

# La microgravedad y su importancia en la investigación científica

**Roberto Zenit**

Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM

La gravedad es una parte de nuestra vida cotidiana, tan común que muy rara vez pensamos en ella. Sin embargo, su efecto está presente en toda actividad humana. Cada vez que lanzamos o dejamos caer algo, podemos “ver” a la gravedad en acción.

En varios libros de introducción a la física, nos encontramos con la, seguramente falsa, historia de Sir Isaac Newton sentado debajo de un árbol y siendo golpeado por una manzana que cae del árbol. La manera en que la teoría de la gravitación se desarrolló fue probablemente mucho más compleja. Sin embargo, a través de este ejemplo nos es fácil relacionar el concepto de la fuerza de gravedad con un suceso cotidiano. Aunque no tuviésemos conocimiento alguno en física, esperaríamos ver que una manzana cae si la rama que la sostiene se rompe. En la superficie de la Tierra esperaríamos que durante esta caída, la manzana se acelerara a una razón de aproximadamente  $9.8 \text{ m/s}^2$ .

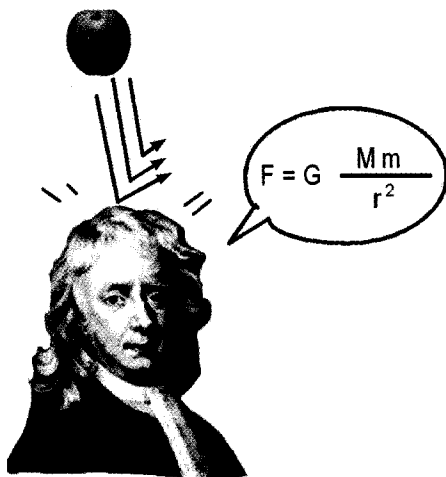


Figura 1. Sir Isaac Newton y su manzana.

## ¿Manipular a la gravedad?

En la superficie terrestre, la gravedad afecta el comportamiento de la gran mayoría de los procesos físicos. Muchos de estos procesos están “contaminados” por la gravedad. Un entendimiento completo de muchos fenómenos sólo podría alcanzarse si, de alguna manera, el efecto de la fuerza de gravitación se eliminara. Para los científicos teóricos eliminar la fuerza de gravedad es ligeramente más sencillo que para aquellos que realizan investigación experimental.

En décadas recientes el hombre ha logrado manipular el efecto de esta fuerza. A un ambiente en el cual se logra reducir o eliminar el efecto de la gravedad se le ha denominado ambiente de microgravedad ( $\mu\text{g}$ ). La agencia norteamericana *National Aero Space Administration* (NASA)<sup>1</sup> ha sido líder en el desarrollo de laboratorios capaces de producir ambientes de microgravedad.

Períodos breves de microgravedad pueden crearse dejando caer objetos desde estructuras altas. En el Centro de Investigación Lewis de la NASA en Cleveland, Ohio, existe una *torre de caída* de 132 metros de altura. En estas instalaciones se pueden producir, de manera controlada, hasta 5.2 segundos de microgravedad. Puesto que para realizar experimentos se evacua el aire dentro de la torre, hasta alcanzar una presión de  $10^{-2}$  torr, se reducen los efectos de arrastre aerodinámico y se pueden alcanzar ambientes de hasta  $10^{-5} \text{ g}$ .

Utilizando aviones se pueden alcanzar períodos mas largos de microgravedad. El Centro Johnson de la NASA en Houston, Texas, opera un avión KC-135,

similar a un Boeing 747, para la realización de experimentos y para el entrenamiento de astronautas. En estos aviones sólo se pueden generar ambientes ingravidos del orden de  $10^{-3}$  g, pues los efectos aerodinámicos no pueden eliminarse; la gran ventaja que poseen sobre las torres de caída es que el período de gravedad reducida puede ser de hasta 30 segundos. Para lograr el ambiente  $\mu$ g, el KC-135 asciende a un ángulo de  $45^\circ$ , después sigue una trayectoria parabólica y posteriormente desciende de nuevo a un ángulo de  $45^\circ$ . Durante la parábola, la aceleración centrípeta generada por la trayectoria curvilínea cancela la aceleración gravitacional y se produce el ambiente de gravedad reducida. En las etapas de ascenso y descenso, la tripulación esta expuesta a ambientes de aproximadamente 2.5 g. Un vuelo típico consta de alrededor de 40 parábolas.

