

EL CAMINO QUE COMENZÓ CON "¿...Y POR QUÉ?" Y ME LLEVÓ A INVESTIGAR EN MATERIALES¹

Palabras clave: Materiales biobasados, aceites vegetales, nanocelulosa.
Key words: Biobased materials, vegetable oils, nanocellulose.

La autora nos provee un ejemplo nítido de la íntima conexión entre la curiosidad y la obtención de resultados útiles para la sociedad – en este caso para diseñar nuevos materiales.

■ Mirta Inés Aranguren

Departamento de Ingeniería Química y en Alimentos - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)
Grupo Ecomateriales - Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA)- CONICET/UNMdP

marangur@fi.mdp.edu.ar

¹ Editor asignado: **Miguel A. Blesa**

■ UNA FAMILIA GRANDE

Me crié en una familia grande rodeada por generaciones mayores que nos inculcaban a mi hermana y a mí los valores del esfuerzo, la honradez, el respeto hacia los demás y la amabilidad en el trato. Pero tal vez convenga comenzar por el principio.

Mi padre, Carlos César Aranguren, nació en Ingeniero Luigi, La Pampa, fue uno de nueve hermanos que trabajaban fuerte en el campo. Más tarde la familia se mudó a Tandil y durante años, de muy chica, viajaba allí a visitar a mi abuela Inés (la madre de mi padre con quien comparto mi segundo nombre). Cuando papá andaba por los veintipico, se mudó a Mar del Plata a trabajar de lo que encontrara, desde levantar papas en el campo hasta ser obre-

ro de la construcción, un trabajo que hizo durante muchos años. Lo recuerdo llegar con las manchas de haber estado revocando paredes y trayéndome de vez en cuando unos pequeños azulejitos de colores que estaban muy de moda en los sesenta. Con su metro ochenta, era para mí el hombre más alto del mundo y me encantaba treparme al respaldo de su silla para hundir las manos en su pelo ondulado y oscuro.

Mi madre, Adelina Antonia Ballesterro, era una señorita de clase media hija de un vendedor de diarios con su kiosco muy bien ubicado en una esquina de la ciudad de Buenos Aires, donde veía pasar a personajes conocidos de la época, como la "señora Tita Merello". Mi bisabuela materna vivía entonces en Mar del Plata y la nieta, mi mamá, solía pasar sus vacaciones de vera-

no en "La Feliz". Uno de esos veranos conoció a mi papá en un baile de carnaval y con la venia familiar se casaron en 1957. Yo nací un año después, de un parto bastante difícil, con los médicos dedicándose a salvar a mamá y la partera haciéndose cargo de mí. Debo agradecer a esa partera de la que no conozco el nombre, pero que no se dio por vencida y me dio la primera oportunidad en la vida.

Mis padres se habían instalado en Mar del Plata. La bisabuela tenía tres terrenos pegados a mitad de cuadra, pensados para legarlos a sus tres hijos. La casa grande estaba en el medio y mi padre, que se daba maña para todo, construyó la casa para el joven matrimonio, un lindo chalet que se fue armando despacito. Cuando era chica el baño todavía estaba afuera, pero papá finalmente

terminó el baño adentro, completo y hasta con bañera.

Yo vivía en la casa grande con la bisabuela, mis abuelos maternos, que para entonces ya se habían mudado a Mardel, y mi tía abuela, viuda y enfermera en su juventud, pero que se había convertido en la maestra particular de todos los chicos del barrio que tenían algún problema para alcanzar el nivel que en ese entonces todavía se exigía en la escuela primaria.

Cuando yo tenía tres años y medio nació mi hermana, Susana Esther (Susi), un terremoto que claramente destacaba al lado de mi increíble parsimonia.

Los mayores estaban ya jubilados, pero todos hacían algo extra para llegar a fin de mes, mi tía abuela cosía, la bisabuela tenía una quinta fantástica donde crecían girasoles, maíz, zapallos, tomates, repollos, chauchas... además de los frutales, ciruelos de diferentes clases, manzano, nogal, higuera y el cerezo que era mi mayor placer. Además, ella cuidaba su gallinero donde también había patos y en un aparte, conejos. En ese entonces no me daba cuenta de lo afortunada que era por vivir en una casa así.

Toda la familia se esforzaba para que a mi hermana y a mí no nos faltara nada, aunque los vestidos que cosía la tía tenían costuras y dobladillos bien anchos para que los vestidos crecieran con nosotras. Yo era muy curiosa y siempre quería saber cómo funcionaban las cosas, por qué crecían las plantas, cómo se formaban las nubes..., lo que daba lugar a increíblemente largas sesiones de "¿y por qué?". Recuerdo un día en que mamá estaba lavando la ropa a mano y después de una maratónica sesión de mis porqués, terminó contestándome: "porque Dios

lo quiso así". Creo que más de una vez llegué a la respuesta del Creador por mi insistencia. Todavía recuerdo a los 4 años, después de haber martirizado una noche a mi tía abuela para que me leyera un cuento de animalitos y habiendo fracasado, le pedí que entonces me dijera cuales eran las letras "a" en el texto, luego las "s", y así con algunas más, hasta que mi tía se cansó y tuve que reconocer que las pocas letras que había logrado individualizar no me alcan-

zarían para armar palabras. Al menos hay que reconocer que tuve una buena idea esa noche. Después de eso me enseñaron a leer y a escribir, así que cuando cumplí los 6 años y me tocó empezar primero inferior, sabía ya leer, escribir, sumar y restar. La maestra me llevó a primero superior donde junto con otra maestra (mi primer tribunal de evaluación, aunque yo no lo sabía) me hicieron escribir en el pizarrón y resolver alguna cuenta, después de lo cual me



Figura 1: Primer día de clases (1964). Al lado mi hermana, Susana.

dejaron en ese grado. La escuela era la Nacional N° 95 "Provincia de San Juan" que cuando llegué a tercer grado pasó a la provincia (pasó a ser la N° 61); entonces se cambió la numeración de los grados, se perdió el primero inferior y la primaria pasó a terminar con séptimo grado. Mamá, que en su momento había terminado la secundaria, era perito mercantil, lo que le vino bien a futuro, mientras que papá no había tenido oportunidad de terminar la primaria, pero los dos como el resto de la familia tenían en muy alto concepto el estudio que consideraban el medio válido para la movilidad social.

