
Comunicación

Exploración sobre métodos para cultivo de Celulosa Bacteriana. Posibilidades de aplicación en materiales con residuos de papel y fibras naturales

Caruso, Susana Inés

argas1@yahoo.com.ar

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Centro Experimental de la Producción (CEP ATAE). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina

Línea temática 3. Categorías: consensos y conflictos

Palabras clave: Celulosa Bacteriana, Biocompatible, Biodegradable, Conflicto, Consensos

Resumen

Investigaciones realizadas en Holanda, dan cuenta de que por primera vez fueron encontrados microplásticos en la sangre humana. El estudio llevado a cabo por Heather Leslie y Marja Lamoree, de la Universidad Libre de Ámsterdam, pudo detectar microplásticos tan pequeños como 0,0007 mm, que pueden ingresar al cuerpo a través de la inhalación de partículas o a través de la ingestión directa.

Existen en el ambiente 300 millones de toneladas de residuos plásticos derivados del petróleo, el equivalente al peso de toda la población humana. En una investigación que tiene como objetivo el desarrollo de materiales constructivos con papeles y fibras naturales provenientes de residuos, pretendemos además realizar un aporte a la obtención de revestimientos interiores con nulas o reducidas emisiones contaminantes.

En los últimos años se ha incrementado el uso de materiales biodegradables y tecnologías amigables con el medio ambiente. Siendo la celulosa el biopolímero que más se produce en el mundo, surge el interés por la Celulosa Bacteriana (CB) debido a sus propiedades mecánicas, su pureza y su alto grado de cristalinidad, entre otras, que la hacen atractiva para distintas aplicaciones. La CB no es tóxica, no es alergénica, es biocompatible y biodegradable.

Diversos estudios muestran que su composición química es idéntica a la de la celulosa de origen vegetal, aunque de una pureza distintiva, ya que la celulosa vegetal se asocia a hemicelulosa y lignina. En la presente investigación se están ensayando bioplásticos para la protección superficial de placas de papel cemento. Esos ensayos preliminares incluyeron la aplicación de membranas de CB a las mencionadas placas, con buenos resultados. Se pretende indagar ahora en la forma más eficiente de producción de estas membranas a una escala adecuada para ser fabricadas por cooperativas y micro emprendedores, facilitando la creación de nuevos empleos verdes. Mejor aún si pueden ser elaboradas a partir de residuos alimentarios y agroindustriales.

Se investigará sobre condiciones de crecimiento, fuentes de carbono, fuentes de nitrógeno, disponibilidad de oxígeno y técnicas de fermentación.

En los temas relacionados con la sostenibilidad ambiental, el conflicto entre lo conocido y la necesidad de cambio, es inevitable. En el caso que aquí se plantea, arribar a consensos para planificar la transición hacia el uso de materiales no perniciosos para la salud, se constituye en necesidad apremiante para evitar altos costos en el bienestar de las personas.

Antecedentes de la investigación

Este trabajo forma parte de una investigación llevada a cabo en el CEP ATAE FADU UBA y se enfoca en la fabricación de materiales constructivos y de revestimiento más sustentables. Se utilizan los residuos de papeles no reciclados habitualmente, tales como bolsas de cemento, yeso, cal, adhesivos en polvo, etc., provenientes de obras de construcción. También residuos de fibras naturales de cultivos locales y podas urbanas.

Los materiales de Papel Cemento han pasado por varios ensayos en el INTI que se describen en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de ensayos sobre Papel Cemento en el INTI

Componentes: Cemento - Papel - Arena - Agua - Carbonato de Calcio 2% del peso total					
Tipo de Ensayo	Tipo de Muestra	Cantidad de Muestras	Densidad Material kg/m ³	Normas	Resultado
Densidad Óptica de Humos	Probetas 7,5cm x 7,5cm x 2cm	8	980	IRAM 11912:1995 ASTM E662	Nivel 1: Materiales que generan Baja cantidad de Humos. Densidad Óptica Corregida entre 1 y 136
Propagación de Llama	Probetas 45cm x 15cm x 2cm	6	980	IRAM 11910:1994 ASTM E162:1994 NBR 9442/1986	Clase RE2: Material de Muy Baja Propagación de Llama Clase A NBR 9442/1986
Resistencia a la Compresión	Probetas cilíndricas Ø 10cm x alto 20cm	3	1037	IRAM 1546:2013 IRAM 12566:2005	2,9 Mpa
Conductividad Térmica (λ)	Probetas 60cm x 60cm x 8 cm	2	970	ISO 8302:1991 ASTM C177:2013 IRAM 11559:1995	0,23 W/m K ± 3%
Permeabilidad al Vapor de Agua (δ)	Probetas 30cm x 30cm x 2cm	5	980	IRAM 1735	(3,2 ± 0,3)10 ⁻² g/m.h.kPa
Productos					
Resistencia a la Compresión	Ladrillos 24cm x 12cm x 5,5cm	3	980	IRAM 11561-4:1997	2,5 Mpa