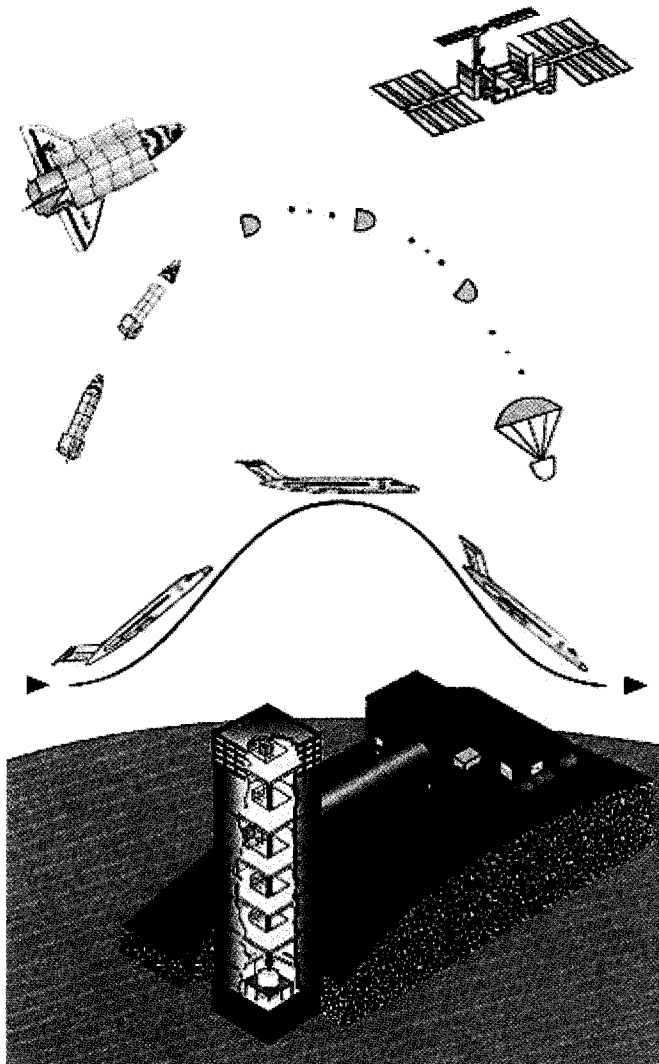


Figura 2. Esquema de los métodos para lograr ambientes de gravedad reducida.

Cohetes pequeños, en trayectorias suborbitales, se utilizan para lograr ambientes de gravedad reducida más largos, de hasta 6 minutos. Éstos también siguen una trayectoria parabólica, durante la cual se produce el ambiente de microgravedad. Puesto que la trayectoria se traza en los altos niveles de la atmósfera, los efectos aerodinámicos son casi despreciables y los ambientes de gravedad son del orden de  $10^{-5}$  g.

Todas estas tecnologías tienen un problema común: sólo pueden generar ambientes de gravedad reducida por períodos breves. Aunque muchos experimentos se pueden llevar a cabo en períodos breves de ingravidez, muchos otros requieren de tiempos mucho más largos de estudio. Para lograr ambientes de microgravedad de días, semanas o meses, es imprescindible salir de la Tierra. El ambiente de microgravedad más familiar, debido a la cobertura mediática, es el que experimentan los astronautas en el trasbordador o la estación espacial en órbita. Un error común es creer que el ambiente de ingravidez en estas naves es el resultado de la ausencia de gravedad en el espacio. De hecho, a una altitud de 320 Km., que es a la cual orbita el trasbordador, el efecto de la gravedad es aproximadamente 90% de su valor en la superficie de la Tierra. El ambiente de ingravidez que experimentan estas naves es, en realidad, el resultado de que éste se encuentra en estado de caída libre permanente alrededor de la Tierra (la aceleración centrípeta, asociada con un movimiento curvilíneo en órbita, iguala a la aceleración gravitacional).

