

LAS SUPERNOVAS, LA CONEXIÓN ENTRE LAS ESTRELLAS Y LA VIDA

Palabras clave: Supernovas - Gas interestelar - Radioastronomía - Género y ciencia.
Key words: Supernovae - Interstellar gas - Radioastronomy - Gender and Science.

■ Gloria Dubner

Instituto de Astronomía y Física del Espacio
(CONICET- Universidad de Buenos Aires)

gdubner@iafe.uba.ar

■ 1. INTRODUCCIÓN

Dediqué más de 40 años a investigar lo que sucede en el espacio luego de la muerte violenta de una estrella y cómo estos objetos/ eventos, las supernovas, modifican irreversiblemente su entorno hasta decenas o centenares de años luz alrededor. El fin catastrófico de una estrella forma hermosas nebulosas en el espacio que radian su energía en prácticamente todo el espectro electromagnético, dando lugar a una serie de fenómenos impresionantes que abarcan prácticamente todas las ramas de la Física.

Agradezco mucho esta invitación tan especial de relatar algo de mi trabajo y cómo fue llevarlo adelante en Argentina y me da gusto poder compartirlo.

■ 2. LOS INICIOS

Dentro de la complejidad de armar el relato de mi propia vida, me pregunto cuáles son los inicios que valen la pena contar.

2.1 MI PRIMER INICIO.

¿Será mi nacimiento en Chajarí, mi pueblo en el norte de la provincia de Entre Ríos, en 1950? Mi papá era comerciante, tenía tiendas en pueblos pequeños del interior, campesino de las colonias judías de Entre Ríos. Autodidacta y muy lector, nos hizo natural a mi hermana Diana y a mí crecer entre libros. Mamá era ama de casa, de una familia católica tradicional de Chajarí, cariñosa y demostrativa, buena cocinera. De ella aprendí a hacer tortas y seguramente muchas cosas más que hoy aparecen en mi cocina sin darme cuenta. Estoy segura que con una abuela judía y una abuela italiana no me quedó más remedio que ser la madre alimentadora que soy, digna de los chistes que circulan sobre el tema.

Empecé la escuela primaria poco antes de cumplir los 5 años en una escolita particular en Chajarí, porque no existían jardines de infantes en el pueblo. Según el relato familiar, es porque me aburría sola en casa cuando mi hermana mayor iba a la escuela de verdad. Pasé el resto

de mi primaria con mucho juego en Castelar, Provincia de Buenos Aires, y mi adolescencia y secundaria en el Liceo Nacional de Señoritas No. 2 de Caballito. En el Liceo me crucé con buenos profesores en Física y Matemática, que me hicieron descubrir y amar las ciencias. Haber empezado tan temprano la primaria me jugó una mala pasada al llegar a la secundaria: estudiar me resultaba fácil pero era muy chica, bajita y yo sólo deseaba ser tan grande como mis compañeras.

Comencé el ingreso a la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires a los 16 años, también allí sintiéndome muy chica y ajena. Me inscribí como alumna de Física, pero en el camino me atrajo la Geología y tras aprobar el ingreso en 1967, me pasé a Geología. No me duró mucho la coqueteo con las rocas de este planeta; después de cursar las primeras materias volví a mi primer elección. Estaba impactada por las lecturas de los inicios de la física cuántica y la relatividad y recuerdo haber pensado “yo quiero entender más de eso”.

Cursé la Licenciatura en Física entre 1968 y 1973, es decir, tras “la Noche de los Bastones Largos”, y durante los gobiernos militares de Onganía, Levingston y Lanusse. Para cuando se restableció un gobierno democrático, ya casi estaba terminando la facultad.

Nadie le avisa a un estudiante que no todas las materias le van a gustar. No sé si fue por la época política, los docentes que tuve o gusto personal, pero algunas cursadas realmente sentía que las odiaba, y pusieron a prueba mi tesón y autodisciplina para seguir adelante. Decidí que ya llevaba tanto esfuerzo invertido que más me valía terminar, y las últimas materias de la carrera, las físicas teóricas más complejas, me recompensaron la paciencia.

En 1973 hice la Tesis de Licenciatura (o Seminario, como se llamaba en esa época) bajo la dirección de la Dra. Silvia Garzoli. Pero esa ya es otra historia...

2.2 MI SEGUNDO INICIO.

A veces pienso que tal vez debería marcar como mi inicio aquel viaje de algún día a fines de 1972 en el Citroen ruidoso de la Dra. Silvia Garzoli. Fui a verla para pedirle asesoramiento en la búsqueda de un tema para mi trabajo final de Licenciatura, y me propuso trabajar en astronomía. Me resultó atractivo, y ella se ofreció a llevarme a conocer el observatorio. Me recogió con su auto en una esquina céntrica de Buenos Aires y partimos hacia el sur. Yo estaba convencida que íbamos hacia “El” Observatorio Astronómico de La Plata, cuando en medio del camino se apartó de la ruta para entrar en un camino angosto y en muy mal estado, entre chacras de hortalizas y vacas, cerca de Villa Elisa (luego supe que era a la altura del Kilómetro 40 del cami-

no General Belgrano). Sin entender nada y con vergüenza para preguntar, de pronto descubrí una enorme antena en medio del campo. Se le había olvidado decirme que era un observatorio Radioastronómico, que el cielo se “escuchaba” con antenas. Y de esa manera quedé ligada para siempre por esos instrumentos que no miran las estrellas, sino el gas en el espacio. Junto conmigo comenzaron otros cuatro estudiantes decididos a terminar la Licenciatura en Física explorando el cielo en ondas de radio. La antena de 30 metros del Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR) exploraba la Vía Láctea, observaba pulsares, radiofuentes variables, había tema para varias tesis. De los cinco que comenzamos en 1973 quedé sólo yo en investigación en astronomía. Durante la dictadura, Silvia Blacher emigró a Bélgica, Roberto Calemczuk y Horacio Sivak a Francia, y Daniel Caporaletti tuvo que abandonar la Física para trabajar de vendedor y mantener a su familia en los años de crisis que empezábamos a transitar.

De este grupito de nuevos estudiantes, Silvia Blacher y yo habíamos quedado bajo la dirección de Silvia Garzoli, trabajando con observaciones en la línea de 21 cm del Hidrógeno neutro para analizar “la distribución del hidrógeno neutro en los brazos exteriores de nuestra Galaxia”, donde cada una de nosotras estudiaba una porción del cielo sur. Un día, habrá sido hacia fines de 1973, llegamos al IAR como siempre, preguntamos por nuestra directora, y allí nos enteramos que no vendría más. Tiempo después supimos que había sido objeto de amenazas de muerte por su militancia política por parte de la AAA, la Alianza Anticomunista Argentina que asoló el país entre 1973 y 1976, llevando al exilio a tantos argentinos. De un día para el otro, Silvia y yo nos encontramos con nuestros

trabajos de tesis por la mitad, solas, con un instrumento casi desconocido para nosotras (que hoy veo como una imprudencia dejarlo en manos de estudiantes inexpertas que no sabían qué hacer cuando algo dejaba de funcionar). Ya no recuerdo cómo hicimos el milagro de terminar el trabajo científico en esas condiciones y viajando hasta el IAR en un clima de terror creciente. La FCEN (UBA) nos permitió lo que creo que debe ser un caso único en toda la historia: en marzo de 1974 presentamos una sola tesis sumando los aportes de las dos tesis, firmado por Silvia Blacher y Gloria Dubner. Debe estar en la biblioteca de seminarios de la Facultad.

Así completé la Licenciatura en Física en abril de 1974; y el 24 de marzo de 1975, con la Universidad intervenida, el decano interventor Raúl Zardini me dio el diploma en un aula magna vacía (aula magna que, a pedido del decano Zardini, había sido exorcizada por el cura Sánchez Abelenda). En mi jura, las primeras filas estaban ocupadas por policías, los padres y amigos sólo podían sentarse al fondo del salón luego de haber sido palpados de arriba a la entrada.

Entre 1975 y 1977 recibí una Beca de Investigación de la Comisión de Investigaciones de la Provincia de Buenos Aires (CIC) para poder seguir con los trabajos en radioastronomía. Pese al clima político del país, o tal vez a causa de eso, la astronomía me resultaba cada vez más atractiva. El estipendio de la beca doctoral era de unos 20 dólares mensuales: no alcanzaba ni para la comida de una semana. Para hacer mis observaciones tenía que viajar unas 2 horas hasta el IAR en el micro Río de La Plata. A veces los ómnibus eran interceptados por fuerzas de seguridad, nos hacían bajar y poner las manos en alto, separaban

a uno o dos jóvenes del pasaje y el resto subíamos y seguíamos el viaje tratando de recuperar la respiración suspendida por el miedo. Con la intervención de la universidad perdí mi cargo de Ayudante de Segunda en la FCEN (UBA), pero curiosamente la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) no era tan peligrosa y conservé la ayudantía que tenía. Por esa época empecé a cursar materias de postgrado en la Universidad de La Plata porque quería hacer un doctorado en astrofísica y era la mejor opción para tomar materias de Astronomía. A fines del '75 me casé con Jorge Bernstein, un médico que estaba terminando su residencia en psicopatología y apenas comenzaba a atender pacientes en su flamante consultorio, y esos eran todos nuestros ingresos. Salía de mi casa a las 6 de la mañana para empezar mi trabajo en el IAR y cursar materias de doctorado en el Observatorio de La Plata, volvía a las 11 de la noche, luego de dar clases en la UTN. Todo en un clima de miedo y con estudiantes y docentes que desaparecían.

Mi doctorado se hizo largo. Yo había terminado la Licenciatura a los 23 años, y ahora me encontraba con que no podía estudiar y avanzar al ritmo que quería. La Universidad de La Plata había quedado casi sin docentes, no se dictaban materias de posgrado. La crisis de la época de Isabel en el gobierno había dejado al IAR devastado (al igual que a toda la ciencia en el país). Necesité 4 años más de becas de CONICET para poder terminarlo. Además, en diciembre de 1978 había nacido mi primer hija, Laura, y me repartía entre investigación, cursadas, docencia y pañales.

