



Asamblea General

Distr. general
18 de enero de 2016
Español
Original: inglés

Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

Informe sobre el Proyecto de Instrumentos de Ingravidez

I. Introducción

1. La Iniciativa sobre Tecnología Espacial en Beneficio de la Humanidad se puso en marcha en 2010 en el marco del Programa de las Naciones Unidas de Aplicaciones de la Tecnología Espacial. La función de esta iniciativa es servir de plataforma para intercambiar información, fomentar la colaboración entre los países que realizan actividades espaciales y los que no las realizan, y alentar a los países emergentes y en desarrollo a participar en la educación y la investigación espaciales y a sacar provecho de las aplicaciones espaciales. Esas actividades se fundamentan en tres pilares: a) la promoción de la cooperación internacional en los vuelos espaciales tripulados y las actividades relacionadas con la exploración espacial; b) la creación de conciencia en los países sobre las ventajas de utilizar la tecnología espacial y sus aplicaciones en beneficio de la humanidad; y c) la creación de capacidad para la educación y la investigación sobre la ciencia de la microgravedad (véase ST/SPACE/62/Rev.2).

2. En 2011, durante la reunión de expertos de las Naciones Unidas y Malasia sobre la tecnología espacial con dimensión humana, los participantes en el grupo de trabajo sobre educación, extensión y creación de capacidad examinaron la necesidad de desarrollar la capacidad mediante la educación, la formación y una mayor cooperación en el aprovechamiento compartido de diversas oportunidades de uso de las instalaciones de investigación espaciales y terrestres. Se recomendó que se establecieran programas específicos de fomento de la capacidad por conducto de la iniciativa, y que esos programas incluyeran el suministro de material docente y la distribución de instrumentos científicos (véase A/AC.105/1017).

3. Durante el curso práctico de las Naciones Unidas y China sobre la tecnología espacial con dimensión humana celebrado en 2013, se recomendó que se siguiera ampliando el papel de la iniciativa en la promoción de las actividades de enseñanza

* Publicado nuevamente por razones técnicas el 21 de marzo de 2016.



y extensión mediante el suministro de materiales educativos y la creación de foros de expertos y de astronautas para ayudar a los profesionales e inspirar a los estudiantes, el mundo académico y el público en general con respecto a la exploración humana del espacio (véase A/AC.105/1050).

4. En respuesta a esas recomendaciones, y por conducto de la iniciativa, se pusieron en marcha las siguientes actividades científicas: el Proyecto de Instrumentos de Ingravidez en 2012 y la Serie de Experimentos con Torre de Caída en 2013.

5. Estas actividades se realizan de conformidad con el plan de trabajo plurianual de la iniciativa, que se elaboró en consulta con representantes de los Estados Miembros y con expertos de todo el mundo (véase A/AC.105/2013/CRP.16).

6. En el 51º período de sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, se informó de las actividades del Proyecto de Instrumentos de Ingravidez correspondientes al período 2013-2014 (véase A/AC.105/C.1/2014/CRP.20).

7. El presente documento contiene un informe sobre la situación del proyecto en el período 2013-2015.

II. Proyecto de Instrumentos de Ingravidez

A. Descripción del proyecto

8. El Proyecto de Instrumentos de Ingravidez se inició en 2012 como parte de las actividades de creación de capacidad de la Iniciativa sobre Tecnología Espacial en Beneficio de la Humanidad, con el fin de distribuir un número fijo de instrumentos que simulan condiciones de microgravedad (llamados clinostatos) a escuelas e instituciones seleccionadas de distintas partes del mundo.

9. Los principales objetivos del proyecto son brindar a estudiantes e investigadores la oportunidad excepcional de investigar la influencia de la microgravedad simulada sobre diversas muestras y motivarlos a que emprendan nuevos estudios en el ámbito de la ciencia y la tecnología espaciales. El proyecto también tiene por objeto crear conjuntos de datos relativos a especies vegetales de todo el mundo con sus correspondientes respuestas a la gravedad, que ayudarán a diseñar experimentos espaciales futuros y contribuirán al avance de la investigación sobre la microgravedad.

10. La participación en el proyecto está fundamentalmente destinada a personas de países en desarrollo y países con economías en transición. Se espera que los candidatos sean directores de grupos de investigación, profesores universitarios con una orientación científica y profesores de ciencias. Además, los candidatos dirigirán las actividades propuestas en el marco del proyecto en sus respectivas instituciones, y deberán aportar sus ideas sobre la manera en que tengan previsto utilizar los clinostatos.

11. Dentro de los límites impuestos por los clinostatos disponibles, se invita también a participar en este proyecto a grupos de investigación de países que desarrollan actividades espaciales. Está previsto crear una red educativa y científica

mundial mediante el intercambio y la difusión de experiencias y resultados experimentales entre los participantes de distintas regiones geográficas.