Cuando yo tenía 7 años, mi padre pasó por un período difícil porque no encontraba "changas", trabajos temporales en la construcción, para colmo desarrolló una úlcera y en esa época el único remedio era hacer una dieta estricta, cuidarse y no hacer esfuerzos. Pero esas necesidades eran difíciles de satisfacer cuando se necesitaba traer dinero a casa, y finalmente se fue a cargar bolsas a los silos de puerto, lo que derivó en una úlcera perforada y peritonitis de las que no se pudo recuperar y falleció antes de cumplir los 37 años. Mamá tenía 33 años y de allí en más dedicó toda su vida a mi hermana y a mí. Volvió a trabajar en un hotel de temporada en Mar del Plata con una estación de servicio asociada y hasta su jubilación estuvo a cargo de la contabilidad diaria de los dos.

Recuerdo una niñez de las de antes con los vecinos jugando en el terreno grande de mi casa, pero estudiando mucho también, por gusto y curiosidad y por el incentivo de los mayores. Así en una época en que el honor de acompañar la bandera se obtenía gracias al esfuerzo y mérito alcanzado, en sexto grado me eligieron segunda escolta de la bandera de ceremonia y en séptimo fui la abanderada de la escuela. En

nuestro ambiente familiar nunca nos faltaban los libros, "el estudio es lo único que les vamos a dejar", decían nuestros mayores. Y por supuesto, no faltaban tampoco los libros de cuentos y de aventuras, la colección *Billiken* fue creciendo de a un volumen por mes, cuando la tía cobraba su jubilación, y se sumaron a algunas colecciones enciclopédicas (no todos podían ser cuentos) que ella y mi abuelo nos compraron en cuotas.

Entré a la secundaria que por ese entonces apenas había dejado de ser la Normal, para pasar a ser Escuela de Enseñanza Media N° 1. Dada mi poca habilidad atlética, educación física era la materia en la que obtenía las notas más bajas, generalmente alcanzaba el 6 o 7 que se necesitaba para no llevarla a marzo (y eso que realmente me esforzaba). En los últimos dos años de los cinco de la secundaria, había que elegir entre tres modalidades, Letras, Naturales y Físico-matemáticas, y obviamente elegí esta última, cosa que hicimos un puñado pequeño de estudiantes, aunque luego el número se agrandó con las pobres almas que no eligieron a tiempo. En el '73, cuando cursaba cuarto año las cosas se empezaron a complicar en el país y en la escuela. De noche el edificio prestaba sus instalaciones a la Facultad de Humanidades de la UNMdP. Cuando cursábamos nosotros por la mañana, nos tocó encontrarnos con alguna marca de un disparo nocturno en las paredes del aula. También tuvimos que desalojar la escuela numerosas veces por amenazas de bombas, y una vez nos hicieron salir con extrema premura y con ayuda de padres bastante desesperados porque nos decían que había un grupo armado en un café cercano. Al principio, nos asustábamos bastante, pero después de unas cuantas veces que incluyeron amenazas falsas, comenzamos a tener

clases al aire libre, en la plaza que estaba frente a la escuela. Con un año menos que el resto y una timidez que me alejaba de la mayoría de los encuentros sociales y así también del caos que nos estaba envolviendo, sólo deseaba poder estudiar con tranquilidad. En el último año fui abanderada y se terminó la secundaria.

Cuando en el '75 arranqué en la Universidad tenía 17 años recién cumplidos (cumplí en enero) y el país seguía atravesando una etapa oscura. La dictadura aseguraba la tranquilidad de los cementerios en la vida universitaria. Recuerdo con tristeza el miedo de mi madre que, a pesar de que yo no tenía ningún tipo de participación política, la llevó a quemar algunos libros que teníamos en casa y que temió que pudieran llegar a considerarse "políticos".

En la universidad, me empecé a sentir socialmente más cómoda, todos los estudiantes queríamos, en mayor o menor medida, aprender y terminar algunas de las distintas carreras de ingeniería que habíamos elegido, en mi caso ingeniería química. Había elegido ingeniería química sin saber muy bien en qué difería de la licenciatura, pero en ese momento esta última no estaba en la oferta de carreras de la UNMdP, así que decidí probar en ingeniería. Las matemáticas y álgebra me gustaron desde el principio y cuando en segundo año cursé Termodinámica fue muchísimo mejor. Cuando en tercer año empezaron las Operaciones (la primera, cantidad de movimiento) entendí que la elección de carrera había sido perfectamente acertada. Esto era lo mío.

Durante mi carrera, me esforcé en tener las notas más altas que yo pudiera alcanzar, pero con la condición de no retrasarme, ya que mi objetivo principal era recibirme para

poder contribuir al mantenimiento de la familia. Además, después de cursar el primer año, comencé a trabajar en los veranos como telefonista en un hotel y desde el tercer año de universidad como ayudante docente. Mi primer objetivo fue comprar una calculadora (sí, calculadora, que equivalía a casi todo el sueldo de la temporada de verano) y luego pagarme los libros que me hicieran falta durante el año, la papelería, un par de pantalones, un par de zapatos y si alcanzaba una camisa y/o un pullover. Así conseguí terminar la carrera con 22 años recién cumplidos, hacerla en cinco años y terminar con un promedio de 8.40 y sin aplazos.

■ LOS PRIMEROS AÑOS DE BECA Y EL COMIENZO DEL INTEMA

A mitad del último año de cursada, en 1979, fui a ver a un profesor que había llegado hacía no mucho tiempo a Mar del Plata, desde La Plata, el Dr. Roberto Williams (<https://argentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-3-2015/>). Yo quería intentar obtener una beca de CONICET bajo su dirección. Por ese entonces, él era el profesor a cargo de Operaciones con Transferencia de Masa y sus clases me habían parecido brillantes, tanto por el conocimiento que demostraban como por la claridad de comunicación de este profesor que parecía tener un cerebro extremadamente ordenado, capaz de recuperar la información requerida casi en forma instantánea y una capacidad de análisis destacable. Muy amablemente, me dio todas las explicaciones necesarias y me invitó a entrevistarme con otros profesores, que también se habían incorporado recientemente en la UNMdP, para hacer una elección a conciencia. Sin embargo, pasado el lapso indicado y sin haber consultado a nadie más, volví y le dije que no necesi-

taba hablar con nadie más porque quería trabajar con él. Así fue que me presenté a CONICET y eventualmente me convertí en la primera becaria del Dr. Williams. También me anoté para hacer una pasantía de verano en la industria, pero mis buenas notas, celeridad en la carrera y juventud no fueron suficientes en esa época para balancear el hecho de ser mujer.

