como el metanol o el etanol. Se conoce como transesterificación.

El biodiesel sustituye como combustible limpio y renovable a los derivados del petróleo, concretamente al diesel con ventajas ecológicas reduciendo la emisión de gases de invernadero. Una tonelada de biodiesel, evita la producción de 2.5 toneladas de dióxido de carbono. Reduce significativamente las emisiones de dióxido de azufre del diesel, evitando la lluvia ácida.

El biodiesel puede producirse a partir de una gran variedad de cultivos oleaginosos, de grasas animales y de aceites y grasas recicladas. El biodiesel producido a partir de *Jatropha* es técnicamente viable aunque no se tiene experiencia a nivel nacional y poca a nivel internacional. El biodiesel se utiliza en cualquier motor de combustión interna por compresión, principalmente en los países que quieren revertir la dependencia a los combustibles fósiles (Foidl *et al.*, 1996; Ramos y Wilhelm, 2005, Knothe *et al.*, 2008).

El aceite puro se ha utilizado en motores a diesel (Takeda, 1982; Ishii y Takeuchi, 1987). El aceite se somete a transterificación con metanol o etanol en presencia de un catalizador y se obtienen dos productos: principalmente biodiesel y glicerol como subproducto. El aceite ideal, como materia prima, para la producción de biodiesel es aquel que contenga el 100% de ácidos grasos monoinsaturados, entre ellos: palmitoleico C16:1, oleico C18:1, eicosenoico C20:1, o cetoleico C22:1; debido a que estas características están ligadas con la calidad del biodiesel y las condiciones de uso (Tyson *et al.*, 2004, Guanstone, *et al.*, 1994).

Actualmente se está considerando el uso del biodiesel como un aditivo para mejorar la lubricidad del diesel de ultra bajo contenido de azufre, cuya especificación es de menos de 15 partes por millón. En esta primera fase en la que el biodiesel se está visualizando como aditivo para lubricidad, los investigadores del Instituto Mexicano del Petróleo están haciendo evaluaciones y determinaciones experimentales de mezclas biodiesel-diesel, con el fin de establecer los parámetros óptimos de formulación.

La *Jatropha* es una planta no tóxica perenne, resistente a la sequía y se desarrolla bien en suelos de escasa fertilidad; es relativamente fácil de establecer, crece rápidamente y tiene una larga vida productiva; su semilla es aprovechable y tiene un alto contenido de aceite (32 - 35%), y es la materia prima para la elaboración de biodiesel que puede utilizarse en motores y el subproducto de la extracción (Martínez-Herrera, 2007).

Hidrógeno

En cuanto al reemplazo de combustibles por hidrógeno, las ventajas de este último han quedado definidas ya que representa una fuente limpia de energía capaz de producirse por vías biotecnológicas (Behera *et al.*, 2007). El hidrógeno puede convertirse en energía eléctrica de manera eficiente. Sin embargo, debe reconocerse que la disponibilidad y almacenamiento de grandes volúmenes de hidrógeno es un problema. Hay métodos convencionales para la producción de hidrógeno, como el proceso termoquímico, el reformado catalítico de hidrocarburos y la electrólisis del agua, pero estos métodos son costosos y en su mayoría provienen de fuentes no renovables. La producción biológica de hidrógeno como subproducto del cultivo de *Spirulina* sp. es un proceso factible ya que esta especie de alga posee un valor comercial por sus atributos nutricionales, lo cual le confiere valor de mercado (Rosenberg *et al.*, 2008).

Algas

Una materia prima que ofrece muchas ventajas para producción de bioenergéticos son las algas. Los beneficios potenciales de bioenergéticos a partir de algas fotosintéticas pueden ser significativos:

Las algas pueden ser cultivadas usando terrenos y agua no convenientes para el cultivo de plantas o para la producción de alimentos, diferente de algunos otros insumos de bioenergéticos de primera y segunda generación. Algunas especies seleccionadas de algas producen bioaceites a través de procesos naturales de fotosíntesis-requiriendo luz del sol, agua y bióxido de carbono suplementada con nutrientes. Las algas en crecimiento consumen dióxido de carbono;

esto provee beneficios de mitigación de gases de efecto invernadero. El bioaceite producido por las algas fotosintéticas y el bioenergético resultante tendrán estructuras moleculares que son similares al petróleo y productos refinados que se usan actualmente. Esto ayuda a asegurar que los combustibles son compatibles con la tecnología de transporte y la infraestructura. Los cultivos de algas en un sistema integral también ofrecen un gran potencial para producir biodiesel y bioetanol. Su rendimiento es hasta 10 veces más que otros cultivos.

La especie de alga *Botryococcus braunii*, puede producir hasta un 86 % (de su peso seco) de hidrocarburos a temperatura ambiente (23 °C) bajo una intensidad de luz de 30 a 60 W/m², un fotoperiodo de luz/oscuridad de 12 horas y condiciones de crecimiento bajo salinidad de 8.8‰ (COR, 2009).

En un panorama exitoso, los bioaceites producidos a partir de las algas fotosintéticas podrían ser usados para manufacturar un amplio rango de combustibles incluyendo gasolina, diesel y combustible para jets que cumplan con las mismas especificaciones de los productos actuales.

Las algas rinden mayores volúmenes de bioenergéticos por acre de producción que las otras fuentes de bioenergéticos basadas en cultivos de plantas; producen más de 2000 galones de energéticos/acre al año. Los rendimientos aproximados de otras fuentes de combustibles son mucho menores: Palma.- 650 galones/acre/año. Caña de azúcar.- 450 galones/acre/año. Maíz.- 250 galones/acre/año. Soya.- 50 galones/acre/año.

Grandes volúmenes de algas pueden ser cultivadas rápidamente y el proceso de muestrear diferentes cepas de algas para su potencial de hacer combustible puede llevarse a cabo más rápido que con los otros cultivos que tienen ciclos de vida más largos. Además, las microalgas tienen la mayor eficiencia de conversión de fotones; pueden ser cosechadas en lote prácticamente todo el año; pueden utilizar sal y agua de desecho, por lo tanto reducen enormemente el uso de agua dulce y producen bioenergéticos no tóxicos y biodegradables:

Nannochloropsis oculata and *Chlorella vulgaris* para producción de biodiesel (Converti *et al.*, 2009). Cepas de microalgas productoras de aceite: *Clorella prototecoides* e *Hybotriococcus braunii*, se evaluaron con diferentes medios de cultivo para su crecimiento y conservación, lo que permitió obtener biomasa de tres microalgas y llevar a cabo un análisis técnico de la harina de éstas.

Riesgos ambientales de los bioenergéticos

Las naciones industrializadas en Kyoto, Japón se comprometieron a reducir en un 5% las emisiones de bióxido de carbono para el 2010. A largo plazo menos del 50% es requerido para estabilizar los niveles de CO₂ en la atmósfera. Las emisiones promedio de CO₂ deberán bajar del actual 160 g/km a 130 g/km.

Los biocombustibles pueden emitir hasta más gases de efecto invernadero (GEI) que combustibles fósiles, si se usan cultivos con bajo rendimiento, mucha energía fósil en la producción, y se cultiva en áreas anteriormente usadas como florestas.

El análisis de ciclo de vida de un producto o servicio es un enfoque integrador, pero no una metodología por sí misma. Evalúa el proceso completo de producción y uso, desde su inicio hasta su fin y permite comparar dos o más alternativas; esto aplica a los biocombustibles para compararlos con los combustibles fósiles.

Los aspectos más importantes en el ciclo de vida de un biocombustible a medir son: Cambios de uso del suelo, uso de fertilizantes, pesticidas, agua, uso de maquinarias agrícolas y combustibles, uso de mano de obra, energía y combustibles de proceso industrial, coproductos y residuos de cada fase, productividad primaria y secundaria.

El etanol de caña de azúcar produce un 90% menos de GEI que la gasolina y su producción consume un 80% menos de energía. No obstante, el Director de Energías Renovables, Jean-Louis Bal, advierte que el estudio no contempla el impacto del cambio en función de la superficie utilizada para la producción de cultivos. Por ejemplo, si se desmonta un bosque (que tenga árboles capaces de absorber grandes cantidades

de dióxido de carbono) y se convierte en plantaciones de cultivos bioenergéticos, se puede contrarrestar el impacto positivo del biocombustible.

El biodiesel, reduce los contaminantes ambientales por un promedio de 60-70% y es el único combustible con base de petróleo que aprobó el examen Stringent Tier II health test por la USEPA. Es un combustible oxigenado, lo cual implica reducciones importantes en las emisiones (Knothe *et al.*, 2008). Las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) y de dióxido sulfuroso (SO₂) se reducen en un 100 %. La emisión de hollín se disminuye un 40-60%. Los biocombustibles utilizando lignocelulosa como materia prima bajan hasta un 85% los GEI. Cuando se mezcla el etanol con la gasolina en un 10% (E10), se reducen un 3% los GEI, mientras que si se mezcla en un 85% (E85) éstos se reducen un 31%. Si hoy se sustituye un litro de diesel por el biodiesel actual se evitan aproximadamente el 65 % de las emisiones de anhídrido carbónico.

Las limitaciones que tienen algunos insumos (maíz, trigo, canola, caña de azúcar) son: Desvían bienes de consumo básico humano y animal, lo que ocasiona efectos inflacionarios en esos productos y sus productos. Balance energético cuestionable, altamente dependiente de los insumos agrícolas básicos, los cuales representan un porcentaje muy alto en sus costos de producción, utilizan tierras fértiles para su producción, utilizan agroquímicos, fertilizantes y pesticidas en grandes cantidades, fomentan los monocultivos generando desabastos potenciales, desmontan selvas y bosques para satisfacer la demanda, utilizan grandes cantidades de agua dulce para su producción, utilizan combustibles fósiles de manera intensiva, emitiendo importantes cantidades de CO₂ y otros GEI en el proceso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es necesario implementar en México y especialmente en Sinaloa, una estrategia integrada que incluya biodiesel, bioetanol a

Se necesita generar un banco de germoplasma, la multiplicación de éste y la selección de plantas

partir de lignina y residuos agrícolas y municipales, e hidrógeno.

Se requiere invertir en desarrollo Científico-Tecnológico (recursos potenciales, paquetes tecnológicos, nuevos procesos –ej. lignocelulósicos). Los países en vías de desarrollo como México pueden desarrollar sus propias tecnologías. No debemos esperar a que grandes compañías las desarrollen para después depender de ellas. La investigación en biotecnología es fundamental.

Evitar competencia con producción de alimentos vía diversificación de cultivos y uso extenso de residuos, buscar un balance geográfico y beneficios a distintos actores (ej. pequeños productores).

En biodiesel existen varios cultivos promisorios (Palma, *Jatropha curcas*) particularmente para zonas degradadas que no comprometan áreas para producción de alimentos. La salicornia (*Salicornia vigelovii*) es un cultivo con mucho potencial en la región costera de Sinaloa.

Se pueden implantar plantas de producción con inversiones relativamente bajas y distintos tamaños, posibilidad a mediana/pequeña escala.

No se necesita adaptación de vehículos hasta B20 (Biodiesel:Diesel 20:80), con un mínimo gasto de PEMEX para mezclas.

Se puede utilizar el “yellow grease” aceite vegetal ya usado para la producción de biodiesel.

Se necesitan detectar regiones con mayores potenciales por sus características climáticas y tipos de *J. curcas*, el cual se promueve como árbol milagroso. Sus plantaciones se han incrementado en países tropicales sin embargo, se detecta una carencia del conocimiento sobre la genética en *J. curcas*, propiedades agronómicas básicas, producción de semilla y rendimiento de aceite en diferentes condiciones de crecimiento.

Los proyectos bioenergéticos deben involucrar a: Gobierno Estatal y Federal, Científicos, Agricultores, Empresarios.

más productivas (élite) que den un valor agregado, ya sea en la elaboración de dietas

alimenticias para alimentos y biofertilizantes a partir de los residuos de *Jatropha* o de algas.

Un punto clave sería apoyar investigación sobre producción de etanol a partir de lignocelulósicos, e investigación en sorgo dulce y en intercultivo con la planta de stevia.

La producción de bioenergéticos a escala comercial puede ser factible en México cuando se realicen acciones integrales que deben incluir aspectos técnicos, económicos y medioambientales, de concertación con el sector agrario y agroindustrial así como un esfuerzo importante en investigación y desarrollo tecnológico.

Tomando en cuenta la no competencia con los alimentos, el que no se use mucho agua para cultivo, el clima de Sinaloa y la sustentabilidad, se recomienda que los insumos a utilizar son: Para biodiesel: *Jatropha*, algas, salicornia, moringa, palma de aceite, higuera y aceite usado. Para bioetanol: algas, sorgo dulce, residuos agrícolas y municipales, pasto gigante y maguey. Para hidrógeno: algas nativas del Estado de Sinaloa.

LITERATURA CITADA

- Barriga, C. C. 2001. **Biocombustibles: Nueva alternativa para el mundo**. VI Congreso de Economistas Agrarios de Chile.
- Behera B. K., R. Balasundaram., K. Gadgil and D. K. Sharma. 2007. **Photobiological Production of Hydrogen from Spirulina for Fueling Fuel Cells**. Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 29(9):761-767.
- Converti A., A. A. Casazza., E.Y. Ortiz., P. Perego and M. del Borghi. 2009. **Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for biodiesel production**. Chemical Engineering and Processing. 48:1146-1151.
- COR. 2009. **Comprehensive Oilgae Report. Oilgae-Home of Algal Energy. C3B, Anugraha Apartments 41 Nungambakkam High Road Tamilnadu, India**. Disponible en: www.oilgae.com
- Foidl N, G., M. Sánchez., M. Mittelbach and S. Hackel. 1996. ***Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua**. Bioresource Technology USA. 58: 77-82.
- Guanstone F D, J. L. Harwood and F.B. Padley. 1994. **The Lipid Handbook**. USA. 850 p.
- Ishii Y., and R. Takeuchi. 1987. **Transesterified curcas oil blends for farm diesel engines**. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 30(3):605-609.
- Knothe G., Gerpen V. J., Krah J., Van G. I. 2008. **Biodiesel Handbook**. AOCS Press, Urbana. Illinois USA.
- Martínez-Herrera J. 2007. **El piñon mexicano: una alternativa bioenergética para México**. Revista Digital Universitaria. México. 8(12):1-10.
- Ramos L. P., and H. M. Wilhelm. 2005. **Current Status of Biodiesel Development in Brazil Applied biochemistry and biotechnology**. 123(1-3):807-819.
- Rosenberg J. N., G.A. Oyler., L. Wilkinson and M. J. Betenbaugh. 2008. **A green light for engineered algae: redirecting metabolism to fuel a biotechnology revolution**. Current Opinion in Biotechnology. 19:430-436.
- Secretaría de Energía SENER/BID/GTZ. 2006. **Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México**. México, D.F.
- Scott, A., and B. Michaelle. 2006. **Alternative Biofuels: Rolling out Next-Generation Technologies**. Chemical Week. December 20, 2006.
- Takeda, Y. 1982. **Development study on *Jatropha curcas* (sabu dum) oil as a substitute for diesel engine oil in Thailand**. J. Agric. Assoc. China. 120:1-8.
- Tyson K. S., J. Bozell., R. Wallace., E. Petersen and L. Moens. 2004. **Biomass oil analysis: Research needs and recommendations**. National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP 510-34796. Colorado, USA.

