

## UNA SENDA DE CRECIMIENTO PARA LA GEODESIA ARGENTINA

Claudio Brunini<sup>1,2,3</sup>, Raúl Perdomo<sup>1</sup>, Daniel Del Cogliano<sup>1</sup>

[claudio@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:claudio@fcaglp.unlp.edu.ar)

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata

<sup>2</sup>Observatorio Argentino Alemán de Geodesia

<sup>3</sup>CONICET

### RESUMEN

Se propone un Programa Nacional de Geodesia que, con una inversión menor a la que el país hace en grandes instrumentos, contribuirá a maximizar el beneficio que la Argentina extrae de ellos. La premisa es que los instrumentos argentinos fortalecen la infraestructura geodésica global en una de las regiones más necesitadas del mundo y son intensamente explotados por la comunidad internacional, pero su uso en el país es todavía limitado por la falta de coordinación inter-institucional y por no contar con suficientes RRHH especializados.

En años recientes se han instalado instrumentos de vanguardia que han transformado al país en el mejor equipado de la región: tres observatorios multi-técnica dedicados 100% a la Geodesia el Observatorio Argentino Alemán de Geodesia (AGGO), el Observatorio. Astronómico. Félix Aguilar (OFA) y la Estación Astronómica Rio Grande (EARG) e instrumentos muy sofisticados parcialmente dedicados a esta disciplina el Radio Telescopio Chino Argentino (CART), la estación ESA Deep Space 3 (ESA-DS3) y (CALTC). Las instalaciones funcionan en sociedad con instituciones extranjeras que aportan los instrumentos, pero la inversión argentina acumulada en el tiempo es tanta o más grande que la extranjera.

Esto ha transformado a la Argentina en un ejemplo de cumplimiento de la resolución de 2015 de la ONU, titulada “Un Marco de Referencia Geodésico Global para el Desarrollo Sostenible”. La misma apunta a enfrentar una variedad de problemas globales cuyo abordaje demanda el uso de satélites artificiales muy sofisticados (cambio del nivel del mar, ciclo del agua terrestre, riesgos geológicos, eventos meteorológicos extremos y cambio climático, dinámica de los ecosistemas). La operación de esos satélites exige mejoras en el Marco de Referencia Geodésico Global que no pueden lograrse agregando instrumentos en los países más desarrollados. Por el contrario, es necesario agregarlos en los que carecen de ellos, especialmente en el hemisferio sur.

El requerimiento de la ONU recae sobre la Geodesia y enfrentarlo implica el mantenimiento de servicios científicos internacionales y la realización de trabajos de muy largo aliento. Ello reduce la posibilidad de publicar frecuentemente en revistas de alto impacto y hace que los indicadores bibliométricos convencionales de los científicos que los abordan crezcan con relativa lentitud. Pero esto no significa que tales trabajo carezcan de jerarquía científica ni que quienes los realizan tengan poca creatividad. Son trabajos de largo aliento que despiertan el interés de ciertos científicos, pero no de aquellos cuya vocación es la generación rápida y frecuente de nuevos conocimientos. Los indicadores bibliométricos convencionales, que son adecuados para medir ciertas cualidades,

desfavorecen el desarrollo de los RRHH que el país necesita para aprovechar mejor su gran inversión en instrumental geodésico.

Un programa pluri institucional y de alcance nacional con los objetivos de coordinar estratégicamente y en beneficio del país el aprovechamiento de su extraordinaria infraestructura geodésica y de generar espacios formativos innovadores y mejorar la dotación y la sostenibilidad de RRHH, permitirá un aumento significativo del valor científico argentino agregado a los datos que producen sus instrumentos.

En el ítem (1) de este documento se describe la infraestructura geodésica existente en el país; en el (2) se exponen las razones que justifican la inversión argentina en esos instrumentos y las que justificarían la implementación de este programa; y en (3) se formulan algunas ideas preliminares sobre su implementación.

## **1. LA INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA ARGENTINA**

En las últimas décadas, la principal infraestructura geodésica argentina ha sido la red RAMSAC, que actualmente cuenta con más de 100 estaciones GNSS (Figura 1, izq.). Es administrada por el IGN con la cooperación de numerosas organizaciones argentinas y extranjeras. Satisface la mayoría de los requerimientos prácticos, aún con la limitación de estar basada en una única técnica de medición.

