



Ministerio de Ciencia,  
Tecnología e Innovación  
**Argentina**



**Sistemas Nacionales**

# PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MICROSCOPIA EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

---

PLAN ESTRATÉGICO 2022-2026



**Sistemas Nacionales**  
Microscopía

DICIEMBRE 2021

## AUTORIDADES

Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación

**Daniel Fernando Filmus**

Secretario de Articulación Científico-Tecnológica

**Juan Pablo Paz**

Subsecretaría de Coordinación Institucional

**Pablo Nuñez**

Directora Nacional de Planificación de Recursos Físicos

**Julieta Cortina**

## COLABORADORES

Carolina Pérez

Francisco Monterubbianesi

Gabriela Gorjón

Nicolás Wolcoff

Sabrina Fischberg

Silvana Beltrán

Stella Maris Nigro

## RESUMEN EJECUTIVO

El Sistema Nacional de Microscopía (SNM) fue creado en 2008 a través de la Resolución N° 556/08, luego modificada por la Resolución N° 631/09, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCYT), y fue el primero de los sistemas organizados dentro del Programa de Grandes Instrumentos, Facilidades y Repositorios Digitales de Acceso Abierto que funciona bajo la órbita de la Secretaría de Articulación Científico-Tecnológica (SACT).

Los microscopios avanzados son clave para el desarrollo de las Ciencias de la Vida (biología celular y molecular, microbiología, medicina, veterinaria, agronomía, biofísica) y de los Materiales (aleaciones metálicas, cerámicos, polímeros, materiales compuestos, semiconductores, superconductores, materiales magnéticos), para la Micro y Nanofabricación, y para el desarrollo de bienes y servicios basados en las nanociencias y en la nanotecnología. El SNM clasifica a las microscopías en tres tipos: 1) electrónica (llamada así porque utiliza electrones para caracterizar la muestra), 2) óptica (utiliza fotones) y 3) de barrido por sonda (donde una sonda recorre la superficie de la muestra). El sistema ha logrado la adhesión de los principales centros de microscopía del país y recabar información esencial sobre el estado de desarrollo, las necesidades y las dificultades de los distintos tipos de microscopía en Argentina. Asimismo, el sistema ha promovido el uso de un Sistema de Gestión de Turnos, desarrollado por el MINCYT, a través del cual los instrumentos están abiertos a la comunidad. Adicionalmente, el SNM pone a disposición líneas de financiamiento orientadas a sostener y mejorar el funcionamiento del equipamiento adherido y a formar recursos humanos. En el mismo sentido, el Consejo Asesor del sistema, ha brindado asesoramiento al MINCYT sobre diversos temas relacionados con la microscopía, incluyendo el diseño de programas de mejora de equipamiento y del primer Plan Estratégico para el área en 2013, que preveía acciones por un período de 5 años.

La microscopía protagonizó impactantes avances tecnológicos durante la última década, entre los cuales cabe destacar:

- Los avances significativos en microscopios electrónicos tales como el desarrollo de detectores y accesorios, mejoras en la óptica electrónica, el uso combinado de haces de electrones y de iones, el desarrollo de software de captura y procesamiento de imágenes, y de espectroscopías que mejoran la resolución espacial y amplían sus capacidades microanalíticas;
- La capacidad de trabajar en vacío y a muy bajas temperaturas, que amplía los tipos de muestras que pueden ser estudiadas mediante microscopía electrónica y de barrido por sonda;
- El desarrollo de microscopías multimodales y correlativas que permiten combinar análisis basados en la detección de electrones e iones, fotones y sondas, entre otras;
- El desarrollo de la microscopía multifotónica y de mini-microscopios que permiten estudiar diversos fenómenos *in vivo*, con resolución subcelular, y de la microscopía láser de hoja de luz, que permite reemplazar el seccionamiento físico de una pieza de tejido por el seccionamiento óptico de órganos completos; y
- El avance de la microscopía de superresolución o nanoscopía óptica, que eleva el poder de resolución de la microscopía óptica al orden de las decenas de nanómetros permitiendo visualizar estructuras nunca antes vistas, incluso en células vivas.

En nuestro país, estas tecnologías están representadas de manera incipiente en algunos casos y ausentes en otros. Sin embargo, se cuenta con recursos humanos altamente capacitados para desarrollar localmente algunas de ellas, como la nanoscopía óptica, y para implementar las restantes, existiendo una oportunidad para establecer a la Argentina como pionera en el uso de microscopías avanzadas en la región.

Por otro lado, el análisis de los avances logrados en el marco del Plan Estratégico 2013, y del estado actual del equipamiento adherido al SNM, revelan fallas en la implementación de los mecanismos de financiamiento previstos para mantener y mejorar el equipamiento existente y para adquirir nuevo equipamiento, un grado

preocupante de obsolescencia de los instrumentos relevados por el SNM y una alta concentración de equipos en algunas pocas regiones, principalmente la Ciudad de Buenos Aires. El SNM cuenta, en julio de 2021, con 97 centros adheridos en todo el país que agrupan 189 microscopios avanzados. Pero a pesar de las acciones recomendadas en el Plan Estratégico 2013, donde se indicaba que el 57% del equipamiento relevado tenía más de 10 años de antigüedad y se recomendaba la implementación de un nuevo programa de modernización de equipamiento considerando la exitosa implementación del Programa de Modernización de Equipamiento (PME) 2006, más del 60% del equipamiento adherido continúa en esa condición. Cabe mencionar que el SNM considera obsoletos a los equipos luego de 10 años de su fabricación, aunque las empresas y países desarrollados suelen tomar un periodo menor de tiempo para declararlos obsoletos.

Entre los factores que se identifican como de mayor impacto en el grado de desactualización del equipamiento se cuentan la falta de periodicidad de los programas de adquisición de nuevos equipos, la desactualización de los montos que otorgan distintos programas de financiamiento debido a la devaluación de nuestra moneda y la incapacidad de las Instituciones Beneficiarias de aportar la contraparte exigida por dichos programas. No hubo otro instrumento de financiamiento de la escala del PME 2006 hasta el año 2015 y, a seis años del lanzamiento del PME 2015, el grado de ejecución se aproxima al 50% considerando el número de microscopios avanzados incorporados al SNM. Por otro lado, la línea de financiamiento administrada por el SNM para realizar adquisiciones complementarias que mejoren las prestaciones de equipos existentes, que proveía el equivalente en pesos a 100000 USD cuando se creó el sistema (2008), se desactualizó progresivamente y llegó a mínimos de 15000 USD en 2019.

Factores adicionales que afectan el funcionamiento del SNM son la escasez de recursos humanos adecuados para la preparación de muestras y la operación y mantenimiento de microscopios avanzados, probablemente relacionada con la pobre valoración de la actividad y los bajos salarios; y la falta de articulación en el funcionamiento de los centros adheridos, que responden a políticas señaladas por las diversas Instituciones Beneficiarias a las que pertenecen.

En este contexto, el Consejo Asesor del SNM elaboró el presente Plan Estratégico que plantea como **medida prioritaria el reemplazo de los equipos obsoletos por equipos avanzados a través de la implementación de programas similares al PME 2006 con una periodicidad cuatrienal, comenzando en 2022**. Para ello, se proveen tablas donde se describen los tipos y cantidades de equipos, por área geográfica, que se considera necesario reemplazar en los próximos 10 años. Además, se recomiendan cambios en las líneas de financiamiento que permitan superar los problemas crónicos que las afectan, en particular, **establecer en los contratos que se actualizarán los desembolsos de modo que se cumplan los objetivos de los proyectos aprobados**. Estas acciones deben acompañarse de una **política agresiva de formación de recursos humanos**, en particular, de preparadores de muestras, operadores y personal capacitado para realizar mantenimiento preventivo.

Además, el presente plan prevé nuevas acciones destinadas a posicionar la infraestructura de microscopía de nuestro país en la vanguardia dentro de Latinoamérica, recomendando una **nueva línea de financiamiento para fomentar el desarrollo local de microscopios avanzados, la agrupación de equipos vecinos complementarios en plataformas (facilities)** que optimicen la prestación de servicios y la **creación de Centros Nacionales de Microscopía Avanzada** que pongan a disposición de la matriz científico-tecnológica los instrumentos más avanzados de cada tipo de microscopía.

Finalmente, para mejorar la articulación de los centros adheridos entre sí, con centros que poseen tecnologías complementarias que están representadas en otros Sistemas Nacionales (como los de Micro y Nanofabricación, Bioterios, Computación de Alto Desempeño, Resonancia Magnética, Citometría de Flujo y Rayos X), con otros actores relevantes para promover la transferencia (empresas, organismos de gobierno) y con centros de microscopía avanzada en otras regiones, se propone promover la **creación de Redes Nacionales de Microscopía**.

## CONSEJO ASESOR

El Consejo Asesor es el órgano inmediato de representación, discusión y coordinación de las actividades, proyectos y programas del Sistema Nacional de Microscopía (SNM), así como de asesoramiento al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCYT) y al Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICYT) sobre políticas destinadas a la mejora permanente del funcionamiento del sistema.

Los integrantes del Consejo Asesor son representantes de los organismos del CICYT con injerencia o expertos en la materia, designados por el MINCYT.

## COORDINADORES

---

- Dra. Lía PIETRASANTA - CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)
- Dr. Mario Gustavo MURER - CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)

## MIEMBROS

---

- Dr. Luis Segundo MAYORGA - CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)
- Ing. Andrés PINTO - SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR) – Titular
- Lic. Andrea Laura ROMANO - SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO (SEGEMAR) – Alternata
- Dr. Alfredo Oscar CACERES - CONSEJO DE RECTORES DE UNIVERSIDADES PRIVADAS (CRUP) - Titular
- Dr. Marcelo VILLAR - CONSEJO DE RECTORES DE UNIVERSIDADES PRIVADAS (CRUP) - Alternata
- Lic. Gustavo GIMENEZ - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) - Titular
- Lic. Paulina LLORET - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) - Alternata
- Dr. Eduardo Alfredo FAVRET - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA)
- Dra. Claudia NOME DOCAMPO - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA)
- Dr. Diego Ariel MENDIETA - COMISIÓN NACIONAL DE ACTIVIDADES ESPACIALES (CONAE) - Titular
- Dr. Marcelo J. GONZALEZ FIRCOLI - COMISIÓN NACIONAL DE ACTIVIDADES ESPACIALES (CONAE) - Alternata
- Dra. Claudia BOJORGE - MINISTERIO DE DEFENSA (MINDEF)
- Lic. Eduardo HEREDIA - MINISTERIO DE DEFENSA (MINDEF)
- Dr. Ricardo SILVA – INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO (INIDEP)
- Dr. Daniel BROWN – INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PESQUERO (INIDEP)
- Dra. Cristina SALGADO – CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) - Titular
- Dra. Silvia Noemí SIMISON - CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) - Titular
- MSc. Luis Martín ARCE - CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) – Titular

- Dr. Enrique Hugo LUQUE - CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) - Alterno
- Bioq. José Manuel PELLEGRINO - CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) - Titular
- Dr. Daniel Alberto VEGA - CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) – Alterno
- Dra. Marina QUIROGA - CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) – Alterna
- Dra. Virginia ALBARRACIN - CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) – Titular
- Dra. Sandra GIUNTA - CONSEJO INTERUNIVERSITARIO NACIONAL (CIN) – Alterna
- Sra. Cecilia IBAÑEZ - ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS E INSTITUTOS DE SALUD (ANLIS) – Titular
- Bioq. Adrián Pablo LEWIS - ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE LABORATORIOS E INSTITUTOS DE SALUD (ANLIS) – Alterno
- Dr. Alfredo TOLLEY - COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
- (CNEA)
- Dr. Raúl VERSACI - COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (CNEA)

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO .....	2
CONSEJO ASESOR .....	4
GRÁFICOS, CUADROS Y TABLAS.....	7
DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN .....	8
CONCEPCIÓN DE UN PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MICROSCOPIA EN ARGENTINA.....	8
EVALUACIÓN INTERNA DE LOS EFECTOS DEL PLAN ESTRATÉGICO 2013 DEL SNM.....	8
VALORACIÓN DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS (FODA) .....	10
ANÁLISIS DE SITUACIÓN DE LAS MICROSCOPIAS POR ÁREA.....	15
Microscopía Electrónica .....	15
Microscopía Óptica: .....	20
Microscopía de Barrido por Sonda (SPM) .....	23
PLAN ESTRATÉGICO .....	27
Ejes del plan .....	27
Eje 1. Adecuación de las líneas de financiamiento vigentes para la adquisición de nuevos equipos y para realizar mejoras y adquisiciones complementarias para equipos existentes. ....	27
Eje 2: Incorporación de microscopios modernos para cubrir áreas de vacancia y reemplazo de equipos obsoletos. Adquisición de equipamiento complementario para mejorar las prestaciones de equipamiento existente. ....	29
Eje 3: Creación de Centros Nacionales de Microscopía Avanzada.....	32
Eje 4. Formación de Recursos Humanos.....	34
Eje 5. Desarrollo y Transferencia de Microscopías Emergentes .....	35
Eje 6. Articulación del funcionamiento de los Centros adheridos mediante Redes Nacionales de Microscopía .....	37

