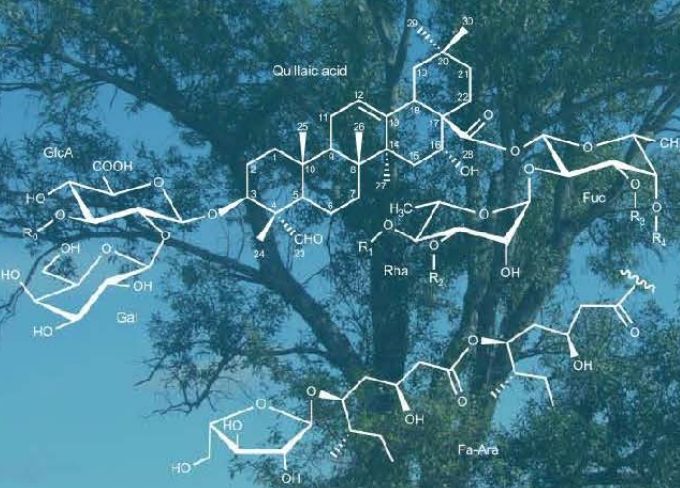




ISSN: 1688 - 9258

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
URUGUAY

JORNADA TÉCNICA
BIOMATERIALES
FORESTALES



27 MARZO 2019

Serie de Actividades de Difusión N° 790
INIA Tacuarembó



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY



SEDE TACUAREMBÓ



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
URUGUAY

JORNADA TÉCNICA

Biomateriales Forestales

Miércoles 27 de marzo de 2019

Coordinación:

- Dra. Zohra Bennadji, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal (Uruguay).
- Dra. Cristina Olivaro, CUT. Espacio de Ciencia y Tecnología Química, Centro Universitario de Tacuarembó – UdelaR (Uruguay).
- Dr. Fernando Ferreira, CUT. Espacio de Ciencia y Tecnología Química, Centro Universitario de Tacuarembó, Facultad de Química – UdelaR (Uruguay).
- Dr. Luis Panizzolo, Espacio de Ciencia y Tecnología Química, Centro Universitario de Tacuarembó, Facultad de Química – UdelaR (Uruguay).

Participan:

- Natural Resources Institute Finland (LUKE, Finlandia).
- University of Eastern Finland, School of Forest Sciences (Finlandia).
- Oficina de Planeamiento y Presupuesto – OPP (Uruguay).
- Dirección General Forestal – MGAP (Uruguay)

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
MÓDULO 1 – Bioeconomía: estrategias y aspectos institucionales a nivel nacional e internacional.	4
Bioeconomy in Finland, lessons learned in forest sector.	5
Assesing the changing operational environment of the multi-national pulp industries in Finland and Uruguay	6
Bioeconomía forestal en Uruguay: visión de O.P.P. (Uruguay)	7
MÓDULO 2 – Biodiversidad y Bioprospección.	8
Principales ejes de la Estrategia Nacional del Bosque Nativo del Uruguay	9
Valorización del bosque nativo: desafíos en tiempos de cambio.....	11
MÓDULO 3 – Biomateriales Forestales.	12
Plantas como fuente potencial de nuevas moléculas bioactivas	13
Valorización de productos forestales no madereros a partir de algarrobos nativos, <i>Prosopis affinis</i> y <i>Prosopis nigra</i>	14
Aprovechamiento de gomas orientales y otros biomateriales.....	15
Biosuperficies: estudio de la interacción de galactomananos con celulosa y proteínas de interés.	16

INTRODUCCIÓN

Los biomateriales son productos derivados enteramente o parcialmente de biomasa, especialmente pensados y diseñados como alternativa al uso de productos obtenidos tradicionalmente a partir de recursos naturales no renovables como el petróleo. Estos novedosos productos ocupan lugares estratégicos en la implementación de políticas de sustentabilidad y de bioeconomía. En el caso específico de los biomateriales forestales, los recursos naturales de los bosques y, particularmente su biodiversidad, adquieren un papel relevante en los procesos de su obtención para diferentes usos industriales. Desde una perspectiva utilitaria, la producción de biomateriales representa una opción promisoriosa de valorización del monte nativo uruguayo. Asociada a un aprovechamiento que contemple también la dimensión de su protección, esta opción podría resultar en un instrumento concreto de gestión y manejo sostenible de este recurso natural.