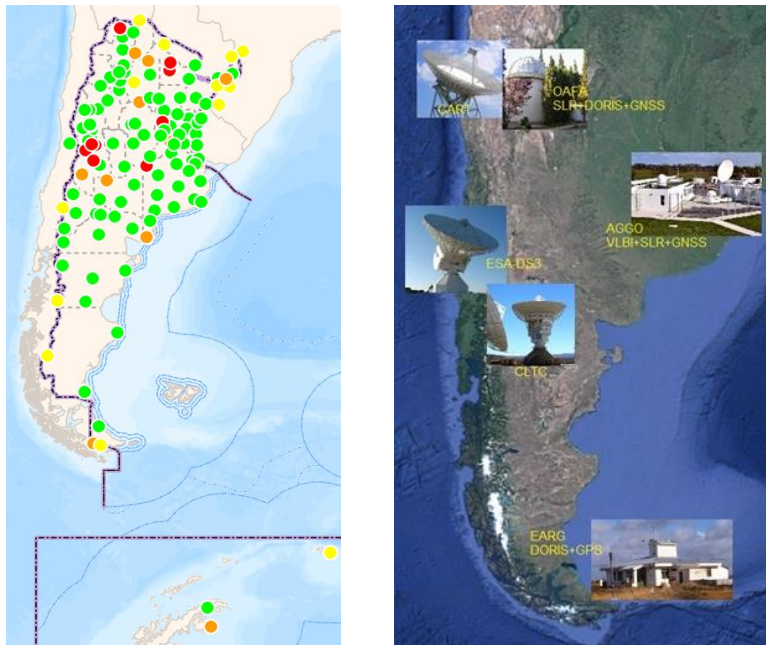
En años recientes se han instalado instrumentos geodésicos de vanguardia que han transformado al país en el mejor equipado de la región (Figura 1, derecha). Contamos con tres observatorios en los que dos o más técnicas de medición operan conjuntamente:

- AGGO es el único en América Latina que reúne a las principales técnicas en un solo sitio: VLBI, SLR, GNSS, tiempo atómico y gravimetría absoluta y relativa.
- Oafa cuenta con SLR, GNSS y DORIS, instalados en cooperación con China y Francia.
- EARG cuenta con GNSS y DORIS.

Los tres dedican el 100% del tiempo a la Geodesia y la co-localización de diferentes instrumentos potencia su importancia.

A ellos se agregan otros observatorios, que sin contar con instrumentos co-localizados ni dedicar el 100% del tiempo a la Geodesia, contribuyen a ubicar al país en una situación excepcional en cuanto a disponibilidad de instrumentos de vanguardia:

- El radiotelescopio CART, que se está instalando en la Estación de Altura del Oafa, en colaboración con China y con apoyo del MinCyT y del CONICET.
- Los radiotelescopios ESA-DS3 y CATC, instalados en Malargüe y en Bajada del Agrío por la UE y China, respectivamente, en sociedad con Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).



**Figura 1.** Estaciones GNSS que componen la red RAMSAC (izquierda) e instrumental geodésico de vanguardia instalado en la Argentina (derecha).

## 2. RAZONES QUE JUSTIFICAN LA INVERSIÓN EN INSTRUMENTOS GEODÉSICOS Y AVALAN LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UN PROGRAMA QUE LOS RESPALDE

Se dijo que la Geodesia argentina se apoyó en la infraestructura GNSS de la red RAMSAC y que esta solventa la mayoría de los requerimientos prácticos. No obstante, el país ha invertido y continúa invirtiendo recursos cuantiosos en instrumentos geodésicos sofisticados. Las inversiones se realizan en sociedad con instituciones extranjeras que aportan instrumentos a los que el país no podría acceder con sus solos recursos. Pero esto no debe eclipsar la realidad de que la inversión argentina en suelo, infraestructura, costos operativos y personal, acumulada en el tiempo, es tanta o más grande que la extranjera.