12. Se han programado tres ciclos del proyecto, cada uno con una duración de tres años desde el anuncio de la convocatoria hasta la presentación del informe final sobre las actividades. El primer ciclo ha concluido y el segundo y el tercero están en curso. Durante cada ciclo, las instituciones utilizan los clinostatos para realizar experimentos en el marco de los proyectos propuestos.

13. Con objeto de aumentar el valor científico del proyecto, evaluar las candidaturas y seleccionar a instituciones adecuadas para participar en él, se creó el Grupo Asesor de Ciencias de la Iniciativa sobre Tecnología Espacial en Beneficio de la Humanidad. El grupo se compone actualmente de siete expertos académicos de reconocido prestigio en ciencias de la vida en microgravedad, que se unieron a él de forma voluntaria.

14. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre elaboró una guía didáctica sobre experimentos con plantas en condiciones de microgravedad (ST/SPACE/63), que tiene por objeto ofrecer a profesores y estudiantes instrucciones detalladas para realizar experimentos de crecimiento de las plantas con ayuda de clinostatos en los laboratorios escolares. La labor de preparación de la guía comenzó en 2012, con el apoyo de los miembros del Grupo Asesor de Ciencias.

15. La ejecución del Proyecto de Instrumentos de Ingravidez se financia con las contribuciones en efectivo y en especie de Estados Miembros, entre ellos China y el Japón, y las contribuciones científicas voluntarias de los siguientes institutos: el Centro de Apoyo a la Ciencia Biomédica, del Centro Aeroespacial Alemán; el Centro Neerlandés de Apoyo a Experimentos, del Centro de Odontología de la Universidad Libre de Ámsterdam; el Laboratorio de Fisiología Vegetal, de la División de Biología y Geociencias de la Universidad de la Ciudad de Osaka (Japón); el Laboratorio de Biología de la Adaptación y del Espacio, de la Universidad de Tohoku (Japón); el Laboratorio Nacional de Microgravedad, de la Academia de Ciencias China; y el Laboratorio Estatal Principal de Fundamentos y Aplicaciones de la Medicina Espacial, del Centro de Investigación y Capacitación de Astronautas de China.

B. Antecedentes científicos

1. Principios de un clinostato

16. El clinostato uniaxial proporcionado por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre es un instrumento que se utiliza para estudiar cómo repercuten las condiciones de gravedad alterada sobre las plantas, los hongos y otros organismos pequeños. La calidad de la simulación depende del tamaño del sistema de ensayo seleccionado.

17. Se puede generar microgravedad de corta duración en torres o pozos de caída (de 2 a 10 segundos), globos (de 30 a 60 segundos), vuelos parabólicos de aeronaves (de 20 a 25 segundos) o cohetes sonda (hasta 15 minutos). Estos métodos son apropiados para sistemas de respuesta rápida. Sin embargo, para estudiar el efecto a largo plazo de la microgravedad se han de utilizar satélites o laboratorios espaciales atendidos por personas. El desarrollo de estaciones espaciales hizo realidad el sueño

de una estancia prolongada de seres humanos en el espacio. La estación espacial rusa Mir orbitó a una altura de entre 300 y 400 km sobre la Tierra, y más de 100 astronautas y cosmonautas tuvieron la oportunidad de visitarla. La Estación Espacial Internacional se encuentra en el espacio desde 1998 y puede acoger, para vivir y trabajar, a un máximo de seis astronautas a la vez. La estación espacial ofrece estructuras de laboratorio para realizar estudios sistemáticos en condiciones de microgravedad.

18. Se han desarrollado varios tipos de clinostatos, que difieren en el número de ejes de rotación, además de sus modos de funcionamiento en lo que respecta a la velocidad y la dirección de rotación. Un clinostato bidimensional o uniaxial tiene un único eje de rotación perpendicular a la dirección del vector de gravedad¹. Un clinostato tridimensional cuenta con dos ejes de rotación perpendiculares entre sí². La rotación de un clinostato se suele denominar “clinorrotación”.

19. El primer factor que cabe considerar es la velocidad de rotación del clinostato. Sometidas a una gravedad de 1 g, las partículas caen y sedimentan. En condiciones de caída libre, no hay sedimentación y las partículas se distribuyen homogéneamente. En la Tierra se puede crear esa situación haciendo rotar un objeto colocado en posición vertical. En esas condiciones, las partículas caerán a lo largo del vector de gravedad pero también se verán forzadas a seguir trayectorias circulares debido a la clinorrotación. Cuanto más rápido rote el sistema, más pequeños serán los radios de los círculos. Sin embargo, si la velocidad de rotación es demasiado elevada, las partículas se dispersarán debido a la fuerza centrífuga. A una velocidad de rotación ideal, el movimiento de las partículas causado por la sedimentación y la fuerza centrífuga se mantiene dentro de los límites del movimiento browniano.