Fuente: Elaboración propia

La producción tradicional de cemento representa aproximadamente el 8% de las emisiones globales de dióxido de carbono (Comisión Europea, en línea). Sin embargo, el cemento que se utiliza para las mezclas, ya sea de papeles de obra o de fibras naturales, tiene unas prestaciones difíciles de igualar por otros aglomerantes. Es necesario destacar también que permite la fabricación de materiales en una forma simple y económica utilizando herramientas y moldes sencillos. Desde el punto de vista técnico, el empleo de cemento como aglomerante facilita crear oportunidades de empleo o de auto construcción. Al resultar estos nuevos materiales económicos, livianos y con buena aislación térmica y acústica, representan una mejora desde el punto de vista ambiental respecto a bloques constructivos y placas de revestimiento de mercado. Atendiendo la preocupación por las altas emisiones del cemento, se realizó una indagación bibliográfica acerca de métodos de fabricación de nuevos cementos más amigables con el ambiente. Afortunadamente, existen distintos avances para convertir al cemento en un material más sostenible. Desde ahorro de energía durante el proceso de fabricación hasta diferentes aditivos como cenizas volantes, escorias de alto horno o incluso agregados naturales como la

cascarilla de arroz, que mejoran sus propiedades y son residuos de otros procesos productivos. También hay cementos de base biológica.

A continuación se citan algunos ejemplos:

- En la Universidad de Cartagena se emplean residuos para fabricar hormigones sin cemento que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero. El cemento se sustituye por geopolímeros, que utilizan materiales de desechos industriales y urbanos, usando menos energía en su producción y valorizando productos de descarte, con un criterio de economía circular (Universidad Politécnica de Cartagena, en línea).
- En la Escuela Politécnica Federal de Lausana han desarrollado un cemento conocido como LC3 o *Limestone Calcined Clay Cement*, con solo un 50% de clínker, ya que utiliza arcilla y piedra caliza, dos materiales abundantes en la naturaleza. Este cemento permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 40%, sin perder ninguna de las características y cualidades del Portland (Swissinfo, en línea).
- La empresa *Biomason*, utiliza bacterias naturales para cultivar materiales que forman biocemento, convirtiendo agregados reciclados en productos de construcción sostenible fabricados con carbono.
El carbono y el calcio se combinan para producir un material de piedra caliza formado biológicamente. No se requieren combustibles fósiles ni altas temperaturas y se utiliza carbono como componente básico.

Además de crear materiales más sustentables, se pretende con esta investigación realizar un aporte a la obtención de revestimientos interiores con nulas o reducidas emisiones contaminantes. Con este propósito se ha trabajado en forma experimental junto a los pasantes del Proyecto, en el desarrollo de distintas fórmulas para elaborar bioplásticos que reemplacen recubrimientos y aditivos derivados del petróleo aplicables a materiales de Papel Cemento (PC).

Se experimentó con los siguientes compuestos: Almidón + Glicerina, Caseína, Borra de Café, Cáscara de Papa, Colofonia, Cáscara de Naranja + Almidón, Cáscara de Naranja + Glicerina, Piel de Cebolla + Glicerina, Ceniza de Carbón + Glicerina.

Dentro del grupo de los bioplásticos, se ha observado que la celulosa sintetizada por bacterias (CB), podría convertirse en una potencial alternativa como componente o tratamiento protector para revestimientos sostenibles. Este tipo de celulosa es biodegradable, requiere un mínimo consumo energético para su fabricación y puede elaborarse a partir de residuos industriales y agrícolas (Caruso & Becerra, 2020).

Estado de la cuestión

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, en línea), en Argentina se pierden o desperdician 16 millones de toneladas de alimentos por año, lo que representa aproximadamente 362 kilos per cápita.

