

# EXPERIENCIAS EN AMBIENTES DE GRAVEDAD EXTREMA

## Nombre y Apellido de los alumnos participantes:

ARLIA, Rocío	DNI	36.294.458
BAUDI, Nicolás	DNI	36.554.588
CARCHEDI, Matías	DNI	36.156.689
CASTRO, Melisa	DNI	36.594.801
CURBELO, María Soledad	DNI	36.930.224
D'ELIA SILVA, Lucas	DNI	36.765.016
DIAZ CORTEZ, Ximena	DNI	36.684.719
FRANZE, Carla	DNI	36.396.426
IGLESIAS JAEGER, Sofía	DNI	35.473.296
LOMONACO, Christian	DNI	36.402.227
MUÑIZ, Daiana	DNI	35.959.498
OLIVA COCA, Daniel	DNI	36.755.398
PEREZ, Paula	DNI	35.722.964
PIZARRO, Almendra	DNI	36.421.384
SPERANZA, Federico	DNI	37.098.100
TIESSO, Jimena	DNI	36.721.816
ZECCA, Jessica	DNI	36.401.881

3º Año especialidad comunicación informatizada

**Área:** FÍSICA

**Tema:** Experimentos sobre macro y microgravedad

**Autor:** Ing. Pablo M. González – DNI 17.298.863

**Asesores:** Guillermo O. Descalzo (presidente ACEMA) – Ing. Jorge Lassig (Univ. de Comahue) – Prof. Sergio Gesto

**Grupo Astronómico Omega Centauro**  
**INSTITUTO SAN FELIPE NERI A-594**  
**Andalgalá 2264 – 1440 – Ciudad de Buenos Aires**  
**T.E. 4687-0685 / 0713**

# **EXPERIENCIAS EN AMBIENTES DE GRAVEDAD EXTREMA**

## **ÍNDICE**

<b>Resumen</b>	<b>2</b>
<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>Desarrollo</b>	<b>3</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>8</b>
<b>Aplicación de los resultados – Proyección</b>	<b>8</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>9</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>9</b>

## EXPERIENCIAS EN AMBIENTES DE GRAVEDAD EXTREMA

Ing. Pablo M. González

*Grupo Astronómico Omega Centauro - INSTITUTO SAN FELIPE NERI A-594*

Andalgalá 2264 – 1440 – Ciudad de Buenos Aires - T.E. 4687-0685 / 0713

[www.gaoc.com.ar](http://www.gaoc.com.ar) - gaoc@ciudad.com.ar

### RESUMEN

El siguiente trabajo tiene por objeto exhibir la tarea realizada por alumnos y docentes de escuela media en el campo de las ciencias espaciales, haciendo énfasis en el concepto de gravedad, estudiando sus efectos en ambientes donde el vector incrementa su valor o lo disminuye a valores mínimos. Para abordar este fenómeno se construyeron una serie de aparatos específicos para estudiar los efectos de la microgravedad en el crecimiento de vegetales, para monitorear experimentos en caída libre y para registrar las aceleraciones máximas en un cohete mediante un acelerómetro mecánico.

Cabe aclarar que este informe tiene un carácter **descriptivo y resumido** de todas las experiencias, cuyo desarrollo detallado puede consultarse contactando al autor.

### 1.- INTRODUCCIÓN

A pesar de que la enseñanza ciencias espaciales ha tenido un incremento sostenido en los últimos años, todavía no se ha impuesto dentro de nuestro sistema educativo mas que como talleres aislados dentro de materias curriculares, como Física, Tecnología, Taller, etc. Nos propusimos entonces realizar experimentos en ambientes de microgravedad ( $\mu g$ ) y macrogravedad ( $Mg$ ), tratando de registrar sus efectos.

Trabajamos en forma curricular dentro de la asignatura **Física** de 3° año y en el marco de un taller que funciona en el colegio desde 1996, llamado **Grupo Astronómico Omega Centauro** (GAOC).

El GAOC está formado por alumnos y docentes, y su objetivo principal es el estudio y difusión de las ciencias espaciales. Fundamentalmente, se realizan trabajos teórico-prácticos sobre astronomía y ciencias del espacio, haciendo hincapié en la observación astronómica. Pero el clima de Buenos Aires y sus alrededores (muy nublado) no permite la realizar observaciones regulares. Debido a que el grupo también realiza actividades prácticas en horario diurno, nos propusimos crear una sección específica para llevar adelante proyectos relacionados con la astronáutica. La mejor forma de llevarlo a cabo fue a través de la cohetería modelo.