20. El segundo factor que cabe tener en cuenta es la fuerza centrífuga, que es proporcional a la distancia entre la muestra y el eje de rotación y a la velocidad de rotación al cuadrado. Si la velocidad de rotación es demasiado elevada, la fuerza centrífuga que actúa sobre las muestras las obligará a desplazarse hacia fuera.

21. El tercer factor que cabe examinar es el posicionamiento horizontal del eje de rotación del clinostato. El eje de rotación del clinostato debe colocarse horizontalmente con la máxima exactitud posible. Un error de 0,5 grados puede crear una aceleración axial del orden de 10^2 g.

2. Biología gravitacional

22. El principal objetivo de la biología gravitacional es determinar y comprender el efecto de la gravedad sobre los organismos. Esto comprende la determinación de

¹ Véanse Wolfgang Briegleb, “Some qualitative and quantitative aspects of the fast-rotating clinostat as a research tool”, *ASGSB Bulletin*, vol. 5, núm. 2 (octubre de 1992); R. R. Dedolph y M. H. Dipert, “The physical basis of gravity stimulus nullification by clinostat rotation”, *Plant Physiology*, vol. 47, núm. 6 (1971); y D. Klaus, “Clinostats and bioreactors”, *Gravitational and Space Biology Bulletin*, vol. 14, núm. 2 (2001).

² Véanse Takayuki Hoson y otros, “Evaluation of the three-dimensional clinostat as a simulator of weightlessness”, *Planta*, vol. 203, núm. 1, suplemento (1997); y Jack J.W.A. van Loon, “Some history and use of the random positioning machine, RPM, in gravity-related research”, *Advances in Space Research*, vol. 39, núm. 7 (julio de 2007).

los mecanismos fundamentales y de la función de la gravedad, no solo en el desarrollo individual sino también durante la evolución en general.

23. Los inicios de la biología gravitacional como disciplina se remontan al siglo XIX, cuando Thomas Knight, Charles Darwin, Julius Sachs y Wilhelm Pfeffer investigaron la influencia de la gravedad sobre las plantas. Ya habían demostrado el papel de la cofia en las plantas que crecen hacia abajo. Knight, Sachs y Pfeffer construyeron máquinas (centrifugadoras y clinostatos sencillos) para modificar la influencia de la gravedad y estudiar sus repercusiones sobre el crecimiento de las plantas. Hoy existen diversas plataformas experimentales, terrestres y espaciales, que se han desarrollado para estudiar la influencia de la gravedad alterada. Gracias a ello, los conocimientos sobre el impacto de la gravedad o la microgravedad han aumentado considerablemente. Los resultados más importantes de las investigaciones en biología gravitacional atañen a todos los niveles de la biología, desde las proteínas aisladas, las células y los tejidos, hasta los organismos complejos.

24. Los mecanismos sensores de la gravedad aparecieron pronto en la evolución. Los organismos que se desplazan libremente, incluso los unicelulares, utilizan la gravedad para orientarse, por ejemplo para elegir la dirección de nado, comportamiento que recibe el nombre de gravitaxismo. Por otra parte, la respuesta de crecimiento y orientación de los organismos sésiles se denomina gravitropismo³. La dirección con respecto al vector de gravedad se define como positiva (en el mismo sentido que la gravedad) o negativa (contraria a la dirección del vector de gravedad).

25. La gravedad es el estímulo del que se sirve la planta para que sus raíces crezcan en la dirección del vector de gravedad (hacia abajo), anclando la planta al suelo, y para que el retoño crezca en la dirección opuesta al vector de gravedad (hacia arriba), saliendo del suelo en dirección al sol. Para sobrevivir en la Tierra, las plantas deben distinguir necesariamente la dirección “hacia arriba” de la dirección “hacia abajo”⁴. Esto es también indispensable para toda la vida en la Tierra, porque la fotosíntesis es necesaria para la producción de alimentos y oxígeno.

26. El efecto de la gravedad en la orientación y el crecimiento de las plantas se puede observar de forma fascinante y fácilmente visible cultivándolas. Se han hecho progresos considerables en el conocimiento básico sobre la percepción de la gravedad por las plantas, y sobre su respuesta final en forma de gravitropismo⁵. Los experimentos realizados en condiciones de microgravedad han contribuido mucho a la comprensión del modo en que las plantas perciben la dirección de la gravedad y responden a ella. Sin embargo, el proceso completo de transducción de señales aún no se comprende en todos sus detalles.

³ Véase Rujin Chen, Elizabeth Rosen y Patrick H. Masson, “Gravitropism in higher plants”, *Plant Physiology*, vol. 120, núm. 2 (junio de 1999).

⁴ Véase Ellison B. Blancaflor y Patrick H. Masson, “Plant gravitropism: unravelling the ups and downs of a complex process”, *Plant Physiology*, vol. 133, núm. 4 (diciembre de 2003).