Se estima que el 40% de las cosechas a nivel mundial, quedan en el lugar de cultivo, sin distribuir (WWF, en línea). Al productor a veces no le conviene

hacer la logística para vender su producción, ya que ésta es rechazada debido a formas o tamaños que no cumplen con determinados estándares o porque el costo del flete es mayor que la ganancia esperada. Por otro lado, muchas veces los residuos de cosechas quedan en el campo, atrayendo roedores y otras plagas. Frecuentemente son quemados en el lugar, generando emisiones de CO₂ y polución ambiental. Se calcula que la contribución al cambio climático de los alimentos desperdiciados a nivel mundial es del 10% de todos los Gases de Efecto Invernadero (WWF, en línea). Parte de esos residuos podrían convertirse en insumos para la elaboración de bioplásticos, adoptando conceptos de Economía Circular y evitando competir con los recursos alimentarios para su fabricación.

La mayor ventaja relacionada con los bioplásticos o biopolímeros, entre ellos la CB, es la posibilidad de ser fabricados a partir de recursos cultivables, mejor aún si son elaborados a partir de residuos. Su forma de obtención es mucho más amigable con el ambiente y no generan desechos tóxicos durante su proceso de fabricación ni al final de su ciclo de vida.

Los biopolímeros, son producidos a partir de fuentes naturales y pueden ser sintetizados químicamente a partir de materiales biológicos como azúcares, aminoácidos, aceites y grasas o biosintetizados completamente por organismos vivos como animales, plantas, bacterias y hongos. (Smith et al., 2016, citado por Dávalos Cerrón, 2022).

La CB fue descrita por primera vez en 1886 por Adrian J. Brown como “una membrana gelatinosa traslúcida que crece en la superficie del medio de cultivo”.

La celulosa es sintetizada por bacterias pertenecientes a distintos géneros. Los productores más eficientes son las bacterias *Acetobacter xylinum* que fue reclasificadas como *Gluconoacetobacter xylinus* (Pineda et al, 2012) y más adelante como *Komagataeibacter xylinus* (Naser, en línea).

La Komagataeibacter xylinus es capaz de sintetizar biofilms de CB a partir de gran variedad de fuentes de carbono. Este biopolímero está recibiendo especial atención por sus posibilidades de uso en diversas aplicaciones comerciales, sobre todo en las industrias alimentaria y biomédica, debido a su alta pureza y adaptabilidad a formas y texturas diversas (Dávalos Cerrón, 2022).

Las bacterias de la especie *Gluconacetobacter* (N de la A: actualmente *Komagataeibacter xylinus*) pueden ser aisladas principalmente a partir de frutas en descomposición, utilizando diversos medios de cultivo y en presencia de oxígeno producen celulosa como parte de su metabolismo (Grande Cruz, 2014).

En Argentina, María Laura Foresti, investigadora independiente del CONICET en el Instituto de Tecnología de Polímeros y Nanotecnología del CONICET (ITPN, CONICET-UBA) y Patricia Cerrutti, profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA), junto a su equipo de trabajo, lograron avances en la obtención de nanocelulosa bacteriana utilizando *Gluconacetobacter xylinus* (ahora nombrada como *Komagataeibacter xylinus*). Esta bacteria es reconocida por su alta capacidad productora de nanocelulosa, y es el organismo modelo por excelencia en la investigación sobre los procesos que regulan la biosíntesis del polímero (Naser, en línea).

Los biopolímeros todavía se encuentran en una fase inicial de desarrollo y existe mucho margen de mejora, especialmente respecto al coste. Se necesita mejorar también algunos aspectos, como sus propiedades de barrera y su procesabilidad. Actualmente se estudian nuevas formulaciones que cumplan los requisitos necesarios para este tipo de material (Zschimmer & Schwarz, en línea). Sin embargo, los integrantes del McKinsey Global Institute evaluaron que hasta el 60% de los insumos físicos de la economía global podría producirse biológicamente. Afirman que la "Bio Revolución" va mucho más allá del tratamiento de enfermedades, ya que tiene impacto en distintos sectores, como la agricultura, los productos de consumo, la energía, los materiales y el cambio climático (McKinsey Global Institute, en línea).

Promisorios avances al respecto en nuestro país son la Ley de Promoción de la Bio y Nanotecnología, que el 5 de julio de 2022 obtuvo media sanción en la Cámara de Diputados de la Nación (HCDN, en línea) y la ley de Economía del Conocimiento que fue sancionada en octubre de 2020 (argentina.gob.ar, en línea).

Hipótesis de trabajo

Es posible la generación de oportunidades laborales a través de la creación de pequeñas empresas dedicadas a la elaboración de CB para aplicar a la fabricación de nuevos materiales más sostenibles.

