

Análisis Panorámico de la Infraestructura de Investigación en Biología Estructural en Latinoamérica y el Caribe

La herramienta indispensable para los investigadores : el caso de la biología estructural

Resumen

El presente análisis panorámico hace un repaso de las opiniones de los biólogos estructurales sobre la manera en que se facilita actualmente el acceso a la infraestructura de investigación en Latinoamérica. Este análisis ayuda a entender el entorno de la investigación en biología estructural en Latinoamérica y, además, los desafíos que supone llevar a cabo investigaciones de calidad sobresaliente en la región. Se ha llevado a cabo una encuesta entre 157 investigadores y entrevistas muy minuciosas a 29 de los seleccionados entre esos investigadores. Tras hablar con los que operan a diario en la comunidad de la biología estructural de Latinoamérica, y con el consiguiente análisis, se han logrado detectar temas comunes que afectan a los investigadores, incluso los trámites burocráticos engorrosos, la falta generalizada de estabilidad en la financiación e igualmente la escasez de recursos financieros y de pericia para el mantenimiento de dispositivos sofisticados. El estudio destaca la necesidad de que haya un mejor apoyo institucional mediante programas de formación que refuercen ese apoyo institucional y el nivel de competencias en la región. Un factor crucial para el desarrollo futuro es que se consiga una mejor comunicación entre la comunidad de investigadores y las entidades financieras. Los laboratorios regionales que disponen de equipos y dispositivos de nivel intermedio accesibles a todos los investigadores, no sólo pueden mejorar el acceso a la infraestructura, sino también operar como centros para el trabajo en red. Este informe recomienda que sea establecida una hoja de ruta estratégica que fomente el desarrollo de la infraestructura de la biología estructural tanto a nivel nacional como regional.

Los contribuyentes y sus afiliaciones

Alejandro Buschiazzo – **Instituto Pasteur Montevideo, Uruguay**

María-Natalia Lisa – **IBR, CONICET-UNR, Argentina**

Chuck Shaker Farah – **Universidad de São Paulo, Brasil**

Ana Zeri – **LNLS, CNPEM, Brasil**

José María Carazo – **CNB-CSIC, España**

Alberto Podjarny – **IGBMC, Francia**

John Dolan – **Instruct-ERIC, Reino Unido**

Pauline Audergon – **Instruct-ERIC, Reino Unido**

Natalie Haley – **Instruct-ERIC, Reino Unido**

Claudia Alén Amaro – **Instruct-ERIC, Reino Unido**

Richard Garratt – **Universidad de São Paulo, Brasil**

1. Introducción

1.1 La motivación del presente estudio

Este análisis panorámico, que es una iniciativa de Instruct-ERIC, tiene como finalidad lograr comprender - en una perspectiva de abajo hacia arriba - la situación de la biología estructural existente en la región de Latinoamérica y el Caribe (LAC). Para alcanzar este propósito,

Instruct ha constituido, en el marco del proyecto UE-LAC ResInfra, el Grupo de Trabajo para el análisis panorámico de la Infraestructura de Investigación en Biología Estructural en Latinoamérica (denominado a seguir "el Grupo de Trabajo"). Como parte del objetivo del proyecto Horizonte 2020, han de ser identificadas algunas Infraestructuras de Investigación (RIs) LAC que puedan ser elegibles para el desarrollo de una colaboración entre dos regiones. La biología estructural está representada en este proyecto por Instruct-ERIC, una RI europea que desarrolla tecnologías y métodos punteros en biología estructural y los pone al alcance de los usuarios. La comunidad LAC está representada en el Grupo de Trabajo por [el Centro de Biología Estructural de Mercosur - Structural Biology](#) (CEBEM), un proyecto lanzado en 2008 por cinco grupos de Brasil, Argentina y Uruguay - siendo ampliado rápidamente a Paraguay y Venezuela -, todos ellos de gran renombre y reconocimiento a nivel tanto regional como internacional por su notable excelencia científica. El CEBEM es una historia de éxito que reúne 11 nodos en cuatro países y que, en la actualidad, está estudiando la posible incorporación de nuevos socios. La red promueve de manera activa la colaboración en el campo de la biología estructural y de la ciencia de la proteína en la región LAC, e igualmente entre la región LAC y la Unión Europea. El CEBEM ha conseguido recientemente una dotación financiera significativa de parte de la Iniciativa Chan Zuckerberg, con el fin de fomentar la cooperación regional LAC y como reconocimiento del papel clave que desempeña esa red en la región.

Instruct-ERIC es una RI de relieve constituida en el marco del Foro Estratégico Europeo para la Infraestructura de Investigación (ESFRI). Esta organización intergubernamental ha preparado una Hoja de Ruta para la Infraestructura de Investigación que se dedica a analizar los requerimientos y las expectativas de la comunidad de investigación con un enfoque específico en los cambios de la sociedad y en el aumento del impacto de la investigación en innovación. La comunidad de la biología estructural ha desarrollado a través de Instruct, un modelo de acceso abierto que democratiza el acceso a las tecnologías punteras y a las competencias. Otro proceso similar podría suponer una gran ayuda para la comunidad en LAC. El Grupo de Trabajo que ha sido constituido tiene precisamente esa finalidad, es decir llegar a entender mejor cuál es el panorama actual de la RI en la región LAC, además de los requisitos relativos a los equipos y a las competencias y cuáles son las expectativas actuales en términos de integración regional e internacional.

1.2 Qué significa la RI en el caso de la biología estructural.

En este caso, cuando hablamos de Infraestructura para la Investigación nos referimos a los equipos y a los servicios que responden a lo que requiere una comunidad de usuarios, proporcionando el acceso y el conocimiento. Nos referimos a menudo a los equipos compartidos cuando el tamaño de la comunidad de usuarios es variable. Puede limitarse a una única institución o bien proporcionar el acceso a científicos de todo un país, de una región y del mundo entero. La posibilidad de que en Latinoamérica se consiga el acceso generalizado a toda esta RI, constituye uno de los puntos focales del presente estudio.

No nos parece que deba haber limitaciones en términos de dimensiones o costos para este tipo de infraestructura, desde los equipos en pequeña escala (como los cromatógrafos, las técnicas espectroscópicas estándar, etc.) hasta las instalaciones en gran escala como las líneas de haz de luz sincrotrónicas y los microscopios crio electrónicos. Los equipos de escala intermedia que respondan a lo que necesitan las comunidades locales, tales como los aparatos giratorios de rayos X de base anódica para difracción experimental o los

microscopios básicos, también están contemplados en nuestra definición. Aunque en algunas ocasiones se hagan distinciones entre ellos, se han incluido en este estudio tanto los equipos que se suelen usar para "mediciones finales" como la infraestructura de apoyo que resulta esencial para la viabilidad de muchos proyectos de investigación. Estos últimos pueden incluir, por ejemplo, laboratorios para diferentes niveles de bioseguridad o bien la infraestructura necesaria para la preparación y el transporte de muestras. Además, consideramos que algunos aspectos de la infraestructura de investigación van más allá de los propios laboratorios de investigación, pudiendo incluir hasta los servicios aduaneros y la consiguiente burocracia. Por último, en nuestra amplia definición consideramos que el personal de apoyo, el conocimiento y la formación y capacitación están estrechamente correlacionados con los equipos y que, por este motivo, son parte de la Infraestructura de Investigación.

1.3 Lo relevante de la biología estructural y su importancia socio económica

En el transcurso de las últimas décadas, la importancia estratégica de la biología estructural para la sociedad y la industria se ha vuelto cada vez más patente. Sus múltiples aplicaciones en biotecnología, incluyendo el diseño de los medicamentos y de las vacunas, así como en la ingeniería de las proteínas para uso industrial, son algo muy común hoy en día. Las inversiones en la Infraestructura de Investigación requerida para hacer investigación en biología estructural en Latinoamérica, pueden ser uno de los recursos para reducir la dependencia de tecnologías y productos desarrollados en otras partes del mundo, lo cual permitiría que Latinoamérica se beneficiara del impacto económico en el mercado mundial que supondría el desarrollo local de esas tecnologías y de esos productos. Además, es posible que esos productos nunca lleguen a materializarse si se requieren únicamente para manejar problemas específicos del mundo en desarrollo tales como las enfermedades tropicales tratadas de manera negligente.

No hace falta ir muy lejos para encontrar un ejemplo patente del impacto de la biología estructural en términos socio económicos. Fueron suficientes escasos meses tras el brote de la COVID-19 en Wuhan en noviembre de 2019, para que la comunidad de la biología estructural respondiese con resultados concretos. Al cabo de apenas algunos meses, se detectó la primera estructura crio-EM de la proteína de picos, la cual aportó suficiente información acerca de la forma en que interactúa con el receptor ACE2 en las células humanas. Dado que la proteína de picos es también el principal antígeno de superficie de la SARS-CoV2, estos avances permitieron igualmente obtener información valiosa acerca de su posible interacción con algunos anticuerpos en particular. Ese hallazgo hizo posible que se consiguieran medios sumamente eficaces para manejar la ingeniería de la proteína de picos, transformándola en una vacuna de antígenos muy potente. Las estructuras de la polimerasa RNA dependiente y la proteína principal fueron detectadas en rápida sucesión en la primera mitad del 2020.

La razón por la cual fue posible extraer esta información con tanta rapidez se debe a que la infraestructura de investigación ya había sido instaurada como resultado del significativo volumen de inversión durante las décadas anteriores. NMR, instalaciones de crio-EM y haces de línea sincrotrónicos fueron puestos inmediata y exclusivamente a disposición de los investigadores que estaban trabajando con la SARS-CoV2. Ese tipo de respuesta ante una amenaza a escala planetaria nunca se había producido anteriormente en el campo de la

biología estructural. Además, es evidente que no se debió al hecho de que los científicos simplemente siguieran la tendencia de la investigación de moda, sino que percibieron de inmediato y en su integralidad, el valor de la información aportada por los biólogos estructurales. La estructura de la proteína de picos¹ ha resultado de utilidad incalculable no sólo para el desarrollo de la gran mayoría de las vacunas² existentes actualmente, sino también para poder entender el impacto de las mutaciones víricas en la eficacia de esas vacunas, amén de la amenaza potencial que suponen nuevas oleadas de infección provocadas por las variantes³ más recientes.

Los estudios cristalográficos de alto rendimiento sobre la Proteasa Principal del proyecto⁴ Moon-Shot, basado en el sincrotrón Diamond (que forma parte del centro Instruct-ERIC del Reino Unido), es otro de los ejemplos de éxito en la cooperación mundial que se ha conseguido gracias a una RI desarrollada en la forma debida. Al extender esos ligandos, o bien al interligarlos, fue posible desarrollar los compuestos para medicamentos en un lapso de tiempo extremadamente reducido, agrupando los avances conseguidos por muchos laboratorios en distintas partes del mundo. Por lo que se refiere a la microscopía crioeléctrica, la resolución de cientos de estructuras de muchas proteínas víricas, incluso la proteína de picos de prácticamente todas las variantes víricas conocidas junto con los anticuerpos múltiples, nos ayudan a entender en detalle el perfil antigénico del virus.

Se podrían dar muchos otros ejemplos, pero el mensaje fundamental sería el mismo. La biología estructural es de importancia estratégica para la investigación biotecnológica y sus aplicaciones en el campo de la medicina y de la agricultura, y sigue siendo un factor clave para la evolución futura y para la competitividad de los países que ya han alcanzado el desarrollo en esos sectores. Lo mismo puede decirse de los países **en desarrollo** puesto que podrían enfocar las prioridades de su investigación en los aspectos problemáticos más relevantes para su país y su región.

1.4 Finalidades y objetivos

El presente informe expone los resultados del estudio sistémico iniciado en enero de 2021, que se resumen en la figura 1.

¹ <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.02.032>

² <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abd0826>

³ <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh2315>

⁴ <https://dndi.org/press-releases/2021/covid-moonshot-funded-by-wellcome-to-rapidly-develop-safe-globally-accessible-affordable-antiviral-pill/>

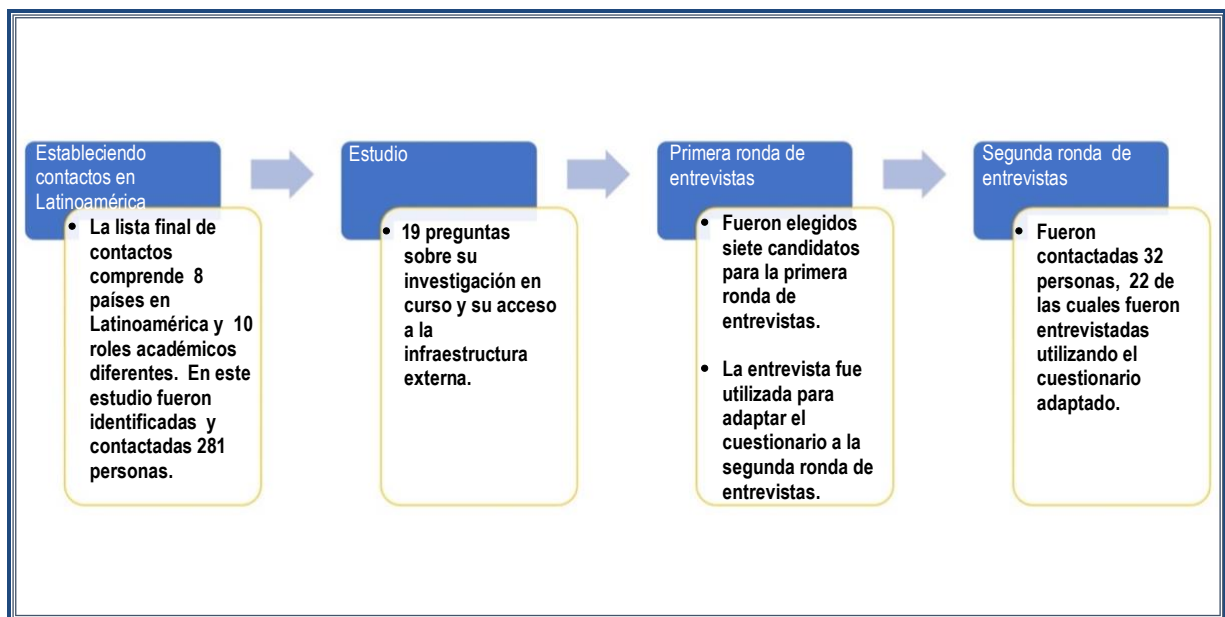


Figura 1. Esquema recapitulativo de la metodología y del proceso del informe analítico.

Se identificaron las partes con interés potencial en base al conocimiento previo de los miembros del Grupo de Trabajo, y también gracias a la investigación en línea sobre aquellos países cuyos datos obtenidos en los contactos iniciales no fueron suficientes. Posteriormente se utilizó un cuestionario en línea para identificar a candidatos representativos para la serie de entrevistas realizadas en dos etapas puesto que hubo que ajustar el formato de la entrevista en base al resultado de la información inicial obtenida en la primera etapa. El presente informe resume esos resultados e intenta consolidarlos. Después se destacan las conclusiones más importantes y se sugieren posibles acciones para el futuro. Por distintos motivos éstas podrían resultar relevantes para los propios investigadores, las universidades, las instituciones de investigación, los organismos financiadores y los gobiernos.

En este estudio se identificaron muchas de las dificultades que se encuentran al hacer investigación científica en Latinoamérica, aunque no estén directamente relacionadas con la biología estructural o con la utilización de la propia infraestructura de investigación. Las conclusiones y las recomendaciones principales recogidas en este análisis panorámico, con relación a lo que necesita la comunidad de la biología estructural en la región LAC, se resumen a continuación y luego se exponen de manera integral en la sección final del informe.

