

XV SIMPOSIO ELECTRONICO INTERNACIONAL

La producción de Biocombustibles con eficiencia, estabilidad y equidad

OCTUBRE 2007

¿BIODIESEL A PARTIR DE BACTERIAS?

**Héctor M. Álvarez^{1*}, Matías Blanco², María A. Fajardo¹,
Paula Sánchez Thevenet¹**

1. Introducción

Es posible que el mundo deba afrontar una crisis energética en los próximos 30 o 50 años debido a diversos factores, entre los que se incluyen el incremento de la población global, la creciente demanda de energía para las diferentes actividades humanas y al uso continuo de los combustibles derivados del petróleo que paulatinamente se va transformando en una actividad no sustentable por la disminución de las reservas de crudo y la contribución de estos combustibles en la acumulación de dióxido de carbono en el ambiente. Esto último pone en riesgo la calidad del medio ambiente con el consecuente impacto negativo en la salud de la población. Todos estos factores obligan en la actualidad a la sociedad global a buscar fuentes de energía alternativas basadas en recursos naturales renovables que sean sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico. En este contexto, el biodiesel producido a través de cultivos oleaginosos representa una alternativa válida para reemplazar a los combustibles fósiles. La ley de biocombustibles emanada del Congreso de la Nación (Argentina) establece la obligación para el año 2010 de adicionar 5% de etanol y 5% de biodiesel respectivamente a las naftas y al gasoil que se expendan en el país. Teniendo en cuenta la demanda creciente de biocombustibles que se generará en el futuro

próximo, se estima que el biodiesel derivado de los cultivos oleaginosos, de las grasas animales y de los aceites comestibles reciclados será insuficiente para satisfacer las demandas del transporte. Por lo tanto, sería recomendable que el país cuente con fuentes diversas de aceites para una producción sustentable de biodiesel a fin de abastecer la necesidad interna e inclusive para la eventual exportación de biocombustibles. Argentina es un país privilegiado respecto de la diversidad de climas, eco-regiones y recursos naturales que posee, lo cual debería constituir una plataforma adecuada para la proyección y desarrollo de nuevas fuentes de energías alternativas a través de procesos biotecnológicos. Uno de los procesos productivos de biodiesel promisorios que ha surgido recientemente, principalmente en la Provincia del Chubut (Argentina), es el uso de microalgas como fuente de aceites para la posterior transformación en biodiesel. Las microalgas utilizan la luz solar para producir aceites que posteriormente pueden ser extraídos y transformados en biodiesel. El uso de bacterias como fuentes de aceites para la producción de biodiesel aún no ha sido explorado, en parte debido a que solo hace algunos años se ha encontrado que ciertas bacterias poseen la capacidad de producir y acumular grandes cantidades de aceites (triglicéridos) a partir de diversas fuentes de carbono, como los azúcares, sales orgánicas, hidrocarburos, entre otras. En el presente artículo se discuten algunas consideraciones sobre la potencialidad del uso de bacterias para la producción de biodiesel.

2. Producción de biodiesel

La materia prima para la producción de biodiesel son los triglicéridos (TAG), también llamados aceites. Los TAG son moléculas formadas por tres moléculas de ácidos grasos unidas a una molécula de glicerol mediante enlaces ésteres. Para la producción de biodiesel, los TAG reaccionan con metanol a través de una reacción conocida como transesterificación para producir metil-ésteres de ácidos grasos (biodiesel) y glicerol (Chisti 2007). El glicerol es por lo tanto un residuo orgánico que se obtiene de la producción de biodiesel. La fuente de aceites para la producción de biodiesel puede ser muy diversa (vegetales, animales y microbianos), aunque no todos los aceites son satisfactorios para producir biocombustible, ya que la calidad del producto depende de la composición de los ácidos grasos que componen los aceites.

3. Producción de aceites bacterianos

3.1- Generalidades

Las bacterias son organismos unicelulares ampliamente distribuidos en el planeta que cumplen muy variadas funciones en los ecosistemas naturales y que a su vez pueden ser utilizados en muy diversas actividades humanas. Debido a su limitación en tamaño e información genética, estos microorganismos están obligados a ser “especialistas”. De esta manera, en la naturaleza se pueden encontrar organismos con muy variadas características y propiedades, como por ejemplo bacterias fijadoras de nitrógeno, degradadoras de contaminantes ambientales,

bacterias productoras de productos de interés biotecnológico, entre otras. En este contexto, existe un grupo restringido de bacterias que se especializan en acumular grandes cantidades de aceites (TAG) que podrían ser potencialmente útiles para la producción de oleoquímicos, productos farmacéuticos o para la producción de biodiesel (Fig. 1).