#### Breve marco teórico

La fuerza de gravedad domina los procesos físicos sobre la superficie terrestre y está presente en todo lo que realizamos en nuestra vida diaria. Sin embargo esta enmascara el verdadero comportamiento de muchas propiedades físicas, distorsionándolas.

A nuestros efectos, se considera macrogravedad a todo valor superior a la aceleración de la gravedad terrestre ( $9,81m/s^2$ ) y microgravedad, a todo valor inferior. Para poder experimentar con valores superiores al de  $g$  debemos proporcionar una aceleración superior a la misma a nuestro experimento. En el caso de la microgravedad, la forma de obtenerla en nuestro planeta es mediante torres de caída libre o vuelos parabólicos en aeronaves.

## Metodología

Para comenzar a experimentar en ambientes de gravedad extrema, fue necesario construir un sistema completo, que incluyera no sólo los cohetes, sino la rampa y el sistema de encendido o ignición. Cada uno de estos subsistemas tenía un grado diferente de dificultad técnica y costos asociados. Pero ninguno de ellos representó una dificultad insalvable, y constituyeron una experiencia invaluable para obtener una visión en conjunto de un sistema integral de lanzamientos. Se utilizaron elementos livianos de fácil obtención y relativamente económicos, y los cohetes se impulsaron con motores comerciales de la firma argentina Condor-Tec.

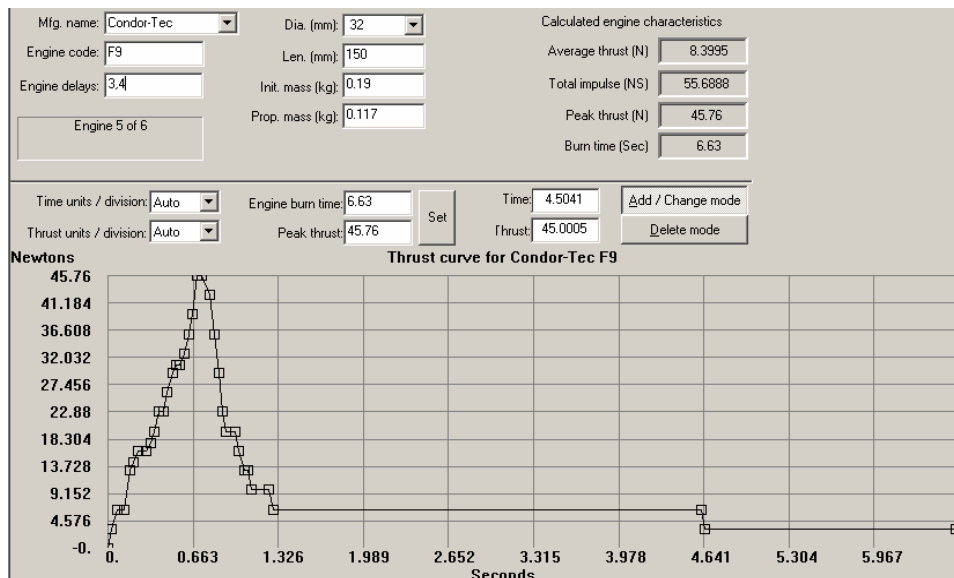
Por otra parte, se construyeron los aparatos para experimentar en microgravedad, consistentes en un clinostato realizado con una bandeja giradiscos en desuso, una batería y una fuente de alimentación, y un dispositivo para realizar pruebas en caída libre, consistente en una caja con una microfilmadora y los mecanismos para elevarla y lanzarla.