Objetivos Generales

- Promover la fabricación de materiales más amigables con el ambiente y el ser humano
- Promover el debate sobre el aprovechamiento de residuos alimentarios y agroindustriales para la elaboración de Bioplásticos.
- Promover la creación de nuevos empleos verdes

Objetivos Particulares

- a) Respecto a la Celulosa Bacteriana realizar una revisión bibliográfica sobre:
 - medios de cultivo
 - fuentes de carbono
 - fuentes de nitrógeno
 - disponibilidad de oxígeno
 - técnicas de fermentación
 - formas de producción de membranas de CB
- b) Presentar Resultados Experimentales Propios
- b) Elaborar una guía tentativa para la fabricación de membranas de CB por cooperativas y micro emprendedores

Metodología de trabajo

- Se realizará una revisión de la bibliografía disponible en sitios académicos y comerciales de Internet.
- Se compararán esos hallazgos con ensayos experimentales ya realizados por la autora.
- Se elaborará una guía tentativa para la elaboración de membranas de CB a una escala que resulte adecuada a los recursos habitualmente disponibles por cooperativas y micro emprendedores.

Caracterización de la CB obtenida a partir de SCOBY¹ de *Kombucha*

Los materiales de CB utilizados en la presente investigación provienen de un cultivo comercial en base a té de *kombucha*.

La *kombucha* se está tornando popular debido a sus promocionados beneficios para la salud y al reciente movimiento científico que investiga el papel del microbioma en la salud humana (Kapp & Walton, 2019).

Es una bebida fermentada por un consorcio de levaduras y bacterias, de una infusión de té azucarado (Illana, 2007). Este autor reseña que Kappel & Anken, 1993, "demostraron que las bacterias excretan una matriz gelatinosa en las que quedan embebidas las levaduras. Esta capacidad es estimulada por la presencia de ciertos componentes de la infusión de té como cafeína, teofilina y teobromina (Fontana *et al*, 1991)".

Según Laavanya et al, 2021:

- SCOBY es un cultivo simbiótico de bacterias y levaduras presentes en una biopelícula.
- El SCOBY es un material celulósico y un subproducto de la fermentación del té de *kombucha*.
- La levadura metaboliza los azúcares a una forma más simple ayudando a la producción de celulosa bacteriana.
- Se enfoca la ecología microbiana, las características y el rendimiento de la celulosa de *kombucha*.
- La celulosa SCOBY tiene aplicaciones ecológicas potenciales en varios campos.

Acerca del SCOBY leemos en Dávalos Cerrón, 2022:

Entre las bacterias más dominantes presentes en el SCOBY de *kombucha* destacan los géneros *Gluconacetobacter*, *Agrobacterium*, *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Sarcina*, *Rhizobium*, *Salmonella* y *Escherichia* (Chakravorty *et al.*, 2016). Además de aquellas productoras de celulosa como *Komagataeibacter xylinus*, *Komagataeibacter kombuchae*, *Gluconacetobacter* sp, *Acetobacter aceti*, *Acetobacter nitrogenificans*, *Acetobacter pasteurianus*, *Acetobacter liquefaciens*, *Bacterium gluconicum* y

¹ SCOBY *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (comunidad simbiótica de levaduras y bacterias)

Gluconobacter oxydans (Jayabalan *et al.*, 2014). Mientras que, la ecología de las levaduras está dominada por *Saccharomyces*, *Saccharomycodes*, *Zygosaccharomyces*, *Candida*, *Pichia*, *Mycoderma*, entre otras (Villarreal *et al.*, 2018).

Revisión de Bibliografía

Medios de Cultivo de la Celulosa Bacteriana

- Leemos en Pinto, M. C. & Prada, Y. (2021).

Alrededor de 1954, Schramm y Hestrin llevaron a cabo uno de los primeros trabajos sobre producción de CB, utilizando *Acetobacter xylinum* en cultivo estático. En este estudio se descubrió que la producción de celulosa tanto en condiciones estáticas como agitadas, bajo una atmósfera de nitrógeno, no llevó a una producción relevante; no obstante, al usar aire enriquecido, se obtuvo una producción óptima. Más adelante, desarrollaron un medio para su producción compuesto por: glucosa, peptona, extracto de levadura, fosfato disódico y ácido cítrico con un pH de 6.0; el cual se conoce como HS y es uno de los más usados en la producción de CB (Carreño *et al.*, 2012).

- [...] utilizando un medio económico y sencillo, en presencia de fructosa a 5%(p/v) en condiciones estáticas se obtiene el mayor rendimiento de CB a los 28 días (Jaramillo *et al.*, 2013).

Fuentes de carbono de la Celulosa Bacteriana

- Las bacterias del género *Acetobacter* producen celulosa a partir de fuentes de carbono como glucosa, sacarosa, glicerol, manitol o arabitol (Carreño Pineda *et al.*, 2012).