En 1982, mientras seguía por televisión las imágenes de la guerra de Malvinas, terminé de escribir mi tesis doctoral sobre *Estudio del hidrógeno neutro en dirección a remanentes de supernova australes*, que hice bajo la dirección del Dr. Fernando Raúl Colomb. El 23 de junio viajé hasta La Plata con mi gran panza de 40 semanas de embarazo para hacer la defensa oral de mi tesis, y el 24 a la mañana nació Gabriel, mi segundo hijo. En menos de 18 horas di a luz

una tesis de supernovas de 3,700 kg y un hermoso bebé de 10 (diez) ¡Sobresaliente!

La totalidad de mi educación fue en el sistema público argentino, y a pesar de las contingencias y vaivenes políticos- recibí una formación integral sólida y de excelencia a nivel internacional. Un privilegio que no se encuentra en muchas partes.

A veces me preguntan cómo fue que elegí la astrofísica como campo para investigar, si es que el cielo me deslumbró. Me parece que la respuesta es menos romántica: la Tierra me decepcionó, el país y sus dictadores me asustaron, y la investigación fue un modo de evasión de tanta tragedia.

2.3 MI TERCER INICIO.

Quizás el comienzo de lo que hoy soy puede estar en una oportunidad antes de doctorarme, en un congreso bastante pequeño, pero muy grande en la trascendencia que tuvo en mi carrera, que me llevó hasta Erice, Sicilia, en mayo de 1978. Un congreso que reunía a los mayores especialistas en el estudio de supernovas que había en el mundo en ese momento y estudiantes de doctorado, en uno de los lugares más hermosos que conocí. Un congreso que terminó de encarrilarme en lo que sería el objeto de mi pasión de trabajo hasta el día de hoy.

Entre otros inicios, en ese viaje partí hacia Italia apenas un par de días después de conocer la noticia de mi primer embarazo. Parece que todo, carrera y familia despegaban juntos. Y yo tan alegre, sin saber qué difícil que sería a veces avanzar con cada una por separado, ¡ni mencionar el esfuerzo que me costaría avanzar con ambas a la vez!



Figura 1: Año 1980. En el IAR con Laurita. No era sencillo conciliar el trabajo profesional con la vida familiar. A veces contaba con ayudantes "especiales" operando la computadora en la sala de control del IAR mientras yo tomaba datos para mi tesis.

Ya estaba trabajando como investigadora miembro de la carrera del Investigador Científico de CONICET en marzo de 1986 cuando llegó nuestro tercer hijo, Martín, para convertirnos en una familia numerosa. Con tres hijos para atender, se me hacía imposible seguir viajando horas cada día hasta Villa Elisa para trabajar en el IAR, y mudé mi lugar de trabajo al Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), abriendo allí un grupo de investigación en radioastronomía, restos de supernovas y medio interestelar en el que sigo hasta el presente.

■ 3. LA CARRERA PROFESIONAL

3.1 LA DOCENCIA

Después de haber sido separada de mi cargo a raíz de la intervención en la FCEN (UBA), entre 1975 y 1978 trabajé sucesivamente como Ayudante de Primera, Jefe de Trabajos Prácticos y Profesora Adjunta Interina en el Departamento de Física de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN). No me resultaba fácil. Más joven que la mayoría de mis estudiantes de Ingeniería Electrónica, trabajando de noche y en épocas nefastas, en cuanto pudimos estabilizar un poco la economía familiar renuncié al cargo.

Pasó luego bastante tiempo hasta que volví al pizarrón, en algunos casos dictando materias de postgrado como Profesora Visitante en las Universidades Nacionales de La Plata (1994), de Salta (1998) y de San Martín (2009), y como Profesora Regular Adjunta en la UBA desde 1986 hasta 2003.

Este último cargo docente merece un comentario aparte. En 1985, estando ya con un embarazo avanzado de mi tercer hijo, vi que había

un llamado a concurso para profesores en la Facultad de Arquitectura de la UBA (primer concurso desde el retorno de la democracia). Se abría una cátedra de Física para la carrera de Diseño Industrial, me interesó y me presenté. Competía con muchos candidatos y, al momento de la prueba de oposición, uno de los jurados (todos hombres, igual que la mayoría de concursantes) me preguntó la fecha de parto. Al responderle que era en marzo (justo cuando comenzaban las clases) afirmó que eso seguramente reducía mis posibilidades de acceder a la cátedra. Le contesté que no se preocupara por mi panza, que yo sabía arreglarme. Gané el concurso y continué a cargo de la cátedra de Física II como Profesora Adjunta hasta 2003 cuando renuncié, mi hijo Martincito ya era un joven de 17 años. Me daba mucho gusto dedicar unas horas a la semana a la física aplicada, salir de los temas astronómicos para estudiar y explicar problemas reales donde la física se convierte en una herramienta para el diseño.

Luego tuve la oportunidad de dictar cursos de astrofísica muy especializados. Algunos me resultaron especialmente complicados, como aquél que di en 2009 para estudiantes de la Universidad de Nagoya (Japón), del que recuerdo que no podía dormir y me pasaba las noches leyendo y corrigiendo las diapositivas que utilizaría al día siguiente, como si el arreglo de último momento me pudiese dar la certeza de transmitir exactamente lo que suponía que esperaban oír en mis clases.

3.2 LA INVESTIGACIÓN

Toda mi carrera profesional como investigadora la hice dentro de CONICET, pasando por todos los escalones, desde Investigadora Asistente, Adjunta con y sin director (como existía por los años ochenta), Inde-

pendiente, Principal, hasta llegar a ser la primer mujer en la historia de CONICET designada Investigadora Superior en Astronomía en 2013.

Mi tema central ha sido siempre el estudio de los remanentes de supernova a través del espectro. Estudiar las nebulosas en ondas de radio no tiene quizás el atractivo visual de las imágenes estelares que se obtienen en luz visible, lo que la gente asocia usualmente con imágenes astronómicas. Pero la física revelada por las ondas de radio es tan rica, que bien vale la pena explorarlas con radiotelescopios, ya sea de una antena sola o combinando muchas antenas en un interferómetro. Así fue como comencé a conocer los restos de supernovas (que en la jerga abreviamos RSN).

En cuanto se empieza a indagar en esos fenómenos, uno rápidamente se da cuenta que la mirada del cielo en una porción del espectro es sólo una pieza de un rompecabezas. Para abarcar un problema en toda su complejidad, se necesita retornar al mismo objeto utilizando telescopios que nos proporcionen distintas miradas del mismo fenómeno. Con instrumentos en Tierra, o desde el espacio cuando la atmósfera terrestre se convierte en una barrera para las radiaciones, observamos cómo se ve la misma nebulosa en ondas de radio, infrarrojo, óptico, ultravioleta, rayos X y hasta los muy energéticos rayos gamma. Y en cada banda luce diferente, porque está iluminando procesos físicos de distinta naturaleza, que ocurren casi simultáneamente. Para observar el cielo en cada banda del espectro se utilizan técnicas muy diferentes y es necesario dominarlas antes de abordar un proyecto. Eso en mi caso particular he tratado de resolverlo armando equipos con distintos expertos.

Los RSN constituyen un laboratorio ideal en el espacio, en los que se puede investigar una cantidad y variedad de fenómenos apasionantes para diferentes ramas de la física, la química y hasta la biología. Para comenzar, las explosiones de supernova siembran de átomos el universo. Fuera del hidrógeno y helio primordial, formados tras el Big Bang, todos los elementos químicos de la tabla periódica, por lo menos hasta el átomo de hierro, se forman en el interior de las estrellas, único horno nuclear con las temperaturas necesarias para formar núcleos atómicos por fusión de núcleos menores.

Al instante de la explosión misma y en segundos, horas, o apenas días, se produce una nucleosíntesis explosiva donde terminan de formarse todos los demás núcleos atómicos completando la tabla periódica. ¡Impresionante! Sólo así nacen y se dispersan átomos pesados en el universo. Luego se formarán generaciones sucesivas de estrellas utilizando este material ya enriquecido, como en el caso de nuestro Sol y sus planetas, que nacieron de una nube que ya contenía todos los elementos que nos forman. Si todas las estrellas murieran calladamente, enfriándose como enana blanca -el destino que le tocará un día al Sol-, atesorando en su interior los átomos que sintetizó, en el espacio sólo habría hidrógeno y helio, y tal vez trazas de litio (que tiene alguna alternativa de formarse fuera de las estrellas). Nuestra existencia en este planeta muestra que somos el resultado de una o más SN previas en el vecindario. Es por esto que podemos afirmar sin dudas que las supernovas son la conexión entre las estrellas y la vida.

Estudiar los restos de estas explosiones gigantescas es como hacer la autopsia de una estrella, y a partir de allí conocer su interior, averiguar cómo evolucionó y qué ocurrió para

que en segundos se desintegre una estrella que llevaba miles de años brillando. Otro ejemplo de física extrema asociada a RSN: al explotar la estrella se forman ondas de choque (las que se producen cuando un objeto se mueve a velocidades supersónicas) de una intensidad imposible de alcanzar en laboratorios terrestres, abriendo un abanico de estudios de magnetohidrodinámica que pueden tener múltiples aplicaciones en problemas desde aviación a clima espacial.

Las supernovas y sus remanentes son también un laboratorio teórico-experimental de excepción para abordar cuestiones de física relativista, ya que la estrella de neutrones que puede quedar en el interior de un RSN acelera partículas a velocidades cercanas a la de la luz, produciendo haces de radiación poderosa que se observan a miles y miles de años luz de distancia. También en los frentes de choque en expansión se aceleran partículas a velocidades relativistas y son así, probablemente, una de las fábricas más eficientes de radiación cósmica en nuestra galaxia. Más aún, si la estrella original era muy masiva, el remanente compacto que queda en su interior ya no será una estrella de neutrones, sino que en ese caso da lugar a la formación de los inquietantes agujeros negros, abriendo todo otro capítulo de estudios teórico-experimentales de física.

Los RSN, con su influencia a gran escala, son uno de los agentes más importantes para regular la dinámica del gas en las galaxias. Por miles de años después de la explosión, los restos que quedan en el espacio calientan, empujan y modifican irreversiblemente el gas en volúmenes inmensos (de hasta centenares de años luz) alrededor del punto de la explosión. Son la causa principal de la turbulencia del gas: crean

enormes burbujas, y a veces túneles por donde escapa la energía de la galaxia. En ocasiones, la acción combinada de muchas supernovas en una región del espacio puede eyectar grandes masas de gas fuera del disco galáctico.