Puntos de destaque del análisis panorámico:

- **Es necesario establecer una hoja de ruta regional para desarrollar una clara visión estratégica de la biología estructural en la LAC que debería contar con un respaldo a largo plazo.**
- **La integración regional es frágil y requiere consolidación. En particular, es esencial establecer una conexión entre los líderes de la comunidad científica con los responsables de las directrices científicas.**
- **Es igualmente esencial contar con un respaldo institucional que refuerce la infraestructura en el campo de la investigación si se quiere lograr un progreso real.**
- **Las entidades de financiación deberían ser estimuladas a invertir en licitaciones relativas a los Equipos Multiusuarios con el objetivo de optimizar los recursos y fortalecer la infraestructura en el campo de la investigación, lo cual debería incluir la práctica de exigir compromisos en relación con el mantenimiento y el personal por parte de las instituciones beneficiarias.**
- **Es preciso mejorar la estrategia de formación y capacitación en lo relacionado tanto con el personal de las instalaciones como con la comunidad científica.**
- **Hace falta definir una estrategia de comunicación para informar acerca de la RI disponible y que haya una mejor información e interconexión entre los científicos de la región.**
- **Se recomienda la instalación y el mantenimiento de centros regionales.**
- **Es indispensable que tanto la colaboración como la integración a nivel internacional sean optimizadas y reforzadas.**

2. Los resultados

El presente análisis panorámico se llevó a cabo en dos fases. La primera fase se hizo mediante una encuesta enviada por correo electrónico, mientras que la segunda fue hecha en base a una serie de entrevistas personales en línea, de alrededor de una hora de duración, a cargo de uno de los científicos que integran el Grupo de Trabajo junto con otro integrante del "Hub" de Instruct. La primera ronda constó de siete entrevistas y sobre esos datos el Grupo de Trabajo introdujo pequeños cambios en el cuestionario para mejorar el proceso utilizado antes de pasar a la segunda ronda de entrevistas. El enfoque más prolongado de las entrevistas personales tuvo como propósito obtener una percepción más sutil de las tendencias identificadas en la encuesta, y, además, establecer un canal de comunicación abierto para facilitar la identificación y la elaboración de problemas que aún no hubieran sido analizados en la encuesta escrita inicial, o por lo menos no de manera exhaustiva.

2.1 La encuesta

Fueron objeto de la encuesta 281 personas, de las cuales 157 respondieron (una tasa de respuesta del 56%). El objetivo de la encuesta era hacer un repaso de los recursos en materia de biología estructural en Latinoamérica además de evaluar las necesidades en términos de

infraestructura para la investigación (servicios, equipos, tecnologías) y de formación y capacitación en el ámbito de la comunidad de biología estructural.

La encuesta obtuvo respuestas de ocho países de la región LAC (Figura 2). El reparto geográfico de los que respondieron demuestra que la mayoría están basados en Brasil y Argentina, correspondiendo al 70% de los que respondieron (43% y 27% respectivamente). Brasil y Argentina también tuvieron la representatividad más elevada en la lista inicial de contactos, lo cual, aunque refleje probablemente de manera adecuada la comunidad de investigadores, no debe hacernos perder de vista que es posible que en ello incida la propia composición del Grupo de Trabajo. Así se podría explicar en particular la excesiva representatividad de Uruguay.

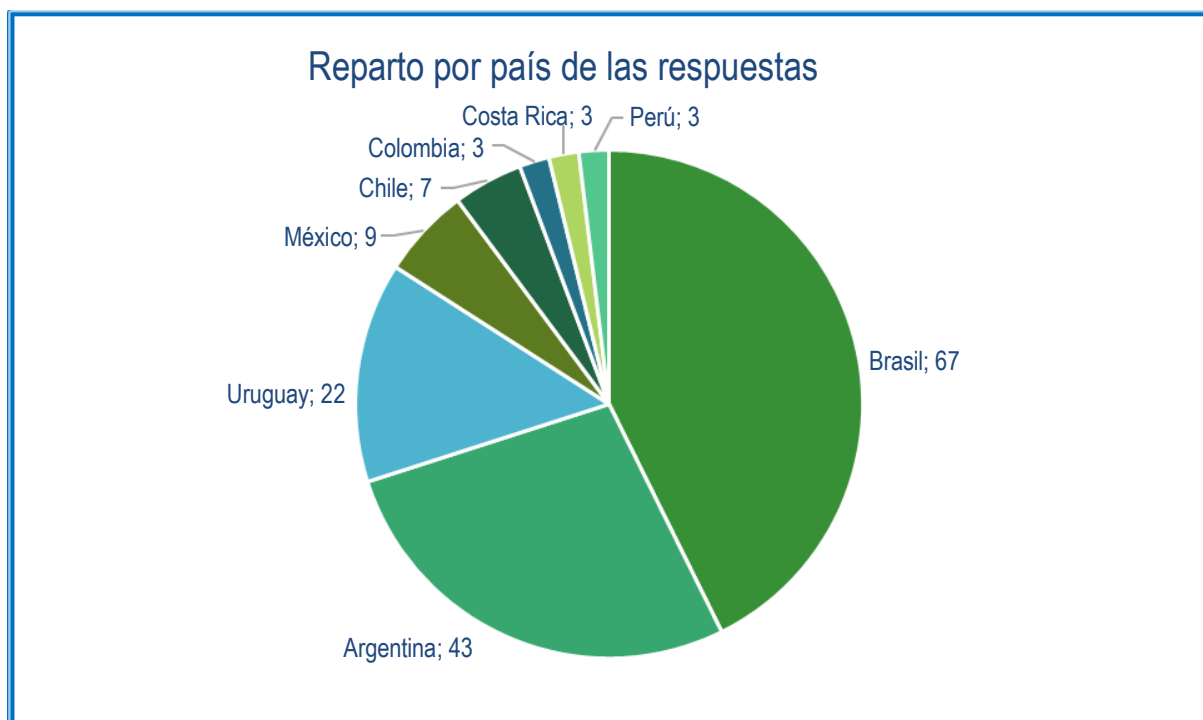


Figura 2: El reparto de los que respondieron según su país de residencia.

Los científicos que respondieron a la encuesta estaban en diferentes etapas de su carrera y presentaban recorridos distintos (de acuerdo con las categorías definidas en la encuesta). Fueron representados nueve roles, siendo el más común el de Investigador Principal (IP) con el 64% de todas las respuestas. Se detallan a continuación los roles y a qué proporción corresponden en el total de las respuestas:

- Investigador Principal – 64%
- Científico investigador – 16%
- Posdoctorado – 10%
- Científico investigador senior – 5%
- Técnico – 2%
- Investigador asistente – 1%
- Profesor – 1%
- Doctorando – 1%

- Responsable de directrices políticas (anteriormente, científico investigador senior) – 1%

2.1.1 El acceso a la infraestructura de investigación

La encuesta constató que el 90% de los que respondieron utilizan las infraestructuras de investigación ya sea dentro de su institución o bien fuera de la misma. El 92% de las organizaciones de los respondieron ponen su infraestructura de investigación a disposición de usuarios externos. La forma en que eso se hace difiere de una institución a otra y a menudo la información de que esa infraestructura existe no se da a conocer, en medida suficiente, a los posibles usuarios externos.

La utilización de la infraestructura de investigación internacional

La encuesta ha revelado que los investigadores en los diversos países tenían diferentes niveles de acceso a las instalaciones internacionales al compararlo con el de su país.

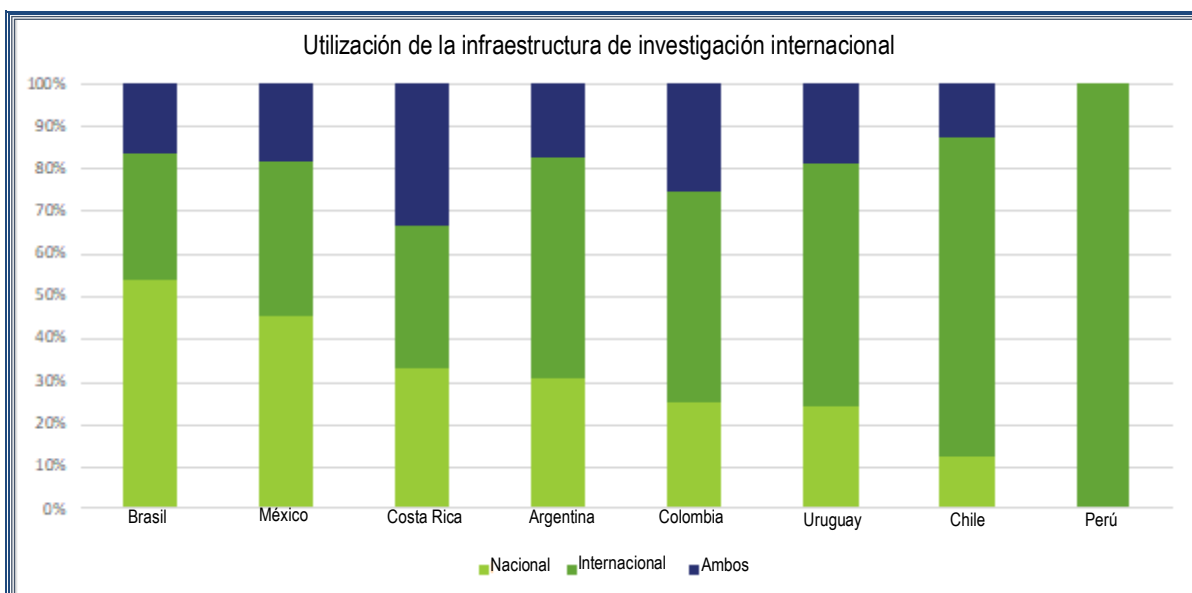


Figura 3: Reparto de la utilización de la infraestructura nacional e internacional por país. Brasil es el único país donde más del 50% de los que respondieron acceden sólo a su infraestructura nacional. Cabe notar que únicamente en Brasil, Argentina y Uruguay hubo más de 10 personas que respondieron. La muestra fue demasiado reducida en los demás países.

Tal como se indica en la Figura 3, es más probable que en Brasil los investigadores accedan a la infraestructura en su propio país, mientras que en el resto de Latinoamérica es más probable que los investigadores accedan a la infraestructura de investigación en otros países, ya sea en Latinoamérica o en otros continentes. Esto puede resultar lógico para Brasil, ya que el país invierte bastante más en investigación y desarrollo a nivel interno (en cuanto a porcentaje del PIB) que cualquier otro país latinoamericano (Figura 4). Cabe destacar que en todos los países latinoamericanos, incluyendo a Brasil, las inversiones son relativamente más reducidas que en los países desarrollados donde, en la mayoría de los casos, las inversiones en I+D llegan casi al 2%.



Figura 4: El desembolso en Latinoamérica y el Caribe por concepto de la investigación y el desarrollo, como porcentaje del PIB, según los últimos datos del 2019. Después de Brasil, donde se invierte bastante más en I+D que en los demás países de la región LAC, vienen Uruguay y Argentina.

(<https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=ZJ>, acceso a datos en julio de 2022)

La ubicación de la infraestructura de investigación internacional a la que es posible acceder

El reparto de los que afirman que pueden acceder a la infraestructura a nivel internacional se detalla en la Figura 5.

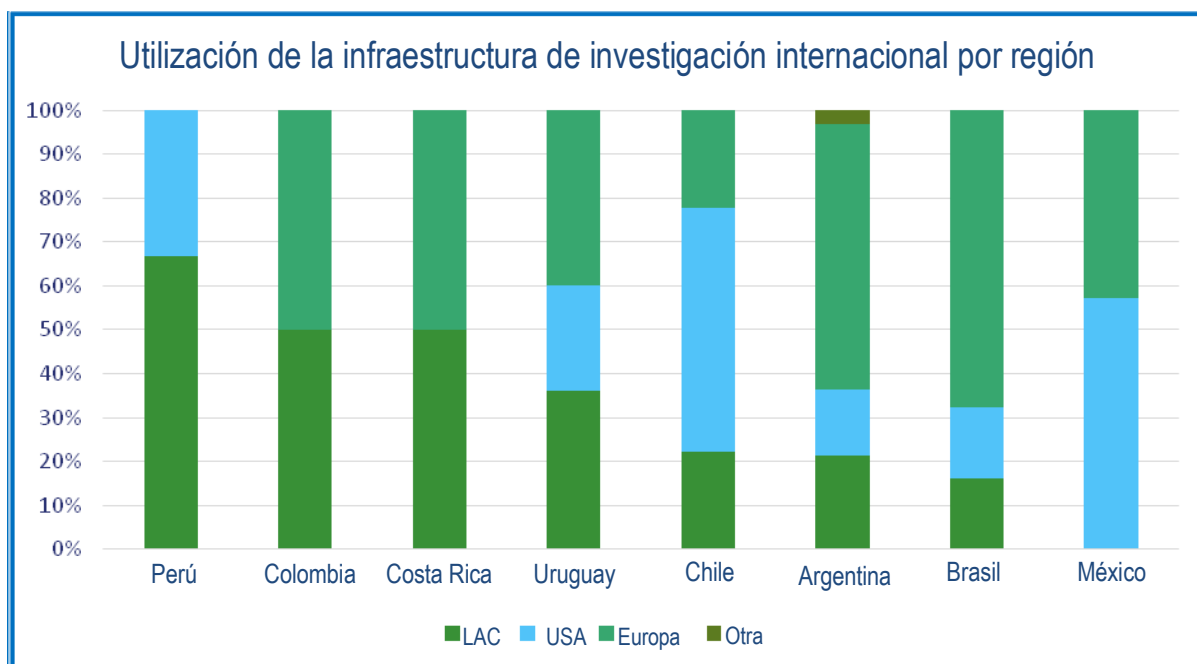


Figura 5: El reparto de la utilización de la infraestructura de investigación latinoamericana, estadounidense, europea u otra por país. Es más probable que los investigadores de Brasil y Argentina tengan acceso a la infraestructura de investigación europea. Cabe notar que únicamente en Brasil, Argentina y Uruguay hubo más de 10 personas que respondieron. La muestra fue demasiado reducida en los demás países.

Tal como se indica en el gráfico, los países con la proporción más elevada de investigadores con acceso a la UE son Argentina y Brasil pese a las diferencias en sus economías. Es posible que ello se deba a que Argentina y Brasil tienen, desde hace mucho tiempo, una interrelación muy arraigada con la infraestructura y las instalaciones para la investigación de Europa. Este dato podría ser un indicador de que los esfuerzos estratégicos en RI de la Unión Europea, enfocados hacia una mejor coordinación de las hojas de ruta y del trabajo conjunto con relación a la expansión de la infraestructura, hayan impulsado un avance más rápido en esos países.

Es más probable que los investigadores en Perú, Colombia y Costa Rica utilicen la infraestructura para la investigación disponible en Latinoamérica si se les compara con los de otros países de la región LAC. Los investigadores en México y Chile dan preferencia a la infraestructura disponible en los EE UU.

La utilización de la infraestructura de investigación externa

Una de las preguntas hechas a los encuestados se refería a qué servicios de biología estructural tenían acceso en las infraestructuras de investigación externas. Las respuestas de los encuestados fueron diversas en cuanto a los servicios de biología estructural a que tenían acceso, tal como se detalla en la figura 6.