## GRÁFICOS, CUADROS Y TABLAS

1	Tabla 1: Plan Estratégico 2013, adquisición de equipamiento. ....	9
2	Tabla 2: Equipos adheridos al SNM desde 2014 adquiridos con fondos PME 2015. ....	10
3	Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA). ....	12
4	Equipamiento adherido al SNM (2010-2019) .....	13
5	Equipamiento adherido al SNM por año de adquisición y tipo de microscopía. ....	14
6	Propuesta Microscopía Electrónica (Eje 2). ....	30
7	Propuesta Microscopía óptica (Eje 2). ....	31
8	Propuesta Microscopía de barrido por sonda (Eje 2). ....	32



## DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN

### CONCEPCIÓN DE UN PLAN ESTRATÉGICO PARA LA MICROSCOPIA EN ARGENTINA

El Sistema Nacional de Microscopía (SNM) fue creado en 2008, mediante Resolución N° 556/08 y su modificatoria N° 631/09, por iniciativa del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCYT) y funciona bajo la órbita de la Secretaría de Articulación Científico-Tecnológica (SACT). El SNM elaboró un Plan Estratégico en el año 2013 que sirvió como guía para su funcionamiento en el contexto del Plan Argentina Innovadora 2020 (PAI 2020). El PAI 2020 finalizó su período de vigencia y será reemplazado por el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2030 (PNCTI 2030), que orientará las acciones dentro del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) durante la próxima década y al cual es necesario adecuar el funcionamiento del SNM. Además, el plan estratégico trazado en el año 2013 preveía acciones de corto y mediano plazo cuyo desarrollo señala nuevas acciones que debe impulsar el SNM para garantizar el funcionamiento y crecimiento de la infraestructura en el área. Finalmente, la experiencia acumulada en 13 años de funcionamiento, los avances científico-tecnológicos que ocurrieron en el campo de las microscopías, los cambios a nivel global en cuanto a tecnología y su aplicación al desarrollo socioeconómico, y los nuevos desafíos que impone la pandemia COVID-19, que nos han hecho conscientes de la vulnerabilidad de nuestra sociedad a problemas globales que sólo pueden ser atendidos contando con el más alto desarrollo científico-tecnológico, demandan una adecuación del funcionamiento del SNM.

Por todo ello, el SNM ha realizado una evaluación interna del grado de cumplimiento del plan estratégico trazado en 2013 y sus efectos sobre la infraestructura existente en los centros adheridos. Además, ha realizado una valoración de los programas de financiamiento implementados tanto para mejorar y mantener en operación los equipos adheridos como para formar recursos humanos, de los procesos de adquisición de equipamiento y sus dificultades, de las interacciones con las Instituciones Beneficiarias a través de los diversos programas del SNM, de la calidad de los servicios prestados por las empresas proveedoras del SNM y de otros factores, que permiten avanzar en la formulación del nuevo plan estratégico del SNM. Finalmente, la elaboración de nuevos planes por otros órganos de gobierno, como el Plan de Desarrollo Productivo Argentina 4.0 elaborado por el Ministerio de Desarrollo Productivo, también permiten orientar acciones del SNM en las direcciones señaladas por las políticas implementadas a nivel nacional para promover el desarrollo socioeconómico.

### EVALUACIÓN INTERNA DE LOS EFECTOS DEL PLAN ESTRATÉGICO 2013 DEL SNM

El Plan Estratégico 2013 contemplaba 4 ejes, a saber:

1. Reemplazo de equipos en riesgo de obsolescencia: dirigido a equipos que, si bien se encontraban en funcionamiento, su antigüedad hacía casi imposible mantenerlos por falta de repuestos y alta tasa de fallas.
2. Adquisición de equipos de nueva generación: para reforzar áreas de vacancia y satisfacer la demanda de servicios/análisis de alto nivel en distintas áreas del sector científico y tecnológico.
3. Formación de recursos humanos que garantice el uso óptimo de los equipos.
4. Desarrollo y transferencia de microscopías emergentes.

De los 4 ejes, solo la formación de recursos humanos podía ser cubierta con el accionar regular del SNM, dentro de cuyas acciones está la promoción y soporte de diversos cursos, formación técnica, y pasantías de

especialización a través de mecanismos de financiación propios. El eje 4 ha tenido bajo impacto aunque se ha trabajado en la elaboración de un tipo de financiamiento que podría impactar en el desarrollo de equipos a partir de emprendimientos de expertos del sistema científico-tecnológico local.

Para los ejes 1 (reemplazo de equipos en riesgo de obsolescencia) y 2 (adquisición de equipos de nueva generación) se elaboró un plan de compra escalonado a 6 años, dando prioridades según las necesidades de los tres tipos de microscopía (Óptica, Electrónica y de Barrido por Sonda). Con vista a este plan de adquisición, se logró la implementación del Plan de Mejoramiento de Equipamiento 2015 (PME 2015) con el fin de cubrir las necesidades de todos los SSNN. Este plan sufrió varias vicisitudes siendo quizás la más importante la demora en la liberación de los fondos tanto por el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT) como luego por las instituciones beneficiarias, de modo que muchos equipos todavía no han sido comprados y la inflación ha carcomido seriamente los recursos, limitando así los equipos que se pudieron adquirir.

La Tabla 1 muestra los equipos que, según el Plan Estratégico 2013, se debían adquirir para conseguir un funcionamiento óptimo de las microscopías en el país. A la derecha se agregó una columna para indicar los nuevos equipos incorporados. Los datos sobre las adquisiciones realizadas entre 2014 y 2021 corresponden a las nuevas adhesiones de equipos al SNM en ese período. Se muestra el total, no discriminado por subtipo.

Tipo	Equipo	Año de Compra						Total General	Adquirido 2014-2021
		1er Año	2do Año	3er Año	4to Año	5to Año	6to Año		
Microscopía	Confocal	6		2	6	5	5	24	18
	Multifotónico		1			1		2	
	SuperResolution			1			1	2	
SEM	Cross beam		1			1		2	
	Emisión de campo (EC)				2			2	
	SEM básicos	3		3				6	10
SPM	Ultra alto vacío				1			1	
	Baja Temperatura		1					1	
	SPM Básico	3	2	4			3	12	6
TEM	200kW emisión de campo (EC)			1				1	
	Biológicos	8			6	4	6	24	
	Espectrómetro EELS		1					1	5
	Materiales		2			1	1	4	
Microscopía	Para desarro	1	1	1	1	1	1	6	
<b>Total General</b>		<b>21</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>88</b>	<b>39</b>

1Tabla 1: Plan Estratégico 2013, adquisición de equipamiento.

El Plan Estratégico 2013 contemplaba también un programa mínimo de adquisiciones indispensables, que totalizaba 52 equipos (14 ópticos, 9 SEM, 8 SPM, 15 TEM, 6 equipos de tecnologías emergentes). Como se puede apreciar realizando una comparación con los datos de adquisiciones 2014-2021, los instrumentos TEM resultaron particularmente desfavorecidos en el programa de compras y solo se alcanzó el número mínimo de equipos estipulado para los SEM.

También se puede observar el escaso impacto del PME 2015 en los equipos que finalmente se incorporaron al SNM. Sobre un total de 27 proyectos adjudicados que incluían 30 grandes microscopios, no se cuenta con información sobre el grado de ejecución de 14 proyectos y solo 9 de los microscopios adjudicados se encuentran adheridos al SNM. A la fecha de elaboración de este plan estratégico, solo en 4 casos se consiguió una ejecución completa del proyecto (adquisición del o de los microscopios presupuestados sin mayores cambios respecto a la

propuesta original). En los restantes 9 proyectos, se realizó una ejecución parcial, ya sea porque se compró un microscopio menos sofisticado o un solo microscopio cuando se habían adjudicado dos o tres. Es de esperar que algunos proyectos más logren concretarse parcialmente en los próximos meses, sin embargo, han transcurrido 6 años desde el lanzamiento del programa. Cabe remarcar que, a pesar del pobre grado de cumplimiento del programa, se han sumado algunos microscopios en zonas geográficas desfavorecidas desde el punto de vista de la infraestructura en microscopía, tales como Catamarca (AFM), Entre Ríos (confocal) y Santiago del Estero (confocal).

El detalle de los microscopios adheridos al SNM desde 2014, donde se resaltan aquellos que fueron adquiridos con fondos del PME 2015, se detalla a continuación (Tabla 2).

TEM										
Centro	Institución	Provincia	Ciudad	ID Equipo	Subtipo	Marca	Modelo	Año fabricación	año adquisición	Año puesta en marcha
Laboratorio de	INSTITUTO D	SANTA FE	ROSARIO	1183	TEM/STEM	JEOL	JEM2100plus	2015	2017	2018
Centro Integri	CENTRO INTE	TUCUMAN	YERBA BUEN	107	TEM	ZEISS	LIBRA 120	2008	2008	2018
SECEGRIN - U	UNIDAD DE A	SANTA FE	SANTA FE	1293	TEM/STEM	JEOL	JEM-2100 Plu	2017	2017	2018
Laboratorio de	INSTITUTO D	BUENOS AIRES	MAR DEL PLA	929	TEM	JEOL	JEM-2100	2014	2014	2018
YPF TECNOL	YPF TECNOL	BUENOS AIRES	ENSENADA	1162	TEM/STEM	FEI	TALOS	2014	2014	2016
SEM										
Escuela de In	ESCUELA DE	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1359	SEM	Carl Zeiss	EVO 10 HV W	2018	2018	2018
INTI Procesos	PROCESOS S	BUENOS AIRES	VILLA MARTE	1281	SEM	FEI	Quanta 250 F	2016	2016	2017
Laboratorio de	DEPARTAME	RIO NEGRO	SAN CARLOS	1255	SEM	FEI	INSPECT S50	2015	2015	2017
Universidad de	UNIVERSIDA	JUJUY	SAN SALVAD	1275	SEM	ZEISS	EVOMA 10	2017	2017	2017
Instituto de E	INSTITUTO D	SANTIAGO D	EL ZANJON	1280	SEM	Phenom	Pro-X	2016	2016	2017
Gerencia de C	GERENCIA DE	CORDOBA	FALDA DEL C	1334	SEM	JEOL	IT100LA	2017	2017	2017
Centro de Inv	CENTRO DE I	ENTRE RIOS	DIAMANTE	1193	SEM	Phenom	Pro	2016	2016	2016
Programa de I	PROG.ELECTR	SANTA FE	SANTA FE	1215	SEM	PhenomWorl	ProX	2014	2014	2015
Instituto de I	INSTITUTO D	RIO NEGRO	GENERAL RO	1180	SEM	Zeiss	EVO 15	2014	2015	2015
Laboratorio F	LABORATORI	SANTA CRUZ	RIO GALLEGO	1237	SEM	Carl Zeiss	EVO MA15	2014	2014	2014
AFM										
Centro	Institución	Provincia	Ciudad	ID Equipo	Subtipo	Marca	Modelo	Año fabricación	año adquisición	Año puesta en marcha
Instituto de I	INSTITUTO D	BUENOS AIRES	LA PLATA	1352	AFM-STM	Keysight	9500	2018	2018	2018
Instituto de I	INSTITUTO D	BUENOS AIRES	LA PLATA	1407	AFM	NanoSurf	FlexBio	2017	2018	2018
CENTRO DE I	FACULTAD D	CATAMARCA	SAN FERNAN	1342	AFM	Nanosurf	Nanosurf Fle	2017	2018	2018
Universidad de	UNIVERSIDA	JUJUY	SAN SALVAD	1263	AFM-STM	Keysight Tech	5500 AFM/SF	2016	2016	2017
Universidad de	FACULTAD R	SANTA FE	RECONQUIST	1330	AFM-STM	Keysight	7500	2014	2015	2017
Centro de Inv	CENTRO DE I	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1000	AFM	Bruker	Multimode 8	2013	2014	2014
Confocal										
Laboratorio de	LABORATORI	ENTRE RIOS	ORO VERDE	1374	Confocal	Zeiss	LSM880	2018	2019	2019
Laboratorio de	INSTITUTO D	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1384	Confocal	Horiba Jobin	Labram HR E	2019	2019	2019
Instituto de E	INSTITUTO D	SANTIAGO D	EL ZANJON	1406	Confocal	HORIBA	LabRAM HR E	2019	2019	2019
Departament	DEPARTAME	BUENOS AIRES	BERNAL [...]	1355	Confocal	Leica	TCS SP8	2018	2018	2019
Instituto de I	INSTITUTO D	BUENOS AIRES	LA PLATA	1353	Confocal-AFM	Carl Zeiss	AxioObserver	2017	2018	2018
INSTITUTO D	INSTITUTO D	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1366	Confocal	Zeiss	LSM 880 Airy	2018	2018	2018
Instituto de I	INSTITUTO D	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1364	Confocal	Carl Zeiss	LSM800	2017	2017	2018
Centro de Mi	CENTRO DE N	CORDOBA	CORDOBA	1347	Confocal	Zeiss	LSM800	2016	2016	2017
IBCN (ex LAN	INSTITUTO D	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1344	Spinning Disk	OLYMPUS	IX83	2016	2017	2017
Instituto de E	INSTITUTO D	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1262	Spinning Disk	Olympus-DSU	IX83	2016	2016	2017
ICT Milstein	INSTITUTO D	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1326	Confocal-AFM	Zeiss	LSM 800 ZEIS	2017	2017	2017
Centro de Mi	CENTRO DE N	CORDOBA	CORDOBA	1386	Confocal	Olympus	FV1200	2015	2015	2016
Laboratorio de	LABORATORI	RIO NEGRO	SAN CARLOS	1415	Confocal	HORIBA Jobin	LabRAM HR E	2015	2015	2016
Centro de Inv	CENTRO DE I	BUENOS AIRES	GONNET, MA	1138	Confocal	Horiba	XploraPlus	2015	2015	2015
Instituto de E	INSTITUTO D	SANTA FE	ROSARIO	1230	Confocal	ZEISS	LSM880	2015	2015	2015
SECEGRIN - U	UNIDAD DE A	SANTA FE	SANTA FE	959	Confocal	LEICA	TCS SP8	2013	2013	2014
IIDEFAR (UNF	INSTITUTO C	SANTA FE	ROSARIO	934	Confocal	NIKON	C2+	2013	2013	2014
Instituto de I	INSTITUTO D	CIUDAD DE B	CIUDAD DE B	1091	Confocal	Zeiss	AxioObserver	2014	2014	2014

