

o Financia proyectos de desregulación de organismos genéticamente modificados desarrollados en el país a través del Fondo de Regulación de Productos Biotecnológicos (FONREBIO).

o Fondo Argentino Sectorial: Financia proyectos de innovación tecnológica mediante la conformación de consorcios público-privado en los sectores agroindustrial y energético.

Consejo Federal de Ciencia y Tecnología (COFECYT): Financia el desarrollo de proyectos específicos de bioeconomía regionales basados en las temáticas abordadas en los Simposios 2016.

Dirección Nacional de Cooperación e Integración Institucional: Se financian proyectos de cooperación tanto bilaterales como birregionales (Unión Europea).

### Bibliografía

Se recomienda el material bibliográfico del Ministerio de Ciencia, tecnología e Innovación Productiva:

Publicaciones generales sobre bioeconomía:

<http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/bibliografia/#generales>

Publicaciones Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva:

<http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/publicaciones-mincyt/>

Bioquímico, Fac. de Cs Exactas, UNLP  
Gerente de Biotecnología  
Industrial de Bioceres.  
CoFundador y Gerente de INMET  
(Ingeniería Metabólica SA).  
Investigador Independiente de Conicet  
y Profesor Adjunto en la Facultad  
de Cs. Bioquímicas y Farmacéuticas  
de la UN Rosario (Genética Bacteriana en Lic. en Biotecnología).

# Gustavo Schujman

Biotecnología | Bioplásticos | Bioconversión | Biomateriales | Fermentación

## BIOCONVERSIÓN DE RESIDUOS AGRO- INDUSTRIALES EN PRODUCTOS DE ALTO VALOR AGREGADO

Le agradezco a la Asociación por haberme invitado a contar el proyecto en que estamos trabajando.

Quiero focalizarme en tres puntos:

- Describirlas una empresa que hemos creado, que está dedicada al tema de la Bioeconomía;
- Contarles un poco sobre bioplásticos;
- Resumirlas qué es la Ingeniería Metabólica, que es también el nombre de la empresa. O sea, cómo estamos haciendo estas biotransformaciones, de las que escucharon hablar en las charlas anteriores.

Comienzo entonces por INMET. Es una empresa joven -tiene unos 5 años- que se formó con una herramienta, justamente de la Agencia

Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, que sirve para crear empresas de base tecnológica, que reunió a dos empresas inversoras, el Grupo BIOCERES e INDEAR –un instituto empresa del Grupo BIOCERES- con dos investigadores del CONICET, para conformar Ingeniería Metabólica S.A.

El objetivo de esta empresa es brindar soluciones de biotransformación, amigables con el medioambiente, que generen productos de alto valor a partir de residuos agroindustriales. ¿Por qué es importante y estratégico esto en nuestra región? Les muestro un par de ejemplos de materias primas para nuestra empresa, que son residuos de otros procesos.

A partir de la fotosíntesis generamos granos. Los granos se pueden vender tal como están, o hacer un proceso de agregado de valor, como es la generación de biocombustibles, como biodiesel de primera generación a partir de los granos de soja –Argentina es uno de los principales exportadores del mundo de biodiesel-. Pero ese proceso de formación de biodiesel deja un subproducto que es la glicerina cruda, que es un 10% de todo el aceite. Argentina tiene una capacidad instalada de producción de biodiesel en el orden de los 4.000.000 de toneladas por año. O sea que hoy se pueden producir algo más de 300.000 toneladas de glicerina cruda que tiene todos los restos del proceso: tiene contaminantes como metanol –que es el catalizador del proceso-, tiene sales, tiene cenizas, tiene compuestos orgánicos... O sea, tiene muy poco uso posible. Hace 5 años, la glicerina cruda valía unos U\$S 250 por tonelada. Hoy el valor está en el orden de los U\$S 80 por tonelada. O sea, uno tiene una tonelada de materia orgánica a disposición a un precio de U\$S 80. Entonces biotransformar esto es prioritario para nuestro país, podríamos decir.