## 2.- DESARROLLO

### MACROGRAVEDAD (Mg)

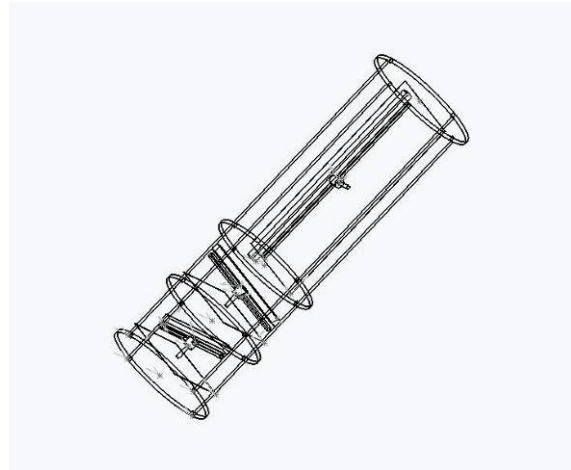
El Proyecto RIGEL consistió en la construcción, prueba y lanzamiento de un acelerómetro mecánico de un eje (z) con un sistema simple de registro. Este proyecto se enmarca dentro del Proyecto CanSat de la Asociación de Cohetería Experimental y Modelo de la Argentina (ACEMA). CANSAT es una idea que tiene por objeto adaptar y trasladar a nuestro país, una experiencia exitosa realizada en entidades educativas de los Estados Unidos. La experiencia en si misma consiste en transportar paquetes de carga útil desarrollados por estudiantes con cohetes provistos por grupos civiles de aficionados. Estos paquetes de carga (que en principio son simples experimentos tales como radiotransmisores para seguimiento o sistemas de captura de datos, por ejemplo) son construidos y suministrados por los integrantes de la comunidad educativa de nivel secundario, terciario o de especialidades no necesariamente relacionadas con actividades aeronáuticas para ser integrados en los cohetes de la ACEMA.

La experiencia de macrogravedad se produce principalmente en la primera fracción de segundo de empuje de estos cohetes, donde la aceleración es máxima, como puede verse en la curva de empuje de un motor F-9:

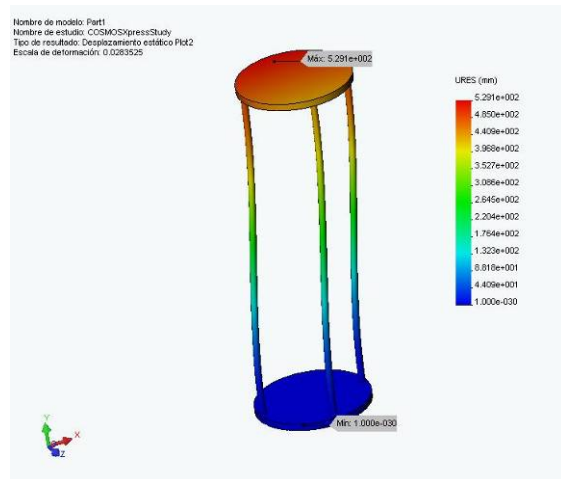


Construimos entonces dos acelerómetros:

**Cansat #3 (S/N):** Desarrollamos un CANSAT para registrar aceleraciones máximas en un solo eje (correspondiente a la dirección de vuelo) y se construyó un cohete de dos etapas, bautizado ENERGIA, dentro de las normas para los Sistemas de Lanzamiento Múltiples (SLM 2005) fijados a principios de año por la ACEMA. El lanzamiento se produjo el 19 de diciembre de 2005 en el partido de San Vicente, Buenos Aires. Si bien el cohete tuvo un óptimo vuelo, la falla del paracaídas hizo que se dañara este Cansat, y a pesar de obtener el registro no se pudo validar el experimento.



**Cansat #4 (Rigel):** Para poder verificar el funcionamiento de un acelerómetro mecánico, esta vez construimos un nuevo contenedor metálico y tapas de material compuesto, capaz de resistir altos impactos. Este nuevo aparato constaba de un resorte calibrado (constante elástica  $K = 1.1 \text{ mm/g}$ ) un registrador que marcaba a ambos lados de una cinta de papel la aceleración. Si bien existía algún rozamiento, el registro máximo llegó a 7,5 g, lógicamente inferior al valor teórico de 9 g.



Se realizó el lanzamiento en el partido de San Vicente el 19 de diciembre de 2006 en dos cohetes del GAOC (ANTARES 2 y ENERGIA 2) y en el vector MICROSONDA (UTN-CITEFA).