2 Tabla 2: Equipos adheridos al SNM desde 2014 adquiridos con fondos PME 2015.

VALORACIÓN DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS (FODA)

En relación con las fortalezas del Sistema Nacional de Microscopía (SNM), se destacan el elevado nivel de adhesión de centros de microscopía que permite al SNM contar con información actualizada de gran parte de los grandes instrumentos disponibles en el país. La información recolectada para este plan estratégico corresponde a 97 centros adheridos donde se alojan los 189 grandes equipos de microscopía relevados hasta julio de 2021 por el sistema. La gestión de los Sistemas Nacionales de Grandes Instrumentos ha estado en manos de personal altamente capacitado y motivado que, entre otras cosas, ha provisto herramientas que permiten realizar un análisis detallado de la información disponible, que se resume en el “tablero del SNM”. Otra herramienta indispensable desarrollada por el personal que gestiona el SNM es el Sistema de Gestión de Turnos (SGT) que permite determinar la demanda de cada equipo adherido, sus usos y su grado de apertura a la comunidad, y ha sido ampliamente aceptado por los centros adheridos y adoptado por otros países. También se valora como muy positiva la formación de recursos humanos a través de programas financiados por el SNM y la influencia de las políticas del SNM sobre la formación de equipos integrados por investigadores y personal de apoyo en los centros adheridos.

#### Fortalezas

- ❑ Alta adhesión de centros con amplia distribución geográfica y buena representación de distintos tipos de microscopía
- ❑ Base de datos centralizada sobre uso, características y distribución del equipamiento disponible
- ❑ Gestión por personal altamente capacitado
- ❑ Valoración del SNM por la comunidad y administraciones de distinto signo político
- ❑ Impacto positivo de los cursos financiados para la formación de RRHH.
- ❑ Propició la vinculación entre investigadores y personal de apoyo de diferentes centros

#### Oportunidades

- ❑ Grupos locales competitivos en el desarrollo de microscopías emergentes
- ❑ Promoción de desarrollos y formación de RRHH que permitan la sustitución de importaciones y servicios técnicos costosos
- ❑ Posibilidades de articulación con otros SSNN
- ❑ Interacción con UVTs y otras dependencias del gobierno para adaptar el SNM a las necesidades socioproductivas
- ❑ Integración de recursos a través de plataformas y redes
- ❑ Cooperación internacional

#### Debilidades

- ❑ Grado de obsolescencia del equipamiento adherido
- ❑ Concentración en zonas geográficas de equipamiento y RRHH capacitados para operarlos
- ❑ Conocimiento limitado del CA sobre los servicios de microscopía que pueden favorecer el desarrollo socioeconómico
- ❑ Falta de programas de financiamiento periódico para la adquisición de grandes equipos
- ❑ Falta de recursos por parte de las IB para mantenimiento para los equipos
- ❑ Falta de flexibilidad de los mecanismos de financiamiento existentes (contraparte, pesificación al momento de la resolución, restricciones en mecanismos de adquisición, posibilidad de utilizarlos para prevenir la caída de equipos)
- ❑ Lentitud o complejidad en los trámites de compra. Cada trámite demora alrededor de un año.
- ❑ Insuficientes recursos humanos para operar equipos, preparar muestras, realizar mantenimiento y reparar equipos

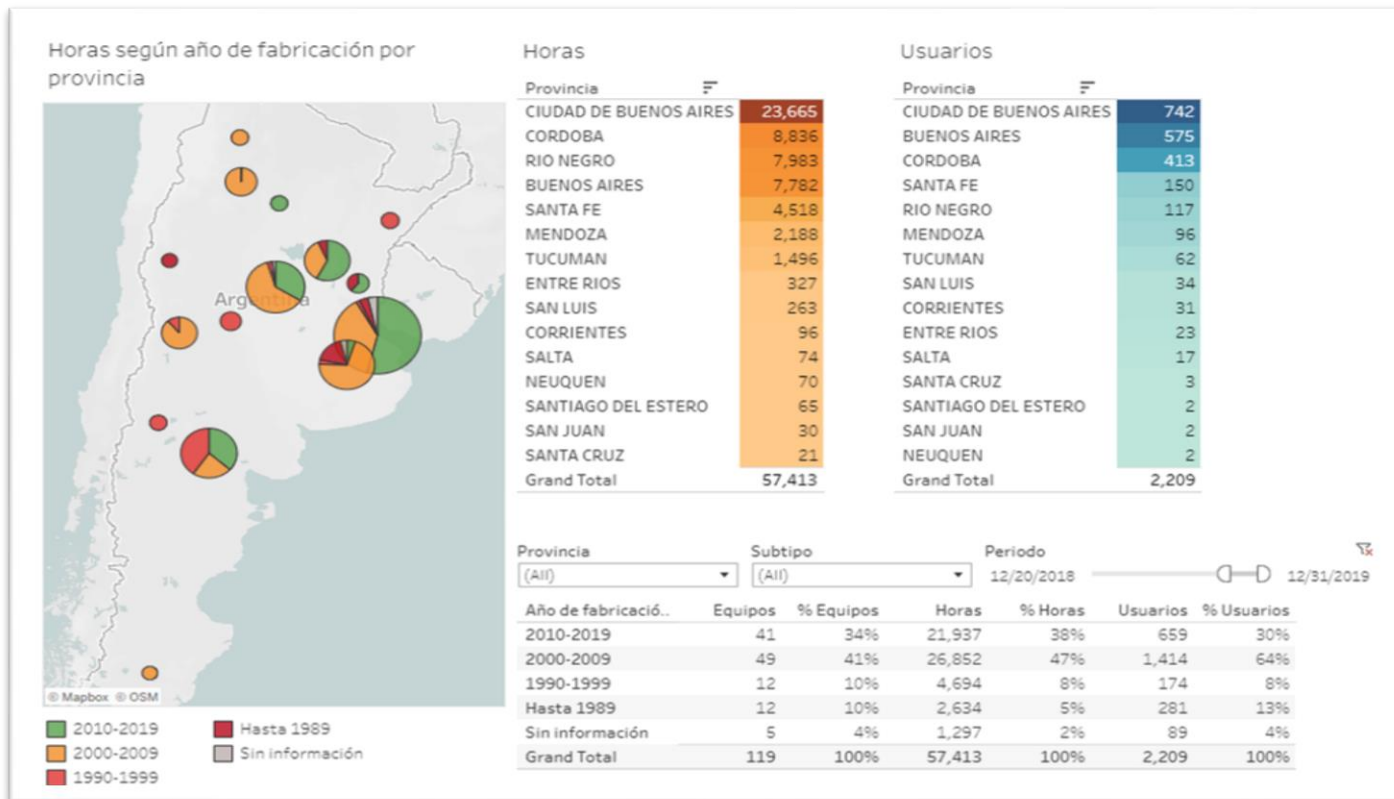
#### Amenazas

- ❑ Inestabilidad de las políticas e inversión dirigidas al sistema científico
- ❑ Crisis económicas y devaluación de la moneda
- ❑ Elevada dependencia de equipamiento e insumos e importados
- ❑ Fuentes limitadas de financiamiento (BID)
- ❑ Variaciones en los requerimientos para realizar importaciones
- ❑ Baja calidad y elevado costo de los servicios técnicos de empresas proveedoras al sistema

3 Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA).

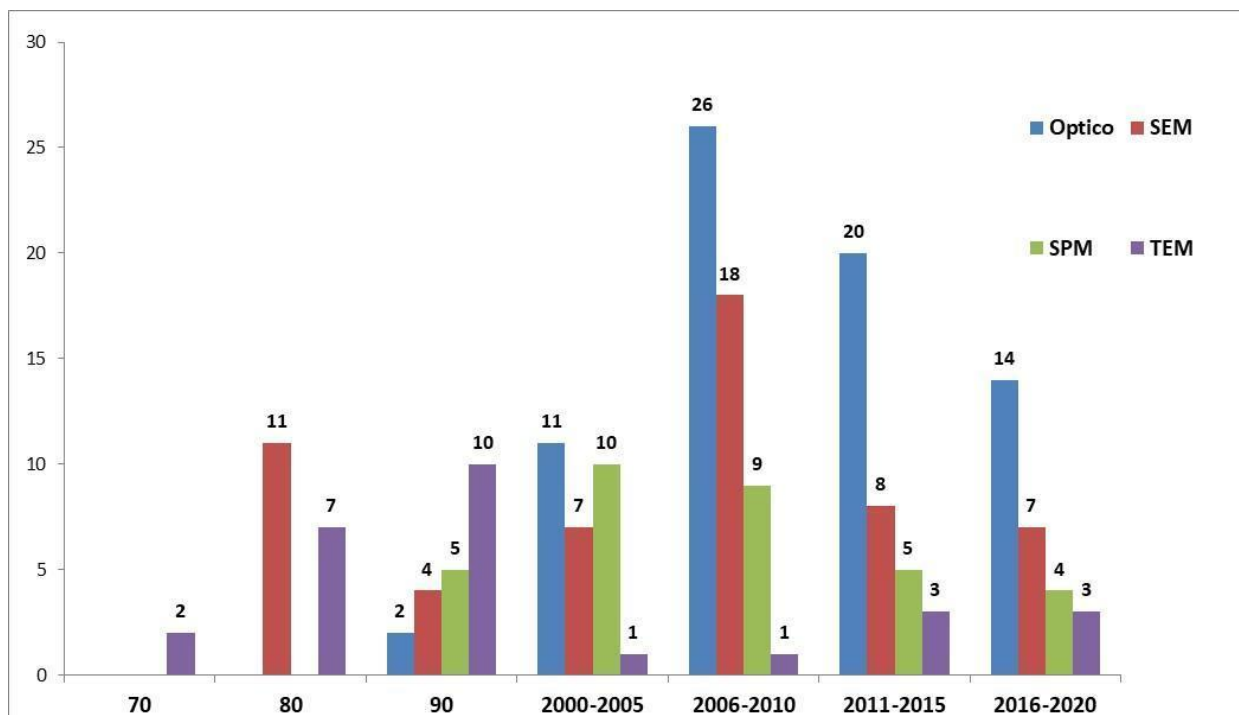


La Figura 4, obtenida del tablero del SNM, permite apreciar las principales fortalezas y debilidades del SNM: el elevado relevamiento de centros e instrumentos a lo largo de todo el país, su gran concentración en la Ciudad de Buenos Aires, Córdoba, Río Negro y Provincia de Buenos Aires, y el grado de obsolescencia del equipamiento adherido considerando los estándares actuales, que indican que los equipos son superados tecnológicamente y dejan de tener servicio técnico y repuestos adecuados 10 años después de su salida al mercado. A pesar de las acciones recomendadas en el plan estratégico 2013, donde se indicaba que el 57% del equipamiento relevado tenía más de 10 años de antigüedad, según los datos disponibles a fines de 2019, más del 60% del equipamiento se mantenía en esa condición.



#### 4 Equipamiento adherido al SNM (2010-2019)

Como puede observarse en la Figura 5 que indica el número de equipos adquiridos cada 5 años, considerando todos los equipos adheridos al SNM, luego de una importante adquisición de equipos realizada entre 2006 y 2010, se observa una caída del número de adquisiciones en los dos quinquenios siguientes (excepto para los TEM, cuya incorporación al sistema se mantuvo en niveles muy bajos).



5 Equipamiento adherido al SNM por año de adquisición y tipo de microscopía.

Uno de los principales factores condicionantes para el desarrollo de las microscopías es la falta de periodicidad de Programas de Modernización de Equipamiento (PME) que tuvieron convocatorias en 2003, 2006 y 2015. En el plan estratégico 2013 del SNM se hace referencia al enorme impacto positivo que tuvieron los dos primeros sobre el parque de equipamiento de microscopía en la década siguiente, estimándose que los PME 2003 y 2006 daban cuenta del 50% de todo el equipamiento disponible en el año 2012. Según los datos de la Figura 4, a fines de 2019 el 41% del equipamiento relevado había sido adquirido entre 2000 y 2009, y ese equipamiento agrupaba el 47% de todas las horas de uso y el 64% de los usuarios. La falta de programas semejantes hasta 2015 enlenteció el incipiente desarrollo de la infraestructura de microscopía que habían producido los PME 2003 y 2006. Una señal del retraso que se produjo en la renovación de infraestructura dentro del sistema surge de la elevada demanda de equipamiento observada en la convocatoria PME 2015, donde se presentaron solicitudes por un total de 168 millones de USD. Por otro lado, este programa se ejecutó de manera incompleta, hecho que profundizó el retraso en el cumplimiento de los objetivos del plan estratégico trazado en 2013 (ver arriba).