Jorge Montiel Montoya

Doctor en Ingeniería Bioquímica Alimentaria por la Université de Paris XI, Francia. Maestría en Métodos de Bioquímica Aplicada por la Universidad de Dijon Francia, Especialización en Tecnología de Alimentos por Hyogo International Center de Kobe Japón e Ingeniero Bioquímico por el ITESM Campus Guaymas. Actualmente Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social en el CIIDIR SINALOA

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

NANOTECNOLOGÍA Y NANOENCAPSULACIÓN DE PLAGUICIDAS

Eder Lugo Medina, Cipriano García Gutiérrez y Rey David Ruelas Ayala

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 63-67



e-revist@s

NANOTECNOLOGÍA Y NANOENCAPSULACIÓN DE PLAGUICIDAS

NANOTECHNOLOGY AND NANOENCAPSULATION OF PESTICIDES

Eder **Lugo-Medina**^{1,2}, Cipriano **García-Gutiérrez**³ y Rey David **Ruelas-Ayala**⁴

¹Profesor del Departamento de Ingeniería Química. Instituto Tecnológico de Los Mochis. Blvd. Juan de Dios Bátiz y 20 de Noviembre. Los Mochis, Sinaloa. C.P. 81250. ²Centro de Nanociencias y Nanotecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Km. 107 Carretera Tijuana-Ensenada. Apdo. Postal 356. CP. 22800. Ensenada. ederlugomedina@yahoo.com.mx. ³Profr. Investigador. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. COFAA. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250. Col. San Joachin, Guasave, Sinaloa. C. P. 81101. ⁴Estudiante de Doctorado. Universidad Autónoma Indígena. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa.

RESUMEN

En el presente trabajo se dan a conocer las perspectivas sobre el uso de la nanotecnología en la elaboración de plaguicidas, sus ventajas tecnológicas sobre las formulaciones actuales y sus posibilidades de uso en los esquemas de desarrollo rural sustentable. Se definen algunos términos utilizados en nanotecnología y se hace una revisión de investigaciones y empresas que participan en el desarrollo de plaguicidas micro y nanoencapsulados.

Palabras clave: Nanoescala, nanopartículas y nanobiotecnología.

SUMMARY

This paper is about nano-technology perspectives and their applications in the pesticides development. Information on companies that are participating in microencapsulate pesticide production is present, as well as nanotechnology concepts, and companies that make micro and nano-encapsulate pest formulations.

Key word: Nanoscale, nanoparticles and nanobiotecnology.

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología ha sido definida como toda aquella tecnología que se relaciona con nuevos materiales, sistemas y procesos que operan a una escala de 100 nanómetros (nm) o menos, supone la manipulación de materiales y la creación de estructuras y sistemas a escala de átomos y moléculas, esto es, a nanoescala. Las propiedades y efectos de las partículas y materiales a nanoescala difieren considerablemente de las partículas más grandes con igual composición química. Las nanopartículas pueden tener una mayor reactividad química y ser más bioactivas que las partículas más grandes, por su tamaño, tienen mejor acceso a cualquier cuerpo y tienen probabilidad de entrar en células, tejidos y órganos. Estas propiedades ofrecen nuevas aplicaciones en casi todas las áreas de la industria.

La nanotecnología tiene aplicación en sistemas de alimentación y agricultura sustentable, mientras que los nanomateriales ofrecen innovación de productos a la industria de alimentos, en forma de colorantes, saborizantes, aditivos nutricionales e ingredientes antibacterianos para el envasado, así como agroquímicos y fertilizantes más potentes. Por ejemplo, compuestos de nanoarcilla (plásticos a los que se les ha agregado plaquetas de arcilla nanoscópicas) tanto en el envasado de alimentos y bebidas como en plásticos de uso agrícola que permiten la liberación controlada de herbicidas; también se está estudiando su empleo como revestimientos de fertilizantes de liberación controlada. La posibilidad que tienen las nanotecnologías de aplicarse a múltiples sectores permite a las compañías ampliar sus actividades comerciales incursionando en otras industrias y nuevos segmentos de mercado.

La nanotecnología pasa del uso de simples partículas e ingredientes encapsulados al desarrollo de nano dispositivos, nano máquinas y nano sistemas más complejos (Roco, 2001). Aplicada a la biotecnología, se empleará no sólo para manipular el material genético de humanos, animales y plantas, sino también para incorporar materiales sintéticos a estructuras biológicas (Roco, 2002). Se contempla que las diferentes tecnologías de nano escala posibilitará la creación de organismos artificiales novedosos que serán usados en el procesamiento de alimentos, la agricultura y los agrocombustibles, este campo se conoce como biología sintética (Grupo, 2007).

Las nanopartículas tienen una mayor superficie, lo cual resulta en una mayor reactividad química, actividad biológica y comportamiento catalítico, en comparación con las partículas más grandes con igual composición química (Garnett and Kallinteri, 2006; Limbach, *et al.*, 2007; Nel *et al.*, 2006).

Los materiales que miden menos de 300 nm pueden ser absorbidos por células individuales (Garnett and Kallinteri, 2006), mientras que los nanomateriales que miden menos de 70 nm pueden ser absorbidos incluso por el núcleo de las células, donde pueden causar un daño mayor (Chen and Mikecz, 2005; Geiser *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2003). Una desventaja es que la mayor reactividad química y biodisponibilidad, significa mayor toxicidad en comparación con la misma unidad de masa de partículas más grandes (Hoet *et al.*, 2004; Oberdörster *et al.*, 2005a; Oberdörster *et al.*, 2005b).

En el cuadro 1 aparecen las compañías que realizan investigación y desarrollos tecnológicos en el área de la nanotecnología.

Cuadro 1. Compañías con actividad en nanotecnología.

Compañías		
Altria (Kraft Foods)	Glaxo-SmithKline	Nestlé
Associated British Foods	Goodman Fielder	Northern Foods
Ajinomoto	Group Danone	Nichirei
BASF	John Lust Group Plc	Nippon Suisan Kaisha
Bayer	H.J. Heinz	PepsiCo
Cadbury	Hershey Foods	Sara Lee
Schweppes		
Campbell Soup	La Doria	Syngenta
Cargill	Maruha	Unilever
DuPont Food Industry Solutions	McCain Foods	United Foods
General Mills	Mars, Inc.	

Fuente: Grupo, 2004; Innovest, 2006; Renton, 2006; Wolfe, 2005.

Diseño de nuevas formulaciones de plaguicidas

En este campo el enfoque se dirige a la reducción de la dosis de ingrediente activo y a una menor residualidad y carga de

contaminantes en el ambiente. La forma, carga y tamaño de las distintas partículas puede afectar sus propiedades cinéticas (absorción, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad). Por esta razón, los nanomateriales de la misma composición, que tienen diferente tamaño y forma pueden tener amplia diferencia de toxicidad, estas propiedades son las que se aprovechan en la formulación de fertilizantes, productos de crecimiento vegetal y en el diseño de plaguicidas más potentes que respondan a condiciones climáticas o insecto blanco específicos.

La nanotecnología está introduciendo una nueva gama de plaguicidas, reguladores del crecimiento vegetal y fertilizantes químicos potencialmente más eficientes que los usados actualmente. Asimismo, es probable que la nanotecnología, al brindar nuevas herramientas de manipulación genética se extienda a la ingeniería genética de cultivos.

Las compañías agroquímicas han reducido el tamaño de las partículas de las emulsiones químicas existentes, llevándolas a dimensiones nanoscópicas, o han encapsulado los ingredientes activos en nanocápsulas diseñadas para abrirse bajo ciertas condiciones, respuesta a la luz solar, el calor o condiciones alcalinas en el tubo digestivo de un insecto. Joseph and Morrison (2006), señalan que algunas compañías producen formulaciones que contienen nanopartículas en el espectro de 100 a 250 nm que pueden disolverse en agua más eficazmente que las existentes (aumentando así su nivel de actividad). Otras emplean suspensiones de nanopartículas (nanoemulsiones) que pueden tener base hídrica o de aceite y contienen suspensiones uniformes de nanopartículas pesticidas o herbicidas en el espectro de los 200 a 400 nm.

Syngenta comercializa desde hace varios años un regulador de crecimiento vegetal nano formulado, su producto se comercializa como un concentrado de “micro emulsión”, mientras que hay otras organizaciones tendientes a desarrollar nanotecnología para aplicaciones en agroquímicos (Cuadro 2).

Por otro lado, la incorporación de nanomateriales manufacturados en alimentos y bebidas, suplementos nutricionales, envases de alimentos, revestimientos comestibles, fertilizantes, plaguicidas y tratamientos integrales de semillas presentan también nuevos riesgos para el público, los trabajadores y los agricultores, debido a que falta evaluar la bio-persistencia de los productos y su efecto en el humano y animales.

Cuadro 2. Nanoagroquímicos en desarrollo.

Producto	Fabricante	Componente	Finalidad
Fertilizante-plaguicida	Programa de Cooperación Científico-Técnico. Pakistán-EE.UU	Cápsula de nano arcilla que contiene estimulantes de crecimiento y agentes de biocontrol	Liberación lenta de ingrediente activo una aplicación/ciclo
Herbicida	Universidad Agrícola Tamil Nadu (India) y Tecnológico de Monterrey (México)	Nanoformulado	Degrada el revestimiento de semillas de malezas en suelo, evitando su germinación
Plaguicida-herbicida	Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth de Australia	Nanocápsulas	Aumenta su potencia y permite la liberación dirigida de ingrediente activo

En el cuadro 3, se citan las características de los nanoencapsulados en comparación con las formulaciones actuales, mientras que en el cuadro 4, se indican las ventajas y desventajas de los plaguicidas nanoformulados en relación a los convencionales.

Cuadro 3. Características de los plaguicidas nanoencapsulados en comparación con microencapsulados y formulaciones actuales.

Nanopartículas ($\leq$ 400 nm)	Formulaciones actuales ($>$ 400 nm)
Mayor reactividad química	Partículas más grandes
Mayor acceso a los organismos	
Mayor biodisponibilidad y bio-actividad (mayor toxicidad)	
Efectos patológicos más duraderos (biopersistencia)	

Cuadro 4. Ventajas y desventajas de plaguicidas micro y nanoencapsulados en relación con plaguicidas comunes.

Ventajas/Desventajas	
Nanoformulados	Convencionales
- Mayor capacidad de aplicación dirigida o de liberación bajo condiciones específicas, Conservación del medio ambiente (aplicación reducida) y menor escurrimiento, - Mayor toxicidad, - Mayor bio-disponibilidad para alcanzar plagas específicas, - Mayor persistencia en el terreno, (riesgos para los seres humanos y el medio ambiente).	Contaminación de suelos y cuerpos de agua (alteraciones importantes), pérdida de biodiversidad.

Fuente: Beane, *et al.*, 2005; Petrelli, *et al.*, 2000; Van Balen, *et al.*, 2006.

En el cuadro 5, se enlistan los productos agrícolas de hasta 300 nm de tamaño, el nombre del producto y su fabricante.

Cuadro 5. Productos agrícolas manufacturados con nanomateriales (300nm de tamaño).

Nombre del producto	Fabricante	Contenido nano	Atributo	Dirección web
Regulador de crecimiento vegetal Primo MAXX	Syngenta	Emulsión 100 nm (concentrado de micro emulsión)	La partícula extremadamente pequeña permite a Primo MAXX mezclarse completamente con el agua y no depositarse en el tanque de rociado	http://www.syngentaprofessionalproducts.com/prodrender/index.aspx?prodid=747
Agente humidificador de tierra Geohumus	Geohumus	Polímero biocompatible de alto rendimiento	Potencia la tierra con capacidad de almacenamiento de agua basada en nanotecnología	http://www.geohumus.com/download/geohumus_flyer_eng.pdf
Emisor de irrigación de plástico	Geoflow	Plaquetas de nano arcilla (PolyOne's Nanoblend MB)		http://www.ptonline.com/articles/200602fa2.html

CONCLUSIONES

Es posible que la nanotecnología cambie el uso de las sustancias químicas actuales por nanopartículas, debido a que están diseñadas para tener un efecto exterminador más potente contra malezas y plagas. Sin embargo, los nanoplaguicidas pueden resultar más tóxicos que los agroquímicos convencionales para la flora y fauna silvestre. La tendencia a la utilización de productos biocompatibles y biodegradables (nanocápsulas, sistemas micelares o dendrímeros) en base a biopolímeros, los cuales una vez que hayan liberado al plaguicida puedan biodegradarse, implica un avance importante en la conservación del ambiente. También es necesario un marco normativo que indique con qué tipo de materiales están operando. Los nano agroquímicos pueden disminuir considerablemente el uso de agroquímicos, al aprovechar su tamaño y mayor superficie de contacto, no obstante también podrían contaminar suelos y agua.

LITERATURA CITADA

- Beane, F. L., Bonner, M., Blair, A., Hoppin, J., Sandler, D., Lubin, J., Dosemeci, M., Lynch, C., Knott, C., Alavanja, M. 2005. **Cancer Incidence among Male Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study Cohort Exposed to Diazinon.** Am. J. Epidemiol. 162(11):1070-1079.
- Chen, M., Von, M. A. 2005. **Formation of nucleoplasmic protein aggregates impairs nuclear function in response to SiO₂ nanoparticles.** Experiment Cell. Res. 305:51-62.
- Garnett, M., y Kallinteri, P. 2006. **Nanomedicines and nanotoxicology: some physiological principles.** Occup. Med. 56:307-311.
- Geiser, M., Rothen-Rutishauser B., Knapp, N., Schurch, S., Kreyling, W., Schulz, H., Semmler, M., Im, H., Hagens, W., Oomen, A., de Jon W., Cassee, F., Sips, A. 2007. **What do we (need to) know about the kinetic properties of nanoparticles in the body?.** Regulatory Toxicology and Pharmacology. 49:217-229.
- Grupo, E.T.C. 2004. **Down on the Farm.** (En línea). Disponible en: <http://www.etcgroup.org>.
- Grupo, E.T.C. 2005. **Concentration in Corporate Power.** Oligopoly, Inc. 2005. Disponible en: <http://www.etcgroup.org>.
- Grupo, E.T.C. 2007. **Extreme genetic engineering: An introduction to synthetic biology.** (En línea). Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/602/01/synbioreportweb.pdf>
- Hoet, P., Bruske-Holfeld I., Salata, O. 2004. **Nanoparticles – known and unknown health risks.** J. Nanobiotechnol. 2:12.