Los RSN son también los grandes modificadores de la química del gas interestelar. La acción de los frentes de choque destruye moléculas pero a la vez crean condiciones para que se formen otras, muchas veces cadenas moleculares complejas que sólo sobreviven en el espacio por la baja densidad del medio.

A lo largo de mi carrera exploré casi todos los aspectos de estos complejos objetos/eventos en el espacio, y la forma en que interactúan con el gas interestelar que está alrededor. Pude abrir así distintas líneas de trabajo dentro de un gran tema: ¿dónde van las estrellas cuando mueren?

Aquí tal vez puede resultar útil incluir algunas explicaciones breves sobre la forma de hacer investigación en astronomía observacional utilizando los grandes telescopios de Tierra y del espacio. Como en el caso de otros grandes instrumentos para hacer física experimental, para obtener tiempo de observación con estos telescopios de acceso muy competitivo hay que presentar un proyecto muy bien justificado, que pasará varios arbitrajes científicos y técnicos; y si supera todos, uno podrá conseguir algunas horas (a veces segundos, como en el caso de telescopios espaciales) de uso del instrumento. Se esperan algunos meses hasta que el objeto celeste esté observable y se confía en que todo salga bien y se logren los datos, porque rara vez se puede repetir el experimento, y aún pudiendo, eso significa de 12 a 18 meses de retraso en el proyecto. Luego vendrán meses de trabajo de cómputo, proce-

sando y analizando esos datos que costó tanto adquirir. Al final de esta larga cadena recién viene la ciencia y, suponemos, la revelación, el descubrimiento o confirmación que esperábamos.

Y hacer ciencia de buen nivel desde Argentina, utilizando los mejores instrumentos disponibles para verificar alguna hipótesis, nunca fue sencillo y en algunas épocas fue sumamente difícil.

3.3 CARRERA Y FAMILIA

El consejo natural que se da para formar a alguien en investigación científica de buen nivel es hacer una o más estadías post-doctorales en instituciones del exterior. De hecho, recibí ofrecimientos e invitaciones tentadoras. La cuestión era la familia. Al finalizar el doctorado, yo ya tenía 2 hijos y mi esposo estaba consolidando su carrera profesional. Y así como el trabajo científico suele ser nómada, el del psiquiatra -la profesión de mi marido- requería establecerse en un lugar, donde tenga dominio del idioma y de la idiosincracia de los pacientes. Más aún, por mucho tiempo el trabajo de Jorge era el principal sostén de la familia y resultaba muy difícil pensar en suspenderlo de un día para el otro, seguirme a mí por el mundo y retomar tranquilamente su consultorio un par de años más tarde. Pero lo resolvimos. Fabriqué mi propia red de contactos, sociedades, y maestros y maestras en todo el mundo para poder avanzar en la investigación, utilizando los mejores instrumentos posibles, concentrando mi aprendizaje e investigación en viajes tan cortos como me lo permitía el trabajo, tan largos como me lo permitía la familia. En un ambiente de amor, tranquilo y seguro, los chicos y la vida cotidiana en la casa podían seguir funcionando aunque la mamá esté algunas semanas fue-

ra. Si bien mi lado materno sufría en las separaciones, extrañaba mucho y sentía culpa por los viajes, mi lado de científica disfrutaba a pleno estas estadías en centros de primer nivel, donde todos los problemas quedaban afuera y podía trabajar 12 a 14 horas al día sin interrupciones. Con las mejores computadoras, bibliotecas excepcionales, equipos de frontera, personal dedicado a resolver todos los problemas del astrónomo para que pueda concretar su proyecto, y respeto por mi trabajo en épocas en las que los científicos argentinos debíamos luchar a diario por nuestra supervivencia en el sistema, sentía que era el paraíso.

4. MAESTROS Y MAESTRAS

Mis temas de investigación muestran la marca de tres referentes: el Dr. Fernando Raúl Colomb, la Dra. Virpi Niemelä, y el Dr. Miller Goss. Con Raúl Colomb, mi director de tesis doctoral, descubrí las supernovas y las trazas que dejan en el espacio sobre el gas interestelar. Siguiendo esa línea de investigación, aprendí a reconocer signos en el cielo que se puedan asociar al impacto de sus ondas de choque sobre el gas frío que las rodea. La herramienta para esos estudios era, al principio, el radiotelescopio de 30 metros de diámetro del IAR que detectaba la emisión en la línea de longitud de onda 21 cm (en la frecuencia de 1420 MHz) que emite el hidrógeno neutro en una transición hiperfina por cambio de spin. Al ser el H el elemento más abundante del universo, en cualquier dirección que se observe, seguramente se detecta. Cuando explota una estrella, el impacto de la explosión empuja todo el gas alrededor y, en principio, debería formarse una gran burbuja casi vacía cuyas paredes la forman todo el gas empujado por esa "topadora" que es la onda de choque supersónica. A la vuelta de un viaje, Raúl me pasó

un artículo, casi menor diría, de Asousa y Erkes (1973) donde había un esquemita, que luego se volvió icónico, mostrando algo así como una pelota hueca, de paredes gruesas, cortada en rebanadas paralelas al ecuador, con flechitas que mostraban que se expandía isotrópicamente en todas direcciones. El observador del hidrógeno neutro alrededor los RSN debía ver a distintas velocidades radiales (en radioastronomía las velocidades radiales se traducen en distancias mediante modelos cinemáticos) una especie de tapita a velocidades menores, luego anillos de diámetro cada vez mayor hasta la velocidad radial central y luego las partes simétricas alejándose, a velocidades mayores. Parecía sencillo, uno apuntaba la antena en dirección a un RSN, observaba la emisión del hidrógeno neutro y descubría estas rodajas de pelota en el espacio. Así me convenció que era un buen tema de tesis. El gran problema es que no se conocen muy bien las distancias a las que están los RSN, los modelos cinemáticos pueden tener grandes incertezas y la galaxia está llena de hidrógeno. Nada lucía en el cielo como en el esquema, y pasé de pensar que era un problema sencillo a sentir que era imposible. Allí aprendí, primero a no desilusionarme pensando que mi trabajo no servía para nada, y después a utilizar muchas herramientas, tantas como sea posible, para discriminar gas asociado al objeto de estudio de toda la radiación de fondo que aparece a lo largo de la línea de vista, pero que está a diferentes distancias. Aún hoy sigo esa línea de trabajo para explorar el origen de las fuentes de radiación gamma en nuestra galaxia. Luego de varios años como Director del IAR, Raúl se alejó de la radioastronomía y se volcó al desarrollo espacial en el país, donde se desempeñó como Director de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales de la Argentina (CONAE) e Investi-

gador Principal de las misiones espaciales argentinas SAC-C y SAC-D/Aquarius, hasta su fallecimiento en 2008.

Mi segunda maestra, Virpi Niemelä, era una astrónoma finlandesa formada en Argentina, que me enseñó algunas cosas que resultaron esenciales en mi carrera. Virpi era una especialista mundial en estrellas de gran masa, particularmente las llamadas Wolf-Rayet, que terminan sus vidas explotando como supernovas. Virpi era una científica brillante, la primera mujer distinguida con un premio Konex de platino en ciencia, miembro de la *Royal Astronomical Society* y la primera mujer astrónoma miembro de la Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Con ella aprendí la astrofísica de las estrellas precursoras de las SN y aprendí a escribir *papers* con elegancia, con frases convincentes para explicar y defender las observaciones (ella me insistía: "Gloria, las interpretaciones pueden pasar de moda, los modelos pueden cambiar, pero las observaciones son la palabra del universo, escúchalas y defendelas").

Además, con esta nórdica feminista, por primera vez empecé a pensar la ciencia que hacía y mi trabajo como investigadora desde una perspectiva de género. Con ella fui aprendiendo a reconocer las discriminaciones manifiestas pero sutiles de las que éramos víctimas casi a diario y en distintas situaciones. A partir de las largas conversaciones mantenidas con Virpi, empecé a vincularme e investigar sobre la otra problemática que me despierta gran interés, las mujeres en ciencia y técnica. Pero ese es otro tema.

Finalmente, a quien identifiqué como tercer maestro es a Miller Goss. Lo conocí por primera vez en aquel *workshop* de Erice del año

1978. Nos reencontramos en 1987 en Canadá, donde yo había viajado para participar de un congreso y para utilizar el radiotelescopio del *Dominion Radio Astrophysical Observatory*, en Penticton (British Columbia). Yo había llegado hasta allí tras superar muchas dificultades, tanto económicas (un viaje financiado por, como decíamos en casa, la Fundación "Mi-Marido") como sentimentales, por dejar en casa a mis tres chicos, el más chiquito con menos de un año. Era la primera vez que iba a usar un interferómetro (radiotelescopio formado por varias antenas que operan en conjunto), todo un desafío de aprendizaje de una técnica inexistente en Argentina. El trabajo que presenté en el congreso consistía en el estudio del gas atómico y molecular alrededor del RSN Puppis A, que habíamos hecho con mi colega Marcelo Arnal, utilizando datos del IAR y de un radiotelescopio para ondas milimétricas instalado en el Observatorio de Cerro Tololo, en Chile. Miller Goss trabajaba en el Very Large Array (VLA, del *National Radio Astronomy Observatory* de Estados Unidos), un conjunto de 27 antenas que era el radiotelescopio más grande y más complejo del mundo en ese momento. Lo vi interesado en mi póster y me acerqué superando timidez y limitaciones de idioma (sentía que si me había costado tanto llegar hasta allí, tenía que aprovechar mis oportunidades al máximo). De hecho, se interesó más y me propuso que pidamos tiempo de observación con el VLA para investigar Puppis A y su ambiente, pero con muy alta resolución angular. Era como pasar de observar un objeto con lupa a estudiarlo con microscopio electrónico, así sin intermedio. Recuerdo que mientras sosteníamos esa conversación en Canadá se acercó alguien a saludarlo y me lo presentó. No recuerdo el nombre, pero sé que era un astronauta de la NASA que hacía muy poco había

vuelto de un viaje en el espacio. Me impresionó mucho, pero en ese momento yo me sentía volando más lejos que él ante las posibilidades que se me estaban abriendo.

De aquel viaje recuerdo también que al volver el bebé me llamaba *papá* (para mi gran desesperación y risa del padre) y que a mis dos hijos más grandes sólo les pude traer de regalo unos juguetitos rústicos fabricados artesanalmente; tan seria era nuestra crisis económica en ese momento.

