



NEWSLETTER NÚMERO 2 – Año 2024

1. NUESTRA CARRERA

La carrera de Doctorado en Ciencias Exactas e Ingeniería integra múltiples disciplinas conformando un conglomerado de temas en las Ciencias Básicas y Aplicadas como también en una variedad de áreas de la Ingeniería. Actualmente, la diversidad de temas incluye campos de investigación tales como:

- ✓ Álgebra
- ✓ Análisis matemático y estadístico
- ✓ Física de la atmósfera
- ✓ Física de superficies y nanomateriales
- ✓ Diseño y optimización de procesos químicos y biotecnológicos
- ✓ Análisis de ciclo de vida y huellas ambientales
- ✓ Desarrollo de materiales y procesos para separaciones químicas
- ✓ Mecánica computacional
- ✓ Propagación de ondas electromagnéticas en la atmósfera terrestre
- ✓ Otras áreas

Desde su creación en el año 2003, la Carrera graduó a 19 doctores y actualmente cuenta con 38 inscriptos. A través del trabajo de investigación y desarrollo llevado a cabo en forma continua, se generan tesis doctorales del más alto nivel en disciplinas que combinan Ciencia e Ingeniería. Muchos de los avances logrados en investigación resultan en vinculaciones tecnológicas con el medio, desarrollos patentables y publicaciones internacionales de alto impacto. La carrera representa así un nodo de conocimiento e innovación con impacto a nivel local, regional e internacional que apuesta a continuar creciendo año a año.

En los siguientes números iremos ampliando la posibilidad de temas de investigación y dando a conocer con más profundidad algunos de ellos.

2. EXPERIENCIAS DE EGRESADOS DE LA CARRERA

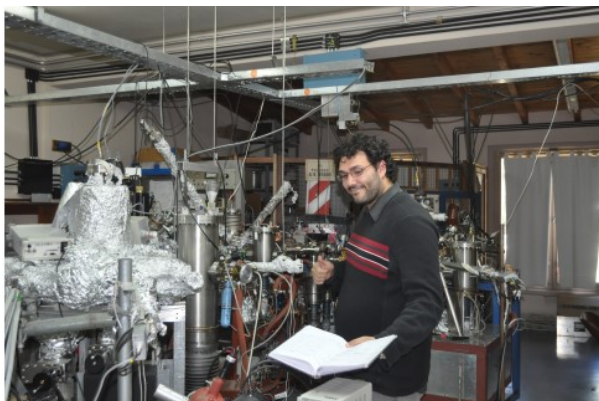
Es un gusto conocer las diversas experiencias de los doctores egresados. Es un valor agregado que permite la retroalimentación necesaria para lograr la mejora continua en planificación y objetivos para la carrera.

En este número recogimos la experiencia del Dr. Ezequiel Tossi quien se doctoró en el año 2019 con la tesis denominada “Estudios de superficies de nanoestructuras semiconductoras” y cuyo director fue el Dr. David M. Comedi.



DOCTORADO EN CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



Aprendiendo los fundamentos de la Física de Superficies en el Kevatrío del IB

Dr. Ezequiel Tossi

ezequiel.tosi@csic.es

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM - CSIC), España.

MIS PRIMEROS PASOS

Cuando terminé la secundaria había algo que tenía clarísimo en mi cabeza... quiero estudiar Física. Años de viajar a las Olimpiadas Nacionales de Física, la idolatría hacia mi hermano mayor que ya estudiaba esta carrera, y la cierta facilidad con la que se me daban las matemáticas fueron los cimientos de mi decisión. Pero claro, en ese momento yo no tenía la más remota idea de lo que realmente significa “ser un Físico”, ni de las múltiples y diversas ramas del conocimiento a las que podría dedicarme, como mucho sabía que había físicos teóricos que modelaban la naturaleza, y físicos experimentales que ponían a pruebas dichos modelos. Los primeros dos años de carrera en la FACET fueron de lo más divertido, incorporando poco a poco las herramientas matemáticas que luego me serían indispensables. Aquí ocurrió mi primer gran revelación, me di cuenta que amaba estar en el laboratorio, hacer experimentos, analizar datos, preparar figuras y, finalmente, aprender a contar una historia coherente a partir de todo eso. Al finalizar mi segundo año de carrera me encontré ante el gran desafío de prepararme y rendir para ingresar al Instituto Balseiro en Bariloche. Para