Desglose de los servicios externos de RI

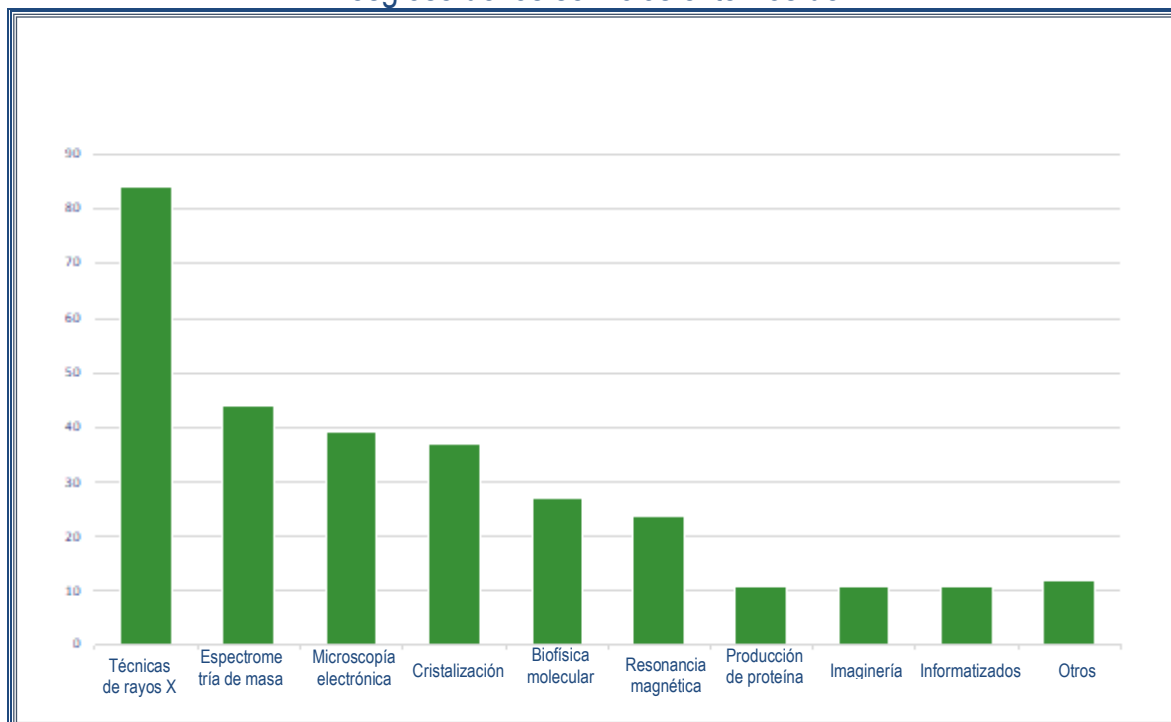


Figura 6: Desglose de los servicios de biología estructural utilizados por los investigadores latinoamericanos que acceden a infraestructuras de investigación externas.

Los servicios más utilizados son las técnicas de rayos X, la espectrometría de masa, la microscopía electrónica y las técnicas de cristalización. El reparto de los servicios utilizados es relativamente equilibrado; sin embargo, las técnicas de rayos X son evidentemente las de mayor utilización (por el 55% de los que respondieron). La incorporación de estas técnicas en el programa de biología estructural de la región LAC ha estado en fase evolutiva desde hace varios años en dicha región. Los datos de la encuesta demuestran que esta proporción ha sido, por lo menos, parcialmente exitosa y que, además, las estrategias utilizadas para conseguirlo podrían ser aplicadas a otras técnicas.

Otro elemento notable a destacar en la figura 6 es la "producción de proteína" por ser un requisito previo importante para ese servicio; se requieren muestras de proteína de gran calidad para poder optimizar el uso de los demás servicios. Apenas el 7% de los que respondieron tiene acceso a ese servicio. Esto puede ser atribuido al hecho de que los investigadores de la región LAC aún no utilizan de manera extensiva las RIs más punteras, o sea que todavía no se han enfrentado a los múltiples problemas de muestreo que señalan constantemente cualquiera de las instalaciones con más experiencia en las distintas partes del mundo. Aunque de momento no se pueda excluir que la producción de proteína se realiza simplemente en el laboratorio del propio investigador encuestado (en vez de recurrir a una infraestructura externa para producirla), en algunos casos se ha constatado que los investigadores tienen acceso a equipos punteros con muestras de escasa calidad y, por lo tanto, "desperdician" la tecnología debido a muestras que no van a dar resultados útiles. Es probable que sea un indicador de "alerta temprana" el hecho de que la promoción de la utilización de instrumentación e instalaciones avanzadas en los países de la región LAC, tenga que depender del desarrollo paralelo de plantas donde se produzcan muestras adecuadas

(además de los equipos de barrido que hagan falta), y que todo ello sea organizado en forma de "hubs" o centros regionales.

Otra de las preguntas hechas a los investigadores que respondieron se refería a las barreras más comunes que les impedían acceder a los servicios de biología estructural en infraestructuras de investigación externas. El correspondiente reparto de las respuestas se desglosa en la figura 7.

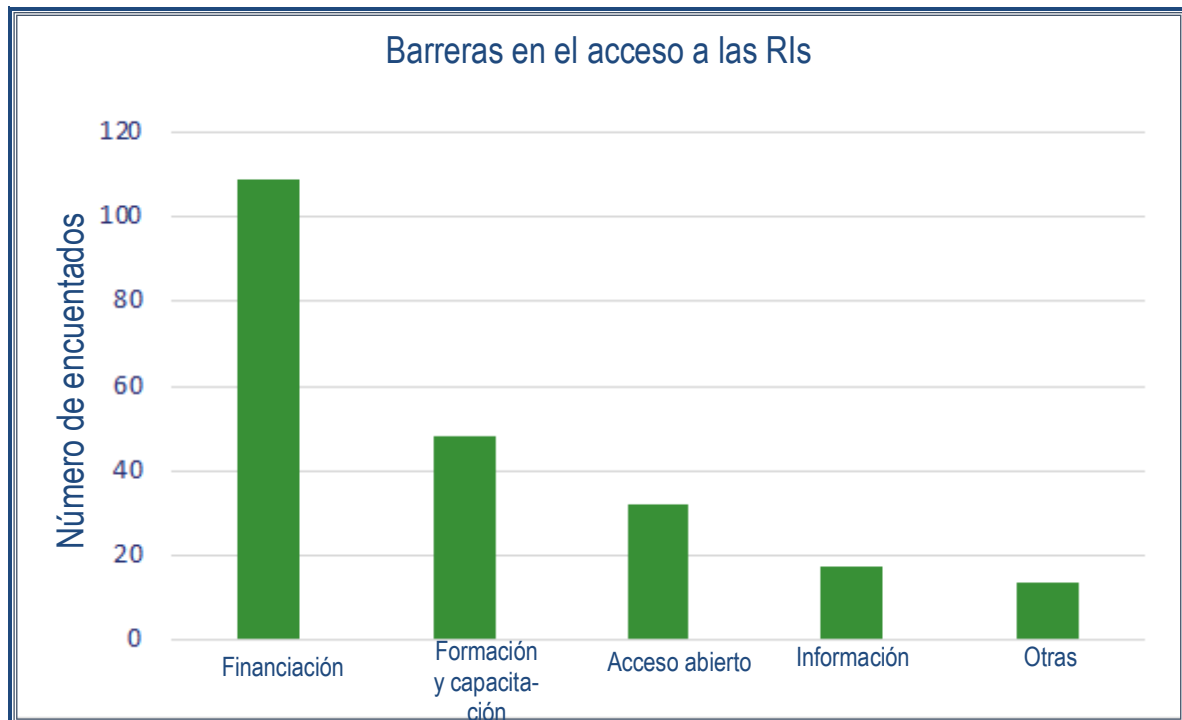


Figura 7: Las principales barreras que encuentran los investigadores en Latinoamérica en el acceso a las infraestructuras externas.

La financiación fue la respuesta más frecuente (el 77%), seguida por la formación y la capacitación que necesitan los investigadores encuestados para poder utilizar realmente los equipos de infraestructuras externas.

Las limitaciones en el acceso a los servicios de biología estructural.

A los investigadores encuestados se les preguntó cuáles son los servicios de biología estructural cuyo acceso es insuficiente. Una gran mayoría (el 77%) afirmó tajantemente que carecen de infraestructura para sus investigaciones.

La microscopía electrónica, a pesar de que es utilizada por apenas el 25% de los que respondieron, fue el servicio más citado, y es el más convendría para mejorar las investigaciones (figura 8), lo cual apunta a que hay, en la actualidad, un retraso significativo en cuanto a disponibilidad en el campo de la microscopía electrónica en Latinoamérica. Esto se explica, al menos en parte, por el hecho de que esta tecnología ha evolucionado muy rápidamente en la última década.

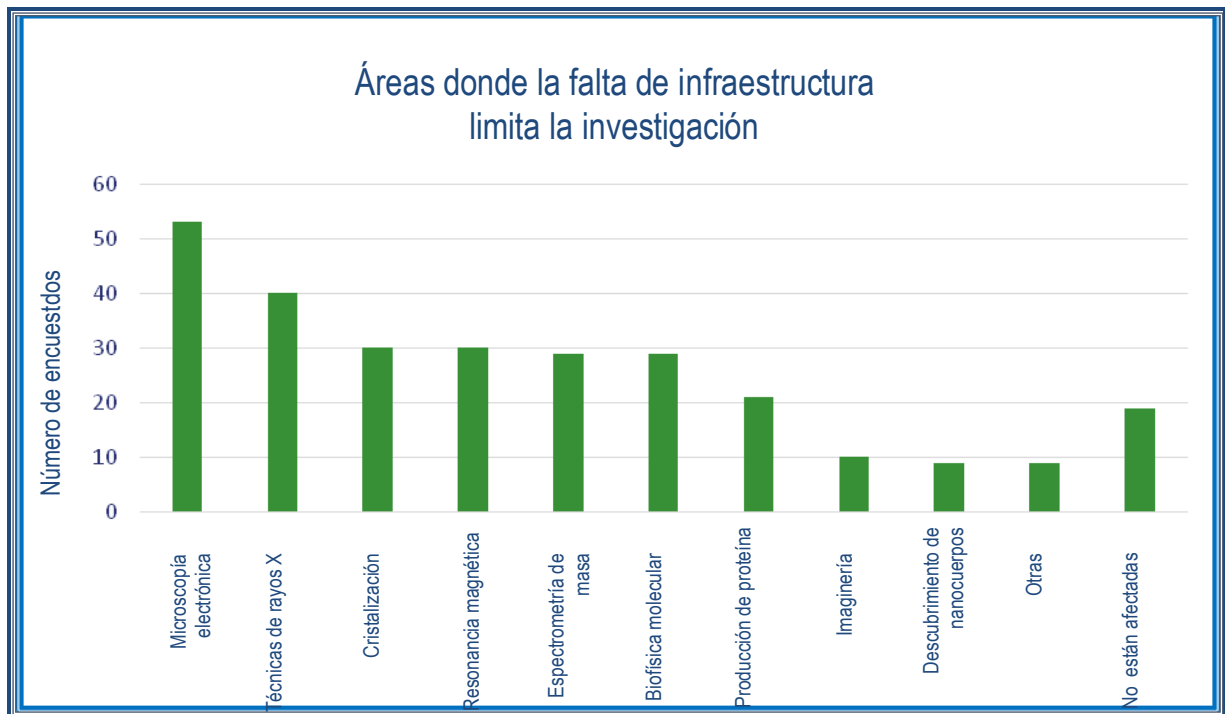


Figura 8: Reparto de los servicios de biología estructural a los que los investigadores encuestados perciben en especial que no tienen acceso, con repercusión negativa sobre su investigación.

Una mejor capacidad de RI de un determinado servicio requeriría mejorar el acceso a esos servicios, quizás aumentando el número de las RIs que ofrecen acceso a un determinado tipo de tecnología. Asimismo, una mejor formación y capacitación y una mayor pericia en un servicio mejorará su accesibilidad e igualmente el impacto científico potencial.

La formación y capacitación que requieren los servicios de biología estructural

La forma de proporcionar un apoyo eficaz a los usuarios en una instalación es compleja y abarca muchas actividades conexas. No es sorprendente, por lo tanto, que el elevado porcentaje de los investigadores que respondieron (el 86%) hayan indicado que requieren formación y capacitación especializadas para entender la mejor forma de utilizar la instalación en cuestión (figura 9). La crío microelectrónica fue, nuevamente, la técnica más citada, con un 41% de los encuestados que apuntan a una formación y capacitación más especializadas en esa área. Al acoplar esta información con la de la figura 8, se deduce que los investigadores tienen gran interés en pasar al área de la crío microscopía electrónica, aunque manifiesten que se ven afectados por la falta de acceso y de pericia en relación con esa técnica.

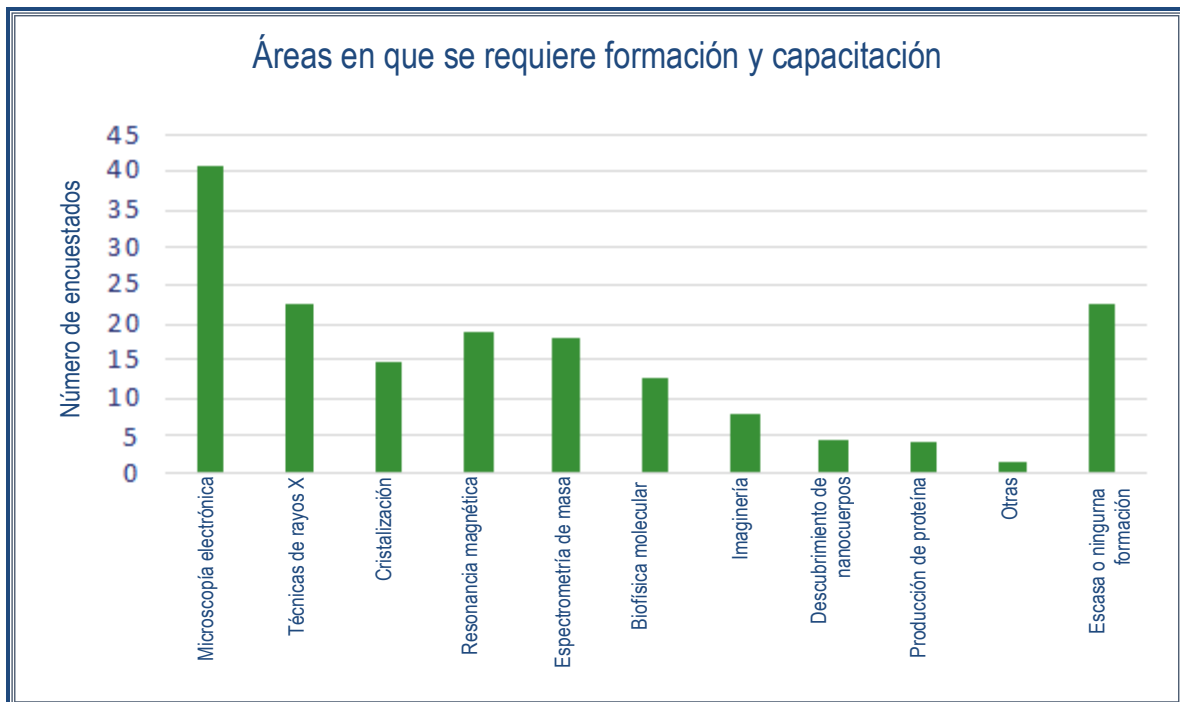


Figura 9: Desglose de los servicios de biología estructural en que los investigadores encuestados perciben que requerirían formación y capacitación especializadas para poder utilizarlos o tener acceso a los mismos.

2.1.2 La accesibilidad a la infraestructura de investigación

La gran mayoría (el 92%) de los investigadores que respondieron y que están a cargo de una instalación, especificó que efectivamente su instalación ofrece el acceso a los investigadores externos bien sea a nivel institucional, nacional o internacional. Sin embargo, la manera en que lo hace varía mucho de un país a otro, un aspecto que será analizado detalladamente en las subsiguientes secciones.

El reparto del nivel de acceso permitido se detalla en la figura 10.