- Innovest. 2006. **Nanotechnology: Non-traditional Methods for Valuation of Nanotechnology Producers.** Innovest. Strategic Value Advisers.
- Joseph, T., y Morrison, M. 2006. **Nanotechnology in Agriculture and Food.** Nanoforum Report. (En línea). Disponible en: <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?08122006200524>.
- Li, N., Sioutas, C., Cho, A., Schmitz, D., Misra, C., Sempf, J., Wang, M., Oberley, T., Froines, J., Ne, A. 2003. **Ultrafine particulate pollutants induce oxidative stress and mitochondrial damage.** Environ. Health. Perspect. 111(4):455-460.
- Limbach, L., Wick, P., Manser, P., Grass, R., Bruinink, A., Stark, W. 2007. **Exposure of engineered nanoparticles to human lung epithelial cells: Influence of chemical composition and catalytic activity on oxidative stress.** Environ. Sci. Technol. 41:4158-4163.
- Nel, A., Xia, T., Li, N. 2006. **Toxic potential of materials at the nanolevel.** Science. 311:622-627.
- Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., Carter, J., Karn, B., Kreyling, W., Lai, D., Olin, S., Monteiro-Riviere, N., Warheit, D., Yang, H. 2005a. **Principles for characterising the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy.** Particle Fibre Toxicol. 2:8.
- Oberdörster, G., Oberdörster, E., Oberdörster, J. 2005b. **Nanotoxicology: an emerging discipline from studies of ultrafine particles.** Environ. Health Perspect. 113(7):823-839.
- Petrelli, G., Figà-Talamanca I., Tropeano, R., Tangucci, M., Cini, C., Aquilani, S., Gasperini, L., Meli, P. 2000. **Reproductive male mediated risk: Spontaneous abortion among wives of pesticide applicators.** Eur. J. Epidemiol. 16: 391-393.
- Renton, A. 2006. **Welcome to the world of nanofoods.** Guardian Unlimited. Reino Unido. (En línea). Disponible en: <http://observer.guardian.co.uk/foodmonthly/futureoffood/story/0,1971266,00.html>.
- Roco, M. 2001. **From vision to the implementation of the US National Nanotechnology Initiative.** J. Nanoparticle Research. 3:5-11.
- Roco, M., Bainbridge, W. (Eds). 2002. **Converging Technologies for Improving Human Performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science.** Informe auspiciado por NSF/DOC. Disponible en: <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/>.
- Syngenta. Sin fecha. **Regulador de crecimiento vegetal Primo MAXX.** (En línea). Disponible en: <http://www.syngentaprofessionalproducts.com/prodrender/index.aspx?prodid=747>
- Van, B. E., Font, R., Cavallé, N., Font, L., García-Villanueva, M., Benavente, Y., Brennan, P., de Sanjose, S. 2006. **Exposure to non arsenic pesticides is associated with lymphoma among farmers in Spain.** Occupation Environ. Med. 63:663-668.
- Wolfe, J. 2005. **Safer and guilt-free nanofoods.** Forbes.com. EE.UU. (En línea). Disponible en: http://www.forbes.com/investmentnewsletters/2005/08/09/nanotechnology-kraft-hershey-cz_jw_0810soapbox_inl.html.

Eder Lugo Medina

Postdoctorado en el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Doctor en Ciencias en Química por el Centro de Graduados e Investigación en Química del Instituto Tecnológico de Tijuana. Ingeniero Químico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis.

Cipriano García Gutiérrez

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango, Maestría en Ciencias con especialidad en Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados. Biólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).

Rey David Ruelas Ayala

Estudiante de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable de los Recursos Naturales por la Universidad Autónoma Indígena de México. Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente por el CIIDIR-IPN UNIDAD SINALOA. Ingeniero Bioquímico con especialidad en Alimentos por el Instituto Tecnológico de los Mochis. Profesor en el Departamento Académico de Ciencias Biológicas de la Universidad de Occidente Unidad Guasave.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

REFLEXIONES SOBRE EL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN SINALOA

Leobardo **Gerardo Montoya** y Adolfo Dagoberto **Armenta Bojorquez**

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 69-72



e-revist@s

REFLEXIONES SOBRE EL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN SINALOA

REFLECTIONS ABOUT SOCIO-ECONOMIC CORN CROP IMPACT IN SINALOA

Leobardo Gerardo-Montoya¹ y Adolfo Dagoberto Armenta-Bojorquez¹

¹Profesor investigador. CIIDIR-IPN COFAA, Unidad Sinaloa. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250, Guasave, Sinaloa, México.

RESUMEN

Para los productores en Sinaloa no ha sido fácil mantener la rentabilidad de sembrar maíz blanco, ya que el Gobierno Federal ha postergado medidas de apoyo económico. Sin embargo, una fortaleza es que este tipo de maíz es el principal alimento de los Mexicanos, por lo que tienen la mayor producción a nivel mundial. La demanda de maíz crece por lo menos 1 millón de ton anuales en el país, mientras que la oferta se restringe en el mundo como consecuencia de su uso para producir etanol. Por esta razón, a los agricultores del Estado de Sinaloa se les ha tratado de convencer para que siembren maíz amarillo como opción de desarrollo, pero aun no tienen el respaldo económico necesario.

Palabras clave: Productividad, consumo nacional aparente, valor de la producción, maíz blanco y maíz amarillo.

SUMMARY

In Sinaloa farmers have many problems to produce "white corn". Maize, due to the Federal Government Politics. Maize is the principal food for Mexican people, so this state has the highest production levels, moreover the corn demand is one million ton annually, its use to produce ethanol. Farmers are not convince to produce "yellow corn", because the incentives economic support are not available.

Key Word: Productivity, national apparent consumption, production value, white corn and yellow corn.

INTRODUCCIÓN

La crisis alimentaria y de cambios en los precios de productos a nivel mundial entre 2006 y 2008, llevó al Gobierno Federal de México a tomar una serie de medidas para hacer frente a este suceso, dentro de las medidas tomadas estuvo la eliminación de aranceles a la importación de fertilizantes, restricción de exportaciones al maíz y pactar con algunos empresarios el precio de la tortilla y alimentos enlatados.

Esta crisis puso en evidencia la capacidad y competencia de los funcionarios de La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ya que la

política agropecuaria chocaba frontalmente con la realidad, debido a que unos días antes de que estallara esta crisis le pedían a los agricultores del Estado no sembrar maíz blanco y días después se supo a nivel nacional que el maíz sembrado en Sinaloa vendría a equilibrar el mercado nacional.

Panorama mundial del maíz

A nivel mundial se cosecharon 157 millones de ha con una producción de 791, millones de ton., los Estados Unidos ocupan el primer lugar entre los productores de maíz con 331, 175, 072 ton en 2007, China produjo 151, 948, 870 y Brasil 52, 112, 200, y México con sólo 23, 512, 752 ocupando el cuarto lugar. Estados Unidos y China son los dos principales consumidores de maíz del mundo con 53.19% del consumo mundial.

En el mundo se exportan alrededor de 95 millones de ton. y Estados Unidos es el mayor exportador con 65%, seguido de Argentina con 16%, los principales importadores son: Japón con 17%, la Unión Europea con 14.5%, México con 10% y Corea del Sur con 9.7%.

Producción y consumo de maíz

Cuando nos referimos a la producción y consumo de maíz tenemos que diferenciar si se trata de maíz amarrillo o blanco ya que tenemos dos bienes con precios, demanda, y usos diferentes, en el mundo se produce por lo general maíz amarillo.

En México, alrededor del 90% de la producción es de maíz blanco destinada al consumo humano o en la fabricación de barnices, pinturas, cauchos artificiales y jabones. En 2008 México produjo 24, 410, 278 ton. en una superficie de 7, 942,

Recibido: 19 de enero de 2010. Aceptado: 11 de marzo de 2010.

Publicado como ENSAYO en Ra Ximhai 6(1): 69-72.

285 has. y es el cultivo que presenta un mayor número de productores: 2, 425, 504 en su mayoría ejidatarios (sólo existen 4, 210, 830 productores agrícolas en el país). Sin embargo, sólo 223, 394 productores cuentan con más de 10 has. y producen más del 57%.

Cuadro 1. Volumen de producción de maíz en México y Sinaloa 1995-2008.

Años	Sinaloa (Ton)	Nacional (Ton)
1995	2,027,474	18,352,856
1996	1,696,177	18,025,952
1997	2,700,843	17,656,258
1998	2,618,852	18,454,710
1999	1,476,451	17,706,376
2000	2,319,475	17,556,905
2001	2,650,714	20,134,312
2002	3,149,995	19,297,755
2003	2,741,316	20,701,420
2004	4,004,140	21,685,833
2005	4,192,846	19,338,713
2006	4,398,420	21,893,209
2007	5,132,806	23,512,751
2008	5,368,862	24,410,278

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y SAGARPA.

Alrededor del 57% de la producción nacional de maíz es de temporal, del cual el 94% corresponde a la producción del ciclo primavera-verano, cabe resaltar que el 72% de la producción nacional de maíz es en este ciclo.

México tiene una sobreproducción de maíz blanco, mientras que en Sinaloa es el producto agrícola más rentable; por lo que los agricultores se niegan a sembrar maíz amarillo ya que su productividad es la mitad a la del maíz blanco.

El Consumo Nacional Aparente fue de 33.4 millones de ton en 2008, teniéndose que importar 8.2 millones de ton de maíz principalmente amarillo. Asimismo, el consumo de maíz se incrementa en aproximadamente 1 millón de ton anuales.

Cuadro 2. Consumo aparente de maíz 1999-2008.

Años	Nacional (Miles de toneladas)
1999	23,187
2000	22,877
2001	26,269
2002	24,630
2003	26,459
2004	27,197
2005	25,029
2006	29,319
2007	31,203
2008	33,408

FUENTE: INEGI.

A pesar de los argumentos de los funcionarios de SAGARPA, de que se mantiene un déficit de más de 8 millones de ton de maíz amarillo, sembrar hoy maíz amarillo en Sinaloa es sinónimo de pérdida.

En Sinaloa se cosecharon 582, 761 has. en 2008, alrededor de 85% de riego y corresponden al ciclo otoño invierno. Por otro lado la siembra de maíz transgénico no es necesaria en el Estado ya que tenemos la más alta productividad del país (9.21 ton/ha en 2008, contra 3.21 a nivel nacional) y la pérdida por plagas se suma a la perdida por deficiente acarreo, descuido en trilla y robo.

El empleo generado directamente por la producción de maíz es temporal, de baja remuneración y sin prestaciones sociales, y los apoyos de parte del Gobierno a través del programa PROCAMPO son cada vez menores en términos reales y en términos nominales han permanecido constantes por muchos años y los beneficiarios han disminuido. Los apoyos a la comercialización terminan como subsidios indirectos a los oligopolios productores de harina de maíz.

En los últimos años el incremento del precio del maíz fue de más de 100%, pero este no se ha dado de manera aislada, sino simultáneamente con incrementos aún mayores en el costo de los

insumos como los fertilizantes, diesel, agua, plaguicidas renta de la tierra entre otros.

Cuadro 3. Superficie de maíz cosechada en Sinaloa y México 1995-2008.

Años	Sinaloa (Ha)	Nacional (Ha)
1995	368,980	8,020,392
1996	291,590	8,051,241
1997	441,373	7,406,061
1998	426,459	7,876,819
1999	255,715	7,162,702
2000	328,231	7,131,181
2001	363,936	7,810,847
2002	402,483	7,118,918
2003	358,890	7,520,918
2004	503,059	7,696,422
2005	479,655	6,605,614
2006	492,685	7,294,842
2007	585,669	7,333,276
2008	582,761	7,942,285

FUENTE: INEGI y SAGARPA.

Valor de la producción de maíz

El valor de la producción de maíz en Sinaloa paso de alrededor del 34% del total de la producción agrícola del Estado en 2006, a 46% en 2008 y representa el 22% del valor de la producción nacional de maíz. Sin embargo, los más beneficiados por este cultivo son los agricultores con las mejores tierras y que cuentan con sistema de riego ya que la productividad en tierras de temporal es de 1.21 ton por ha.

La urgencia por parte del Gobierno Federal para que se siembre maíz amarillo es el abasto oportuno y barato para los grandes productores de almidones, carne de res, puerco, pollo y huevo. México sólo produce el 12% de maíz amarillo respecto a su consumo nacional, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), para alcanzar la seguridad alimentaria un país debe producir el 75% o más de lo que consume de alimentos.

Si el Gobierno Federal quiere que Sinaloa produzca maíz amarillo una de sus políticas debe ser ampliar la infraestructura de riego con un acuerdo previo con los agricultores beneficiados,

para que sólo siembren maíz amarillo, ya que cultivando maíz blanco el 100% de los agricultores que siembran con riego en el ciclo otoño-invierno en el transcurso de 6 meses por cada peso invertido obtendrá por lo menos otro peso ya que su productividad es 10.19 ton. por ha.

Cuadro 4. Valor de la producción de maíz (miles de pesos) 1995-2008.

Años	Sinaloa	Nacional
1995	1,532,590	20,033,391
1996	2,900,009	25,860,288
1997	3,569,388	23,902,206
1998	3,476,581	26,688,749
1999	1,959,539	25,753,491
2000	3,486,155	26,471,880
2001	2,956,683	29,216,396
2002	3,673,806	28,957,498
2003	3,818,709	33,495,114
2004	6,169,890	36,401,628
2005	5,457,377	30,515,115
2006	6,369,438	44,017,362
2007	12,020,620	57,417,902
2008	14,934,529	68,764,850

FUENTE: INEGI y SAGARPA.

Otra de las políticas del Gobierno puede ser no permitir la siembra de maíz blanco en primavera-verano y fomentar la siembra de maíz amarillo en esa estación. Además de promover la ampliación de la infraestructura para el almacenamiento de maíz amarillo ya que con los silos existentes su capacidad no es suficientes ni para almacenar la producción de maíz blanco.

CONCLUSIÓN

En los próximos años el maíz seguirá siendo un buen negocio para los agricultores Sinaloenses ya que su demanda tanto para consumo humano, como para consumo animal e industrial seguirá creciendo. Asimismo, la siembra de maíz amarillo será rentable en Sinaloa si el gobierno toma las medidas adecuadas que benefician a los agricultores. Además, cabe señalar que los esfuerzos de las empresas productoras de semillas ya presentan los primeros resultados positivos en sus investigaciones con nuevos híbridos para incrementar la productividad del maíz amarillo.