El VLA aún hoy es un instrumento de muy alta demanda, y en el momento en que presenté el primer pedido de tiempo era tal vez el más competitivo del mundo. Aceptaban uno entre decenas de buenos proyectos que llegaban de todos lados. Todavía recuerdo la emoción y excitación cuando vi que nuestro proyecto había sido seleccionado. Llevé masas al IAFE para festejar ese éxito con mis compañeros. Era la primera vez que un astrónomo o astrónoma argentina accedía a ese instrumento de frontera. Después vendría lo difícil. En 1988 viajé a Estados Unidos para el momento de la observación y aprender a trabajar con esos datos. Hoy día ya casi no se vive la emoción de ver los telescopios operando: en el caso de los grandes instrumentos, los operadores del telescopio realizan las observaciones y luego el investigador descarga los resultados en su computadora. Estar donde estaban las antenas era emocionante y atemorizante al mismo tiempo. No sabía si iba a poder con todo, era demasiado para aprender en escasísimo tiempo. Se tomaron los datos y me entregaron un manual para que aprenda a procesarlos y obtener una imagen del cielo a partir de kilómetros de cintas magnéticas con datos. Tuve que arreglarme como pude, con poca ayuda porque todos allí son gente "muy seria y muy ocupada". Volví a Buenos

Aires con una buena cantidad de datos pre-procesados y me sumergí en su análisis; no entendía por qué me resultaba todo tan difícil, pero de alguna manera se terminó y se publicó ese trabajo 2 años más tarde.

Poco tiempo después, recibí un correo de un colega norteamericano felicitándome porque el trabajo había sido distinguido como tapa del *Astronomical Journal*, con MI imagen de Puppis A destacada como el hallazgo más relevante de ese volumen. Como en Argentina atravesábamos una de las mayores crisis económicas y en el IAFE no se podían pagar las suscripciones, yo no me había enterado dónde había terminado mi esfuerzo. Más aún, ahí terminé de darme cuenta que el amigo Miller Goss me había embarcado en un trabajo inédito para el VLA. Como la fuente a observar era muy grande en el cielo (casi el tamaño de una luna llena), habíamos hecho un mosaico, algo nunca antes hecho en esa dimensión. Con razón nadie se detenía a ayudarme cuando yo preguntaba. Ya era difícil observar un campo con este telescopio, y nuestro trabajo combinaba 26 campos distintos para producir una única imagen. Después vinieron otras siete tapas de publicaciones internacionales, norteamericanas y europeas (incluso otras dos tapas sobre estudios en radio y en rayos X del mismo RSN). Pero ninguno con el sabor -todavía hoy difícil de creer- de éxito inesperado.

Miller Goss tiene a la fecha casi 600 trabajos publicados en revistas de primer nivel. Fue director del VLA por muchos años y estoy segura que influyó la carrera de mucha gente. A mí me abrió un panorama que difícilmente hubiera podido acceder sin su guía y apoyo. Confió en mi capacidad de trabajo cuando nadie lo hacía en mi país. Era exigente hasta la intolerancia, pero me hizo



Figura 2: Año 1988. Como astrónoma visitante del Very Large Array del National Radio Astronomy Observatory, Socorro, Nuevo México, Estados Unidos.

explorar mis límites y no rendirme ante las dificultades. A la vez, él y su familia, se mostraron como personas capaces de brindar mucho afecto y con una visión muy humanista de la ciencia, y seguimos siendo amigos 40 años después de nuestro primer encuentro. Miller fue mi mentor en la edad adulta; la clase de gente que se cruza en el camino de uno en un momento preciso, y si se aprovecha la oportunidad, puede cambiar positivamente y para siempre el rumbo de una carrera.

■ 5. LOS ALUMNOS Y LA AMIGA

No tuve un gran número de tesis. El Instituto en el que desarrollé la mayor parte de mi carrera no está asociado a una Facultad de Astronomía, que sería la fuente natural de candidatos. Pero he tenido un grupo del que me puedo sentir muy orgullosa. Salvo algún caso en

el que la vida nos alejó, sigo trabajando con el grupo creativo y fuerte que creció a partir de mis tesis y sus propios descendientes, ya sea en el país o en el exterior. Celebro junto a Pablo Velázquez, Gabriela Castelletti, Sergio Paron y Martín Ortega la llegada y los avances no sólo propios sino ya de sus estudiantes, mis "nietos científicos". Mentas abiertas, investigadores dúctiles y creativos, capaces de encontrar soluciones a problemas muy complejos, explorando caminos nuevos permanentemente. Algunos de los artículos que llegaron a tapas de las publicaciones internacionales están encabezados por los hijos científicos, un justo lugar para quienes, como Gabriela, pone un empeño fuera de lo común para desentrañar los secretos del manejo de datos radioastronómicos hasta lograr la perfección.



Figura 3: Año 2018. Mi grupo en el IAFE: de izquierda a derecha, los muchachos en la última fila, Leonardo Supan, Sergio Paron, Martín Ortega y Alberto Petriella. Las chicas en la fila del medio: Laura Duvidovich, María Belén Areal y Gabriela Castelletti. En la primera fila: Mariela Celis Peña, yo y Elsa Giacani.

Trabajar en épocas o en lugares difíciles y afrontar viajes con muchos desafíos, siempre es más tolerable cuando se hace con un amigo al lado. Por eso, además de los colegas de trabajo en todo el mundo, en mi vida profesional tuve la suerte de contar con una socia-amiga de hierro, Elsa Giacani. A nosotras nos acercó Raúl Colomb, también director de doctorado de Elsa, en un momento especial de mi vida. Yo, recién doctorada, estaba en casa con licencia por maternidad de mi segundo bebé y Elsa venía a trabajar para que termináramos juntas un artículo que hacíamos ambas con Colomb. El bebé pasaba de mis brazos a los de ella cuando yo estaba inspirada con alguna parte del trabajo, y volvía a mis brazos cuando sucedía al revés. Pasaron casi 36 años desde ese invierno del '82. Desde en-

tonces vimos crecer juntas nuestras familias y nuestras carreras, acompañándonos en las buenas y las malas, recorriendo muchas millas por el mundo y publicando más de 90 artículos como co-autoras.

De mis descendientes y pares, tengo la satisfacción de decir que en pocas ocasiones vi la conformación de un equipo de trabajo tan sólido y persistente a lo largo de los años, tan dispuestos a la colaboración amplia, sin egoísmos. Algunos valores debo haber sido capaz de transmitir junto con los conocimientos de radioastronomía, de gas interestelar y de remanentes de supernova.

■ 6. LOS COLEGAS DE AUSTRALIA, EUROPA, INDIA Y JAPÓN: NUEVOS RUMBOS PARA MI INVESTIGACIÓN

Gran parte de mis proyectos de investigación se concretaron utilizando telescopios de Estados Unidos y Canadá. Eso tiene dos explicaciones: una es porque mis primeros colegas internacionales trabajaban con dichos instrumentos; la otra es por la política de cielos abiertos (creo que ya no es tan así en la actualidad) que aplicaban todas las facilidades instrumentales astronómicas americanas: cualquier ciudadano del mundo con un proyecto científico de interés puede acceder al uso de los instrumentos si supera exitosamente todas las instancias de selección científicas y técnicas. Esto no es así con los telescopios europeos,

a los cuales sólo tienen derecho de uso los miembros de los países socios que pagan para su instalación y operación. Con los telescopios de Australia, la política declarada es de cielos abiertos, pero rara vez avanza un proyecto que no tenga socios australianos. Japón (al menos en una época) se declaraba abierto a astrónomos de todo el mundo, pero aclarando que los operadores del telescopio (o sea los entendidos que explican el uso del instrumento y deben aplicar las instrucciones del experimento elaborado por el astrónomo), sólo hablaban en japonés.

Dado que Argentina prácticamente no tiene instrumental astronómico propio de avanzada (el único instrumento de gran porte al que tenemos acceso en este momento son los telescopios Gemini de 8 metros ubicados en Chile y en Hawaii, en los que nuestro país es propietario de una cuota del 2,5%), ante la necesidad de seguir adelante con los proyectos utilizando las mejores herramientas posibles, hice muchos amigos en el mundo. Nuestra mano de obra es barata y altamente calificada. Con cada uso de los instrumentos que nos abrieron las puertas

admitiéndonos como socios, hicimos trabajos relevantes que muchas veces utilizaron luego los grandes observatorios internacionales para hacer propaganda institucional por el impacto de los resultados.

Con los colegas de Suecia, Japón y Chile pude acceder a los radiotelescopios para ondas milimétricas (SEST, NANTEN, ASTE, APEX) para estudiar el gas molecular en el espacio; Con los colegas de Francia e Italia me aventuré al dominio de los rayos gamma (utilizando datos de HESS, Fermi y AGILE); con los colegas de India exploramos las ondas de radio a muy baja frecuencia utilizando el *Giant Metrewave Radio Telescope* y en Australia aprendí a observar con el telescopio de Parkes y el arreglo compacto de antenas ATCA trabajando con quien resultó ser una gran amiga, Anne Green, directora en aquella época del observatorio MOST.

■ 7. ALGUNOS HITOS IMPORTANTES EN MI TRABAJO

A lo largo de mi carrera, algunos trabajos han tenido mayor impacto que otros por diversos motivos. Si tengo que seleccionar algunos trabajos por los que fui reconocida en el ambiente internacional por los aportes originales, yo hablaría de los estudios del RSN Puppis A, que desde aquel difícil debut en la radioastronomía de avanzada produciendo la imagen con mayor resolución angular jamás vista de esa nebulosa (Dubner y col. 1991), pude continuar muchos años después con la que sería la mejor imagen que existe de ese RSN en rayos X (Dubner y col. 2013). Para este último trabajo utilizamos el observatorio espacial XMM-Newton, de la *European Space Agency* (ESA). Si bien existían observaciones previas realizadas con el satélite ROSAT, eran incompletas y así se reprodujeron



Figura 4: Año 1999. En una conferencia internacional en Pune (India). De izquierda a derecha, Anne Green, David Green, Miller Goss y yo.