### Investigación científica en microgravedad

Gracias a la manipulación del efecto de la gravedad, se han logrado avances importantes en varias ramas científicas. Un laboratorio en el cual se pueda generar un ambiente de microgravedad presenta una oportunidad única para investigar estados fundamentales de la materia. La microgravedad permite a los científicos observar y explorar fenómenos y procesos que estarían completamente velados por los efectos de la gravedad.

La oficina de la Vida y las Ciencias Microgravitacionales<sup>2</sup> de la NASA se encarga de coordinar y ejecutar investigaciones científicas que necesiten de un ambiente de microgravedad para alcanzar sus objetivos.

La División de Investigación en Microgravedad (MRD) se encarga de supervisar el desarrollo de las investigaciones en física, química y biología en ambientes de gravedad reducida. El reto de este programa es apoyar a proyectos científicos que sean prometedores y de gran relevancia. Los resultados experimentales de los proyectos apoyados por la MRD sirven para validar o poner a prueba teorías científicas contemporáneas, para identificar y describir nuevas fenomenologías que pudiesen ser únicamente observadas en ambientes ingravidos y para propiciar el desarrollo de nuevas teorías que resulten del descubrimiento de nuevos conocimientos. A continuación se muestran algunos ejemplos del tipo de resultados que pueden obtenerse realizando experimentos en ambientes de gravedad reducida.

### Investigación en biotecnología

Científicos en esta área usan su conocimiento general en biología para resolver problemas tecnológicos específicos. En particular, este programa de la NASA ha trabajado para resolver el problema de hacer crecer cristales proteicos de alta calidad, pues esto es de vital importancia para la investigación médica. El obstáculo más importante para alcanzar estos objetivos es precisamente el efecto de la gravedad.

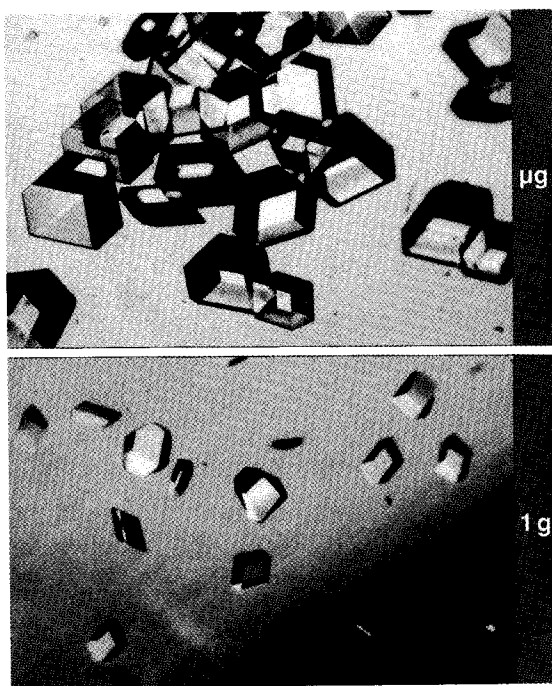


Figura 3. En la fotografía se muestra una comparación de cristales de insulina humana fabricados en la superficie de la Tierra (1 g) y en un laboratorio de microgravedad ( $\mu$ g). Estos últimos son mucho más grandes y puros.

### Investigación en combustión

La combustión ocurre cuando un combustible, un oxidante y una ignición (o chispa) se combinan. Esta combinación arranca una reacción química que produce calor. Mejoras en los procesos de combustión ayudarían a resolver problemas tan importantes como contaminación, el calentamiento global, las explosiones, etc. La gravedad complica la combustión, pues hace que los productos calientes de la flama asciendan. Este movimiento, llamado convección, hace que otros aspectos de la combustión sean difíciles de estudiar. En un ambiente de microgravedad la convección se elimina casi por completo.