Cuando en abril del '80 comencé mi beca de CONICET, en el tema de Polímeros, descubrí que no sólo iba a trabajar con el Dr. Williams, sino también con el Dr. Julio Borrajo, profesor de la cátedra de Termodinámica en la que yo me desempeñaba como ayudante, y a quien yo estimaba y estimo profundamente (ha acompañado a mi familia en casi todas las fiestas de cumpleaños mías y de mis hijos). El tema con que empecé mi beca era resinas fenólicas, casi lo único que podíamos preparar y caracterizar en el laboratorio por ese entonces. Cuando me incorporé, teníamos un reactor de acero inoxidable de 1 L y un DSC Dupont que obviamente no tenía salida digital, sino que permitía el dibujo de la curva sobre un papel especial con una pluma que se desplazaba en el plano x-y siguiendo el calor vs. tiempo. Después calcábamos la curva en papel de plano (pesado y con densidad más homogénea que el papel común), recortábamos la imagen obtenida y transformábamos el peso de la pieza recortada en calor por unidad de masa. Aquí ayudaba tener buena motricidad fina para recortar la pieza a intervalos regulares (intervalo de tiempo constante en la medida) y con ello calcular el avance de reacción en el tiempo. También había un equipo de espectroscopía infrarroja, un IR (no un FTIR) cuyos gráficos había que copiar y/o escalar para poder informar los resultados o ilustrar un *paper*. El estudio

del curado en molde de unos noyos de arena recubierta en fenólica que hicimos como respuesta a unas preguntas de una empresa metalúrgica de Tandil, requirió de mucha imaginación para diseñar el equipo que permitiera recubrir la arena y formar placas donde seguir la penetración de calor desde la pared del equipo y el avance de la reacción. El Dr. Borrajo se destacó por conseguir hacer el equipo entre otras cosas con un caño descartado y un patín viejo de sus hijos (seguro que no se lo pueden imaginar, pero funcionó). El modelado por su parte requería usar resolución por computadora, pero sólo teníamos una vieja Wang de 16K (¡actualmente no podríamos correr ningún software!) que no tenía salida excepto por pantalla, así que yo iba con un cuadernito a copiar 20 líneas de salida y darle el OK para que continuara con las siguientes 20 líneas. Luego había que graficar en un papel milimetrado que se vendía por metro, los perfiles de temperatura y los de avance de reacción. En algún momento descubrimos un error en el código que nos obligó a desechar tres meses de trabajo y empezar de nuevo con la copia de pantalla y el dibujo en papel milimetrado.

En mi primer año como becaria de CONICET, también empecé a estudiar alemán y me encontré con que otros tres o cuatro ex-compañeros de ingeniería estaban en el mismo curso del Laboratorio de Idiomas de la UNMdP, entre ellos el recientemente recibido Ing. Jorge Froilán González, que había sido mi compañero en los últimos años de carrera. Él también había empezado una beca de CONICET en el área de ingeniería bioquímica. Nos pusimos de novios ese año (1980) y nos casamos en diciembre de 1983.

Esos primeros años en el laboratorio de Polímeros fueron realmen-

te de aprendizaje y crecimiento y también de camaradería. En el grupo éramos pocos y nos reuníamos una vez a la semana, en un aula para discutir uno o dos *papers* que alguno de nosotros presentaba. No había posgrado todavía en la UN-MdP y estudiábamos juntos. De vez en cuando el Dr. Williams tenía la posibilidad de viajar al exterior a algún congreso y cuando volvía, la reunión del grupo quedaba a su cargo. Él nos contaba todo lo nuevo que había escuchado, cuáles eran los temas que se discutían a nivel internacional y además nos pintaba el encuentro, el lugar, los detalles del congreso y la gente que había conocido. Todavía recuerdo cuando fue a una *Gordon Conference* en New Hampshire y al volver nos contó sobre las características de las edificaciones, casas y los colores de los árboles en esa zona, las reuniones en las cenas y todo aquello que nos permitiera compartir su propia experiencia.

Como dije antes comencé en 1980, así que fui testigo del ímpetu de los investigadores pioneros que dieron origen al INTEMA. Recuerdo al Dr. Williams luchando para obtener la doble dependencia de la UN-MdP y de CONICET. El instituto fue el resultado del empeño de un puñado de visionarios que se juntaron para llevar adelante la creación de un instituto dedicado al tema que los unía: Materiales. En 1982 se inauguró el instituto y nos mudamos a la nueva parte del edificio de Ingeniería dedicado a INTEMA, que parecía muy grande comparado con los laboratorios de los que veníamos y de las aulas prestadas por Ingeniería, pero que años más tarde habría de quedar muy chico para la cantidad de personal que se fue incorporando, hasta que nuevamente nos mudamos al actual edificio de "Colón al fondo" (un proceso que duró unos años desde antes de la

pandemia COVID hasta su finalización).

■ LEJOS DE CASA

Antes de completar los cinco años de becas internas de CONICET, mi marido y yo debimos optar por ir a hacer un estudio en el exterior para mejorar la probabilidad de ingresar en la carrera de investigador (la UN-MdP no ofrecía posgrados por ese entonces, así que no estábamos tan bien posicionados como los becarios formados en la UNL o UNS), y en mi caso ayudar a consolidar el joven grupo de Polímeros. Así decidimos buscar una universidad de prestigio, que tuviese buenos científicos en ambos temas de investigación y fue así que identificamos el Depto de Ingeniería Química y Ciencia de Materiales de la Universidad de Minnesota, en EEUU. Yo sabía que era muy buena en polímeros, el Prof. Christopher W. Macosko, estaba allí y ya tenía lazos con Argentina porque había sido "advisor" del Dr. Enrique Vallés del PLAPIQUI. Mi esposo encontró que podía ser un buen lugar para él también porque allí estaba el Profesor Arnie Friedrichson, pero él ya estaba cerca de retirarse y le aconsejó contactar a un profesor recientemente incorporado el Dr. Wei Shu Hu, que posteriormente demostró su valor haciendo muy importantes contribuciones en el campo de la bioingeniería. Era entonces 1985 y finalmente obtuvimos las dos becas externas de CONICET para ir a Minnesota aunque, cosas de esos tiempos, CONICET decidió pagarnos sólo una beca y media ya que como estábamos casados íbamos a compartir la vivienda... Así fue durante tres años, y luego la beca externa se terminó, pero seguimos el doctorado con el soporte de la *U of M*, mientras continuamos como "teaching assistants". A poco de llegar allí nos enteramos de que el