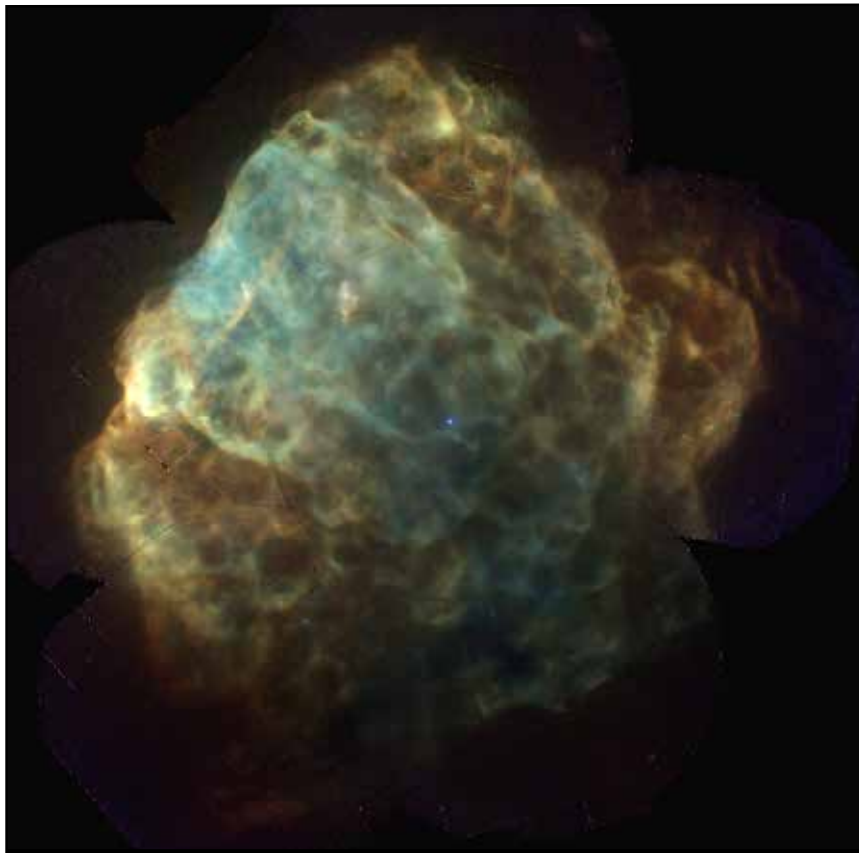


Figura 5: El remanente de supernova Puppis A como se observa en rayos X (Dubner y col. 2013).

decenas de veces, dando la falsa impresión que la radiación X emitida por este RSN sólo llenaba la mitad de su volumen. Incluso se hicieron interpretaciones teóricas al respecto. Nuestro trabajo mostró por primera vez la emisión completa con una riqueza de detalles nunca antes vista. Pudimos analizar los procesos que se producen cuando las ondas de choque encuentran un entorno con muchas nubes de gas frío y denso. Como hecho anecdótico, esta bellísima imagen fue publicada como la *Astronomy Picture of the Day*¹, un sitio web administrado por la NASA donde se publican cada día las imágenes más asombrosas de objetos celestes.

Otro trabajo que concitó mucho interés fueron las investigaciones del RSN W50 y el gas a su alrededor. Este RSN tiene en su centro al objeto compacto denominado SS433,

un probable agujero negro, o microcuasar, que gira arrojando al espacio chorros de material que se mueve a 78.000 km/segundo, ¡un cuarto de la velocidad de la luz! Con observacio-

nes realizadas utilizando el radiotelescopio VLA (esta vez ya nos agrandamos e hicimos un mosaico de 50 apuntamientos) se pudo mostrar por primera vez la conexión entre los chorros relativistas del agujero negro y la gran nebulosa W50, que por la acción de estos “jets” toma una curiosa forma de caracola con trazas helicoidales que se extienden por más de 200 años luz en el espacio. Por el interés en este objeto se han publicado alrededor de 5000 artículos, y sin embargo hasta la fecha el único estudio de referencia en ondas de radio, el mejor existente, es aquel que publiqué 20 años atrás (Dubner y col. 1998). Ahora, con el instrumento completamente renovado, emprendimos nuevamente la tarea de desentrañar los secretos morfológicos de esta fuente, ahora acompañada por nuevas expertas: Elsa Giacani, Gabriela Castelletti y la estudiante doctoral Laura Duvidovich. Ese trabajo tendrá que esperar una próxima versión de mis memorias para figurar porque todavía está en proceso.

El estudio del RSN W44 me trajo también sorpresas y satisfacciones. La imagen en radio obtenida tras



Figura 6: El remanente de supernova W44 en ondas de radio (en azul) y en dos bandas en infrarrojo (rojo y verde) (Castelletti y col. 2007) y la estampilla lanzada por Correo Argentino utilizando esa imagen.

mucho trabajo realizado principalmente por Gabriela Castelletti (Castelletti y col. 2007), quien -como ya dije- fue mi discípula más esforzada para dominar la técnica de producción de imágenes a partir de datos de radio interferómetros; no sólo ilustró los afiches de publicidad de *Astronomy & Astrophysics* -el prestigioso journal europeo del que fue tapa- sino que también se convirtió en estampilla del Correo Argentino en una serie especial que se lanzó en ocasión de los 50 años del CONICET. No era únicamente el aspecto visual lo que hacía impactante a W44. A partir de nuestros trabajos, se convirtió en la imagen de referencia para cualquier estudio posterior y fuimos invitadas a participar en notables estudios de la emisión en rayos gamma que trajeron nuevos descubrimientos y desafíos utilizando datos del satélite italiano AGILE (Giuliani y col. 2011 y Cardillo y col. 2014). También nos trajo una pequeña desilusión científica: cuando pensábamos que teníamos entre manos la primer evidencia fuerte de nacimiento de estrellas inducido por la expansión del choque de un resto de supernova (en la burbuja brillante que se ve abajo a la izquierda del RSN azul), descubrimos que las estrellas nacieron mucho antes que explote la supernova y por otro mecanismo. No había conexión genética entre la estrella que murió y las nuevas estrellas naciendo. Eso me emparentó más con el trabajo de otro ex-tesista, Sergio Paron, joven muy talentoso que se dedica a explorar escenarios alternativos de nacimiento de estrellas y, en ese caso, analizamos el vecindario de W44 (Paron y col. 2009).

Finalmente, la que considero la joya de mi producción, tal vez porque reúne todo lo aprendido a través de largos años de carrera, es el estudio del RSN del Cangrejo a través de todo el espectro electromagnético

(Dubner y col. 2017). Este es el remanente de una estrella que explotó en el año 1054 en la constelación de Tauro, a unos 6500 años luz de la Tierra. Combinando observaciones en casi todas las luces, logramos una imagen bellísima que pasó a formar parte de la biblioteca de imágenes selectas de la NASA, del *National Radio Astronomy Observatory* (EE.UU.), del *Jet Propulsion Laboratory* (EE.UU.) y de *European Space Agency*, con repercusiones periodísticas insólitas (desde *New York Times* hasta la revista *Forbes*) y también tuvo su vidriera en la *Astronomy Picture of the Day*². Fue un estudio que abordé con temor, habiendo más de 8.000 trabajos publicados sobre esta nebulosa, era un desafío descubrir algo nuevo. El equipo de trabajo tampoco ayudaba mucho a generarme confianza. No era mi grupo usual de colaboradores y muchas veces, a lo largo de

la producción de este artículo sentí más que era examinada por árbitros que desconfiaban de la astrónoma argentina, que conduciendo el trabajo de un grupo de pares (que era lo que hacía en realidad). Pero sobreviví. Nuevamente con la magia de Gabriela para convertir números complejos en imágenes del cielo, encontré nichos nunca explorados del comportamiento de esta fuente icónica, demostrando similitudes con el comportamiento del Sol activo, abriendo una multiplicidad de problemas para investigar.

■ 8. LOS PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS

Aún no me queda muy claro cómo es que llegué a acumular algunos galardones en mi carrera, pero me siento muy agradecida por ellos y muy feliz, porque puedo mostrar a mis hijos e hijas (los pro-



Figura 7: La Nebulosa del Cangrejo observada con 5 instrumentos desde ondas de radio hasta rayos X (Dubner y col. 2017).

prios y los científicos) que el esfuerzo del trabajo bien hecho es reconocido y que el trabajo duro, realizado muchas veces en condiciones francamente desalentadoras, a la larga fue percibido y apreciado por pares.

En el año 2005 fui distinguida con el Premio "Enrique Gaviola" en Astronomía de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

En el año 2008, un reconocimiento curioso y emocionante, el Asteroide 9515 1975-RA2 descubierto en la Estación Astronómica Cesco de la Universidad de San Juan, fue designado "Gloria Dubner en reconocimiento a la destacada contribución al engrandecimiento de la astronomía en la República Argentina" según versa en el diploma, reconociéndome además en la

carta informativa como una luchadora en los temas de género. Y ahí está, a unos 360.000 km de la Tierra, habitando entre Marte y Júpiter, una roca de 11,74 km de diámetro, que gira alrededor del Sol con un período orbital de 3,77 años, llevando mi nombre y apellido. ¡Si creyese en la astrología podría decir que soy de las pocas personas que me puedo guiar por mis propios astros!

A raíz del evento anterior, en 2009 se me honró con una Declaración de Beneplácito del Honorable Senado de la Nación por la distinción del Asteroide Dubner.

En 2009, ganamos junto a Elsa Giacani el Primer Premio UBA a la Divulgación de Contenidos Educativos. Esa fue una linda sorpresa.

En 2010 fui declarada Personalidad Destacada en el campo de las Ciencias de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, por la labor docente, producción académica y compromiso en la promoción de la igualdad de género en las ciencias astronómicas.

En 2010 también recibí el "*Certificate of Appreciation of the International Astronomical Union*" por mis contribuciones en el *She is an Astronomer*, un programa para estimular la mayor participación de mujeres en la investigación astronómica, llevado a cabo durante el Año Internacional de la Astronomía en 2009.