julio de ese año, mis sueños y expectativas partieron junto a mí en un viaje de 42hs de micro hacia el que sería mi próximo hogar por los próximos 4 años. En el IB adquirí “skills” claves para mi vida y mi carrera, y aprendí muchas cosas más allá de lo científico:

-A valerme por mí mismo lejos de casa, la importancia de priorizar y entender qué es lo realmente urgente;

-A trabajar en equipo, pues es la mejor forma de salir adelante y conseguir llegar a los objetivos. Nadie se salva sólo y las amistades que hacemos en esta etapa de la vida nos acompañaran por siempre;

-A entender que la vida académica no se trata de ser siempre el mejor, mejor que nadie más... sino de aprender a dar siempre lo mejor, y encontrar la forma de sacar adelante los proyectos.

LA FÍSICA DE SUPERFICIES ACTO I

Llegando al final de mi carrera de Licenciatura en Física tenía clarísimo que lo mío era la Física Experimental, estar en el laboratorio trasteando con los equipos, ajustar tuercas y llenarme de grasa. No me costó mucho elegir el Grupo de Física de Superficies de la División de Colisiones Atómicas para realizar mi tesina de grado y luego mi tesis de Maestría. Este submundo de la física de la materia condensada estudia algo fundamental que la mayoría de “solidistas” tiende (deliberadamente) a pasar por alto: las superficies, allí donde las simetrías se rompen, las fuerzas se descompensan y la naturaleza tiene que recurrir a las triquiñuelas más extravagantes para reducir las energías, todo esto en el entorno de estudio más fascinante que existe: el ultra alto vacío. Al día de hoy me resulta increíble trabajar en entornos con presiones comparables a la de la Luna ($\sim 1 \times 10^{-12}$ mbar) para así mantener las superficies atómicamente limpias y garantizar que las partículas y cargas puedan moverse dentro de los equipos de medición sin interactuar con nada en su camino. Para garantizar esas condiciones de “ultra alto ausencia-de-todo” había que llevar la física al extremo, valiéndonos de todo tipo de bombas de



DOCTORADO EN CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



vacío que permitían chupar, empujar y capturar hasta el último átomo, demostrando como bien decía el querido Nono Grizzi (mi director en aquel entonces) que: el vacío muchas veces es más fascinante que aquello con lo que la naturaleza busca llenarlo. Otra peculiaridad de la física de superficies es que sus instrumentos de medición tienen nombres buenísimos - desde los comienzos de mi carrera hasta ahora puedo decir que tuve el honor de medir en el Kevatrilo (IB), en el acelerador Tándem de 1.7 MeV (IB), en SuperESCA (Sincrotrón Elettra), en Nautilus (ICMM), Medusa (ICMM), Stardust (ICMM), y próximamente en un microscopio de efecto túnel y fuerza atómica a temperatura de helio líquido que cariñosamente llamamos Yeti porque es muy frío (ICMM). En los dos años y medio que estuve en el grupo del IB estudié la adsorción y desorción de azufre y selenio de las superficies (111) de los metales nobles oro y plata, utilizando para ello toda la batería de “técnicas de superficie”, como ser espectroscopia de electrones Auger y de fotoelectrones por rayos X (AES, XPS), espectroscopia de tiempo de vuelo por colisiones atómicas (TOF-DRS), Rutherford backscattering (RBS), difracción de electrones de baja energía (LEED) y cálculos teóricos por funcional densidad (DFT).