lugar que habíamos elegido estaba "rankeado" entre los mejores (entre los dos primeros mejores, alternándose según los años con la vecina *University of Wisconsin*), lo que significaba que había mucha exigencia sobre los estudiantes y profesores para mantener ese lugar. Consecuentemente, la etapa de estudiantes graduados fue dura, pero por suerte éramos dos para apoyarnos. En ese tiempo la comunicación con la familia dependía del correo aéreo (las cartas se escribían en papel finito para que pesaran y costaran menos) y de las llamadas telefónicas, una o dos veces al mes alternando entre mi madre y mi suegro (los dos viudos). Completamos los cursos de doctorado, 17 o 18 cursos cuatrimestrales, durante los dos primeros años, y aprobamos los exámenes preliminares (una tortura para los nervios y una prueba de carácter tanto o más que de conocimientos) que definían si estábamos capacitados para seguir el camino al *PhD* o si debíamos completar el *Master of Science*. Luego de los exámenes y los cursos, nos pudimos concentrar en nuestro trabajo de tesis que si bien seguía requiriendo dedicarle muchas horas de nuestros días, nos empezó a dejar algo de tiempo para ir al teatro de vez en cuando o encontrarnos a comer un asadito con otros argentinos, por lo general en las fiestas patrias o las de fin de año.

■ LA VUELTA A LA PATRIA: ¿Y AHORA QUÉ?

Era hora de regresar, pero en 1989 hasta mi madre, que siempre nos preguntaba cuando íbamos a volver, empezó a hacer comentarios que incluían la pregunta velada sobre si estábamos seguros de querer volver. En Argentina se había desatado la hiperinflación, pero nosotros estábamos decididos a volver. A pesar de haber recibido alguna oferta para quedarnos y trabajar en

la industria (Dow Corning que había pagado buena parte del desarrollo de mi tesis esperaba que siguiera en sus laboratorios, el siguiente becario que tomaron en el tema tuvo que asegurarles que se quedaría en EE.UU. antes de empezar su trabajo), nosotros deseábamos volver a casa y empezar una familia propia. La decisión estaba tomada: nos volvíamos.

La vuelta a la patria después de defender las respectivas tesis doctorales (cosa que hicimos con apenas dos o tres meses de diferencia) fue a fines de marzo de 1990. Siendo estudiantes, habíamos ahorrado sólo un poco, pero era tal el descalabro en Argentina que nos alcanzó para comprar nuestra casita, en la cual todavía vivimos. También nos encontramos con que la carrera de investigador de CONICET estaba cerrada, así que con nuestro doctorado bajo el brazo nos volvimos a la UNMdP en la que todavía estábamos con licencia sin goce de sueldo y en la que nos reincorporamos como Profesores Adjuntos. La carrera del investigador se abrió un tiempo después e ingresé como Investigadora Adjunta sin director en 1992.

Apenas llegados, comenzó la doble tarea de armar una familia y arrancar una línea de investigación propia. Para lo primero y como la naturaleza no parecía ayudarnos mucho, nos anotamos como padres en espera de adopción en numerosos juzgados desde el Norte al Sur del país... y a los 5 meses nos llamaron desde Tartagal, Salta, para avisarnos que había un bebé de 7 meses, esperando papás y allá fuimos a buscar a Pablo, que hoy tiene 33 años y vive con nosotros. A los dos años nos anotamos de nuevo, esta vez nos llamaron a los tres meses desde nuestra misma Mar del Plata, y entonces llegó Belén, una hermosa bebé de 45 días, hoy con

31 años, casada y mi deportista favorita: es una excelente corredora en ciclismo adaptado. Luego cuando estábamos pensando en anotarnos para buscar el tercer hijo, llegó Juan Manuel, por la vía tradicional, y aunque tuve que pasar seis meses en cama durante el embarazo, Juanma nació sin problemas y hoy está terminando su doctorado en Física en el Instituto Balseiro. Los tres se aman y se apoyan mutuamente, lo que nos hace tremendamente felices.

Obviamente, llevar adelante el trabajo de docente-investigador y una familia de tres hijos, no es tarea sencilla y hubiese sido imposible sino fuese porque mi marido y yo siempre nos apoyamos y suplimos las tareas cuando alguno viajaba: en el 91 me quedé sola un mes con Pablo porque mi marido viajó a Perú por un trabajo de la FAO, en el 93 se quedó él solo un mes y esta vez con Pablo (3 años y medio) y Belén (1 año y medio), porque me fui a Italia por una colaboración con la Universidad de Perugia (Italia). Después de semejante entrenamiento, él ya estuvo preparado para cuidar a los dos mayores mientras yo estuve en cama los últimos seis meses del embarazo de Juan Manuel. La revisión de un *paper* que habíamos enviado a publicar (uno de los primeros relacionados con compuestos con harina de madera) llegó en ese momento y como el tema a revisar recaía principalmente en mí, las discusiones de trabajo con las coautoras las hicimos con ellas sentadas a los costados de mi cama (Marcovich y col. 1996).

¿Y qué pasó en el laboratorio? El Dr. Williams acogió con generosidad a todos sus ex-becarios que regresábamos de las estancias en el exterior, permitiéndonos hacer uso de todos los recursos disponibles y (casi) empujándonos a

encontrar nuestras propias líneas independientes. Al principio esto no parecía tan fácil, así que me dediqué a escribir un trabajo sobre cristalización de polidimetilsiloxano (PDMS), usando resultados colaterales a mi tesis y que mi antiguo *advisor* había decidido no considerar para su publicación (a pesar de mi insistencia). En ese trabajo, entre otros resultados, corregí un malentendido que había persistido en la literatura por décadas y que llevaba al cálculo erróneo del calor de fusión del PDMS (Aranguren, 1998). Este trabajo es bastante citado y la corrección figura ya incluida con la correspondiente cita en el manual de "*Physical Properties of Polymers*" de James E. Mark (2007).