- Se pueden obtener biopolímeros de diferentes hidratos de carbono. Por ejemplo, azúcar, almidón, celulosa, lignina, biograsas o aceites (Zschimmer & Schwarz, en línea).

- Frutas como el banano, mango y piña son una posible fuente de carbono para el crecimiento de microorganismos y la producción de CB ya que contienen una cantidad alta de fructosa y glucosa. La concentración de la fuente de carbono es primordial en el crecimiento de CB (Pinto, M. C. & Prada, Y., 2021).

- Keshk y colaboradores (2006) emplearon melaza de remolacha como fuente de carbono y *Gluconacetobacter xylinus* ATCC 10245 como microorganismo y obtuvieron un aumento en la producción de celulosa de 31% con respecto al uso de glucosa como única fuente de carbono (Pineda *et al.*, 2012).

- En Argentina, Foresti & Cerrutti (Naser, en línea) utilizan como fuente de carbono para obtener nano celulosa bacteriana de usos médicos, un extracto a partir de desechos de uvas remanentes de la elaboración del vino al que se le agrega una fuente de nitrógeno de bajo costo.

Fuentes de nitrógeno de la Celulosa Bacteriana

- El nitrógeno es el principal componente de las proteínas necesarias en el metabolismo celular y comprende 8-14% de la masa de células secas de las bacterias. Las posibles fuentes de nitrógeno que se pueden utilizar en la producción de celulosa bacteriana son extracto de levadura, peptona, sulfato de amonio, polipeptona y caseína hidrolizada y la combinación de estas. También se observó que la adición de metionina² para cultivar *A. xylinus* estimuló la tasa de crecimiento durante el período de cultivo temprano, redujo el tiempo de retardo y aumentó la velocidad de producción de celulosa (Matsuoka *et al.*, 1996, citado por García González, 2017).

Disponibilidad de oxígeno de la Celulosa Bacteriana

- [...] el oxígeno es indispensable para el metabolismo de estas bacterias como ya había sido observado por Schramm, 1954 (citado por Pineda *et al.*, 2012).
- La producción de celulosa por *Komagataeibacter*, responde a necesidades fisiológicas. Las bacterias se adhieren al biopolímero para aumentar su exposición al oxígeno y para tomar los nutrientes contenidos en los líquidos absorbidos del ambiente, además los protege contra la radiación ultravioleta (Tuya Salas *et al.*, en línea).

Técnicas de fermentación de la Celulosa Bacteriana

Las técnicas utilizadas para producir celulosa bacteriana son el cultivo estático y el agitado; en cada técnica se obtiene celulosa con morfología diferente (Pineda *et al.*, 2012).

El pH óptimo depende de cada cepa y normalmente varía entre 4,0 y 7,0.

El rendimiento mayor se obtiene a un pH de 5,0. y el rango óptimo de temperatura se encuentra entre 28° y 30° (Guinea Nava, 2016).

Técnica de Cultivo Estático

- En cultivos estáticos, la formación de celulosa se observa como una película en la interfase aire-líquido (Tuya Salas *et al.*, en línea).
- Como se mencionó anteriormente, Jaramillo *et al.*, 2013, consideran que, utilizando un medio de cultivo propicio en condiciones estáticas se obtiene el mayor rendimiento de CB a los 28 días.
- El principal inconveniente con las fermentaciones en cultivo estático es que se requiere de tiempos largos y una gran área superficial, lo que no hace práctica su producción a gran escala (Pineda *et al.*, 2012).

Técnica de Cultivo Agitado

- En el cultivo agitado se utilizan biorreactores o matraces agitados para mejorar la transferencia de oxígeno manteniendo la homogeneidad del cultivo.

² La metionina es un aminoácido esencial fundamental para la formación de las proteínas.
<https://www.equisalud.com/es-es/componentes/l-metionina/>

A pesar de ser una técnica pensada a escala industrial, su baja productividad no hace factible su escalamiento (Carreño, Caicedo, & Martínez, 2012 citado por Balseca Mora, 2021).

- En cultivos agitados la celulosa se agrupa en gránulos irregulares, también se observa la aparición espontánea de mutantes no productores de celulosa, esto crea inconvenientes para la producción en masa de este biopolímero (Tuya Salas *et al*, en línea).

Resultados Experimentales Propios

Durante el año 2020 se realizaron y publicaron resultados experimentales sobre fabricación de membranas de CB y su aplicación a placas de PC (Caruso & Becerra, 2020).

Se observa a continuación el comportamiento de esas membranas a lo largo del tiempo transcurrido:

- Una membrana que fue aplicada cuando tenía 3 mm de espesor, al año comenzó a despegarse por uno de sus extremos (Fig.1).