⁵ Fred D. Sack, “Plastids and gravitropic sensing”, *Planta*, vol. 203, núm. 1, suplemento (agosto de 1997).

C. Ejecución del proyecto

Primer ciclo del Proyecto de Instrumentos de Ingravidez (2013-2015)

27. La convocatoria del primer ciclo se anunció el 1 de febrero de 2013. Cuando venció el plazo, el 30 de mayo de 2013, se habían recibido 28 candidaturas válidas de todas partes del mundo. Tras un minucioso examen realizado por el Grupo Asesor de Ciencias y los expertos en programas de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, se seleccionaron para participar en el proyecto 19 escuelas e instituciones de los siguientes 12 países: Chile, China, Ecuador, Ghana, Irán (República Islámica del), Iraq, Kenya, Malasia, Nigeria, Pakistán, Tailandia y Viet Nam. Las propuestas de 7 de los candidatos seleccionados tenían fines educativos, otras 6 eran de investigación y las 6 restantes estaban destinadas a actividades tanto educativas como de investigación. En el anexo I figura una lista de las instituciones participantes.

Segundo ciclo del Proyecto de Instrumentos de Ingravidez (2014-2016)

28. El segundo ciclo del proyecto se puso en marcha con el anuncio de la convocatoria hecho el 1 de enero de 2014. En este ciclo, de un total de 18 candidaturas válidas, se seleccionaron 13 escuelas e instituciones de los siguientes 12 países para que se sumaran al proyecto: Belarús, Brasil, China, España, Estados Unidos de América, Honduras, India, Nepal, Nigeria, Pakistán, Perú y República Popular Democrática de Corea. Las propuestas de 3 de los candidatos seleccionados tenían fines educativos, otras 7 eran de investigación y las 3 restantes estaban destinadas a actividades tanto educativas como de investigación. En el anexo II figura una lista de las instituciones participantes.

Tercer ciclo del Proyecto de Instrumentos de Ingravidez (2015-2017)

29. La convocatoria del tercer ciclo del proyecto se anunció el 1 de enero de 2015 y el plazo se cerró el 30 de abril de 2015. Presentaron sus candidaturas 42 instituciones de todo el mundo. Expertos de la Iniciativa sobre Tecnología Espacial en Beneficio de la Humanidad y miembros del Grupo Asesor de Ciencias se encargaron del proceso de evaluación, que duró tres meses, tras el cual se seleccionaron 13 propuestas de proyectos procedentes de los siguientes 8 países: Argelia, Brasil, Chile, Etiopía, Francia, Nigeria, Pakistán y República de Corea. En el anexo III figura una lista de las instituciones participantes.

30. El equipo de la Iniciativa sobre Tecnología Espacial en Beneficio de la Humanidad, en colaboración con el Grupo Asesor de Ciencias, elaboró informes anuales durante el primer y el segundo ciclo para publicar los primeros resultados del proyecto. Las instituciones participantes están desempeñando un importante papel en la difusión de los resultados obtenidos en el proyecto, al objeto de aumentar el interés por la ciencia espacial y las actividades relacionadas con la exploración del espacio y de iniciar nuevas actividades educativas y científicas en el marco del proyecto.

III. Investigaciones científicas y actividades educativas

A. Efectos de la microgravedad simulada sobre el crecimiento de las plantas

31. La Universidad Técnica Federico Santa María de Chile estudió los efectos de la gravedad sobre la germinación y el crecimiento inicial de las siguientes cinco plantas: *Solanum lycopersicum* (tomate), *Lactuca sativa* (lechuga), *Capsicum annuum* (pimiento picante), *Raphanus sativus* (rábano) y *Spinacia oleracea* (espinaca).

32. El Centro de Recursos de Agua y Suelo del Ministerio de Ciencia y Tecnología del Iraq examinó la hipótesis de que las plantas expuestas a microgravedad tienen propiedades de crecimiento más débiles utilizando las especies *Oryza sativa* (arroz jazmín y la variedad de arroz Amber 33), *Triticum aestivum* (trigo), *Hordeum vulgare* (cebada), *Panicum americanum* (mijo) y *Pisum sativum* (guisante). Se observó que los grupos testigo sometidos a 1 g tenían una mejor tasa de crecimiento de las raíces que los grupos clinorrotados, y que entre ambos grupos había una diferencia notable en la cantidad de aminoácidos.

33. La Universidad Técnica de Kenya estudió los cambios morfológicos, histológicos e histoquímicos en diversos tejidos de *Phaseolus aconitifolius* (frijol makusta). Se constató que las raíces crecían mucho más rápido en condiciones de microgravedad simulada que cuando estaban sometidas a 1 g, y que en las condiciones de microgravedad simulada la dirección del crecimiento de las raíces era aleatoria.