En 2017 fui honrada con el Premio Consagración en Astronomía otorgado por la Academia Nacional



Figura 8: Año 2011, tras recibir la distinción de Personalidad Destacada de la Ciudad de Buenos Aires, rodeada por mis amores: mi esposo Jorge, mis hijos Laura, Gabriel y Martín y mi nieta Tania.

de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

■ 9. LA GESTIÓN

A lo largo de mi carrera cumplí varios roles de gestión, como miembro de numerosos comités de selección y evaluación tanto en el país como en el exterior. Fui Secretaria del Comité Nacional de Astronomía (1997 a 2000), Editora Jefe del Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía (2006 a 2009), Miembro del *Scientific Organizing Committee of Division X: Radio Astronomy*, de la Unión Astronómica Internacional (2003 a 2009), miembro de la Consejo Asesor para Astronomía y Ciencias del Universo del MINCYT (2014-continúa), por nombrar algunos. Pero mi mayor contribución a gestión en astronomía fue la Dirección del IAFE desde 2009 hasta la fecha. Allí pude poner en práctica todos los conceptos aprendidos en mis estadías en numerosos centros de investigación en ciencias del universo en el mundo, adaptándolos a las oportunidades y limitaciones de nuestro país. Me esforcé por poner mi trabajo de gestión al servicio del desarrollo pleno de las investigaciones de un grupo humano de excelencia, que suma más de un centenar entre investigadores, becarios y técnicos. Espero haberlo logrado, el IAFE es hoy día un Instituto pujante, con muy alta producción científica, muchas actividades de divulgación y de afianzamiento de vocaciones de jóvenes, donde se trabaja en un clima cordial, de gestión democrática.

■ 10. GÉNERO Y CIENCIA, MI OTRO GRAN TEMA DE INTERÉS

En una reunión Latinoamericana de Astronomía que se hacía en Mérida (Venezuela), nos encontramos varias madres de alrededor de 30 años de Chile, México, Brasil y Ar-

gentina, descubriendo que aún con realidades locales bastante diferentes y recursos económicos distintos, compartíamos las mismas inquietudes: ¿Qué podíamos hacer para salir adelante con la carrera y la familia? ¿Cómo podíamos enfrentar ambos desafíos para que podamos aspirar a que carrera y familia no sean espacios antagónicos? ¿Deseábamos guarderías en los observatorios o preferíamos resguardar nuestro espacio de trabajo? Las astrónomas ópticas (que solo observan el cielo nocturno) decían: “después de una noche entera en el telescopio no queremos, ni podemos, estar despiertas al día siguiente para atender a nuestros niños, aun cuando el observatorio nos permita llevarlos”. Era interesante debatir tratando de buscar soluciones útiles para todas. Así surgió ALMA, la Asociación Latinoamericana de Mujeres Astrónomas. Más adelante establecimos encuentros en todas las reuniones latinoamericanas y expandimos los contactos a organizaciones similares de Europa y de Estados Unidos. Estos movimientos terminarían por dar origen al Comité por el Status de la Mujer en Astronomía, y en forma más definitiva el Grupo de Trabajo de Mujer en Astronomía en la Unión Astronómica Internacional, grupo del que fui miembro fundador y miembro del Comité Ejecutivo en representación de América Latina entre 2004 y 2012.

También dentro de la Asociación Argentina de Astronomía, durante muchos años mantuvimos, principalmente impulsado por Virpi y por mí, los almuerzos de mujeres, una cita obligada en cada congreso anual de la Asociación.

Con el tiempo, quizás cuando las impulsoras nos fuimos haciendo mayores, los almuerzos de mujeres se fueron olvidando. Pero no desaparecieron las causas que nos

llevaron a juntarnos en mi generación, ni los hijos pequeños son el único motivo de retraso en las carreras profesionales de las mujeres. La vida profesional de las mujeres recibe el impacto de obligaciones familiares desde varios ángulos. Una vez hice un estudio, del que lamentablemente no pude encontrar copia tras mudanzas de oficina y de computadoras, donde plasmaba en un gráfico la producción (medida en artículos publicados en revistas de primer nivel) de un número de colegas mujeres de entre 30 y 50 años, comparado con un grupo de varones en la misma franja etaria. Pedí a cada colega que me indique los años de nacimiento de sus hijos y si habían atravesado enfermedades serias sus padres u otras personas que requieran su cuidado. Mi estudio no distinguía estado civil; todos eran investigadores de CIC de Conicet. No tengo el gráfico para mostrar, pero recuerdo muy bien las conclusiones: la producción de las mujeres mostraba un claro declive no en el año exacto del parto (cuando todavía incluye la producción apurada de los últimos meses de trabajo), sino al siguiente, o durante el año de enfermedad grave de madre o padre, ya que es generalmente la hija mujer quien aporta la mayor dedicación al cuidado. Luego remontaba con marcada pendiente positiva. El gráfico de hombres era regular, sin declives y con poca pendiente, salvo algún caso con pendiente negativa luego de un fallecimiento de importancia. Mi conclusión al mostrar ese gráfico en distintos ámbitos era: confíen los trabajos importantes a mujeres, cumplen en cualquier condición y si bien hay un *impasse* durante el período de crianza, éste se ve rápidamente compensado con la producción vigorosa que sigue después, en la etapa que yo llamo de “mujer *multitasking*”, donde se abarca todo con igual energía para no quedar atrás en ninguno de los roles, ni carrera ni familia.

Un dato importante para agregar a esto es que cuando a mi gráfico le incorporé los años de graves dificultades económicas en el país, la caída de producción era pareja para hombres y mujeres, y el impacto en la producción científica era mayor que el de la llegada de un bebé. Concluí que lo que se destruye en condiciones de trabajo cuando se ataca el sistema científico tecnológico en el país, es mucho más difícil de remontar que cualquier apartamiento del equilibrio personal.

Al principio, lo que impulsó mi interés, fue curiosidad de ver cómo se arreglaban en su vida profesional y familiar otras mujeres, cómo sobrellevaban las discriminaciones evidentes y sutiles. Más adelante fue el trabajo militante en los temas de género en ciencia y tecnología, tanto a nivel nacional como mundial, lo que me llevó a conocer mujeres deslumbrantes en ámbitos impensados. De las reuniones y grupos en los que trabajé, guardo dos recuerdos especiales por la trascendencia que tuvieron para mí: uno fue participar como expositora invitada en el Congreso Internacional "La experiencia intelectual de las mujeres en el siglo XXI", organizado por el Consejo Nacional de la Cultura de México (CONACULTA) en 2011 en Ciudad de México. Allí conviví durante una semana con un grupo de mujeres conmovedoras y brillantes cada una en su especialidad, escritoras, poetas, músicas, dirigentes indígenas de la Amazonía que cantaban en su lengua, editoras, periodistas de México, Colombia y Guatemala que desafiaban el peligro y las persecuciones políticas, de narcotraficantes, de género y hasta raza. Allí estaba nuestra mesa de científicas serias y tímidas integrada por la ingeniera que introdujo Internet en Uruguay, la presidenta de la Academia de Ciencias Mexicana, una bióloga chilena y yo, armadas con nuestras presen-

taciones, exponiendo con gráficos y estadísticas como sabemos hacer las "chicas de CyT", muy distinto del diálogo emocional que surgía de las otras mesas.

El segundo encuentro que me impactó fue cuando participé como representante de Argentina en el *VII Encuentro de Mujeres Líderes Iberoamericanas*, organizado por el Instituto de la Mujer de España y la Fundación Carolina, en Madrid a fines de 2011. De esa participación atesoro, con entusiasmo adolescente, hasta los menús de las comidas-coloquio que cada día nos ofrecían en un ámbito diferente, para recordar la presencia de las figuras de peso en políticas sociales y de género que presidían cada día el encuentro. Era durante los últimos días del gobierno de Rodríguez Zapatero, que incluía a muchas mujeres en su gabinete. Escuchábamos a la presidenta del Tribunal Constitucional, la Secretaria de Estado de Cooperación Internacional, la Secretaria de Estado de Igualdad, la Ministra de Asuntos Exteriores y de Cooperación, la vice-Presidenta del Gobierno de España (Elena Salgado, una ingeniera de aproximadamente mi edad, muy simpática, que por esos meses era la Vice-Presidenta de Asuntos Económicos del gobierno). En una cena-coloquio la tenía sentada a mi izquierda en la mesa de honor. Le hice un chiste, de esos chistes tontos que hacemos la gente de exactas, algo sobre burbujas y tensión superficial y ella se rió de buena gana. Entonces alguien de ceremonial se me acercó discretamente por detrás para informarme que con una figura de la envergadura de la Vice-Presidenta debía respetar el protocolo para dirigirme a ella. ¡Y yo tan ignorante!

Y no eran sólo las anfitrionas, las compañeras de congreso eran mujeres con una experiencia de lucha impactante: una economista femi-

nista miembro del Enlace de Mujeres Negras de Honduras, otra ex gobernadora y diputada del estado de Yucatán, luchadoras de Guatemala, expertas en temas de diversidad sexual de Venezuela y Paraguay, por mencionar sólo algunas. Todas con un lenguaje experimentado, claro y fuerte para abordar temas de inequidad. Y ahí estaba yo, sintiéndome ignorante, tomando nota y nutriéndome de todos esos saberes, cuando en una visita, ya no recuerdo si fue en el Congreso de los Diputados o en el Palacio de la Moncloa, estábamos todas las representantes sentadas alrededor de una larga mesa, donde teníamos unos minutos para exponer cada una. Me fui al fondo esperando que a mí me toque tarde, así tenía tiempo de escuchar a las verdaderas expertas. Y nuestra anfitriona (vice-presidenta primera del Congreso de los Diputados) saluda y dice, hagamos las exposiciones por orden alfabético, a ver Argentina comience, tiene el micrófono habilitado. Temblando y sin tiempo de pensar en nada, recurrí a una analogía que se me había ocurrido hacía tiempo estudiando regiones HII (nebulosas de hidrógeno ionizado que se forman alrededor de estrellas con fuerte radiación ultravioleta). Junté fuerzas y dije, "yo soy astrónoma y les voy a contar un mecanismo a través del cual se forman las estrellas"- toda la mesa mirándome, y yo temiendo con qué metería la pata esta vez- "cuando hay una estrella suficientemente brillante, la radiación que emite modifica todo a su alrededor, cambiando las propiedades físicas y químicas del entorno de tal manera que se crean las condiciones para el nacimiento de decenas a centenares de estrellas nuevas en la región". Concluí que así veía yo la acción de mujeres trabajando en los laboratorios, observatorios, u otros ámbitos de creación de conocimiento, que la presencia de mujeres en CyT actúa como las estrellas brillan-

tes, creando el ambiente apto para atraer a más mujeres para que desarrollen sus habilidades a pleno. Ahí respiraron aliviadas mis compañeras de mesa y después esa alegoría fue utilizada (escrita de alguna manera más elegante supongo) en las conclusiones del encuentro.