Es válido preguntarse qué sentido tienen esta inversión cuando el país cuenta con una infraestructura capaz de satisfacer la mayoría de sus necesidades prácticas. Para el mundo científico la respuesta es clara: el acceso a más y mejores instrumentos facilita el avance de la ciencia que contribuye al conocimiento universal. Otro tanto ocurre para el mundo tecnológico: el desarrollo es un proceso de *moto continuo* en el que la tecnología que hoy nos satisface se vuelve obsoleta mañana.

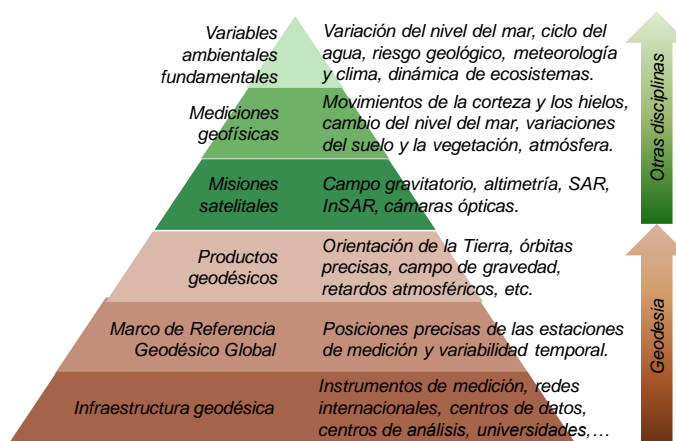
Es oportuno, también reflexionar sobre la resolución de 2015 de la Asamblea General de la ONU, titulada “Un Marco de Referencia Geodésico Global para el Desarrollo Sostenible”. ¿Por qué la ONU recomienda mejorar el Marco de Referencia Geodésico a escala Global? ¿Y por qué asocia esa mejora con el Desarrollo Sostenible? Porque algunos macro-problemas originados por la acción combinada de la Naturaleza y del Hombre amenazan la sostenibilidad de la vida sobre el Planeta; porque esa clase de problemas no puede abordarse a otra escala que la global; porque el abordaje global no puede hacerse con otra herramienta que los satélites artificiales; porque sin un Marco de Referencia Geodésico es imposible operar misiones satelitales; y porque los satélites se mueven alrededor del globo y no se los puede controlar si no se rastrea la totalidad de sus órbitas. La figura (2) esquematiza los macro-problemas de los que estamos hablando: cambio del nivel del mar; ciclo del agua terrestre; riesgos geológicos; meteorología y clima; y dinámica de ecosistemas.



**Figura 2:** Visión esquemática de cinco macro-problemas que implican amenazas a la sostenibilidad de la vida sobre el Planeta. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: cambio del nivel del mar; ciclo del agua terrestre; riesgos geológicos; meteorología y clima; y dinámica de ecosistemas.

El abordaje de esta clase de problemas debe hacerse a escala global, porque el Sistema Tierra se asemeja a un cuerpo humano, en el que una afección no puede tratarse examinando solo la parte que presenta los síntomas. La herramienta para ese abordaje son los satélites artificiales y los expertos coinciden en que la precisión de las órbitas de todas las misiones con sensores activos que miden alturas, deformaciones superficiales, variaciones en la distribución de masas subterráneas, etc., deben mejorar al menos un orden de magnitud (ej.: *US National Academies Press (2020) Evolving the Geodetic Infrastructure to Meet Social Needs, ISBN 978-0-309-49778-7*). Este desafío va de la mano con la mejora del Marco de Referencia Geodésico Global y, como ya se explicó, la globalidad del problema hace que la mejora no pueda lograrse agregando más y mejores instrumentos en los países más desarrollados. Más bien al contrario, es necesario agregarlos en los países que carecen de ellos, especialmente en el hemisferio sur.

La problemática de la que hablamos tiene dimensión ‘macro’ y su abordaje demanda la intervención de múltiples actores que ataquen los problemas ‘micro’ que conforman lo ‘macro’. La figura (3) sintetiza este concepto y muestra que la Geodesia proporciona la base de una pirámide en cuyo vértice converge a las respuestas deseadas.