34. La Agencia Espacial Nacional de Malasia, sirviéndose del clinostato, realizó experimentos de crecimiento de las plantas con judías verdes y dos tipos de arroz (MR219 y 269) a fin de confirmar los métodos experimentales antes de realizar experimentos similares junto con estudiantes de dos escuelas de Kuala Lumpur. La Sekolah Menengah Kebangsaan Convent Bukit Nanas estudió los efectos de la microgravedad en las judías verdes y en *Oryza sativa* (arroz), y la Sekolah Menengah Sains Alam Shah, los estudió en el maíz y las judías verdes.

35. El personal del Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícolas de Malasia también investigó los efectos de la clinorrotación sobre la germinación y la morfología de las plántulas utilizando *Oryza sativa* var. MR269 (arroz asiático), *Capsicum annuum* var. MC11 (pimiento picante), *Cucumis sativus* var. MTi (pepino), *Carica papaya* var. Eksotika (papaya) y *Vigna angularis* (frijol adzuki). Se observó que una clinorrotación lenta producía más efectos positivos sobre la germinación de las plántulas que una clinorrotación rápida.

36. La Universidad Federal de Lafia, en Nigeria, estudió el efecto de la gravedad sobre las siguientes plantas autóctonas de África occidental: *Amaranthus* spp. de color blanco y negro (amaranto), *Digitaria* spp. (fonio) y *Sesamum indicum* (sésamo). Se confirmó que todas las plantas mostraban un menor ángulo de curvatura de las raíces, lo que indica una respuesta positiva a la microgravedad simulada.

37. El Centro Regional Africano de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales de Nigeria llevó a cabo actividades educativas en diez escuelas públicas del estado de Osun, organizando cursos prácticos introductorios, sesiones de laboratorio, presentaciones de carteles y sesiones de evaluación. Los alumnos estudiaron los efectos de la gravedad sobre las judías de careta, los frijoles de vaca, el maíz de Guinea, el maíz, el mijo, el quimbombó, el arroz y el trigo.
38. El Centro Nacional de Investigación Agrícola del Pakistán estudió los efectos de la gravedad sobre tres tipos diferentes de arroz: IR6, super basmati y Nipponbare, y observó que, sometidas a clinorrotación, las raíces crecían en direcciones aleatorias.
39. La Comisión de Investigaciones Espaciales y de la Alta Atmósfera del Pakistán examinó el gravitropismo en las raíces de los rábanos blancos y rosa y los guisantes. También investigó el gravitropismo en los retoños de caléndula y el fototropismo en los retoños de *Conocarpus* spp.
40. El Organismo de Geoinformática y Desarrollo de la Tecnología Espacial de Tailandia estudió los efectos de la gravedad sobre el crecimiento de las raíces del frijol mung. También empleó el clinostato como instrumento didáctico para enseñar la ciencia de la microgravedad a los estudiantes.
41. La Universidad de Hanói en Viet Nam estudió el crecimiento de las judías verdes desde que germinan hasta que brotan. Las semillas se plantaron en el suelo tras haber sido clinorrotadas. Se observó que el grupo testigo sometido a 1 g brotaba mucho más rápido que las muestras clinorrotadas.
42. El Instituto de Investigación Científica de Tay Nguyen, en Viet Nam, investigó la germinación, el crecimiento inicial y el desarrollo de *Hibiscus sagittifolius* en condiciones de microgravedad simulada. Se constató que la tasa de germinación y la multiplicación de los retoños eran mejores en las muestras clinorrotadas que en las semillas del grupo testigo sometido a 1 g.
43. El Instituto de Fisiología de la Academia Nacional de Ciencias de Belarús estudió los efectos de la microgravedad sobre las semillas de tres plantas: *Pisum sativum* (guisante), *Oryza sativa* (arroz) y *Lepidium sativum* (mastuerzo) y llegó a la conclusión de que las tres plantas crecían bien en condiciones de microgravedad simulada.
44. La Universidad Nacional Autónoma de Honduras investigó los efectos de la gravedad sobre el crecimiento de las plantas mediante observaciones morfológicas y exámenes microscópicos. Se utilizaron las siguientes semillas: *Phaseolus vulgaris* (frijol común); *Phaseolus acutifolius* (frijol trigo); *Phaseolus lunatus* (frijol de media luna); *Vigna unguiculata* (frijol de vaca); y *Sorghum bicolor* (sorgo). Se observó que, en condiciones de microgravedad simulada, *Phaseolus vulgaris* mostraba variaciones perceptibles en su estructura celular con respecto a la del grupo testigo sometido a 1 g.
45. La Universidad Maharaja Sayajirao de Baroda, en la India, estudió los efectos de la gravedad sobre el crecimiento de las raíces de *Cicer arietinum* (garbanzo) y *Sorghum bicolor* (sorgo), así como sobre la regeneración de los retoños de *Solanum nigrum* (hierba mora). Se observó que la curvatura media de las raíces se reorientaba y reducía cuando las plantas habían sido sometidas a microgravedad simulada.