A lo largo de mi carrera conocí astrónomos famosos, premios Nobel, astronautas y, sin embargo, retengo con más claridad estos encuentros con mujeres ajenas a mi profesión. Pienso que es porque me conmovieron sus discursos en varias oportunidades, sabían poner en lenguaje claro y bien fundamentado cosas que yo intuía sin saber decirlo (y eso no me pasa muy seguido en física o astronomía). O simplemente porque me sorprendía que yo esté allí y por unas horas formar parte de ese entramado, y eso tampoco me pasa muy seguido en mi tema.

Entre los recuerdos, elegí incluir la foto de un encuentro con Vera Rubin, la astrónoma a quien los Premios Nobel olvidaron. Durante años fue propuesta para el Nobel de Física

con argumentos indiscutibles, apoyando su candidatura con sus contribuciones fundamentales para el descubrimiento de la materia oscura. Su trabajo básicamente creó un campo nuevo en la astrofísica. Pero el premio en todas las ocasiones fue a parar a manos masculinas (un detalle, al descubridor de la energía oscura, otro tema tan pendiente de confirmación experimental como la materia oscura, sí le otorgaron el Premio Nobel en 2011). Hasta 2017 hubo 204 galardonados en Física (que incluye Astronomía), y sólo 2 (leyó bien, dos) mujeres, Marie Curie en 1903 y María Goeppert-Mayer en 1963. Señores de Estocolmo: ¿son realmente menos del 1% la cantidad de físicas y astrónomas brillantes con contribuciones muy valiosas en el mundo entero?

Puedo hacer, sin embargo, un balance optimista de los años de lucha. En nuestro país, por ejemplo, en CONICET, que es lo que conozco más de cerca, se avanzó bastante. Ahora las becarias tienen derecho a licencia por maternidad (cosa que no existía cuando yo tuve

que negociar con mi director cómo seguir trabajando en casa durante los primeros meses de mis bebés). También la prórroga de la edad límite para el ingreso a Carrera del Investigador (un año por cada hijo), un derecho que si bien en la actualidad se ha extendido a todos, durante muchos años fue un condicionante serio. ¿Qué elijo? ¿Tener mis hijos en la mejor edad para la procreación, arriesgándome a quedar muy vieja para ingresar a CONICET, o priorizo la carrera, los sabáticos, y que la maternidad espere?

A nivel mundial, se multiplicaron los foros de discusión y se avanzó en medidas para favorecer la visibilidad del trabajo de las astrónomas. Por ejemplo, desde hace unos años para que una reunión científica tenga el auspicio económico y científico de la Unión Astronómica Internacional tiene que incluir cierto porcentaje de mujeres en los comités científicos y en los discursos invitados; inclusive ofrecer facilidades de atención para niños en el sitio del congreso para facilitar la asistencia de mujeres jóvenes. También se ofrecen charlas de orientación para estudiantes a todo nivel, con el fin de superar prejuicios y acercar más mujeres a las ciencias duras.

■ 11. LOS PROYECTOS EN DANZA: LLAMA

Ya cerrando mi carrera como investigadora me veo embarcada en la actualidad en el proyecto más ambicioso de la radioastronomía en Argentina, la instalación de un radiotelescopio para ondas milimétricas en la Puna Salteña, a más de 4800 metros de altura. Es un emprendimiento binacional junto con Brasil, que permitirá operar una antena de 12 metros de diámetro ya sea en forma individual o en combinación con antenas similares emplazadas del otro lado de la cordillera (los radio-

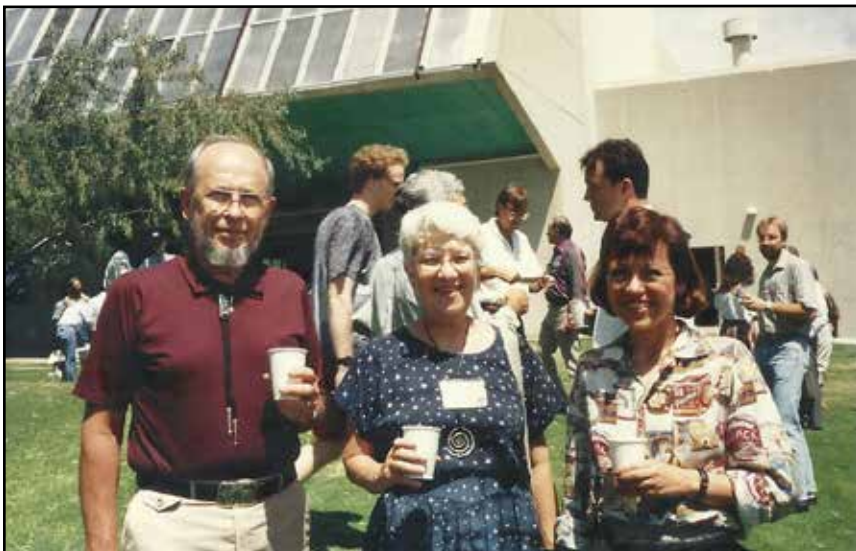


Figura 9: Año 1991 en el Very Large Array, Socorro (Nuevo México, EE.UU.). Estoy con Vera Rubin y su esposo, el físico Robert Rubin. Madre de 4 hijos, Vera me recomendaba tener muchas mesas en la casa, así podía seguir trabajando en casa mientras los chicos hacían sus tareas o jugaban cerca.

telescopios internacionales ASTE, APEX y ALMA), permitiendo multiplicar por diez la capacidad de resolución angular del que es, hoy día, el mejor radiotelescopio del mundo, el conjunto de 64 antenas ALMA. La concreción de este proyecto traerá, sin dudas, una transformación en la manera de hacer investigación astronómica en Argentina, con impacto no sólo en la ciencia, sino también en la tecnología asociada. Al momento de escribir este texto, con muchos desafíos por resolver aún hasta la puesta en marcha del instrumento, sólo puedo comentar que quedé atrapada en la vorágine del trabajo sin proponérmelo, llevada por circunstancias especiales. Y cada día, junto con el equipo de trabajo, pongo todas mis esperanzas en que las dificultades que se interponen naturalmente al llevar adelante un proyecto difícil en un contexto económico difícil, se superen y veamos pronto concretados nuestros planes. Por lo menos me siento satisfecha que hace muchos años inicié en el IAFE la formación de jóvenes altamente especializados en el uso de este tipo de instrumentos, camadas que forman a su vez a sus estudiantes en la técnica de uso de radiotelescopios milimétricos y la riquísima ciencia que se explota con ellos, contribuyendo de esa manera a preparar a los futuros usuarios de LLAMA.

■ 12. AGRADECIMIENTOS

Nada hice sola en mi larga carrera. Tengo todo para agradecer, a mi familia por el amor y la paciencia con la que me compartieron con mi

mundo de telescopios, a mis maestras y maestros, a mis colegas del país y del exterior por el intercambio permanente que enriqueció mi trabajo, a los estudiantes por el estímulo permanente, a la educación pública por instruirme gratuitamente y en las mejores condiciones, a CONICET, la Universidad de Buenos Aires y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) por apoyar mi carrera y mis proyectos, y muy agradecida al Dr. Blesa por esta invitación a compartir recuerdos.

■ BIBLIOGRAFÍA

Assousa, G. E.; Erkes, J. W. (1973) *An expanding shell of neutral hydrogen surrounding the supernova remnant HB 21*, *The Astronomical Journal* 78, 885-893.

Cardillo, M.; Tavani, M.; Giuliani, A.; Yoshiike, S.; Sano, H.; Fukuda, T.; Fukui, Y.; Castelletti, G.; Dubner, G. (2014), *The supernova remnant W44: Confirmations and challenges for cosmic-ray acceleration*, *Astronomy & Astrophysics*, 565, 1-13.

Castelletti, G.; Dubner, G.; Brogan, C.; Kassim, N. E. (2007) *The low-frequency radio emission and spectrum of the extended SNR W44: new VLA observations at 74 and 324 MHz*, *Astronomy and Astrophysics* 471, 537-549.

Dubner, G. M.; Braun, R.; Winkler, P. F.; Goss, W. M. (1991) *VLA observations of the supernova remnant Puppis A at 327 and 1515*

MHz, *The Astronomical Journal* 101, 1466-1456.

Dubner, G. M.; Holdaway, M.; Goss, W. M.; Mirabel, I. F. (1998) *A High-Resolution Radio Study of the W50-SS 433 System and the Surrounding Medium*, *The Astronomical Journal* 116, 1842-1855.

Dubner, G.; Loiseau, N.; Rodríguez-Pascual, P.; Smith, M. J. S.; Giacani, E.; Castelletti, G. (2013) *The most complete and detailed X-ray view of the SNR Puppis A*, *Astronomy & Astrophysics* 555, 1-10.

Dubner, G.; Castelletti, G.; Kargaltsev, O.; Pavlov, G. G.; Bietenholz, M.; Talavera, A. (2017) *Morphological Properties of the Crab Nebula: A Detailed Multiwavelength Study Based on New VLA, HST, Chandra, and XMM-Newton Images*, *Astrophysical Journal* 840, 82-94.

Giuliani, A.; Cardillo, M.; Tavani, M.; Fukui, Y.; Yoshiike, S.; Torii, K.; Dubner, G.; Castelletti, G.; Barbiellini, G.; Bulgarelli, A.; y 34 coautores (2011) *Neutral Pion Emission from Accelerated Protons in the Supernova Remnant W44*, *The Astrophysical Journal Letters* 742, 30-35.

■ NOTAS

1 <https://apod.nasa.gov/apod/ap140912.html>

2 <https://apod.nasa.gov/apod/ap170511.html>

Recuperación de tecnologías ancestrales y sustentables en Jujuy

La vicuña como modelo de producción sustentable

Ciencia e historia se unen para preservar a la vicuña

*Cazando vicuñas anduve en los cerros
Heridas de bala se escaparon dos.
- No caces vicuñas con armas de fuego;
Coquena se enoja, - me dijo un pastor.*

*- ¿Por qué no pillarlas a la usanza vieja,
cercando la hoyada con hilo punzó ?
- ¿Para qué matarlas, si sólo codicias
para tus vestidos el fino vellón ?*

Juan Carlos Dávalos, Coquena

Lo primero es pedir permiso a la Pachamama. Porque a ella, en la cosmovisión andina, pertenecen las vicuñas que se extienden por el altiplano de Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Una ceremonia ancestral, unida a la ciencia moderna, permite que comunidades y científicos argentinos exploten de manera sustentable un recurso de alto valor económico y social.

