

# Físicos publican en Nature Physics sobre el comportamiento de los sistemas granulados

**Fabricar una tableta para el dolor de cabeza puede llegar a ser una verdadera jaqueca para la industria farmacéutica.** Y es que lograr una mezcla homogénea a partir de distintos tipos de granos, como los que componen estas pastillas, es una tarea compleja, pues no existen teorías ni reglas genéricas que puedan determinar la forma óptima de homogenizar materia granulada de orígenes diversos.

Pero éste es sólo uno de los problemas sin resolver que hasta ahora esconden los siste-

mas compuestos por granos, fenómenos que han sido estudiados por la Ingeniería desde hace un siglo -para entender la estabilidad de suelos arenosos- pero que la Física recién comenzó a profundizar en la década de los 80 y que desde hace 10 años captó el interés de un grupo de investigadores del Departamento de Física de la FCFM.

Los académicos de la FCFM - U. Chile Marcel Clerc, Nicolás Mujica y Patricio Cordero, junto al profesor Dino Risso de la Universidad del Bío Bío e investigadores



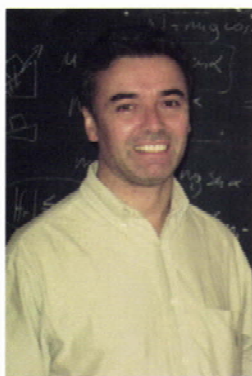
Tres investigadores del Departamento de Física de la Facultad publicaron a principios de este año un artículo en la prestigiosa revista *Nature Physics* sobre el comportamiento de los sistemas granulados como la arena. Un área de estudio que carece de teorías definitivas y que busca, entre otras cosas, explicar curiosos fenómenos que presentan los sistemas granulares fluidizados.

de otras universidades, recientemente publicaron en la prestigiosa revista *Nature Physics* su primer artículo conjunto sobre la materia granulada seca, sistemas con enormes cantidades de partículas como la arena, que poseen un comportamiento complejo que desafía la conducta tradicional de otros estados de la materia como los sólidos, líquidos o gases.

¿Por qué? Por ejemplo, si se inyectan dos gases diferentes como nitrógeno y oxígeno en un recipiente, éstos se mezclarán, pero dos tipos de granos diferentes en estado fluido podrían separarse, lo que se conoce como segregación. Algo que cotidianamente puede observarse en el transporte de ripio en un camión, donde las piedras grandes se van a la superficie. Otro fenómeno sorprendente es la aparición de estructuras simétricas en la superficie de una capa de granos sometida a vibración, o la formación de alguna estructura en un campo de dunas.

De ahí la complejidad de estos sistemas que aún no tienen una teoría que explique sus comportamientos.

El estudio de estos sistemas se ha convertido en una actividad importante para el Departamento de Física de la FCFM. Esto se manifiesta en un número considerable de publicaciones, direcciones de tesis, colaboraciones y dos conferencias internacionales realizadas en Chile que han alcanzado prestigio internacional.



Profesor Dino Riso,  
U. del Bio Bio.