46. El Smt. Kasturbai Walchand College de la India estudió el efecto de la microgravedad simulada sobre la germinación de *Phaseolus aureus* (frijol mung), *Lens culinaris* (lenteja) y *Vigna aconitifolia* (frijol makusta).

47. El Instituto Nuclear de Alimentación y Agricultura del Pakistán estudió los efectos de la gravedad sobre la germinación de *Cicer arietinum* (garbanzo), *Vigna mungo* (frijol negro), *Raphanus sativus* (rábano) y *Helianthus annuus* (girasol). También tiene previsto investigar la transmisión de la enfermedad de la punta negra de la semilla a la plántula en condiciones de microgravedad simulada.

48. El Centro de Investigaciones Biológicas de España llevó a cabo actividades educativas para mostrar los efectos de la gravedad sobre el crecimiento de plántulas de *Brassica rapa* mediante una comparación de los resultados experimentales obtenidos en tierra con los resultados del experimento Seedling Growth-2 realizado a bordo de la Estación Espacial Internacional.

B. Efectos de la microgravedad simulada sobre las actividades celulares

49. La Universidad de Beihang, en China, investigó los efectos de la microgravedad simulada sobre el sistema de enzimas antioxidantes de plántulas de *Triticum aestivum* (trigo) a fin de comprender el impacto de la microgravedad en uno de los cultivos de cereales fundamentales, que son elementos importantes del sistema biorregenerativo para los vuelos espaciales de larga duración. Se observó que la peroxidasa, la superóxido dismutasa y la catalasa, que son enzimas importantes relacionadas con la resistencia de las plantas, eran notablemente más abundantes en las muestras clinorrotadas que en el grupo testigo sometido a 1 g.

50. La Universidad Tarbiat Modares de la República Islámica del Irán también investigó los efectos de la microgravedad sobre algunas plantas del Irán midiendo las actividades de las enzimas antioxidantes. Se emplearon las siguientes plantas: *Peganum harmala*, *Anthemis mazandaranica*, *Artemisia khorassanica*, *Salsola crassa*, *Malva sylvestris* y *Suaeda fruticosa*. En comparación con las muestras del grupo testigo sometido a 1 g, se observó que las muestras clinorrotadas presentaban, en el caso de *Peganum harmala*, una reducción notable de la actividad de la superóxido dismutasa; en el de *Malva sylvestris*, un considerable aumento de la superóxido dismutasa; y en el de *Salsola crassa* y *Suaeda fruticosa*, ninguna actividad significativa de la superóxido dismutasa.

51. El Centro de Recursos de Agua y Suelo del Ministerio de Ciencia y Tecnología del Iraq investigó los efectos de la gravedad en el crecimiento de las raíces y en los aminoácidos de plantas de maíz, *Pisum sativum* (guisante), *Panicum americanum* (mijo perla), arroz jazmín y la variedad de arroz Amber 33. Se observó que los aminoácidos de las muestras clinorrotadas tenían características muy distintas a las del grupo testigo sometido a 1 g.

52. La Universidad de Chongqing, en China, investigó los efectos de la microgravedad simulada sobre la migración de células troncales mesenquimales de la médula ósea, que muchos consideran posibles agentes para la reparación y la regeneración de tejidos debido a su gran capacidad de autorrenovación y migración y a su carácter pluripotente. Las células troncales mesenquimales de la médula ósea

son un importante progenitor, y también son células de soporte que tienen la capacidad intrínseca de autorrenovarse y diferenciarse en múltiples tipos de células, y pueden ser una fuente importante de osteoblastos. La investigación determinó que la microgravedad simulada inhibía la migración de esas células, lo que podría contribuir a la pérdida ósea causada por la microgravedad.

C. Efectos de la microgravedad simulada sobre los microorganismos

53. La Universidad de São Paulo estudió los efectos de la microgravedad simulada sobre la longevidad de células de levadura mediante experimentos de envejecimiento cronológico en que se midió el tiempo que una célula podía permanecer en estado quiescente sin perder su viabilidad. Se observó que las muestras clinorrotadas presentaban una reducción de la longevidad media y máxima en comparación con las del grupo testigo sometido a 1 g.

54. El Smt. Kasturbai Walchand College de la India estudió los efectos de la microgravedad simulada sobre *Bacillus firmus* y seis cultivos de actinobacterias aislados del lago Lonar, el cráter de impacto más antiguo del mundo, situado en el estado de Maharashtra de la India. Se constató que la microgravedad simulada tenía efectos significativos en las actividades de *Bacillus firmus* y de las actinobacterias.