La progresiva disminución de los montos máximos accesibles en los Programas de Mejoras y Adquisiciones Complementarias financiados por el SNM, que eran equivalentes a 100000 USD en el momento de la creación del SNM y tocaron mínimos de alrededor de 15000 USD en 2019, en conjunto con los retrasos que sufrió la ejecución de numerosos proyectos debido principalmente a las restricciones presupuestarias que afrontaron las IB en un contexto de pérdida de valor de nuestra moneda, disminuyeron el impacto de estos programas, ya que partes esenciales comunes como láseres de microscopios confocales, ya no pudieron ser financiados por estos mecanismos. Cabe mencionar que existen escasas o nulas alternativas de financiamiento a las que puedan

recurrir las IB para suplir esta fuente provista por el SNM, por lo cual, previsiblemente, el parque de equipamiento adquirido durante la década 2000-2009 se encuentra en un estado de elevada vulnerabilidad.

En relación con los mecanismos de financiamiento mencionados, tanto en el caso del PME 2015 como de los programas ejecutados por el SNM, un factor que distorsiona sus efectos es la falta de actualización o incompleta actualización de los montos otorgados, que se tornan insuficientes para afrontar el costo de los proyectos debido a la devaluación de nuestra moneda. Dado que muchas IB progresivamente han visto su presupuesto dedicado casi completamente al pago de salarios, se ven imposibilitadas de incrementar su contribución porcentual al proyecto por encima de la acordada originalmente. Esto deriva en la adquisición de menos repuestos o de instrumentos menos sofisticados que los originalmente presupuestados, y en la ejecución parcial de los programas de mejoras y de adquisición complementaria.

Por otro lado, el conocimiento disponible respecto a la disponibilidad de recursos humanos capacitados para operar los equipos más sofisticados, preparar muestras, realizar su adecuado mantenimiento o repararlos cuando ya no existen repuestos originales o servicio técnico por la empresa proveedora, es limitado. Según una encuesta realizada recientemente por el SNM entre los centros adheridos que brindan servicios de TEM, 5 de los 18 centros no poseen capacidad para preparar muestras ya sea por falta de personal capacitado o equipamiento para hacerlo, y algunas técnicas de preparación de muestras están disponibles en unos pocos centros. Además, la mayoría del personal capacitado en la preparación de muestras para TEM son investigadores y no personal de apoyo a la investigación y desarrollo. Un análisis preliminar indica que la oferta académica para formar personal técnico especializado para preparar muestras, operar y mantener equipamiento de microscopía es pobre. Aunque el SNM debe recabar más información sobre los recursos humanos disponibles y las oportunidades para formarlos, la información disponible sugiere que es necesaria una política agresiva de formación de recursos humanos en el área.

Algunas de las debilidades que afectan el funcionamiento del SNM tiene que ver con factores externos como los cambios en las políticas de inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación, la escasez de dólares en nuestra economía asociada a la dependencia de instrumentos importados, la baja calidad y elevado costo de los servicios que prestan las empresas proveedoras, y el marcado retraso que experimentan los salarios en el sector. Aunque estos factores están parcial o completamente fuera del control del SNM, este plan estratégico buscará proponer medidas que mitiguen sus efectos negativos sobre el área.

## ANÁLISIS DE SITUACIÓN DE LAS MICROSCOPIAS POR ÁREA

### MICROSCOPIA ELECTRÓNICA



## SITUACIÓN DEL EQUIPAMIENTO

Actualmente en el país se encuentran adheridos 55 microscopios electrónicos de barrido, SEM, entre los que se incluyen también EPMA y FIB-SEM, y 26 microscopios electrónicos de transmisión, TEM, que incluyen también STEM.

La evolución del número de microscopios SEM y de microscopios TEM se ilustra con los mapas que se presentan en el ANEXO 1. En ellos se muestra el número de microscopios previo al anterior Plan Estratégico, el número de equipos agregados desde el año 2013, y el número actual, distribuidos por regiones.

Analizando la evolución de microscopios SEM, se puede observar que desde el relevamiento realizado para el Plan Estratégico anterior se han incorporado 11 equipos nuevos, dos de ellos con cañón de emisión de campo. La distribución geográfica de los nuevos equipos muestra que hay regiones muy relegadas. En Cuyo no se han incorporado equipos y en NEA, que abarca 5 provincias, se ha incorporado un solo equipo en este período. Los nuevos equipos no se incorporaron a partir de financiamiento específico del SNM. Si bien se cumplió con la previsión para la actualización realizada para el PE previo en cuanto a equipos SEM básicos, la incorporación de equipos con cañón de emisión de campo fue menor a la proyectada. Se observa un aumento de obsolescencia en comparación con el relevamiento previo al Plan Estratégico anterior. En aquel momento, un 50% de los equipos tenían menos de 10 años. En la actualidad, solo un 29 % de los equipos son de fabricación posterior al 2010 (tienen menos de 10 años).

Analizando la evolución de microscopios TEM, en comparación con el relevamiento realizado antes del PE anterior, se incorporaron 3 TEMs de base (sin accesorios), 1 FEG analítico y 1 espectrómetro de pérdida de energía (EELS), todos en centros que principalmente se dedican a investigaciones en Ciencia de Materiales, con lo cual se cubrieron aproximadamente las previsiones de actualización para dicha área. En su mayoría, las adquisiciones no se realizaron mediante programas financiados por el MINCYT. En el área de Ciencias Biológicas, si bien se había indicado la necesidad de incorporar numerosos microscopios para reemplazar equipos obsoletos, no se concretaron adquisiciones de nuevos microscopios TEM. La situación de obsolescencia de este tipo de equipos se agravó significativamente. Como consecuencia, el grado de obsolescencia es notorio en microscopios TEM. El 73% de los equipos tienen más de 20 años de antigüedad.

En paralelo con las modestas incorporaciones de equipamiento de los últimos años, la microscopía electrónica a nivel mundial ha crecido y se ha desarrollado ampliamente. Hace ya más de 20 años, la incorporación del cañón de electrones de emisión de campo significó una mejora en la resolución de imágenes y en la resolución espacial de espectrometrías microanalíticas, tanto en microscopios de transmisión como de barrido. Más recientemente se incorporaron avances muy significativos que incluyen:

- i. La incorporación de una amplia diversidad de detectores de electrones retrodispersados, y detectores STEM, la operación en bajo voltaje y bajo vacío en microscopios SEM;
- ii. el desarrollo de los correctores de aberraciones en microscopios TEM con aplicaciones principalmente en la ciencia de materiales;
- iii. las microscopías multidimensionales, multimodales y correlativas que han ganado terreno y permitido el desarrollo de equipos de microscopía electrónica en condiciones criogénicas (crioEM, crioET, crioSEM, cryo FIB-SEM) y de microscopías volumétricas (FIB-SEM y SBF-SEM)
- iv. el desarrollo de técnicas de tomografía electrónica en TEM, tanto para materiales como biología;
- v. avances en las prestaciones de instrumentos de doble haz que combinan haces de electrones y de iones focalizados, mediante la incorporación de diversos detectores de electrones, técnicas de tomografía y del uso de iones de gases nobles;
- vi. el desarrollo de detectores SDD para microanálisis por espectrometría de rayos X permitió un salto cualitativo en la eficiencia y velocidad de adquisición de espectros;

- vii. mejoras en las cámaras digitales, tanto en resolución, sensibilidad y velocidad de adquisición de imágenes;
- viii. desarrollo de software y sistemas de captura automática y análisis de datos sofisticados incluyendo algoritmos de inteligencia artificial.

Actualmente en Argentina, existe un número limitado de microscopios con cañón de emisión de campo y ningún instrumento con los avances posteriores mencionados (salvo FIB-SEM para Ciencias de Materiales).

En este contexto, de avance en las técnicas de microscopía electrónica se hace imperiosa la renovación de los microscopios obsoletos adquiriendo equipos con algunas de las mejoras tecnológicas mencionadas e incorporar accesorios a equipos existentes para favorecer la competitividad del sistema científico-tecnológico nacional, y así reducir la brecha tecnológica entre los equipos existentes en Argentina respecto del nivel general internacional. La incorporación de dichos avances tecnológicos que mejorarían considerablemente la capacidad de caracterización, representa un gran desafío no solo por el alto costo de los instrumentos y accesorios sino también por la capacitación de los recursos humanos necesaria para aprovechar dichos avances en instrumentación.

---

#### SITUACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS:

Si bien el Sistema Nacional de Microscopía ha financiado numerosos cursos de capacitación para investigadores y personal de apoyo, existen dificultades que se deben abordar:

- Se verifica una baja renovación o incorporación de técnicos y profesionales de apoyo, debido a la escasa jerarquización de dichos recursos.
- Es necesario aumentar el número de investigadores formados en la operación de microscopios electrónicos.
- Se requiere, además, aumentar la capacitación de potenciales usuarios de manera de tender a un mejor aprovechamiento de las capacidades instaladas.

---

#### PROPUESTA DE PLANES DE ACCIÓN:

Para revertir la situación actual de obsolescencia y retraso en el área de microscopía electrónica, es necesario incrementar las capacidades del SNM. Se proponen, 7 líneas de acción que se deben desarrollar de manera coordinada y complementaria:

- 1. Incorporación de equipamiento** que incluye microscopios de base (TEM y SEM con emisión termoiónica) y microscopios avanzados (TEM con emisión de campo, SEM con emisión de campo y haces de iones). En el ANEXO 2, se presenta una propuesta de incorporación de instrumentos con una distribución regional sugerida. Para la incorporación de estos instrumentos se propone la implementación de convocatorias con una periodicidad sugerida de 4 años, por ejemplo, del tipo PME. Las convocatorias se deberían elaborar de manera de asegurar la adecuada distribución regional y tender a la consolidación de centros de microscopía con una variedad de equipos complementarios (TEM, SEM, FIB/SEM), que podrían incluir también otras microscopías (SPM, confocal, etc).

**2. Incorporación de accesorios** en microscopios existentes. Como ejemplos de los accesorios a los que se hace referencia en este inciso, se mencionan:

- Espectrómetros de RX (SEM y TEM)
- Portamuestras y software para tomografía con haces de electrones (TEM)
- Detector de cátodoluminiscencia (SEM).
- Software para captura y procesamiento de imágenes de zonas amplias con alta resolución (SEM).
- Espectroscopía de pérdida de energía (EELS).
- Sistema de precesión (permite obtener mapas de orientación en muestras TEM).
- Portamuestras para transferencia de muestras en vacío (TEM).
- Sistemas de microscopía 4D (para microscopios STEM).
- Inyectores (FIB/SEM).
- Unidad crio para preparación de muestras biológicas en FIB/SEM.

**3. Incorporación de equipamiento sofisticado para la preparación de muestras.** Como ejemplos de los equipos a los que se hace referencia en este inciso, se mencionan:

- Afinador iónico (para muestras de materiales).
- Limpiador de muestras por plasma (para muestras de materiales).
- Ultramicrotomo (para muestras biológicas).
- Sistemas de criograbado y criofractura (Freeze fracture y freeze etching)
- Equipos para fijación y procesamiento de muestras en condiciones criogénicas (High-Pressure Freezing, Freeze Substitution, Crio-ultramicrotomo, Vitrobot).

El monto de estos accesorios y equipos de preparación de muestras de los incisos 2 y 3 supera el monto de las líneas de financiamiento actualmente vigentes en el SNM. Por lo tanto, se sugiere habilitar una nueva modalidad de financiamiento, para cubrir el rango de montos de entre USD 50.000.- y USD 150.000.-

**4. Incorporación de equipamiento avanzado:** Se propone el desarrollo de dos laboratorios de microscopía, uno dedicado principalmente a las Ciencias Biológicas y otro dedicado principalmente a la Ciencia de Materiales, que funcionen con una modalidad de tipo “laboratorio nacional” de múltiple dependencia, involucrando no solamente al MINCYT, para brindar servicios de caracterización de alto nivel para todo el país.

**4.1. Laboratorio Avanzado de Microscopía Electrónica para Ciencias Biológicas:**

- Criomicroscopio electrónico básico (Glacios o similar).
- Equipos microscopía volumétrica FIB-SEM o SBF-SEM.
- TEM de 200 kV, con cañón de electrones de alta emisión y filtro de energía para tomografía electrónica.
- Equipos para fijación y procesamiento de muestras en condiciones criogénicas (High-Pressure Freezing, Freeze Substitution, Crio-ultramicrotomo, Vitrobot).
- Computadoras, servidores y sistemas de análisis, captura y resguardo de imágenes de alta performance.

**4.2. Laboratorio Avanzado de Microscopía Electrónica para Ciencia de Materiales:**

- Microscopio analítico TEM/STEM de 200 kV, con cañón de electrones de alta emisión y sistema de microanálisis de RX de alta eficiencia de captura para mapeos de composición y filtro de energía para espectroscopía EELS.
- Microscopio con corrector de aberraciones de 30-300 kV, con cañón de electrones de alta emisión (eventualmente con monocromador), detectores segmentados para operación en modo STEM, goniómetro piezoeléctrico, portamuestras para tomografía, sistema de microanálisis por RX de alto ángulo sólido y filtro de energía para espectroscopía EELS.
- Microscopio electrónico de barrido de doble haz (FIB/SEM), con emisión de campo (FEG) y fuente de iones de Galio o gases nobles (Ce, Ar, Ne, He) para aplicaciones de observación de secciones transversales, nanotomografía 3D, nanometrología, preparación de lamelas para TEM ultra delgadas, edición de circuitos integrados, maquinado de nanoestructuras y mapeo por EDS o EBSD.