Figura 1: Comportamiento de membrana de 3 mm a lo largo del tiempo



Fuente: elaboración propia

- Otra membrana que tenía 6 mm al momento de su aplicación permanece en las mismas condiciones a lo largo de 2 años (Fig. 2).

Figura 2: Comportamiento de membrana de 6 mm a lo largo del tiempo



Fuente: Elaboración propia

Se observa una buena adaptación a los bordes. Se supone que el color oscuro que presenta la membrana una vez seca es debido al efecto colorante del té negro.

- Para corroborar que una membrana más espesa presenta mejor poder de adherencia que una fina, se elaboraron nuevas membranas y se repitió la prueba.

En primer lugar se elaboró una membrana de 1mm aprox y se aplicó a placas con distintos relieves (Fig.3). En ambos casos la membrana se adaptó bien a las zonas planas pero no se adaptó a los relieves, creando burbujas de aire entre membrana y placa que solo podían vaciarse cortando la lámina.

En el caso de la placa triangular, se realizó una reparación de esos cortes, así como agregados para completar la superficie cubierta, mediante el pegado de

trozos del mismo material. Se comprueba la propiedad de autorreparación de la membrana por adhesión, siempre que sea recién cultivada.

Figura 3: adhesión de membrana fina a placas de PC con relieve



Fuente: Elaboración propia

- A continuación, y aprovechando la propiedad de adherencia entre membranas mencionada anteriormente, se lavó bien una membrana de CB de 1,5 mm bajo el chorro de agua tibia, se cortó en 2 mitades superponiendo ambas partes, y procurando eliminar todo el aire entre ellas. Inmediatamente se aplicó esta nueva membrana a una placa triangular igual a la anterior. Si bien esta

membrana doble más espesa demostró una mejor capacidad de adaptación a los relieves, esa adaptación no fue totalmente satisfactoria (Fig.4).

Figura 4: adhesión de membrana doble a placas de PC con relieve



Fuente: Elaboración propia

- Por último, buscando una alternativa para proteger más eficientemente placas de PC con relieve, se intentó fabricar un barniz procesando durante 1 minuto una membrana de CB junto a una pequeña cantidad de su propio medio de cultivo. La sustancia así obtenida se aplicó a una placa triangular con relieve. Luego se coló esta sustancia que presentaba algunos grumos y se pinceló una placa similar. Al día siguiente se mojaron por rociado ambas placas y se comprobó que el barniz no había logrado impermeabilizarlas. Sin embargo, ambas soluciones mejoraron la textura de las placas evitando el desprendimiento de polvillo. El barniz que no fue colado, aparenta otorgar una textura algo más resistente luego de su secado, sin evidenciar los pequeños grumos (Fig. 5).

Figura 5: elaboración y aplicación barniz experimental CB a placa de PC



Fuente: Elaboración propia

Se continuará experimentando la posibilidad de lograr un barniz ecológico usando una concentración mayor de CB y ensayando su combinación con agregados naturales que favorezcan la impermeabilidad.

Guía tentativa para la elaboración de membranas de CB por cooperativas y micro emprendedores

- El método de producción más adecuado para una pequeña empresa es, tal como se ha mencionado, el método estático, por su economía y calidad de CB obtenida. También porque no se necesitan altas temperaturas para lograr

buenos resultados. No obstante, un inconveniente señalado por distintos investigadores, es la gran superficie requerida para instalar las cubetas de cultivo. Una forma de subsanar ese inconveniente puede ser el uso de un sistema similar al de los carros de gastronomía, que multiplican el espacio en altura.