Otra fuente similar es el proceso de producción de alcohol de maíz: se genera un subproducto que es la vinaza ligera. Es un producto líquido que hoy en día tiene muy poco valor (de hecho hay que evaporarlo para poder utilizarlo como fertilizante). Este líquido como tal es también una materia prima muy barata para transformar, y si se fijan las cantidades que se producen en Argentina de alcohol de maíz, hay una gran cantidad de insumo.

¿Qué estamos haciendo en INMET con este tipo de moléculas? Las estamos transformando mediante procesos de fermentación. Modificamos bacterias para que utilicen estas fuentes de carbono y energía, crezcan, y generen subproductos de alto valor. Los primeros proyectos que hicimos, todavía desde el CONICET, tenían que ver con transformar la glicerina cruda de la producción de biodiesel en más biodiesel. Las bacterias comían la glicerina y secretaban biodiesel al medio del cultivo. Eso tenía el potencial muy importante de que todo quedaba in situ, la empresa que generara la glicerina cruda pondría una planta de fermentación y

generaría más biodiesel, que entraba en la misma corriente de venta que el resto del producto. El desarrollo fue muy bueno: obtuvimos patentes y se lograron todos los objetivos planteados, pero ahí fue cuando hicimos el salto de trabajar en el CONICET a armar una empresa, una Sociedad Anónima, donde dijimos: “no solamente tiene que tener mérito científico y tiene que ser una idea novedosa, sino que tiene que ser comercialmente viable”. Al precio que tiene el biodiesel, y al costo que tiene hoy en día la fermentación, y los rendimientos que teníamos en esta bioconversión, no había forma de que en el corto plazo eso fuera rentable. Y, por más que sea bio, y que uno esté aprovechando un subproducto, si no es competitivo económicamente, es difícil de implementar. Eso es una gran verdad. Uno tiende a pensar que “lo verde” tiene un plus por ser verde, y eso es cierto en un pequeño nicho. En la gran mayoría de los mercados, si no es competitivo el producto comparado con los que ya existen de origen fósil, no va a tener éxito comercial.

Entonces, pensamos que todo ese conocimiento que teníamos, con esas bacterias, y con esa biotransformación, la podíamos aplicar en algo donde tuviéramos mucho mayor rendimiento y donde los valores del producto fueran mayores. Y ahí comenzamos con los biomateriales. Otra serie de productos que estamos desarrollando, ya no a partir de materias primas tan abundantes y tan baratas, tienen mucho más valor. Un bioplástico oscila entre los U\$S 2 y los U\$S 7 por kilo. Estos otros productos se comercializan a más de U\$S 10 por gramo y son specialties, o sea, se venden en poca cantidad.

¿Cuál es nuestro modelo de negocio en la empresa? Cuando la tecnología que estamos desarrollando implica grandes volúmenes (como es biotransformar glicerina o vinaza en productos masivos como son los biomateriales o los biocombustibles), licenciar la tecnología a un grupo de empresarios que justamente esté produciendo o vinaza o glicerina para que éste implemente la planta que transforma el subproducto con la tecnología desarrollada. En cambio, en los productos de menor volumen, pero con mucho mayor valor, nuestro modelo de negocio es avanzar desde el desarrollo hasta la producción y la comercialización de esta specialty.

Vamos a hablar de bioplásticos. Es un término que hoy en día se escucha bastante. Hay una serie de mitos, hay una serie de realidades. No todos los bioplásticos son biodegradables. Hay muchos plásticos que son renovables, lo cual es una ventaja. O sea, si es un biomaterial, por lo menos el origen tiene que ser biológico. Pero la gran mayoría de lo que hoy se comercializa no es biodegradable. O sea, por más que es de