## MICROGRAVEDAD ( $\mu g$ )

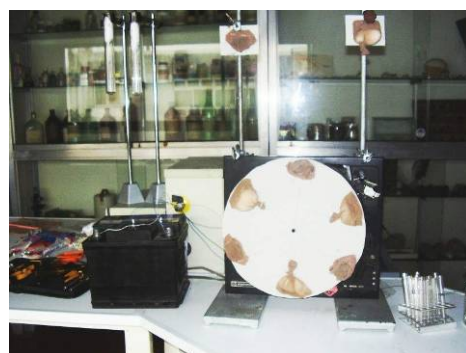
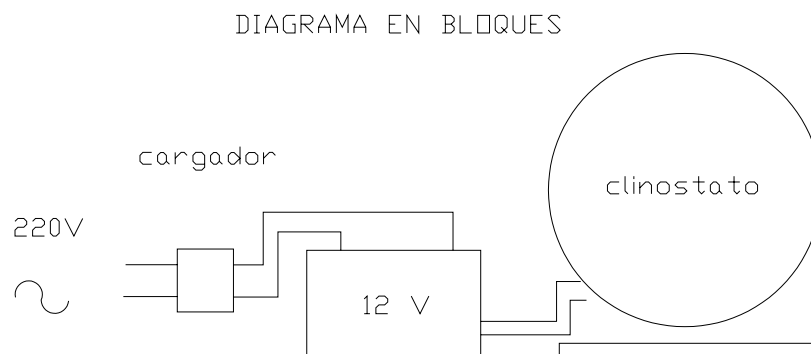
Para simular los efectos de la microgravedad, realizamos dos conjuntos de experiencias:

### A- Clinostato para crecimiento vegetal en microgravedad

Consiste en un dispositivo giratorio dispuesto en forma vertical, de forma tal de alojar las muestras de semillas a germinar sobre él para simular la falta de aceleración de la gravedad. Esto sucede porque el vector  $g$  es cambiado constantemente de su posición vertical, de forma tal que en un giro completo la suma de aceleraciones sea nula. Nuestra hipótesis se basa en el hecho de que las plantas durante su crecimiento generan una hormona llamada *auxina*, responsable del geotropismo y la orientación de las raíces y tallos. Si la fitohormona no puede detectar el sentido del vector gravedad, crecerán sin una dirección preferente. Para lograr esto se debe rotar la muestra con una velocidad tal que se compense la aceleración centrípeta con el valor de  $g$ , en nuestro caso:

$a = (2.\pi f)^2 r$  , siendo  $f$ : frecuencia de giro y  $r$ : radio de giro.

Para una frecuencia de 78 rpm (1,3 vueltas por segundo) y un radio de 0,1475 m obtenemos un valor de aceleración de  $9,81 \text{ m/s}^2$  .



Se dispusieron semillas de dos tipos: lentejas (*Lens Culinaris Medik*) y porotos (*Phaseolus vulgaris*) sobre el disco giratorio durante una semana, deteniendo el

giro sólo para regar las muestras. Además, se dispusieron testigos para comparar los resultados. Finalmente se midieron los ángulos entre tallo y raíz (angularidad) de cada semilla obteniendo los siguientes resultados:

Muestra #	Angularidad (°)
1	20
2	45
3	70
4	-
5	90
6	110



### B – Experimentos en caída libre

Se realizaron una serie de experiencias demostrativas para verificar los efectos de la microgravedad durante el tiempo de caída libre de una serie de fenómenos físicos. Se construyó una caja para alojar los ensayos y la microcámara registradora, capaz de grabar en memoria flash algunos segundos de video con una resolución de 640x480 píxeles a 9 fps.



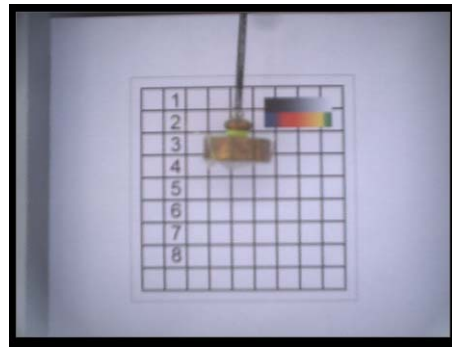
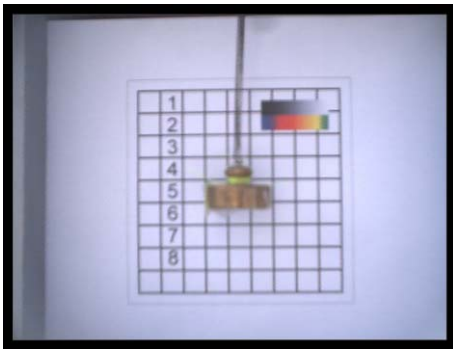
La caja se arroja a una altura de 7,5 metros, lo que proporciona 1,24 segundos de gravedad cero, los cuales se registraron en forma exacta con la cámara.