En este marco, a partir del 2013, el Programa Forestal de INIA y el Polo de Desarrollo Universitario Espacio de Ciencia y Tecnología Química del Centro Universitario de Tacuarembó (CUT-UdelaR) iniciaron acciones conjuntas de investigación para la identificación y obtención de metabolitos secundarios a partir de especies arbóreas nativas. Estas acciones permitieron: (i) la internalización de la temática de valorización del bosque nativo, (ii) el ingreso pionero en el campo de la bioeconomía, (iii) la conformación de una red de contactos y núcleos interdisciplinarios nacionales e internacionales, referentes en estas temáticas y, (iii) la consolidación de las capacidades humanas y físicas del Campus INIA-MGAP-UdelaR.

La presente jornada técnica constituye la quinta actividad de difusión relacionada a la temática de biomateriales forestales. Desde su inicio, estas actividades se han caracterizado por su patrón común de interdisciplinariedad y de interinstitucionalidad. Además de los módulos netamente forestales y químicos, se han sumado módulos de contenidos económicos y de desarrollo institucional. Se ha apuntado también a una amplia participación interinstitucional, tanto nacional como internacional, con el involucramiento de conferencistas referentes en bioeconomía, bioprospección y biomateriales propiamente dichos de Argentina, Canadá, Chile, Brasil, Perú y Uruguay.

En la actividad de hoy mantendremos la misma dinámica modular y contaremos con aportes de investigadores de dos instituciones de referencia en Finlandia (UEF y LUKE) y de disertantes nacionales de OPP, DGF (MGAP), CUT (UdelaR), FQ (UdelaR) e INIA. La jornada culminará con un panel interinstitucional de reflexión sobre el presente y el futuro de la valorización del monte nativo.

Dra. Zohra Bennadji
Coordinadora de la jornada

MÓDULO 1 - Bioeconomía: estrategias y aspectos institucionales a nivel nacional e internacional.

Bioeconomy in Finland, lessons learned in forest sector.

Antti Asikainen¹

The Finnish Bioeconomy Strategy aims to make Finland a global pioneer in the bioeconomy, capable of offering solutions to the pressures exerted on the global economy by declining natural resources, climate change and population growth. The digital revolution is transforming the fundamental nature of the economic environment.

First, the National and EU's bioeconomy strategies are reviewed. Secondly, the Digitalisation-Driven Bioeconomy roadmap study is also presented to show how the transition to the smart utilisation of biomass flows and intangible ecosystem services can be achieved in a manner that simultaneously promotes the sustainable use of natural resources and creates potential for new primary production and processing business in forestry and forest industry.

Finally, the effects of digital revolution are described and ways how fundamental changes in the activities of people, companies, and public organisations in the entire forest sector take place. Forest engineering and wood sourcing are already in the forefront in the researching and applying the means that digitalization offers. Experimentation-based rapid testing of ideas and new operating means is in wide use e.g. in designing forwarding networks and timing of operations with the help of combinatory use of forest and soil data and meteorological information. In the monitoring and controlling of forest disturbances the use of crowdsourcing is a rising tool to be able to response rapidly to e.g. forest fires and other threats induced by the changing climate.

Key words: bioeconomy, National and EU's strategies, forest sector, Finland.

¹ Profesor. Executive Vice President for Research. Natural Resources Institute - Finland. Yliopistonkatu 6, 80100 Joensuu, Finland. E-mail: antti.asikainen@luke.fi

Assesing the changing operational environment of the multi-national pulp industries in Finland and Uruguay

Tahvanainen, V.², Pesälä, O.², Hujala, T.², Pittaluga, L.³, Pykäläinen, J.²

The pulp-based industry forms a considerable part of the bioeconomy of Finland and Uruguay. In Finland the forest-based industry has a long history, whereas in Uruguay the tradition of forestry and especially pulp-based industry is rather short - dating back only a few decades. The operational environment of the Multi-National Pulp Industries is constantly being affected by myriad of factors from climate change to changing economic conditions and new technologies. These changes can be seen in the national and international scale. Our aim was to assess these factors that are capable of altering the operational environment within the global pulp industries.

This study presents the current situation and future perspectives of pulp industry of Uruguay and Finland and their relation to each other in a frame work of global challenges and bioeconomy. The challenges were identified, and possible future changes and innovations evaluated. The data consisted of document analysis and expert interviews collected during fall 2018 and spring 2019 in Uruguay and Finland. We used the multi-level perspective model in analyzing the socio-technical regime, landscape level issues and niche innovations in a country level. The global challenges facing the multi-national pulp industry are similar in both countries, however the socio-technical regimes in these countries are rather different. The study provides a multi-level insight on future aspects, opportunities, and threads related to pulp industries from national and international perspectives to support the transition to a more sustainable bioeconomy.

