

- 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-Cabriaes, 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 fur 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 oxigenante 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-Montoya**¹ y Adolfo Dagoberto **Armenta-Bojorquez**¹

¹**Profesor 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 pérdida 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.