- Si bien es cierto que este trabajo está orientado a la aplicación de membranas de CB sobre productos de PC, no es menos cierto que la producción de CB puede existir como actividad independiente, dirigida a proveer a distintos sectores, dado el creciente interés por este tipo de biopolímeros.
- Concluida la etapa de fermentación y logrado el espesor deseado, las membranas pueden empacarse en bolsas termoselladas junto a un mínimo del líquido de cultivo, para su traslado y comercialización.
- Asimismo se puede optar por preparar membranas a medida según pedido o vender el SCOBY para su posterior reproducción por el comprador.
- Si la elaboración de membranas de CB está dirigida a su aplicación sobre productos de PC, es necesario que el espacio de fabricación de esos productos esté separado de aquel donde se elaboran las membranas, para evitar la contaminación de los cultivos. Es conveniente que exista un área intermedia exclusiva para la aplicación de membranas a los productos de PC.
- En cualquiera de los casos el cultivo puede prepararse *in situ* a partir de residuos orgánicos locales, para lo cual se necesitará espacio de almacenamiento y procesamiento de esos desechos.
- En este sentido, se abre otra rama posible de actividad que es la de procesar residuos orgánicos para convertirse en proveedor especializado en medios de cultivo para CB.
- Antes de la puesta en marcha de la actividad, será necesario determinar el tipo o tipos de residuos a utilizar para elaborar los medios de cultivo. Deben provenir de empresas, industrias o comercios locales. También considerar que cambios estacionales o de mercado podrían reducir la cantidad de un determinado tipo de residuo. Por este motivo es conveniente diversificar los desechos que serán fuente de nutrientes para los cultivos.
- Debe definirse si se efectuará la recolección de residuos con medios propios o el generador los entregará *in situ* como parte de sus obligaciones de disposición de los mismos.
- Cuando la CB esté destinada a usos médicos, no se trataría de crear una pequeña empresa sino de montar un laboratorio con las condiciones de bioseguridad requeridas por normas y bajo la supervisión de un profesional habilitado.

Conclusiones

La biología se usa cada vez más para crear materiales innovadores, de cualidades únicas, con nuevas capacidades, que son biodegradables y producidos con menores emisiones de carbono. Cada vez con más frecuencia los consumidores requieren materiales de construcción donde la innovación

proporcionen características de baja toxicidad y biodegradabilidad. Necesitan también comprender tipo, origen e implementación de procesos, muchas veces para cumplir con certificaciones sobre sostenibilidad.

Las numerosas investigaciones sobre biomateriales que se vienen desarrollando en los últimos años, son el disparador y soporte de esta "Bio Revolución".

El presente trabajo pretende realizar una contribución en ese sentido.

Respecto al objetivo de generar empleos verdes utilizando la CB como insumo para la fabricación de materiales más sustentables, se reconoce la distancia que media aún entre la intención y la posibilidad de la efectiva puesta en marcha de un emprendimiento, aunque se trate de uno a pequeña escala. Y es precisamente la escala lo que debería tomarse en cuenta para un aporte que promueva otras lógicas productivas. Lógicas que favorezcan conceptos de producción local, con los recursos que se disponen en las cercanías, evitando o disminuyendo traslados por transporte de personas, materias primas y productos terminados. Que impulsen alternativas donde se comercialice el *know how* y determinados servicios asociados a una tecnología, además (o en lugar) de productos terminados. Estos conceptos estarían en consonancia con la ley de Economía del Conocimiento que fue sancionada en octubre de 2020, apuntando a promover nuevas tecnologías, generar valor agregado, fomentar el empleo de calidad, facilitar el desarrollo de PyMES y aumentar las exportaciones de las empresas que se dediquen a servicios basados en el conocimiento. También con la Ley de Promoción de la Bio y Nanotecnología, que el 5 de julio de 2022 obtuvo media sanción en la Cámara de Diputados de la Nación.

Es de esperar que los avances de la Ciencia sobre uno de los temas más conflictivos relacionados con la crisis ambiental como es el de la producción de materiales constructivos, favorezcan la creación de consensos que permitan impulsar y configurar en la realidad estos nuevos conocimientos.

Reconocimientos

Esta ponencia se encuadra en el PIA TRP 35 *Investigación e Innovación en componentes cultivables en reemplazo de derivados del petróleo para productos usados en la fabricación de materiales con residuos*. Tutora: Arq. Marta Yajnes - Proyecto UBACyT 200 201901 00089 BA. Sede CEP ATAE FADU UBA.

Bibliografía

Balseca Mora, E. K. (2021). *Análisis filogenético de Komagataeibacter xylinus K2G30= UMCC2756 para la producción de biofilms a partir de suero lácteo* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos).