Mientras tanto seguía pensando en una nueva posible línea de trabajo que pudiera llevar adelante con el equipamiento y los recursos materiales disponibles. Así fue que con María Marta Reboredo (MSc, Ing Química -UNMdP, compañera en la época de estudiantes y de becarias y actualmente comadres), nos juntamos para arrancar un trabajo sobre compuestos poliméricos, pero con una variación, las cargas o refuerzos a usar iban a ser partículas o fibras de origen vegetal. Yo tenía interés en estos materiales y ella había hecho su estadía externa en Canadá sobre materiales compuestos con el Dr. Pigott (Universidad de Toronto). La idea surgió un poco a partir de la necesidad de usar recursos baratos y de amplia disponibilidad en el país y otro poco a partir de ver un *paper* que me acercó mi esposo, cuando yo repetía que no podía seguir con las siliconas cargadas con sílica-humo que había estudiado en Minnesota, ya que eran muy caras y había que importarlas. Así en 1991 fuimos por primera vez con mi colega a buscar aserrín de eucalipto al aserradero que estaba a media cuadra de la Facultad de Ingeniería.



Figura 2: En el viejo laboratorio de Polímeros en el primer edificio de INTEMA. (~ 1993) De izq. a derecha: yo, mi colega, la Ing. María Marta Reboredo y nuestra primera becaria Dra. Norma E. Marcovich. Se pueden ver los tamices para clasificar la harina de madera sobre la mesa y al fondo la estufa de vacío y el molino que compramos con el subsidio de IFS.

En esa época, los "papers" se pedían por carta al autor y había que esperar la copia, que no siempre llegaba. Además, todavía se publicaba muy poco a nivel mundial en el tema de "natural fiber composites", por ejemplo Scopus muestra 35 artículos publicados en 1991, que pasaron a ser 142 en 2000 y 2572 en 2022 (acceso el 15 de Octubre de 2023). En particular nuestro trabajo fue pionero en el país: como dije el tema lo comenzamos en 1991 y la primera tesis relacionada fue la de la Dra. Norma Marcovich, que la defendió en 1996. Un buen ejemplo sobre lo novedoso de la línea, fue la reacción de nuestros colegas cuando nos veían tamizando aserrín en el laboratorio. El chiste infaltable era: "¿Dónde tienen escondido al gato?" o el comentario que nos hicieron al terminar la defensa del plan de trabajo nuestra primera becaria: "Felicitaciones, porque han podido hacer ciencia a partir de estos materiales". El comentario fue positivo, pero también mostraba la

incredulidad inicial de que "eso" fuera a resultar en un trabajo serio. A los pocos años, otros investigadores se fueron sumando a la nueva onda y el trabajo independiente que comenzó la Dra. Analía Vázquez permitió iniciar colaboraciones entre nuestros grupos y algunos investigadores europeos y brasileños que también estaban haciendo sus primeras incursiones en el tema. En esa época nosotros, al igual que muchos investigadores de otros países (incluso algunos investigadores muy reconocidos), íbamos a los congresos llevando muestras de nuestros materiales, que entregábamos al público mientras exponíamos para que tuviesen una mejor idea de lo que estábamos hablando, así de poco se conocían entonces estos materiales. Además de ser parte de un grupo de investigadores que llevábamos adelante un tema nuevo, nuestros primeros artículos tuvieron una muy buena acogida internacional porque en lugar de sólo describir si una propiedad mejoraba más o menos y

explorar cual sería la mejor concentración de harina de madera o de fibra a agregar, nosotras explicábamos las razones físicas por las que los cambios ocurrían y que en algunos casos eran específicos de estos materiales y que no eran habituales en compuestos sintéticos. Nuevamente, este acercamiento al tema no era frecuente en ese momento.

■ EL PRIMER SUBSIDIO PERSONAL Y EL DESARROLLO DE UNA NUEVA LÍNEA DE TRABAJO

En 1992, obtuve mi primer subsidio personal y vino desde Suecia. Aunque no era exactamente mi área de trabajo, presenté la solicitud de subsidio a la *International Foundation for Sciences* (IFS) en el área de *Forestry*, que era lo más cercano a mi trabajo en "wood plastic composites". Esto me dio la libertad de comprar equipamiento necesario para nuestro trabajo, un molino IKA, un pHmetro y la posibilidad de encarar la construcción de un mezclador in-

tensivo de 500 cm³, ya que el que teníamos en el laboratorio, de 50 cm³, era muy pequeño para preparar el volumen de materiales que nosotros necesitábamos para ensayar. Esto nos permitió empezar a trabajar con mayor independencia y la renovación de este subsidio, nos permitió agregar una estufa de vacío que cuidamos como un bebé para tenerla siempre lista para secar/controlar la humedad de las fibras y partículas

vegetales que usábamos. Mientras todo esto ocurría en este tema, yo seguía trabajando en termorrígidos en colaboración con el Dr. Julio Borrajo y conseguí dos subsidios de la *Third World Academy for Sciences* (TWAS)¹ que aunque modestos permitieron entre otras cosas comprar un agitador que todavía sigue en uso en nuestro laboratorio. Con el Dr. Borrajo, dirigimos la beca de la Dra. María Luján Auad, hoy profesora

en la Universidad de Auburn, en Alabama, EE.UU., y con quien mantuvimos colaboraciones como investigador argentino en el exterior por muchos años. Esta colaboración nos llevó a recibir una becaria suya en nuestro laboratorio y a viajar en distintas oportunidades a Alabama. En 2013, la Dra. Auad nos convocó a la Dra. Marcovich y a mí a participar como docentes en un *workshop* interamericano "*Pan-American Advanced Studies Institute* (PASI-NSF)" en Costa Rica, con el soporte económico de la *National Science Foundation* (NSF), y dedicado a estudiantes de las Américas y enfocado en los materiales biobasados. Este fue un evento enriquecedor, en el que compartimos una semana con investigadores de EE.UU., Finlandia, Colombia y Costa Rica, además de con los estudiantes venidos de distintos países americanos.