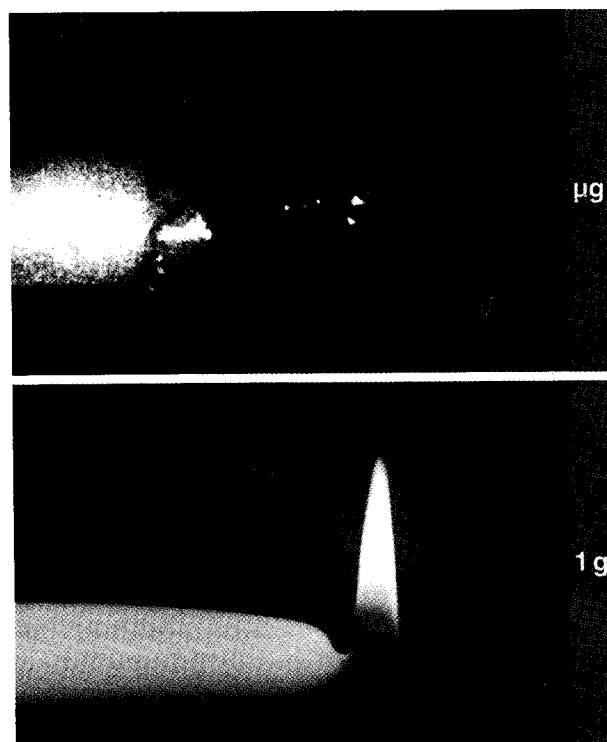


Figura 4. En la superficie terrestre la convección hace que una flama adopte una forma ovalada característica. En  $\mu$ g los flujos inducidos por la gravedad desaparecen y la flama que se forma es esférica.

### Investigación en mecánica de fluidos

Un fluido es una sustancia que fluye como resultado de una fuerza. Los fluidos se encuentran en todos lados: en la atmósfera, en los océanos, etc.; el funcionamiento de nuestro cuerpo está íntimamente asociado con flujos de aire y sangre; la gran mayoría de los

avances tecnológicos modernos implican el manejo de algún fluido (motores, presas, plantas de generación, etc.). La gravedad tiene una influencia importantísima en el comportamiento de los fluidos.

Existen además líneas de investigación en física fundamental, ciencia de materiales y varias ramas de la biología y la química<sup>2</sup>.

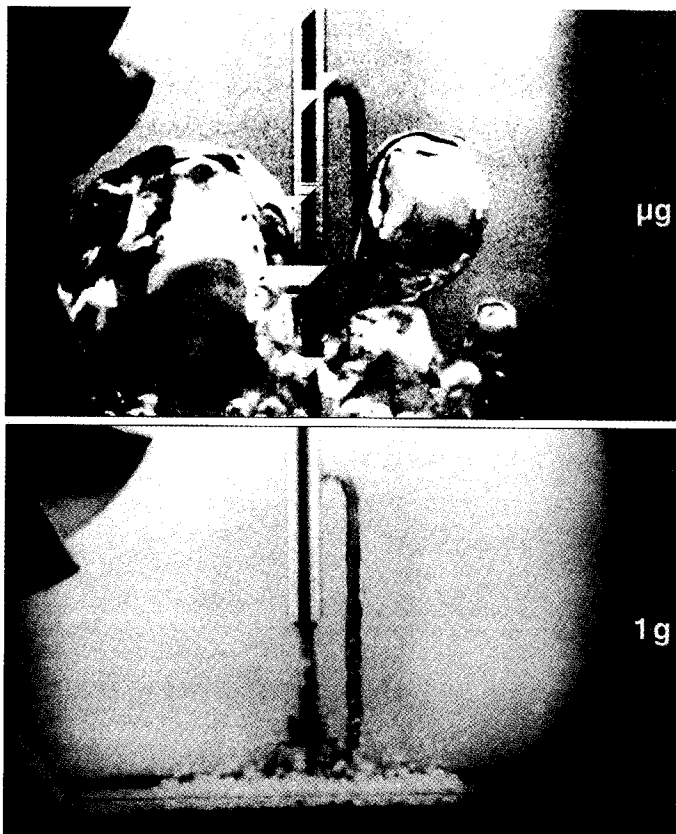


Figura 5. Cuando en la Tierra un líquido se calienta por su parte inferior, hasta el punto de ebullición, pequeñas burbujas se forman y se desprenden, moviéndose hacia la superficie. En un ambiente de ingravidez las burbujas que se forman no se desprenden y permanecen en la parte baja del contenedor. Estas crecen hasta alcanzar un gran tamaño. La fuerza de flotación, asociada con la gravedad, es inexistente en el ambiente de microgravedad.