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,5m}{9,81m/s^2}} = 1,24s$$



### Experimento #1: Resorte calibrado

Un resorte, cuya calibración arrojó una constante de deformación o índice de elasticidad de  $k = 0,1 \text{ cm/g}$  fue sometido a caída libre con un peso de 25 gramos.

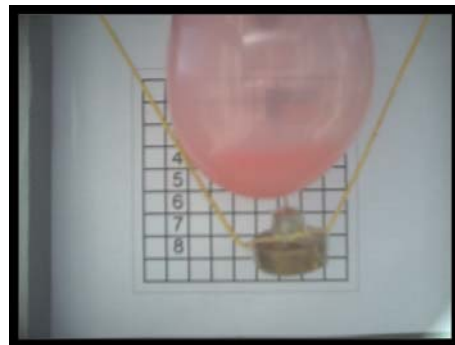
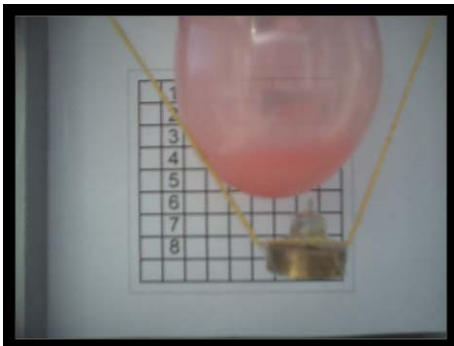


$\mu\text{g}$

Pudo comprobarse que en el momento de caída libre, la deformación fue de sólo 0,5 cm, correspondiente a un valor de  $g = 0,2$ .

### Experimento #2: Efectos de la falta de peso en un mecanismo simple

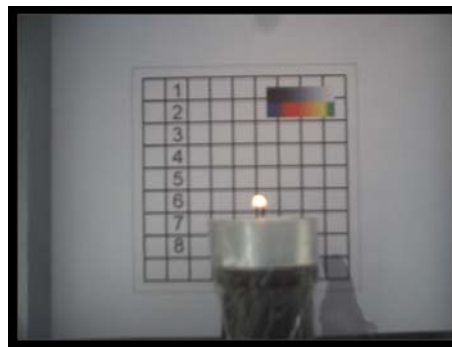
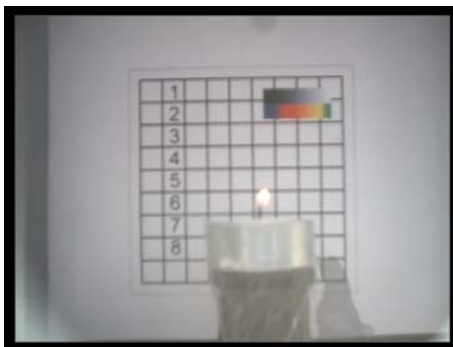
A fin de ilustrar la pérdida momentánea de peso, se dispuso de un globo con un objeto punzante colgado en forma independiente en su parte inferior, para intentar registrar la explosión del primero cuando el segundo alcance su posición de ingravidez.



A pesar de haber efectuado el experimento dos veces, no pudo verificarse la explosión, posiblemente por la alineación y la falta de filo del alfiler.

### Experimento #3: Llama en ingravidez

Una llama de una vela, al someterse a ingravidez, experimenta un fenómeno de difusión de sus gases que disminuye su temperatura a un valor crítico y termina por extinguirse.

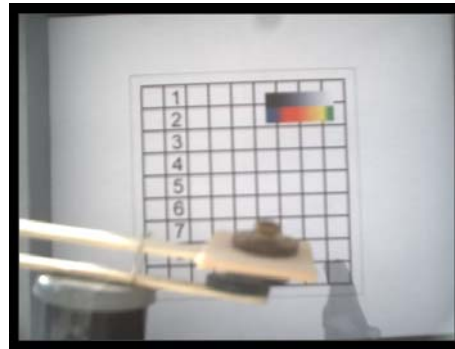
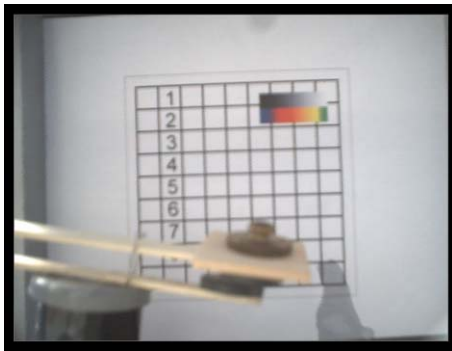




