

Abraham Medina, Jesús Hernán Flores
Ralph Bagnold y la física de la arena y los polvos
Ciencia Ergo Sum, vol. 8, núm. 2, julio, 2001
Universidad Autónoma del Estado de México
México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10402113>



Ciencia Ergo Sum,
ISSN (Versión impresa): 1405-0269
ciencia.ergosum@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma del Estado de México
México

¿Cómo citar?

Fascículo completo

Más información del artículo

Página de la revista

www.redalyc.org

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



RALPH BAGNOLD Y LA FÍSICA DE LA ARENA Y LOS POLVOS

ABRAHAM MEDINA OVANDO* Y JESÚS HERNÁN FLORES RUIZ**

Recepción: 13 de noviembre de 2000

Aceptación: 18 de diciembre de 2000

La física que gobierna, en suma, todos los materiales particulados con tamaños promedio mayores a una décima de micra y menores a 10 mm -como los polvos, las arenas, los suelos- está actualmente en construcción y es conocida como la física de los medios granulados. En los últimos diez años se ha encontrado una cantidad sorprendente de nuevos fenómenos relacionados con el comportamiento de cúmulos de granos, algunos de los cuales pueden ser comprendidos con gran detalle mientras que otros todavía no han sido suficientemente explicados. El desarrollo de esta nueva física ha sido posible gracias al esfuerzo de grandes talentos científicos, entre los que destacan Charles Coulomb (el padre de la electros-tática), Osborn Reynolds (uno de los fundadores de la mecánica de fluidos) y Ralph Alger Bagnold. Toda vez que las biografías de Coulomb y Reynolds son bien conocidas, en esta ocasión daremos un breve esbozo de la vida y obra de Bagnold.

Ralph Alger Bagnold (1896-1990), fue un geofísico, militar y explorador inglés, es considerado por los especialistas como uno de los principales investigadores de la física de las arenas, principalmente en la mecánica del transporte sedimentario y los procesos eólicos, aunque sus investigaciones tienen plena vigencia en otras áreas de la ciencia y la tecnología, entre las que se incluyen el flujo de granos en silos, la mecánica de suelos, el manejo de granos agrícolas y medicinales, así como el manejo de polvos xerográficos para las copadoras. Educado en la Real Academia Militar de Woolwich, Bagnold sirvió en el ejército británico de 1915 a 1935 y de 1939 a 1944, donde alcanzó el grado de brigadier. Organizó numerosas expediciones al desierto entre 1929 y 1938, particularmente al desierto libio. En 1930, Bagnold conquistó exitosamente el llamado Mar de Arena del Sahara. Estudió los procesos de transporte sedimentario por viento y agua, al igual que los orígenes

y el movimiento de las dunas de arena, las cuales clasificó de acuerdo con su forma y modo de crecimiento. Sirvió como consultor y asesor de la industria y el gobierno de su país, así como de varias organizaciones científicas. Publicó los trabajos *Libyan Sands* (1935), *Movement of Desert Sand* (1936), *Physics of Blown Sand and Desert Dunes* (1941), *Motion of Waves in Shallow Water* (1946), y *Flow of Cohesionless Grains in Fluids* (1956). Ninguno tiene traducción al español.

Después de su retiro del ejército en 1935 comenzó su investigación científica en el Imperial College de Londres, donde usó un túnel de viento construido por él mismo para el estudio físico del movimiento de granos. Este trabajo culminó en el libro *La física de*

* Tecnología de Yacimientos. Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Exploración y Producción. Eje Central Lázaro Cárdenas No. 152, Col. San Bartolo Atepehuacán. C. P. 07730, México, D.F.

Correo electrónico: amedina@www.imp.mx

** Instituto de Geofísica, UNAM.

Correo electrónico: juj@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

las dunas del desierto y de la arena movida por el viento (The Physics of Blown Sand and Desert Dunes). Al inicio de la Segunda Guerra Mundial, Bagnold fue llamado nuevamente al ejército (1940) y con el apoyo de los altos mandos ingleses fundó el Grupo del Desierto de Largo Alcance (LRDG), una pequeña fuerza motorizada que bajo su mando realizó reconocimientos e incursiones profundas en el territorio enemigo. Bagnold recibió diversas condecoraciones por la formación de este grupo. En 1944 fue elegido miembro de la Royal Society. Después de la guerra, en 1947, fue director de investigación de la compañía petrolera Shell, a la cual renunció en 1949 para concentrarse nuevamente en la investigación del transporte de sólidos por corrientes de agua en el Imperial Collage. En 1977 fue invitado por la NASA para discutir sobre aspectos clave de los paisajes desérticos de la Tierra y de Marte, ya que el Este del desierto del Sahara fue seleccionado por la NASA, durante los proyectos *Vikingo*, como la región terrestre con las condiciones más parecidas a las condiciones de Marte.

Algunas de las más significativas teorías y mediciones experimentales del movimiento eólico de la arena fueron ejecutadas por Bagnold antes de la Segunda Guerra Mundial. En lo que sigue describimos sus principales hallazgos en relación con el movimiento de la arena en el desierto.