LITERATURA CITADA

(En línea). Disponible en <http://www.fao.org.mx/>

(En línea). Disponible en http://www.financierarural.gob.mx/Documents/Retos_yOportunidadesCampoEMC.pdf

(En línea). Disponible en http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp

(En línea). Disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/default.aspx>

Leobardo Gerardo Montoya

Maestro en Ciencias con Especialidad en Comercio Internacional. Escuela Superior de Economía del IPN. Tesis: "La Industria Siderúrgica Exparaestatal Ante la Apertura Económica y Comercial de México". Licenciado en Economía, Escuela Superior de Economía del IPN.

Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez

Doctorado y Maestría en Edafología en el Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. Profesor Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional CIIDIR (COFFA) IPN Unidad Sinaloa.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES CON MAÍZ: UN ANÁLISIS DE BIENESTAR EN MÉXICO

Salvador González Andrade y Alejandro Brugués Rodríguez
Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 73-85



e-revist@s

PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES CON MAÍZ: UN ANÁLISIS DE BIENESTAR EN MÉXICO¹

PRODUCTION OF BIOFUELS WITH CORN: A WELFARE ANALYSIS IN MEXICO

Salvador **González-Andrade**¹ y Alejandro **Brugués-Rodríguez**²

¹Profesor Investigador de El Colegio de la Frontera Norte. Departamento de Estudios Económicos, Tijuana. Correo electrónico: salvador@colef.mx. ²Profesor Investigador de El Colegio de la Frontera Norte. Dirección Regional Noroeste. Ciudad Juárez. Correo electrónico: abrugues@colef.mx.

RESUMEN

Ante la disminución de la oferta mundial y el aumento de los precios de los combustibles fósiles existe una tendencia creciente por generar alternativas energéticas. La producción de materias primas para generar biocombustibles compite con la producción de alimentos, fibras y madera. La producción de etanol a partir de granos como el maíz y el trigo impactará el comercio mundial de alimentos. En Estados Unidos, principal proveedor de maíz amarillo para México, en 2012 se prevé usar una mezcla de combustible con diez por ciento de etanol (OECD, 2006). El uso del maíz, alimento básico del pueblo mexicano, en la generación de etanol tendrá efectos redistributivos en bienestar social a través de los precios y cantidades producidas y consumidas.

Palabras clave: alimentos, precios, mercado, oferta, demanda, elasticidad.

SUMMARY

According to the decrease in the global offer and the increase of prices of fossil fuels exists a growing trend to generate energy alternatives. The production of commodities to generate biofuels competes with the production of foods, fibers and wood. The ethanol production from grains as corn and wheat will impact the global market of food. In the United States, the main supplier of yellow corn to Mexico, in 2012 is foreseen to use a mixture of biofuels with ten percent of ethanol (OECD, 2006). The use of corn, basic food of Mexicans, in the generation of ethanol will have redistributive effects of social welfare through prices and amounts produced and consumed.

Key words: food, prices, market, offer, demand, elasticity.

INTRODUCCIÓN

Ante la disminución de la oferta mundial y el aumento de los precios de los combustibles fósiles existe una tendencia creciente por generar alternativas energéticas. La producción de materias primas para generar biocombustibles compite con la producción de alimentos, fibras y madera. La producción de etanol a partir de granos como el maíz y el trigo impactará el comercio mundial de alimentos. En Estados

Unidos, principal proveedor de maíz amarillo para México, en 2012 se prevé usar una mezcla de combustible con 10% de etanol (OECD, 2006). El uso del maíz, alimento básico del pueblo mexicano, en la generación de etanol tendrá efectos redistributivos en bienestar social a través de los precios y cantidades producidas y consumidas.

La demanda de biocombustibles se está incrementando debido a la necesidad cada vez mayor de energéticos, el alza en el costo del petróleo, la búsqueda de fuentes de energía renovables y no contaminantes y el deseo de aumentar los ingresos agrícolas en los países en desarrollo. Asimismo, ha aumentado en forma drástica la necesidad de contar con cultivos, como el maíz y la caña de azúcar, que pueden utilizarse como materia prima para producir biocombustibles. Esta demanda ha tenido a nivel mundial un impacto significativo y cada vez mayor en los sistemas alimentarios (IFPRI y CGIAR, 2009).

Los efectos de la creciente demanda de biocombustibles están entremezclados con los restringidos mercados de granos, reflejo de los cambios demográficos y de una mejor alimentación. En los países en desarrollo, a medida que la población y los ingresos se incrementan, las preferencias en materia de alimentos van cambiando de cultivos básicos a productos de mayor valor, como los cárnicos y los lácteos. Como resultado, la demanda de alimento para animales a base de granos y proteínas está subiendo desmesuradamente y compitiendo con la demanda de alimentos para consumo humano. Estos cambios han llevado a la intensificación de la presión ejercida sobre los mercados mundiales de productos agrícolas y al alza en el precio de los alimentos.

¹Este documento es producto de una ponencia presentada en el XXXII Encuentro RNIU; Cuarto Congreso Internacional: Balance y Perspectivas. Visiones integrales del campo y de la ciudad en los albores del siglo XXI, Cuernavaca Morelos, 23, 24 y 25 de septiembre de 2009.

Las personas de escasos ingresos en zonas tanto urbanas como rurales son más vulnerables a estas fuerzas porque destinan una gran proporción de sus ingresos a la compra de alimentos. Los subsidios a los biocombustibles en los países en desarrollo tienden a incrementar el precio de los alimentos, lo cual reduce el consumo y el bienestar nutricional de los compradores netos. Los altos precios de los productos elaborados a partir de cultivos que se utilizan como materia prima para producir biocombustibles pueden elevar los ingresos de algunos agricultores de los países en desarrollo y los salarios de los trabajadores de campo, pero la cuestión de la distribución de ingresos entre ganadores y perdedores persiste.

A nivel mundial existe una tendencia creciente a producir biocombustibles. Particularmente, Estados Unidos destina actualmente 20% de su producción de maíz amarillo a la generación de etanol.^{1,2} Dicha tendencia tendrá efectos en los precios y cantidades producidas y consumidas. El presente trabajo busca contribuir al debate sobre quienes ganan y quienes pierden. Para ello se ha planteado abordar el siguiente objetivo: analizar los impactos sobre el bienestar social en México debido a cambios en la oferta y demanda de maíz provocados por la reorientación en el uso del grano en Estados Unidos a la producción de etanol.

La metodología empleada es con base en estadísticas del SIAP de la Sagarpa y de comercio exterior se hace un análisis estadístico de oferta y demanda de maíz en México. Se usa la teoría económica del productor y consumidor y se estiman los efectos en el bienestar social

debido a cambios de precios y cantidades (Sonnet, 2007; Romanelli y Scherger, 2007; Sadoluet, y de Janvry, 1995).

Teoría económica ¿Producción de biocombustibles o alimentos?

Supóngase por el momento que la economía mundial está representada por todo el planeta. La tierra cultivable es el factor escaso por excelencia y debe ser asignado entre producir granos alimenticios para el consumo humano o granos para elaborar biodiésel y alcoholes. El estado tecnológico está dado para un determinado momento del tiempo, y es aplicado en la agricultura por un lado y en la fabricación de biodiésel por otro. La frontera de posibilidades de producción (FPP) muestra las máximas cantidades posibles que se pueden producir de alimentos y biocombustibles con el estado tecnológico actual, pleno aprovechamiento de los recursos y máxima eficiencia (Figura 1). La concavidad de la frontera aa' indica que existen costos de oportunidad crecientes y rendimientos decrecientes de los factores productivos cuando éstos se van trasladando desde la producción de granos para alimentos a la de granos para biocombustibles³. Es evidente, al principio como podría representarse la situación actual, la tierra disponible para granos de cosecha es aprovechada casi en su totalidad y solo una pequeña parte se destina a materia prima para biocombustibles. Sin embargo, vamos a suponer que para producir más biocombustibles será necesario sacrificar granos para alimentos. Esto hará que cada cantidad adicional y constante de granos que se vaya agregando a la producción de biocombustibles exigirá sacrificar cantidades crecientes de granos para alimentos pues se irán trasladando tierras de menor fertilidad, antes utilizadas para granos alimenticios, a sembrar granos para biocombustibles. En este proceso podemos suponer la presencia de un *trade off* entre granos más aptos o de mayor rendimiento en la industria del biodiésel comparado con el rendimiento del grano para alimentos. El otro fenómeno que se puede apreciar es el de los precios relativos representado por las líneas hh',

¹ En la producción de bioetanol además del maíz se usan cultivos como caña de azúcar (es la más eficiente en términos de azúcar y fibra producida), el mijo perenne (*Panicum virgatum*), la remolacha, el trigo y el sorgo; también pueden emplearse los desechos y residuos de biomasa y los residuos sólidos urbanos (IAASTD, 2009).

² En Estados Unidos la producción de etanol a partir del maíz registra un bajo costo 0.289 US\$/litro comparada con Canadá 0.335 US\$/litro y con la Unión Europea 0.448 US\$/litro (OECD, 2006)². No obstante, para impulsar la producción de los biocombustibles y hacerla competitiva con los actuales precios de los derivados del petróleo son necesarias políticas de desgravación o subsidios. Por ejemplo, para cumplir el objetivo de mezcla de 10% de combustible con etanol en el año 2012 algunos de los principales incentivos que otorga el gobierno a de los Estados Unidos a la industria de los biocombustibles son: la excepción de impuestos, créditos fiscales y la desprotección de aditivos derivados del petróleo (Romanelli y Scherger, 2007).

³ También se puede afirmar que la concavidad indica tecnologías de rendimientos decrecientes a escala (Hey J. Microeconomía Intermedia).

jj', tangentes a la frontera actual. La inclinación cada vez más pronunciada de las líneas de transformación estaría mostrando que el precio relativo de los biocombustibles va creciendo con relación al precio de los alimentos en cuanto los costos de oportunidad son crecientes en términos de sacrificio de granos destinados a alimentos.

También siguiendo las reglas del óptimo de Pareto puede señalarse que los costos marginales del biodiésel son crecientes con relación a los costos marginales de los alimentos. Ninguno de los cambios entre E, E'' y E' puede modificar el bienestar de la sociedad por el momento. La condición de equilibrio es entonces,

$$TMgST(A:B) = C_m(B) / C_m(A) = P(B) / P(A)$$

siendo TMgST la tasa marginal de sustitución entre bienes, C_m los costos marginales y P los precios; aquí también los costos de oportunidad son crecientes.

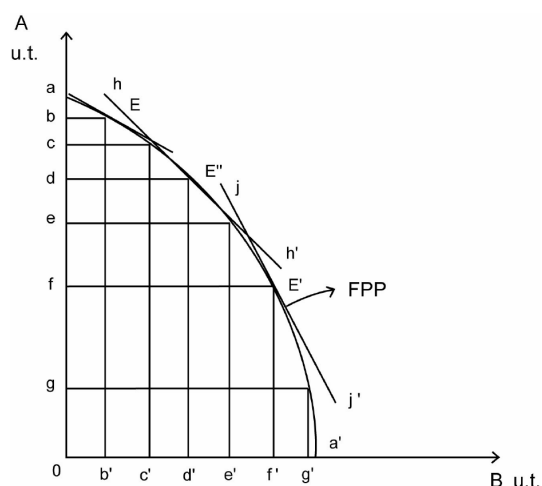


Figura 1. Frontera de posibilidades de producción y equilibrio para precios relativos alternativos y estado tecnológico dado.

En la figura 2, y de acuerdo a lo propuesto por Sonnet (2007), introducimos un cambio tecnológico en el sector de la agricultura que permite desplazar la frontera FPP hasta FPP'. Ahora si todos los recursos disponibles se aplicaran a producir solamente granos para alimentos, con la nueva tecnología se lograrían cantidades adicionales en una magnitud aa'. Este supuesto es bastante plausible pues es de esperar que sigan incorporándose innovaciones

en la genética vegetal, nuevas técnicas agronómicas y en maquinarias y mejoras en los suelos para aumentar su productividad. En cambio, en las tecnologías de fabricación de biodiésel no se esperan avances que pudiesen mejorar los rendimientos en el corto plazo. Frente a este fenómeno de cambio tecnológico, la sociedad podría experimentar una alteración en los precios relativos y una mejora en el bienestar, pasando del equilibrio E donde la curva de indiferencia social hace tangencia con FPP', a la nueva posición en E'' sobre una curva de bienestar superior. Destacan dos cuestiones: este modelo no resuelve los problemas de los cambios en la distribución del ingreso, de hecho considera una sociedad homogénea en donde la propiedad de los recursos no está identificada con varias clases sociales. Pero lo que nos muestra el modelo, en efecto, es que habrá menos alimentos y más biocombustibles como resultado positivo del cambio tecnológico. El problema de la distribución no lo contempla este modelo tal como se ha planteado.

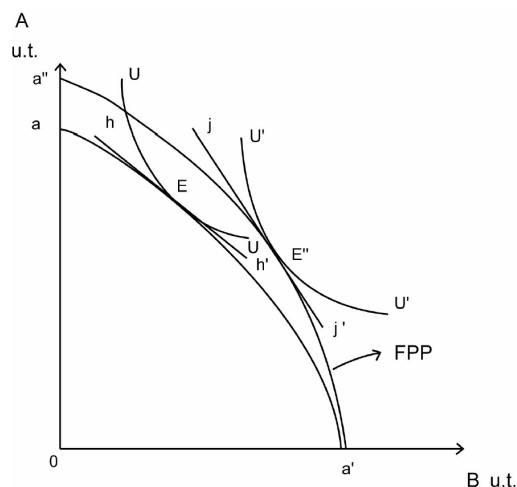


Figura 2. Cambio tecnológico en la producción de alimentos y mejora del bienestar

Equilibrios en los mercados de combustibles, granos y alimentos

La evolución de los biocombustibles, tanto en el ámbito mundial como entre los diferentes países, está directamente vinculada a lo que sucede en el mercado de combustibles como disparador del escenario. El mercado de granos aparece como centro de impactos y el mercado de alimentos como receptor de efectos derivados. Para analizar las consecuencias del crecimiento en el

uso de biocombustibles, a continuación se realiza una interpretación estilizada entre estos tres mercados (Romanelli y Scherger, 2007).

a) Mercado de combustibles

Supongamos que el mercado energético está compuesto por la oferta y demanda de combustibles como el petróleo y el gas, recursos de origen fósil. A partir de una oferta y demanda iniciales, el equilibrio se encontraría en el punto E_0 (Q_0 , P_0), como se aprecia en la figura 3.