Figura 10: El nivel de acceso que las instalaciones de los investigadores encuestados ofrecen a los usuarios.

Al identificar el nivel de acceso más elevado puesto a disposición de los usuarios externos, la respuesta más frecuente indicó que los usuarios internacionales (el 50%) tenían acceso al laboratorio, aunque le seguía por poco otra respuesta donde se especificaba que sólo ofrecen el acceso a los usuarios nacionales (el 43%). Apenas el 3% de los que respondieron indicaron que ofrecen el acceso exclusivamente a los usuarios de su propia institución.

Al analizar el reparto nacional (figura 11), Argentina y México presentan una proporción mucho mayor de instalaciones que son accesibles a los investigadores dentro del mismo país. La estructura centralizada de gobierno en Argentina (comparada con la federal), permite probablemente una coordinación más eficiente con el sistema nacional de investigación.

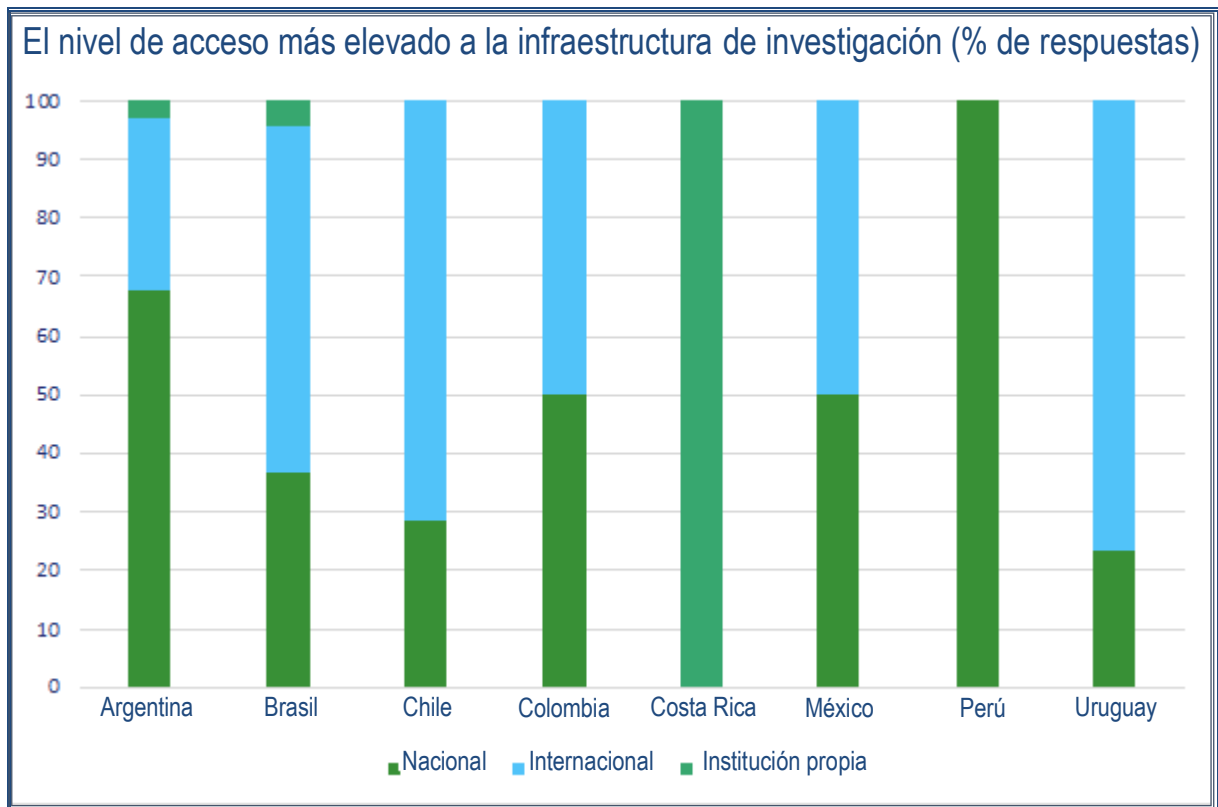


Figura 11: Reparto nacional de la disponibilidad de la infraestructura de investigación por nivel de acceso. Cabe destacar que Brasil, Argentina y Uruguay son los únicos países con más de 10 respuestas. Todos los demás presentaron una muestra relativamente demasiado reducida.

Brasil, Uruguay y otros países (con muestras de tamaño menor) presentan una diferencia relativamente equilibrada entre el acceso nacional e internacional, con una ligera ventaja hacia los usuarios internacionales. Argentina tiene claramente más usuarios nacionales que internacionales.

El método de referencia externo para la infraestructura de investigación

Para entender de qué manera se promueve y se comunica el acceso a la infraestructura de investigación a la comunidad investigativa en Latinoamérica, a los investigadores que respondieron se les preguntó cómo habían recibido la información sobre la infraestructura utilizada (figura 12).

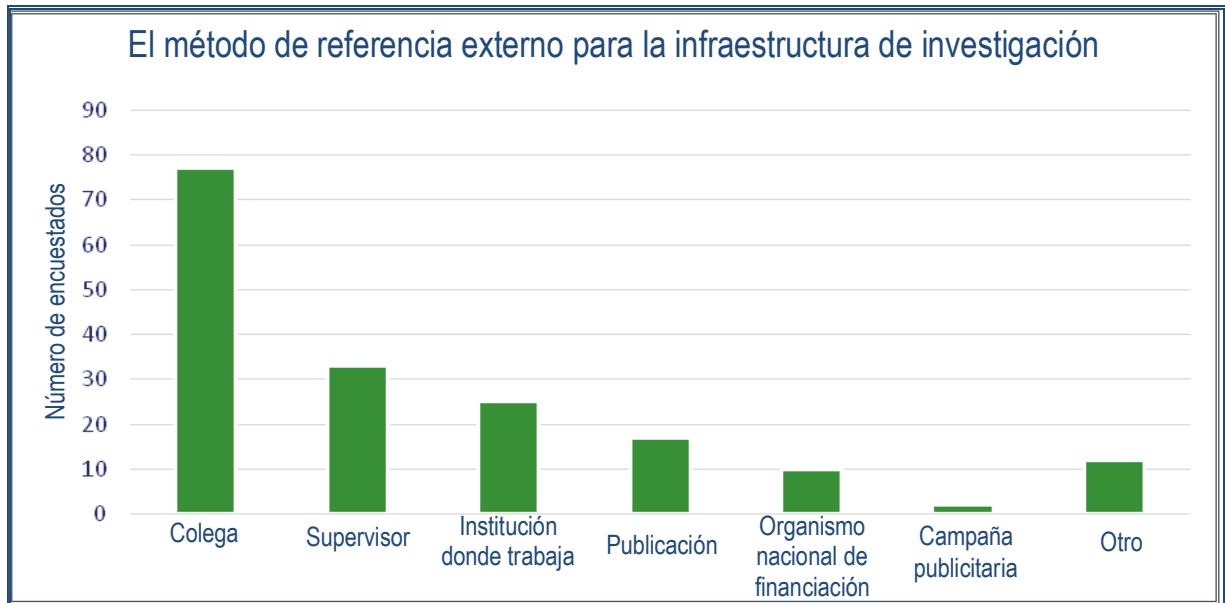


Figura 12: Reparto de los métodos de referencia mediante los cuales los investigadores tuvieron conocimiento de las infraestructuras de investigación a las que pudieron acceder. El boca a boca (colega, supervisor) fue el método que se indicó con mayor frecuencia.

El 57% de los que respondieron tuvieron información acerca de las infraestructuras de investigación externas directamente por medio de un colega o de un supervisor. Fueron relativamente pocos los que se enteraron a través de su institución o de canales de comunicación externos. Se desprende la necesidad de un enfoque que promueva la infraestructura de investigación dentro de toda la institución. El boca a boca (y por interés o contactos personales) es tan importante que podría explicar el motivo por el cual los investigadores en algunos países tiendan, por ejemplo, a favorecer el uso de la infraestructura de investigación en Europa respecto de EE UU. En cierta medida, esto podría ser simplemente una cuestión de vínculos históricos aportados por el fundador del grupo.

2.1.3 Las conclusiones de la encuesta

La encuesta ha demostrado que aunque un número significativo de científicos en la región LAC estén recurriendo a las infraestructuras de investigación, además de que muchas instalaciones ofrecen acceso externo a sus servicios, la mayoría de los científicos son afectados por la falta de acceso a determinadas infraestructuras y técnicas. Con el propósito de percibir mejor las principales limitaciones del acceso a las infraestructuras de investigación (falta de infraestructura, escasez de fondos para el acceso, falta de formación y capacitación, falta de sensibilidad acerca de la infraestructura disponible, etc.) y las limitaciones en la accesibilidad (escasez de recursos, de personal, de mantenimiento, etc.) se decidió organizar entrevistas a un subgrupo de los participantes del estudio que representan a toda la comunidad de la biología estructural en la región LAC.

2.2 La fase de la entrevista

La fase de la entrevista para el presente análisis se llevó a cabo en dos etapas. La primera ronda de entrevistas, que incluyó solamente a un pequeño grupo de científicos, fue diseñada

para lograr entender qué tipo de información se podía recabar de una entrevista cara a cara. Para ello hizo falta crear un cuestionario basado en los resultados del estudio con el objetivo de que se consiguiera reunir más información durante la entrevista. Después de este estudio piloto, el cuestionario fue editado ligeramente, afinándolo y reduciendo el número de preguntas para que resultaran más relevantes respecto de lo que los entrevistados podían responder. El nuevo cuestionario fue utilizado en la segunda ronda de entrevistas.

En sus respuestas los entrevistados expusieron su investigación, su acceso a la infraestructura externa y sobre la manera en que gestionan el acceso a su propia infraestructura. Los siguientes resultados recogen los elementos clave de las entrevistas de la primera y de la segunda ronda.

Fueron entrevistadas en total 29 personas. El desglose de los entrevistados se hizo en base al género y a la ubicación geográfica tal como se presenta en la figura 13. La mayoría de los entrevistados eran de Argentina y Brasil. Los otros países eran México, Chile, Uruguay y Perú representados en orden proporcional.

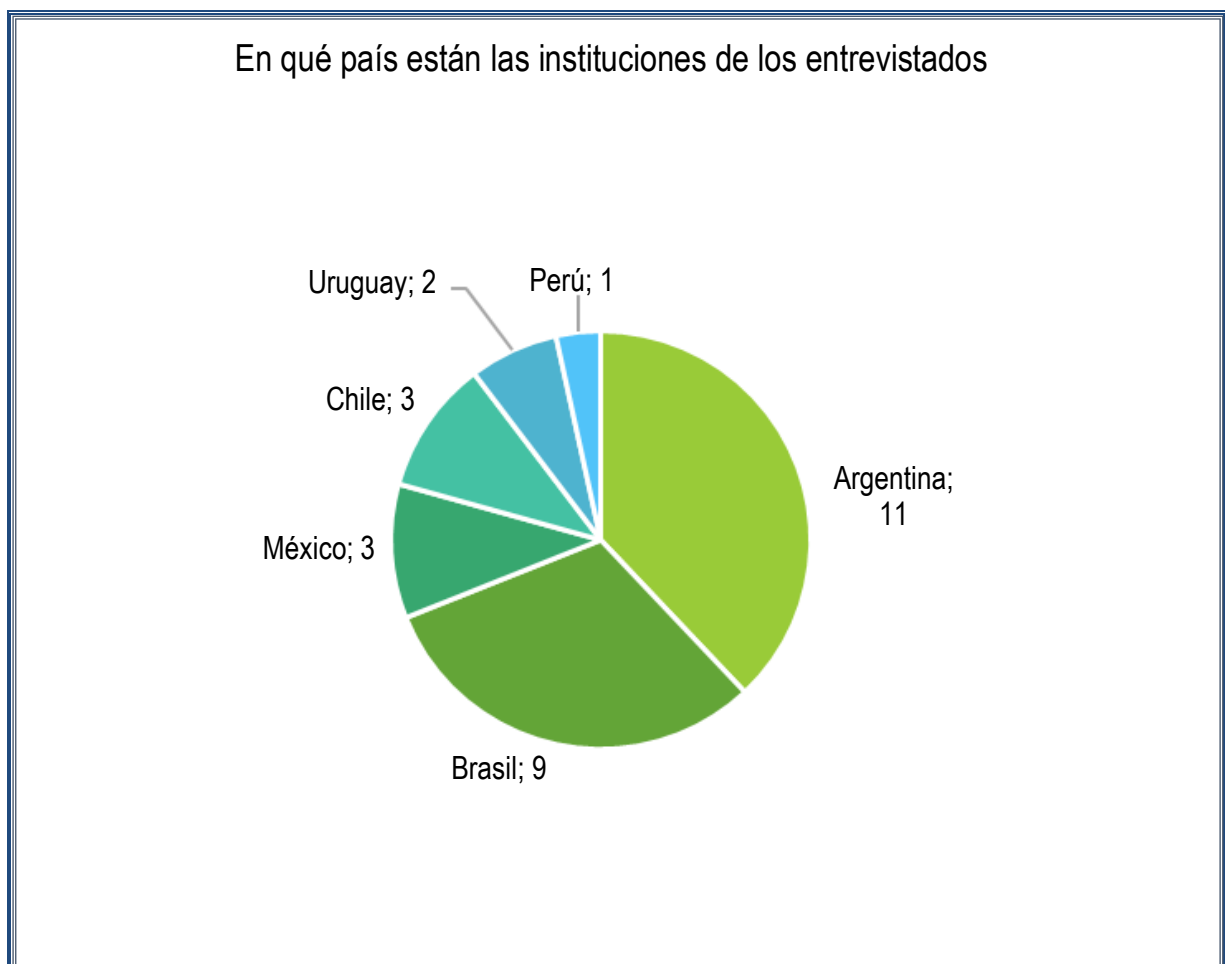


Figura 13: El reparto por país de los investigadores entrevistados en la segunda ronda de entrevistas.

El desglose por género de los entrevistados fue de 18 hombres y 11 mujeres.

Las entrevistas pusieron de relieve una serie de problemas comunes, relacionados con el acceso y la disponibilidad de las infraestructuras para la investigación e igualmente con la investigación en general, que son compartidos con los biólogos estructurales en la región LAC, y cuyo resumen se recoge en este informe.

2.2.1 Los problemas principales o los impedimentos que limitan a los investigadores

Las respuestas comunes de los entrevistados con relación a los impedimentos y las barreras que les limitan en su investigación, son desglosadas en la siguiente tabla (tabla 1).

Problema o impedimento	Número de respuestas (de un total de 29)
Financiación	23
Burocracia	13
Dimensión de la comunidad / llegada de nuevos estudiantes	9
Acceso a la infraestructura externa	9
Falta de formación y capacitación	7
Problemas de mantenimiento	5
El tiempo que se requiere para obtener equipos/reactivos básicos	6
Distancia de otras infraestructuras/mantenimiento	4
Acceso a las instalaciones de nivel 3	4

Tabla 1: Frecuencia de las respuestas comunes a las preguntas relacionadas con los problemas o los impedimentos que limitan la investigación en Latinoamérica. Cada número es relativo a un total de 29.

A continuación, se analizará en mayor detalle cada uno de esos impedimentos:

1. La financiación

De los 29 entrevistados 23 mencionaron explícitamente la falta de financiación como una barrera para su investigación. Todos los entrevistados se refirieron al estado o al órgano científico nacional de financiación al explicar que los recursos financieros eran un problema para su investigación. La financiación fue considerada un problema de dos maneras.

