

2020

100 años

Macromoléculas

El desarrollo de polímeros en Colombia y el mundo

Organiza:



Asociación Colombiana de Ingeniería Química
y Profesiones Afines Capítulo Bogotá

Apoya:



Consejo Profesional
de Ingeniería Química de Colombia



El desarrollo de polímeros en Colombia y el mundo

En el marco del centenario de la Química Macromolecular y la Ciencia de los Polímeros

Ciclo de seminarios virtuales: 100 años de las Makromoléculas

TABLA DE CONTENIDO

Presentación	4
Webinar: “El descubrimiento de Staudinger” a cargo de la ingeniera Ángela Beltrán	6
Webinar: “Hermann Mark: Pionero en la ciencia de los polímeros” a cargo del ingeniero Tim Osswald	13
Webinar: “LANXESS: Nuestro camino exitoso continúa. En un mundo de rápidos cambios industriales, cómo actuar, adaptarse, transformarse y mantener el rumbo” a cargo del ingeniero Pedro Bojacá	17
Webinar: “Revisiting 6,000 Year-old problems: New insights on electrostatics, and friction using Nanometrology tools” a cargo del ingeniero Juan Pablo Hinestroza	22
Webinar: “Brechas de calidad y sostenibilidad del sector plástico en Colombia” a cargo de la ingeniera Claudia Camargo	33
Webinar: “Avances en la Tecnología Circular del Plástico” a cargo del ingeniero Jorge Medina	42
Estadísticas del evento	49

PRESENTACIÓN:

En el marco de la celebración de los 100 años de las macromoléculas, la Asociación Colombiana de Ingeniería Química – ACIQ, y el Consejo Profesional de Ingeniería Química – CPIQ, han organizado un ciclo de conferencias que abordan temas de la ciencia de los polímeros y de la química macromolecular, presentadas por reconocidos expertos a nivel nacional e internacional quienes comparten sus conocimientos en esta área de trabajo desde cada una de su profesiones y experiencias.

Este evento virtual comenzó con un contexto histórico del origen de la ciencia de polímeros, la Ph.D. ángela Beltrán nos presentó el análisis detallado del artículo publicado por Hermann Staudinger en 1920 (Staudinger, H. (1920). Über Polymerisation. *Berichte Der Deutschen Chemischen Gesellschaft (A and B Series)*, 53(6), 1073–1085), en esta publicación se estableció como es la formación de macromoléculas al darse la unión de monómeros por medio de enlaces covalentes, punto de partida para explicar como esas largas cadenas son realmente productos de polimerización y no sistemas coloidales como se creía antes de este descubrimiento, y que dio origen a posteriores investigaciones en la ciencia de polímeros.

Siguiendo el ciclo de conferencias desde un contexto histórico, el Prof. Tim Osswald presentó los avances de Hermann Mark como pionero en la teoría de la estructura polimérica y la relación de la viscosidad intrínseca del polímero con su peso molecular relativo. Aún más allá, el Prof. Osswald planteó como en medio de la guerra, la ciencia de polímeros se abrió paso y fue consolidando la industria química con una alta variedad de productos que aún hoy día siguen siendo funcionales y necesarios para la sociedad.

Presentación *(continuación)*

Después del panorama histórico de la base de la química macromolecular en el ciclo de conferencias, el Ing. Pedro Bojacá abordó un tema muy pertinente para la situación mundial que se vive actualmente, y presentó algunas pautas para actuar, adaptarnos y transformarnos en un mundo de rápidos cambios industriales.

Posteriormente, el Prof. Juan Pablo Hinstroza expuso acerca de las investigaciones basadas en la comprensión de fenómenos a nanoescala que son relevantes para la ciencia de fibras y polímeros. Además, presentó las herramientas de nanometrología para adquirir nuevos conocimientos sobre electrostática y fricción a escala nano.

Siguiendo el ciclo de conferencias en un contexto normalizado, la Ing. Claudia Camargo ofreció una presentación del diagnóstico nacional del sector plástico, haciendo un recorrido por su industria química, el marco regulatorio, tendencias a nivel internacional e identificación de necesidades y brechas en materia de calidad y sostenibilidad de acuerdo a requisitos internacionales.

Como cierre del ciclo de conferencias, el Prof. Jorge Medina, nos habló sobre los avances en la tecnología circular del plástico, las estrategias que deben implementarse para la adaptación de tecnologías que permitan el reuso y el reciclaje de materiales poliméricos que puedan incluirse en la cadena de producción de los plásticos y así minimizar sus impactos ambientales, sociales y económicos en consonancia con la economía circular.



WEBINAR: “EL DESCUBRIMIENTO DE STAUDINGER”

PRESENTADO: 27 DE MAYO DE 2020

CONFERENCISTA: ÁNGELA AURORA BELTRÁN OSUNA

PhD. Doctora en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia y Magíster en Ingeniería de Polímeros de la Universidad de Akron, en Estados Unidos. Investigadora del Grupo de Investigación de Procesos Químicos y Bioquímicos y docente de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central La Salle.

EL DESCUBRIMIENTO DE STAUDINGER:

Este año 2020 se celebran los 100 años de las macromoléculas, y en la revista *Progress in Polymer Science* en su volumen número 100 de la editorial Elsevier B.V., el Prof. Matyjaszewski de origen polaco muy reconocido en la Ciencia de Polímeros, junto con otros autores colaboradores resaltan la colección de excelentes artículos que han retratado durante décadas el estado del arte en ciencia de los polímeros y dan una idea de su futuro (Berry, G. C., Bockstaller, M. R., & Matyjaszewski, K. (2020). Celebrating 100 years of polymer science. *Progress in Polymer Science*, 100, 101193, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2019.101193>). En otra publicación de la *Royal Society of Chemistry*, en donde se muestra una pequeña parte del artículo original publicado en 1920 por el Prof. Hermann Staudinger de origen alemán, investigador, científico, profesor que recibió Premio Nobel de Química en 1953 y que introdujo por medio de esta histórica publicación la hipótesis de que los productos de polimerización son cadenas largas de monómero unidos por enlaces covalentes y no ensambles coloidales como se creía anteriormente. Este artículo “Über Polymerisation. Ber. Dtsch. Chem. Ges. 1920;53:1073–85” y los artículos posteriores del Prof. Staudinger se consideran la base de la química macromolecular y la ciencia de los polímeros (Frey, H., & Johann, T. (2019). Celebrating 100 years of “polymer science” Hermann Staudinger’s 1920 manifesto. *Polymer Chemistry*, 11(1), 8–14, <https://doi.org/10.1039/c9py90161b>). Por supuesto la primera revista internacional dedicada al estudio de la Ciencia de las macromoléculas fundada por el Prof. Staudinger, *Macromolecular Chemistry and Physics*, también dedicó un número a la conmemoración de los 100 años de la Química Macromolecular (Schubert, U. S., & Zechel, S. (2020). The Year of Polymers – 100 Years of Macromolecular Chemistry. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 221(1), 1900530. <https://doi.org/10.1002/macp.201900530>).

El descubrimiento de Staudinger (continuación)

Además de las publicaciones conmemorativas también se planearon eventos como el “Macromolecular Chemistry: The Second Century” en la reunión anual de la *American Chemical Society - ACS*, en el mes de marzo, pero que tuvo que ser cancelado por la situación de la pandemia del Covid-19 a nivel global. La sociedad Alemana de Químicos, *Gesellschaft Deutscher Chemiker - GDCh*, tiene prevista también una ceremonia de los 100 años de la Ciencia de Polímeros con una serie de conferencias para presentarlas a lo largo del año de este año 2020.

Hermann Staudinger (1881 - 1965) presentó el concepto de macromolécula, que consiste en una serie de átomos unidos químicamente en una cadena principal o esqueleto muy larga que le da un comportamiento característico que difiere del de una molécula de menor tamaño. El Ptof. Staudinger recibe su doctorado en 1903 de la Universidad de Halle en Alemania, luego en 1905 hace su postdoctorado en la Universidad de Estrasburgo en Francia en donde estudia y caracteriza los cetenos, luego en 1907 en el Instituto Tecnológico de Karlsruhe - KIT se dedica a estudiar los iminofosforanos, finalmente en 1912 se vincula al Instituto Federal Suizo de Tecnología - ETH Zürich en el momento cumbre de su carrera. En sus inicios el concepto de la palabra “polimérica” dado por el científico sueco Jöns Jacob Berzelius en 1833, se asociaba con isomería y se refería a moléculas con similitud en la composición, derivandose de la palabra en griego *polis* (πόλις) utilizada para “varios”. Otro concepto importante que se definió en 1846 por el científico francés Louis-Nicolas Ménard es el de “collodion”, para referirse a una sustancia pegajosa que resultó de solubilizar la nitrocelulosa en alcohol y éter. Este compuesto de nitrocelulosa fue descubierto por otro científico francés Henry Braconnot en 1819. Otros descubrimientos que se dieron en la época fue el del benceno por el químico británico Faraday en 1825, aunque más adelante en 1885, el químico orgánico alemán Kekulé fue quien propuso la estructura química del benceno.

El descubrimiento de Staudinger (continuación)

En 1844, accidentalmente, el científico estadounidense Charles Goodyear mezcló caucho con azufre y calor, y se da paso al descubrimiento del proceso de vulcanización que se patenta ese mismo año, por medio del cual las cadenas de cis-Isopreno se entrecruzan con el enlace disulfuro produciendo un material mas rígido y más resistente. Mientras tanto en Francia, en el año 1846, Louis-Nicolas Ménard descubre el *collodion* una mezcla de nitrocelulosa con alcohol y éter. Luego en 1884, los científicos franceses Hillaire de Chardonnet y Louis Pasteur estaban trabajando en el proceso para curar la enfermedad del gusano de seda que estaba atacando la industria textil francesa, lograron con éxito su propósito, sin embargo años después, accidentalmente también, Chardonnet descubre la seda artificial al tratar al *collodion* con NaOH, que posteriormente fue patentada en Inglaterra por Cross, Bevan & Beadle en 1892, y que llega al continente americano en 1924 con la marca registrada Rayon®. En 1908, el químico suizo Jacque Bradenberger crea el *celophane* al mezclar *collodion* con ácido. Mientras tanto en 1902, el alemán Hermann Leuchs trabajaba con la polimerización de aminoácidos. Con este contexto histórico se establece que el creador de los polímeros no fue el Prof. Staudinger sino que muchos de sus antecesores ya venían trabajando en reacciones de polimerización para producir las macromoléculas. En ese mismo año el científico alemán Hermann Fischer que trabajaba con las estructuras de los carbohidratos que constituyen los azúcares, y las proteínas los polipéptidos, recibe el premio nobel de química, y en este punto se consideró la época la química coloidal. Así mismo, se resalta los descubrimientos de Wolfgang Ostwald considerado el padre de la química coloidal, en 1909 la síntesis de la baquelita, un polímero termoestable, por el científico belga Leo Baekeland y por otro lado, Heinrich Otto Wieland quien recibe en 1927 el Premio Nobel de Química por sus aportes sobre la composición de los ácidos biliares. En esos mismos años se desarrolla el caucho sintético, pero por los bloqueos económicos de la 1ra Guerra Mundial, se vuelve a trabajar con el caucho natural, hasta que desde 1925 se vuelve a la síntesis del material sintético.