La conformación de estos centros debe contemplar, como elemento fundamental y de forma articulada, la capacitación de recursos humanos, tanto investigadores como profesionales y técnicos de apoyo. Se debe tener en cuenta que la incorporación de equipamiento de altas prestaciones involucra no solo la adquisición de los equipos y la capacitación de una masa crítica de investigadores y personal de apoyo, sino también la construcción o adaptación de un edificio adecuado y la previsión de contratos de mantenimiento para asegurar su operatividad.

**5. Formación de recursos humanos y trabajo en red de centros del SNM:** se requieren acciones paralelas en tres líneas, que se describen brevemente a continuación. Estas líneas de acción están estrechamente relacionadas y deben desarrollarse coordinadamente con la incorporación de equipos y accesorios y en el marco de proyectos que financien estas iniciativas de manera colaborativa entre varios centros presentada anteriormente.

- 5.1.** Generar cursos de capacitación regulares y diferenciados por niveles para técnicos y profesionales de apoyo, que puedan organizarse de manera de promover el desarrollo de una carrera de personal de apoyo, con la posibilidad de acceder a títulos terciarios o de grado universitario.
- 5.2.** Aumentar la capacitación de investigadores que operan microscopios a través de cursos introductorios y avanzados y pasantías en centros avanzados del exterior tanto sobre técnicas de operación como de procesamiento de imágenes, datos de espectroscopias, etc.
- 5.3.** Aumentar el conocimiento de las posibilidades de caracterización por técnicas de microscopía en la formación de profesionales de la mayor diversidad de especialidades, de manera de aumentar el impacto de la microscopía en los centros de investigación y en la industria.

**6. Microscopías emergentes:** Generar desarrollos de accesorios o insumos: por ejemplo, desarrollo de portamuestras de TEM para aplicaciones específicas (tomografía, mayor grado de rotación, deformación, etc.); filamentos de tungsteno, porta-muestras, vitrobots caseros, metalizadoras, etc.

**7. Formación de Redes locales, regionales e internacionales:** Incorporación de Argentina a LABI y GBI. Se considera que es necesario una fuerte integración de los laboratorios, grupos, centros que realizan microscopía en redes locales, regionales e internacionales. ( Eje 6 de la sección Ejes del Plan Estratégico).

### SITUACIÓN DEL EQUIPAMIENTO:

Actualmente en el país se encuentran adheridos 56 microscopios avanzados de fluorescencia (MAF, ver Tabla MO, ANEXO 1), la mayoría de ellos confocales de barrido láser espectrales para estudios en el área de ciencias biológicas; este equipamiento también incluye varios microscopios de barrido láser con filtros (equipos muy antiguos c/tecnología obsoleta), 3 microscopios de Reflexión Total Interna (TIRFM), y 5 microscopios tipo Raman.

La evolución del número de MAFs se ilustra con los mapas que se presentan en el Anexo 1, sección microscopía óptica (MO). En esta figura se muestra: 1) el número de MAFs previo al año 2000; 2) su significativo y progresivo incremento posterior a esa fecha; 3) el número actual; y 4) su distribución por regiones.

El análisis de la evolución de MAFs (Tabla -MO y Mapas -MO) en nuestro país, muestra que hasta el año 2000 la microscopía confocal (y microscopías relacionadas) tenían escaso o casi nula presencia/desarrollo. Esta situación cambió drásticamente durante la 1ra década del siglo XXI donde mediante subsidios nacionales y algunos internacionales se adquirieron microscopios confocales básicos no espectrales (con sistema de filtros para selección del  $\lambda$  de excitación/emisión, láseres gaseosos y fotomultiplicadores como detectores), avanzados con capacidad espectral, microscopios confocales de disco giratorio, y microscopios para TIRF, y con láseres gaseosos y fotomultiplicadores como detectores, de última generación. Durante el período 2014-2020, se adquirieron varios microscopios confocales modernos (con capacidad espectral avanzada, láseres de estado sólido, y detectores de alta sensibilidad). La mayor compra de equipamiento se realizó (n= 28) en el período 2001-2010 mientras que en la 2da década del siglo XXI este número bajó a 24 microscopios. La mayor parte de los microscopios (n= 44) estuvo destinada a grupos de investigación (localizados en Unidades Ejecutoras de CONICET) del área de Ciencias Biológicas y de la Salud.

Este análisis también reveló:

1. La existencia de un número importante de equipos (57%) antiguos (más de 10 años de antigüedad) que son obsoletos o que pronto lo serán. Este equipamiento antiguo presenta los siguientes problemas: i) varios ya están fuera de servicio/desuso; y/o ii) su tecnología ha sido discontinuada careciendo de repuestos, no permitiendo la incorporación de mejoras (“upgrades” de hardware o software) y por ende la implementación de nuevas metodologías.
2. Una gran concentración de MAFs en CABA, Provincia de Buenos Aires y Córdoba /Santa Fe con un total del 89% del equipamiento. Hay vastas regiones del país donde el equipamiento es mínimo (Cuyo, Patagonia, NOA y NEA).
3. Que la mayor parte del equipamiento de última generación adquirido en el último quinquenio se ha realizado en CABA (n= 5) y Provincia de Buenos Aires (n=8) lo que representa un 80% del mismo. El microscopio confocal de barrido láser ZEISS 880 ha sido el microscopio avanzado más adquirido en la última década. Este tipo de microscopio incluye múltiples detectores que permite realizar una gran variedad de aplicaciones, tales como microscopía espectral de múltiples fluoróforos, adquisición rápida de imágenes de muy buena calidad en 4D (x, y, z, t) y en 5D (x,y, z, t, f) y por tanto técnicas de FRET, FRAP y dinámica de moléculas en células vivas. Estos microscopios también cuentan con software avanzado que permite una gran variedad de técnicas de procesamiento de imágenes y análisis cuantitativos de las mismas. Esta multiplicidad de funciones/aplicaciones no están disponibles en microscopios más antiguos, requiriéndose de varios microscopios especializados para lograr esta

variedad de aplicaciones. Algunos modelos de los microscopios de última generación también permiten la incorporación de “hardware” o “software” que mejoran su poder de resolución, cosa imposible de lograr con equipos más antiguos. En la actualidad, solo existe un microscopio confocal de última generación (LSM 880) localizado en CABA (Fundación Instituto Leloir) que ha incorporado este tipo de dispositivo (Airy Scan).

4. El casi nulo desarrollo de la **microscopía multifotónica**. La microscopía multifotónica (2P, 3P) es un tipo de microscopía que permite el seccionamiento óptico en tejido vivo con una penetración de hasta 1 mm. Este tipo de metodología tiene múltiples aplicaciones en áreas como la biofísica de membranas, el transporte de moléculas a través de tejidos (e.g. absorción de fármacos por la piel), y estudios de la fisiología neuronal *in situ* (neurociencias); a pesar de que nuestro país cuenta con investigadores con sólidos conocimientos en microscopía multifotónica y áreas de investigación en las que esta metodología sería de gran utilidad su implementación/desarrollo ha sido casi nulo. En la actualidad solo existe un microscopio de 2 fotones (2P) en Argentina, el cual está localizado en CABA, no está operativo 2P por problemas desde su instalación y solo funciona como microscopio confocal.
5. El casi nulo desarrollo de nuevas formas de microscopía de fluorescencia (microscopías emergentes) tales como la **microscopía láser de hoja de luz** (“light sheet microscopy”). La microscopía de fluorescencia mediante hojas de luz, declarada método del año 2014 para investigaciones biológicas, utiliza un procedimiento novedoso para generar un seccionamiento óptico de una gran área del espécimen en estudio, lo cual hace que esta técnica sea de gran utilidad para la rápida adquisición de imágenes de grandes piezas de tejidos u órganos enteros con muy bajo foto daño; este tipo de microscopía es de gran utilidad para estudios de biología celular y/o del desarrollo que permiten observar desde el órgano entero hasta las células individuales que lo componen en un espécimen vivo. Al igual que en el caso de la microscopía multifotónica, este tipo de tecnología requiere personal entrenado con experiencia en microscopía confocal y “live imaging”.
6. El casi nulo desarrollo de la **microscopía de superresolución o nanoscopía óptica**. El reciente desarrollo de las denominadas microscopías de fluorescencia de superresolución o nanoscopía óptica ha revolucionado la Biología, la Biomedicina y la Biofísica al permitir visualizar con *detalles sin precedentes y con mínima invasividad* estructuras subcelulares de dimensiones nanométricas imposibles de resolver, aún con los microscopios confocales más avanzados, por encontrarse por debajo del límite de resolución de Abbe (300 nm). Su importancia también quedó evidenciada en el año 2014, cuando tres científicos (Betzig, Moerner, Hell) recibieron el Premio Nobel de Química por el exitoso desarrollo de la nanoscopía óptica. Desde el descubrimiento e implementación de la nanoscopía a la fecha han pasado alrededor de 20 años; sin embargo, la evolución (diversidad) de estos instrumentos y el incremento en su capacidad de resolución ha sido impresionante. Mientras que los primeros nanoscopios y las técnicas asociadas a ellos (STED, PALM, STORM, SIM) tenían un poder de resolución con un rango entre 150-50 nm y no permitían estudios en células vivas, nuevas formas de nanoscopía (Minflux, SIMPLER, etc.) han permitido alcanzar resolución molecular en el orden de 5-10 nm; más aún, los equipos más modernos (e.g. STED de 2da y 3ra generación) con láseres pulsados permiten realizar nanoscopía en células vivas.

La implementación e incorporación de esta metodología en países con gran desarrollo científico ha sido/es vertiginosa y sostenida. La situación es completamente diferente en nuestro país y en la región donde prácticamente la nanoscopía no existe. De hecho, el único país que actualmente tiene nanoscopios (1 equipo de STED, 1 equipo de STORM) en funcionamiento es Argentina. Estos instrumentos están alojados en el Laboratorio del Dr. Fernando Stefani (Inv. Principal de CONICET) sito en el CIBION-CONICET en CABA. Se trata de equipos caseros (“home made”) hechos por ingenieros y físicos del CIBION que requieren personal técnico muy especializado. Debido a esto y que es mínimo el número de instrumentos, el acceso a los mismos ha estado muy limitado y a la fecha pocos grupos (2-3) llevan a

cabo proyectos de investigación que involucran el uso de tecnología de avanzada. Las colaboraciones del grupo de Stefani con investigadores de otras Unidades Ejecutoras de CONICET en CABA y Córdoba han generado importantes publicaciones en revistas internacionales que nos convierten en pioneros y líderes en el uso de la nanoscopía en la región. Sin lugar a dudas, estamos en un momento y situación para desarrollar a pleno esta metodología en nuestro país.

La incorporación de los avances tecnológicos, que mejorarían considerablemente la capacidad del sistema de microscopía/nanoscopía de Argentina, representa un gran desafío no solo por el costo de los instrumentos y accesorios sino también por la necesidad de capacitación de los recursos humanos involucrados, lo cual es indispensable para aprovechar al máximo la capacidad de estos instrumentos.

---

## SITUACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS:

Si bien el Sistema Nacional de Microscopía ha financiado numerosos cursos de capacitación para investigadores y personal de apoyo, existen dificultades que se deben abordar:

- Se verifica una baja renovación o incorporación de técnicos y profesionales de apoyo, debido a la escasa jerarquización de dichos recursos.
- Es necesario aumentar el número de investigadores formados en la operación de microscopios ópticos de última generación, incluidas las microscopías emergentes y los nanoscopios.
- Se requiere, además, aumentar la capacitación de potenciales usuarios de manera de tender a un mejor aprovechamiento de las capacidades instaladas.

---

## PROPUESTA DE PLANES DE ACCIÓN:

- 1. Renovación/reemplazo de equipamiento obsoleto o en riesgo de obsolescencia.** Esta acción deberá incluir la adquisición de microscopios confocales de base y avanzados de última generación. En este sentido, la existencia en el mercado de microscopios confocales de base de última generación y a precios muy competitivos permitiría la incorporación de esta tecnología en regiones de nuestro país (e.g. Salta) donde no existe, a pesar de la presencia de grupos de investigación que se beneficiarían considerablemente con la misma. En el área de materiales se debería sumar microscopios confocales de base. Por otra parte, se propone que los microscopios antiguos u obsoletos sean reemplazados por microscopios avanzados de última generación. Dado el costo de estos equipos y su excelente capacidad de servicio se propone que los mismos sean compartidos por varias Unidades Ejecutoras (UE) de CONICET, Universidades y otros organismos de CyT (red/nodo local), maximizando así el uso de fondos públicos, la cantidad de profesionales que pueden acceder a esta prestación y la duplicación innecesaria de equipamiento.

Para la incorporación de estos instrumentos se propone la implementación de convocatorias con una periodicidad sugerida de 4 años, por ejemplo, del tipo PME. Las convocatorias se deberían elaborar de manera de asegurar la adecuada distribución regional y la consolidación de centros de microscopía ya existentes que utilizan una variedad de metodologías, y la creación de redes/nodos locales. Estas acciones se pueden complementar con la adquisición de accesorios a equipamiento ya existente que permita su “upgrade” para la realización de microscopía multidimensional (4D o 5D).