## ARENA COMO AGUA

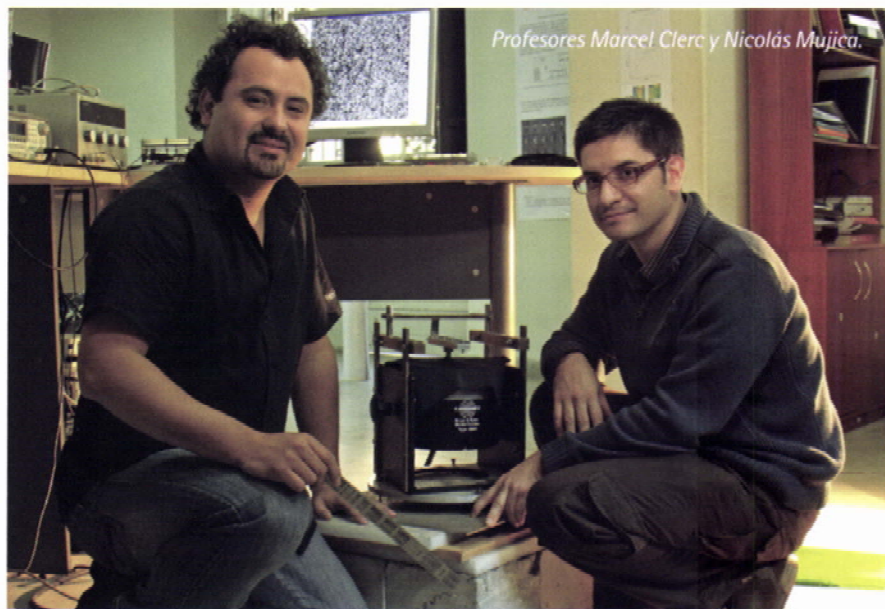
Frente a ciertas condiciones, los sistemas granulados pueden comportarse como fluidos. Clerc comenta: "Si tomas una muestra de arena, puedes decir que está sólida, pero si le aplicas mucha vibración se transforma en una especie de fluido, pero un fluido complicado". Patricio Cordero acota: "Es como cuando das vuelta el azúcar de un recipiente. Los granos se vacían como un líquido, sale un chorro

como si fuera agua. Esta materia también se comporta como fluido en las dunas, por ejemplo, cuando alguien pisa y se forman pequeñas avalanchas. Todo ese deslizamiento es tipo fluido".

Los sistemas granulados y vibrados suelen tender a formar grumos, esto es, se crean zonas muy densas (los grumos) y zonas con muchos menos granos por unidad de volumen. En los estados tradicionales de la materia, las interacciones de las partículas les permiten adoptar la forma de gases, líquidos o sólidos, pero en el medio granular seco no existen fuerzas de atracción importantes para llevarlos a cohesionarse. Pues si bien con arena húmeda es posible formar estructuras como castillos gracias a que el agua presente actúa como pegamento, en la arena seca no hay fuerzas que atraigan a las partículas entre sí. Pero a pesar de ello, son capaces de formar estructuras ordenadas.

"La pregunta clave entonces es ¿por qué estos sistemas tienden a formar grumos? Es una pregunta muy general que por otro lado rompe con la visión usual que uno tiene de la materia. Uno dice 'si uno tiene un sólido es porque los átomos que lo forman se atraen', pero por qué estos granos —que no tienen interacciones atractivas— quieren estructurarse como un sólido o un líquido, por qué la materia hace eso?", se pregunta Clerc.

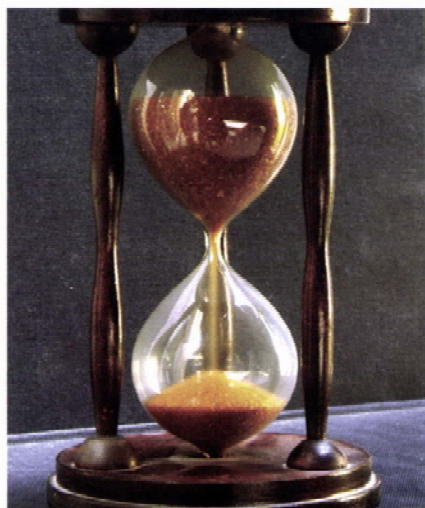
Durante sus investigaciones, los académicos sometieron la materia granulada a grandes vibraciones, y vieron cómo, en ciertas zonas, ésta formaba estructuras muy ordenadas, mientras que al mismo tiempo en otras zonas se comportaba como un fluido. "En las simulaciones nos dimos cuenta de que el fenómeno aparece cuando le agregas energía a los granos. No importa si es vibrando de abajo hacia arriba o dándole



Profesores Marcel Clerc y Nicolás Mujica.

golpecitos. Los granos se están moviendo y de pronto aparecen ordenados como los átomos en un cristal. Los granos se las arreglan para ordenarse de esa manera", explica Nicolás Mujica.