55. La Universidad Federal de Tecnología de Akure, en Nigeria, investigó los efectos de la microgravedad sobre el patrón de resistencia antibiótica de *Staphylococcus aureus*, aislado de la piel humana. *Staphylococcus aureus* es un patógeno oportunista que el organismo humano a menudo porta en forma asintomática y que se encuentra comúnmente en la tierra, el agua y el aire. Se observó que las condiciones de clinorrotación aumentaban considerablemente la resistencia de *Staphylococcus aureus*.

IV. Conclusiones

56. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre está llevando a cabo el Proyecto de Instrumentos de Ingravidez para brindar a estudiantes e investigadores la oportunidad excepcional de investigar la influencia de la microgravedad simulada sobre distintas muestras y motivarlos a que emprendan nuevos estudios en los ámbitos de la ciencia y la tecnología espaciales.

57. El primer ciclo del proyecto se inició en 2013, y el segundo y el tercer ciclo están actualmente en curso. En total, se ha seleccionado a 45 instituciones de distintas partes del mundo para participar en el proyecto. Las instituciones elegidas están realizando diversos experimentos sobre las ciencias de la vida, para los que utilizan clinostatos que crean condiciones de microgravedad simulada.

58. La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre desea reiterar su gratitud a los países y las instituciones que han hecho contribuciones en efectivo y en especie, y está buscando a nuevos países donantes e institutos de investigación que estén interesados en hacer contribuciones de ese tipo o en prestar apoyo científico y educativo al proyecto. Para ampliar el proyecto a un cuarto ciclo y a otros ciclos sucesivos, es crucial el apoyo de los Estados Miembros. Se invita a los países donantes y los institutos que estén interesados a que se pongan en contacto con la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre.

Anexo I

Instituciones participantes en el primer ciclo del Proyecto de Instrumentos de Ingravidez

	<i>Institución receptora</i>	<i>Lugar</i>	<i>Fin</i>		<i>País</i>
			<i>Educación</i>	<i>Investigación</i>	
1	Academia de Ciencias Aeronáuticas	Av. Santa María 6400, Vitacura, Santiago	–	X	Chile
2	Laboratorio de Biología Ambiental y Tecnología de Apoyo a la Vida, Universidad de Beihang	No. 37, Xueyuan Road, Haidian District, Beijing	X	X	China
3	Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Politécnica del Noroeste	127 Youyi Xilu, Xi'an, Shaanxi Province	X	–	China
4	Instituto Espacial Ecuatoriano	Calle Seniergues E4-676 y General Telmo Paz y Miño, Edf. del Instituto Geografico Militar, Quito	–	X	Ecuador
5	Escuela de Enseñanza Secundaria Superior Tema	Community Two, Tema, Greater Accra	X	–	Ghana
6	Centro de Investigaciones Espaciales del Irán	15th Alley, Mahestan Blvd., Shahrak-e Gharb, Tehran	–	X	Irán (República Islámica del)
7	Centro de Recursos de Agua y Suelo, Dirección de Agricultura, Ministerio de Ciencia y Tecnología	Bagdad	X	X	Iraq
8	Universidad Técnica de Kenya, Facultad de Ciencias Aplicadas y Tecnología	P.O. Box 52428-00200, Nairobi	–	X	Kenya
9	Agencia Espacial Nacional de Malasia (ANGKASA)	National Planetarium, Lot 53, Jalan Perdana, 50480 Kuala Lumpur	X	–	Malasia
10	Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícolas de Malasia	Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor	X	X	Malasia
11	Universidad Federal de Lafia	PMB 146, Lafia, Nasarawa State	X	X	Nigeria
12	Centro Regional Africano de Formación en Ciencia y Tecnología Espaciales, institución anglófona (ARCSSTE-E)	PMB 019, Obafemi Awolowo University Campus, Ile-Ife, Osun State	X	–	Nigeria
13	Centro Nacional de Investigación Agrícola	Park Road, Islamabad	–	X	Pakistán
14	Instituto de Biología Molecular y Biotecnología	Bahauddin Zakariya University, Multan 60800	–	X	Pakistán
15	Comisión de Investigaciones Espaciales y de la Alta Atmósfera del Instituto de Capacitación Técnica del Pakistán	Hub River Road, near Murshid Hospital, Karachi	X	–	Pakistán

	<i>Institución receptora</i>	<i>Lugar</i>	<i>Fin</i>		<i>País</i>
			<i>Educación</i>	<i>Investigación</i>	
16	Organismo de Geoinformática y Desarrollo de la Tecnología Espacial	THEOS Control Ground Station, 88, M.9, Thungsukhla, Chonburi 20230	X	X	Tailandia
17	Escuela Lamthabphachanukhrao	111 Lamthap, Krabi 181120	X	–	Tailandia
18	Facultad de Ciencia y Tecnología Ambientales, Universidad de Ciencia y Tecnología de Hanói	No. 1 Dai Co Viet Street, Hai Ba Trung District, Hanoi	X	–	Viet Nam
19	Departamento de Biología Molecular y Fitogenética, Instituto de Investigación Científica de Tay Nguyen	116 Xo Viet Nghe Tinh, Ward 7, Dalat City, Lam Dong Province	X	X	Viet Nam