El descubrimiento de Staudinger *(continuación)*

A partir de la definición de los coloides se desarrolla la idea de un agregado de moléculas en estado coloidal que en esa época se usaba para definir lo que hoy se conoce como macromolécula o polímero, el concepto se limitaba a asociaciones sin enlaces covalentes, con pesos moleculares entre 4000 y 6000 Daltons, y cristalografía no mayor a una celda unitaria. En 1912, Hermann Staudinger sintetiza compuestos sustitutos de materias primas naturales, debido a los bloqueos económicos que se presentaban por la 1ra Guerra Mundial, entre los compuestos desarrollados se encuentran las piretrinas o insecticidas naturales, y las mezclas de mercaptanos como sustituto de la pimienta y el aroma natural del café; Staudinger gozaba de una gran popularidad por sus descubrimientos y sólo por encima de él estaba Aldof von Baeyer, el padre de la química orgánica y Premio Nobel de Química en 1905. El 13 de marzo de 1920, el Prof. Staudinger quien dictaba clases en la ETH de Zürich, publica el polémico artículo en donde explica la naturaleza fisicoquímica de los polímeros, e donde las uniones se dan por interacciones de tipo enlace covalente, además expone consideraciones generales sobre los tipos de procesos de polimerización, le da la importancia a la presencia del doble enlace para que puedan polimerizar las moléculas, sin embargo aún no hay claridad en la forma como crece el polímero, aún si está presente el doble enlace. Menciona los polímeros derivados del butadieno, los alenos, las cetenas y la estabilidad de estos compuestos. Finalmente, habla del metaestirolo lo que hoy se conoce como el poliestireno, además del isopreno y presenta por primera vez sus fórmulas químicas. Dos años después, en 1922, publica otro artículo sobre la hidrogenación del caucho, para producir moléculas de bajo peso molecular. En esta publicación, se menciona por primera vez la palabra “Macromolécula”. Las reacciones de los científicos de la época como Fischer y Wieland no se hacen esperar en contraposición a estos nuevos conceptos, específicamente en la conferencia de la Sociedad Química de Zürich en 1925, recibió descalificativos por numerosos y prestigiosos científicos hasta el punto que Staudinger en un tono de voz muy alto se pronunció con una frase de Martin Lutero cuando lo estaban declarando hereje: “Here I Stand and I can do no other”.

El descubrimiento de Staudinger *(continuación)*

Sin embargo, a pesar de la oposición de sus colegas, Staudinger decide seguir adelante, y en 1925 publica el último artículo de la serie de las cetenas. En 1926, acepta el cargo de Decano del Departamento de Química en la Universidad de Freiburg, donde continúa sus trabajos enfocados en el caucho o isopreno hasta el final de sus días.

Más adelante, en 1928, Meyer and Mark muestran con evidencia irrefutable y concluyente que la celulosa es una macromolécula, a partir de experimentos de difracción de rayos X. En ese mismo año, Wallace Carothers desarrolla el neopreno mientras trabajaba para la compañía Dupont, y en 1933, descubre el nylon. En 1934, Flory ingresa a Dupont, en 1953 publica el libro Principios de la Química de Polímeros, y en 1974 recibe el Premio Nobel de Química.

En los años 30, Staudinger ya con la validez de los desarrollos de sus colegas, comienza a calcular viscosidades, a hablar de velocidades de cristalización, analiza el efecto de la densidad, de las ramificaciones, el entendimiento de las interacciones de puentes de hidrógeno, el efecto de la polidispersidad, el peso molecular y su medición con otras técnicas diferentes a la viscosimetría como ultracentrifugación, osmometría y dispersión de luz.

Respecto a la posición política pacifista de Staudinger, desde 1915 mostró oposición al químico Fritz Haber respecto al uso de gas venenoso, luego en 1917 publicó un artículo sobre el balance industrial entre las potencias en medio de la guerra. Ya en 1934, cuando se encontraba como profesor en la Universidad de Freiburg y Martin Heidegger era rector del claustro, fue interrogado por la Gestapo en varias ocasiones por su oposición al gobierno y decidieron que debía renunciar, este proceso se dilató y finalmente se anuló porque llegaron a un acuerdo que si él no seguía cuestionando la política Nazi en público lo dejarían tranquilo.

El descubrimiento de Staudinger *(continuación)*

Así Staudinger pudo seguir trabajando en la Universidad de Freiburg y en 1940 crea el Instituto de Química Macromolecular, el primer instituto a nivel mundial dedicado al estudio de los polímeros. Desafortunadamente, en 1944 fue bombardeado por los aliados pero al año siguiente se comenzó con su reconstrucción. En 1947, crea la primera revista internacional dedicada a la ciencia de polímeros *Macromolecular Chemistry and Physics*. En 1951 se retira de la Dirección del Departamento de Química, pero sigue a la cabeza del Instituto de Química Macromolecular. Finalmente, en 1953, gana el premio nobel de química por los aportes en la ciencia de las macromoléculas, y se retira del instituto en 1956. Gracias a su legado, el instituto y el departamento ya fortalecidos se trasladan a unas nuevas instalaciones en 1962 y el edificio recibe su nombre. Dentro de su producción científica, se tienen 859 publicaciones, 51 patentes, un libro autobiográfico, un sin número de aportes en el área, un libro guía acerca de la química macromolecular y la revista *Macromolecular Chemistry and Physics* que continúa al día de hoy.

Para conocer más acerca de la vida y obra del Prof. Staudinger se tienen las siguientes referencias que se pueden consultar:

- ❖ American Chemical Society. (1999). *The Foundation of Polymer Science by Hermann Staudinger (1881-1965). An International Historic Chemical Landmark*. Freiburg, Baden-Württemberg.
- ❖ Morawetz, H. (2002). *Polymers: The Origins and Growth of a Science*. (Dover Phoenix editions, Ed.)



WEBINAR: “HERMANN MARK: PIONERO EN LA CIENCIA DE LOS POLÍMEROS”

PRESENTADO: 09 DE JUNIO DE 2020

CONFERENCISTA: TIM ANDREAS OSSWALD

Profesor y Codirector de Polymer Engineering Center, adscrito al Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Wisconsin-Madison. Después del doctorado en la Universidad de Illinois trabajó en el Instituto para el Procesamiento de Polímeros de la Universidad Técnica de Aachen como académico de la Sociedad Alexander von Humboldt. Como Assistant Professor recibió el Premio Presidencial de Investigadores Jóvenes de la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos y fue el primer académico en recibir el Premio Dr. Richard Escales de la Organización de Ingenieros Alemanes, por sus esfuerzos y contribuciones en globalizar y modernizar la educación en el área de tecnología de plásticos. Profesor honorario de Tecnología de plásticos en la Universidad de Erlangen-Nürnberg y de la Universidad Nacional de Colombia.

HERMANN MARK: PIONERO EN LA CIENCIA DE LOS POLÍMEROS

Hermann Mark nació en 1895 en Viena, Austria, y terminó sus estudios doctorales en 1921, a los 26 años de edad. Fue el oficial austríaco más condecorado de la Primera Guerra Mundial, fue un gran líder de los soldados que tenía a cargo y sufrió varias heridas de guerra. Esta situación se interpuso entre sus estudios doctorales en Química que comenzó en 1919 en la Universidad de Viena y por esta razón se demoró un poco más de dos años para graduarse. Sin embargo, ya había estado en contacto con esta ciencia porque su padre era profesor en la misma universidad. El 20 de junio de 1920, un año antes de que Hermann se graduara de su doctorado, Hermann Staudinger, químico y profesor universitario nacido en 1881, en Worms, Alemania, da una conferencia para la Sociedad Alemana de Química en Düsseldorf, y en su presentación postuló que los polímeros no eran coloides, lo que revolucionó completamente el mundo de la química de los polímeros. Los químicos de esa época no le creyeron a Staudinger por la concepción de que polímero que viene del griego *polymerés* que significaba “muchas partes”, se formaba de una parte simple llamada monómero, por ejemplo el etileno, que se polimerizaba presurizándolo al calor, así estas unidades simples se unían como racimos de uvas que formaban un coloide y este era el polímero, en este caso polietileno. Staudinger, en cambio planteó que en vez de formarse coloides, estos monómeros se unían en cadenas cada vez más largas, cadenas rígidas macromoleculares, y mientras más larga la cadena, mayor era su peso molecular. El Prof. Staudinger descubrió esto por medio de experimentos reológicos, evidenciando como la viscosidad aumenta linealmente como función del peso molecular, así mientras más larga la cadena mayor es la fricción. También mostró que a partir de cierto peso molecular, la función ya no es lineal sino una función potencia. Por esto, Staudinger fue duramente criticado por su colegas, y su trabajo experimental se vio desprestigiado.

Hermann Mark: pionero en la ciencia de los polímeros *(continuación)*

Sin embargo, en la audiencia se encontraba un estudiante doctoral, Hermann Mark, quien apoyó su teoría, y la complementó, postulando que los polímeros eran cadenas flexibles macromoleculares, y retomando la gráfica de Staudinger, de la viscosidad en función del peso molecular, si las cadenas son cortas, las moléculas se mueven entre sí y la fricción entre ellas es lineal, es proporcional al largo de las moléculas. Pero, si estas moléculas se van alargando cada vez más, se empiezan a enredar unas con otras, y ese enredamiento es el que crea una proporcionalidad mucho mas alta, en donde la viscosidad es proporcional al peso molecular a la potencia de 3.4. Esto causó incomodidad al Prof. Staudinger, al ser corregido por un estudiante como Hermann Mark que ni siquiera había culminado su doctorado aún, mucho más que ser criticado por sus colegas, lo que originó una enemistad entre ellos que duró por el resto de sus vidas.

Pero esto no fue lo primero que hizo Hermann Mark, él terminó su doctorado y siguió trabajando con Emil Fischer y Albert Einstein en Berlin en el tema de difracción de rayos X, participando como coautor en dos publicaciones lo que para él fue uno de su grandes honores. En 1926, Kurt Meyer lo invitó a trabajar con él en BASF, en Ludwigshafen, en donde trabajaron en el descubrimiento de estructuras poliméricas cristalinas, en donde las moléculas se alinean y se encajan en su punto de energía más bajo, liberando energía, las moléculas se doblan y se forman esfirulitas, una estructura morfológica que se cristaliza, y así se explica la naturaleza semicristalina de los polímeros que tienen parte amorfa y parte cristalina. Luego, se vincula a IG Farben, la compañía alemana que fusionó a BASF, Bayer y Hoechst, en ese momento considerada la empresa química mas grande en el mundo, y la más importante que ha existido en la historia de la industria química.