**Figura 3:** Aporte de la Geodesia al abordaje de los cinco macro-problemas que amenazan la sostenibilidad de la vida sobre el Planeta

La posibilidad de generar resultados novedosos y publicaciones de alto impacto aumenta a medida que ascendemos en la pirámide. Consecuentemente, los índices bibliométricos convencionales de los científicos que pueblan los escalones más altos crecen más rápido que los de los que pueblan los más bajos. Sería absurdo interpretar este hecho como un indicador de que la Ciencia solo necesita los escalones más altos, porque sin los más bajos se desmoronaría el edificio. Cabría preguntarse si los científicos que pueblan los escalones más altos son más creativos que los que pueblan los más bajos; si la tarea que se realiza en los escalones más bajos no requiere de científicos; o si fallan los indicadores bibliométricos convencionales.

Nosotros creemos que todos los escalones deben estar poblados con científicos, porque todos plantean problemas que solo pueden abordarse con el método científico. No creemos que sea la creatividad lo que varía de escalón en escalón, sino la vocación: la de unos, dominada por la búsqueda de nuevos conocimientos; y la de otros, por el sostenimiento de un servicio. Tampoco creemos que fallen los indicadores bibliométricos convencionales, sino que solo miden ciertas cualidades de los científicos. En particular, creemos que esos indicadores desfavorecen a los escalones más bajos de la pirámide y limitan los beneficios que el país extrae de la gran inversión en instrumental geodésico.

### **3. IDEAS PRELIMINARES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA.**

La premisa sobre la que se basa esta propuesta es que la Argentina realiza una gran inversión en instrumentos sofisticados, que dichos instrumentos fortalecen la infraestructura geodésica global en una de las regiones más necesitadas del mundo y que la comunidad internacional los usa intensamente para abordar problemas de gran trascendencia para la humanidad; pero que su uso en la Argentina es todavía limitado.

Un programa pluri-institucional y de alcance nacional, con una inversión menor que la destinada a la instrumentación, permitiría un aumento significativo del valor científico argentino agregado a los datos que producen sus instrumentos. En la actualidad, la presencia argentina decrece a medida que ascendemos del primer al tercer escalón de la pirámide de la figura 3. El objetivo del Programa sería incrementar esa presencia.

El MinCyT, por su competencia en la implementación de políticas nacionales de C&T, y el MinDef, por su competencia sobre la cartografía y la geodesia del país (a través del IGN) y por su participación en AGGO, podrían conformar el brazo articulador del Programa, cuyo gerenciamiento podría quedar a cargo de un comité integrado por representantes de las principales instituciones nacionales comprometidas con la geodesia.

Es fácil decir 'las principales instituciones nacionales comprometidas con la geodesia', pero es difícil decir cuáles son con la certeza de la imparcialidad. Mencionaremos solo a algunas, a efectos de ejemplificar y aclarando que la nómina no es excluyente ni implica prioridades:

- La UNLP, y más específicamente la FCAG, por contar con un grupo científico numeroso y prestigioso y por su involucramiento en la EARG;
- El CONICET, y más específicamente AGGO, por administrar el observatorio geodésico más completo del país;
- El IGN, por ser el organismo técnico del Estado con incumbencia directa sobre la Geodesia del país;
- La UNSJ, y más específicamente el Oafa, por su involucramiento en SLR, GNSS, DORIS y CART;
- La CONAE, por su involucramiento en ESA – DS3 y CLTC;
- La UBA, donde se dicta uno de los pocos postgrados en geodesia que existen en el país;

- ...

Los objetivos específicos del programa serían tres:

- Generar espacios formativos innovadores para el aprovechamiento del instrumental geodésico de vanguardia existente en el país.
- Mejorar la dotación y la sostenibilidad de RRHH en las instituciones comprometidas con el Programa.
- Promover y articular trabajos conjuntos entre los principales actores nacionales, basados en la infraestructura geodésica de vanguardia con la que cuenta el país.