Anexo II

Instituciones participantes en el segundo ciclo del Proyecto de Instrumentos de Ingravidez

	<i>Institución receptora</i>	<i>Lugar</i>	<i>Fin</i>		<i>País</i>
			<i>Educación</i>	<i>Investigación</i>	
1	Instituto de Fisiología, Academia Nacional de Ciencias de Belarús	28 Akademicheskaya Street, Minsk 220072	–	X	Belarús
2	Universidad de São Paulo, Facultad de Artes, Ciencias y Humanidades	Av. Arlindo Béttio, 1000, Ermelino Matarazzo, São Paulo	–	X	Brasil
3	Facultad de Bioingeniería, Universidad de Chongqing	No. 174, Shapingba Street, Shapingba District, Chongqing	–	X	China
4	Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales Núm. 1, Instituto de Cultivo de Tejidos Vegetales, Academia de Biotecnología, Academia de Ciencias Estatal	Munsu 3 dong, Taedongang District, Pyongyang	–	X	República Popular Democrática de Corea
5	Universidad Nacional Autónoma de Honduras	Ciudad Universitaria, Blvd. Suyapa, Tegucigalpa	–	X	Honduras
6	Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad Maharaja Sayajirao de Baroda	Pratapgunj, Vadodara 390002, Gujarat	X	X	India
7	Smt. Kasturbai Walchand College, Universidad Shivaji, Kolhapur	Rajnemi Campus, Timber Area, Sangli, Maharashtra	X	X	India
8	Departamento Central de Física, Universidad Tribhuvan	Kirtipur, Kathmandu	–	X	Nepal
9	Departamento de Microbiología, Universidad Federal de Tecnología de Akure	PMB 704, Akure, Ondo State	X	–	Nigeria
10	Instituto Nuclear de Alimentación y Agricultura	G T Road, Peshawar	–	X	Pakistán
11	Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial	Luis Felipe Villaran 1069, San Isidro, Lima 27	X	–	Perú
12	Centro de Investigaciones Biológicas	Calle Ramiro de Maeztu 9, E-28040 Madrid	X	X	España
13	McPherson College	1600 East Euclid Street, McPherson, KS 67460	X	–	Estados Unidos de América

Anexo III

Instituciones participantes en el tercer ciclo del Proyecto de Instrumentos de Ingravidez

	<i>Institución receptora</i>	<i>Lugar</i>	<i>Fin</i>		<i>País</i>
			<i>Educación</i>	<i>Investigación</i>	
1	Centro de Investigación Científica y Técnica sobre las Regiones Áridas (CRSTRA)	Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides, Biskra, Algérie	–	X	Argelia
2	Pontificia Universidad Católica de Rio Grande do Sul	Avenida Ipiranga, 6681, Porto Alegre, RS	–	X	Brasil
3	Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará	Av. 13 de Maio, 2081-Fortaleza, CE	–	X	Brasil
4	Aspen Oncológica LTDA	Rua Ramiro Barcelos 2350, 7° andar sala 733 Porto Alegre, RS	–	X	Brasil
5	Departamento de Biología Celular y Genética, Centro de Biociencias, Universidad Federal de Rio Grande do Norte	Campus Universitario, Lagoa Nova, Natal, RN	X	X	Brasil
6	Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Piauí	Avenida Pedro Marques de Medeiros, s/n. Bairro Pantanal. Picos, PI	–	X	Brasil
7	RTR Co. (laboratorio de investigación acreditado por el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico)	Estrada RS-T 101, Km 157, Mostardas, RS	–	X	Brasil
8	Escuela Calebu	Kilómetro 7 Calebu Interior, Contulmo	X	–	Chile
9	Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Jimma	P.O. Box 378, Jimma	–	X	Etiopía
10	Organismo Nacional de Investigación y Desarrollo Espaciales (NASRDA)	Obasanjo Space Centre, Opposite Pyakasa Junction, Airport Road, PMB 437, Garki, Abuja	X	X	Nigeria
11	Universidad Internacional del Espacio	1 rue Jean-Dominique Cassini, Parc d'innovation, 67400 Illkirch-Graffenstaden		X	Francia
12	Grupo de Bioquímica y Biología Molecular de las Plantas, Departamento de Biociencias, Instituto de Tecnología de la Información de la COMSATS	Bioscience Block, Chak Shehzad Campus, Park Road, Islamabad	X	X	Pakistán
13	Universidad Yonsei	50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul	–	X	República de Corea