- Brown A.J. (1886). *Journal of the Chemical Society* 49, 1886, 432-439.
- Carreño Pineda, L. D. , Caicedo Mesa, L. A., & Martínez Riascos, C. A. (2012). Técnicas de fermentación y aplicaciones de la celulosa bacteriana: una revisión. *Ingeniería y ciencia*, 8(16), 307-335.
- Caruso, S. I.; Becerra Araneda, A. A. (2020). *Potencialidad de la celulosa bacteriana como protección de revestimientos en construcción*. Actas de las XXXIV Jornadas de Investigación y XVI Encuentro Regional, SI + Herramientas y procedimientos. Instrumento y método. FADU UBA, octubre de 2020.
- Dávalos Cerrón, P. Y. (2022). *Aislamiento y caracterización de cepas nativas de Komagataeibacter xylinus y comparación de su crecimiento en diferentes sustratos* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- Kapp J. M &, Walton S. (2019). Kombucha: a systematic review of the empirical evidence of human health benefit, *Annals of Epidemiology*, V- 30: 66-70
- Laavanya, D., Shirkole, S., & Balasubramanian, P. (2021). Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126454.
- García González, A. (2017). *Optimización de la biosíntesis de nanocelulosa bacteriana por fermentación* (Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Guinea Nava, M. (2016). *Diseño de planta piloto para producción de Celulosa Bacteriana* (Tesis de Licenciatura, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Grande Cruz, C. J. (2014). *Desarrollo de Nanocompuestos de Celulosa Bacteriana para Aplicaciones Biomédicas*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Jaramillo, R., Perna, O., Revollo, A. B., Arrieta, C., & Escamilla, E. (2013). Efecto De Diferentes Concentraciones De Fructosa Sobre La Producción De Celulosa Bacteriana En Cultivo Estático. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 5(1), 116–130.
- Pineda, L. D. C., Mesa, L. A. C., & Riascos, C. A. M. (2012). Técnicas de fermentación y aplicaciones de la celulosa bacteriana: una revisión. *Ingeniería y ciencia*, 8(16), 307-335.
- Pinto, M. C. & Prada, Y. (2021). *Caracterización mecánica de hidrogeles derivados de celulosa bacteriana producida a partir de mucílago de café con*

potencial uso en el diseño de apósitos para úlcera por presión decúbito supino.
Tesis. Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Material online

Argentina.gob.ar (2021). *Ley de Economía del Conocimiento: se establecen las actividades promovidas.* Recuperado el 12/07/22 de

<https://www.argentina.gob.ar/noticias/ley-de-economia-del-conocimiento-se-establecen-las-actividades-promovidas>

Biomason. Recuperado el 03/04/21 de <https://biomason.com/technology>

Comisión Europea (2022). *Menos emisiones de CO2 en la industria del cemento.* Recuperado el 08/06/22 de <https://cordis.europa.eu/article/id/406925-lower-co2-emissions-on-the-horizon-for-cement/es>

Equisalud. Recuperado el 08/06/22 de <https://www.equisalud.com/es-es/componentes/l-metionina/>

FAO (2020). *En Argentina se pierden y/o desperdician 16 millones de toneladas de alimentos por año.* Recuperado el 09/07/22 de

<https://www.fao.org/argentina/noticias/detail-events/fr/c/1313722/>

HCDN (2022). *Obtuvo dictamen la ley de promoción de la bio y nanotecnología.* Recuperado el 12/07/22 de

https://www.hcdn.gob.ar/prensa/noticias/2022/noticias_1820.html

McKinsey (2020). *La revolución biológica: innovaciones que transforman las economías, las sociedades y nuestras vidas.* Recuperado el 12/07/22 de

<https://www.mckinsey.com/industries/life-sciences/our-insights/the-bio-revolution-innovations-transforming-economies-societies-and-our-lives>

Naser J. (2016). *Nanocelulosa bacteriana: una gran promesa para aplicaciones en el área biomédica*. Recuperado el 09/06/22 de <https://www.conicet.gov.ar/nanocelulosa-bacteriana-una-gran-promesa-para-aplicaciones-en-el-area-biomedica/>

Swissinfo (2021). *Cómo el cemento pretende ser 'ecológico'*. Recuperado el 10/06/22 de https://www.swissinfo.ch/spa/construcci%C3%B3n-y-emisiones_c%C3%B3mo-el-cemento-pretende-ser--ecol%C3%B3gico-/46452496

Tuya Salas J., Gutiérrez Moreno S. & Merino Rafael, F. (2021). Preliminary test for cellulose production by bacteria isolated from sugarcane. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(2), 128-136. Epub 00 de abril de 2021. Recuperado el 10/06/22 de <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i2.339>

Universidad Politécnica de Cartagena (2021). *Hormigón sin cemento para reducir la huella de carbono*. Recuperado el 10/06/22 de https://www.upct.es/destacados/cdestacados.php?c=6&ubicacion=general&id_buscar=13070

WWF (2021). *En el mundo se desperdician mil millones de toneladas de alimentos más de lo que se estimaba*. Recuperado el 10/06/22 de <https://www.wwf.org.co/?368070/En-el-mundo-se-desperdician-mil-millones-de-toneladas-de-alimentos-mas-de-lo-que-se-estimaba>

Zschimmer & Schwarz (2022). *¿Qué son los biopolímeros y para qué se utilizan en la industria?*. Recuperado el 12/07/22 de <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-biopolimeros/>