**... biodiesel de primera generación a partir de los granos de soja – Argentina es uno de los principales exportadores del mundo de biodiesel.**

origen verde, y va a tener una huella de carbono nula o muy baja, luego va a tener un impacto ambiental importante. Y luego hay una fracción de los bioplásticos que, además de ser de origen renovable, son biodegradables. Nosotros estamos concentrándonos en uno de esos, llamados PHAs, y que son tanto de origen orgánico –en definitiva terminan viniendo de la fotosíntesis y del dióxido de carbono del aire- y son un producto totalmente biodegradable. En un par de meses no existe más si se los entierra. En 2016, se producían unas 4.160.000 toneladas de biomateriales, de bioplásticos. Eso es más o menos el 1% de los plásticos que se producen en el mundo. O sea que la producción de plásticos de petróleo es un 99%. Al mismo tiempo, el 77% (más de 3/4) de los bioplásticos que se producen, no son biodegradables. ¿Y esto por qué? Porque son más baratos. El PHA representa el 1,6% de la producción. Si uno quiere comprar hoy PHA en China, sale entre U\$S 6 y U\$S 8 el kilo. El polipropileno, que es el plástico de petróleo más parecido al PHA, vale aproximadamente U\$S 1,50 el kilo, cuatro veces menos. Entonces, mientras estos sigan siendo los precios del PHA, el PHA no se va a comercializar por más que haya disposiciones gubernamentales que empujen al uso de este tipo de biomateriales.

Entonces, nuestro objetivo fue producir PHA a un costo que sea compatible con el mercado (al menos con ciertos productos del mercado, no necesariamente todos pero sí con una parte). ¿Qué es lo que hacemos? ¿Cómo hacemos este PHA? Los PHA son plásticos que ya existen en la naturaleza. Los hacen varios tipos de bacterias, que en vez de almacenar lípidos como reserva energética, acumulan estos polímeros. Y cuando les falta energía, los degradan y generan más energía a partir de eso que habían almacenado. Estas bacterias hacen los plásticos en condiciones anómalas, de estrés. Los hacen en un largo tiempo –pueden demorar una semana o 15 días en generar una cantidad de bioplástico- y, además, luego lo degradan. Así que por más que existen, no son una buena fuente. Lo que nosotros estamos haciendo es trabajar con una bacteria de uso industrial, que en 48hs ya hizo todo su ciclo de vida. Esta bacteria tolera condiciones de crecimiento muy adversas, pero no hace plásticos. Entonces, lo que hicimos fue tomar genes de otros organismos, de bacterias que sí producen este tipo de polímeros, y los incorporamos mediante ingeniería genética en este organismo, y generamos organismos genéticamente modificados que tienen la capacidad de producir plásticos.

Esto es lo que históricamente se conocía como ingeniería genética. Lo nuestro se llama ingeniería metabólica. ¿Cuál es la diferencia? No solamente uno tiene que lograr que la bacteria produzca plástico, sino que el objetivo es que lo que principalmente produzca sea plástico. O sea, si esta bacteria está comiendo glicerina pero secreta ácido acético, ácido láctico u otros subproductos al medio, el proceso es poco eficiente.

Queremos que, de todo el carbono que entra en la bacteria, parte se vaya al crecimiento de la bacteria, y la mayor parte se transforme en bioplásticos. ¿Y qué hacemos? Empezamos a identificar “cuellos de botella” en el proceso de síntesis. Por ejemplo: esta bacteria está haciendo mucho ácido acético. Nos fijamos como esa bacteria hace ese ácido acético, y luego le eliminamos los genes que tienen que ver con la síntesis. Lo mismo con el láctico. E identificamos cuál es el nuevo cuello de botella o cuál es el nuevo paso que hay que modificar. Y así vamos, secuencialmente, aumentando el rendimiento del proceso. Esas son las plataformas en las que nos apoyamos para esto. INDEAR tiene plataforma de secuenciación más desarrollada del país. Fue la primera y con el correr del tiempo ha ido incrementando mucho su capacidad. Esa es nuestra fuente de genes de otros organismos. Nosotros tenemos proyectos donde hemos secuenciado miles y miles de bacterias en suelo e identificado genes de interés para nuestros proyectos. Luego tenemos una plataforma de biología sintética, que es donde introducimos todos esos cambios en las bacterias. Todos esos genes nuevos, desviaciones y agregados. Tenemos una plataforma de metabolómica. Una química analítica muy avanzada donde podemos medir no solamente cuánto estamos produciendo de cada compuesto de interés, sino todos los intermediarios metabólicos en esas rutas. Finalmente, cuando tenemos una bacteria que ya está muy “tuneada”, si quieren usar un término actual, que está modificada adecuadamente para un proceso, empezamos con el escalado. Tenemos una gran variedad desde tubitos, frasquitos, fermentadores de laboratorio, e inclusive fermentadores de escala piloto. Tenemos equipos con un rango de capacidad desde el litro hasta los 1000 litros de fermentación y además tenemos acceso a fermentadores de mayor volumen. Así que de esta forma generamos bacterias capaces de biotransformar una materia prima de interés en un producto valioso.