Hermann Mark: pionero en la ciencia de los polímeros *(continuación)*

En el año 1932, la corriente política de derecha tomó fuerza. La familia de Hermann Mark, tenía una corriente judía muy fuerte y él se consideraba culturalmente judío al igual que Meyer. Los altos funcionarios de IG Farben, decidieron hacer un trato con Mark y Mayer para ofrecerles apoyo en sus investigaciones científicas con el fin de evitar conflictos por sus orígenes culturales, ellos decidieron entonces trabajar con profesores en Viena y Meyer en Zürich. Allí en Viena, estuvo como prisionero de ejército Nazi, en el hotel más prestigioso de Viena, sin embargo, él mantuvo una relación amena con los guardias, y pidió salir a visitar a su familia a lo que ellos accedieron por la simpatía que él había creado con ellos. Él comenzó a invertir en platino, un metal altamente valorado, que escondía en su casa como alambre para colgar ropa. Una tarde, Mark pidió su pasaporte y se mudó con su familia a Canadá en donde trabajó dos años. Luego, se abrió una oportunidad en la Universidad Técnica de Brooklyn, y allí creó el primer instituto de polímeros en Estados Unidos.

Por su parte Staudinger, en 1953, recibió el premio Nobel en Química por su contribución al entendimiento de los polímeros, y siguió trabajando en la Universidad de Friburgo, en Alemania, hasta sus últimos días. Hermann Mark siguió en su oficina en Brooklyn por el resto de su vida, vivió hasta 1992, y mantenía el modelo de Staudinger de las moléculas rígidas y su modelo como moléculas flexibles, lo cual dio la base de la física de los polímeros, entendiendo físicamente como se comportan las moléculas poliméricas. Ese entendimiento de la geometría física, impulsó a John Ferry, quien llegó a Wisconsin en el año 1946, y publicó en 1955 el gran paper de la Ecuación WLF (Williams-Landel-Ferry) de la superposición del tiempo y temperatura, es decir el tiempo de relajación. Este tiempo se puede medir a diferentes temperaturas para tener una curva maestra, en donde se pueden ubicar los materiales viscoelásticos. A partir de esto el profesor Markus Reiner, definió el número de Deborah, que resulta del cociente entre el tiempo de proceso y el tiempo de relajación.



WEBINAR: “LANXESS: NUESTRO CAMINO EXITOSO CONTINÚA. EN UN MUNDO DE RÁPIDOS CAMBIOS INDUSTRIALES, CÓMO ACTUAR, ADAPTARSE, TRANSFORMARSE Y MATENER EL RUMBO”

PRESENTADO: 10 DE JUNIO DE 2020

CONFERENCISTA: PEDRO BOJACÁ SANTIAGO

Director General de LANXESS S.A. Ingeniero Químico con más de 20 años de experiencia en Marketing y Ventas en empresas internacionales, con competencia estratégica en productos químicos, biocidas y esterilización en frío de bebidas. Líder de grupos de trabajo de alto desempeño en el área técnica y comercial. El Ing. Bojacá cuenta con más de 16 años en la compañía alemana LANXESS S.A. de especialidades químicas, cuyo negocio básico es el desarrollo, manufactura y venta de plásticos de ingeniería, caucho, aditivos y auxiliares químicos para la industria del hule, técnico y llanteras.

LANXESS: NUESTRO CAMINO EXITOSO CONTINÚA. EN UN MUNDO DE RÁPIDOS CAMBIOS INDUSTRIALES, CÓMO ACTUAR, ADAPTARSE, TRANSFORMARSE Y MATENER EL RUMBO

La compañía LANXESS tiene como slogan “Energizando la Química”, es una compañía química de origen europeo que inició entre 2004 y 2005 como iniciativa del GRUPO BAYER para independizar su negocio químico, desde allí han venido muchas transformaciones en la compañía, la cual estaba primero enfocada en commodities, pigmentos, y productos para formulación de cauchos y plásticos. A partir de las situaciones de mercado entre 2008 y 2009, con las crisis mundiales, hubo momentos de reestructuración en 2014, y se decide lanzar en 2015 la “Cultura de Desempeño”, la cual se centra en el empleado como el elemento fundamental para que una compañía sea exitosa. Cuando se separan de BAYER comienzan a crear su propia identidad, sus valores corporativos, los principios de liderazgo para establecer el comportamiento de los líderes de la compañía y también la manera como hacen las cosas determinada como la fórmula X basada en actuar como equipo, tomar iniciativa, mantener las cosas simples, buscar soluciones; todo esto se replicaba mediante entrenamientos, trabajo colectivo y retroalimentación continua. Lo que los ha mantenido a flote como una compañía internacional a pesar de las circunstancias presentadas este año, es una cultura fuerte, en la cual los empleados se sienten compenetrados, bien tratados y que pueden tener un crecimiento dentro la organización.

LANXESS (continuación)

En 2016, deciden que estaban muy expuestos con el tema de cauchos, gran parte de los productos que se manejaban en la organización eran polibutadienos específicamente para la fabricación de llantas y EPDMs (Etileno Propileno Dieno tipo M). A nivel global este tema estaba muy fuertemente influenciado por el sector automotriz, y veían también que en China estaban empezando a generar plantas de gran tamaño a costos muy bajos, lo que les podría generar problemas porque no eran una compañía integrada, no producían petróleo, en comparación con todos sus competidores que fabricaban este tipo de cauchos como EXXON MOBIL. Entonces se aliaron a nivel global, hicieron un joint venture con la compañía mas grande de petróleo del mundo SAUDI ARAMCO, y formaron una nueva compañía llamada ARLANXEO para manejar solo el negocio de los cauchos, con una ventaja comparativa de acceso a las materias primas. Ese mismo año, adquirieron la parte de desinfectantes de CHEMOURS, una compañía formada de DUPONT años atrás, con lo cual complementaron su portafolio en el área de protección de materiales, y que actualmente ofrecen productos de desinfección profunda efectivos para el Covid-19 y otros tipos de virus.

En 2017, impulsan un proyecto de digitalización lo cual es fundamental para este nuevo siglo, con el fin que los procesos sean más livianos, más ágiles, que puedan ofrecer un mejor servicio a los clientes, que puedan hacer entrenamientos vía remota, y un mejor mercadeo de sus productos. Desde el año 2001, otras compañías ya habían comenzado con la implementación de una interfaz con los sistemas de los clientes permitiendo automáticamente la generación de órdenes de compra. Sin embargo, Lanxess fue más allá, y dotó de conexión WiFi a todas sus plantas y sensores en los equipos para tener información online del desgaste de de equipos como bombas, sistemas de reacción para hacer mantenimientos predictivos y evitar paradas de planta importantes.

LANXESS (continuación)

Ese mismo año, 2017, adquirieron a nivel global la compañía CHEMTURA, con 35 plantas, la mayoría en México, Estados Unidos, Brasil, y parte de Europa. Esta gran adquisición permitió el complemento de su portafolio en el área de construcción, con productos como retardantes de llama, productos base poliuretanos para formación de polímeros de alto desempeño y aditivos para fabricación de lubricantes. En Mayo de 2017, Warren Buffet, un inversionista muy famoso a nivel mundial con acciones en otras compañías químicas, decidió invertir en la compañía LANXESS por la claridad en su proyección a futuro, teniendo en cuenta la reestructuración y digitalización de la compañía.

En 2018, adquirieron el área de retardantes de llama con base en fósforo, de la compañía belga SOLVAY. Ese mismo año, se separan del negocio de cauchos con la compañía SAUDI ARAMCO. En 2019, como parte del tema de digitalización, lanzan CheMondis, la plataforma de compra y venta de productos químicos mas grande Europa, para que las compañías se encuentren y entre ellas mismas hagan las negociaciones de los productos bajo las regulaciones y los registros que apliquen en cada región. LANXESS es un accionista en la empresa que formó esta plataforma y por lo tanto tambien se ofrecen y comercializan productos de otras compañías . En Agosto de 2019, vendieron el área de químicos para tratamientos de cueros con base en cromo. Esto en la dirección de volverse una compañía de especialidades químicas y no estar en negocios de commodities.

En los últimos 5 años, la compañía ha tenido muchos movimientos, y gracias a su cultura y al trabajo desarrollado con todos los colegas, fácilmente ha incorporado negocios y va en camino hacia la meta de convertirse en una compañía de especialidades químicas.

LANXESS (continuación)

Para el año 2020, LANXESS ya es una compañía mas balanceada y estructurada, enfocada en áreas como: *Productos Intermediarios Avanzados* para el área agrícola, y en producción de poliésteres como es el caso del anhídrido maleico, y pigmentos inorgánicos para el área de construcción y pinturas. *Aditivos de especialidades*, como retardantes de llama para la producción de poliestireno expandido para el área de construcción, lubricantes para el área automotriz y de aviación, y colorantes para diferentes aplicaciones en plásticos. *Protección del consumidor*, un área relacionada con el tema regulatorio, soporte en productos como biocidas, productos para protección de materiales, desinfectantes, tecnología de purificación de líquidos como resinas de intercambio iónico, resinas para decoloración de azúcar para el área de alimentos y las membranas de ósmosis inversa. Finalmente, el área de *Plásticos de Ingeniería*, enfocada en automóviles.

A nivel global, las ventas de la compañía LANXESS alcanzan los 6.8 Billones de Euros, con 14.300 empleados y presencia en 33 países con 60 plantas de producción, alineada estratégicamente con las metas de desarrollo sustentable de la ONU, en los temas de clima siguiendo el Acuerdo de París, economía circular utilizando materiales reciclables y reutilizables e implementando energías renovables, minimizando el consumo de energía y de materia prima; por último todos los proyectos dirigidos a la baja emisión de carbón con una reducción del 50% a 2018. De este modo, la compañía ha venido definiendo claramente una responsabilidad corporativa que la posiciona como una compañía líder, resiliente, sustentable y rentable.



WEBINAR: “REVISITING 6,000 YEAR-OLD PROBLEMS: NEW INSIGHTS ON ELECTROSTATICS, AND FRICTION USING NANOMETROLOGY TOOLS”

PRESENTADO: 24 DE JUNIO DE 2020

CONFERENCISTA: JUAN PABLO HINESTROZA ARDILA

Profesor asociado titular de Ciencias de Fibras, Director del laboratorio de Nanotecnología Textil en la Universidad de Cornell en Ithaca, New York. Cofundador de tres compañías de base tecnológica y consultor de las principales corporaciones Fortune50 en el campo de fibras y ropa inteligente. Su investigación se basa en la comprensión de fenómenos a nanoescala que son relevantes para la ciencia de fibras y polímeros. Hinstroza ha sido conferencista invitado en más de 72 países, ha recibido importantes premios por su trabajo y su formación inicial la obtuvo como ingeniero químico en la Universidad Industrial de Santander.