A medida que avanzamos en el desarrollo de nuestra propia línea de investigación, pasamos de usar termorrígidos (ya que los monómeros iniciales eran más fáciles de mezclar con la harina de madera) a termoplásticos, en particular trabajamos bastante con polipropileno. En este caso también contribuimos a interpretar el comportamiento viscoelástico de la mezclas de los compuestos fundidos con harina de madera incorporada. Vimos que era posible construir una curva patrón usando las respuestas dinámico-mecánicas (en zona de viscoelasticidad lineal) obtenidas a una temperatura fija y para diferentes concentraciones de harina de madera. Si bien actualmente no es extraño encontrar curvas patrón generadas a partir de muestras con diferentes concentraciones, en ese entonces no podíamos encontrar nada semejante entre los artículos del área de polímeros. Finalmente, pudimos encontrar un artículo referido a este tipo de escalado en una revista de física (Trappe



Figura 3: PASI en Costa Rica (2013). De izquierda a derecha: la Dra. María Luján Auad (Prof. en la Auburn University, EEUU), yo y el Dr. Orlando Rojas (Prof. en la North Caroline State University, EEUU).

y col., 2000), lo que daba soporte a nuestro análisis y escribimos el artículo en colaboración con el Dr. José Kenny de la *Università di Perugia*, Italia, el cual fue muy bien recibido (Marcovich y col., 2004).

Como fruto de las colaboraciones que establecimos en el grupo, tuve un becario doctoral con beca mixta de CONICET, el Dr. Adrián Núñez (hoy en Techint) para llevar adelante un trabajo sobre la fractura de compuestos termorrígidos con harina de madera y sisal con el Prof. Lars Berglund del *Royal Institute of Technology* (KTH) en Estocolmo, Suecia. Algunos años más tarde nosotros recibimos a una estudiante sueca, María Wik, que vino a hacer su trabajo de maestría en nuestro laboratorio.

Con el tiempo, nos fuimos planteando la necesidad e importancia de dejar de usar polímeros sintéticos para usar en cambio biopolímeros o polímeros bio-basados. Entonces, dentro del tema de termorrígidos que todavía mantenía con el Dr. Borraro, trabajamos con taninos con la hoy Dra. Mirna Mosiewicki con el objetivo de reemplazar resinas fenol-formaldehído y preparar compuestos con harina de madera. Más tarde, nos enfocamos en los aceites vegetales para obtener a partir de ellos resinas poliéster y luego, con Dra. Mosiewicki seguimos con la síntesis de biopoliolos para preparar poliuretanos. A partir del estudio de los compuestos de bio-resina poliéster y harina de madera, descubrimos la importancia de seguir la evolución de los materiales en el tiempo, debido a las reacciones de oxidación de los segmentos derivados de los aceites insaturados (Mosiewicki y col., 2007).

Con la Dra. Mosiewicki continuamos con el agregado de nano-

magnetita, un material que había despertado su interés luego de una estadía en Auburn. En este caso usamos aceite de tung que nos permitió usar polimerización catiónica y que era un camino de síntesis nuevo para nosotros. Los materiales mostraron memoria de forma lo que nos permitió analizar una nueva funcionalidad en los polímeros biobasados, además de activar la respuesta mediante hipertermia ya que incorporamos nanomagnetita, en una colaboración que tuvimos con investigadores de La Plata y de San Pablo, Brasil (Meiorin y col., 2012; 2018).

Como dije antes, en un comienzo utilizamos fibras vegetales, materiales que naturalmente son compuestos donde el refuerzo fibrado es la celulosa. Entonces, comencé a pensar en usar un material que sólo fuese celulosa, y como ya por entonces se estaba hablando de las ventajas de la incorporación de nanopartículas en los compuestos poliméricos, pensé en usar la nanocelulosa y en particular los nanocristales de celulosa (CNC) que así hicieron su aparición en el grupo. Los primeros resultados en el tema los presentamos en un congreso en Brasil en 2004 (Bellesi y col., 2004). Los primeros compuestos con CNC los preparamos usando poliuretanos sintéticos como matriz y más tarde con uno que presentaba memoria de forma. En este tema colaboramos con la Dra. Auad que por entonces trabajaba en la *University of Southern California*, en el laboratorio del Dr. S. Nutt. El trabajo atrajo la atención de investigadores en el exterior y luego de una charla con el Dr. S. Eichhorn en un congreso internacional, me invitó a participar en un trabajo sobre el estado del arte en nanocelulosa que se publicó en 2010 (Eichhorn y col., 2010). En este artículo participaron investigadores de todas partes de mundo,

aunque nuestro grupo fue el único invitado que no pertenecía a países del llamado "primer mundo". Por sus características, este trabajo acumuló más de 2000 citas y sigue siendo aún muy citado.

Aún más tarde incursionamos en el tema de materiales para films de uso en "packaging" para alimentos. Con la Dra. Marcovich, para entonces ya incorporada en la carrera de investigador de CONICET y en ese momento muy motivada para trabajar en alimentos, comenzamos a estudiar films de caseinato, quitosano y sus mezclas. Así nos iniciamos en el estudio del comportamiento de polielectrolitos y los complejos polielectrolíticos formados entre el caseinato (aniónico) y el quitosano (catiónico), que bajo determinadas condiciones condujeron a una mejora sinérgica de las propiedades finales de los films (Pereda y col., 2008). Siguiendo con el quitosano, introdujimos nanocristales de celulosa en la formulación con lo que los films mantuvieron su transparencia pero redujeron la permeabilidad al vapor de agua mostrando propiedades de barrera.

Mediante una colaboración con la Dra. Silvia Goyanes del Departamento de Física de la UBA, durante la cual codirigimos una becaria, la Dra. Nancy García, preparamos y estudiamos films de almidón de mandioca reforzados con nanocristales de almidón ceroso. El resultado fueron films transparentes, comestibles, aptos para la envoltura o recubrimiento de alimentos y que permitían extender la duración del almacenamiento hasta el consumo; además eran biodegradables y termosellables. Fruto de la colaboración, que contó también con la participación del Dr. Alain Dufresne (*Institut Polytechnique de Grenoble*, Francia), además de la tesis, se

presentó una patente con extensión internacional y el trabajo obtuvo un Premio Iberoamericano a la innovación en Productos (2010).