Acá hay un ejemplo de lo que hemos hecho en los últimos años en este tema de PHA. (señala la pantalla). Viendo una foto de estas bacterias en cultivo, se ve que las bacterias tienen una parte blanca (que es la mayor parte de la bacteria) que es plástico. Las bacterias están llenas de plástico. Un 70% del peso seco de la bacteria es esta resina. En los primeros dos años, teníamos miligramos. Hace un par de años, ya estábamos produciendo gramos, habíamos avanzado en el escalado. Y, en el último año, ya estamos en esta escala piloto: estamos produciendo kilogramos de este bioplástico. Ahora estamos avanzando en un proceso de escala entre piloto e industrial con empresas interesadas en esta línea de desarrollo. Al mismo tiempo, estamos trabajando con el sector público y con el

**Los PHA son plásticos que ya existen en la naturaleza. Los hacen varios tipos de bacterias, que en vez de almacenar lípidos como reserva energética, acumulan estos polímeros.**

sector privado en qué hacer con este plástico. O sea, esto es PHA. El costo de producción que tenemos hoy en día es menos de la mitad del que uno puede encontrar en el mercado. Por eso ya estamos avanzando hacia una escala industrial porque tiene factibilidad comercial. Las propiedades de nuestro plástico son adecuadas. Estas resinas en general no se usan solas. Siempre hay que agregarles agentes plastificantes para darles las propiedades que un extrusor o un fabricante de recipientes, o de films, o de packaging en general quieran utilizar.

Y ya hay varios blancos de interés. Nosotros en BIOCERES tenemos un origen fuerte en el agro y los productores agropecuarios tienen muchos problemas con lo que es el lavado de todos los insumos. Existen una reglamentación exigiendo que todo envase de agroquímico necesita un triple lavado y retorno a origen. O sea que, o hay que transportar un montón de envases vacíos, o cada campo tiene que tener una trituradora y transformar ese envase, ese plástico, en un plástico que pueda devolver a origen. Nuestro material, si uno lo entierra, en dos meses no queda nada. Entonces, tener un bidón que si no está enterrado tiene una vida superior al año (que es lo que duran más o menos los agroquímicos), y si está enterrado, desaparece en dos meses, es una solución excelente para este problema. Lo cual permite pensar que si fuera de polipropileno, valdría un 50% menos, pero todo el costo que tendría asociado posteriormente, lo habilita totalmente como un mercado para este tipo de material.

Eso fue un pantallazo breve de qué podemos hacer. Otro aspecto importante es el grupo de gente que compone el INMET. Arrancó hace 5 años y hoy tiene 14 empleados. 3 son doctores que han salido del sistema científico y se han ido al sistema productivo. El resto son biotecnólogos, ingenieros químicos y técnicos. O sea que, a partir de una empresa de base tecnológica, en la que el Estado invirtió en su momento algo así como U\$S 500.000, hace años que se están generando numerosos puestos de trabajo y la empresa está siendo bastante autosustentable, es una de las pocas empresas biotecnológicas que no han dado pérdidas. INMET no solamente está haciendo estos desarrollos sino que presta servicios que permiten mantener el día a día de la empresa.

---

## CAPÍTULO III

---

# ***“INFORMACIÓN Y CIENCIA DE DATOS: Gobernanza, Tecnología y sus límites”***