REVISITING 6,000 YEAR-OLD PROBLEMS: NEW INSIGHTS ON ELECTROSTATICS, AND FRICTION USING NANOMETROLOGY TOOLS

El problema de la Electroestática es el problema físico más antiguo, el cual fue reportado en el año 600 antes de Cristo, por Tales de Mileto, en lo que ahora está ubicado Turquía. Él escribió acerca del fenómeno por el cual un pedazo de ámbar se frotaba con el pelo de un gato o con un pedazo de textil y atraía pedazos de paja, esa fuerza era algo muy interesante porque se desconocía hasta entonces. En ese momento el nombre griego del ámbar era *electro* y desde ese momento, esta palabra hizo parte de nuestro vocabulario transformándose más adelante en electrón, electrónica, o electrostática. Para el fenómeno de la electrostática existen soluciones empíricas, hay compañías que usan aditivos, o al cambiar la humedad podría disminuirse la electrostática pero no hay un conocimiento real del por qué existen esas cargas, o que pasa con ellas. Cotidianamente, cualquier persona que viva en un clima frío y que use un saco de lana se da cuenta que cuando hay baja humedad se genera electricidad estática en su ropa, ahora lo que se quiere saber es exactamente qué pasa con esas cargas. Para poder entender este fenómeno, el Rpf. Hinehan desarrollado nuevas técnicas utilizando el microscopio de fuerza atómica. Ahora, uno de los problemas que se ha encontrado con la técnica es que medir esas cargas es una tarea difícil. La medición se realiza utilizando un condensador, dos placas y una fibra que pasa por el medio, así, se mide el campo eléctrico que se genera entre las dos placas. Si la fibra está cargada hay un cambio eléctrico, pero la distancia entre el condensador y las fibras es alrededor de un milímetro, que es una distancia extremadamente grande para donde están esas cargas. Si se observa la fibra a un micrómetro de distancia, que es mil veces más pequeño que un milímetro, la fibra parece uniforme, pero a 100 micrones se observan pequeños dominios que son altamente positivos o altamente negativos, cuando se está a 70 nanómetros hay áreas extremadamente positivas y extremadamente negativas, entonces ahí es donde se evidencia que la sensibilidad de la técnica que se está usando es extremadamente importante.

Revisiting 6,000 year-old problems *(continuación)*

Para estudiar adecuadamente el fenómeno, se debe estar tan cerca la superficie como sea posible, para eso se utiliza la técnica de microscopía de fuerza electrostática. Para evitar los problemas de la topografía, primero debe tomarse una imagen de como un tip o cono va pasando por una superficie siempre manteniendo siempre la misma distancia, recuerda esa topografía, después se sube y se le pone una corriente eléctrica, así este tip va a seguir la misma topografía que recordó de la primera parte, y lo que se mide es la interacción entre el tip y la superficie, específicamente, el cambio de amplitud y el cambio de frecuencia. Para esto se utilizan imágenes de gradiente de campo electrostático, usualmente si los materiales tienen atracción, la frecuencia en que vibran el tip y la muestra se reduce, y si los materiales tienen repulsión la frecuencia va a aumentar, entonces se miden los cambios en frecuencia y en amplitud. Más aún, si se está a una distancia de 50 nanómetros se pueden detectar fuerzas electrostáticas, pero si se está un poco más cerca, entonces hay otros fenómenos que básicamente son controlados por las fuerzas de Van Der Waals. En el caso en que se tenga un tip positivo y una muestra positiva lo que sucede es que el cambio de frecuencia va a aumentar porque hay repulsión y si la muestra fuera negativa disminuiría al haber atracción. Si ambos la muestra y el tip son positivos, usualmente la muestra genera algo que llama cargas espejo y eso hace que el material se vea menos cargado de lo que realmente es, y en caso contrario se puede ver más cargado. Así, se debe compensar el fenómeno, para esto, antes de medir se hacen modelos matemáticos, en este caso se desarrollaron dos modelos: El primero considera la interacción Coulombica y la polarización inducida, y el segundo que genera una capacitancia y un bias offset, estas ecuaciones pueden revisarse en los artículos de Joyoun Kim et al., 2006 y J. Kim et al., 2010.

Revisiting 6,000 year-old problems *(continuación)*

El primer modelo tiene el cambio de fase, $\Delta\Phi$ que es proporcional a la segunda potencia del voltaje del tip, y cada una de estas constantes nos da una indicación de la cantidad de carga Q , que es lo que se quiere medir. En el segundo modelo, el cambio de fase es proporcional a una variable ($C3$) que depende de la diferencia en el voltaje en el tip y la muestra, y el voltaje off set, en este caso se miden dos cosas, el cambio de fase y el cambio de frecuencia. Así, en el primer experimento lo que se hace es mantener la distancia entre el objeto y el tip constante, y en el segundo la distancia cambia pero el voltaje se mantiene.

Como ejemplo de aplicación de la técnica se tienen las fibras de las máscaras N95 que se usan para protección respiratoria, estas máscaras tienen una carga eléctrica que se reduce con la respiración de las personas o cuando hay contacto con solventes y por medio del experimento se puede observar cuando las cargas desaparecen. Si observamos la topografía de la fibra en función del voltaje entre el tip de la muestra (10V a -10 V). En la imagen del gradiente electrostático, la topografía no se ve afectada por el voltaje, pero si la respuesta electrostática. En el caso en que la muestra se biseccione se puede medir el cambio de fase como función del voltaje, utilizando los modelos se hace un ajuste encontrando el valor de las constantes. Luego que se realiza el mismo experimento pero tratando la máscara con agua, o alcohol para simular el efecto de la respiración o de desinfectantes, la topografía no cambia, pero si la distribución de la carga eléctrica. Así la máscara ya no es tan eficiente como antes, y si se parte la señal por la mitad ahora se observa que ya no se tiene la parábola de antes, si no una parábola centrada en cero y esta curva se puede utilizar para crear un modelo, y en ese modelo se encuentra que ocurren cambios en las constantes $C1$ y $C2$, especialmente $C1$ es al menos 100 veces más grande cuando la fibra está cargada a cuando no. En el segundo modelo lo que se quiere ver es el voltaje del bias off set que es de un orden de al menos 500 veces.

Revisiting 6,000 year-old problems *(continuación)*

Entonces utilizando ese modelo se puede observar que fibra está cargada y cual no, que se puede hacer mirando otro tipo de fenómeno, en el primero era cambio de fase y en el segundo es cambio de frecuencia obteniendo resultados semejantes, C1 cambia en una diferencia de 100 veces y el Bias off set en 500 veces.

En el siguiente experimento cambia la constante a el voltaje en -10V y se varía la distancia entre el tip y la muestra, con separaciones entre 50 a 1.000 nm se obtiene una señal, pero estas mediciones no se ajustaron a los modelos, debido a que cuando se está cerca del material solamente hay una pequeña interacción entre la punta del tip y la fibra, pero si se aleja un poco se observan las cargas que están al lado del tip, y si se aumenta la distancia, existe un problema para entender la dependencia de esa carga con la distancia. En este caso se utilizan modelos de tipo geométricos, así cuando se está cerca se puede aproximar la relación a la interacción entre una esfera y una parte plana, al alejarlo entre un triángulo y una parte plana, y cuando alcanza la distancia máxima se consideran como dos formas planas. Estas relaciones miden la derivada de la fuerza en función de la distancia, en el caso de la esfera la derivada (pendiente) es (-2), cerca al triángulo es (-1) y cuando se tiene la distancia máxima es (-3). Cuando se toman esas distancias y el modelamiento se hace de forma logarítmica la pendiente da alrededor de (-1), indicando que se encontraban en los límites entre el triángulo y la muestra plana. Entonces se probó de nuevo con fibras positivas y fibras negativas, detectando cuál es positiva y cuál negativa. El siguiente paso consistió en entender cuál era la carga, esto se logró con el apoyo de la Física Alba Ávila, profesora de la universidad de los Andes, y ella de manera matemática estimó el valor de esas cargas al descomponer el tip de esas cargas en diferentes cortes del tip (Gomez et al., 2010).

Revisiting 6,000 year-old problems *(continuación)*

La pregunta que queda es donde están las cargas y así el profesor Bonilla consiguió mapear la distribución de las cargas, encontrando que estas no se encuentran de forma homogénea en la superficie de la fibra (Bonilla et al., 2012). Este fenómeno es importante porque ayuda a predecir cómo puede ser la adherencia de una pintura en una superficie no uniforme como una pared donde puede haber alta concentración de cargas, también permite entender cómo pueden actuar lubricantes en máquinas o equipos, ya que si hay cargas eléctricas el efecto del lubricante va a cambiar. Entonces con los tres trabajos podemos saber si la muestra está cargada, cuanto es la carga y la distribución de las cargas que hay.

Actualmente se trabaja en la utilización de tips con diferentes formas, aunque estos resultan extremadamente costosos, para entender donde se pueden encontrar las cargas, que resultan de suma importancia cuando se trabaja con elementos muy pequeños como el material quirúrgico o filtración para respiración, la posición de esas cargas es importante, porque crea un falso sentido de protección.

Lo siguiente que se quiso hacer fue trabajar con una fibra de dos componentes, en una fibra de 10 micrones se pueden ubicar de 2.000 a 3.000 nanofibras, entonces se tienen nanofibras dentro de una fibra grande, y esto es importante porque las nanofibras son difíciles de manipular, pero al ponerlas en un solo cilindro es controlable. Para medirlas se utiliza el microscopio de fuerza atómica, con una técnica en la cual se toma la nanofibra y se empieza a hacer un “poking” para probar la muestra y medir la deflexión, básicamente como se mide la deflexión en los puentes, pero en este caso con materiales de 10 y 15 nm.

Revisiting 6,000 year-old problems *(continuación)*

Entonces se puede ver la fibra en una hoja perforada, se empuja la fibra y se puede medir la deflexión y basados en eso se encuentra que el módulo, o la cantidad de fuerza, “strength” de la fibra sube de manera logarítmica hasta el punto en que se vuelve un valor teórico de una sola molécula. Y allí es donde está la conexión con Staudinger, se puede calcular el valor máximo del módulo de elasticidad de un polímero, basado en la información de un solo componente de ese polímero, de un solo monómero. Cuando las cosas se hacen más pequeñas hay menos defectos y el valor del módulo empieza a aumentar, entonces se utilizan otras técnicas, como mapas de modulación donde se pueden ver los dos componentes, mapas de adhesión porque cada uno de esos componentes tiene un sistema de adhesión diferente, y se pueden hacer mapas de módulos elásticos, para entender que todo lo que se cree que es homogéneo, realmente no lo es, solo depende del instrumento con el que se observa o se utiliza para medirlo.