EL NANOMUNDO

Habían pasado 4 años desde mi llegada a Bariloche, me había convertido en un flamante Magister en Física y era hora de dar comienzo a la etapa troncal de mi formación científica: el doctorado. Todas y cada una de las personas que conocí que adorna el comienzo de su nombre con “Dr.” tiene una historia única y personal sobre su experiencia doctoral, porque a la hora de planear un doctorado hay muchísimas cuestiones a considerar: el grupo, el problema a investigar, el director, la ciudad, el sueldo, entre otros. En este sentido yo me encontraba ante un dilema; por un lado, el Balseiro era para mí una gran “red de seguridad” donde conocía a la gente, al laboratorio y lo más importante, donde me sentía cómodo trabajando...por otro lado la distancia a mis afectos

y el “efecto pueblo” de la ciudad de Bariloche hacían sentir su peso en mi corazón. Y es en este momento donde tuve la fortuna de conocer a David Comedi, que no hacía mucho había sido repatriado hacia Tucumán y estaba dirigiendo la tesis de mi amigo Gustavo Grinblat. David entendió perfecto mis necesidades científico-personales de ese momento y me ayudó a tomar la que considero una de las mejores decisiones de mi vida: volver a Tucumán para hacer mi doctorado en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT, bajo la dirección de David y la codirección de Guillermo Zampieri en el laboratorio de Física de Superficies del IB. David me propuso unirme al NanoProject con el desafío de aplicar mis conocimientos de física de superficies en un sistema totalmente nuevo para mí: nanohilos semiconductores de óxido de zinc. Si bien estudiar superficies implica trabajar en la nanoescala, siempre lo había hecho sobre materiales macroscópicos y ahora de repente mis muestras se encogieron diez millones de veces, de monocristales de 1 cm de diámetro a hilos de 60 nanómetros! En mi recorrido por el Nanomundo aprendí a crecer muestras en un horno tubular a 1000 °C, nuevas técnicas de caracterización como la fotoluminiscencia, viajé por todo el país realizando cursos, experimentos y dando charlas de divulgación, volví a una de mis grandes pasiones: la docencia de la mano del Laboratorio de Física Experimental de la FACET, vi nacer el Instituto de Física del Noroeste Argentino (INFNOA), volví reiteradas veces a mi querido Balseiro a medir las superficies de mis nanohilos, viajé a la República Checa donde aprendí a usar un microscopio de fuerza atómica conductiva, me fui a vivir con mi novia Lucrecia, me casé y por sobre todas las cosas, fui muy feliz.

LA FÍSICA DE SUPERFICIES ACTO II

Todo el tiempo estamos tomando decisiones y muy de vez en cuando nos enfrentamos a una elección que modifica completamente el curso de nuestras vidas. A mí me tocó enfrentarme a esa encrucijada cuando, meses después de haber recibido la negativa de una oportunidad de postdoctorado por



DOCTORADO EN CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



incompatibilidad con la fecha de defensa de mi tesis doctoral, ¿recibí un mail preguntando are you still interested in this position? We can wait until you defend your thesis. Con Lucrecia sabíamos que con un simple yes cambiaría todo, y así fue que en pocos meses dejamos Argentina y partimos hacia una nueva aventura. La oportunidad en cuestión era para trabajar 3 años en la línea de luz SuperESCA del Sincrotrón Elettra de Trieste, al norte de Italia, tanto asistiendo a los usuarios de la línea con sus experimentos, como llevando adelante mi propia investigación centrada principalmente en estudios de superficie en materiales 2D crecidos in-situ en ultra alto vacío, y estudiados con espectroscopía y difracción de fotoelectrones por rayos X (XPS & XPD), absorción de rayos X (NEXAFS) y todas las viejas conocidas técnicas de caracterización de superficies. Había dado una vuelta completa y regresado a las superficies en vacío, ¡pero ahora con todo el poder de un Sincrotrón a mi disposición! Los años en Trieste fueron increíbles, tanto en lo profesional como en lo personal. Trabajé codo a codo con investigadores y estudiantes de todas partes del mundo, aprendí a resolver problemas de forma rápida y eficiente, participé en proyectos científicos de primera línea, ajusté miles de tuercas y tornillos ayudando a mantener el laboratorio en condiciones. Además, mientras el mundo entero se enfrentaba al COVID-19 con Lucrecia emprendimos el mejor de los desafíos: ser padres. Sin dudas mucho había cambiado desde aquellos primeros años en que apenas podía diferenciar entre físicos teóricos y experimentales, pero el entusiasmo y las ganas de seguir aprendiendo seguían intactos.