Si bien se observó una disminución de la llama, no se dispuso de suficiente tiempo para que se extinguiera

#### **Experimento #4: Balanza magnética**

Dos imanes al enfrentarlos con la misma polaridad, se repelen. Se ideó un mecanismo para estabilizar la posición y obtener una balanza magnética. Al cargarla con un peso de 10 gramos, la repulsión prevaleció sobre la carga y con un huelgo mínimo se realizó la caída libre.



En el registro de video apenas si puede observarse una deflexión vertical, producto de un instante de ingravidez.

### **3.- CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos mediante esta metodología validan las hipótesis propuestas, pero son preliminares. Si bien se pudieron registrar los efectos en los ambientes de gravedad extrema, se deben refinar los instrumentos y los métodos, a fin de conseguir resultados más precisos. En este sentido continúan las pruebas con el clinostato con del objeto de reducir los efectos de la aceleración centrípeta (orientando las muestras sobre el eje de rotación) y ampliando los períodos de germinación. Con respecto a las experiencias de caída libre, se procurarán lanzamientos desde mayores alturas para lograr tiempos de microgravedad mas prolongados y se cambiará el tipo de cámara a fin de mejorar los registros de video.

### **4.- APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS - PROYECCIÓN**

Las experiencias realizadas ilustran los problemas a los que debe enfrentarse el ser humano en la colonización del espacio, cuales son sus limitaciones y las posibilidades que ofrece un ambiente en el que los efectos gravitatorios sean mínimos. Todos los procesos físicos, químicos y biológicos sobre la superficie de la Tierra están regidos por la gravedad. Los experimentos realizados hasta el momento por las principales agencias espaciales han abierto un sinnúmero de posibilidades en los siguientes campos:

- Ciencia de los materiales
- Crecimiento y comportamiento de seres vivos
- Dinámica de fluidos
- Crecimiento de cristales

Estos ejemplos constituyen solo algunos de una nueva serie de ciencias aplicadas. La estación espacial internacional constituye una plataforma privilegiada para investigar estos fenómenos. En nuestro país, la Universidad del Comahue cuenta con el único laboratorio dedicado a estudiar la microgravedad, dirigido por el Ing. Lassig, el cual ha efectuado varias pruebas junto con la Asociación Argentina de Tecnología Espacial (AATE).

## 5.- BIBLIOGRAFÍA

SHEARER D.A. y VOGT, G. L. (1999). **ROCKETS: A Teacher's Guide with Activities In Science, Mathematics, and Technology.** *Education Working Group NASA Johnson Space Center.*

CANNON, R. L. (1974). **Projects in model rocketry.** *ESTES, Centuri Corporation.*

DESCALZO, G. (2005). **Proyecto SLM/Cansat.** *Actas del III Congreso de Tecnología Espacial, Córdoba 2005.*

VOGT, G. et al (1995). **MICROGRAVITY. Teacher Guide with activities for Physical Science.** *Nacional Aeronautics and Space Administration*

THODE, B, et al (2001). **Microgravity: Earth and Space.** *National Aeronautics and Space Administration. ITEA*

GESTO, S. (2006). **Crecimiento vegetal en microgravedad.**

## 6.- AGRADECIMIENTOS

El siguiente trabajo ha sido posible gracias al apoyo del Instituto San Felipe Neri, el cual aportó gran parte de los recursos y el tiempo para su realización. Deseamos agradecer personalmente al personal docente del mismo por su colaboración y a su director, el Lic. Marcelo Fernández.

En lo concerniente al asesoramiento y apoyo logístico fuera del ámbito del colegio, este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de la ACEMA y su presidente, Guillermo Descalzo, quién nos brindó su experiencia desde nuestros comienzos en el campo de la cohetaría, en el año 2003. El Ing. Lassig nos brindó su asesoramiento en la parte de microgravedad y estamos en deuda también con él. Finalmente, el profesor Sergio Gesto nos ayudó en forma desinteresada con el proyecto de crecimiento vegetal en microgravedad, dado que realizó previamente esta experiencia en forma mucho más completa y con excelentes resultados.