Se utiliza entonces una nueva técnica como la microscopía de fuerza atómica acústica AFAM, en la cual se utiliza sonido que viaja a diferente velocidad dependiendo de la resistencia del material. Esto se realiza con una compañía en Rusia llamada NT-MDT. Lo que se hace es colocar un transductor electroacústico, que envía las ondas y se utiliza el tip como micrófono, el cual escucha los cambios de frecuencia que hay a través del material y basados en esos cambios se puede encontrar cual de esas 2.000 o 3.000 fibras tiene mayor módulo y se puede escoger la que sea más fuerte, esta información es importante para hacer fibras para paracaídas. Otra técnica utilizada es aquella en la que se combina un microscopio de fuerza atómica con un espectroscopio de infrarrojo, con la que se pueden encontrar diferencias en composición en espacios muy pequeños.

Revisiting 6,000 year-old problems *(continuación)*

El último problema que se abordó, es un problema muy antiguo, inicialmente estudiado por Leonardo da Vinci, quien no lo publicó, por lo que pocas personas se lo atribuyen, lo publicó entonces el profesor Amontons en el 1600, pero el trabajo inicial venía de Leonardo, de allí la importancia de publicar. Este problema es responsable del 3% del PIB de un país, la cantidad de energía que se pierde por la fricción que genera calor, ineficiencias, ruido y bajas velocidades; y lo más importante es que las técnicas de medición de fricción son extremadamente primitivas, y realmente no son muy diferentes a las utilizadas por Leonardo hace muchos años. Esas técnicas tienen mucha relación con la fricción en textiles, en diferentes procesamientos de estos como hacer fibras y tejidos, hay fricción entre fibras, fibras y cerámicos, fibras y metales, entonces todas esas series de fricciones requieren de lubricantes, generalmente especializados, y el inconveniente es que aunque se sabe que el problema existe, las soluciones que se dan aún son de carácter empírico, pero no hay un conocimiento exacto de qué es lo que en realidad pasa. La forma en que se mide esa fricción viene del año 1957, básicamente es un sistema de poleas, en el cual se mantienen rotando con un lubricante y se mide el torque que se genera en la polea superior y de ahí se calcula el coeficiente de fricción utilizando las diferencias de torque, y se crea una constante que ajusta los datos a ese modelo y es lo que se conoce como el coeficiente de fricción (Hansen & Tabor, 1957). Se observa que hay diferentes regiones de fricción, está la parte hidrodinámica donde hay espacio entre las dos superficies y la parte donde las dos superficies están muy cerca una de la otra que se llama región límite “the boundary layer” (Olsen, 1969), esta última es la región más importante porque es muy difícil de medir. Para ello se utiliza otra técnica que se conoce como microscopía de fuerza lateral (Li & Hinestroza, 2008). La motivación es que las técnicas que se utilizan en la industria son muy empíricas y no existe fundamento clave para entender qué es lo que está pasando, y lo que se quiere hacer es crear un sistema para entender ese mecanismo de lubricación, así como por qué un tipo de lubricante puede resultar más conveniente que otro.

Revisiting 6,000 year-old problems *(continuación)*

Entonces lo que se hace es crear un sistema entre la fibra y la parte metálica con un lubricante y después con un tip de un microscopio de fuerza atómica, para ver cuales son las interacciones entre el lubricante y la superficie, lo más importante es que el tip ya no va de manera vertical, sino que lo hace de manera lateral, para detectar los cambios de topografía y de fricción, entonces al eliminar la señal de topografía se obtiene la señal de fricción. Lo más interesante es que si se agrega el mismo lubricante a tres superficies diferentes, se puede ver cómo las moléculas del lubricante se ensamblan de manera diferente. Como en el caso de las moléculas de un lubricante para polipropileno sobre el que actúan ensamblandose como un cepillo, mientras que sobre polietileno forman pequeñas islas, y sobre celulosa al no ser compatibles se organizan de manera amorfa. Esto permite saber que lubricante funciona realmente para cada aplicación. Se utilizó un lubricante de BASF para crear su propio lubricante y entender esas pequeñas relaciones entre los grupos de polímeros, se realizaron mediciones en aire, en agua y en lubricante. También se hicieron modelamientos matemáticos para entender cómo esas moléculas se abrían y se cerraban, y dependiendo de esa apertura se pueden crear diferentes coeficientes de fricción, al medir eso se puede calcular la interacción entre el tip y la superficie, y se puede ver que el lubricante funciona mejor en el polietileno que en la celulosa dónde cambia la forma de apertura.

Al observar una gráfica en la que la ordenada es el coeficiente de fricción y la abscisa la fuerza normal, entonces se recuerda de las clases de física, que el coeficiente de fricción era independiente del área de contacto, que solo dependía de la fuerza normal, esto hace parte de las leyes que encontró Amontons, pero resulta que esas leyes no son válidas para pequeñas distancias, en nanómetros, entonces se observa que con aire existe mucha fricción entre el polipropileno y el tip, que con la adición de agua disminuye significativamente, y la fricción va a ir bajando dependiendo de la fuerza normal.

Revisiting 6,000 year-old problems *(continuación)*

Cuando se agrega un lubricante, la fricción continua bajando, pero al aumentar la fuerza normal en un momento dado la fricción empieza a subir de nuevo llegando a ser incluso más alta que cuando se utilizaba agua como lubricante, entonces en determinadas circunstancias el agua puede llegar a ser más eficiente como lubricante que un producto de alguna compañía. El procedimiento anterior se realizó también para otros materiales, utilizando microscopía de fuerza atómica, donde se puede ver la composición y la configuración de las moléculas. Observando que con polipropileno ocurren fenómenos similares a los descritos en aire, agua y con lubricantes. Se puede modelar matemáticamente como esa molécula se conforma, que es de lo que decía el profesor Staudinger hace tantos años y nadie le creía, la conformación de esas moléculas, como iba a cambiar su configuración y aunque era la misma molécula, sus propiedades eran completamente diferentes. Nadie le creía a Staudinger en el año 1920, así que se debieron hacer experimentos por otros científicos que usaron Rayos X y osmometría, para que finalmente 30 años después, le otorgaran a Staudinger el premio Nobel por haber descubierto esto y probar que sus compañeros de universidad, colegas del mundo estaban equivocados, es algo muy difícil para un profesor probar que el resto del mundo está equivocado, se debe tener una gran vocación y estar convencido de que lo que se está haciendo es correcto.

Como conclusiones se tiene que sólo se puede entender lo que se mide, pero aún hay muchas preguntas por ser resueltas en el área de metrología. Las capacidades para medir no han avanzado tan rápido como la creación de nuevos materiales. La mayoría de los productos comerciales de lubricación que existen actualmente provienen de fórmulas de esfuerzos prácticos, pero realmente no existe un entendimiento preciso y fundamental de porqué funcionan de esa manera, esto porque la industria está más interesada en la eficiencia, en que funcione algo, que en entender el fenómeno como tal. Existen aún muchos problemas sin solucionar en los que se tiene soluciones empíricas, es decir existe algo que funciona como solución, aunque no se entienda el porqué sigue siendo válida.

Revisiting 6,000 year-old problems (continuación)

Lo más importante ahora es crear metrología a diferentes dimensiones, por ejemplo, para medir la carga de una fibra y compararlo con la carga en la eficiencia en una máscara de respiración que es 10^7 ó 10^8 más grande, es algo que se llama metrología de multiescala. Hay que estar seguro de que los equipos en realidad están midiendo lo que se cree, en este caso no fue así y debieron crear sus propias técnicas de medición lo cual fue maravilloso para entender un problema, pero no fue tan fácil, y llevan más de 14 años utilizando esas técnicas. El trabajo del Prof. Hinestroza está dividido en tres áreas: Creación de nuevos materiales utilizando estabilidades termodinámicas y eléctricas, modificación de materiales existentes con nanomateriales y metrología. Últimamente él y su equipo de trabajo están enfocados en aceleradores de partículas como el sincrotrón para medir las propiedades de las fibras.

Para conocer más del tema presentado por el Prof. Hinestroza se pueden consultar las siguientes referencias:

- ❖ Bonilla, R., Ávila, A., Montenegro, C., & Hinestroza, J. (2012). Direct observation of the spatial distribution of charges on a polypropylene fiber via Electrostatic Force Microscopy. *Journal of Microscopy*, 248(3), 266–270.
- ❖ Gomez, A., Avila, A., & Hinestroza, J. P. (2010). Surface charge estimation on hemispherical dielectric samples from EFM force gradient measurements. *Journal of Electrostatics*, 68(1), 79–84.
- ❖ Kim, J., Jasper, W., Barker, R. L., & Hinestroza, J. P. (2010). Application of electrostatic force microscopy on characterizing an electrically charged fiber. *Fibers and Polymers*, 11(5), 775–781.
- ❖ Kim, Joyoun, Jasper, W. J., & Hinestroza, J. P. (2006). Charge Characterization of an Electrically Charged Fiber via Electrostatic Force Microscopy. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 1(2), 155892500600100.
- ❖ Li, Y., & HINESTROZA, J. (2008). Boundary lubrication phenomena in coated textile surfaces. In *Friction in Textile Materials* (pp. 419-447). Woodhead Publishing



WEBINAR: “BRECHAS DE CALIDAD Y SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR PLÁSTICO EN COLOMBIA”

PRESENTADO: 14 DE OCTUBRE DE 2020

CONFERENCISTA: CLAUDIA LUCÍA CAMARGO GÓMEZ

Ingeniera Química de la Universidad Nacional de Colombia con Máster en Cosmética y Dermofarmacia en España. Cuenta con más de 9 años de experiencia en áreas de investigación y desarrollo, calidad y consultoría en gestión de proyectos estratégicos en empresas de la cadena de valor del sector cosmético, para la implementación y cumplimiento de estándares internacionales para acceder a nuevos mercados, entre estos EEUU y UE. Actualmente se desempeña como Consultora Nacional de Calidad para GQSP Colombia-Programa de Calidad para la Cadena de Químicos liderado por la ONUDI.

BRECHAS DE CALIDAD Y SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR PLÁSTICO EN COLOMBIA:

El Programa de Calidad para la Cadena de Químicos hace parte de la agencia especializada de las Naciones Unidas - ONUDI, que promueve el desarrollo industrial para la reducción de la pobreza, la globalización inclusiva y la sostenibilidad ambiental. Esta organización tiene cuatro pilares estratégicos:

1. Crear prosperidad compartida
2. Fomento de la competitividad económica
3. Salvaguardar el medioambiente
4. Fortalecer el conocimiento y las instituciones

Esta iniciativa hace parte a su vez del Programa Global de Calidad y Normas - GQSP que integra diez países priorizados para promover el desarrollo comercial en cadenas de valor específicas. En Colombia se está apoyando la cadena de químicos en tres frentes que son:

1. El fortalecimiento de los actores de la cadena de valor, para aumentar la competitividad en el cumplimiento de requisitos internacionales, mediante la capacitación de habilidades técnicas de clusters y consorcios, en temas de calidad y el entorno institucional.
2. Mejoramiento de infraestructura de calidad, se apoyan instituciones públicas y privadas para el desarrollo de regulaciones acordes con los estándares internacionales, y la implementación de sistemas de gestión de calidad e internacionalización de los servicios.
3. Promoción de la cultura de calidad, como un factor clave en la competitividad, mediante la divulgación de buenas prácticas internacionales y la adopción de estos estándares en los países que se apoya.