Key words: wood pulp, forest-based industry, multi-level perspective model, bioeconomy

Narrative CV: Veera Tahvanainen is a project researcher in forest politics and economics and PhD student at the University of Eastern Finland. Currently Ms. Tahvanainen is working in a Research project: “Business models of Born Globals in a Forest-Based Bioeconomy”, where she studies the pulp industry in Finland and Uruguay. She graduated as Master of Science in Agriculture and Forestry at the University of Eastern Finland and has worked in the field of non-wood forest products in Natural Resources Institute Finland (Luke) and in Finnish Forest Research Institute (Metla). In her PhD she is studying supply and availability of marketed mushrooms in North Karelia. Her academic interests are on forest politics and social sustainability of forestry and non-wood forest products and ecosystem services.

² University of Eastern Finland. E-mail: veera.tahvanainen@uef.fi

³ Facultad de Ciencias Económicas y Administración. Universidad de la República. Uruguay

Bioeconomía forestal en Uruguay: visión de O.P.P. (Uruguay)

Fernando Isabella⁴, Carolina Da Silva⁴, Federico Rehermann⁴

La Dirección de Planificación de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto trabaja en la construcción de la Estrategia Nacional de Desarrollo de largo plazo, Uruguay 2050. Dicho proceso es una apuesta a generar una visión consensuada del país que queremos, reflexionar sobre el Uruguay del futuro y definir las líneas estratégicas para alcanzarlo.

Un proceso de desarrollo sostenible a largo plazo, que combine crecimiento económico sustentable con justicia social, requiere adoptar una visión integrada que articule políticas macroeconómicas, productivas, sociales y ambientales. Con este enfoque, la Dirección de Planificación definió dos ejes principales —consecuencias sociales y económicas del cambio demográfico y transformación de la matriz productiva— y tres áreas transversales —desarrollo cultural, sistemas de género y desarrollo territorial— para llevar adelante estudios de carácter prospectivo que generen insumos para la elaboración de la estrategia. Entre los distintos complejos productivos estudiados, está el forestal-madera-celulosa, dónde se analizan aspectos productivos, tecnológicos, ambientales, geopolíticos, laborales, territoriales, socioculturales, entre otros; con el objetivo de identificar escenarios estratégicos con potencial transformador de la estructura productiva nacional, a partir del mejor aprovechamiento de los procesos de convergencia tecnológica que interconectan la economía digital con la bioeconomía.

Palabras clave: bioeconomía forestal, Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050.

⁴ Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP). Presidencia de la República Oriental del Uruguay.
Email: frehermann@opp.gub.uy

MÓDULO 2 – Biodiversidad y Bioprospección.

Principales ejes de la Estrategia Nacional del Bosque Nativo del Uruguay

Nebel, J.P.⁵

En el marco de un proyecto de cooperación con el Gobierno Alemán, específicamente con el Bmel - (Ministerio Federal Alemán de Alimentación y Agricultura), se obtuvieron diferentes resultados y productos, entre ellos se realizó la Estrategia Nacional de Bosque Nativo, marzo 2018.

La visión se ha definido como:

Los bosques nativos y su biodiversidad están conservados y manejados de manera sostenible y proveen múltiples bienes y servicios ambientales.

Para cumplir con la visión, es necesario tener un enfoque en la ordenación forestal, considerando la estructura y el estado sanitario de los bosques, caracterizados por la biodiversidad (cantidad, calidad y composición de especies), la integridad ecológica (estructura y función), un panorama holístico de cuenca y paisajes y la resiliencia ecológica.

Objetivos específicos:

1. Mejorar el marco legal y política financiera relacionada a la gestión del bosque nativo para incrementar los beneficios.
2. Ampliar las capacidades institucionales y técnicas de la DGF para fortalecer el sistema de información y monitoreo.
3. Mejorar la gestión de los bosques con el fin de mantener e incrementar los servicios ecosistémicos provenientes de los mismos.
4. Promover sistemas productivos mejorados estableciendo incentivos a los propietarios a partir de la valorización económica de bosque.
5. Promover la protección y restauración de bosques nativos a través de la DGF, en coordinación con los gobiernos departamentales, otras instituciones y los propietarios de los bosques.
6. Mejorar los procesos de diálogo y participación de la sociedad civil involucrada, así como fortalecer la educación y difusión de la importancia del bosque nativo.