- 2. Incorporación de equipamiento para el estudio de células en tejidos y órganos.** Entre estas incluimos a la microscopía multifotónica y microscopías ópticas de reciente desarrollo, como la de hoja

de luz láser. En este sentido se considera oportuno la adquisición de al menos uno de cada uno de estos equipos, en centros adheridos al SNM que ya cuenten con personal altamente capacitado para su uso, líneas de investigación pertinentes y espacio físico para su instalación.

- 3. Incorporación de equipamiento para microscopía de súper-resolución (nanoscopía):** Se propone la adquisición de un número pequeño (2-3) de nanoscopios de base y avanzados a instalar en 1 o 2 laboratorios de referencia que funcionen con una modalidad de tipo “laboratorio nacional” de múltiple dependencia, involucrando no solamente al MINCYT sino a otras Instituciones (e.g. Universidades Nacionales, INTA, etc.) que permitan acceso amplio a esta tecnología. Estos equipos deben ser de última generación, de fácil manejo, y contar con muy buen servicio técnico. Los centros que incorporen este tipo de equipamiento deberán contar con personal altamente capacitado y con antecedentes (e.g. publicaciones, desarrollos) en el uso/aplicación de la nanoscopía en tareas de investigación y/o servicios. Además, estos centros deberán comprometerse con el dictado de cursos teórico-prácticos que permitan la formación de becarios, doctorandos, investigadores y técnicos en las diversas técnicas de nanoscopía.
- 4. Desarrollo de Centros de Microscopía:** Se deberá fomentar la articulación de laboratorios que utilizan diversas formas de microscopía en Centros (nodos) que permitan la optimización en el uso del equipamiento, de personal técnico, el acceso a una amplia variedad de metodología, la mejor capacitación de los RRHH y eviten la duplicación innecesaria de equipamiento. Esta modalidad fue adoptada exitosamente por el Centro de Microscopía y Nanoscopía de Córdoba (CEMINCO, adherido al SNM) conformado por tres UE de CONICET (INIMEC, CIQUIBIC, CIBICI) que comparten: 1) el espacio físico (en un predio de la UNC) donde están alojados los microscopios; 2) el personal técnico; 3) los microscopios.
- 5. Formación de Redes locales, regionales e internacionales.** Incorporación de Argentina a LABI y GBI. Se considera que es necesario una fuerte integración de los laboratorios, grupos, centros que realizan microscopía en redes locales, regionales e internacionales. En ese sentido, creemos que es de gran importancia la participación de miembros del Consejo Asesor del SNM en la recientemente creada red “Latin America Bioimaging Network” (LABI) como así también en la “Global Bioimaging Initiative (GBI)”. LABI es una red de microscopía conformada por siete países (Argentina, Brasil, Uruguay, México, Perú, Colombia, y Chile), la cual celebró la primera reunión comunitaria en abril de 2021 y forma parte del GBI. GBI es una red internacional de infraestructuras y comunidades de microscopía, que se inició en 2015 por un proyecto financiado con fondos europeos (*Horizon 2020*). Argentina fue el primer y único país latinoamericano invitado a participar de la creación del GBI. En 2015, se realizó en Heidelberg (Alemania) la 1ra reunión del GBI, donde los Dres Pietrasanta y Cáceres, representaron a Argentina. En esta reunión se mostró el Sistema Gestión de Turnos del SNM. Lamentablemente, el apoyo recibido por parte del MINCYT a la participación de Argentina en el GBI ha sido mínimo y creemos que esta situación debe cambiar, dado que los beneficios de ser parte de esta iniciativa son múltiples (acceso a nuevas tecnologías, cursos de formación, manejo de redes, de laboratorios, interacción con grupos líderes en microscopía, etc.).

---

## MICROSCOPIA DE BARRIDO POR SONDA (SPM)

---

### SITUACIÓN DEL EQUIPAMIENTO:



La microscopía de barrido por sonda tiene diversas áreas de aplicación que abarcan la ciencia de superficies, la ciencia de los materiales, la química, la física, la biofísica y la biología, siendo emblemáticos en nanociencia y nanotecnología. En la actualidad, contamos con 33 microscopios de barrido por sonda (SPM, ver Tabla SPM en el Anexo 1) adheridos al SNM, los cuales incluyen los microscopios de fuerza atómica (AFM) y los microscopios de barrido por efecto túnel (STM). El 46% de los microscopios se encuentran en la provincia de Buenos Aires (n=15), el 30% en la región del Centro (n=10), el 9% en CABA (n=3), 6% en el NOA (n=2) y en la Patagonia (n=2), y un 3% en la región de Cuyo (n=1).

El desarrollo de estas microscopías en el país no ha avanzado al ritmo adecuado como se observa en los mapas SPM (Anexo1). En el año 2000, había un parque instalado de 8 microscopios centralizados principalmente en la provincia de Buenos Aires y CABA. Para el año 2010, se sumaron 17 microscopios de los cuales el 50% de los equipos se concentra en la provincia de Buenos Aires, quedando el 50% en el interior del país, en particular Córdoba, Santa Fe y Río Negro. En los últimos 10 años, se adquirieron 8 equipos: 63% corresponden al interior del país en las regiones del Centro y el NOA, 25 % estaría distribuido en la Provincia de Buenos Aires, y un 13% quedaría en CABA.

Si a la distribución de los equipos adquiridos a lo largo de los años, le sumamos el estado y el funcionamiento de los equipos, la disponibilidad de repuestos, la garantía y el servicio técnico especializado, veremos que el 24% de los microscopios son obsoletos con más de 20 años de antigüedad, el 52% puede ser calificado como antiguos, y sólo el 24% pueden ser considerados modernos. Entonces, tenemos que más del 50% de los microscopios SPM tienen más de 10 años de uso, tiempo en el que las empresas no garantizan los repuestos, actualizaciones y/o el soporte técnico. El 12% de los equipos SPM modernos, fueron adquiridos en los últimos cinco años.

Ahora bien, si analizamos desde el punto de vista tecnológico el estado de la Microscopía de Barrido por Efecto Túnel (STM), encontramos que sólo se dispone de dos grandes equipos adheridos al SNM que trabajan en ultra alto vacío (ninguno permite trabajar en bajas temperaturas), los cuales están ubicados en Santa Fe y en San Carlos de Bariloche, y cuentan con más de 10 años de antigüedad. La región Metropolitana carece de uno de estos equipos que son de los instrumentos de mayor costo entre los distintos SPM. A nivel de la Microscopía de Fuerza Atómica (AFM), la configuración de los equipos es versátil y contamos con instrumentos básicos y de mediana complejidad que están abocados al estudio de propiedades eléctricas, magnéticas, nanomecánicas en materiales nanoestructurados así como también en células y tejidos. Desde el punto de vista de la tecnología de punta referida a esta microscopía, que incluye no sólo los adelantos y las nuevas técnicas sino también la combinación/correlación con otras microscopías, en nuestro país es incipiente a nulo. En resumen, es significativo el atraso tecnológico en esta microscopía.

---

## SITUACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS:

Si bien el Sistema Nacional de Microscopía ha financiado numerosos cursos de capacitación para investigadores y personal de apoyo, existen dificultades que se deben abordar:

- Se verifica una baja renovación o incorporación de técnicos y profesionales de apoyo, debido a la escasa jerarquización de dichos recursos.
- Es necesario aumentar el número de investigadores formados en la operación de microscopios SPM convencionales y de última generación.
- Se requiere, además, aumentar la capacitación de potenciales usuarios de manera de tender a un mejor aprovechamiento de las capacidades instaladas.

## PROPUESTA DE PLANES DE ACCIÓN:

- 1. Renovación/reemplazo de equipamiento obsoleto o en riesgo de obsolescencia.** Esta acción deberá incluir la adquisición de equipamiento que incluya microscopios AFM y STM de base como avanzados de última generación. En este sentido, se proponen dos líneas de acción. La primera dirigida a los centros que cuentan con equipamiento obsoleto o antiguo para que se reemplacen con microscopios de última generación. La segunda línea tiene por finalidad la incorporación de microscopios SPM en regiones del país donde el número de equipos es bajo o no existen. Para llevar a cabo estas acciones, se recomienda la implementación de convocatorias con una periodicidad sugerida de 4 años, por ejemplo, del tipo PME. Es importante que las convocatorias resulten en una adecuada distribución regional de los equipos, en la consolidación de los centros de microscopía ya existentes, y en la creación de redes/nodos locales.
- 2. Incorporación de equipamiento de Microscopía y Espectroscopía de efecto Túnel (de baja temperatura) en condiciones de UHV.** Se propone la adquisición de un número pequeño de equipos STM/UHV de última generación para instalarlos en centros de referencia adheridos al SNM que ya cuenten con personal altamente capacitado para su uso, con líneas de investigación, y con el espacio físico para su instalación. Además, es fundamental la adquisición de un equipo que opere a baja temperatura (LT-STM/UHV) que permita realizar experimentos de STS (Scanning Tunneling Spectroscopy). La espectroscopía de efecto túnel permite estudiar la estructura electrónica y magnética local de las superficies con resolución atómica. Sin lugar a dudas, la incorporación de microscopios de avanzada serían primordiales no sólo para investigación y desarrollo sino también para satisfacer la demanda de servicios en el sector científico y tecnológico.
- 3. Incorporación de equipamiento de AFM/Microscopía óptica de última generación.** No contamos en el país con microscopios comerciales que combinen AFM con microscopías ópticas (fluorescencia) y/o espectroscopías que permitan correlacionar la información de cada microscopía para el estudio de procesos en células vivas. En esta dirección, se propone la adquisición de un número pequeño de estos microscopios para ser instalados en centros de referencia que cuenten con el personal capacitado, con antecedentes en el uso/aplicación de la microscopía en proyectos de investigación, en la formación de recursos humanos, y/o en la prestación de servicios.
- 4. Desarrollo de Centros de Microscopía SPM Avanzada.** Se deberá fomentar la articulación de laboratorios que utilizan diversas formas avanzadas de microscopía de barrido por sonda en Centros (nodos) que permitan la optimización en el uso del equipamiento, el acceso a una amplia variedad de metodología, la presencia de personal técnico especializado, la mejor capacitación de los RRHH y eviten la duplicación innecesaria de equipamiento.
- 5. Formación de recursos humanos.** Se considera imprescindible delinear acciones que lleven al fortalecimiento de la formación y capacitación de RRHH. En este sentido, se proponen tres líneas de acción: i) promover un programa regular y sostenido en el tiempo de cursos introductorios y avanzados, y talleres dirigidos a: becarios, investigadores, profesionales y técnicos de apoyo que operan los equipos; ii) apoyar la movilidad y/o radicación en regiones de vacancia, de jóvenes investigadores especializados en el área de microscopía SPM; iii) promover la capacitación y el desarrollo de profesionales y técnicos de apoyo a nivel terciario y/o universitario.
- 6. Formación de Redes locales, regionales e internacionales.** Se considera que es necesario una fuerte integración de los laboratorios, grupos, centros que realizan microscopía en redes locales, regionales e internacionales. En ese sentido, creemos que de gran importancia la participación de miembros del Consejo Asesor del SNM en la recientemente creada red "Latin America Bioimaging Network" (LABI) como así también en la "Global Bioimaging Initiative (GBI)". LABI es una red de microscopía conformada

por siete países (Argentina, Brasil, Uruguay, México, Perú, Colombia, y Chile), la cual celebró la primera reunión comunitaria en abril de 2021 y forma parte del GBI. GBI es una red internacional de infraestructuras y comunidades de microscopía, que se inició en 2015 por un proyecto financiado con fondos europeos (*Horizon 2020*), y desde enero de 2020 es financiada por la Chan Zuckerberg Initiative. Argentina fue el primer y único país latinoamericano invitado a participar de la creación del GBI. En 2015, se realizó en Heidelberg (Alemania) la 1ra reunión del GBI, donde los Dres Pietrasanta y Cáceres, representaron a Argentina. En esta reunión, se mostró el Sistema de Gestión de Turnos del SNM. Lamentablemente, el apoyo recibido por parte del MINCYT a la participación de Argentina en el GBI ha sido mínimo y creemos que esta situación debe cambiar, dado que los beneficios de ser parte de esta iniciativa son múltiples (acceso a nuevas tecnologías, curso de formación, manejo de redes, de laboratorios, interacción con grupos líderes en microscopía, etc.).

## PLAN ESTRATÉGICO

### EJES DEL PLAN

Para organizar la presentación del plan estratégico, se proponen los siguientes ejes:

- EJE 1: ADECUACIÓN DE LAS LÍNEAS DE FINANCIAMIENTO VIGENTES PARA LA ADQUISICIÓN DE NUEVOS EQUIPOS Y PARA REALIZAR MEJORAS Y ADQUISICIONES COMPLEMENTARIAS PARA EQUIPOS EXISTENTES.
- EJE 2: INCORPORACIÓN DE MICROSCOPIOS MODERNOS PARA CUBRIR ÁREAS DE VACANCIA Y REEMPLAZO DE EQUIPOS OBSOLETOS. ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO PARA MEJORAR LAS PRESTACIONES DE EQUIPAMIENTO EXISTENTE.
- EJE 3: CREACIÓN DE CENTROS NACIONALES DE MICROSCOPÍA AVANZADA.
- EJE 4: FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS.
- EJE 5: DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE MICROSCOPÍAS EMERGENTES.
- EJE 6: ARTICULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS CENTROS ADHERIDOS MEDIANTE REDES NACIONALES DE MICROSCOPÍA.