Brechas de calidad y sostenibilidad del sector plástico *(continuación)*

El objetivo del Programa de Calidad para la Cadena de Químicos en Colombia se centra en fomentar la integración del país en todos los sistemas de comercio regional y multilateral por medio del fortalecimiento del Subsistema Nacional de Calidad - SICAL apoyando a MiPymes del sector para que cumplan con los requisitos técnicos y normas internacionales de calidad y sostenibilidad que facilitará el comercio internacional. Es un proyecto que dura cuatro años y que inició en el 2019. Los donantes del programa son el Ministerio de Industria y Comercio, Colombia Productiva y la Secretaría de Desarrollo Económico, y la ONUDI lidera toda la ejecución del programa. Las entidades de apoyo son: SICAL, Acoplásticos y ANDI.

Para Colombia se seleccionó la cadena de valor de la industria química porque da un valor agregado importante en el PIB manufacturero, hay algunos retos regulatorios como la adopción de las recomendaciones por ingresar la OCDE, la adopción del Sistema Globalmente Armonizado - SGA, el tema de la estrategia de la Economía Circular, demanda creciente de servicios de laboratorio, adopción de principios de sostenibilidad y producción más limpia.

La cadena de la industria química es bastante amplia y va desde química básica, agroquímicos, plásticos y pinturas, cosméticos y aseo, y farmacéuticos. La idea es apoyar transversalmente a todos los actores pero se enfocan en la industria del plástico, química básica, y cosméticos y aseo. El apoyo se hace mediante el fortalecimiento de actores de la cadena de valor, con el desarrollo de documentación y guías para el cumplimiento de normas internacionales, y programas técnicos para la implementación del SGA, y de normas de calidad y sostenibilidad. Además se tienen programas de capacitación especializados, y el fomento del encadenamiento productivo, en donde se espera beneficiar a más de 470 MiPymes.

Brechas de calidad y sostenibilidad del sector plástico *(continuación)*

El segundo aspecto es el mejoramiento de la infraestructura de la calidad, la cual consiste en apoyar instituciones públicas que son pilares del Subsistema Nacional de la Calidad, mediante el fortalecimiento de capacidades técnicas para la vigilancia y control, trabajando con el Instituto Nacional de Metrología - INM, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA y próximamente con INVIMA. Así mismo, se va a desarrollar un sistema de información para que la industria conozca la oferta de laboratorios del país, y crear capacidades para que las empresas puedan utilizar estos servicios. También se incluye el fortalecimiento del INM con la creación de métodos de metrología química y fortalecimiento de comités de normalización técnica con ICONTEC. Se está realizando otro programa de apoyo técnico para laboratorios de ensayo en donde se apoya la implementación de la norma ISO 17025 y de Buenas Prácticas de laboratorio - BPL bajo la OCDE.

Por último tenemos la promoción de la Cultura de la Calidad, en donde se abarca el mejoramiento de la regulación aplicable a la cadena de químicos, desarrollo de un programa de formación técnica junto con el SENA de almacenamiento seguro de sustancias químicas. En general, se realizan recomendaciones a la políticas y regulaciones que se encuentran en curso en el país, y hay un a facilitación en instancias de diálogo entre actores públicos y privados.

En primera instancia cuando se llevó cabo el programa se realizó un diagnóstico al sector de plásticos para conocer cuáles son sus brechas de calidad y sostenibilidad y cómo desde este programa se puede apoyar para que el sector sea más sostenible.

Brechas de calidad y sostenibilidad del sector plástico *(continuación)*

Dentro de la metodología desarrollada en el programa para el sector plástico, se identificaron los tipos de productos con potencial de exportación, se realizó la revisión de las políticas y el marco regulatorio del sector dentro del contexto nacional, para luego revisar cuales eran los requisitos, las tendencias y los principales mercados dentro del contexto internacional. Luego de esto, se construyeron herramientas para la recopilación de la información a través del acercamiento con actores de la cadena como los Consejos Profesionales de Ingeniería Química - CPIQ y de Química de Colombia - CPQCOL, academia, instituciones como el Centro Nacional de Producción más Limpia, ACOPI, Acoplásticos, ICIPC, ProColombia, Minciencias, Minambiente, Mincomercio y empresas, además de los actores ya mencionados, con el fin de tener el feedback del sector y por último el análisis de la información y la construcción del documento. La recopilación de la información se realizó entonces mediante bibliografía especializada para las cifras del sector, 4 Focus Group en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Cartagena, con 51 actores de la cadena de valor de los plásticos, y se realizaron entrevistas a 21 actores clave del sector.

Con base en todos los insumos se construyó la propuesta de la cadena de valor del plástico, que parte de fuentes primarias que incluye además de la materia prima petroquímica los residuos de los productos plásticos, luego vienen las sustancias químicas primarias obtenidas a través de diferentes operaciones unitarias como las olefinas, aromáticos, aditivos y colorantes. A partir de estas y por medio de operaciones químicas especializadas de mezclas y reacciones químicas se obtienen las resinas en forma de pellet de poliuretano, polietileno, polipropileno, poliestireno, PVC y PET. Así continuando con la combinación de operaciones unitarias, reacciones químicas y procesos de mezclado se obtienen productos intermedios como envases, vasos, bolsas, botellas para la industria cosmética, farmacéutica, de alimentos, entre otras. Así mismo se obtienen productos finales para el uso del consumidor como juguetes, tuberías, tanques, etc.

Brechas de calidad y sostenibilidad del sector plástico *(continuación)*

También se presentaron los actores involucrados en la cadena de valor como los productores, que van desde mineras, carboneras, recicladores, entre otros; a medida que avanza la cadena se llega a los actores involucrados con la gestión de los residuos dentro de la estrategia de la Economía Circular. Transversalmente se tienen las entidades de apoyo como las organizaciones no gubernamentales, academia, institutos de investigación, los gremios, el gobierno, entidades internacionales que mueven todo el entorno regulatorio, económico y político de todo el sector.

Respecto a las cifras del sector se tiene que en tema de importaciones en el año 2018 Colombia generó alrededor de 792 mil toneladas que representan 1089 millones de dólares, dentro de los productos que más se importan se tiene las resinas de polímeros de etileno, PET, PVC y polipropileno, provenientes de países como EEUU, Brasil, México y China. En temas de exportaciones, la balanza está más inclinada hacia las importaciones, lo que permite visualizar una gran oportunidad del sector para crecer en exportaciones, para el 2018 se registraron 692 mil toneladas representando 897.627 miles de dólares y reportando un crecimiento del 2.7% respecto al 2017. Las resinas que más se exportan son las de polipropileno y sus copolímeros, PVC y sus compuestos, y polímeros de estireno, dirigidas principalmente hacia Brasil, India, EEUU, Perú y México. Por otro lado, la concentración de empresas del sector plástico en el país se encuentra en cuatro ciudades principalmente Bogotá con un 51%, 11% en Medellín, 10% en Cali y 4% en Barranquilla de un total de 4034 empresas registradas en la cámara de comercio, en donde el 98% de estas empresas son Mipymes, es decir pequeñas y medianas empresas con más de 65.000 empleos generados en Colombia, lo que la convierte en un sector industrial relevante para el país. Dentro de las aplicaciones del plástico en Colombia se tiene el 54% para envases y empaques, 22% para el sector de la construcción, 11% para otros usos, 7% para agricultura, y un 6% para uso institucional y del consumidor.

Brechas de calidad y sostenibilidad del sector plástico *(continuación)*

Los frentes de atención de los mercados para el sector del plástico en los marcos regulatorios, normativos y las tendencias, se analizaron comparando diferentes normativas internacionales en aspectos como materiales en contacto con alimentos, contaminantes químicos, entre otros. El factor que está regulado en todos los países analizados UE, EEUU, Brasil, México, Ecuador y Perú, es el post consumo y reducción de impacto ambiental. Enfatizando en los contaminantes químicos se encontraron frentes de atención en alimentos y cosméticos con bisfenoles, retardantes de llama, ftalatos, metales pesados, residuos de monómeros y N-nitrosaminas. Con respecto a la normatividad en términos de los Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC) se tienen las normas ISO 9001 de calidad, ISO 17025 de BPL, certificaciones de calidad, entre otros; en cuanto a Seguridad y Negocio se tiene la BASC, la ISO 27001 de Seguridad Informática, etc. En la parte ambiental, la ISO 14000, todo el tema de Economía Circular, Huella de Carbono, Plásticos Biodegradables, análisis de ciclo de vida de los productos, desde el diseño de producto, etc. Para Responsabilidad Social está la ISO 26000, URSA, entre otros; y en términos de Seguridad y Salud en el trabajo, se tiene la ISO 45000, OSHAS y Normas ARL. En temas de tendencias del sector plástico, está la de la reducción de los plásticos de un sólo uso, implementación de materiales inteligentes, biopolímeros, química verde, sustitución de solventes peligrosos para el medio ambiente, inteligencia artificial, ecodiseño, reciclaje químico, reducción del uso de microplásticos y la biodegradabilidad en general.

Dentro de las políticas que ha venido implementando el gobierno nacional se encuentran las estrategias para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), políticas nacionales para la gestión integral de residuos sólidos, crecimiento verde, producción y consumo sostenible, Economía circular y desarrollo productivo.

Brechas de calidad y sostenibilidad del sector plástico *(continuación)*

Específicamente, la política nacional de Crecimiento Verde se enfoca en promover actividades productivas comprometidas con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático, mejorar la calidad del aire, el agua y el suelo, así como la promoción del reuso y reciclaje de residuos, .En cuanto a la Economía Circular, el enfoque está dado en reducir la intensidad del uso de materiales la cual es 2.8 veces mayor que la OCDE, estrategias para aumentar la recuperación de plásticos que actualmente está en el 20% comparado con un 40% para OCDE, así mismo promover el análisis de ciclo de vida de los productos, y actualmente se encuentra en curso la Resolución 1407 de 2018 referente a la responsabilidad extendida al productor.