En el área de biopoliuretanos a partir de aceites vegetales y mediante una colaboración que surgió a partir de una charla con el Dr. Aleksander Prociak (*Cracow University of Technology*, Polonia) en un congreso en el que ambos habíamos participado unos años antes. Así fue que mediante el programa Marie Curie de intercambio de investigadores y en el marco del 7mo Programa Marco, concretamos una colaboración en el tema de biopoliuretanos que incluía desde films y nanocompuestos (nuestra fortaleza y la del grupo de San Sebastián en España que también participaba) hasta espumas, que eran del interés de los grupos de Polonia y de Letonia. A partir de estos intercambios hacia y desde Argentina a los diferentes laboratorios, resultaron varios artículos y relaciones de

trabajo entre los grupos que fueron muy enriquecedoras.

En los últimos años he estado trabajando con la Dra. Verónica Mucci, en el tema de biopoliuretanos preparados en dispersiones acuosas y en el tema de nanocelulosas. En este último hemos hecho un estudio muy interesante sobre la respuesta reológica de suspensiones acuosas de nanocristales de celulosa que mostró, entre otras características propias del comportamiento de los cristales líquidos, la oscilación no amortiguada de la viscosidad en el inicio de corte a velocidad constante. Esta oscilación, que es algo así como la huella macroscópica de los nanocristales “nadando” en el medio fluido, nos permitió incluso calcular la relación de aspecto² de los nanocristales que coincidió para nuestra gran satisfacción con lo que habíamos medido a partir de las microscopías electrónicas (Buffa y col., 2019).

Como posibles temas a continuar, en este momento me interesan las redes entrecruzadas con uniones dinámicas que aumentan la capacidad de reprocesado y reutilización de estos materiales manteniendo las buenas propiedades de los termorrígidos y elastómeros entrecruzados durante su uso. También me resultan de interés por la posibilidad de usar la capacidad de autocurado (*self-healing*) que resultaría muy atractiva en el caso de los revestimientos en los que estamos trabajando. Por otro lado, la capacidad de los nanocristales de celulosa para formar cristales líquidos en suspensiones acuosas me fascina. Los colores estructurales que usa la naturaleza proponen un desafío para buscar entender y controlar las estructuras resultantes en las suspensiones y films de CNC.

Afortunadamente, sigo disfrutando de aprender y de descubrir siempre nuevas maravillas en el comportamiento de los materiales. Todavía



Figura 4: En un laboratorio del nuevo edificio de INTEMA. En la foto de izq. a der.: yo, Dra. Verónica Mucci, Dra. Mirna Mosiewicki, M.Sc. María Marta Reboredo, Dra. Norma Marcovich y Dra. Liliana Manfredi.

hay muchos "¿por qué?" que me gustaría investigar y tal vez poder contestar alguno de ellos.

■ ALGUNOS RECONOCIMIENTOS Y EL EMPUJE EXTRA QUE A VECES NOS DAN

Las distinciones y premios no necesariamente se corresponden con el trabajo que más nos gustó o que consideramos más destacado, pero cuando llegan son una alegría que deriva de sentir que nuestro trabajo es reconocido por nuestros pares y/o por la sociedad.

Al comienzo del camino, cuando arrancamos en el tema de los materiales obtenidos a partir de la biomasa, recibí el *IFS/King Baudouin Award* por la calidad científica del trabajo realizado con fondos de la *International Foundation for Sciences* (IFS, Suecia) con tema: "*Use of Wood Processing By-Pro-*

ducts as Reinforcement of Composite Materials". El mío fue uno de los once premios que se entregaron en 1996 a investigadores del tercer mundo que trabajaban en todas las disciplinas cubiertas por IFS. Valoro mucho este premio porque junto con el subsidio original de IFS, me dieron el respaldo y la confianza para avanzar en mi nueva línea de investigación.

En 2008 fui distinguida con una beca de la Fundación John Simon Guggenheim en el área "*Chemistry*" para Latinoamérica y el Caribe para desarrollar el tema de investigación: "*Smart Polymer Nanocomposites: Cellulose and Conductive Cellulose Nanocrystals in Segmented Polyurethanes*". Esta beca que se entrega principalmente como reconocimiento a la trayectoria además de contribuir al trabajo de investigación, me hace sentir particularmente orgullosa por el prestigio interna-

cional de la misma. También porque hasta ahora sólo se entregaron once becas Guggenheim en Química para Latinoamérica y el Caribe y soy la única mujer en haberla recibido (último acceso al sitio, 24 de octubre de 2023). Recuerdo que cuando leí la nota del presidente del jurado, Dr. Guillermo Jaim-Etcheverry, que me informaba que me habían elegido, sólo me puse a llorar porque no iba a poder compartir la noticia con mi madre que había fallecido un año antes.

En 2010, recibimos un Premio Iberoamericano a la Innovación y el Emprendimiento por Films Biodegradables (elaboración de films para envases de almidón con nanocristales de almidón), un trabajo que resultó de la colaboración con el grupo de la Dra. Goyanes.

En 2013 fui promovida a Investigador Superior de CONICET y en



Figura 5: El Prof. C.W. Macosko (segundo desde la izquierda) en una visita a INTEMA y Facultad de Ingeniería, UNMdP, en 2016. En la foto (desde la izq.) el Dr. Celso Aldao, yo y el Dr. Jorge Froilán González (mi esposo). Los tres fuimos doctorandos en la Univ. of Minnesota (coincidimos en el mismo período allí) y luego profesores en la Fac. Ingeniería, UNMdP.

la ceremonia tuve la oportunidad de compartir el momento con colegas de INTEMA, Dr. Celso Aldao, Dra. Patricia Frontini y Dra. Analía Vázquez, esta última para ese entonces ya se había mudado a BsAs.

También recibí con mucha alegría el Premio Consagración en Ciencias de la Ingeniería, otorgado por la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN) en 2018. Fue un momento muy emotivo, porque me tocó recibir el premio de manos del Dr. Roberto Williams, Presidente de la Academia en ese momento.