Fig. 1: Bacteria del grupo de los actinomicetes conteniendo grandes cantidades de aceites (TAG) en forma de inclusiones celulares (estructuras blancas dentro de la célula) y estructura química de los TAG.



La producción de biocombustibles a partir de bacterias posee ciertas ventajas, entre las que se pueden mencionar: 1. Las bacterias pueden utilizar como materia prima residuos orgánicos que se generan a partir de distintas actividades productivas, transformando los residuos en un recurso útil y renovable; 2. la producción de biodiesel a partir de bacterias no produce desgaste del suelo ni ocupa grandes extensiones de tierra comparado con la producción de aceites a partir de vegetales; 3. los aceites bacterianos no se destinan para alimentación humana por lo que no compiten con el sector alimentario; y 4. la producción de aceites bacterianos no está influenciada por fenómenos climáticos ya que se produce en ambientes confinados (biorreactores). Además, el proceso de producción de biodiesel bacterianos podría generar subproductos potencialmente utilizables para otros emprendimientos productivos.

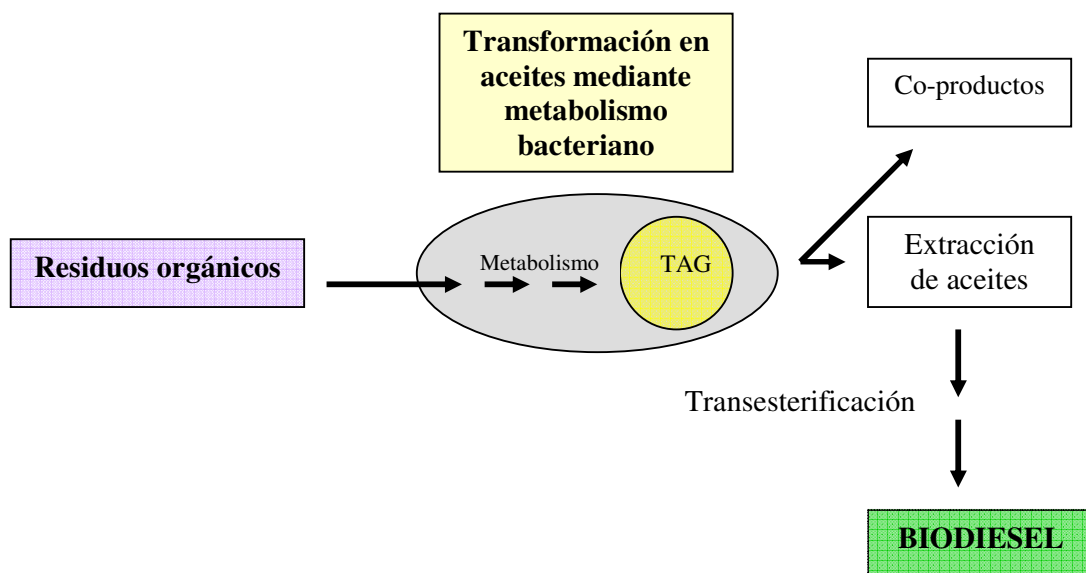
3.2- Bacterias productoras de aceites

La acumulación de TAG es una característica habitual en organismos eucariotas, como las plantas, animales y levaduras. Sin embargo, los TAG no son los compuestos de reserva habituales en las bacterias (procariotas), sino que éstas acumulan frecuentemente polihidroxicanoatos, que han despertado el interés de la industria por sus propiedades de termoplásticos biodegradables (Anderson y Dawes 1990, Steinbüchel y Valentin 1995). La acumulación de TAG en bacterias solo está restringida a un grupo reducido de bacterias de los géneros *Streptomyces*, *Mycobacterium*, *Rhodococcus*, *Acinetobacter*, entre otros (Alvarez y Steinbüchel 2002). El avance del conocimiento sobre la producción de TAG bacterianos ha sido considerable en los últimos años aunque aún quedan aspectos fundamentales por