- a. La más común es la simple falta de dinero para desarrollar la actividad investigativa, para pagar al personal, mantener el equipamiento y acceder a la infraestructura externa. Muchos de los entrevistados señalaron que la financiación está empezando a aumentar, o bien que han sido informados de que hay incrementos en la planificación financiera prevista para el futuro. Además, muchos entrevistados dijeron que podían obtener financiación para su proyecto únicamente si se enmarcaba en un campo científico de interés y de tendencia actual (por ejemplo, el COVID-19).
- b. Tres de los entrevistados, todos de Argentina, explicaron que a pesar de que la financiación podía ser suficiente en el momento de ser otorgada, la

fluctuación significativa del valor de la divisa durante el período de la beca le restaba fiabilidad y a menudo los investigadores debían gastar ese dinero cuanto antes para aprovechar su entero valor.

2. **La burocracia**

Los 13 investigadores, que procedían de distintos países latinoamericanos, se refirieron a la burocracia como a una limitación. Los requisitos y los trámites administrativos para obtener la financiación, los equipos u otros recursos vitales, supusieron un grave detrimento en términos de tiempo y de dinero para los investigadores. Los problemas burocráticos afectan a los investigadores en casi todos los países de Latinoamérica, aunque afectan en medida aún mayor a los que están en Brasil.

La proporción de los investigadores establecidos en Brasil que citaron la burocracia como una barrera, es indiscutiblemente mayor que la proporción de los entrevistados (el 46% de los que citaron la burocracia como una limitación están establecidos en Brasil; apenas el 31% de los entrevistados están establecidos en Brasil). Uno de los entrevistados hizo hincapié específicamente en los problemas relativos a la exención de impuestos aplicada en Brasil para el transporte de material o muestras biológicas, lo cual conlleva una carga significativa de trámites administrativos aduaneros que confirmen que los materiales son conformes, provocando importantes atrasos en el envío y en la recepción de esos materiales.

3. **La pérdida de jóvenes investigadores en la comunidad de la biología estructural**

Hay cada vez más dificultades en ofrecer oportunidades atractivas a los estudiantes (una situación que por lo visto es común en otras áreas del sector académico), y que, según parece, es causa de que los jóvenes se vayan a otros sectores laborales a pesar de la necesidad estratégica de captar talentos en el ámbito de la biología estructural. Además, nueve de los investigadores entrevistados mencionaron específicamente que la biología estructural no está recibiendo la debida atención en términos financieros por parte de sus gobiernos y que esto podría estar relacionado con el hecho de que la dimensión de la comunidad científica de investigadores no es suficiente.

4. **La falta de acceso a la infraestructura externa**

Nueve de los entrevistados dijeron que la falta de acceso fácil a la infraestructura externa constituía un obstáculo en su investigación.

5. **Los problemas de mantenimiento**

El mantenimiento de su propio equipo y maquinaria fue citado por cinco de los entrevistados como obstáculo para su investigación. Eso también fue mencionado posteriormente en el cuestionario puesto que otra de las preguntas a los entrevistados se refería específicamente al modo en que su institución financia el mantenimiento de los equipos.

6. **La formación y capacitación**

La formación y capacitación fueron señaladas como un gran problema por siete entrevistados. Se refirieron a la formación para los científicos y también a la capacitación para el personal técnico que suele ser bastante escasa. Una sugerencia

repetida reiteradas veces señala que se hacen demasiados esfuerzos con relación a la adquisición de equipos o maquinarias, pero no en medida suficiente en cuanto a la contratación, la formación y capacitación de quienes deben aprender efectivamente a utilizarlos.

7. La adquisición de materiales básicos

Seis de los entrevistados dijeron que requiere demasiado tiempo o que es demasiado caro adquirir reactivos o equipos básicos de investigación. Esto se debe a problemas burocráticos o a la simple distancia. Muchos han dicho que el pedido de los reactivos puede tardar meses y que esto causa problemas en la planificación de los proyectos. Además, uno de los entrevistados mencionó que algunas empresas no les venden en forma directa por problemas de distancia o de aduana, y que el pedido tiene que pasar por un representante. Esto también ocasiona importantes atrasos, además de precios más elevados en un promedio del 70%.

8. La distancia de otras instalaciones

Los entrevistados de institutos que están geográficamente alejados de los otros, señalaron dificultades en el acceso a la infraestructura externa (4 de un total de 29), y con el mantenimiento del equipo. Además, debido al tiempo que se gasta con los viajes, los ingenieros de las empresas de maquinaria no se desplazan a las instalaciones, e insisten más bien en enviar instrucciones a distancia prestando, por lo tanto, servicios de calidad inferior.

9. El acceso a las instalaciones de nivel 3 (o superior)

La necesidad de tener acceso a las instalaciones de bioseguridad de nivel 3 se ha hecho más patente tras la pandemia de la COVID-19; cuatro de los entrevistados dijeron de que no disponen de suficientes instalaciones de ese tipo.

2.2.2 El apoyo de las organizaciones a sus investigadores

A la pregunta sobre la ayuda recibida de su organización en relación con esos obstáculos, la respuesta más frecuente de los entrevistados era que no recibía ningún respaldo de su propia institución, salvo algunas excepciones. Quedó claro que hay diferentes áreas en que hace falta mucho más respaldo. Así lo afirmaron los 20 entrevistados tal como se expone en el desglose a seguir.

Los entrevistados especificaron que "Hace falta más respaldo" en las áreas de:

1. la investigación,
2. el mantenimiento de los equipos,
3. la burocracia/la administración,
4. el acceso a la infraestructura externa.

1. La investigación

Diez de los entrevistados afirmaron que su institución no les ofrece financiación para realizar su investigación o bien que es insuficiente. Esos entrevistados explicaron que dependen de las entidades de financiación externas para obtener ayuda financiera para su investigación. Algunos percibían un salario pagado por su

institución, de modo que recibían apoyo en ese sentido, pero nada más en términos de equipos ni de estudiantes.

2. El mantenimiento de los equipos

Ocho de los entrevistados dijeron que no recibían apoyo, o muy poco, de su institución para mantener los equipos o la tecnología de su instalación. Asimismo, muchos entrevistados especificaron que los equipos de su institución no funcionaban, y que su institución no podría o no estaría dispuesta a proveer los fondos necesarios para que un ingeniero los arreglara. La institución tampoco estaba dispuesta a contratar a un técnico que se encargara del buen funcionamiento de los equipos instalados.

3. La burocracia/La administración

Dos de los entrevistados afirmaron que su institución no les apoyaba con la carga de trabajo significativa que suponen los trámites administrativos para obtener financiación externa. En este caso concreto, los entrevistados explicaron que ellos mismos habían recibido un curso de administración universitaria para entender mejor esos trámites.

4. El acceso a la infraestructura externa

Uno de los entrevistados dijo que en términos generales recibía apoyo de su institución, aunque no los fondos que se requieren para desplazarse a infraestructuras externas avanzadas.

Sin embargo, la fracción muy significativa de los entrevistados que consideran que reciben apoyo, revela, en ese sentido, la heterogeneidad de ese grupo de entrevistados. Cabe notar asimismo que un mismo entrevistado podría haber dicho que su instituto no le apoya en un determinado aspecto, pero que le respalda en otro.

Los entrevistados que indicaron "Apoya" en las siguientes áreas:

1. la investigación,
2. el mantenimiento de los equipos,
3. la burocracia / la administración,
4. el acceso a la infraestructura externa.

1. La investigación

Cinco de los entrevistados dijeron que su institución ofrece el apoyo necesario para llevar a cabo la investigación, bien sea mediante becas o préstamos para la investigación, la compra de equipos o la disponibilidad de espacio para laboratorios.

2. El mantenimiento de los equipos

Siete de los entrevistados afirmaron que su institución apoyaba con el mantenimiento de los equipos o la tecnología cuando no funcionaban, o bien contrataba a un técnico para garantizar que la maquinaria funcionara correctamente. Los dos entrevistados asentados en Chile dijeron que su instituto

proporcionaba, cuando era necesario, el apoyo para el mantenimiento, mientras que un único entrevistado de otro país señaló que su instituto costaba las reparaciones para mantenimiento.

3. La burocracia / la administración

Cuatro de los entrevistados especificaron que su institución se encargaba de la administración y los trámites burocráticos que se requieren para conseguir equipos o financiación externa.

4. El acceso a la infraestructura externa

Ninguno de los entrevistados indicó que su institución proporcionaba apoyo para tener acceso a la infraestructura externa.

2.2.3 La financiación para sufragar el acceso a la RI externa, a los viajes y/o a los costos de envío

Una de las preguntas a los entrevistados era si recibían financiación para poder tener acceso a infraestructuras de investigación externas, y si dicha financiación también cubría sus gastos con los viajes o bien los costos de envío a destinos lejanos. Los 29 entrevistados respondieron a esta pregunta; sus respuestas más frecuentes se desglosan a continuación:

1. La financiación de los viajes

Seis de los entrevistados dijeron que podrían obtener fondos adicionales para cubrir viajes o costos de envío de parte de su institución u organismo de financiación. Sin embargo, casi la mitad de los entrevistados (14 de 29) dijeron que no podían obtener financiación para viajar a infraestructuras externas. Aunque en algunos casos podían recibir la financiación para tener acceso y utilizar los equipos, los gastos con los viajes no estaban incluidos y tenían que recurrir al dinero de su propia beca de investigación para costearlos.

Uno de los entrevistados incluso especificó que debía utilizar sus fondos personales para cubrir los gastos de viaje. Uno de los entrevistados dijo que la infraestructura a la que tenía acceso podría costear el alojamiento, pero que no lograba obtener fondos para cubrir los gastos de viaje o el propio acceso. Cuatro de los entrevistados dijeron que no lograban obtener fondos para costear los envíos.

2. La financiación para el acceso

Nueve de los entrevistados dijeron que su institución u organismo de financiación nacional financiaba los costos de acceso; en embargo, seis especificaron que no era así en su caso y que necesitarían cubrir esos costos con su propia beca de investigación. Otros siete de los entrevistados dijeron que eso no era necesario ya que la plataforma que utilizaban no les cobraba, o bien que el costo era tan insignificante que no hacían falta fondos adicionales y que no supondría problema alguno cubrirlo con sus propias becas.

3. La financiación disponible para el acceso local

Dos de los entrevistados afirmaron que su organismo de financiación cubría los gastos de viaje y de acceso, pero exclusivamente para las visitas locales o nacionales, y no para el acceso transnacional.

2.2.4 La información relativa a la disponibilidad de acceso para los usuarios

Las preguntas de la tercera y última sección del cuestionario se referían a la hipotética disponibilidad de acceso previsible para los investigadores. De los 29 entrevistados, 21 proporcionaban el acceso a su equipo o instalación a los usuarios externos. La mayoría permitía el acceso a todos los usuarios, independientemente de que fueran internos de la institución o bien usuarios externos. Siete de los entrevistados también mencionaron que proporcionaban el acceso a los usuarios industriales.

Otra de las preguntas hechas a los entrevistados se refería a su servicio, a quién era ofrecido, de qué manera se manejaba el acceso y cómo se gestionaba la financiación de su servicio. Respondieron los 21 entrevistados cuya instalación ofrecía ese acceso.

La disponibilidad del acceso

Los entrevistados informaron acerca del nivel de acceso a su instalación: si estaba o no a disposición de usuarios externos, y, de ser el caso, qué usuarios del sector podían solicitar y utilizar la maquinaria.

1. Abierto a todos los usuarios

La respuesta más frecuente (21 de 29) fue que el acceso a los servicios estaba disponible a todos los usuarios, independientemente de que fueran internos de la instalación, de la institución o de que fueran usuarios externos.

2. La instalación no era accesible

Ocho de los entrevistados especificaron que su instalación no permitía el acceso a usuarios.

3. Abierto a la industria

Siete de los entrevistados dijeron que su instalación estaba abierta a los usuarios industriales o comerciales además de los usuarios académicos.

La gestión del acceso

El proceso de gestión del acceso a las infraestructuras y a las instalaciones de biología estructural varía mucho en Latinoamérica dependiendo de la institución o del país.

1. Anunciado tan sólo en el sitio web de la instalación

Aunque la mayoría de los equipos e instalaciones están supuestamente abiertos a los usuarios externos, por lo visto la disponibilidad de dichos servicios no siempre se divulga ampliamente entre los usuarios externos, ni la tecnología aparece sistemáticamente en catálogos de servicios externos. Diez de los entrevistados dijeron que sus servicios son anunciados en el sitio web o en el portal de su instalación o de su institución, y que son gestionados por la propia institución sin aparecer en ningún catálogo de servicios externos. En ese caso, eso no significa que los usuarios puedan solicitar el servicio (o los servicios) directamente desde el sitio web, apenas que en él se hace la promoción de los servicios.

2. El acceso directo por correo electrónico

Diez de los entrevistados dijeron que manejaban el acceso a su instalación por contacto directo con el usuario mediante el correo electrónico. Su dirección

electrónica o su contacto detallado aparece en el sitio web o en el portal, o bien los usuarios establecen el contacto gracias a alguna comunicación previa.

3. Un sistema externo o un sistema nacional

Ocho de los entrevistados dijeron que se podía acceder a sus servicios mediante un sistema de solicitud externo. Cabe notar que siete de esos ocho entrevistados estaban basados en Argentina y se refirieron al sistema nacional existente en su país.

4. Un sistema de propuesta automatizado

Siete de los entrevistados dijeron que su instalación tenía un proceso o formulario de propuesta automatizado que los usuarios podían utilizar a través de la página de internet o del sitio web, en lugar del correo electrónico directo o del catálogo externo.

5. Ningún proceso de revisión

Tres de los entrevistados especificaron explícitamente que su instalación no disponía de ningún proceso de revisión para tener acceso a sus servicios. Explicaron igualmente que el único requisito para acceder a su instalación era que hubieran seleccionado la maquinaria adecuada para llevar a cabo su investigación.

La financiación del acceso y los costos

Las diferentes instituciones aplican políticas variables con relación a los costos de acceso. Algunas cobran un precio fijo a los usuarios para visitar las instalaciones, otras una contribución para los costos de mantenimiento, mientras que en otras el acceso es gratuito.

1. Ocho de los entrevistados dijeron que su laboratorio cobraba una tasa para utilizar sus servicios. Uno de ellos explicó que se aplicaba una tasa mínima para acceder a su equipo (por ejemplo, "un costo no comparable a los de EE UU o de Europa"). Otro de los entrevistados también dijo que el acceso a su instalación era gratuito, aunque los usuarios deberían pagar todo daño que hubieran podido causar al equipo. A pesar de que el acceso al sistema es cobrado en muchas instalaciones, parece ser que con frecuencia el acceso es gratuito a cambio de colaboraciones, como, por ejemplo, el hecho de que el personal de la instalación sea citado en los documentos que vayan a ser publicados. También se mencionó que, en algunos casos, los costos de acceso bajos y la falta de apoyo por parte de las instituciones dificultaban la prestación de servicios eficientes.
2. Dos de los entrevistados dijeron que recibían fondos de su institución para el funcionamiento de su instalación, o que ésta era auto sostenible.
3. Dos de los entrevistados dijeron que su instalación no cobraba por el acceso.

Los fondos de mantenimiento

Uno de los puntos mencionados reiteradas veces por los entrevistados, es la cuestión del mantenimiento, bien como una limitación a su propia investigación o como la razón de que no puedan proporcionar el acceso a usuarios externos. Esto puso de relieve el hecho de que algunas instalaciones, aunque dispongan de equipos de vanguardia, no puedan ofrecerlos de manera consistente a los usuarios externos.

1. Seis de los entrevistados dijeron que su instalación no tenía un presupuesto específico para el mantenimiento, ni siquiera cuando la instalación era ofrecida a usuarios externos. Esto significaba que algunas instalaciones no podían utilizar ni

proponer los equipos de vanguardia tan caros de que disponían. Los tres entrevistados establecidos en México dijeron que no tenían presupuesto para mantener el equipo que ofrecían. (Figura 14).