La vicuña es una especie silvestre de camélido sudamericano que habita en la puna. Hasta 1950-1960 estuvo en serio riesgo de extinción debido a la ausencia de planes de manejo y conservación. Desde la llegada de los españoles se comenzó con la caza y exportación de los cueros para la obtención de la fibra, que puede llegar a valer U\$600 por kilo, lo que llevó a la casi desaparición de estos animales. Por ese entonces, la población de vicuñas en América era cercana a los 4 millones de ejemplares, en 1950 no eran más de 10.000.

A fines de la década del 70 Argentina, Bolivia, Chile, Perú y Ecuador firmaron un Convenio para la conservación y manejo de la vicuña que permitió recuperar su población hasta contar en la actualidad con más de 76 mil ejemplares en nuestro país.

En Santa Catalina, Jujuy, a 3.800 metros sobre el nivel del mar, investigadores de CONICET, junto a comunidades y productores locales, han logrado recuperar una tecnología prehispánica sustentable para la obtención de la fibra de vicuña. Se trata de una ceremonia ancestral y captura mediante la cual se arrean y esquilan las vicuñas silvestres para obtener su fibra. Se denomina chaku y se realizaba en la región antes de la llegada de los conquistadores españoles. Según Bibiana Vilá, investigadora independiente de CONICET y directora del grupo Vicuñas, Camélidos y Ambiente (VICAM) *"Hoy podemos pensar en volver a hacer ese chaku prehispánico sumado a técnicas que los científicos aportamos para que las vicuñas pasen por toda esa situación sufriendo el menor stress posible. Las vicuñas vuelven a la naturaleza, la fibra queda en la comunidad, y nosotros tomamos un montón de datos científicos."*

El chaku

El chaku es una práctica ritual y productiva para la esquila de las vicuñas. Durante el imperio inca, las cacerías reales o chaku eran planificadas por el inca en persona. En esta ceremonia se esquilaba a las vicuñas y se las liberaba nuevamente a la vida silvestre. La fibra obtenida era utilizada para la confección de prendas de la élite y su obtención estaba regulada por mecanismos políticos, sociales, religiosos y culturales. Se trata de un claro ejemplo de uso sustentable de un recurso natural. Hugo Yacobaccio, zoológico e investigador principal de CONICET, explica que *"actualmente el chaku concentra hasta 80 personas, pero durante el imperio inca participaban de a miles. Hoy las comunidades venden esa fibra a acopiadores textiles y obtienen un ingreso que complementa su actividad económica principal, el pastoreo de llamas y ovejas"*.

El proceso comienza con la reunión de todos los participantes, luego toman una sogá con cintas de colores reunidos en semicírculo y arrean lentamente a las vicuñas guiándolas hacia un embudo de red de 1 km de largo que desemboca en un corral. Cuando los animales están calmados se los esquila manipulándolos con sumo cuidado para reducir el stress y se los libera. Hoy, 1500 años después del primer registro que se tiene de esta ceremonia, la ciencia argentina suma como valor agregado: el bienestar animal y la investigación científica. En tiempo del imperio Inca, el chaku se realizaba cada cuatro años, actualmente se realiza anualmente sin esquila a los mismos animales *"se van rotando las zonas de captura para que los animales renueven la fibra"* explica Yacobaccio. Según Vilá *"es un proyecto que requiere mucho trabajo pero que demuestra que la sustentabilidad es posible, tenemos un animal vivo al cual esquilamos y al cual devolvemos vivo a la naturaleza. Tiene una cuestión asociada que es la sustentabilidad social ya que la fibra queda en la comunidad para el desarrollo económico de los pobladores locales."*

Yanina Arzamendia, bióloga, investigadora asistente de CONICET y miembro del equipo de VICAM, explica que se

esquilan sólo ejemplares adultos, se las revisa, se toman datos científicos y se las devuelve a su hábitat natural. Además destaca la importancia de que el chaku se realice como una actividad comunitaria *“en este caso fue impulsada por una cooperativa de productores locales que tenían vicuñas en sus campos y querían comercializar la fibra. Además participaron miembros del pueblo originario, estudiantes universitarios y científicos de distintas disciplinas. Lo ideal es que estas experiencias con orientación productiva tengan una base científica.”*

Paradojas del éxito.

La recuperación de la población de vicuñas produjo cierto malestar entre productores ganaderos de la zona. Muchos empezaron a percibir a la vicuña como competencia para su ganado en un lugar donde las pasturas no son tan abundantes. En este aspecto el trabajo de los investigadores de CONICET fue fundamental, según Arzamendia *“el chaku trae un cambio de percepción que es ventajoso para las personas y para la conservación de la especie. Generalmente el productor ve a las vicuñas como otro herbívoro que compite con su ganado por el alimento y esto causa prejuicios. Hoy comienzan a ver que es un recurso valioso y ya evalúan tener más vicuñas que ovejas y llamas. Nuestro objetivo es desterrar esos mitos”,* concluye.

Pedro Navarro es el director de la Cooperativa Agroganadera de Santa Catalina y reconoce los temores que les produjo la recuperación de la especie: *“Hace 20 años nosotros teníamos diez, veinte vicuñas y era una fiesta verlas porque habían prácticamente desaparecido. En los últimos años se empezó a notar un incremento y más próximamente en el último tiempo ya ese incremento nos empezó a asustar porque en estas fincas tenemos ovejas y tenemos llamas”. Navarro identifica la resolución de estos problemas con el trabajo del grupo VICAM: “Yo creo que como me ha tocado a mí tener que ceder en parte y aprender de la vicuña y de VICAM, se puede contagiar al resto de la gente y que deje de ser el bicho malo que nos perjudica y poder ser una fuente más productiva.”*

La fibra de camélido

Además de camélidos silvestres como la vicuña o el guanaco, existen otros domesticados como la llama cuyo manejo es similar al ganado, para impulsar la producción de estos animales y su fibra, el Estado ha desarrollado dos instrumentos de fomento. En la actualidad se encuentran en evaluación varios proyectos para generar mejoras en el sector productor de fibra fina de camélidos que serán financiados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Se trata de dos Fondos de Innovación Tecnológica Sectorial destinados a la agroindustria y al desarrollo social que otorgarán hasta \$35.000.000 y \$8.000.000 respectivamente. Los proyectos destinados a la Agroindustria son asociaciones entre empresas y organismos del sector público que tienen entre sus objetivos mejorar la calidad de la fibra de camélido doméstico a partir del desarrollo de técnicas reproductivas; el mejoramiento genético e innovaciones en el manejo de rebaños; la incorporación de valor a las fibras a partir de mejoras en la materia prima o el producto final; permitir la trazabilidad de los productos para lograr su ingreso en los mercados internacionales; y fortalecer la cadena de proveedores y generar empleos calificados.

La convocatoria Desarrollo Social tiene como fin atender problemas sociales mediante la incorporación de innovación en acciones productivas, en organización social, en el desarrollo de tecnologías para mejorar la calidad de vida de manera sostenible y fomentar la inclusión social de todos los sectores. Otorgará hasta \$8.000.000 por proyecto que mejore las actividades del ciclo productivo de los camélidos domésticos, la obtención y/o el procesamiento de la fibra, el acopio, el diseño y el tejido, el fieltro y la confección de productos.



El artículo 41 de la Constitución Nacional expresa:

Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano, y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes, sin comprometer las de las generaciones futuras.

Para ello, trabajamos en el Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3iA) en docencia, investigación y desarrollo tecnológico.

3iA



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL
www.unsam.edu.ar

HUGO SCOLNIK

por José Mario Martínez

A lo largo de toda su vida, Hugo se ha pautado por principios éticos de equidad y justicia. Con generosidad innata, ha sido innumerables veces solidario. Hugo Scolnik hizo la Licenciatura en Matemáticas en la Universidad de Buenos Aires y completó su doctorado en 1973 en la Universidad de Zurich. Su tesis de doctorado versó sobre problemas de cuadrados mínimos no lineales en el importante caso de variables separables. Su contribución seminal fue definir la forma correcta de descomponer las iteraciones con un tratamiento diferente para las variables lineales y no lineales. Las técnicas introducidas por Scolnik son usadas desde entonces en los softwares más avanzados para ajuste de modelos, y tienden a cobrar mayor importancia en los tiempos actuales signados por las prácticas de aprendizaje de máquina, aprendizaje profundo y aprendizaje a través de datos.

A su regreso a la Argentina Scolnik se incorporó el equipo que definió el Modelo Mundial Latinoamericano (MML) como subdirector y director matemático del proyecto. El MML destruyó el paradigma fatalista del malthusianismo representado en el muy famoso Modelo del Club de Roma, mostrando con argumentos científicamente sólidos que el agotamiento de recursos naturales depende de decisiones humanas y no



exclusivamente de la paradoja del crecimiento. El MML tuvo amplia repercusión en los foros internacionales durante los años '75-'80.

En Brasil, donde permaneció entre 1976 y 1979, Hugo fue profesor de la Universidad Federal de Rio de Janeiro, en donde sentó los cimientos de la optimización numérica, y de la Universidade Cândido Mendes, donde dirigió el grupo ASDELA (Análisis de Sistemas para el Desarrollo de América Latina) adaptando el MML para la realidad de diferentes países.

De nuevo en su país de origen, Scolnik fue profesor titular de la Universidad de Buenos Aires, creó y dirigió su Departamento de Computación, tuvo cargos ejecutivos en las sociedades argentinas y latinoamericanas de Investigación Operativa y se consolidó como referencia internacional en las áreas de Modelaje Matemático, Optimización y Análisis Numérico.

En los últimos años volcó su interés para la Criptografía realizando interesantes contribuciones teóricas y aportando a la divulgación del área a través de libros y entrevistas.

Fue fundador del programa de Maestría en Seguridad Informática de la Universidad de Buenos Aires y, como corolario de sus contribuciones a la ciencia y tecnología latinoamericana, recibió el Premio Konex de Platino en 2003. Actualmente es director de la Maestría en Seguridad Informática de la UBA.