DE REGRESO AL NANOMUNDO

Y así llegamos al presente de esta historia, que continua en Madrid, España, donde desde junio de 2022 estoy trabajando como Investigador Postdoctoral en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, que depende del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ICMM-CSIC). Soy parte del grupo ESISNA, y como el título de esta sección lo indica, ¡volví al nanomundo! En

estos momentos formo parte de dos líneas de investigación de lo más diversas: por un lado, mi tema principal de investigación es el estudio de reacciones químicas foto inducidas en superficie en condiciones de ultra alto vacío, a partir de las cuales busco sintetizar nanoestructuras poliméricas a partir de monómeros específicamente diseñados para distintos objetivos como por ejemplo la optimización de fotocatalizadores. Por otro lado, estoy asociado a un grupo de astrofísicos para estudiar muestras de meteoritos (Allende de México, Almahata Sitta de Sudán y algún otro que nos mandan nuestros colegas de la NASA), determinar las especies químicas presentes en el núcleo de estas rocas, y así contar la historia de la fisicoquímica de nuestro Sistema Solar.

Además de las ya antes mencionadas técnicas de superficie (LEED, XPS, Auger, Sincrotrón) ahora me estoy especializando en una muy poderosa herramienta: el microscopio de efecto túnel, tanto a temperatura ambiente como a temperatura de nitrógeno y helio líquido (77 K y 4,5 K respectivamente). Con esta técnica es posible ver autoensamblados moleculares sobre superficies con resolución atómica, estudiar orbitales moleculares y manipular la materia a escala atómica.

¿CÓMO SIGUE ESTA HISTORIA?

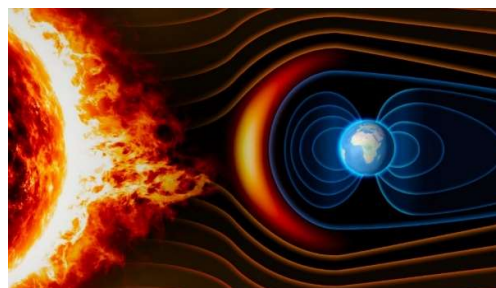
J.R.R. Tolkien escribió y puso en boca de Gandalf: Eso desean los que viven estos tiempos. Pero no nos toca a nosotros elegir qué tiempo vivir, sólo podemos elegir qué hacer con el tiempo que se nos ha dado.... Soy consciente que a lo largo de mi vida y mi carrera como Físico estuve rodeado de personas excelentes que me ayudaron a dar siempre lo mejor de mí, también me encontré con desafíos y adversidades que de una u otra forma pude resolver, y luego de más de 10 años desde que empezó esta aventura puedo decir que no hay que tener miedo al cambio, salir de la zona de confort puede llevarnos a descubrir que somos mucho más capaces de lo que imaginábamos, pues esto de ser científicos no se trata de ser brillantes, sino de ser curiosos, creativos y no darnos nunca por vencidos.

Nota publicada también en la Revista CET 44
<https://www.facet.unt.edu.ar/revistacet/revista-cet-44/>



3. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN EL LABORATORIO DE IONOSFERA, ATMÓSFERA NEUTRA Y MAGNETOSFERA (LIANM) DE LA FACET, UNT, PARA REALIZAR TESIS DOCTORALES