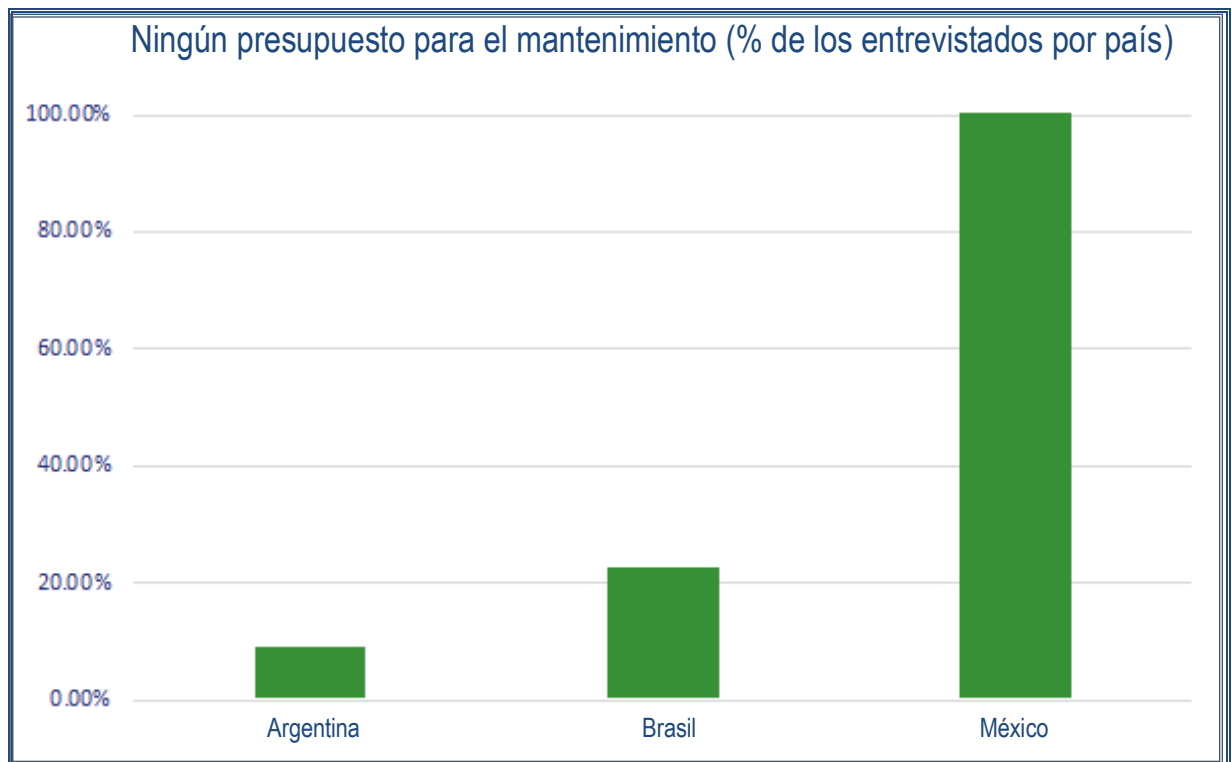


Figura 14. Los países representados por los entrevistados que afirmaron que su institución no disponía de presupuesto para el mantenimiento. Argentina (1 de los 11 entrevistados), Brasil (2 de los 9 entrevistados), México (3 de los 3 entrevistados).

2. Cuatro de los entrevistados dijeron que cuando era necesario, podían presentar una solicitud para mantenimiento dentro de su institución u organismo de financiación. Sin embargo, muchos de ellos dijeron que debía hacer gestiones burocráticas pesadas que les tomaban mucho tiempo.

2.2.5 Tipo de acceso (físico, remoto o virtual)

Hay varias maneras de tener acceso a la infraestructura externa. El acceso físico supone la visita de la instalación de forma presencial, utilizando el equipo o trabajando con un técnico para recolectar resultados. El acceso remoto o virtual no implica la visita de la instalación puesto que los datos son obtenidos a distancia mediante el envío de muestras o datos, e igualmente mediante el acceso a conjuntos de datos. Veintiuno de los entrevistados respondieron a esta pregunta.

1. Tanto físico como remoto o virtual

Muchos de los entrevistados (diez) que proporcionan el acceso a usuarios externos, pueden ofrecer acceso tanto físico como remoto a sus servicios. Disponen de técnicos para realizar los experimentos con las muestras enviadas, ofrecen alojamiento a los investigadores visitantes y, además, los experimentos se pueden

llevar a cabo en forma física. La mayoría de los entrevistados cuyas instalaciones ofrecen acceso tanto remoto como físico, están basados en Argentina.

2. **Únicamente remoto o virtual**

Seis de los entrevistados ofrecen exclusivamente acceso remoto cuando las muestras son enviadas a su laboratorio. Para la mayoría, esto se debe a que el equipo es caro, los costos de mantenimiento tan elevados, que no quieren correr el riesgo de que investigadores sin la debida preparación utilicen la maquinaria. Estos entrevistados también dijeron que debían estar ubicados en una región donde hubiera la infraestructura adecuada para recibir rápidamente las muestras biológicas enviadas, un factor crucial para el gel o las muestras congeladas.

3. **Únicamente en forma física**

Cuatro de los entrevistados podían llevar a cabo sólo investigación en forma física. Una de ellos dijo que esto se debía a que no disponían de suficientes técnicos en su laboratorio para que alguien se encargara de realizar investigaciones por cuenta de terceros. Por lo tanto, los interesados tenían que desplazarse directamente al laboratorio para utilizar la maquinaria ellos mismos.

2.2.6 La colaboración con las organizaciones de la UE.

Una de las preguntas hechas a los entrevistados se refería al posible conocimiento que podían tener de alguna colaboración de su instalación o institución con las instituciones o los laboratorios de la UE. Las 22 respuestas recibidas se resumen a seguir:

1. **Colaboración formal**

Sólo 4 de los 22 que respondieron dijeron que en la actualidad su instituto tiene una colaboración formal con una institución europea.

2. **Colaboración informal**

Once de los que respondieron dijeron que su instalación tiene una colaboración informal con un instituto o laboratorio europeo. Es posible que esto sea gracias a contactos personales o a antiguos colegas que trabajan en Europa. Entre ellos, la proporción que está en Brasil es superior a lo previsto. Véase la figura 15 a seguir.

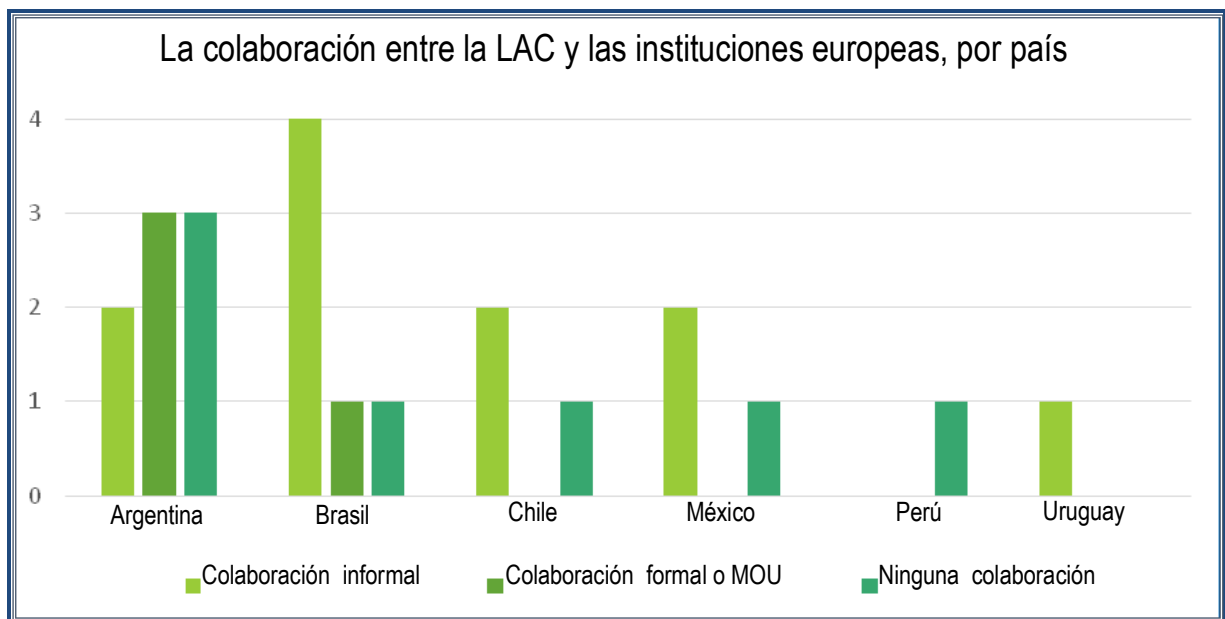


Figura 15. La colaboración entre los laboratorios de la LAC y la UE

3. Ninguna colaboración europea

Siete de los entrevistados dijeron que su instalación no tiene ninguna colaboración con las organizaciones europeas. Es posible que tengan alguna colaboración con organizaciones no europeas.

3.1 Colaboración anterior o concluida

Dos de los entrevistados precisaron que habían habido colaboraciones con organizaciones europeas, pero que en la actualidad ya no subsistían.

2.2.7 Hojas de ruta nacionales para la biología estructural

Una de las preguntas hechas a los entrevistados se refería a las posibles hojas de ruta nacionales para la biología estructural, y, de existir esa hoja de ruta, si figuraba en ella su instalación. El propósito de la pregunta era averiguar si esas hojas de ruta, bastante corrientes en Europa, se habían implementado en Latinoamérica e igualmente qué nivel tenía la comunicación establecida con la comunidad de la biología estructural. Fueron recibidas 24 respuestas de los entrevistados.

1. No tiene información acerca de esta hoja de ruta, o bien no existe

Catorce de los entrevistados afirmaron no tener información acerca de una hoja de ruta nacional, o bien que no existía. Tres de los entrevistados también especificaron que el anterior plan estratégico u hoja de ruta había terminado.

2. La hoja de ruta existe

Cinco de los entrevistados dijeron que en su país existía una hoja de ruta nacional o, por lo menos, un plan estratégico o recurso central para la biología estructural. De los cinco, 4 están establecidos Argentina.

3. La instalación no consta en la hoja de ruta

Tres de los entrevistados dijeron que su instalación no constaba en ningún plan estratégico ni hoja de ruta. Dos de ellos no especificaron si tenían información acerca de una posible hoja de ruta. Uno de los entrevistados dijo que tenía conocimiento de un plan nacional, pero que su instalación no estaba mencionada en él.

4. La instalación consta en la hoja de ruta

Dos de los entrevistados dijeron que su instalación consta en el plan u hoja de ruta nacional.

5. No saben

Dos de los entrevistados contestaron que no sabían.

3. Debate y conclusiones

Uno de los resultados más evidentes del presente análisis es de qué manera la utilización de la infraestructura para la investigación no es percibida como una necesidad de manera aislada por la comunidad de los investigadores. La utilización eficiente de la RI es posible apenas cuando muchos de los otros elementos necesarios para la investigación también están asegurados. Muchos aspectos de los temas planteados durante los debates están claramente interrelacionados. Lo más evidente es que sea asignado el debido volumen de financiación a la investigación, pero no es desde luego la única limitación. Por ejemplo, si las mediciones en una instalación central a gran escala exige que se trasladen las muestras, habrá que implementar mecanismos eficientes para garantizar el debido manejo y la integridad de las mismas. Para ello es posible que sea necesario impartir la formación correspondiente a los funcionarios aduaneros en el caso de que las muestras deban cruzar alguna frontera. Ahora bien, si se manejan muestras de organismos patógenos, en ese caso deberá asegurarse el adecuado nivel de bioseguridad en 2,3 ó 4 instalaciones. Ello requerirá invertir en infraestructuras que a lo mejor no resulten tan obvias para los responsables de las directrices políticas o de los organismos de financiación por el hecho que no son, de por sí, generadoras de resultados científicos. Sin embargo, podría ser esencial para el éxito o el fracaso de determinado tipo de proyectos. A menudo, la adquisición de un determinado equipo puede que se considere, desde una perspectiva un tanto "miope", la "solución" para un problema. No obstante, si no reciben suficiente apoyo financiero para el mantenimiento y para que el personal técnico lo utilice debidamente, el equipo permanecerá inutilizado por largos períodos de tiempo. Además, por lo que parece, hace falta un cambio de mentalidad en Latinoamérica que produzca una visión a largo plazo donde la investigación sea sostenible requiriendo, por lo tanto, las hojas de ruta que son de importancia vital y estratégica.

Las preguntas antes referidas son relativas a temas que afloran constantemente en las entrevistas, y éstas han puesto de manifiesto que es bastante amplia la heterogeneidad de opiniones entre los entrevistados sobre algunas cuestiones cruciales. El origen de estas diferencias es muy difícil de recabar con un número tan limitado de entrevistas, pero a menudo parece estar asociado a diferencias considerables entre los países, algo que, de hecho, era lo supuesto.

Se detallan a continuación las limitaciones y los cuellos de botella detectados:

3.1 La financiación

3.1.1 General

La inversión en ciencia y tecnología en los países latinoamericanos en relación con el PIB está todavía en un nivel muy por debajo de lo ideal, y además bastante por debajo de los países desarrollados en general. Brasil ha invertido tradicionalmente acerca del 1% del PIB y otros países generalmente menos. Es probable que la situación empeore a medida que la economía mundial se recupere de la pandemia. La falta de financiación ha impactado evidentemente en todos los aspectos de la investigación científica, desde el mantenimiento de los pequeños laboratorios hasta las instalaciones nacionales. Este aspecto ha aflorado reiteradas veces en las entrevistas y no se limitado únicamente a la biología estructural. Aunque sea percibido, correctamente, como un fenómeno generalizado aplicable a la región en su totalidad, hay variaciones significativas de un país a otro. Brasil se destaca en cuanto a infraestructura para la investigación en el campo de la biología estructural. No se trata apenas de que posea el único sincrotrónico operativo de toda la región (con una línea de haz de luz funcional para cristalografía de la proteína), sino que además dispone del único microscopio crio electrónico de alta energía de todo el subcontinente. A pesar de que un segundo microscopio debería entrar en funcionamiento muy pronto, también en Brasil, la disponibilidad de esta tecnología tan importante es aún muy limitada si se la compara con la de otras regiones del mundo. Según un mapa de recursos elaborado por un usuario⁵, el hemisferio norte dispone actualmente de la gran mayoría de todos los microscopios crio electrónicos de transmisión más avanzados para el análisis de partículas individuales. Es poco plausible suponer que la comunidad de los investigadores locales pueda prosperar en tales circunstancias.

La necesidad de que la investigación científica sea percibida como "una inversión" y no como "un gasto", ha sido una constante desde hace muchos años en la región. Este tipo de mentalidad debe cambiar si los países latinoamericanos quieren conseguir su oportunidad de convertirse en actores de peso en el escenario mundial.