Para lograr los objetivos hacia la visión 2030, se han definido seis ejes estratégicos. Estos ejes se han transferido en un plan operativo que contiene diversas actividades.

Ejes estratégicos:

1. Marco legal
2. Marco institucional y política financiera
3. Valor ambiental
4. Valor económico y sistema de producción

⁵ Dirección General Forestal (MGAP). Email: jnebel@mgap.gub.uy

5. Medidas de protección, prevención, mitigación y restauración
6. Valor social y cultural

Palabras clave: monte nativo, estrategia, cooperación internacional, Uruguay.

Valorización del bosque nativo: desafíos en tiempos de cambio.

Bennadji, Z.⁶

El manejo y conservación de los bosques nativos suscitan, hoy en día, innumerables discusiones a nivel internacional, derivando en la elaboración de teorías y prácticas ecológicas, silviculturales y políticas de diferentes contenidos y alcances. Estas discusiones tienen, en su mayoría, su génesis en las problemáticas asociadas al cambio climático. A nivel nacional, el manejo y la conservación del monte nativo ha sido también objeto de múltiples discusiones, reflejadas y sintetizadas en la reciente publicación de una estrategia nacional por la Dirección General Forestal (DGF) del Ministerio Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).

En esta presentación, el abordaje de la valorización del monte nativo se realiza desde ángulos económicos, sociales y ambientales, estableciendo paralelos con las plantaciones forestales con especies exóticas de rápido crecimiento y sus cadenas de valor. La identificación y el relevamiento de los desafíos se centran básicamente en las necesidades de investigación asociadas a la bioprospección y a la obtención de biomateriales forestales.

Palabras clave: valorización del monte nativo, cambio climático, bioprospección, Uruguay.

⁶ Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal. INIA. Email: zbennadji@tb.inia.org.uy

MÓDULO 3 – Biomateriales Forestales.

Plantas como fuente potencial de nuevas moléculas bioactivas

Olivaro, C.⁷

Históricamente las plantas han proporcionado al hombre refugio, comida, sabores, fragancias y, no menos importante, medicamentos. Han demostrado ser una fuente importante de nuevos compuestos bioactivos, tanto por presentar actividad farmacológica per se, como por representar nuevos tipos moleculares para el desarrollo de drogas. Esto incluye compuestos que son medicamentos de primera elección o incluso los únicos existentes para el tratamiento de ciertas afecciones.

El enfoque etnofarmacológico es un proceso alternativo utilizado para la selección de material para el desarrollo de fármacos y comprende trabajo de campo etnobotánico y etnomédico. Este enfoque combinado involucra el estudio de plantas utilizadas en la medicina folclórica y popular. En las décadas pasadas, la etnobotánica médica se ha desarrollado y evolucionado hacia una nueva disciplina que incluye el trabajo en colaboración de diferentes áreas del conocimiento. Este nuevo enfoque ha sido satisfactorio en la búsqueda de nuevas sustancias bioactivas con propiedades anticancerígenas y antivirales, con rendimientos varias veces superiores al obtenido en búsquedas al azar.

Se estima que el 90% de todas las plantas no han sido objeto de estudios fitoquímicos o biológicos. Considerando el número de especies estudiadas y el número de productos naturales conocidos hasta ahora, se sugiere que existen, por lo menos, un millón de metabolitos diferentes esperando ser aislados de las especies vegetales. Es evidente que el reino vegetal aún posee un enorme potencial para el descubrimiento de nuevas moléculas bioactivas. Además de los beneficios directos del descubrimiento de los mismos, la revalorización de la flora medicinal autóctona propenderá a su conservación, conocimiento y posible explotación económica racional. Es preciso conservar la biodiversidad con el fin de no perder productos naturales que todavía están por descubrir.

Palabras clave: productos naturales, bioactividad, desarrollo de nuevos fármacos, fitoquímica.