#### Participación nacional en investigación en microgravedad: mecánica de flujos granulares

En el Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) de la Universidad Nacional Autónoma de México se está llevando a cabo una investigación sobre la mecánica de materiales granulares en ambientes de ingravidez. Gracias al apoyo de la NASA, a través del programa de investigación en física de fluidos, el Laboratorio de Reología del IIM en colaboración

con la Universidad de Purdue tendrá acceso a uno de los laboratorios de gravedad reducida para investigar fuerzas de arrastre en flujos granulares.

Los materiales granulares son de gran importancia en muchos aspectos de la actividad humana. Un material granular es aquél formado por partículas sólidas individuales, como por ejemplo el arena, el azúcar, los granos alimenticios, etc. Dada esta naturaleza *discreta*, el comportamiento de este estado peculiar de la materia es difícil de predecir<sup>3</sup>. Por ejemplo, debido al manejo y almacenamiento inadecuado de granos alimenticios se puede perder hasta el 30% del total de las cosechas<sup>4</sup>. Mejoras en los sistemas de manejo de granos sólo podrán lograrse si la física básica de los materiales granulares se entiende mejor.

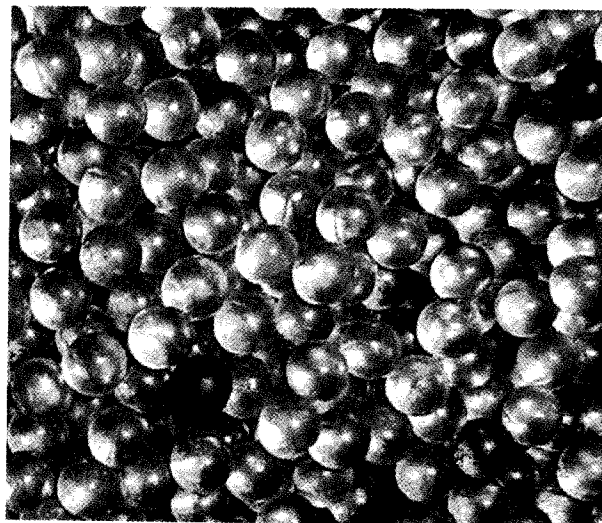


Figura 6. En un ambiente gravitacional, un material granular se compacta y las partículas que lo forman permanecen en contacto continuo unas con otras. En los experimentos que se realicen en el ambiente  $\mu g$ , el problema de la compactación se eliminará. De esta manera será más fácil comprender la física fundamental de estos materiales.

El proyecto apoyado por la NASA consiste en estudiar fuerzas de arrastre en objetos sumergidos en flujos granulares. El estudio del flujo alrededor de objetos en fluidos ordinarios ha sido una de las piedras angulares en el desarrollo de la mecánica de fluidos moderna. Un estudio similar aplicado a materiales granulares podría producir avances importantes en el entendimiento de estos materiales.

Se conoce que los materiales granulares pueden comportarse de manera significativamente distinta dependiendo de las condiciones de flujo en las que se

encuentren<sup>3</sup>. Durante la etapa inicial del proyecto encontramos que la fuerza de arrastre cambia drásticamente para diferentes regímenes de flujo. Para un flujo denso-lento, en el cual las partículas están continuamente en contacto, la fuerza de arrastre es independiente de la velocidad del flujo<sup>5</sup>. Por otro lado, si el flujo es rápido-diluido, en el cual las partículas interactúan a través de choques instantáneos, el arrastre es proporcional al cuadrado de la velocidad del flujo<sup>6</sup>. Este cambio radical de comportamiento es una de las características distintivas de un material granular. Para poder ampliar, de manera significativa, el entendimiento de la mecánica de materiales granulares es indispensable entender qué determina la transición entre estos dos regímenes.

