



Ra Ximhai

ISSN: 1665-0441

raximhai@uaim.edu.mx

Universidad Autónoma Indígena de México

México

Montiel-Montoya, Jorge

POTENCIAL Y RIESGO AMBIENTAL DE LOS BIOENERGÉTICOS EN MÉXICO

Ra Ximhai, vol. 6, núm. 1, enero-abril, 2010, pp. 57-62

Universidad Autónoma Indígena de México

El Fuerte, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46112896008>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

 redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

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



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 Joachín, 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, higuerilla 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, higuerilla 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 transferificación 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 dióxido 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 hidrocarbonos 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 prototcoidea* 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 fériles 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, higuerilla 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
- Foidal 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., Krahel J., Van G. I. 2008. **Biodiesel Handbook.** AOCS Press, Urbana. Illinois USA.
- Martínez-Herrera J. 2007. **El piñón 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