El Laboratorio de Ionosfera, Atmósfera Neutra y Magnetosfera (LIANM, <https://www.facet.unt.edu.ar/labatmosfera/>) se crea a principios del año 2020 de la unión del Laboratorio de Física de la Atmósfera (LAFIAT), creado en el año 1999, y el Laboratorio de Ionosfera (LI), creado en el año 1966. Está constituido por docentes-investigadores y estudiantes doctorales cuyas tareas de investigación se enmarcan en el estudio del sistema Sol-Tierra en general, y en Física de la Atmósfera, Geomagnetismo, Física Espacial, Clima Espacial y Meteorología en particular. Las principales líneas de investigación del LIANM son: (1) variabilidad y tendencias a largo plazo de parámetros atmosféricos de sus distintas regiones, desde la troposfera hasta la atmósfera superior, con el objeto de entender y detectar sus orígenes, analizar el acoplamiento entre las regiones, modelar y hacer pronósticos; (2) efectos de tormentas geomagnéticas sobre la atmósfera baja, media y superior, a través del análisis de los procesos físicos y químicos desencadenados por la inyección de partículas cargadas del viento solar; (3) meteorología espacial (*space weather*); (4) radiación solar en superficie con el objeto de evaluar, caracterizar y determinar variabilidad y tendencias del recurso solar en nuestra región; (5) efecto de las variaciones seculares del campo magnético de la Tierra sobre la atmósfera superior y la magnetosfera, y estudio de posibles escenarios de inversión de este campo; y (6) utilización de tomografía computacional mediante datos GPS y GLONASS para modelar la ionosfera local. Los resultados que se obtienen en cada una de las líneas de investigación de este Laboratorio, que en general están enmarcadas en Proyectos y Programas de investigación con diferentes fuentes de financiación, son presentados en reuniones científicas nacionales e internacionales y publicados en revistas específicas del tema (<https://www.facet.unt.edu.ar/labatmosfera/publicaciones/>).



En todas estas líneas existen proyectos de investigación con propuestas para realizar Tesis Doctorales en el Doctorado en Ciencias Exactas e Ingeniería de la FACET, UNT.

Para conocer en detalle las diferentes propuestas de planes de investigación en las distintas líneas temáticas del LIANM para realizar el Doctorado en Ciencias Exactas e Ingeniería comunicarse por mail (aelias@herrera.unt.edu.ar), o llegarse por la Oficina 2-3-10 de la FACET en Av. Independencia 1800, 4000 Tucumán, Block II, 3er piso, de 9:00 a 13:00 horas.



DOCTORADO EN CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN



4. AGENDA DE CURSOS DE POSTGRADO 2024

Marzo
"Métodos Numéricos-Computacionales I y Teoría General de Métodos Numéricos y Computacionales en Ingeniería", duración: 80 horas. Disertantes: Dr. Guillermo Etse y Dra. Sonia M. Vrech
"Mecánica Experimental", duración: 40 horas. Disertantes: Dr. Domingo Sfer, Dr. Facundo Isla Calderón e Ing. Alberto Pascual
Abril
"Dinámica de Suelos e Ingeniería Geotécnica Sísmica", duración: 40 horas. Disertantes: Dr. Abel Jacinto y Mg. Arnaldo Barchiesi
"Dinámica Estructural I", duración: 40 horas. Disertantes: Dr. Juan Carlos Ramallo, Dr. Gabriel Aráoz y Mg. Oscar Dip
Mayo
"Modelación Constitutiva I", duración: 40 horas Disertantes: Dra. Bibiana Luccioni y Dr. Facundo Isla Calderón
"Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales", duración: 60 horas Disertantes: Dr. Lucas Machin Ferrero, Dr. Fernando Mele y Mg. Andrea Nishihara Hun
Junio
"Modelación Constitutiva II", duración: 40 horas Disertantes: Dra. Bibiana Luccioni y Dr. Facundo Isla Calderón
Julio
"Dinámica Estructural II", duración: 40 horas Disertantes: Dr. Juan Carlos Ramallo, Dr. Gabriel Aráoz y Mg. Oscar Dip

En la página del doctorado se mantendrá actualizada la lista de cursos de postgrado de todos los años, junto con las fechas de inicio y requisitos de inscripción.

MAYOR INFORMACIÓN SOBRE LA CARRERA

<https://www.facet.unt.edu.ar/posgrado/doctorado-en-ciencias-exactas-e-ingenieria/>