También en 2018 y para mí esto fue una distinción importante, me invitaron a dar una charla en el Simposio que se organizó en la *University of Minnesota* (EEUU) en honor al Prof. Christopher W. Macosko y con motivo de su retiro. Por supuesto que fueron unos días muy intensos en los que volví a encontrarme con mi antiguo director, pero también con algunos profesores, compañeros y con amigos que lo siguen siendo a pesar de las distancias geográficas que nos separan.

En 2022, la UNMdP me nombró Profesor extraordinario-Categoría Emérito y fue un momento que compartí con otros dos colegas de la Facultad de Ingeniería, Dr. Celso Aldao y Dr. Miguel Arizmendi. Finalmente, el pasado 12 septiembre de 2023, recibí el certificado al mérito por el desempeño durante la última década de la Fundación Konex en el área de las Ingenierías junto a colegas que respeto y admiro.

La visibilidad ganada en cada momento, en particular con este último premio, me permitió y me permite divulgar al público en general lo que hemos venido haciendo en nuestro laboratorio como parte de lo que se hace en CONICET y la

UNMdP. Desde mi modesta contribución espero que esto permita a la gente acercarse a la ciencia y tener una visión más realista de las capacidades que tenemos y las necesidades que podemos llegar a cubrir en la sociedad.

■ AGRADECIMIENTOS QUE NUNCA ESTÁN DE MÁS

Aunque se ha dicho muchas veces, no está de más repetir que los logros que se asignan a un investigador no

son nunca individuales (al menos en mi área de trabajo y en nuestra época) y en cambio son el fruto del trabajo grupal. Por lo tanto, en el momento en que debo terminar esta reseña, quiero agradecer a todos los que me fueron acompañando en el trabajo diario a través de estos años y a los que todavía me van a acompañar en el futuro.

Gracias entonces a los profesores que fueron mi guía y modelo a seguir, gracias a los colegas que me



Figura 6: Ceremonia de entrega de certificados de mérito Konex 2023. En la foto, tres "poliméricas"; de izq. a der.: Dra. Sivia Goyanes (área Ingenierías), Dra. Miriam Strumia (área Química Orgánica) y yo (área Ingenierías).

acompañaron al iniciar el grupo y más tarde a continuarlo, gracias a los becarios que pusieron todo su entusiasmo para llevar adelante su trabajo de tesis y también a aquellos que se fueron antes y no pudieron completar todo lo planeado, pero que contribuyeron a que algún otro continuara desde donde ellos habían dejado, gracias también a los técnicos y profesionales de apoyo que hicieron más fácil nuestra tarea de todos los días.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Aranguren, M.I. (1998) "Crystallization of Polydimethylsiloxane: Effect of Silica Filler and Curing", *Polymer* 39, 4897- 4903
- Bellesi, N.; Auad, M.L.; Aranguren, M.I.; Marcovich, N.E. (2004) "Nanocomposites of Polyurethane and Cellulose", *Proceedings of the Fifth International Symposium on Natural Polymers and Composites, Isnapol 2004*, San Pedro, Brasil.
- Buffa, J.N.; Casado, U.; Mucci, V.; Aranguren, M.I. (2019) "Cellulose nanocrystals in aqueous suspensions: rheology of lyotropic chiral liquid crystals", *Cellulose*, 26, 2317-2332,
- Eichhorn, S.J.; Dufresne, A.; Aranguren, M.I.; Marcovich, N.E.; Capadona, J.R.; Rowan, S.J.; Weder, C.; Thielemans, W.; Roman, M.; Renneckar, S.; Gindl, W.; Veigel, S.; Keckes, J.; Yano, H.; Abe, K.; Nogi, M.; Nakagaito, A.N.; Mangalam, A.; Simonsen, J.; Benight, A.S.; Bismarck, A.; Berglund, L.A.; Peijs, T. (2010) "Review: Current International Research into Cellulose Nanofibres and Nanocomposites", *Journal of Materials Science* 45, 1-33.
- Marcovich, N.E.; Reboredo, M.M.; Aranguren, M.I. (1996) "FTIR Spectroscopy Applied to Woodflour", *Composite Interfaces* 4, 119-132.
- Marcovich, N.E.; Reboredo, M.M.; Kenny, J.M.; Aranguren, M.I. (2004) "Rheology of Particle Suspensions in Viscoelastic Media. Wood Flour - Polypropylene Melt", *Rheologica Acta* 43, 293-303.
- Mark, J.E (editor) (2007) "Physical Properties of Polymers Handbook", Second Edition, Springer, N.Y., ISBN-10: 0-387-31235-8 (Tabla 11.1, pag. 175).
- Mosiewicki, M.A.; Rojas, O.; Sibaja, M. R.; Borrajo, J.; Aranguren, M.I. (2007) "Aging Study of Linseed Oil Resin/Styrene Thermosets and their Composites with Wood Flour", *Polymer International* 57, 875-881.
- Meiorin, C; Aranguren, M.I.; Mosiewicki, M.A. (2012) "Vegetable oil/styrene thermoset copolymers with shape memory behavior and damping capacity", *Polymer International* 61, 735-742.
- Meiorin, C.; Actis, D.G., Montoro, F. E.; Moscoso Londoño, O.; Aranguren, M. I.; Muraca, D.; Mendoza Zélis, P.; Knobel, M.; Mosiewicki, M. A. (2018) "Magnetic Remote Activation of Shape Recovery in Nanocomposites Based on Tung Oil and Styrene" *Phys. Status Solidi A*, 215 (24), 1800311.
- Pereda, M.; Aranguren, M.I. y Marcovich, N.E. (2008) "Characterization of chitosan/caseinate films", *Journal of Applied Polymer Science* 107, 1080-1090
- Pereda, M, Dufresne A., Aranguren, M.I., Marcovich, N. (2014) "Polyelectrolyte Films Based on Chitosan/Olive Oil and Reinforced with Cellulose Nanocrystals", *Carbohydrate Polymers* 101, 1018-1026.
- Trappe, V.; Weitz, D.A. (2000) "Scaling of the viscoelasticity of weakly attractive particles", *Physical Review Letters* 85, 449-452.

■ NOTAS

- 1.- Ahora esta academia se llama simplemente *The World Academy of Sciences* y conserva el acrónimo TWAS. [NdE]
- 2.- La relación de aspecto de una partícula es la relación entre su ancho y su largo [NdE]