Un estudio experimental para determinar la transición de comportamiento del arrastre granular tendría que controlar, de manera independiente, la velocidad del flujo y el empaquetamiento, o concentración, del material. En un ambiente gravitacional terrestre esto es prácticamente imposible. La gravedad produce, invariablemente, un empaquetamiento del material por lo que no se podría variar este parámetro. Si las partículas "flotarán" podríamos controlar la cantidad de ellas en un determinado flujo y así poder variar tanto la concentración y la velocidad independientemente. Por esto, para poder explorar el rango completo de comportamientos, los experimentos se deben llevar a cabo en un ambiente de microgravedad.

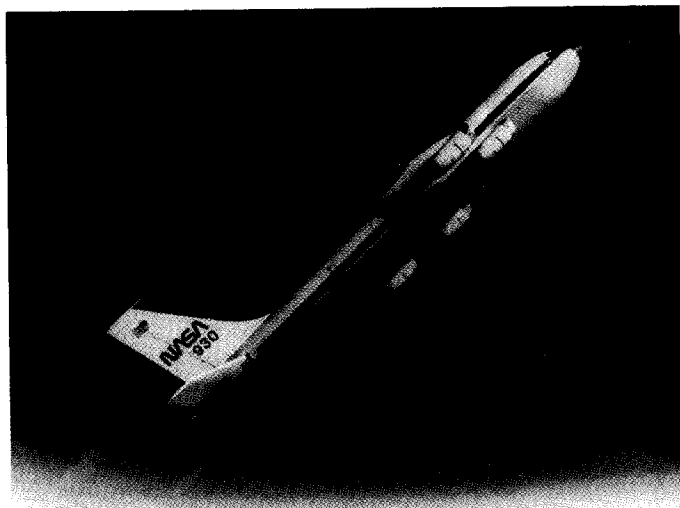


Figura 7. La UNAM realizará experimentos en el avión KC-135 para estudiar la mecánica de materiales granulares.

Este estudio se encuentra en su etapa inicial. Para lograr el ambiente ingravido necesario, realizaremos experimentos en el avión KC-135. La primera serie de vuelos estaba programada para llevarse a cabo durante el verano de 2003; sin embargo, muy probablemente existan retrasos debido a los trágicos eventos recientes<sup>7</sup>. Confiamos en que el proyecto arroje resultados relevantes que contribuyan significativamente al entendimiento de los materiales granulares. Deseamos continuar y extender nuestro estudio; buscaremos en el futuro acceso a los laboratorios en los cuales los ambientes ingravidos sean de mucha más larga duración.

Para más información sobre la NASA y sobre el programa de investigación en microgravedad consulte las Refs. 1 y 2. Las imágenes de las Figs. 2, 3, 4, 5 y 7 son propiedad de la NASA y fueron obtenidas de su sitio en Internet y de los materiales didácticos que ahí se distribuyen.

## Referencias

- 1 <http://www.nasa.gov>
- 2 <http://spaceresearch.nasa.gov>
- 3 R.M. Nedderman, *Statics and Kinematics of Granular Materials*, Cambridge University Press, (1992); H.M. Jaeger, S.R. Nagel, "Physics of the granular state", *Science*, **255** (1992) 1523.
- 4 J. Hernandez-Cordero, R. Zenit, E. Geffroy, and Mena, B., "Experiments on granular flow in a hexagonal silo; a design that minimizes dynamic stresses", *Korea-Austr. J. Rheol.*, **12** (2000) 269.
- 5 C.R. Wassgren, J.A. Cordova, R. Zenit, and Karion, A. "Flow around a cylinder immersed in a collisional granular flow", en prensa *Phys. Fluids*, (2003).
- 6 D. Chahata, R. Zenit, and C.R. Wassgren, "Dense granular flow around an immersed cylinder", en prensa *Phys. Fluids*, (2003).
- 7 El día 1° de febrero de 2003 el trasbordador espacial Columbia se desintegró al entrar a la atmósfera, al regresar de una misión. En el accidente perdieron la vida los seis astronautas que viajaban en la nave. Las investigaciones iniciales indican que falló el recubrimiento térmico del ala derecha del trasbordador.