Con base en toda la información recopilada y analizada se identificaron las brechas de calidad y sostenibilidad para el sector plástico que se dividen en cuatro aspectos básicos: Requisitos técnicos, competencias técnicas, aseguramiento de calidad y métodos, y entorno institucional. En cuanto a requisitos técnicos, las brechas identificadas en el país se refieren a la alta dependencia de materias primas importadas, desconocimiento de los beneficios que presenta la adopción de normas y estándares de calidad, y de los requisitos del mercado internacional, baja implementación de la Economía Circular y gestión de residuos, y baja capacidad de I+D para desarrollar productos requeridos a nivel internacional. Con respecto a la regulación, hay un alto volumen normativo diversificada en diferentes actores, faltan repositorios de información regulatoria, incertidumbre de como adoptar las nuevas regulaciones y baja capacidad de la industria para poder cumplirlas. Respecto al tema de sostenibilidad, se evidencia la falta de expertos en este tópico, baja articulación entre academia e industria, desconocimiento de los sellos verdes, poca experiencia en iniciativas de sostenibilidad. Así mismo, en cuanto a la Economía Circular, hay un bajo aprovechamiento y creación de valor de los residuos plásticos, desconocimiento de metodologías de análisis de ciclo de vida, y baja infraestructura para procesamiento de plásticos reciclados.

Brechas de calidad y sostenibilidad del sector plástico *(continuación)*

Para el tema de vigilancia y control, se encuentran oportunidades para la estandarización de los criterios de inspección, promover el impacto previo a la normatividad, y fortalecer la capacidad de vigilancia y control del sector para que esta industria sea autorregulada y así evitar la competencia desleal. En temas de competencias técnicas, se tiene promover un mayor conocimiento de la normatividad nacional e internacional, aprovechamiento de residuos, ecodiseño e innovación, análisis de ciclo de vida, biodegradabilidad de plásticos, conocimiento en sellos y normas de calidad, buenas prácticas de fabricación, mejoramiento continuo: Kaizen Lean Manufacturing. En cuanto al tema de aseguramiento de calidad y métodos, está la dificultad de acceso a materiales de referencia, desconocimiento de metrología industrial, baja oferta de servicios de laboratorio con reconocimiento internacional. Dentro de los métodos que más se requieren para caracterizar materiales plásticos a nivel industrial están los de biodegradabilidad en plásticos, espectrofotometría IR, índice de fluidez, calorimetría diferencial de barrido, pruebas de resistencia química, metales pesados, contenido de geles en polímeros, nitrosaminas, entre otros. Respecto al entorno institucional, hay brechas en la sinergia entre instituciones, con oportunidades de promover alianzas entre la industria y la academia, apoyo en certificación de sistemas de gestión y reconocimiento de nuevos mercados objetivo, así mismo promoción del consumo racional del plástico.

Finalmente, lo que se pretende hacer para fortalecer la cadena de valor en el sector del plástico después de tener las brechas identificadas, es crear estrategias de un piloto de sostenibilidad, establecer un programa de formación y asistencia técnica para apoyar a la industria en la implementación de esos estándares de calidad y sostenibilidad con el fin de que haya modelos de producción de plásticos replicables, alineados a los ODS y reducir esos impactos ambientales.



El desarrollo de polímeros en Colombia y el mundo

WEBINAR: “AVANCES EN LA TECNOLOGÍA CIRCULAR DEL PLÁSTICO”

PRESENTADO: 03 DE DICIEMBRE DE 2020

CONFERENCISTA: JORGE ALBERTO MEDINA PERILLA

Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica y Director del Grupo de Materiales y Manufactura de la Universidad de los Andes, experto en el desarrollo de materiales poliméricos y su sustentabilidad, aplicados en los empaques, la construcción y la agricultura. El Prof. Medina afirma que la única oportunidad de crecimiento para la industria nacional y alternativa para el desempeño de los futuros profesionales de la ingeniería se encuentra en la Innovación y el Emprendimiento basados en nuevo conocimiento. Así, ha acompañado, con el auspicio de Colciencias, el surgimiento de empresas nacionales destacadas como Bioplast, desarrolladora de las sillas de los buses de Transmilenio y Woodpecker, fabricante de perfiles de PVC y cisco de café empleados en proyectos de vivienda y Ecobioplast SAS, fabricante de empaques biobasados y compostables.



AVANCES EN LA TECNOLOGÍA CIRCULAR DEL PLÁSTICO:

Actualmente el uso de los materiales plásticos está siendo muy cuestionado por el impacto ambiental negativo que estos generan, y conocer el estado actual de la producción de estos materiales es importante para participar activamente de diferentes escenarios en donde se establecen políticas para el manejo y disposición de los plásticos y sus residuos.

A través de su trayectoria en la Universidad de los Andes, una institución altamente calificada y reconocida por su aporte al desarrollo del país, y al trabajo realizado por su grupo de investigación en Materiales y Manufactura, han sido capaces de demostrar que con ejercicios de investigación se pueden crear empresas de productos y procesos adaptados al país para atender sus necesidades y generar empleo, una responsabilidad que debe impulsarse en los todos los profesionales del país.

Los conceptos alrededor de los materiales plásticos y su clasificación, comienzan definiéndose desde el origen no renovable de los polímeros que los constituyen, el petróleo es la fuente más genérica, aunque también el carbón ha sido considerada en oriente como base de la materia prima, estos últimos a costos mucho más bajos que los origen petroquímicos pero que generan unos impactos serios desde el punto de vista ambientales y sociales. También se encuentran polímeros de origen renovable conocidos como biopolímeros, que provienen de tres vías: extracción directa de la fuente natural, obtenidos por síntesis clásica y los provenientes de microorganismos. Además se pueden tener polímeros biodegradables y degradables independiente de su origen renovable o no renovable. Se debe tener en cuenta además la compostabilidad como medio para que se suscite la biodegradación sin alteración del ecosistema.

Avances en la tecnología circular del plástico *(continuación)*

Para una clasificación más detallada de los biopolímeros respecto a las vías de extracción, se tienen como ejemplo de aquellos provenientes de la biomasa como el almidón, la celulosa y el quitosano. El más representativo de los sintetizados clásicamente es el Poli-ácido láctico (PLA), aunque también se tienen el Bio polietileno (BioPE), BioPET y los poliuretanos bio basados como el BioPU. Entre los polímeros producidos directamente por bioorganismos se tiene el Polihidroxialcanoato (PHA), celulosa bacteriana, goma xantana, entre otros. Estos conceptos se definen para tener un entendimiento más adecuado de las estrategias que se han implementado para el uso y disposición de los materiales plásticos. La sustentabilidad fue un primer concepto para el uso balanceado de los materiales poliméricos en términos ambientales, económicos y sociales para el beneficio y la subsistencia de las generaciones futuras. Este concepto fue adorado, dentro de la economía circular, como aquel escenario donde se buscan los servicios y productos, que ayuden a mantener y minimizar las emisiones, los desperdicios y los consumos energéticos y de materia prima. Esto puede alcanzarse a través de diseños duraderos, el reuso, el reciclaje y la remanufactura.

La Fundación Ellen MacArthur, diseñó la mariposa de la economía circular, una conceptualización didáctica en donde se distingue entre las vertientes correspondientes a los polímeros de fuentes no renovables y los de fuentes renovables dentro de la economía circular. A la hora de evaluar esta estrategia, se tienen en cuenta puntos dentro de la cadena de valor del plástico en donde no es suficiente tener empaques con los sellos de reciclaje, biodegradabilidad y compostabilidad, porque se requiere más que eso de un compromiso de todos los involucrados en la cadena productiva del material, algunos como usuarios, otros como generadores de materia prima, otros transformadores y convertidores quienes son responsables del manejo y disposición del material.

Avances en la tecnología circular del plástico *(continuación)*

Hay otra tendencia importante dirigida a buscar alternativas a las fuentes no renovables, pensando que todos los diseños y productos sean concebidos desde el punto de vista químico bajo procesos no peligrosos, seguros para la salud y que se produzcan con dignidad, que las personas que estén en este ciclo sientan que su trabajo es útil y los favorece.

En un gráfico temporal de la producción mundial de plásticos y el crecimiento poblacional, se observa hoy día una tendencia creciente con una cifra de 7.5 billones de personas y 400 millones de toneladas de plásticos producidos para satisfacer las necesidades de las personas. Si no se pensara en los materiales plásticos, estaríamos en un proceso de retroceso en términos ambientales y los derivados de la salubridad y el desarrollo. Hay una contradicción de hechos que son incuestionables como los innumerables beneficios que han traído los materiales plásticos a la sociedad y la alta generación de desechos, que no es culpa de los materiales plásticos sino de la sociedad que no está comprometida con su uso racional.

Dentro de las aplicaciones más representativas de los plásticos se tienen los empaques, los involucrados en la construcción y los textiles. Así los materiales denominados de un sólo uso están dentro de los utilizados para empaques, con un alto impacto ambiental y un desperdicio económico considerable. En cuanto a la distribución de los materiales plásticos en el mundo, están concentrados en su mayor parte en Asia, en donde se utilizan mayoritariamente los producidos a partir del carbón y sólo se utiliza el PET de origen petroquímico.

Avances en la tecnología circular del plástico *(continuación)*

Describiendo en mayor detalle la demanda de los diferentes tipos de plásticos, las poliolefinas, es decir los polipropilenos, los polietilenos en distintas calidades están por el orden de los 185 millones de toneladas a nivel mundial, concentradas en el hemisferio oriental. Las capacidades instaladas de las compañías que producen poliolefinas se señalan también, específicamente para el PET se tienen 30 millones de toneladas a nivel global con una alta distribución en Asia, Europa y Norteamérica. Algunas de estas compañías están involucradas en el reciclaje mecánico del PET para aplicación nuevamente en empaques para alimentos y el reciclaje químico. Para el PVC se había presentado una mayor capacidad instalada con respecto a la demanda pero que poco a poco ha ido equilibrándose. Ahora con respecto a los bipolímeros, la capacidad instalada es de 2.11 millones de toneladas, con mucha expectativa en tasa de crecimiento para los biodegradables y los polímeros tradicionales generados por fuentes naturales, especialmente el BioPE de Braskem y el BioPET, esto se ha ido postergando por el bajo precio de los polímeros de origen petroquímico. En el caso de Colombia, en términos de producción de polímeros se tiene 1.4 millones de toneladas, fundamentalmente PVC de Mexichem, PP de essentia, PET reciclado mecánicamente de Enka, y algo de baja densidad y poliéster insaturado por compañías locales. El consumo de resinas en el país es de aproximadamente 1.4 millones de toneladas, en donde, parte se exporta y parte se importa para compensar la demanda interna. El consumo por aplicación está enfocado principalmente en empaques y construcción con consumo per cápita cercano a los 25 kg mientras que en USA es de 93 kg, en Alemania de 92 kg y el promedio europeo es de 67 kg, así se evidencia que en el país, todavía hay muchas aplicaciones y productos en potencia que pueden explorarse en donde se involucren materiales poliméricos. Sin embargo, hay un cuestionamiento importante respecto al ciclo de vida de los materiales plásticos, sin un aprovechamiento energético, de reuso o reciclaje, en donde históricamente radica la problemática de los plásticos de un solo uso, y que debe tenerse en cuenta para aumentar la producción de plásticos de forma responsable.