clarificar, como por ejemplo la regulación de la síntesis y acumulación de TAG y la integración de este proceso en la biología y fisiología de las bacterias oleaginosas. Nuestro grupo de trabajo realiza trabajos de investigación sobre la acumulación de aceites en bacterias, principalmente del grupo de los actinomicetes desde el año 1994 hasta la fecha. Los aportes al conocimiento del grupo sobre la producción de aceites bacterianos han sido resumidos recientemente en el capítulo de un libro editado por la editorial Nova Science Publishers, Inc., USA (Alvarez 2006). Solo actualmente, ha surgido con fuerzas el uso potencial de los aceites bacterianos para la producción de biodiesel, por lo que en nuestro grupo se están llevando a cabo investigaciones con el fin de establecer la factibilidad de realizar el proceso productivo a gran escala. Una producción de aceites bacterianos económicamente viable para producción de biodiesel requiere la optimización de la productividad a partir de un entendimiento claro de la bioquímica de la acumulación de lípidos en los microorganismos. La identificación de los procesos y funciones claves para la síntesis de TAG, de los factores que limitan este proceso y la integración del mismo en el contexto de la fisiología celular, pueden servir de base para el desarrollo de estrategias de manipulación metabólica y genética para aumentar la eficiencia y productividad del proceso de producción de aceites bacterianos.

En el modelo productivo que se discute en este trabajo, se postula que las bacterias pueden utilizar como materia prima residuos orgánicos que se generan a partir de distintas actividades productivas, transformando estos residuos en un recurso útil y renovable y no contaminante del ambiente, como ocurre cuando se disponen sin tratamiento. Estos residuos orgánicos son transformados a través del metabolismo de este tipo de bacterias en aceites que pueden ser utilizados para la producción de biodiesel (Fig. 2).

Fig. 2: Modelo productivo propuesto para la obtención de biodiesel de origen bacteriano.



En estudios previos hemos determinado que las cepas bacterianas investigadas poseen algunas características óptimas para sustentar la producción de aceites para biodiesel, como por ejemplo: 1. poseen una gran capacidad de degradar un amplio espectro de sustancias orgánicas, lo que las hace potencialmente utilizables para el tratamiento de residuos orgánicos de diverso origen y composición; 2. son microorganismos fácilmente manipulables en el laboratorio y no presentan riesgo para la salud humana; 3. producen aceites de composición óptima para la obtención de biodiesel de buena calidad, ya que los TAG bacterianos poseen solamente ácidos grasos mono-insaturados y no poseen ácidos grasos poli-insaturados que son muy susceptibles a reacciones de oxidación. Esta característica incrementa su aceptabilidad para el uso en biodiesel. 4. alguna de las cepas estudiadas poseen alto rendimiento en la producción de aceites, obteniéndose contenidos de TAG de hasta 87% por peso seco de material celular; 5. la productividad y rendimiento para la producción de aceites podría aún ser mejorada a través de ingeniería metabólica de los microorganismos; 6. además de aceites, la biomasa bacteriana posee buenas cantidades de proteínas, carbohidratos y otros compuestos; los cuales podrían ser potencialmente utilizados para otros emprendimientos siguiendo el concepto de "biorefinería" (Fig. 2).

4. Posibilidades de obtención de biocombustibles a partir de residuos por procesos biológicos con bacterias en la Provincia de Chubut, Argentina.

Como se mencionó arriba, la materia prima de inicio para la producción de aceites bacterianos para biodiesel podrían ser los residuos orgánicos generados a través de las actividades humanas y procesos productivos. Existen diferentes tipos de desechos orgánicos, los que pueden ser degradados o transformados cada uno por un grupo determinado de microorganismos. A su vez, en cada país o región se generan determinados tipos de desechos orgánicos, por lo que la mejor fuente de organismos aplicables a estos desechos es el lugar donde se generan los mismos. Por estas razones, los residuos son considerados una fuente valuable para las economías locales, donde pueden participar científicos, ingenieros y emprendedores locales para crear las respectivas soluciones. De ésta forma el reciclado de dichos residuos, presenta ventajas tales como, propender un futuro con menos emisiones líquidas y gaseosas contaminantes, aprovechamientos energéticos, devolución a la tierra de su riqueza orgánica y un consecuente uso racional de nuestros recursos naturales (Blanco y Sánchez Thevenet 2007a). La potencialidad de los residuos orgánicos para la producción biológica de biocombustibles está dada principalmente por las siguientes características y motivos: 1. la ausencia de factores que hagan disminuir la calidad del mismo, tales como impurezas o contaminantes difíciles de remover que comprometan el crecimiento bacteriano, 2. naturaleza físico-química, para determinar la tecnología a utilizar para la producción del biocombustible, 3. cantidad y disponibilidad, determinante para trazar objetivos de producción de biocombustible y 4. facilidad de transporte y/o manejo, que puedan afectar los costes operativos. Considerando estos factores se ha determinado que en las ciudades de Comodoro Rivadavia y Sarmiento, ambas ubicadas en el sur de la Provincia de