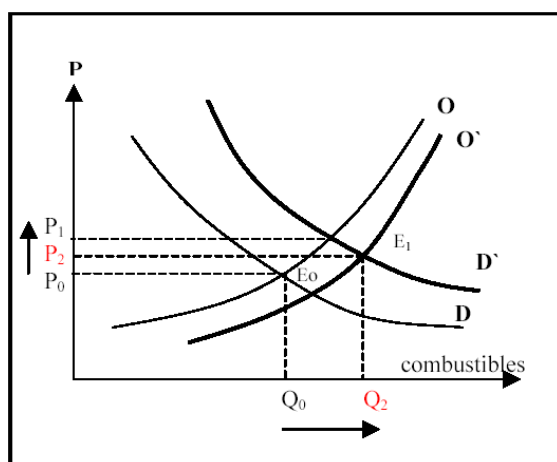


Figura 3. Mercado mundial de combustibles.

¿Qué ocurre con la demanda mundial de energía?. Se prevé que continuará creciendo en el mediano y largo plazo, sea por crecimiento demográfico ó el uso más intensivo de bienes energéticos. Si bien algunos países están intentando disminuir su consumo energético (como la UE), la demanda se ve fuertemente impulsada por el crecimiento de países como India y China, y la expansión continua del consumo, por ejemplo, en países desarrollados de gasolina para abastecer su amplio parque automotor. Este incremento en la demanda se visualiza con un desplazamiento de la curva hacia la derecha (de D a D').

La expansión de la demanda se traduce en un aumento del precio de los combustibles (de P_0 a P_1). Así, se genera un escenario altamente favorable para la producción de combustibles alternativos como el etanol y el biodiésel, cosa que ya ha sucedido, como se señaló en la sección primera de este trabajo. Estos, por ser su producción más costosa, requieren precios altos para resultar rentables. El auge en la producción

de biocombustibles puede representarse como un desplazamiento de la oferta en el mercado energético (de O a O'). Si bien este aumento en la oferta permite en parte compensar la creciente demanda, se espera que el ritmo de crecimiento de esta última sea mayor y por lo tanto el precio final de equilibrio (P_2) resulte superior al inicial (P_0).

b) Mercado de granos

Los biocombustibles se producen actualmente a partir de vegetales como el maíz, la soja y la caña de azúcar. En el Figura 4 se representan los cambios previstos a partir de una situación inicial de equilibrio E_0 (este punto se corresponde al equilibrio inicial del mercado de combustibles).

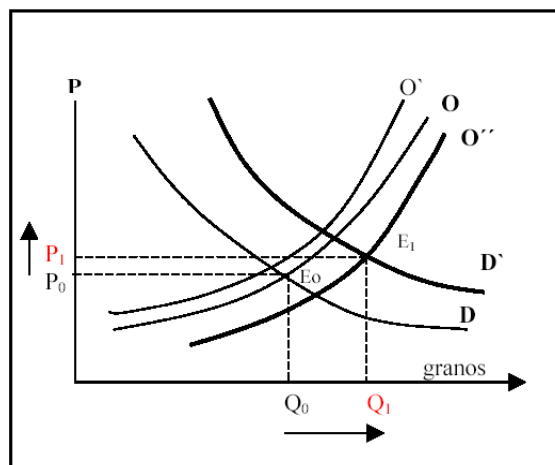


Figura 4. Mercado de materias primas agrícolas.

Los impactos como consecuencia de la mayor demanda de granos para biocombustibles se pueden desdoblar en dos efectos: 1) sobre la demanda y 2) sobre la oferta. El primero opera de la siguiente manera: un precio mayor en el mercado de combustibles, el cual aumenta la rentabilidad de los biocombustibles, genera fuertes incentivos para expandir su producción, esto implicará un aumento en la demanda de materias primas agrícolas para producirlos. Esto se visualiza en el gráfico por un desplazamiento de la demanda hacia la derecha (de D a D').

El segundo efecto, se encuentra comprendido entre dos movimientos que operan en sentido opuesto. Por un lado, el creciente precio de los combustibles implica un aumento en el costo de producción de los bienes agrícolas (transporte,

energía, agroquímicos, etc.)⁴. Esto se traduce en un desplazamiento de la oferta hacia la izquierda (de O a O'). Por otro lado, este mayor precio incentiva a los otros productores agropecuarios a expandir su producción, lo cual se traduciría en el largo plazo en una expansión de la frontera agrícola (como lo muestra la figura 2), y en un desplazamiento de la oferta hacia la derecha (de O' a O'')⁵.

El efecto final sobre el precio dependerá de la fuerza de cada uno de estos impactos, pero se esperaría, que a pesar de un aumento en la oferta de materias primas agrícolas, prevalezca el crecimiento de la demanda determinando un precio de equilibrio mayor al inicial (P_1) en el largo plazo.

Cabe destacar que dentro del mercado agrícola, se observará una redistribución entre cultivos o usos de las tierras disponibles, en favor de la producción de insumos para los biocombustibles y en detrimento de otras producciones. Las tierras marginales se destinarán a actividades menos rentables. Esto generará, a su vez, un cambio en los precios relativos de los diferentes productos.

c) Mercado de alimentos

Las materias primas agrícolas son a la vez, insumos para la producción de biocombustibles e insumos para la producción de alimentos, por lo cual se observarán impactos en este último mercado. Esperando una demanda creciente, como en el caso de los combustibles: por el crecimiento económico y el crecimiento poblacional, aunque algo menor por tener los alimentos una elasticidad ingreso de la demanda menor a la de combustibles. Esto se representa por un desplazamiento de la demanda hacia la derecha (de D a D'), como se aprecia en el Figura 5.

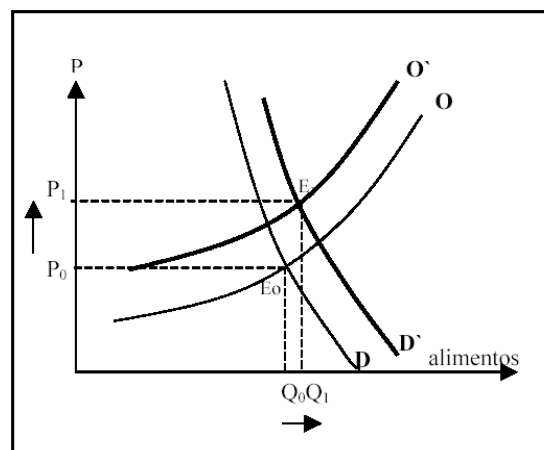


Figura 5. Mercado mundial de alimentos.

La oferta disminuye porque el aumento en el precio de las materias primas agrícolas implica un mayor costo en la producción de alimentos. Este impacto se transmite a través de toda la cadena alimentaria. Por ejemplo, el aceite comestible, la harina y almidón de maíz, sufrirán un gran aumento en sus costos. El efecto final es un aumento en el precio de los alimentos (P_1).

En el caso del ganado criado a campo abierto o pasturas, los efectos serán indirectos, ya que la producción se verá desplazada a tierras menos fértiles, por la producción más rentable de materias primas para biocombustibles. Los costos de oportunidad se verán incrementados y por lo tanto el de las carnes derivadas.

Así, puede observarse que la producción de biocombustibles es el eslabón que une al mercado energético con el mercado de alimentos, generando un movimiento conjunto en sus precios: a mayor precio del combustible, mayor precio en los alimentos.

No obstante que no se discuten los impactos ambientales, cabe señalar que la expansión de la frontera agrícola supone la incorporación de tierras menos fértiles, que demanden técnicas más invasivas sobre el suelo y mayor cantidad de agroquímicos. Esto puede generar una sobreexplotación de las tierras a favor de los cultivos bioenergéticos, la erosión del suelo y contaminación del agua.⁶

⁴ Según estimaciones de OCDE (2006) para el 2014, el incremento en los costos de los insumos reducirá la oferta mundial de granos en 1.7% y de oleaginosas en el 2.8%. Asimismo este efecto provocará incrementos en los precios del 10 y 17% respectivamente.

⁵ Ese es un escenario bastante plausible pues la CEPAL (2007) estima un balance de oferta de tierras disponibles para los países latinoamericanos, lo cual daría lugar a un espacio importante para desplazar la frontera agrícola y llevar la curva de oferta a la derecha.

⁶ Otros analistas argumentan que todavía existe capacidad disponible para cultivos energéticos, que asociados a políticas de

Evaluación mundial preliminar

La apreciación cuantitativa de los cambios que se vislumbran para los tres mercados analizados anteriormente, requiere la utilización de modelos de simulación de suficiente complejidad⁷. Una forma de cuantificar los impactos es, indirectamente, estimar los requerimientos de tierra que los objetivos de mezcla de biocombustibles, implican. En el cuadro 1, se presentan tales requerimientos para elaborar etanol y biodiésel.

Cuadro 1. Requerimientos de tierra cultivable*

Variable	Unidad	Estados Unidos	Canadá	U.E.	Brasil	Mundial
Producción etanol	1000 t	10.208	138	386	11.732	22.500
Producción biodiésel	1000 t	90	5	1.853		2.029
Mix para transporte		1.6%	0.3%	0.8%	21.6%	1.3%
Uso trigo	1000 t	1.069	435	606		2.167
Uso granos gruesos	1000 t	31.638	44	491		32.226
Uso caña	1000 t				188.291	188.291
Uso remolacha	1000 t			755		801
Uso aceites vegetales	1000 t	95	6	1.965		2.151
Rendimiento trigo	t/ha	2.75	2.22	5.71		
Rendimiento maíz	t/ha	8.88	7.19	8.68		
Rendimiento caña	t/ha				71.42	
Tasa extracción oleaginosas	T/t	0.19	0.32	0.28		
Rendimiento oleaginosas	t/ha	2.58	1.43	3.08		
Área de trigo p/etanol	1000 ha	389	196	106		707
Área de granos gruesos p/etanol	1000 ha	3.564	6	57		3636
Área de caña p/etanol	1000 ha				2.636	2.636
Área remolacha p/etanol	1000 ha			13		14
Área de oleaginosas p/biodiésel	1000 ha	191	12	2.254		2.561
Extrapolación cumplir meta de mezcla de 10% en combustibles						
Hectáreas necesarias p/meta	1000 ha	25.790	8.139	31.518	1.222	73.784
Hectáreas cosechadas	1000 ha	86.702	22.563	43.888	37.514	830.743
Porcentaje área sembrada		30%	36%	72%	3%	9%

Fuente: OECD citado por Romanelli y Scherger (2007: 11).

Nota: * Se presentan los requerimientos de tierra para cumplir con la meta del 10% de biocombustibles. También se consideran los siguientes rendimientos por tonelada: trigo 362 l/tn, maíz 396 l/tn, caña azúcar 85 l/tn, remolacha 98 l/tn y aceites vegetales 1048 l/tn.

control, podrían beneficiar a los pequeños productores sin comprometer el medio ambiente (CEPAL, 2007). La utilización de recursos de "segunda generación" (arbustos, maderas, pastos, algas, etc.), descomprimaría la demanda actual sobre los granos, y por lo tanto, parte de la presión ambiental y con un balance energético positivo. En este sentido, en la medida en que el precio del petróleo siga en aumento, cabría esperar que se dediquen más recursos a la investigación y el desarrollo de fuentes alternativas.

⁷ OECD-FAO han aplicado los modelos *Aglink*, *Cosimo* y *OECD World Sugar Model*, en forma conjunta para evaluar tales impactos (OECD, 2006).

Los porcentajes son más altos en aquellos países que cuentan con menores posibilidades de extender la frontera agrícola. En cambio, en el caso de Brasil, su competitividad en la elaboración de etanol con base en la caña de azúcar lo posiciona muy bien en el mercado, como posible proveedor de biocombustibles. El promedio mundial, del 9%, muestra la posibilidad de los países con ventajas comparativas en la producción de *commodities* (especialmente en granos y oleaginosas) de beneficiarse del *boom* de los biocombustibles, dedicando mayor producción a los cultivos energéticos.

Respecto a los impactos sobre las variables referidas a los mercados de granos y alimentos, el cuadro 2, reseña de forma cualitativa las consecuencias de la incorporación de los biocombustibles a la “carta” de alternativas para los combustibles de origen fósil no renovables. Los resultados esperados son una derivación directa de los supuestos y análisis realizados en los apartados anteriores.

Como se planteó anteriormente, se parte de suponer que el precio del petróleo se mantendrá alto y que, adicionalmente, no se esperan “revoluciones tecnológicas” que quiebren la tendencia supuesta en el mediano plazo⁸. Estos cambios tecnológicos van desde el reemplazo de la energía actual por fuentes mucho más baratas para el transporte, hasta una nueva “revolución verde” en términos de productividad agrícola.

⁸ Similares consideraciones se realizan en la OECD (2006), donde se supone un precio del barril de petróleo de \$US 60 y una meta de mezcla para los principales países como se reflejó en el cuadro 1.

Cuadro 2. Impactos previsibles en precios.

Variable	Impacto	Razón
Incorporación de tierras	Alza	Desplazamiento por biocombustibles
Precio y renta de la tierra	Alza	"Efecto ricardiano" de la renta
Producción y rentabilidad de granos	Alza	Mayor demanda por biocombustibles
Costo de la producción agrícola	Alza	Mayor precio de la energía
Precio de materias primas energéticas	Alza	Mayor demanda por biocombustibles
Precio de granos forrajeros	Alza	Mayor costo de oportunidad
Precio de aceites, derivados de maíz y otros alimentos	Alza	Sustitutos en producción
Precio de harinas proteicas	Baja	Complementarios en molienda de oleaginosos
Precio de pollos y porcinos	Ambiguo	Depende del efecto neto sobre balanceados
Precio del azúcar	Ambiguo	Según se utilice el complementario melaza o el sustituto total caña en obtención de etanol
Precio del ganado vacuno	Alza	Por desplazamiento y mayor costo de forrajes
Precio de lácteos	Alza	Mayor costo de insumos y tambos menos productivos por desplazamientos

Fuente: Romanelli y Scherger, 2007: 12.

Por su parte, a nivel de país, los impactos previsibles en precios dependen del papel que juegan como importador o exportador neto, tanto en combustibles como en alimentos. En el caso de Estados Unidos, dada su posición como exportador de agroalimentos e importador de combustibles, es un posible ganador sólo si logra sustituir una porción de la demanda de recursos energéticos. En el caso de México, dada su posición como importador de agroalimentos (fundamentalmente de maíz) y exportador de combustible, es un posible perdedor si el precio de los alimentos aumenta más que el del petróleo (Romanelli y Scherger, 2007).