#### EJE 1. ADECUACIÓN DE LAS LÍNEAS DE FINANCIAMIENTO VIGENTES PARA LA ADQUISICIÓN DE NUEVOS EQUIPOS Y PARA REALIZAR MEJORAS Y ADQUISICIONES COMPLEMENTARIAS PARA EQUIPOS EXISTENTES.

Las acciones propuestas aquí tienen en cuenta: a. la falta de cumplimiento de los objetivos del Plan Estratégico 2013 en cuanto a reemplazo de equipamiento obsoleto y adquisición de equipamiento de punta; b. la falta de convocatorias nacionales alternativas a los PME; c. el incumplimiento de los objetivos de los proyectos presentados en el PME 2015 debido a la insuficiencia del financiamiento otorgado y la incapacidad de las IB de hacer frente a los incrementos de la contraparte originados en la devaluación de la moneda, y la desactualización de los montos provistos por el MINCYT-FONCYT; d. la posible falta de correspondencia entre los resultados de convocatorias realizadas por la ANPCYT y los planes estratégicos elaborados por los SSNN; e. el valor que, a pesar de sus falencias, han demostrado tener los PME 2003, 2006 y 2015 para incrementar el equipamiento considerado estratégico por el SNM. Para abordar estos problemas se proponen las siguientes acciones:

1. ESTABLECIMIENTO DE UN CRONOGRAMA CON PERIODICIDAD CUATRIENAL PARA PROYECTOS TIPO PME. A pesar de sus limitaciones, los PME fueron la fuente más importante de financiamiento para nuevos equipos dentro del SNCTI durante los últimos 15 años. De haberse repetido cada 4 años un programa como el PME 2006, cuya inversión a la fecha de la publicación de los resultados de la convocatoria se estima en unos 40 millones de dólares, la situación de la microscopía en el país sería sustancialmente mejor a la actual.

Por ello, se recomienda implementar convocatorias PME con una periodicidad cuatrienal, ya sea bajo la órbita de la ANPCYT y suplementadas por otro mecanismo de financiamiento de grandes equipos administrado directamente por el MINCYT, o a través de un nuevo tipo de convocatoria abierta nacional administrada y evaluada directamente por el MINCYT y los SSNN. Dada la situación actual de la infraestructura adherida al SNM, **se recomienda implementar una convocatoria PME a comienzos de 2022, y fijar al menos dos convocatorias adicionales en 2026 y 2030**, para garantizar la incorporación de nuevo equipamiento durante el PNCTI 2030 y en la transición hacia un nuevo programa nacional para el área a partir de 2030.

2. **ESTABLECIMIENTO DE UNA LÍNEA DE FINANCIAMIENTO ESPECIAL PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS CON VALOR ESTRATÉGICO.** En las convocatorias abiertas del tipo PME, los mecanismos de evaluación podrían determinar que se privilegien los centros mejor equipados y con mayor experiencia en investigación y desarrollo, en desmedro del desarrollo de la microscopía en el NOA, NEA y Patagonia. Aunque es posible que la infraestructura instalada en regiones geográficas centrales tenga la capacidad de proveer servicios tecnológicos a las zonas periféricas, la instalación de infraestructura tecnológica de alta complejidad en las zonas desfavorecidas generaría empleos locales de mayor calidad y podría favorecer la competitividad de las economías regionales. Por otro lado, la instalación de infraestructura sofisticada en dichas regiones debe acompañarse de la adecuada radicación y formación de recursos humanos, y estar articulada con políticas locales orientadas al desarrollo de las instituciones del SNCTI. Para implementar esta línea de financiamiento, se recomienda generar mesas de trabajo por región geográfica que involucren a organismos provinciales de gobierno, directores de universidades y centros de investigación, representantes de cámaras que agrupen productores y empresas, para analizar qué equipamiento puede tener valor estratégico para la economía de la región, cuál puede ser el mejor lugar para instalarlo, y cómo puede lograrse la radicación y formación de recursos humanos. Dentro de este mecanismo podrían articularse las contribuciones de distintos actores, por ejemplo, los SSNN podrían financiar la adquisición de instrumentos, el CONICET u otro organismo del SNCTI proveer los puestos de trabajo necesarios, mientras que los gobiernos provinciales y otros ministerios a nivel nacional realizar las obras de infraestructura y proveer créditos para la vivienda y otros incentivos que promuevan la radicación de investigadores y tecnólogos.
3. **COMPROMISO SOLIDARIO DEL SNM Y LAS IB PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE LOS PROYECTOS APROBADOS.** Un problema que impide evaluar correctamente el desempeño de los PME y los programas de financiamiento administrados por el SNM como los programas de mejoras y adquisiciones complementarias, es que muchas veces no es posible cumplir con los objetivos de los proyectos aprobados porque el financiamiento ejecutado resulta insuficiente. Esto suele deberse a la devaluación de nuestra moneda durante el tiempo transcurrido entre la presentación de los proyectos y su ejecución, y a que los montos otorgados por el MINCYT se fijan en pesos al momento de la aprobación del proyecto y luego no se actualizan o se actualizan parcialmente, recayendo en la IB el costo en pesos adicional, lo que resulta en un aumento de su contribución porcentual en el costo total del proyecto. Cuando la IB no puede asumir ese costo, se suele adquirir un equipo de menor grado de sofisticación, con menos accesorios o aún un equipo

diferente. De este modo, es difícil establecer si las limitaciones que se observan en los programas existentes para lograr el cumplimiento de los objetivos estratégicos se debe a problemas propios del diseño del programa o fallas en su instrumentación. En primera instancia parece razonable abordar las fallas en la instrumentación, ya que eventualmente afectarán cualquier nuevo programa que intente reemplazar los existentes. La recomendación que se realiza es que las partes comprometidas en un proyecto determinado, ya sea para la adquisición de equipamiento, realización de mejoras o adquisiciones complementarias, se comprometan en los contratos, de manera solidaria y proporcional a los porcentajes de financiación del monto total del proyecto que habían sido establecidos en las bases de la convocatoria, a **proveer los fondos necesarios para ejecutar el proyecto tal cual como había sido concebido y aprobado.**

## EJE 2: INCORPORACIÓN DE MICROSCOPIOS MODERNOS PARA CUBRIR ÁREAS DE VACANCIA Y REEMPLAZO DE EQUIPOS OBSOLETOS. ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO PARA MEJORAR LAS PRESTACIONES DE EQUIPAMIENTO EXISTENTE.

Del análisis realizado precedentemente surge que no ha habido un aumento del equipamiento en microscopía acorde con la demanda del SNCTI. Además, ha aumentado el número de equipos obsoletos y en riesgo de obsolescencia. Para abordar esta problemática, las Tablas 1, 2 y 3 describen las necesidades previstas para mejorar las capacidades de los centros y reducir el grado de obsolescencia del equipamiento adherido a través de la adquisición de nuevos instrumentos. Además, se dan recomendaciones sobre los tipos de equipamiento básico de cada tipo de microscopía que a criterio de este Consejo Asesor servirían para cubrir deficiencias y reemplazar el equipamiento obsoleto.

El análisis de la situación actual muestra además que hay equipos en el SNM que tienen potencial para crecer en sus prestaciones, ya sea mediante la instalación de accesorios y/o “upgrades” o a través de la adquisición de equipos complementarios necesarios para la preparación de muestras o la adquisición y el análisis de datos.

En este sentido, se proponen las siguientes acciones:

### ACCIÓN 1: COMPRA DE MICROSCOPIOS MODERNOS.

---

La adquisición del equipamiento moderno que el SNCTI requiere, así como el reemplazo de los equipos obsoletos debería realizarse a través de llamados periódicos de proyectos tipo PME, acompañados de especificaciones en las bases sobre los tipos de equipamiento que se apunta a reemplazar y los equipos recomendados para reemplazarlos. Estas especificaciones deberían ser acordadas dentro de las Redes de Centros de Microscopía cuya creación constituye el eje 6 de este Plan.

## MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

Propuesta de adquisición de equipos SEM y TEM por regiones para los próximos 5 años (no incluye la formación de centros especializados con equipos de muy altas prestaciones):

Región	SEM				TEM				
	Base	FEG	FIB-SEM	Total SEM	Base CB	FEG CB	Base CM	FEG CM	Total TEM
NEA	1	1		2					0
NOA	2	1		3		1			1
Centro	4	2	1	7	2		1	1	4
Cuyo	2	1		3	1				1
BsAs	4	4	1	9	2		2	1	5
CABA	1	3		4	2				2
Patagonia	5			5				1	1
<b>Totales</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>33</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>14</b>
Costo estimado (Millones USD)	3,80	6,00	2,00	11,8	4,20	0,60	2,10	3,00	9,9

### 6 Propuesta Microscopía Electrónica (Eje 2)<sup>1</sup>.

## MICROSCOPIA ÓPTICA

Propuesta de adquisición de equipos confocales básicos y avanzados por regiones para los próximos 5 años (no incluye la formación de centros especializados con equipos de muy altas prestaciones):

<sup>1</sup> Acrónimos, abreviaturas y siglas:

CB: Ciencias Biológicas; CM: Ciencia de Materiales

SEM Base: Microscopio SEM con cañón de emisión de Tungsteno/hexaboruro de Lantano, con accesorios básicos (por ejemplo, unidad metalizadora)

SEM FEG: Microscopio SEM con cañón de emisión Schottky con accesorios (por ejemplo, unidad de microanálisis)

FIB-SEM: Microscopio de doble haz, haz de electrones y haz de iones), con accesorios.

TEM Base CB: Microscopio TEM para Ciencias Biológicas, de 120 kV, con cañón de hexaboruro de Lantano.

TEM Base CM: Microscopio TEM para Ciencias de Materiales, de 200 kV, con cañón de hexaboruro de Lantano y con unidad de barrido y de microanálisis.

TEM FEG CB: Microscopio TEM para Ciencias Biológicas, de 120 kV, con cañón de emisión Schottky.

TEM FEG CM: Microscopio TEM con cañón de emisión Schottky, de 200 kV con unidad de barrido y de microanálisis.

	Confocales básicos		Avanzados, multifotónicos, emergentes y SR			
Región	Base CB	Base CM	Confocal	Multifotónico	De hoja de luz	SR
NEA	1					
NOA	1					
Centro	0		1	1		1
Cuyo	1		1			
BsAs	0	1	2			
CABA	0	1	2	1	1	2
Patagonia	1		1			
<b>Totales</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
Costo estimado (Millones USD)	0,6	0,3	3	1	0,3	3

#### 7Propuesta Microscopía óptica (Eje 2)<sup>2</sup>

### MICROSCOPÍA DE BARRIDO POR SONDAS

Propuesta de adquisición de equipos SPM por regiones para los próximos 5 años (incluye la incorporación de equipos de muy altas prestaciones en centros especializados):

---

<sup>2</sup> Acrónimos, abreviaturas y siglas:

CB: Ciencias Biológicas

CM: Ciencias de Materiales

SR: Superresolución



Microscopios SPM ( AFM/STM)								
Región	AFM Base	AFM avanzado	Total AFM	STM Base	STM avanzado	Total STM	AFM / MO*	STM /UHV (LT-STM)*
NOA	1		1					
NEA	1		1					
Centro	2	2	4	2	2	4	1	1
Cuyo	1		1	1		1		
BsAs	2	2	4	1	1	2		
CABA	2	2	4	1	1	2	1	
Patagonia	1	2	3	1	1	2		1 (1)
Totales	10	8	18	6	5	11	2	3
Costo estimado (Millones USD)	1	2,5	3,5	0,6	1,5	2,1	1	3

### 8Propuesta Microscopía de barrido por sonda (Eje 2)<sup>3</sup>.

\*Equipos de muy altas prestaciones.

## ACCIÓN 2: COMPRA DE EQUIPAMIENTO COMPLEMENTARIO.

La adquisición de partes y equipos complementarios que aumenten las prestaciones de los microscopios existentes y los que sean incorporados podría abordarse incrementando los montos máximos de las líneas vigentes dentro del SNM. Se sugiere además crear una línea de financiamiento para adquisiciones complementarias de alto costo, que sea transversal a todos los sistemas y con una evaluación realizada por representantes de los distintos Consejos Asesores. Para estas adquisiciones, será importante atender las recomendaciones de las Redes de Centros de Microscopía descritas en el Eje 6.