3.1.2 La financiación para viajes o envíos de muestras

El acceso a la infraestructura externa es la piedra angular de la investigación puesto que reduce la necesidad de disponer de maquinarias avanzadas en cada instalación, y ello permite a los investigadores adquirir experiencia directa, formación y capacitación o colaboración con expertos externos. El acceso a la instrumentación en distintas partes del mundo es, desde hace unos años, un hecho cada vez más corriente gracias particularmente al advenimiento de la recolección de datos a distancia (la recolección de datos por "Fedex") que se ha vuelto muy popular entre los biólogos estructurales. Sin embargo, muchos de los investigadores en Latinoamérica no disponen de suficientes fondos para realizar visitas externas, bien sean físicas o a distancia. No es raro que los viajes y los costos de expedición deban ser cubiertos con la beca de investigación y, en algunos casos, los investigadores utilizan su propio dinero para cubrir esos gastos. Las estadísticas de las entrevistas revelan que hay más

⁵ Lists of high-end bio cryo-EMs, cryo-FIB/SEMs, & cryo-EM labs worldwide;
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1eQ1r8BiDYfaK7D1S9EeFJEgkLggMyoaT&ll=3.81666561775622e-14%2C127.20100234399985&z=1>

infraestructuras disponibles a distancia o en forma virtual que física, de lo cual se deduce que quizás un incremento del acceso a distancia, mediante la reducción de los costos o de los problemas que acarrearán los trámites burocráticos, podría aportar ventajas significativas a corto y largo plazo.

3.1.3 La financiación de la infraestructura interna para una adecuada preparación de las muestras

La preparación de las muestras es el primer paso fundamental de la biología estructural. El acceso al equipo permite que se realicen experimentos complejos, pero todas las maquinarias requieren que las muestras sean preparadas correctamente para que los resultados obtenidos sean significativos.

Las entrevistas hechas a los investigadores en Latinoamérica sugieren que, en muchos casos, es posible que haga falta la pericia requerida para la preparación de muestras de gran calidad. Por lo tanto, aunque dispongan de maquinaria cara, hay algunos equipos de investigadores que no son capaces de hacer el mejor uso de las mismas por no tener sus muestras la calidad suficiente para ser analizadas con esa maquinaria.

Es indispensable, para que se haga el mejor uso posible de la infraestructura tanto interna como externa, que el enfoque se centre en la infraestructura interna y en la formación y capacitación de los investigadores y que, con ello, se garantice una producción de muestras de la mejor calidad posible.

Otro factor correlacionado es el problema, mencionado con frecuencia, de la importación de los reactivos y de las muestras. Cuando la muestra es insuficiente y el reemplazo se tarda mucho tiempo por demora en la recepción de reactivos o tampones, se genera una gran presión para que la primera muestra sea preparada de manera correcta. Si no hay suficiente experiencia o comprensión de cómo prepararla, puede que se alargue mucho el tiempo para realizar el experimento y esto no será favorable para la investigación.

3.1.4 El mantenimiento y la asistencia técnica

Uno de los resultados clave del presente análisis ha sido constatar que tan sólo una proporción reducida de los investigadores recibe financiación para el mantenimiento de los equipos de su instalación. La impresión general es que aunque en un primer momento sean dispuestos fondos para la compra de equipos, en cambio después no se proporcionan los fondos necesarios para mantener los equipos como corresponde, y desde luego no los hay para las posibles reparaciones en caso de averías. Varios de los entrevistados dijeron que en su instalación hay actualmente - o había hasta hace poco tiempo - una pieza de maquinaria importante en mal estado.

Es de importancia crucial que las agencias o las instituciones nacionales garanticen la financiación debida para el mantenimiento de los equipos. La adquisición de maquinaria técnicamente avanzada es apenas el primer paso en el desarrollo de la infraestructura para la biología estructural puesto que lo importante es que el funcionamiento de esa maquinaria sea perfecto para que produzca resultados. Puede que esto requiera más atención de parte de los fabricantes de la maquinaria a la hora de garantizar que todos los investigadores tienen igual acceso a los equipos de mantenimiento o bien que sea reforzada la formación y la capacitación de los técnicos contratados directamente en las instalaciones. Por ejemplo, algunos entrevistados dijeron que los fabricantes no están dispuestos a mandar a un técnico para la reparación en la instalación debido a su ubicación geográfica, y que optan por ejecutar el proceso en modo virtual el cual, a la postre, puede resultar ineficaz. También hay

abundantes pruebas de que los fabricantes "retiran" la máquina al cabo de cierto tiempo. Esto obliga a la instalación a cambiar los equipos con regularidad, o bien a capacitar a técnicos para las reparaciones en caso de averías precisamente porque el fabricante ya no envía al técnico cuando hay que efectuar reparaciones. Es determinante que, además de intensificar la capacitación del personal técnico, se garanticen los fondos necesarios para la contratación de personal cualificado. La experiencia y la excelencia en cuanto al mantenimiento de equipos especializados son limitadas en la región y no cabe duda de que una base de conocimiento más amplia redundaría en un gran beneficio.

3.2 La formación y la capacitación

La formación y la capacitación han aparecido constantemente en el presente análisis. Los investigadores necesitan más formación de la que es ofrecida actualmente para utilizar de manera eficaz la infraestructura y, por lo tanto, la formación debería ser el componente clave cuando sea definida la planificación futura.

La formación debería abarcar una serie de facetas en la biología estructural. La formación y la capacitación en las técnicas modernas más avanzadas, son esenciales para la ejecución de una investigación puntera, ya sea por medio de programas o talleres en Latinoamérica, el intercambio de personal entre las instalaciones de la región, o bien entre las instalaciones de Latinoamérica y Europa. Una comprensión más profundizada de las técnicas estructurales avanzadas favorecerá el crecimiento de la comunidad y reforzará la investigación realizada en la región. Además, se deberían hacer esfuerzos para la formación de investigadores en la preparación de muestras y la producción de proteínas, que a menudo pasan desapercibidas aún siendo etapas esenciales de la biología estructural y sin las cuales el acceso a la infraestructura avanzada no brindaría resultados significativos, sino que supondría, más bien, un desperdicio de tiempo y de recursos. Un mayor énfasis en la formación de los investigadores en cuanto a los aspectos más extensos de la biología estructural, podrá producir beneficios significativos en términos de accesibilidad y también ayudar a ampliar de manera creciente la comunidad de la biología estructural en Latinoamérica.

3.3 La preparación de las muestras

3.3.1 Saber cómo preparar una muestra puede ser una limitación

El presente análisis pone de relieve la clara necesidad de invertir en la formación y la capacitación e igualmente en la financiación de las maquinarias y técnicas más avanzadas en biología estructural. Sin embargo, de lo anterior también se desprende que se ha de atribuir la debida importancia a las estructuras de apoyo de menor calado. Una mejor formación a nivel básico en la preparación de las muestras y en la producción de proteínas va a arrojar beneficios el futuro.

En la actualidad, en la infraestructura nacional o regional la maquinaria avanzada es utilizada en la mayoría de los casos por los científicos y los técnicos del laboratorio anfitrión. Por lo tanto, no es imprescindible tener un conocimiento preciso de cómo se utiliza el equipo. Sin embargo, la preparación de las muestras o de las soluciones para un estudio corresponde a los investigadores, quienes deben tener la experiencia o la formación necesarias para saber cómo desarrollar y almacenar correctamente las muestras que serán analizadas en laboratorios externos, aprovechando así al máximo el tiempo y los fondos disponibles.

Otro de los temas recurrentes es la necesidad de invertir en personal técnico de apoyo contratado a tiempo completo, que pueda capacitar, o bien ayudar, a los usuarios en la preparación de las muestras cuando la infraestructura existente lo permita.

3.3.2 La infraestructura local es necesaria para verificar a nivel interno la calidad de la muestra antes de enviarla a que sea analizada en grandes infraestructuras de RI.

Además de tener una mejor comprensión y experiencia en lo que atañe a la preparación de la muestra, sería ventajoso ofrecer servicios de infraestructura que permitan verificar y confirmar la calidad de la muestra antes de que sea enviada física o virtualmente a una RI de técnica avanzada. Es posible que ello requiera que se instalen "hubs" o centros regionales para la validación de las muestras. Un ejemplo típico podrían ser los microscopios electrónicos de transmisión básicos que son absolutamente indispensables para controlar la red de microscopios en términos de calidad de las muestras antes de que sean enviadas a los centros de recolección de datos de técnica avanzada. Cuando no existen esos microscopios, las muestras son con frecuencia de baja calidad y el tiempo de utilización del microscopio avanzado resultará inútil o, en el mejor de los casos, ineficiente. Habida cuenta de que no es realista el suponer que cada usuario tenga su propia infraestructura local, el concepto de "hubs" regionales distribuidos de manera estratégica por Latinoamérica, sería un válido compromiso. De esta manera, no se desperdiciarán ni los fondos ni los recursos de laboratorios tan valiosos.

3.4 La burocracia local

3.4.1 Las dificultades para la importación de reactivos

Nueve de los entrevistados indicaron que la burocracia constituía una barrera para su investigación, y de ellos apenas dos especificaron que su institución les brindaba ayuda en ese sentido. En este marco, los entrevistados dijeron que los trámites burocráticos dificultaban la importación y exportación de reactivos y muestras. Para los investigadores de zonas más alejadas de Latinoamérica, los plazos para la importación de los reactivos o de los equipos podían superar el mes (con frecuencia MUCHO más de un mes), suponiendo un retraso significativo en la investigación que requerirá, por lo tanto, una mayor planificación con poco margen para la flexibilidad o el error en la investigación. Sin embargo, el problema no se limita ciertamente a los que operan en regiones alejadas; en cambio es común a todos los investigadores, quienes han experimentado complicaciones en la importación de reactivos o equipos, independientemente del país donde se encuentren.

Los problemas de mayor trascendencia han de atribuirse, por lo que parece, a trámites aduaneros muy exigentes. Varios de los entrevistados mencionaron que los paquetes etiquetados como "biológico" (o similar) representaban el problema que causaba atrasos significativos en el proceso. Algunos entrevistados afirmaron haber sufrido retrasos en la compra de equipos (vasos, probetas, frascos, etc.) que han sido retenidos en la aduana por llevar la etiqueta de "biológico" a pesar de no contener material biológico en absoluto. Todo ello impacta de manera considerable en la rapidez y la eficacia de la investigación realizada en la región, algo que cabría analizar. En tales circunstancias, es sumamente difícil que los

científicos latinoamericanos resulten competitivos a nivel internacional, aunque eso sea a menudo lo que les exigen sus instituciones o los organismos de financiación.

3.4.2 Los trámites aduaneros requeridos para el envío de muestras

Otro de los problemas burocráticos enfrentados por los investigadores es la exportación de muestras destinadas a infraestructuras de investigación lejanas. Esto requiere que las muestras sean preparadas en la institución donde trabajan los investigadores antes de ser enviadas al laboratorio anfitrión. Sin embargo, varios de los entrevistados señalaron que con frecuencia esas muestras son retenidas en la aduana por un lapso de tiempo significativo, lo cual es problemático para las muestras que al cabo de poco tiempo resultan inutilizables, en particular si deben ser mantenidas en un contenedor con hielo. Los investigadores pueden pagar costes de expedición más elevados por elegir un sistema de transporte más veloz y, en cambio, las muestras acaban retenidas en la aduana durante mucho tiempo, malgastando el dinero y echando a perder la muestra. La interacción con las autoridades nacionales sería sumamente útil si permitiera instaurar procedimientos expeditivos de tipo "fast track", para el intercambio de muestras científicas a nivel transfronterizo, un sistema de protocolos que ya existe en muchas otras regiones del mundo.

3.4.3 La burocracia administrativa

Los problemas con la burocracia no se limitan a la importación y a la exportación del material. Varios de los entrevistados mencionaron también la carga insostenible de los trámites administrativos y burocráticos exigidos para solicitar financiación, en las solicitudes de acceso a infraestructuras de investigación y las becas o ayuda financiera para el mantenimiento. Algunos de los entrevistados dijeron que su institución les ayudaba a resolver estos problemas, aunque muchos otros afirmaron que sus institutos no les apoyaban más en ese sentido. Estos entrevistados han tenido que aprender cómo manejar los distintos formularios, procesos y documentos requeridos, o bien han tenido que pagar a personal externo para ayudarles con los extensos trámites burocráticos.

3.5 El aislamiento y la falta de masa crítica

Muchos de los entrevistados sugirieron que hacía falta masa crítica en su comunidad de biología estructural tanto local como nacional. Los motivos citados mencionaban a los estudiantes que no optaban por la biología estructural, e igualmente a las personas que abandonaban ese ámbito por las barreras detalladas arriba en el presente informe. Para los que vivían en zonas más alejadas, el problema era aún mayor, puesto que se trataba, para empezar, de una comunidad ya de por sí reducida. La introducción de los "hubs" o centros regionales que prestan servicios de biología estructural a los que se encuentran en esas regiones y que pueden prescindir de pasar por el proceso caro y complejo de acceso a instituciones lejanas, parecen ser una solución interesante a desarrollar.

3.6 Una mejor comunicación

El hecho de que el 57% de los entrevistados habían oído de las oportunidades de las infraestructuras de investigación externas gracias al boca a boca, sugiere que aún hay mucho margen para mejoras. Sin embargo, esta responsabilidad recae tanto en los propios científicos

investigadores como en los organismos de financiación, en las universidades y en los centros de investigación. Representarían un gran adelanto los catálogos en línea para la infraestructura nacional y regional, e igualmente el contacto directo (listas de direcciones electrónicas, contactos institucionales) que fueran puestos a disposición de los investigadores en toda la región LAC. Además, otra medida eficaz sería una presencia más robusta en los medios sociales, así como el compromiso de informar acerca de ofertas, convocatorias y oportunidades de formación y capacitación.

3.7 Los aspectos positivos

Durante muchas de las entrevistas se percibió un entusiasmo significativo por parte de los participantes. El campo de la biología estructural, que de momento está en una fase de cambio, anima y alienta a los que operan en él. La existencia del CEBEM como primer intento para aglutinar a la comunidad es percibida como un aspecto positivo. En términos generales, parece haber una convicción de que si se dan las condiciones adecuadas, los científicos latinoamericanos están capacitados de sobremano para aportar contribuciones de peso en la biología estructural a escala mundial. La iniciativa de haber puesto en sintonía al CEBEM con Instruct-ERIC es también muy positiva, siendo un primer paso, en ese sentido, las convocatorias de propuestas para utilizar la infraestructura de Instruct.