Situación en México: oferta y demanda del maíz

El maíz ocupa el primer lugar en superficie sembrada con 8 millones 436 mil 300 hectáreas⁹, y una producción promedio de 21 millones de toneladas de maíz en grano (93 por ciento maíz

⁹ Los principales estados productores de maíz son: Jalisco con 15% de la producción nacional; Sinaloa con 13%; Chiapas 10%; Estado de México 9%; Michoacán 7%; Guanajuato 6%; Veracruz 5%; y otros 35% (Sagarpa, 2005b).

blanco y siete por ciento maíz amarillo), un valor comercial de 35 mil 439 millones de pesos y un registro del 11.3 por ciento en relación con el Producto Interno Bruto del Sector Agropecuario en el 2004, y genera el 29.3 por ciento del valor de la producción agrícola nacional¹⁰ (Sagarpa, 2007).

El 85 por ciento de la producción se obtiene bajo condiciones de temporal, con una alta dependencia de las condiciones climáticas. En la producción de este grano prevalece el minifundio. De los 1.9 millones de productores, el 85 por ciento tiene predios menores de cinco hectáreas (Sagarpa, 2007). Este grupo de productores aportan el 56.4 por ciento de la producción total y más de la mitad de su producción se destina al autoconsumo –52 por ciento–. Sus rendimientos fluctúan entre 1.3 y 1.8 toneladas por hectárea.

En el segundo grupo solo está el 15 por ciento de los productores, con predios arriba de cinco hectáreas por productor y aportan el 43.6 por ciento de la producción. Sus rendimientos van de 1.8, a 3.2 toneladas por hectárea. Únicamente destinan el 13.55 por ciento de su producción al autoconsumo (FDM, s/a).

Alrededor del 90 por ciento de la producción es de maíz blanco y se destina al consumo humano. En general, la producción nacional de maíz se destina 59.7 por ciento al consumo humano; sector pecuario 23.2 por ciento; industria, derivados y químicos 10.4 por ciento; industria de cereales 2.4 por ciento; semillas 1.1 por ciento; y 3.3 por ciento otros (Sagarpa, 2009b).

En 2008, la producción de maíz se calcula en 24.321 millones de toneladas. México es autosuficiente en maíz blanco, es decir, la producción de maíz blanco permite cubrir la demanda interna. Sin embargo en maíz amarillo se requieren importar seis millones de toneladas por año y tres millones de toneladas de maíz

quebrado para cubrir la demanda de los sectores ganadero y el de la industria almidonera (Sagarpa, 2009c). En 2008 la demanda total de de maíz fue de 34.408 millones de toneladas por lo que fue necesario importar una cifra record, de 9 millones de toneladas. En ese año las importaciones representaron 37.6% de la producción nacional y el 27.4% del consumo aparente (Sagarpa, 2009c).

De hecho, desde finales de la década de los ochenta, México es ya un importador neto de maíz, desde entonces las importaciones han observado una tendencia creciente. (Sagarpa, 2009c). Las importaciones de maíz de México desde Estados Unidos desde 1994 se rigen por el sistema de cupos y el arancel-cuota de importación por sobre-cupo, hasta la total desgravación que inició el primero de enero del año pasado, de acuerdo a lo establecido en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN)¹¹.

La mayor importación de maíz es resultado de los bajos niveles de producción que se explica por la apertura comercial derivada del TLCAN, y también por factores estructurales internos como la falta de acceso al crédito por parte de los productores, la limitada infraestructura de riego para elevar los rendimientos, la concentración del mercado en muy pocas empresas privadas, la escasa investigación científica en este campo y los limitados subsidios que otorga el Gobierno a este sector comparado con los que se otorgan a los productores de otros países europeos y Estados Unidos, principalmente (CEFP, 2007).

El incremento en el uso del maíz amarillo para la producción de etanol, reducirá la disponibilidad de este grano a nivel mundial, por lo que se

¹⁰ En conjunto la superficie que se siembra con maíz y frijol a nivel nacional es cercana a los 10 millones de hectáreas y aporta 70% de los 36 millones de toneladas de granos que se producen anualmente en el país. Adicionalmente, el cultivo de maíz y frijol en todo el país lo realizan más de 2.2 millones de agricultores, cuya actividad genera aproximadamente, 110 millones de jornales al año (Sagarpa, 2009a).

¹¹ La cuota de importación se ha venido incrementando de un máximo autorizado de 2.5 millones de toneladas en 1994 a 3.6 millones de toneladas en 2006, sin embargo, como no se han cumplido con las metas de producción interna que se habían establecido desde la entrada en vigor del TLCAN, casi en todos los años posteriores al Tratado las importaciones de maíz originarias de Estados Unidos han rebasado la cuota establecida para cada año en cuestión (CEFP, 2007).

esperan precios más altos y una mayor superficie sembrada¹².

El Instituto Mexicano para la Competitividad (Imco), prevé que se mantendrá una tendencia creciente en el consumo de maíz en México, sobre todo del amarillo, el cual superará al blanco por primera vez en el 2010, según sus proyecciones. Prácticamente la totalidad del maíz importado proviene de Estados Unidos y es amarillo, una variedad que utilizan cada vez más los sectores pecuario e industrial. El Centro de Estudios Económicos del Sector Privado (CEESP) calcula que el consumo de maíz en México, impulsado principalmente por la variedad amarilla, llegará a cerca de 39 millones de toneladas para el 2012, mientras la producción se ubicará en alrededor de 25 millones de toneladas (Morales, 2007).

En México es factible aumentar la producción tanto de maíz blanco como amarillo, con incrementos en la productividad y reconversión productiva, a través de acciones de tecnificación del riego, inducción al uso de la tecnología a través de semillas mejoradas y paquetes tecnológicos, acceso a insumos a precios competitivos, esquemas de financiamiento y administración de riesgos, entre otros (Sagarpa, 2007).

Contexto internacional estimaciones de precios de alimentos: maíz

La escasez de maíz blanco en el mercado interno se ha llegado a asociar al acaparamiento de algunos productores y distribuidores del grano, originando la especulación y los incrementos en el mercado internacional de maíz, la reducción en la producción mundial de éste responde a la escasez en la cosecha de los principales países productores y al crecimiento en la demanda de biocombustibles. Durante 2006, el encarecimiento del maíz ha sido por la creciente demanda del grano para la producción de etanol, en particular en Estados Unidos. Al inicio del decenio, la cantidad de maíz utilizada para la producción de etanol en ese país era del 6 por

ciento de su producción interna, actualmente alcanza el 20 por ciento, es decir, aproximadamente 55 millones de toneladas (CEFP, 2007).

En México, el precio del maíz, el cual se rige por los precios internacionales, pasó de 2.4 dólares por bushel –25.4 kgs– a más de 3.5 entre septiembre y diciembre de 2006. Los precios de los cereales, en particular del trigo y del maíz se han incrementado de manera importante en la última década.

El incremento de los precios internacionales se debe, entre otros factores, a las condiciones de oferta y demanda actuales en los mercados del maíz. La fuerte reducción de la producción de maíz durante 2006 en Estados Unidos generó un balance interno más ajustado y un aumento en los precios. Argentina, por su parte, suspendió los permisos de exportación debido a la caída de la oferta interna por los elevados volúmenes de exportación que se venían realizando, lo que también afectó al mercado mundial considerando que Argentina es uno de los principales países exportadores de este grano.

En suma, la disponibilidad de maíz en el mercado internacional será uno de los principales problemas en el corto plazo. Cada vez más aumenta la demanda de este grano para uso pecuario y para la producción de etanol, principalmente en los Estados Unidos.

En el 2007, los precios de los cultivos y de los animales (*livestock*) en los países de la OCDE fueron en promedio 21% más altos que los precios del mercado mundial. Los actuales precios altos de los alimentos son en gran parte resultado de factores a corto plazo. Pero en el mediano plazo, el aumento de los precios del petróleo y el aumento de la demanda de biocarburantes podría causar un aumento estructural en los precios de los alimentos. Según las proyecciones actuales, el incremento podría resultar en los precios de los alimentos 10% al 50% por encima de los precios medios de los últimos diez años (OECD, 2008).

En Estados Unidos, la tendencia de mayor demanda de etanol ha llevado a destinar una

¹² El reto que se han impuesto los productores junto con el gobierno federal, es alcanzar una producción de 30 millones de toneladas de maíz y 1.3 millones de toneladas de frijol para el año 2012 (Sagarpa, 2009a).

quinta parte de la cosecha total de maíz para la producción de ese bioenergético. De hecho, Estados Unidos busca reducir en la próxima década el consumo de gasolinas en 20% e incrementar en 35 mil millones de galones (alrededor de 132.5 millones de metros cúbicos) la producción y uso de combustibles alternativos como etanol, etanol de celulosa, biodiesel, butanol, entre otros. Ello ayudaría a disminuir en 18% las emisiones estadounidenses de gases en 2012 para enfrentar el problema del cambio climático (CEFP, 2007).

En 2016, las proyecciones de la OECD (2008) indican que cerca de un tercio de la producción de cereales secundarios de Canadá y Estados Unidos se utilizará para generar biocombustibles. En promedio, esta mantendrá más altos los precios de cereales y oleaginosas del 20% a un 40% durante la próxima década, en relación con los precios medios de los últimos diez años.

No obstante que el incremento de la demanda de maíz ha impactado en el precio de la tortilla en México, este efecto ha sido inelástico. De acuerdo con estimaciones de la Dirección de Análisis Económico del FIRA, la elasticidad de transmisión de precios (ETP) entre el maíz y la tortilla es de 0.48. Esto significa que, ante un incremento de un punto porcentual en el precio del maíz, el precio de la tortilla aumenta 0.48 por ciento. Sin embargo, ante bajas en el precio del maíz, el impacto es aún más inelástico. Es decir, si el precio del grano baja 1%, el precio de la tortilla se reduce en sólo 0.21%.

Escenario para México

La estimación de los impactos para México consideran en una primera aproximación la estimación de los cambios en la demanda ante cambios en los precios y el ingreso, para ello es necesario considerar la interacción de este tipo de bienes en un contexto general donde se incluyan también el resto de los bienes de la canasta de consumo y el ingreso de los hogares. En resumen, estimaciones de esta naturaleza requieren de la estimación de un sistema de gasto lineal (Sadoulet, 1995; Martínez, 2004). La especificación del modelo siguiendo el desarrollo presentado en (Sadoulet, 1995) parte

de considerar que la función de utilidad es del tipo Stone-Geary:

$$u = \sum_{i=1}^n b_i \ln(q_i - c_i) \quad \text{con} \quad \begin{cases} 0 < b_i < 1 \\ \sum_i b_i \\ q_i - c_i > 0 \end{cases} \quad (1)$$

Al maximizar esta función de utilidad bajo una restricción presupuestaria se derivan las funciones de demanda que constituyen el sistema de gasto lineal.

$$p_i q_i = c_i p_i + b_i \left(y - \sum_j c_j p_j \right), \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

En estas especificaciones las c son consideradas los niveles mínimos de subsistencia, las b son las participaciones presupuestales marginales. Dado que las b son mayores a cero se asume que no se permite la existencia de bienes inferiores, $\sum c_j p_j$ es el gasto de subsistencia y por tanto su diferencia con el ingreso se interpreta como el ingreso supernumerario que es gastado en proporciones b entre los bienes.

Partiendo de estas especificaciones se obtienen los valores de las elasticidades de acuerdo a:

$$E_{ii} = -1 + (1 - b_i) c_i / q_i \quad (3)$$

$$E_{ij} = - \frac{b_i c_j p_j}{p_i q_i} \quad (4)$$

$$\eta_i = \frac{b_i}{w_i} \quad (5)$$

En la aplicación empírica se considero utilizar datos del año 2000 para que los mismos estuvieran libres de las distorsiones económicas que se han dado con posterioridad a esa fecha. La fuente fundamental utilizada es la Encuesta Nacional de Ingreso-Gasto de los Hogares (ENIGH), (INEGI, 2009). Los productos considerados se agruparon en Alimentos, Tabaco, Vestido y Calzado, Vivienda y Servicios de Conservación, Cuidados Médicos, Medicinas, Transporte y Comunicaciones y, Servicios de Educación

Cuadro 3. Elasticidades precio de la demanda

	1	2	3	5	6	7	8	9
1 Alimentos	-0.77	-0.01	-0.08	-0.01	-0.03	-0.01	-0.03	-0.04
2 Tabaco	-0.13	-0.03	-0.03	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
3 Vestido y Calzado	-0.25	0.00	-0.35	-0.01	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03
5 Vivienda y Servicios de Conservación	-0.17	0.00	-0.04	-0.06	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02
6 Cuidados Médicos	-0.09	0.00	-0.02	0.00	-0.02	0.00	-0.01	-0.01
7 Medicinas	-0.03	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
8 Transporte y Comunicaciones	-0.32	-0.01	-0.08	-0.01	-0.03	-0.02	-0.31	-0.04
9 Servicios de Educación	-0.66	-0.01	-0.17	-0.02	-0.07	-0.03	-0.06	-0.29

Fuente: elaboración propia con los datos de la Encuesta Nacional de Ingreso-Gasto de los Hogares.

Los resultados de las proporciones del gasto de los hogares por grandes grupos de consumo muestran como la parte fundamental del gasto de los hogares es destinada al consumo de Alimentos (50%), a los que siguen los gastos en Educación (15%) y Vestido y Calzado (13%) entre los principales rubros.

Las elasticidades que resultan del modelo, presentadas en el cuadro 3, dan cuenta de que la mayor sensibilidad de los cambios en las cantidades ante cambios en el precio del propio bien (elasticidades directas) se da en el grupo de

alimentos donde alcanza valores de -0.77, a los que siguen los grupos de vestido y calzado (-0.35) y transporte y comunicaciones (-0.31).

En cuanto a las elasticidades cruzadas, que reflejan los cambios en el precio del bien ante cambios en el precio de los otros bienes, obsérvese también como los mayores impactos se dan en el grupo de los alimentos (columna 1) que implican por ejemplo que ante incrementos en el precio de la educación el consumo de alimentos disminuye por 0.66.

Adicionalmente a lo anterior, los resultados de las elasticidades ingreso de los productos da cuenta de que los bienes que tienen respuestas positivas a los incrementos en el ingreso son, en orden de magnitud, los del grupo de Transporte y Comunicaciones (1.20), Servicios de Educación (1.17) y Alimentos (1.16).

Estos resultados dan cuenta que los alimentos son altamente sensibles ante los cambios en las condiciones económicas, no sólo por el lado de la producción como se mostró en apartados anteriores sino también desde el lado del consumo. Al respecto, (Martínez, 2003) da cuenta de que el alimento que con mayor frecuencia es comprado en los hogares mexicanos independientemente de su ingreso es la Tortilla de Maíz, evidencia de su destacado papel en la alimentación diaria de los mexicanos. En ese sentido, resulta entonces de gran importancia continuar los estudios respecto a la utilización en la industria del Etanol de

productos que en general pueden ser consumidos en forma de alimentos por la población.

CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo se hace un análisis de la teoría económica aplicada a la producción de biocombustibles a partir de materias primas de alimentos. Se discuten los equilibrios en los mercados de biocombustibles y de alimentos. Se evalúa los efectos sobre el bienestar social de un aumento en la producción de biocombustibles a partir de alimentos.

En este sentido, a partir de un enfoque económico el presente estudio muestra evidencias de las posibles y reales interrelaciones que existen en la competencia por el uso de las materias primas de alimentos como alimento o para la generación de biocombustibles. Dada la reducción mundial en la oferta y el aumento en los precios de los combustibles fósiles, se prevé una mayor

competencia entre ambos usos, se espera un aumento en la demanda de alimentos para la producción de biocombustibles, lo cual desencadenará un incremento en el nivel de precios y en una contracción en la demanda de alimentos.

En dicho contexto, se debe considerar la posición que ocupa el país en los mercados de combustibles y alimentos. Las previsiones para México no son alentadoras, ya que como importador de agroalimentos y exportador de combustibles, el escenario más factible muestra resultados de pérdida en bienestar social debido a que en el futuro mediano se prevé un aumento mayor en el precio de los alimentos que en el de los combustibles.

El análisis de sensibilidad, en precios de alimentos y en ingresos de los hogares, conduce al planteamiento de una hipótesis sobre el impacto en bienestar social, pero la discusión no está agotada. Es necesario realizar evaluaciones a mayor profundidad. También son necesarias investigaciones que consideren todas las interrelaciones económicas que existen en la utilización de los recursos alimenticios para la producción de biocombustibles, las cuales incluyan, por ejemplo, las presiones generadas sobre el ambiente.

LITERATURA CITADA

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP). 2007. **México el mercado del maíz y la agroindustria de la tortilla**. CEFP/004/2007, Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión, Palacio Legislativo San Lázaro. (En línea). Disponible en <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0042007.pdf>

Ewing, Mandy and Siwa Msangia. 2008. **Biofuels production in developing countries: assessing tradeoffs in welfare and food security**. International Food Policy Research Institute, 2033 K Street NW, Washington, DC 2006, Estados Unidos. (En línea). Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/journal/14629011>

Foro en defensa del maíz (FDM). s/a. **Producción e importación de maíz en México**. Disponible en línea:

<http://www.foroendefensadelmaiz.galeon.com/productos365415.html>

González Andrade, Salvador y Alejandro Brugués Rodríguez. 2009. **Producción de biocombustibles con maíz: un análisis de bienestar en México**. ponencia presentada en el XXXII Encuentro RNIU; Cuarto Congreso Internacional: Balance y Perspectivas. Visiones integrales del campo y de la ciudad en los albores del siglo XXI, Cuernavaca Morelos, 23, 24 y 25 de septiembre.

Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI). 2009. **Los biocombustibles y la seguridad alimentaria: Cómo balancear la necesidad de alimento humano, alimento animal y de combustible**. IFPRI: soluciones sostenibles para acabar con el hambre y la pobreza apoyado por el CGIAR (Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional). (En línea). Disponible en <http://www.ifpri.org/themes/bioenergy/bioenergybrosp.pdf>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2009. **Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares**. 2000, Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), INEGI.

Martínez Damián, Miguel Angel y Salinas Callejas, Edmar. 2004. **La elasticidad precio del café mexicano: Un modelo para una canasta de bienes, 1976-2000**. *Análisis Económico*, tercer cuatrimestre, vol. XIX, núm. 42, pp. 299-318.

Martínez Jasso, Irma y Villezca Becerra, Pedro A. 2003. **La alimentación en México: un estudio a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares**. *Notas*. Revista de información y análisis núm. 21, INEGI, pp. 26-37.

Morales Navarrete, Roberto. 2007. **Rompe México record en importación de maíz**. *Economista*. México: Nov 29, 2007. (En línea). Disponible en <http://deyca.wordpress.com/2007/12/07/rompe-mexico-record-en-importacion-de-maiz/>

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2006. **Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuel**. Committee for Agriculture, disponible en: www.oecd.org

—. 2008. **Annual Report 2008**. OECD. (En línea). Disponible en <http://www.oecd.org/dataoecd/39/19/40556222.pdf>. Agricultural prices and biofuels, pp. 50-55.

- Romanelli, Kruger, y Scherger Valeria. 2007. **Biocombustibles vs. alimentos: ¿Quo Vadis?**. XXXVIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Ciudad de Mendoza, Argentina, 17 al 19 de Octubre de 2007. (En línea). Disponible en <http://agro.uncor.edu/~aaea2007/TrabajosInvestigacion/Romanelli.pdf>
- Rosegrant, Mark W. 2008. **Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses**. Testimony for the U.S. Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs (Director, Environment and Production Technology Division), May 7, International Food Policy Research Institute. (En línea). Disponible en <http://www.ifpri.org/pubs/testimony/rosegant20080507.pdf>
- Sadoullet, Elisabeth and Alain de Janvry. 1995. **Quantitative Development Policy Analysis**. The Johns Hopkins University Press, London.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). 2005a. **“Logros y perspectivas en la producción del maíz: estrategias para ordenar el mercado de maíz. In: Sistema producto del maíz, agosto.** (En línea). Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/info/sp/csp/maiz.pdf>
- . 2005b. **El maíz representa más del 11 por ciento del PIB agropecuario del país.** Boletín núm. 264/05 México, D.F., a 5 de septiembre de 2005. (En línea). Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2005/septiembre/B264.pdf>
- . 2007. **Acciones para la competitividad en maíz, frijol, caña de azúcar y leche.** Tarjeta informativa para prensa, Aguascalientes, Ags.-23 de febrero de 2007. (En línea). Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/discursos/2007/febrero/t230207.htm>
- . 2009a. **Arranca en Chiapas el Programa Nacional de Maíz y Frijol 2009.** Boletín núm. 019/09, Tuxtla, Gutiérrez, Chis., 23 de enero de 2009. (En línea). Disponible en <http://www.presidencia.gob.mx/prensa/sagarpa/?contenido=41743>
- . 2009b. **Productores y Gobierno suman esfuerzos para proteger y conservar el maíz criollo: ACJ.** Boletín núm. 047/09, Tehuacán, Pue., 26 de febrero de 2009. (En línea). Disponible en <http://www.presidencia.gob.mx/prensa/sagarpa/?contenido=42669>

- . 2009c. **Indicadores básicos del sector agroalimentario y pesquero.** SIAP, Julio del 2009. (En línea). Disponible en http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/InformaciondeMercados/Mercados/modelos/Indicadoresbasicos2009.pdf

Sonnet Fernando H. 2007. **¿Biocombustibles o alimentos? Un análisis desde la teoría económica.** Asociación Argentina de Economía Agraria, Agosto 2007.

Salvador González Andrade

Doctor en Economía por El Colegio de Postgraduados. Maestro en Economía Aplicada por El Colegio de la Frontera Norte. Ingeniero Agrónomo especialista en Economía Agrícola por la Universidad Autónoma Chapingo. Actualmente es profesor investigador Titular A en El COLEF. Tiene una felicitación por trabajo de investigación con la tesis de grado de Doctor en ciencias “Descomposición de multiplicadores para el estudio de la disminución de la pobreza en pequeños poblados rurales de México”. Algunas de sus publicaciones recientes son: “Los parques industriales en la etapa de mayor apertura: el caso de Tijuana” en el libro “25 años de investigación económica sobre la Frontera Norte de México” El COLEF (2009); “Efectos multiplicadores de las actividades productivas en el ingreso y pobreza rural en México”, en *El Trimestre Económico* (abril-junio de 2008); y “Viejas y nuevas funciones de los parques industriales de Tijuana” en *Comercio Exterior* (febrero de 2005). Investigador en el Departamento de Estudios Económicos de El Colegio de la Frontera Norte y Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Candidato. Autopista Tijuana-Ensenada Km. 18.5, San Antonio del Mar, Baja California, Tels: (664) 631 6300 ext. 3423 Fax: (664) 631 6300 ext. 1447. Correo electrónico: salvador@colef.mx.

Alejandro Brugués Rodríguez

Doctor en Ciencias Económicas en la Universidad Autónoma de Baja California, México. Maestría en Economía Aplicada en El Colegio de la Frontera Norte, A. C., México. Licenciatura en Economía en la Universidad de la Habana, Cuba. Profesor Investigador en El Colegio de la Frontera Norte, Departamento de Dirección General Regional Noroeste. Sede: Ciudad Juárez, Av. Insurgentes 3708 Fracc. Los Nogales C.P. 32350, tel. (656) 616-8578 ext. 836400. Cargo actual: Investigador Titular A, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-Candidato desde 2007. Correo electrónico: abrugues@colef.mx.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

ANÁLISIS TEÓRICO Y METODOLÓGICO DEL DESARROLLO HUMANO: SU APLICACIÓN A LA ENTIDAD POBLANA Y LOS SISTEMAS DE RIEGO

Andrés Pérez Magaña, Antonio Macías López y Juan Morales Jiménez

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 87-103



e-revist@s

ANÁLISIS TEÓRICO Y METODOLÓGICO DEL DESARROLLO HUMANO: SU APLICACIÓN A LA ENTIDAD POBLANA Y LOS SISTEMAS DE RIEGO

METHODOLOGICAL AND THEORETICAL ANALYSIS OF HUMAN DEVELOPMENT: IT'S APPLICATION TO THE POBLANA ENTITY AND THE IRRIGATION SYSTEMS

Andrés Pérez-Magaña¹; Antonio Macías-López¹ y Juan Morales-Jiménez¹

Profesores Investigadores del Colegio de Postgraduados adscritos al Campus Puebla. Tel: 2851442 Ext: 2024. Domicilio: Km 125.5 de la Carretera Federal México-Puebla. Col. Ampliación Momoxpan. San Pedro Cholula, Pue., C. P. 72760. Email: apema@colpos.mx

RESUMEN

Esta contribución tiene como propósito discutir los distintos enfoques del desarrollo del ser humano y de manera particular analizar la situación del desarrollo humano en la entidad poblana y los sistemas de riego. El desarrollo humano es un proceso multidimensional, que tiene como fin y medio el desarrollo de la libertad del ser humano para atender sus capacidades. Los acercamientos realizados en torno al concepto sobre desarrollo humano comulgan con la búsqueda de construcciones teóricas y metodológicas que rebasan la visión estrecha del desarrollo como crecimiento económico. Entre las perspectivas más importantes, que abordan este fenómeno, se encuentran: el Índice de Desarrollo Humano (IDH) propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la propuesta de Desarrollo a Escala Humana formulada por el Centro de Alternativa para el Desarrollo (CEPAUR). En relación a la situación del desarrollo humano en la entidad poblana, se utilizó el IDH planteado por el PNUD, concluyendo que este estado presenta niveles de desarrollo humano por debajo del nivel nacional, superiores a los encontrados en las comunidades indígenas de todo el país, con marcadas diferencias municipales. Tal es el caso de los 36 municipios donde más del 50% de su población de 5 años y más son hablantes de una de las tres lenguas indígenas dominantes en la entidad, donde dicho índice no alcanzó al encontrado a nivel de las regiones indígenas a escala nacional. Sobre los sistemas de riego poblanos se encontró que pertenecen a obras de pequeña irrigación y de gran irrigación. Una porción importante de regantes de las pequeñas obras de riego (1,125), que son las que interesan en este estudio, están organizados con forme a la legislación del agua, tanto para recibir los apoyos y servicios para mejorar su infraestructura, como para cumplir con el propósito de proporcionar el servicio del riego entre los asociados, aspecto que ofrece un potencial importante de aprovechar para contribuir en enfatizar sobre la disminución de las diferencias encontradas en el IDH de la entidad.

Palabras clave: Unidades de riego, Pequeño riego, Desarrollo humano.

SUMMARY

This contribution has the purpose to discuss the different features of the human being development and on a particular way to analyze the situation of human development in the poblana entity and its irrigation systems. The human development is a multidimensional process,

which has as target the development of human being's liberty to attend its capacities. The approaches carried out around the concept of human development share with the search of theoretical and methodological constructions that surpass the narrow vision of development as economical growth. Among the most important perspectives, that undertake this phenomenon, are found: Human Development Index (IDH) proposed by the United Nations for Development Program (PNUD) and the proposal of Development at Human Scale formulated by the Alternative for Development Center (CEPAUR). In relation to the situation of human development in poblana entity, was used the IDH presented by the PNUD, concluding that this state presents levels of human development under the national level, over to those found in native communities in all the country, with strong differences among municipalities. Such is the case of the 36 municipalities where more than the 50% of the population of 5 years or more speaks more than one of the three dominant native languages of the entity, where the index didn't reach the found at native regions at national scale. On the irrigation systems used was found that they are low irrigation and high irrigation. An important amount low irrigation users (1,125), which are interested in this study, are organized according to the water legislation, to receive supports and services to improve the infrastructure, and to fulfill the purpose to provide the irrigation service among the associates, aspect that offers an important potential to take an advantage to contribute in emphasize on the decrease of the differences found in the IDH of the entity.

Key words: Irrigation unities, Low Irrigation, Human development.

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo ha tomado mayor aceptación que el desarrollo humano es un proceso con múltiples aristas y que un solo enfoque, como el economicista, es insuficiente para lograr la comprensión que abarque todas las dimensiones involucradas en el mismo (López-Calva y Vélez, 2006). Esta contribución forma parte del proyecto titulado: Análisis de los sistemas de riego y el Índice de Desarrollo Humano en el estado de Puebla, por lo que la parte que aquí se discute, tiene como propósito general discutir los

distintos enfoques del desarrollo del ser humano y de manera particular analizar la situación del desarrollo humano del estado de Puebla. Para ello, como punto de partida se discuten sus antecedentes y las perspectivas que se han presentado en las últimas dos décadas. Posteriormente, se hace una caracterización sociodemográfica de la entidad poblana, las características de las viviendas y la disponibilidad de servicios, aspectos, todos ellos, indispensables para conocer las condiciones en las que vive la población. Se aborda el potencial que tienen las unidades y sociedades de riego como obras de pequeña irrigación de la entidad para la aplicación de las políticas que enfatizan en disminuir las diferencias municipales en el desarrollo humano poblano, y se concluye con el análisis comparativo del Índice de Desarrollo Humano de la entidad poblana, el nivel nacional y de las regiones indígenas de México.