La inversión económica requerida para poner en práctica el programa abarca un rubro menor y uno mayor, aunque la suma de ambos es menor que la inversión económica que hace el país en grandes instrumentos geodésicos. El menor es para la implementación de mecanismos formativos innovadores y para intercambios entre diferentes grupos. El mayor es para la dotación y la sostenibilidad de RRHH en las instituciones comprometidas con el Programa.

Es necesario generar mecanismos de incorporación, evaluación y sostenibilidad de RRHH alternativos a los que se ofrecen actualmente. El mecanismo casi excluyente para acceder a una posición permanente y de tiempo completo consiste en obtener una beca doctoral, doctorarse y acumular publicaciones de alto impacto, obtener una beca post-doctoral y repetir el esquema y, finalmente, acceder a una posición permanente y de tiempo completo para investigar y/o ejercer la docencia.

No hay nada objetable en ese mecanismo que ha permitido que la Argentina desarrolle C&T de excelencia. La Geodesia lo ha usado con resultados satisfactorios en términos de los indicadores bibliométricos convencionales. Con ese mecanismo se han desarrollado varios grupos de excelencia, todos especializados en la tecnología GNSS. Pero la regla general ha sido evitar los problemas que demandan un largo aprendizaje, durante el cual es difícil publicar resultados. El precio ha sido contar con pocas personas formadas para explotar los nuevos instrumentos geodésicos y poblar adecuadamente los tres escalones más bajos de la pirámide de la figura 3. Ya se explicó que en esos escalones se generan datos y productos sofisticados, cuya importancia no se refleja en los indicadores bibliométricos convencionales, sino en la solidez del cimiento que proporcionan a los escalones superiores.

El Programa debería implementar un mecanismo que permita el ingreso de una cantidad determinada de personas dedicadas full time a la explotación de las nuevas herramientas geodésicas disponibles en el país (por ejemplo, tres personas por año durante cinco años consecutivos).

Los candidatos deberían poseer la formación básica para adquirir los conocimientos novedosos necesarios para el aprovechamiento de las tecnologías geodésicas de vanguardia (como mínimo, ser egresado universitario de carreras afines), pero la experiencia previa en la materia no debería ser una condición excluyente, dado que su trabajo consistirá, justamente, en adquirirla.

En concordancia con lo anterior, se les concederá un plazo prologado (por ejemplo, cinco años) durante el cual se los evaluará por sus progresos en el aprendizaje y por la producción de resultados que no sean necesariamente novedosos pero demuestren progresos acordes al estado del arte en la materia.

La experiencia no completamente cerrada de los proyectos PDTs, que resultaron claramente planteados pero no lograron plasmar el perfil de los investigadores dedicados a temas estratégicos, cuya labor se enfocaba en aplicaciones claras y valiosas como las que plantea el presente

programa, también es un camino para recorrer en la discusión de esta propuesta que puede resultar un ejemplo a seguir por otras disciplinas.

Las fortalezas de esta visión:

- Formación de muy alto nivel de investigadores en temas estratégicos.
- Aprovechamiento pleno de las capacidades instaladas.
- Fuerte vinculación internacional.

Las oportunidades

- Crecimiento sostenido de una disciplina tradicional y aplicada.
- Fuerte vinculación entre instituciones del sistema científico, universitario y de servicios estratégicos (para el caso se plantea Defensa pero en forma no excluyente, dado que los usuarios de productos que se desprenden de las actividades definidas por el programa son diversos).

Las debilidades

- Un planteo equivocado del programa que conduzca a una formación técnica o profesional y no a investigadores aplicados.
- Un conjunto de normas de evaluación facilistas, excesivas, mal orientadas, etc.

Las amenazas

- Que los propios investigadores no se sientan tales y restrinjan su horizonte a tareas relativamente rutinarias.
- Las comisiones evaluadoras sean “del gran área disciplinar”.

Algunos parámetros centrales en el proceso de evaluación de la permanencia y jerarquización de los investigadores del Programa:

- Evaluación por expertos (relativamente sencillo por tratarse de un conjunto de temas acotados).
- Desarrollo de nuevos productos o perfeccionamiento de los mismos.
- Contribución a aplicaciones concretas.
- Participación efectiva en el marco de proyectos exitosos.
- Contribución con proyectos multi-institucionales.