4. Las recomendaciones para los responsables de las directrices políticas, para las instituciones y para la comunidad de la investigación

4.1 La hoja de ruta

Resulta claro en el presente análisis que hace falta seguir trabajando para que crezca y sea manejada la comunidad de la biología estructural en Latinoamérica. Es necesario establecer una hoja de ruta regional donde sean definidos objetivos, estrategias, cronología, hitos, financiación, etc. En otras palabras, hace falta un enfoque claro y estratégico de la biología estructural en Latinoamérica que incluya el apoyo a largo plazo. La hoja de ruta debería identificar las sinergias regionales que puedan llevar a la creación de infraestructuras de nivel intermedio que faciliten la investigación (véase "Hubs", sección 4.5). A menudo, el problema no es únicamente la escasa financiación, sino también la inseguridad que va emparejada con la financiación que frecuentemente es objeto de promesas que no llegan a concretarse. Una hoja de ruta efectiva debe conjugar el compromiso firme por parte de todas las partes involucradas, incluso de quienes proveen los recursos (los organismos de financiación o los gobiernos). El propio Grupo de Trabajo UE-LAC ResInfra podría ser un punto de partida muy útil para elaborar esa hoja de ruta. **La elaboración de algún tipo de hoja de ruta es indicada como el elemento esencial para conseguir el éxito.**

4.2 La integración regional

Una hoja de ruta requiere que haya integración regional. Los científicos deben ser los catalizadores para que ello ocurra, es decir que habrá que informar de esa exigencia a los políticos de cada uno de los países que la constituyen. La comunidad es aún pequeña y repartida, y muchos grupos se sienten aislados al estar en universidades y centros de investigación de menor dimensión. Se pueden hacer esfuerzos para contactar e informar a los políticos de los distintos países y que sean establecidas iniciativas regionales. Por lo que

parece, independientemente de la considerable volatilidad política de la región, a partir del momento en que se instaura una conversación a nivel ministerial, aumentan las probabilidades de que sea establecida una hoja de ruta realista. **Es indispensable que haya intercambio directo y trabajo en equipo entre los líderes de la comunidad científica y los responsables de las directrices políticas científicas.**

4.3 El apoyo institucional

Es necesario que la institución donde está instalada la infraestructura de RI asuma el compromiso de garantizar los fondos para el funcionamiento, el mantenimiento y, sobretodo, el personal cualificado. Sin embargo, debe haber claros mecanismos que garanticen que esas instituciones cumplan con sus obligaciones. Es deseable, por lo tanto, que los organismos de financiación exijan un compromiso por escrito de parte de la institución anfitriona, que garantice la utilización efectiva del equipo antes de tomar o no la decisión definitiva acerca de la financiación. La FAPESP (en Brasil) ya ha puesto en práctica esa medida con relación al Programa de equipos multiusuarios. **Los organismos de financiación deberían ser estimulados a participar en las convocatorias de ofertas para equipos multiusuarios con el fin de optimizar los recursos y fortalecer la infraestructura de investigación que deberían incluir la práctica de exigir un compromiso respecto del mantenimiento y del personal por cuenta de las instituciones receptoras. El crédito que sea debidamente reconocido por las instituciones y por el sistema científico con relación al personal de RI, es también sumamente importante puesto que valoriza los recursos humanos y sus carreras.**

4.4 Las estrategias de formación y capacitación

La necesidad de que mejoren la formación y la capacitación del personal es evidente además de prácticamente crónica. La financiación que le corresponde podría cubrir los gastos de viaje para que el personal científico y los técnicos reciban su formación y capacitación en centros ya establecidos en distintos países del mundo. Los cursos de formación que se imparten a los estudiantes en la región son numerosos. Son efectivos aunque únicamente hasta cierto punto, puesto que pueden resultar limitados si el estudiante, al volver a su país, no será capaz de poner en práctica sus nuevos conocimientos. Esos cursos deberían ser vistos, por lo tanto, como parte de un paquete que abarque los demás aspectos destacados en este documento. Una iniciativa desarrollada por la FAPESP en años recientes (Red de biología estructural molecular - SMolBNet, en sus siglas en inglés), puede servir como ejemplo. En una de sus versiones, los posdoctorados fueron compartidos entre un grupo de biología estructural, por un lado, y un laboratorio de biología celular/molecular, por el otro. El objetivo era "contaminar" a la comunidad de investigación con la utilización de la caja de herramientas de biología estructural básica y, además, valorizar en mayor medida la biología estructural, mejorando la formación básica en el marco de una comunidad más amplia (especialmente en lo que atañe a la preparación de muestras). Al agrupar a los laboratorios, se logra la ventaja de compartir recursos y optimizar su uso. Si se financiara de manera adecuada, el CEBEM podría desempeñar un papel catalizador de peso en ese proceso. **Habría que alentar iniciativas de este tipo.**

4.5 Las estrategias de comunicación

La comunicación resulta, por lo que parece, un tanto desordenada. La comunidad debe estar mejor conectada. Las iniciativas como la del CEBEM son positivas y han de ser reforzadas, lo

cual requiere transparencia y estructuras más formales y, en particular, una mejor articulación con los responsables de las directrices políticas y de los organismos de financiación. Lo ideal sería que fuera un componente inherente de una hoja de ruta regional que requiera que haya integración a nivel gubernamental. La creación de **"hubs" regionales** facilitaría esta labor. Se supone que serán laboratorios dotados de instrumentación de nivel intermedio, no siendo, por lo tanto, verdaderas instalaciones de recolección de datos ni un laboratorio individual interno. Los microscopios básicos son un buen ejemplo puesto que aún resultan demasiado caros para la mayoría de los grupos individuales, aunque proporcionen los medios para evaluar las muestras antes de la recolección de los datos en una instalación central (a menudo fuera de la región). Al estar distribuidos de manera estratégica, también sirven para mejorar la comunicación y el intercambio de experiencias entre los miembros de la comunidad donde operan. **Se recomienda buscar la financiación para implementar y sostener los "hubs" regionales. Ha de fomentarse igualmente el rol del CEBEM así como la ampliación de su alcance.**

4.6 La colaboración internacional

La presente iniciativa es el resultado de los esfuerzos de colaboración intentados previamente entre Instruct-ERIC y el CEBEM. Este tipo de iniciativas ha de ser fortalecido y ampliado. A pesar de que muchas instituciones en América Latina ya han estipulado un Memorando de Entendimiento (MoU, en sus siglas en inglés) con Instruct con el propósito de facilitar el acceso a la infraestructura, todavía queda mucho margen para la expansión. **El fortalecimiento de estos vínculos entre América Latina y el mundo desarrollado es algo esencial para poder avanzar.**

5. La metodología

5.1 Establecer contactos en Latinoamérica

La primera tarea del grupo de trabajo fue establecer los contactos que constituirían la temática del análisis panorámico. El grupo de trabajo está integrado por representantes de Argentina, Uruguay y Brasil e igualmente por instituciones europeas. Los miembros del grupo de trabajo identificaron todos los contactos disponibles en el campo de la investigación en América Latina, independientemente de su ubicación o de la fase de su carrera, ya que lo que se proponían era comprender las opiniones de todos los biólogos estructurales y a qué desafíos se enfrentan en Latinoamérica.

La lista de contacto había sido diseñada como un listado completo de los contactos en el campo de la biología estructural en Latinoamérica, identificados por el grupo de trabajo. Su finalidad consistía en conseguir el equilibrio con relación a los países representados, a los roles y al género. La lista final de los contactos abarcaba ocho países latinoamericanos y nueve diversos roles académicos. Durante la encuesta fueron identificadas y contactadas 281 personas.

5.2 La encuesta

La encuesta comprendía 19 preguntas, de las cuales algunas eran preguntas administrativas preliminares para determinar a qué país e institución prestaba sus servicios el encuestado y

en qué fase de la carrera estaba. Los encuestados también debían especificar en qué tipo de institución se encontraba su instalación.

La siguiente sección de la encuesta se centraba en el acceso del encuestado a infraestructuras de investigación externas, o sea, si utilizaban equipos o maquinarias en otras instituciones que no fueran la propia como parte de su investigación. A esta pregunta había que contestar con un sí o un no; todo encuestado que respondiera con un "no", era remitido directamente a la siguiente sección de la encuesta. En lo que atañe al acceso a la infraestructura externa, los encuestados tuvieron que detallar la ubicación de la institución externa (por región, es decir: Latinoamérica, Europa, EE UU, etc.), las técnicas o los servicios que utilizaban allí y cómo habían recibido la información relativa a la disponibilidad de esa infraestructura.

La siguiente sección de la encuesta se centraba en la infraestructura que su propia institución ofrecía, o no, a los investigadores externos. Esta sección se refería a los servicios que la institución ofrecía en total y, además, cuáles ponía específicamente a disposición de los usuarios externos e igualmente cuál era la procedencia de esos usuarios externos (por ejemplo, institucional, nacional o internacional).

La sección final de la encuesta pedía a los encuestados que detallaran si había alguna técnica o algún servicio inaccesible y si su investigación se había visto afectada por ese motivo. La encuesta pedía que fueran especificadas las técnicas o los servicios cuya utilización por parte del encuestado requeriría formación o capacitación especializadas. Se les preguntó también si había alguna barrera que les impidiera el acceso a las infraestructuras de investigación externas.

Los encuestados tenían la opción de hacer comentarios de carácter general que parecieran pertinentes e igualmente si estaban dispuestos a que se les volviera a contactar en el futuro.

5.3 Las entrevistas preliminares

Una vez concluida la encuesta, el objetivo a alcanzar era obtener respuestas más detalladas de los encuestados predeterminados mediante entrevistas realizadas por el grupo de trabajo.

Se llevó a cabo una primera ronda de entrevistas preliminares. Se eligió específicamente a siete de los encuestados para esas entrevistas. En esa primera ronda lo importante era abarcar una gama lo más amplia posible de ubicaciones, etapas de la carrera, géneros y tipos de institución. En esta forma, cualquier pregunta que no hubiese sido hecha previamente por el grupo de trabajo sería enfocada y utilizada en la segunda ronda de entrevistas. Los entrevistados seleccionados para la primera ronda cumplían con estos criterios.

La ronda preliminar de entrevistas fue diseñada para afinar el cuestionario, confirmar que cubría los tópicos importantes y que serían omitidas las preguntas reiterativas.

La entrevista tuvo como marco el cuestionario desarrollado por el grupo de trabajo. El cuestionario estaba dividido en cuatro secciones:

1. Información administrativa para identificar a los entrevistados.
2. Sobre su investigación.
3. La infraestructura de investigación en cuanto usuario

4. La infraestructura de investigación en cuanto proveedor

La primera sección se basaba en amplia medida en las respuestas previamente proporcionadas por el entrevistado al detallar dónde estaba localizada su institución, en qué fase de carrera se encontraba, y si deseaba recomendar a otras personas para que fueran entrevistadas.

La segunda sección se basaba en la investigación del entrevistado con el objetivo de obtener una idea general de su trabajo, de las técnicas que utilizaba y cuáles desafíos, a nivel de la sociedad, se proponía enfrentar con su investigación. La pregunta clave al entrevistado en esta sección se refería a las principales barreras o impedimentos encontrados en su investigación. Se ofrecía en ella la oportunidad de explicar en forma detallada qué obstaculizaba su investigación, cómo le afectaba a él personalmente o a su equipo, y qué sugería como remedio. La siguiente pregunta abundaba en la anterior al preguntar si la institución del entrevistado ofrecía o no alguna ayuda con relación a los obstáculos expuestos. La pregunta final de esta sección se refería a la forma en que era evaluado por su organización y en qué forma defendían su investigación.

La tercera sección se basaba en las experiencias del entrevistado con relación a un usuario de infraestructura externa. La sección en cuestión podía ser completada únicamente si el entrevistado disponía de acceso real a una infraestructura externa. De no ser éste el caso, se podía saltar esta sección.

La tercera sección hacía un repaso de los principales componentes del acceso a las RIs externas en cuanto usuario: las técnicas y los servicios a los que tenía acceso, de qué manera el usuario obtiene los fondos para el acceso y los viajes, qué formación ofrece la instalación al proveer el acceso y a cuáles infraestructuras o técnicas quisiera acceder que, de momento, le resultan inaccesibles. Esta sección también ofrece la oportunidad de que el entrevistado aporte información adicional sobre el acceso a la infraestructura externa que no haya quedado recogida en las preguntas iniciales.

La cuarta sección se proponía abundar en las experiencias del entrevistado como proveedor de infraestructura a usuarios externos. También era posible omitir esta sección en el caso de que la institución del entrevistado no brindara acceso a usuarios externos, o por lo menos si éstos no tenían suficiente información sobre la gestión o la provisión del acceso.

La cuarta sección pasaba en reseña cómo se gestionaba el acceso en la instalación, quién era elegible para solicitarlo, cómo era divulgado o promovido, si existía o no un catálogo de servicios y tecnologías, si era impartida formación y capacitación por parte de personal especializado, si la instalación ofrecía acceso a distancia o en forma física, o bien ambos modos, y una estimativa de qué parte del equipo era puesta a disposición de los usuarios externos, y si esta información era recopilada y grabada. Además, el entrevistado debía responder a su posible conocimiento acerca de planes de colaboración con infraestructuras de investigación europeas en el futuro, o bien si tenía información sobre planes para mejorar o expandir su propia instalación.

Al final del cuestionario venía la pregunta relativa al conocimiento de una eventual hoja de ruta en biología estructural de su gobierno nacional o regional como la de ESFRI en Europa. El

cuestionario finalizaba con una última oportunidad para que el entrevistado expusiera de manera independiente sus propias ideas sobre el panorama de la biología estructural en América Latina.

Todas las entrevistas fueron grabadas con la finalidad de garantizar que la información registrada era correcta. Las grabaciones fueron borradas después de haber sido revisadas. Los entrevistados recibieron la versión final del cuestionario para su propia revisión personal. Se les solicitó que confirmaran la exactitud de esos datos y que añadieran cualquier elemento adicional que no hubiera sido abordado en la entrevista. Todas las entrevistas preliminares fueron realizadas por los dos mismos miembros del grupo de trabajo.

5.4 La segunda ronda de entrevistas

Tras las entrevistas preliminares, el cuestionario fue ajustado para la segunda ronda de entrevistas. Eso requirió retirar algunas preguntas reiterativas que ya habían recibido respuesta en las preguntas anteriores. Además, fueron añadidas nuevas preguntas e indicaciones. Por ejemplo, en lo que se refería a los impedimentos que los entrevistados habían encontrado en su investigación, las barreras citadas con más frecuencia fueron incluidas en la pregunta, a modo de sugerencia, para ayudar al entrevistado a recordar las distintas formas en que podría haber sido obstaculizada su investigación. Otra pregunta adicional se refería a las herramientas informáticas, un aspecto de la disponibilidad de la infraestructura para biología estructural que con frecuencia es pasada por alto y que, además, no había sido un tema tratado en el cuestionario inicial.

La segunda ronda de entrevistas fue realizada por todos los miembros del grupo de trabajo: un entrevistador, el encargado de los apuntes y el entrevistado. Los entrevistados fueron seleccionados una vez más en base a la diversidad de su ubicación, la etapa de su carrera y el tipo de institución, e igualmente en base a las respuestas a algunas de las preguntas de la encuesta inicial. Por ejemplo, el entrevistado que hubiera contestado que no tenía acceso a ninguna infraestructura externa, podía ser escogido para la segunda ronda con el fin de entender los motivos y qué haría falta implementar para que el acceso externo recibiera más aliciente.

Además, los nombres recomendados por los entrevistados anteriores como sugerencias para entrevistas futuras también fueron contactados. En total, se propuso participar en la segunda ronda de entrevistas a 32 personas.

Fueron entrevistadas 22 personas en total en la segunda ronda. De las otras 10 personas contactadas, 5 no respondieron y 4 explicaron que ya no trabajaban en biología estructural y pensaban, por lo tanto, que no podrían aportar información útil en la entrevista. La otra persona explicó que ya no trabajaba como investigador sino que era el responsable de las directrices políticas en calidad de representante estatal en su país. Se entabló un intercambio con esa persona con el fin de recabar información sobre la forma en que se formulaban las políticas relativas a la ciencia y la tecnología en América Latina, aunque este material no haya sido incluido en el análisis sobre biología estructural.

6. Apéndice

6.1 El formulario de la encuesta

1. Nombre
2. Título de la función que desempeña
3. Nombre de la organización
4. Dirección del sitio web de la organización
5. Dirección de la organización
6. Tipo de organización
7. Utiliza usted infraestructura de investigación externa (servicios, equipos o tecnología) que no esté disponible en el laboratorio de su instalación?

8. De ser este el caso, especifique en qué área.
9. Especifique la ubicación de la infraestructura de investigación externa.
10. De qué manera obtuvo usted ese dato?
11. Su instituto ofrece infraestructura de investigación en una o más de las siguientes áreas?
12. Estas infraestructuras de investigación están abiertas a usuarios externos?

13. Cuáles de estas infraestructuras de investigación están abiertas a usuarios externos?
14. Qué nivel de acceso está disponible?
15. Su investigación es afectada por la falta de infraestructura? De ser así, especifique en qué área.
16. Necesitaría usted formación y capacitación para utilizar la infraestructura de investigación disponible? De ser así, especifique en cuál área.
17. Cuáles son las principales limitaciones para tener acceso a la infraestructura de investigación que necesita para su investigación?
18. Comentarios de carácter general.
19. Desearía usted ser contactado como un seguimiento por haber contestado a la encuesta? De ser éste el caso, sírvase detallar su dirección de correo electrónico.