Chubut (Argentina), se generan en forma sostenida residuos orgánicos potencialmente utilizables para la producción de biocombustibles por medio de procesos biológicos con bacterias (Blanco y Sanchez Thevenet 2007a, Blanco y Sánchez Thevenet 2007b). En la ciudad de Comodoro Rivadavia estos residuos orgánicos corresponden a: residuos orgánicos sólidos urbanos (sólidos), residuos de la industria pesquera y frigorífica (sólidos y líquidos), residuos de grandes supermercados, industria hotelera y gastronómica (sólidos y líquidos), y residuos de plantas de tratamiento de efluentes cloacales (barros y líquidos) y en la localidad de Sarmiento estos residuos orgánicos corresponden a: residuos orgánicos sólidos urbanos (sólidos), residuos de supermercados, industria hotelera y gastronómica (sólidos y líquidos), residuos de plantas de tratamiento de efluentes cloacales (barros y líquidos) y eventualmente residuos agrícolas (Blanco y Sánchez Thevenet 2007a, Blanco y Sánchez Thevenet 2007b).

5. Conclusiones

Según se desprende de los conceptos incluidos en el presente artículo, la producción de biodiesel de origen bacteriano a partir de residuos orgánicos es potencialmente factible. Este proceso podría permitir el uso sustentable de residuos contaminantes del ambiente, ahora convertidos en recursos renovables, utilizando bacterias para su transformación en aceites útiles para la producción de biodiesel. Un emprendimiento de este tipo podría contribuir a la diversidad productiva de biocombustibles para el país y proporcionar a la región patagónica de una opción para producir biocombustibles más adecuada a sus características climáticas que no son propicias para el desarrollo de los principales cultivos oleaginosos. A su vez, este proceso biotecnológico podría ser útil y aplicable a otras regiones del país acopladas a otros procesos productivos, incluyendo el tratamiento del glicerol residual proveniente de la producción de biodiesel a partir de otras fuentes naturales. Creemos que es importante explorar seriamente la producción de biodiesel a partir de bacterias como una forma de aprovechar los recursos de la región, tanto las materias primas como los recursos biológicos existentes.

6. Referencias:

- Alvarez HM, Steinbüchel A. (2002) **Triacylglycerols in prokaryotic microorganisms**. Applied Microbiology and Biotechnology. 60:367-376.
- Alvarez HM. (2006) **Bacterial Triacylglycerols**. In: Linda T. Welson (Editor), Triglycerides and Cholesterol Research. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, New York, USA, Chapter 6, pp 159-176. ISBN: 1-60021-109-7
- Anderson AJ, Dawes EA. (1990) **Occurrence, metabolism, metabolic role, and industrial uses of bacterial polyhydroxyalkanoates**. Microbiology Reviews. 54:450-472.
- Blanco M, Iglesias J, Sánchez Thevenet P. (2007a). **Informe técnico relevamiento de residuos orgánicos para la producción de biocombustibles por medio de procesos biológicos en la ciudad de Comodoro Rivadavia (Chubut)**. 31p.

Blanco M, Sánchez Thevenet P. (2007b). **Informe técnico relevamiento de residuos orgánicos para la producción de biocombustibles por medio de procesos biológicos en la ciudad de Sarmiento (Chubut)**. 25p

Chisti Y. (2007) **Biodiesel from microalgae**. Biotechnology Advances. 25:294-306.

Steinbüchel A, Valentin HE. (1995) **Diversity of bacterial polyhydroxyalkanoic acids**. FEMS Microbiology Letters. 128:219-228.

¹*Centro Regional de Investigación y Desarrollo Científico Tecnológico (CRIDECIT), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina;* ²*Centro de las Energías, Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina;* **Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET.*