El enfoque teórico del desarrollo humano

Antecedentes del desarrollo y del desarrollo humano

El concepto de “desarrollo” afloró a principio de la década de los años cuarenta. Se le relaciona con el progreso económico. La evolución que tuvo Estados Unidos de América y el haber salido triunfal de las dos guerras mundiales lo hicieron constituirse en líder mundial. En este sentido, el camino seguido por ese país, adquirió la clase de modelo o referencia a seguir por otras sociedades para posesionarse como líder mundial. Las acciones de otros países debían enfocarse a alguna actividad para llegar a parecerse y dirigirse al mismo fin de quienes en algún momento emprendieron acciones con ese propósito (Zapata, E., Mercado, M., y López, B., 1994).

El énfasis del modelo estadounidense se sitúa en el individuo, no en la comunidad o colectividad, el progreso se mide por el avance tecnológico y los logros económicos; se excluyen las necesidades humanas como las culturales, políticas, sociales y espirituales. Desde esta perspectiva, otras formas de crecimiento que surgen de los límites de lo económico son vistas como amenaza de destrucción del progreso, de la

modernidad. Para los teóricos de la modernización, el desarrollo es un proceso lineal y ascendente; en un polo se encuentra el sector tradicional atrasado, en otro, el moderno y racional, el cual tiene el propósito de desaparecer al primero. Los países ahora desarrollados, en algún momento histórico pasaron por la etapa de atraso en la que ahora viven los países subdesarrollados; por lo tanto, los primeros aparecen como los modelos a seguir para alcanzar el crecimiento económico del que actualmente disfrutan (Zapata, E., Mercado, M., y López, B., 1994)

En enero de 1949 el Presidente Harry Truman, en su discurso ante el Congreso de los Estados Unidos definió a una proporción muy importante de la población mundial como “áreas subdesarrolladas”. Becerra (2005) afirma que el término desarrollo, como concepto aparece por primera vez en un documento público en la Primera Declaración Interaliada de 1941 y en la Carta del Atlántico del mismo año. Después se reafirma en la Conferencia de San Francisco de 1945 que dio origen a la Organización de Naciones Unidas. Con esta definición, Truman en 1949 suscitó una nueva visión del mundo. Toda la población humana tendría que recorrer la misma senda y aspirar a una sola meta, el desarrollo (Severine, 2001). Hasta finales de los años de la década del sesenta del Siglo XX, el concepto de desarrollo se confundía con el término de “crecimiento económico” medido por el PIB e ingreso per cápita, lo cual permitía clasificar a los países en más o menos desarrollados, según los resultados de este indicador.

A lo largo de los últimos cincuenta años, el concepto de “desarrollo” ha sido objeto de innumerables reflexiones, estudios, reformulaciones y críticas. Para algunos, el concepto conserva la marca de sus orígenes en las ideas de la ilustración, de emancipación y progreso universal, su creencia subyacente en la razón humana y los ideales del progreso, libertad y justicia social. Para otros, el desarrollo ha sido planteado como una empresa abortada tanto en la teoría como en la práctica, por lo tanto se requiere que cada sociedad con referencia a sus propios valores y sobre la base de la acción

autónoma y las organizaciones de base, sus propios tejidos culturales, construyan su propio destino en una especie de “desarrollo alternativo” (Veltmeyer, H., y O’meller, A. 2002).

Lo que define a las diferentes concepciones de desarrollo, es el reconocimiento y valorización de la diferencia radical: la noción de que el desarrollo en sus diversas dimensiones es heterogéneo y que puede y debería tomar múltiples formas o caminos a seguir; que las sociedades deberían construir su propio desarrollo sobre el cimiento de la acción autónoma de organizaciones, sustentadas en la comunidad local o de base, como lo pueden ser las unidades de riego en su vertiente de organización en unidades o sociedades de riego, conforme la legislación de aguas. De manera tal, que el desarrollo debe ser participativo en forma humana, en escala y centrado en el pueblo, en ese sentido sería posible el aprovechamiento de la dinámica que han generado las 1,125 unidades de pequeño riego organizadas por 53,292 productores en el estado de Puebla, asociados en torno al recurso agua para desarrollar una actividad productiva, la agrícola. Organizaciones que fueron apoyadas en su momento por la federación, el estado o el Municipio. La pequeña irrigación se ha clasificado por las instituciones del sector en unidades de riego organizadas y sin organizar, el primer tipo de unidades están integradas en colectivos con personalidad jurídica conforme a la legislación del agua, con

objeto de tener mayor acceso a servicios y apoyos institucionales para acceder al recurso. Se registran 2,020 unidades de riego en la entidad, que riegan una superficie de 122,290 ha. El número de unidades de riego y la superficie regada es mucho mayor en las unidades organizadas que la de las unidades sin organizar, Cuadro 1.

Cuadro 1. Unidades, obras y superficie beneficiada por unidades de riego organizadas y sin organizar en la entidad poblana.

Concepto	Unidades de riego		
	Organizadas	Sin organizar	Total
No. de unidades	1,125	895	2,020
No. de obras	1,588	897	2,485
Superficie	85,781	36,509	122,290

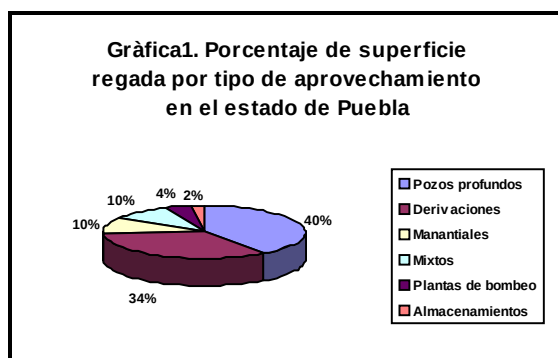
Fuente: CONAGUA- Colegio de Postgraduados, 1998.

La pequeña irrigación utiliza distintos aprovechamientos de agua. En las unidades organizadas predominan los pozos profundos (1,346), en segundo lugar se ubican las derivaciones (324) y en tercer lugar los manantiales (187), siguen las plantas de bombeo, los mixtos y los almacenamientos. En las unidades sin organizar los pozos profundos siguen llevando la delantera, los manantiales pasan a ocupar el segundo lugar y las derivaciones el tercero, Cuadro 2. En las unidades organizadas, de la superficie regada el 84% está representada por los pozos profundos, las derivaciones y los manantiales, Figura 1.

Cuadro 2. Unidades, obras y superficie de riego por tipo de aprovechamiento en las unidades organizadas y sin organizar en la entidad poblana.

Tipo de aprovechamiento	Organizadas			Sin organizar			Total		
	Unidad des de riego	Obras	Sup.	Unidad des de riego	Obras	Sup.	Unidad des de riego	Obras	Sup.
Almacenamientos	20	21	2,057	2	2	68	22	23	2,125
Derivaciones	275	283	29,333	49	49	4,558	324	332	33,889
Manantiales	80	88	8,819	107	107	5,965	187	195	14,784
Mixtos	33	261	8,283	24	24	995	57	285	9,278
Plantas de bombeo	62	196	3,309	22	22	875	84	218	4,184
Pozos profundos	655	739	33,980	691	693	24,050	1,346	1,432	58,030
Totales	1,125	1,588	85,781	895	897	36,509	2,020	2,485	122,290

Fuente: CONAGUA- Colegio de Postgraduados, 1998.



Fuente: CONAGUA- Colegio de Postgraduados, 1998.

Con las unidades de riego organizadas, que son las de interés en este estudio, se benefician 53,292 usuarios, de los cuales, 32,785 acceden a la tierra mediante la forma de tenencia ejidal y 20,507 mediante la propiedad privada. De las 85,781 ha que se riegan en las unidades de riego organizadas, 47,746 presentan la forma de tenencia ejidal y 38,035 son de propiedad privada, lo que representa una superficie promedio de 1.6 ha por usuario, (CONAGUA-Colegio de Postgraduados, 1998).

En lo referente al desarrollo humano, los planteamientos recientes son un redescubrimiento de los postulados de filósofos, psicólogos, sociólogos y de algunos economistas clásicos. Así, Aristóteles daba gran valor al bien y a la felicidad. Afirmaba que el bien es ciertamente deseable cuando interesa a un solo individuo; pero se reviste y es más divino cuando interesa a una sociedad y a un Estado entero. Consideraba que los órdenes sociales debían juzgarse por el nivel hasta el cual promueven el bien común. Sostenía que la “riqueza no es el bien que se busca universalmente, es simplemente útil, pero se persigue otra cosa” (Gómez, A. 2004). Al respecto Severine (2001) destaca la idea de vida buena de Aristóteles, como aquella que se orienta hacia el requerimiento del bien para la sociedad humana, cuya realización se hace posible a través de la provisión de ciertas condiciones que permiten a los seres humanos vivir como tales.

Maslow (1977) está consciente que la filosofía griega y particularmente la aristoteliana, se preocupa por la “vida en su mejor concepto” – recalca – debemos estar de acuerdo con esta

posición cuando establece que el buen concepto de la vida consiste en vivirla según la verdadera naturaleza del hombre. Sin embargo, subraya, que el filósofo no sabía lo suficiente acerca de la humanidad. Si se observa sólo la superficie del individuo, que fue todo lo que Aristóteles pudo hacer, se dará, en última instancia, con lo que conduce a una concepción estática de la naturaleza de éste.

Emanuel Kant (1734–1804) continuó el camino de tratar a los seres humanos como el verdadero fin de todas las actividades cuando señaló: “Por lo tanto actúen en cuanto a tratar a la humanidad, ya sea en su propia persona o en la de otro, en cualquier caso como un fin, nunca como medio solamente”. Marx basó sus raíces en la tradición filosófica humanista de occidente, que va de Spinoza a Goethe y Hegel, cuya esencia es la preocupación por el hombre y la realización de sus potencialidades (Fromm, 2005). Marx, al referirse a la enajenación de la esencia humana, considera que esta conduce a un egoísta existencialismo, convirtiéndose en medio para su existencia individual. El concepto de Marx se acerca al principio kantiano de que el hombre debe ser siempre un fin en sí mismo y nunca solo un medio.

Los planteamientos de Aristóteles, Kant y Marx, resaltan la búsqueda de la realización humana como el verdadero fin de su propia naturaleza. Aspecto que se pierde con los planteamientos del desarrollo económico, que plantea al hombre como un medio de producción para aumentar el capital, es decir predomina una concepción utilitarista y consumista de bienes. Elizalde *et. al.*, (2006) planteó que la satisfacción de las necesidades de los seres humanos se redujo a la urgencia de tener bienes y servicios, de acumularlos, aún sin importar su utilidad. Para adquirir dichos bienes, lo único necesario es el dinero. Las otras dimensiones existenciales han perdido vigencia y con ellas los valores no convencionales que fueron en su tiempo la base de las relaciones sociales y constituyeron la piedra angular de las distintas culturas. No obstante, la idea del hombre como fin y no únicamente como medio de todo proceso de desarrollo, es rescatado por las diferentes

corrientes humanistas; las que se abordaran a continuación.

Las configuraciones teóricas del desarrollo humano

Uno de los precursores del enfoque del desarrollo humano es Maslow (1977), con la teoría de las necesidades básicas y la motivación. Este autor derivó esta teoría de la observación, a partir de las características de un grupo sobresaliente de personas. Esta perspectiva genera también un cambio en el tratamiento de las personas, de curar enfermedades de orden psicológico a la promoción del desarrollo humano. Hay tres elementos centrales a destacar de esta teoría. Se señala, que los seres humanos son motivados a la acción en función de satisfacer necesidades, es decir, que éstas son un incentivo poderoso para la acción. Se argumenta, que las necesidades presentan diferentes intensidades, por lo que se expresan por etapas en una linealidad piramidal. Recalca, que “el individuo es un todo integrado, caótico pero organizado”, resulta más bien raro, “el hecho de que un acto o deseo consciente tenga una sola motivación”. El ser humano está motivado por cierto número de necesidades básicas que abarcan a todas las especies; es decir urgencias aparentemente inmutables. Esta última consideración, destaca que las necesidades humanas se manifiestan como un sistema integrado, aspecto que es fundamental para la comprensión de la dinámica sinérgica de las necesidades.

Las necesidades humanas propuestas por Maslow son: las fisiológicas, de seguridad, sociales o de participación, conocimiento, autoestima y la necesidad de trascendencia. Las necesidades fisiológicas son aquellas que aseguran las condiciones mínimas de supervivencia de los individuos, como la alimentación que asegura el funcionamiento del organismo. Estas necesidades dominan la primera fase en el ser humano. Una persona con deseos de saciar su hambre tiene como principal necesidad encontrar alimento y todo acto conductivo a la obtención de alimento será un medio motivador. En cuanto tal necesidad es satisfecha, los elementos de seguridad, como una segunda fase, comienzan a actuar como los

principales motivadores. Aquí entra en juego el refugio o vivienda, el vestido y la protección social. Desde esta perspectiva, la seguridad consiste en tener absoluta certeza de que en el futuro las necesidades fisiológicas serán satisfechas. Si bien, Maslow no se refirió concretamente al desarrollo humano, su planteamiento deja claro la naturaleza fundamental del ser humano: expresado en sus necesidades.

A finales de la década de 1980 el Centro de Alternativas para el Desarrollo, coordinado por Neef, M., Elizalde, A., y Hopenhayn proponen la Teoría a Escala Humana (DEH) como una alternativa a los modelos de desarrollo predominantes en los países del tercer mundo, particularmente para América Latina. El fracaso del desarrollismo no puede, ciertamente atribuirse a la ausencia de ideas o creatividad. Por el contrario, sus ideas son tremendas en cuanto a crear infraestructura económica rica y diversificada. Las razones de su fracaso se han debido fundamentalmente a su propia incapacidad para controlar los desequilibrios monetarios y financieros que la estructura productiva generó, especialmente la industria resultó ser excesivamente concentradora, y a que su enfoque de desarrollo, predominantemente económico, descuidó otros procesos sociales y políticos, por lo que no han logrado resolver los altos índices de pobreza, se requiere un replanteamiento de la concepción del desarrollo. Se argumentan tres razones del fracaso del neoliberalismo. Primero, porque a pesar de poder impulsar el crecimiento económico, no es generador de desarrollo en el sentido amplio en que se entiende en este trabajo. Segundo, porque sus supuestos de racionalidad económica son supremamente mecanicistas e inadaptables a las condiciones de los países pobres, donde la miseria no puede erradicarse como consecuencia de la liberalización de un mercado del que los pobres se encuentran, de hecho, marginados. Tercero, porque en mercados restringidos y oligopólicos, donde los grupos de poder económico no se enfrentan a fuerzas capaces de limitar su comportamiento, la actividad económica se orienta con sentido especulativo, lo que deriva en resultados concentradores que son socialmente inaguantables.