## EJE 3: CREACIÓN DE CENTROS NACIONALES DE MICROSCOPIA AVANZADA

El análisis de la situación de la microscopía en Argentina, en comparación con los avances que se han logrado a nivel mundial, indica que el SNCTI necesita tener acceso a equipamiento de última generación. Por su alto costo, estos microscopios deberían ubicarse en Centros especialmente diseñados para un fácil acceso a todos los

### <sup>3</sup> Acrónimos, abreviaturas y siglas:

SPM: Microscopía de barrido por sondas

AFM: microscopía de fuerza atómica

STM: microscopía de barrido por efecto túnel o microscopía de efecto túnel

AFM/MO: combinación de AFM y microscopía óptica (Fluorescencia)

STM/UHV: microscopio de efecto túnel que opera en condiciones de ultra alto vacío

LT-STM/UHV: microscopio de efecto túnel que opera a bajas temperaturas en condiciones de ultra alto vacío

usuarios del SNCTI. Se debe tener en cuenta que la incorporación de equipamiento de altas prestaciones involucra la capacitación de una masa crítica de investigadores y personal de apoyo, la construcción o adaptación de un edificio adecuado y la previsión de contratos de mantenimiento para asegurar su operatividad. Estos Centros deben poner énfasis en la capacitación de recursos humanos, tanto de investigadores como profesionales y técnicos de apoyo. Se debe contemplar también espacios para el trabajo de personal de otras zonas geográficas que se trasladen para el uso del equipamiento. Para la organización de estos Centros, será importante atender las recomendaciones de las Redes de Centros de Microscopía descritas en el Eje 6.

Del análisis de las propuestas de cada microscopía surge la recomendación de la formación de: 1) Centro de Microscopía Electrónica Avanzada para Ciencias Biológicas; 2) Centro de Microscopía Electrónica Avanzada para Ciencias de los Materiales; 3) Centro(s) de Microscopía Óptica Avanzada; 4) Centro(s) de Microscopía de Barrido por Sondas Avanzada. Las características y equipamiento sugerido se detallan a continuación. Es importante señalar que estas especificaciones deberán ser actualizadas oportunamente dado el rápido desarrollo de la microscopía a nivel mundial.

## **1. CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA AVANZADA PARA CIENCIAS BIOLÓGICAS**

### **EQUIPAMIENTO SUGERIDO:**

- Criomicroscopio electrónico básico (Glacios o similar).
- Equipos microscopía volumétrica FIB-SEM o SBF-SEM.
- TEM de 200 kV, con cañón de electrones de alta emisión y filtro de energía para tomografía electrónica.
- Equipos para fijación y procesamiento de muestras en condiciones criogénicas (High-Pressure Freezing, Freeze Substitution, Crio-ultramicrotomo, Vitrobot).
- Computadoras, servidores y sistemas de análisis, captura y resguardo de imágenes de alta performance.

**Costo estimado:** 7 millones USD.

## **2. CENTRO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA AVANZADA PARA CIENCIAS DE LOS MATERIALES**

### **EQUIPAMIENTO SUGERIDO:**

- Microscopio analítico TEM/STEM de 200 kV, con cañón de electrones de alta emisión y sistema de microanálisis de RX de alta eficiencia de captura para mapeos de composición y filtro de energía para espectroscopía EELS.
- Microscopio con corrector de aberraciones de 30-300 kV, con cañón de electrones de alta emisión (eventualmente con monocromador), detectores segmentados para operación en modo STEM, goniómetro piezoeléctrico, portamuestras para tomografía, sistema de microanálisis por RX de alto ángulo sólido y filtro de energía para espectroscopía EELS.
- Microscopio electrónicos de barrido de doble haz (FIB/SEM), con emisión de campo (FEG) y fuente de iones de Galio o gases nobles (Ce,Ar,Ne,He) para aplicaciones de observación de secciones transversales,

nanotomografía 3D, nanometrología, preparación de lamellas para TEM ultra delgadas, edición de circuitos integrados, maquinado de nanoestructuras y mapeo por EDS o EBSD.

**Costo estimado:** 7 millones USD.

### 3. CENTRO(S) DE MICROSCOPIA ÓPTICA AVANZADA

EQUIPAMIENTO SUGERIDO:

- 2 Nanoscopios STED de última generación.
- 1 Nanoscopio STORM de última generación.
- Computadoras, servidores y sistemas de análisis, captura y resguardo de imágenes de alta performance.

**Costo estimado:** 3 millones USD

### 4. CENTRO(S) DE MICROSCOPIA DE BARRIDO POR SONDAS AVANZADA

EQUIPAMIENTO SUGERIDO PARA CIENCIAS BIOLÓGICAS:

- 1 AFM básico.
- 1 AFM de última generación.
- 1 AFM /MO (microscopio confocal como base de la MO).
- Computadoras, servidores y sistemas de análisis, captura y resguardo de imágenes de alta performance.

**Costo estimado:** 1 millón USD.

EQUIPAMIENTO SUGERIDO PARA CIENCIAS DE LOS MATERIALES:

- 1 STM de última generación.
- 1 STM/UHV.
- 1 LT-STM/UHV.
- Computadoras, servidores y sistemas de análisis, captura y resguardo de imágenes de alta performance.

**Costo estimado:** 2,5 a 3 millones USD

## EJE 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

La formación, la capacitación y el desarrollo de recursos humanos son factores clave para la consolidación del Sistema Nacional de Microscopía. Desde la creación del SNM, se otorga financiamiento para la formación de RRHH a nivel de becarios, investigadores, profesionales y técnicos de apoyo, a través de cursos y talleres. Estos

cursos introductorios o avanzados y los talleres se han basado en los aspectos relevantes de cada tipo de microscopía (funcionamiento, principios de operación, preparación de muestras, aplicaciones, etc.), de modalidad teórica o teórica-práctica, que pueden estar asociados a reuniones científicas, y que se organizan por iniciativa de centros adheridos. Sin lugar a dudas, estos esfuerzos iniciales y dispersos han contribuido a la formación de RRHH, pero no son suficientes. Por esta razón es que en el presente Plan ponemos énfasis en la articulación de las iniciativas que lleven a fortalecer e integrar la formación y capacitación de RRHH en el área de microscopía. En esta dirección, será fundamental la discusión en las Redes Nacionales de Microscopía para coordinar un Programa de cursos y talleres pertinentes, de distribución geográfica federal y sostenida en el tiempo, que resulte en la formación/capacitación escalonada y complementaria de los RRHH. Asimismo, es prioritario generar la discusión con las Universidades para impulsar Especializaciones o Tecnicaturas en áreas de microscopía, iniciativa que contribuirá a la inserción y al desarrollo profesional de los RRHH.

Para este fin se proponen las siguientes acciones:

1. Incorporar **investigadores científicos y/o tecnológicos** formados en el área de microscopía en el país o en el extranjero a los diferentes organismos de ciencia y técnica del país. Apoyar además la movilidad/radicación de estos investigadores para cubrir las necesidades en todo el territorio nacional.
2. Incorporare **profesionales y técnicos de apoyo** a la investigación científica y tecnológica formados en el área de microscopía a los diferentes organismos de ciencia y técnica del país. Apoyar además la movilidad/radicación de este personal para cubrir las necesidades en todo el territorio nacional.
3. Articular en las Redes Nacionales de Microscopía la organización de un **Programa de formación de RRHH** de carácter federal y sostenido en el tiempo.
4. Promover la creación de Especializaciones o Tecnicaturas en Universidades para la capacitación de **profesionales y técnicos de apoyo**. Apoyar además la movilidad/radicación de este personal para cubrir las necesidades en todo el territorio nacional.

## EJE 5. DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE MICROSCOPÍAS EMERGENTES

La microscopía óptica desde su invención en el siglo XVII, sin dudas, es una de las herramientas más importantes de las ciencias biológicas. A través de los años se han desarrollado numerosas técnicas, limitadas por la resolución, para mejorar el contraste y la calidad de las imágenes obtenidas. Sin embargo, podemos decir que en los últimos 15 años se ha producido una verdadera "revolución de la resolución" con avances significativos que definieron el inicio de una nueva era. Es gracias a la invención de las técnicas de superresolución o nanoscopía óptica (STED, STORM, PALM) por los ganadores del premio Nobel de Química en 2014, que se pudieron obtener imágenes con resolución por debajo de los 200 nm, lo que permitió obtener información sin precedentes sobre las estructuras de las células y su conformación, así como las propiedades, funciones e interacciones de proteínas *in vivo*. En los últimos años, estas metodologías han continuado desarrollándose dado lugar a la invención de una

gran familia de nuevas técnicas de nanoscopía (MINIFLUX, SIMPLER, etc) que han alcanzado resolución molecular (5-10 nm).

El rápido desarrollo e implementación de las nanoscopías ópticas a nivel mundial, no fue acompañado en el país o en la región. En particular, el alto costo de los equipos y la falta de programas de financiación específicos se traducen en un desarrollo casi nulo en el país. Sin embargo, el conocimiento, la alta capacidad técnica, el empuje y formación de un grupo de instrumentación se conjugaron para desarrollar con éxito dos nanoscopios convencionales (STED, STORM) pero también nanoscopios de muy alta resolución (SIMPLER), con un presupuesto muy inferior al costo de un microscopio comercial, o no disponibles comercialmente. Varias publicaciones científicas recientes en revistas internacionales de alto impacto avalan la calidad de este desarrollo local, y convierten a los grupos de investigación involucrados en pioneros y líderes en el desarrollo y uso de nanoscopías ópticas en la región. Este ejemplo en el área de microscopía óptica, se complementa con desarrollos con patentes de un microscopio fototérmico para materiales, microscopios ópticos nanométricos por intensificación de campo, así como grupos desarrollando técnicas de fluorescencia multifotónica, microscopía armónica, entre otras alternativas. A modo de ejemplo, los mini-microscopios implantables permiten visualizar la actividad celular en organismos vivos con mínima interferencia en el comportamiento, con enormes aplicaciones potenciales en el campo de la salud, y son pasibles de soluciones de bajo costo que podrían ser implementadas como servicios por recursos humanos radicados en el país. En la actualidad, el uso de estos equipos caseros queda reducido a los grupos que los desarrollan con una limitada transferencia horizontal a otros grupos de investigación que los podrían usar. En este marco, necesitamos articular programas que complementen la adquisición de microscopios comerciales con programas que financien el desarrollo de instrumentos y metodologías que permitan mejorar sustancialmente la capacidad del SNM en el país. El desarrollo y transferencia de equipos o metodologías nuevas debe ser por tanto una parte fundamental en el Plan Estratégico, ya que permitiría un acceso más rápido y menos oneroso a equipos de vanguardia de los organismos de I+D de Argentina. Además, es prioritario promover la formación de investigadores y personal específico experto en estas metodologías y en la operación y mantenimiento de los equipos de modo de aprovechar al máximo los nuevos desarrollos tecnológicos.

Para apoyar el desarrollo y la transferencia de las microscopías emergentes se propone:

1. Brindar apoyo económico mediante la financiación parcial de proyectos de desarrollo de microscopías/técnicas emergentes de última generación.
2. Articular la demanda de desarrollos tecnológicos en el área de microscopía para satisfacer las necesidades de diversos grupos de investigación en áreas de vacancia.
3. Promover la formación y capacitación de recursos humanos especializados en las microscopías emergentes de última generación.

## EJE 6. ARTICULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS CENTROS ADHERIDOS MEDIANTE REDES NACIONALES DE MICROSCOPIA

El análisis de situación de este Plan ha puesto de manifiesto problemáticas que podrían abordarse promoviendo la interacción de los Centros adheridos al SNM formando Redes Nacionales de Microscopía. Estas redes deberían conformarse alrededor de:

1. **Tipo de microscopía**, ya que las distintas microscopías alcanzaron un grado de especialización tal que tienen problemáticas específicas y diferentes unas de otras (tecnologías que requieren recursos humanos muy específicos, empresas proveedoras diferentes, servicios orientados a distintos campos disciplinarios).
2. **Área temática** que puede requerir servicios de distintas microscopías e incluso de equipamiento representado en distintos SSNN (Ciencias de los Materiales, Biomedicina, Biología Estructural, Biofísica).

### Los objetivos de las Redes serían:

- Articular el funcionamiento de los Centros adheridos entre sí y con los nuevos Centros Nacionales de Microscopía Avanzada.
- Promover la integración de equipamiento de distintos centros en plataformas (*facilities*).
- Articular el funcionamiento de la infraestructura del SNM con la de otros SSNN cuyo equipamiento sea complementario o aborde problemas científico tecnológicos similares.
- Articular el funcionamiento de los centros adheridos con otros actores dentro del sistema socio-productivo, como empresas y organismos públicos.
- Diseñar estrategias conjuntas de mantenimiento preventivo del equipamiento.
- Promover la formación de recursos humanos específicos para la preparación de muestras, operación y reparación-mantenimiento de los equipos, y la movilidad de estos recursos humanos dentro de la Red.
- Acordar indicadores que permitan analizar la eficiencia del uso de los recursos.
- Promover el acceso a tecnologías de última generación en el país y en el extranjero a través de la integración con otras Redes Internacionales como el "Latin America Bioimaging Network" (LABI) y la "Global Bioimaging Initiative (GBI)".

### El funcionamiento de estas Redes debería ser apoyado mediante las siguientes acciones:

- Apoyo logístico para la realización de reuniones virtuales periódicas coordinadas por un miembro del Consejo Asesor
- Apoyo administrativo e informático para la recolección y análisis de información
- Disponibilidad de fondos para movilidad de recursos humanos involucrados en la preparación de muestras, mantenimiento y operación de equipos
- Disponibilidad de fondos para movilidad de recursos humanos involucrados en la articulación de redes locales con redes internacionales

- Disponibilidad de fondos para implementar estrategias conjuntas de mantenimiento preventivo del equipamiento

**Redes inicialmente propuestas:**

- Red Nacional de Microscopía Electrónica.
- Red Nacional de Microscopía Óptica y Nanoscopía.
- Red Nacional de Microscopía de Barrido por Sonda.