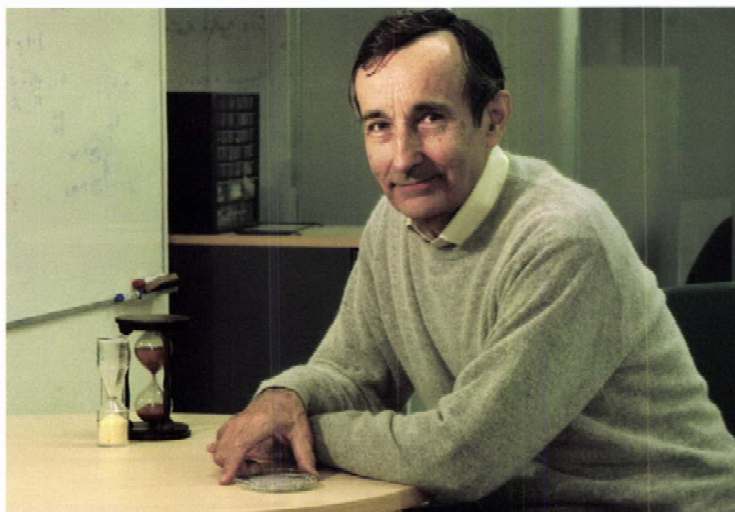
"Lo que estamos diciendo es que puede haber estructuras de la materia sin necesidad de que exista esta idea que uno siempre tiene de pequeño de que deben existir fuerzas que atraigan a las partículas. Energéticamente es mucho más cómodo para el sistema tener estados aglomerados y no aglomerados que un sólo estado repartido homogéneamente. Pero aún así no tenemos la respuesta microscópica, sólo tenemos una explicación macroscópica", dice Clerc.



La caída de la arena demuestra cómo los granos se asemejan a un fluido.

## UN INUSUAL TRABAJO EN EQUIPO

El artículo, titulado "*Liquid-solid-like transition in quasi-one-dimensional driven granular media*" (M. Clerc, P. Cordero, J. Dunstan, K. Huff, N. Mujica, D. Risso, G. Vargas) *Nature Physics*, Vol. 4, marzo 2008, además de introducirse en un fenómeno poco explorado, tiene el mérito de abordar el



Profesor Patricio Cordero con el material con el que realizan mediciones.

problema desde tres perspectivas: la teórica, a cargo de Marcel Clerc; la experimental, comandada por Nicolás Mujica, acompañado de un grupo de estudiantes; y la simulación computacional, de Patricio Cordero y Dino Risso, de la U. del Bío Bío.

Las aproximaciones desde tres ángulos de estudio son poco frecuentes en la academia, pero resultaron muy provechosas para los físicos de la FCFM. "La complementariedad de las distintas miradas fue lo más beneficioso de esta forma de trabajo. Porque las ideas teóricas pueden quedarse sólo en ideas si no haces nada con ellas. Poder verificarlas, tanto en el computador como en el experimento; es necesario para sentir que se están entendiendo estos fenómenos. La simulación te permite controlar muchos factores que no se pueden intervenir en la experimentación, y así hacer experimentos que son irrealizables", dice Mujica.

## GRANOS PROBLEMÁTICOS

La industria farmacéutica no es la única que debe lidiar con el complejo comportamiento de la materia granulada. Todas las industrias que utilizan granos tienen actualmente dificultades para trabajar con estas partículas,

El artículo, además de introducirse en un fenómeno poco explorado, tiene el mérito de abordar el problema desde tres perspectivas: la teórica, la experimental y la simulación computacional.

como las fábricas de alimentos o pinturas. "Si bien la industria se las ha arreglado para lidiar con el comportamiento de esta materia, son soluciones que hasta ahora se han encontrado por ensayo y error, pero lo más probable es que haya otras más efectivas", acota Mujica.

Cordero concluye: "En el siglo XVIII se estudiaban diversos fenómenos eléctricos, y para cada cual se elaboraba una pequeña teoría, y algo similar ocurría con los fenómenos magnéticos. Sólo a mediados del siglo XIX se logró una teoría unificada para todo eso. En sistemas granulares, todavía estamos como en el siglo XVIII, sin una gran teoría que aúne todo y poder conseguirla es la motivación de los físicos que estudiamos el tema".

Texto: Sofía Otero C.