Avances en la tecnología circular del plástico *(continuación)*

La producción global de empaques plásticos asciende a unos 78 millones de toneladas, con una distribución de 50% para PE, 21% para PP, 15% para PET y un 5% para PVC y un 4% para poliestireno. Los cuestionamientos ambientales basados en los análisis de ciclo de vida han demostrado que las estrategias para el uso de los plásticos convencionales y productos más sostenibles con un mejor manejo son menos impactantes ambientalmente con un costo económico menor que las alternativas que se proponen para sustituir a los plásticos. Así, el camino de un manejo más sustentable y una viabilidad a la circularidad de los materiales poliméricos es el más promisorio. Respecto a la disposición, 40% van a los rellenos sanitarios, 32% se fugan al medio ambiente, es decir unos 8 millones de toneladas van a los océanos en forma de macroplásticos y microplásticos que son fracciones inferiores a 5 mm que se originan principalmente del desgaste de las llantas, el deterioro de las vías, microfibras de textiles y cosméticos. El 14% de los desperdicios plásticos se incineran y solo el 14 % se recicla, y el reciclaje con valor agregado es sólo del 2%. América Latina es un gran generador de macroplásticos, mientras que los países desarrollados generan más microplásticos. En cuanto a la generación anual de desperdicios, Latinoamérica está en una posición menos desfavorable pero le falta mucho camino en cuanto a su manejo y disposición.

Profundizando en el tema del reciclaje, se tiene que el reciclaje primario es el que se da a nivel industrial, en el termoformado, todos los residuos de los cortes se vuelven a moler y se incorporan. El reciclaje secundario es mecánico aplicado al material post consumo, con etapas asociadas a la recolección, selección, limpieza, y reducción de tamaño como retos para lograr productos de la mejor calidad posible. El reciclaje terciario o químico, se da a través del cracking o gasificación, la pirólisis y la metanólisis son las tecnologías que ya van en un escalado industrial. los materiales multicapas, y de co-extrusiones van para incineración en donde solo se pueden aprovechar energéticamente.

Avances en la tecnología circular del plástico *(continuación)*

El reciclaje mecánico de PET en Colombia presenta cifras representativas de 42.000 ton/año realizado por la compañía Enka y 6.000 ton/año por Apronet con un porcentaje de 30% del PET reciclado a nivel mundial que pretende crecer al 50%, comparados con la compañía estadounidense Verdeco con 259.000 ton/año y con Alemania que recicla alrededor del 95%. El reciclaje termoquímico, está involucrando procesos de pirólisis ya escalados industrialmente por compañías como SABIC, LyondellBasell, DOW, Repsol y BASF, en donde se desintegran completamente los polímeros para volverlos a integrar. EASTMAN lo está haciendo por la vía de la metanólisis para el reciclado de PET. Las Biorefinerías también se plantean como estrategia para a partir de la materia orgánica producir polímeros como es el caso del material UBQ que se produce en Israel en una planta de 5000 ton/año y se planea construir otra en USA de 100.000 ton/año para potenciar la economía circular de los biobasados.

Así, dentro de las estrategias que más se pretenden potencializar están el reciclado mecánico y el químico, con el fin de usar cada vez menos los rellenos sanitarios en función de aumentar también la recuperación energética. Sin embargo, la situación del reciclaje no ha aumentado en el tiempo. La situación puede mejorar entendiendo y controlando el flujo de materiales para obtener productos con materia prima reciclada de calidad comparable con los convencionales, fácilmente separables, reciclables y libres de contaminantes. Los retos que se proponen entonces para el reuso, el reciclaje y la obtención de productos reciclados de mayor valor agregado, se diversifican en términos de educación ambiental, separación de residuos desde la fuente y retos tecnológicos. Se deben promover entonces políticas claras para el aumento del porcentaje de residuos recogidos utilizados como materia prima y para el ecodiseño de productos. Así mismo, la responsabilidad del productor y las entidades gubernamentales es clave para garantizar la sensibilización del público y garantizar una adecuada recolección.

ESTADÍSTICAS DEL EVENTO

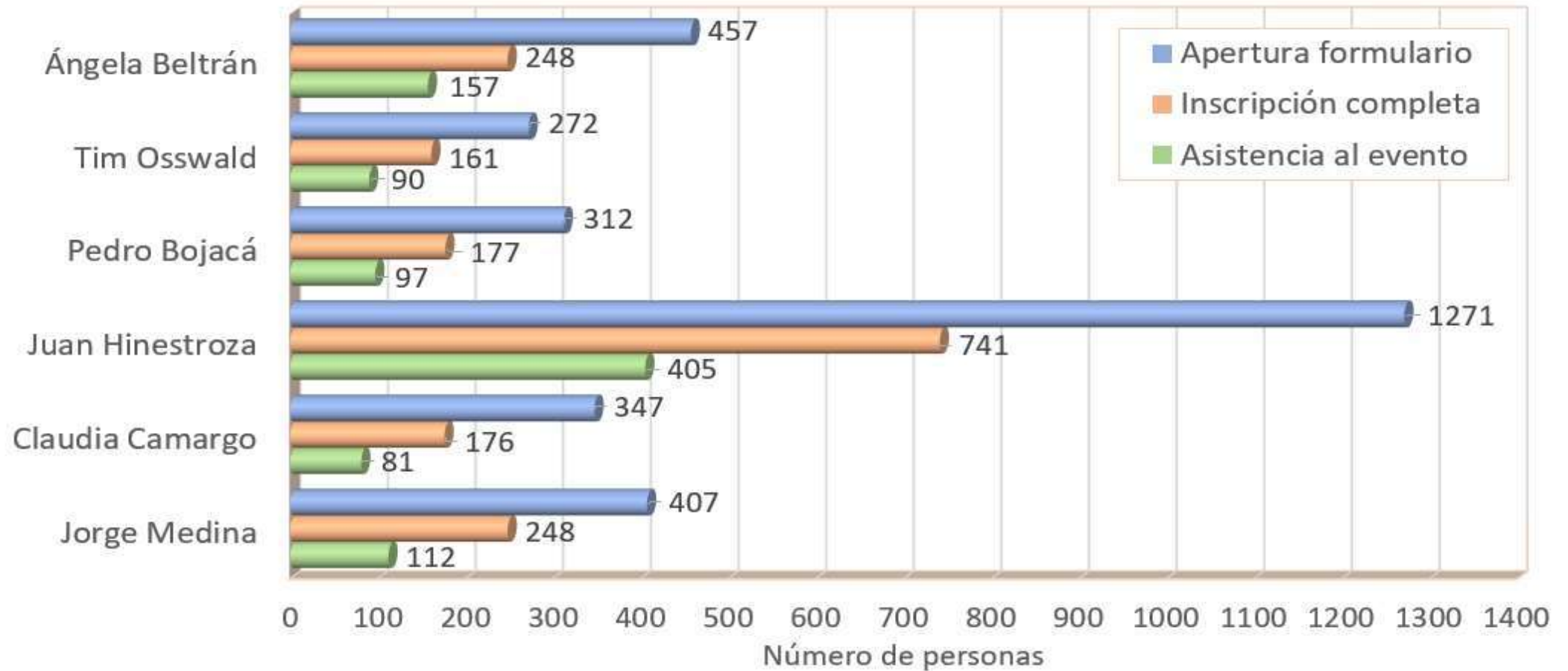


Figura 1. Cobertura de las interacciones del público y su interés hacia los webinars programados.

ESTADÍSTICAS DEL EVENTO



Figura 2. Estadísticas de las interacciones del público y su interés hacia los webinars programados. El índice de asistencia se calcula sobre el total de asistentes inscritos. El nivel medio de interés medido por GoToWebinar (en %) es la cantidad de asistentes que tienen el visor del software en primer plano en comparación con aquellos que lo tienen en segundo plano.

ESTADÍSTICAS DEL EVENTO



Figura 3. Cobertura geográfica: Alemania (*Dresden, Munich*), Argentina (*Buenos Aires*), Brasil (*Copacabana, Rio de Janeiro*), Colombia (*Aguachica, Barranquilla, Belén de Umbría, Bello, Cali, Cartagena, Cerinza, Chía, Chinácota, Cumbal, Duitama, El Peñol, Envigado, Facatativá, Floridablanca, Girardot, Girardota, La Calera, Madrid, Marinilla, Neiva, Palmira, Pamplona, Piedecuesta, Rionegro, Sabaneta, San Alberto, Sibaté, Sibundoy, Soacha, Tabio, Tunja, Villavicencio, Yopal, Yumbo, Zipaquirá*), Canadá (*Montreal, Toronto*), Chile (*Antofagasta*), Ecuador (*Quito*), Estados Unidos (*Idaho, Madison*), México (*Ciudad de México, León, Monterey, Puebla*), Perú (*Lima*), Puerto Rico (*Guayama*), Suecia (*Estocolmo*), Venezuela (*Barquisimeto*).

ASISTENCIA TOTAL:

759 personas diferentes se unieron a lo largo del año a los diferentes webinars.

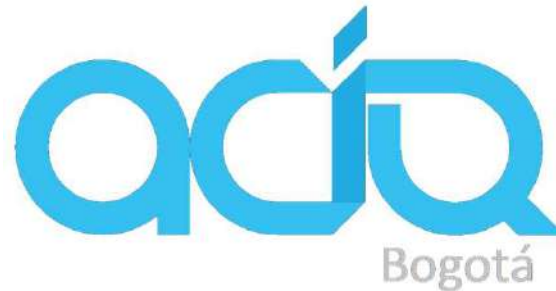


COMITÉ ORGANIZADOR:

JAIRO ERNESTO PERILLA PERILLA: Presidente de la Asociación Colombiana de Ingeniería Química y Profesiones Afines Capítulo Bogotá. Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Ingeniero Químico y Magíster en Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Doctor en Ingeniería de Polímeros, The Akron University, US.

ÁNGELA AURORA BELTRÁN OSUNA: Profesora de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central La Salle. Ingeniera Química y Magíster en Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Magíster en Ingeniería de Polímeros, The Akron University, US. Doctora en Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

SANDRA MILENA ARROYAVE PIEDRAHITA: Ingeniera Química, Universidad de Antioquia. Magíster en Ingeniería de Procesos, Offenburg University of Applied Sciences, Alemania. Magíster en Protección Medioambiental y Biotecnología, University of Warmia and Mazury, Polonia. Estudiante de Doctorado, Programa de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.



ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PROFESIONES AFINES CAPÍTULO BOGOTÁ – ACIQ BOGOTÁ

NIT. 900.773.239-4

Calle 99 #49-78, Oficina 405, Bogotá D.C., Colombia.

Teléfono: +57 320 6735768

www.aciqbogota.com

eventos@aciqbogota.com

Bogotá D.C., Colombia. 2020.