⁷ Espacio Ciencia y Tecnología Química, Centro Universitario Tacuarembó, Udelar, Tacuarembó, Uruguay;
E-mail: cristina.olivaro@cut.edu.uy

Valorización de productos forestales no madereros a partir de algarrobos nativos, *Prosopis affinis* y *Prosopis nigra*

Luis Reina⁸, Zohra Bennadji⁹, Fernando Ferreira⁸, Guillermo Moyna¹⁰, Vittorio Vinciguerra¹¹, Pilar Menéndez¹²

Por sus características de árboles multipropósito las especies del género *Prosopis* han sido utilizadas como fuente tanto de materia prima para la industria de la madera sólida como para la producción de productos forestales no madereros. Estos últimos pueden ser mejora de los suelos a través de la fijación del nitrógeno, alimento y sombra para el ganado, así como la provisión de productos naturales. Estos últimos son muy importantes en diferentes culturas dado que los extractos de las hojas, corteza o raíces de especies como, *P. juliflora*, *P. glandulosa*, *P. africana* o *P. cineraria* son utilizados en África, América y Asia como antiparasitario, desinfectante, antiinflamatorio y antidiabético [1–3]. En particular se ha reportado que los extractos de diferentes órganos de los árboles del género *Prosopis* poseen alcaloides, piperidínicos e indolizidínicos. Considerando estos antecedentes, se efectuó la búsqueda de alcaloides en las cortezas de las dos especies nativas de *Prosopis*, *Prosopis affinis* y *Prosopis nigra*. A partir de las cortezas se efectuó la extracción y purificación de los alcaloides lográndose aislar e identificar un total de cuatro alcaloides. Un alcaloide de la corteza de *P. nigra* y tres de la corteza de *P. affinis*. Los alcaloides aislados fueron 6-isocassina en *P. nigra* y N-metil-2-isocassina, N-metil-6-isocassina, N-metil-6-isocarnavalina, en *P. affinis*, estos últimos se reportan por primera vez. De los alcaloides aislados, la 6-isocassina había sido previamente identificada en *Senna spectabilis*, reportándose que posee actividad como anticonvulsivo [4].

Palabras clave: Alcaloides piperidínicos, *Prosopis affinis*, *Prosopis nigra*, corteza.

- [1] S. Henciya, P. Seturaman, A.R. James, Y.-H.H. Tsai, R. Nikam, Y.-C.C. Wu, H.-U.U. Dahms, F.R. Chang, J. Food Drug Anal. 25 (2017) 187–196.
- [2] G.A. de B. Damasceno, M. Ferrari, R.B. Giordani, Phytochem. Rev. 16 (2017) 309–331.
- [3] C. George, A. Lochner, B. Huisamen, J. Ethnopharmacol. 137 (2011) 298–304.
- [4] F. de O. Silva, M.G. de V. Silva, D. Feng, R.M. de Freitas, Fitoterapia. 82 (2011) 255–259.

⁸ Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química, UdelaR; Centro Universitario de Tacuarembó, UdelaR. Email: luis.reina@cut.edu.uy

⁹ Programa Nacional de Investigación en Producción Forestal, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

¹⁰ Departamento de Química del Litoral, CENUR Litoral Norte, UdelaR.

¹¹ Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università della Tuscia, Italia.

¹² Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química, UdelaR.

Aprovechamiento de gomas orientales y otros biomateriales

Panizzolo, L.A.¹³; Ferreira, F.¹⁴

Las gomas son productos obtenidos de tallos y semillas de plantas, de algas y de algunos microorganismos. Están formadas por un grupo muy amplio y variado de polisacáridos. Entre todos ellos se encuentran los galactomananos. Debido a sus propiedades fisicoquímicas y estructurales, pueden ser usadas como agentes espesantes, estabilizantes de emulsiones y suspensiones, de formación de película, inhibidores de cristalización y sinéresis, siendo muy utilizadas en diversas industrias tales como alimentaria, cosmética, farmacéutica, del papel, textil y petrolera. También son beneficiosos en el control de muchos problemas de la salud como la diabetes, el tránsito intestinal, cáncer de colon, cardiopatías debido principalmente a su acción como fibra alimentaria.

Actualmente la demanda de galactomananos está aumentando y una posibilidad de satisfacerla es recurrir a especies que hasta ahora no se han considerado para su explotación comercial. En Uruguay especies del género *Prosopis* como el algarrobo y el ñandubay producen galactomananos, existiendo la posibilidad de su utilización comercial, para lo cual será necesario un trabajo de investigación y desarrollo, parte del cual ya se inició en un proyecto de colaboración INIA-UdelaR.

Sin embargo, las posibilidades de aprovechamiento de biomateriales ya sea de origen forestal u otros vegetales, así como de productos secundarios o residuos de su procesamiento no se agotan en el aprovechamiento de gomas. En este sentido, se pueden considerar los polímeros acompañantes de la celulosa, como la lignina y las hemicelulosas, así como el muy diverso grupo de productos naturales que se pueden obtener de la madera, las hojas y otros órganos vegetales, incluyendo compuestos volátiles, fenólicos y polifenólicos, taninos y otros metabolitos secundarios de uso industrial o tecnológico que actualmente se desechan. De manera similar, es posible considerar algunos desechos actuales de la industria maderera como un recurso renovable de productos valiosos, incluso para su inclusión como complemento en raciones animales, luego de un procesamiento adecuado que mejore su digestibilidad, y como forma de contribuir a la integración de las cadenas agrícolas, forestal y ganaderas.

En todas estas áreas, es fundamental la generación e incorporación de conocimiento, así como la articulación con las distintas cadenas productivas, como la forma más adecuada para el desarrollo de una economía bio-inteligente.

Palabras clave: gomas, galactomanano; *Prosopis*.

¹³ Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Química y Espacio de Ciencia y Tecnología Química, Centro Universitario de Tacuarembó, UdelaR. Email: apanizzo@fq.edu.uy

¹⁴ Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química y Espacio de Ciencia y Tecnología Química, Centro Universitario de Tacuarembó, UdelaR.

Biosuperficies: estudio de la interacción de galactomananos con celulosa y proteínas de interés.

Pilar Vilaró¹⁵, Fernando Ferreira¹⁶

Las celulosas y hemicelulosas han ganado atención últimamente en su aplicación como superficies bioactivas para estudiar la interacción de estas con proteínas y células. Por un lado, muchos de ellos son compuestos biocompatibles que no presentan toxicidad, posicionándolos como modelos clave para estudiar fenómenos superficiales que ocurren en gran cantidad de procesos tecnológicos y biológicos, desde catálisis heterogénea a reacciones polisacárido – proteína, y polisacárido-células y virus. Asimismo, el entendimiento de estas interacciones tiene gran relevancia porque proveen las bases del desarrollo de dispositivos biotecnológicos de diagnóstico y reconocimiento (Valenga et al., 2012) y para el desarrollo de materiales biocompatibles funcionales.

Como hemicelulosa, en nuestro trabajo hemos utilizado galactomananos. Los galactomananos son biopolímeros extraídos del endospermo de semillas de leguminosas que constituyen una valiosa fuente de polisacáridos de alto peso molecular para la industria farmacéutica y alimentaria. Son solubles en agua, neutros, actúan como espesantes, co-gelificantes y estabilizantes de emulsiones. Por su afinidad con la celulosa, han sido también propuestos como aditivos en la producción de papel (Mathur, 2011). Sin embargo, mientras las interacciones de los galactomananos en solución se han estudiado extensamente, su interacción a nivel superficial ha sido poco explorada.

El estudio de estas superficies requiere por un lado de la deposición de los polímeros de interés en una superficie adecuada, por métodos de spin coating o similares, y luego su interpretación por técnicas sofisticadas, entre otras la microbalanza de cristal de cuarzo (QCM), resonancia de plasmón de superficie (SPR), microscopía de fuerza atómica (AFM) y la utilización de técnicas clásicas como IR, pero a nivel de superficie.

Se presentarán algunos avances de un trabajo realizado en colaboración entre el Centro Universitario de Tacuarembó y la Universidad Tecnológica de Graz. La utilización de fuentes novedosas de biomateriales como los obtenidos por nuestro grupo de trabajo, unido a la experiencia en el diseño y caracterización de filmes finos de polisacáridos son la base del desarrollo de una nueva línea de investigación de biomateriales en la región.

Palabras clave: biosuperficies, galactomananos, filmes finos, espectroscopía de resonancia de plasmón superficial (SPR).

Palabras clave: biosuperficies, galactomananos, filmes finos, espectroscopía de resonancia de plasmón superficial (SPR).

¹⁵ Espacio de Ciencia y Tecnología Química, Centro Universitario de Tacuarembó, UdelaR. E-mail: pilar.vilaro@cut.edu.uy

¹⁶ Espacio de Ciencia y Tecnología Química, Centro Universitario de Tacuarembó, UdelaR. Laboratorio de Carbohidratos y Glicoconjugados, Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química, UdelaR.

Referencias

Mathur, N. K. (2016). Industrial galactomannan polysaccharides. CRC Press

Valenga, F., Petri, D. F. S., Lucyszyn, N., Jó, T. A., & Sierakowski, M. R. (2012). Galactomannan thin films as supports for the immobilization of Concanavalin A and/or dengue viruses. *International Journal of Biological Macromolecules*, 50, 88–94.