El viento puede erosionar, transportar y depositar materiales, los cuales son agentes efectivos en regiones con vegetación dispersa y una gran fuente de sedimentos no consolidados. Aunque el agua es mucho más poderosa que el viento, los procesos eólicos son muy importantes en ambientes áridos. Una forma de notar su influencia son los paisajes esculpidos llamados *yardangs* (formas por erosión eólica), los cuales llegan a medir kilómetros de longitud.

Las famosas esfinges egipcias de Giza pueden ser consideradas comúnmente como *yardangs* modificados.

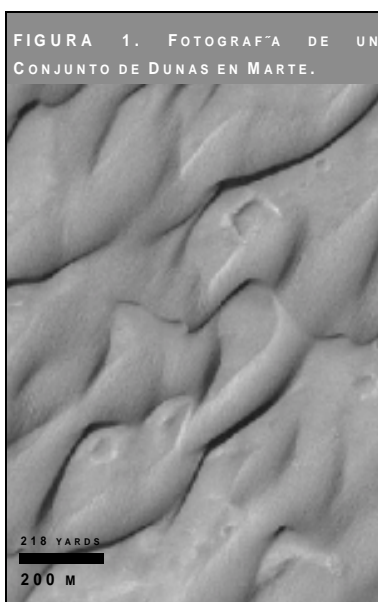
A partir de los estudios de campo y de laboratorio, Bagnold encontró que las partículas son transportadas por el viento mediante *suspensión, salto y tracción*. Las partículas más pequeñas pueden ser mantenidas en suspensión por el viento. Las corrientes ascendentes de aire sostienen el peso de las partículas suspendidas y las mantienen indefinidamente en el aire circundante. Los vientos típicos cercanos al suelo sostienen comúnmente partículas menores a 0.2 milímetros de diámetro, dispersándolas como polvo.

El salto es un régimen de movimiento de las partículas originado por una serie de saltos o brincos. En este régimen, las partículas del tamaño de la arena normalmente se levantan hasta un centímetro por encima del suelo y viajan a la mitad o un tercio de la velocidad del viento. Así, un grano que salta puede mover a otros granos para mantener activo el régimen de salto en una amplia zona. Además, los granos peque-

ños pueden mover hacia adelante a los granos más grandes (tracción), que son demasiado pesados para saltar ellos mismos. Esto genera un frente de avance de granos de todos tamaños. Se sabe que este tipo de movimiento transporta aproximadamente 25% de la arena que se mueve en el desierto.

Las turbias corrientes eólicas son mejor conocidas como tormentas de arena. El aire caliente sobre los desiertos es enfriado significativamente cuando las gotas de lluvia pasan a través de él. Este aire más frío y más denso va hacia la superficie y cuando la alcanza el aire es deflectado de un modo turbulento, lo cual genera las tormentas de polvo o tormentas de arena. Los cultivos, las ciudades y aun el clima pueden ser afectados por las tormentas de arena. Algunas son intercontinentales, pocas pueden circundar el globo terráqueo, pero ocasionalmente pueden cubrir planetas enteros. Cuando la nave espacial *Mariner 9* llegó a Marte en 1971, el planeta entero estuvo bajo una tormenta de polvo. Por otro lado, los pequeños torbellinos de polvo son comunes en las tierras áridas y se cree que están relacionados con el intenso calentamiento local del aire, lo cual provoca inestabilidad en la masa de aire. Los torbellinos de este tipo pueden alcanzar hasta un kilómetro de altura.

Los materiales depositados por el viento dan indicios de las direcciones e intensidades de éste, tanto en el pasado (paleoformas), como en el presente. Asimismo, estos aspectos nos ayudan a entender el clima pasado (paleoclima), al igual que el presente y las fuerzas que lo moldean. Los cuerpos de arena depositados por el viento toman la forma de hojas de arena, ondulaciones y dunas. Las hojas de arena son manchas de arena planas o suavemente onduladas, compuestas por granos tan grandes que no pueden ser movidos por mecanis-



mos de salto. Éstas forman aproximadamente 40% de los depósitos eólicos superficiales. Por ejemplo, la hoja de arena de Selima, de 60 mil kilómetros que se extienden del sureste de Egipto al noreste de Sudán, es una de las más grandes hojas de arena de la Tierra. Selima es absolutamente plana en algunos lugares; en otros, dunas activas se mueven sobre su superficie.

Al soplar el viento sobre una superficie de arena, ésta se *ondula* en crestas y valles cuyos largos ejes son perpendiculares a la dirección del viento. La longitud promedio de los brincos durante el régimen de salto corresponde a la longitud de onda, o distancia entre crestas, de las ondulaciones adyacentes. En las ondulaciones, los materiales más gruesos se acumulan en las crestas. Esto distingue las pequeñas ondulaciones de las dunas, donde el material más grueso comúnmente se encuentra en los valles. Las acumulaciones de sedimento movido por el viento en montículos o cumbres, conocidas como dunas, tienen pendientes suaves sobre la cara que en-

frenta al viento. La otra pendiente, de abrigo, es comúnmente de avalancha, más pronunciada, a la cual se le llama cara deslizante, cuya altura mínima es de 30 centímetros. Las dunas pueden tener más de una cara deslizante.

Los granos de arena mueven la duna suavemente en la dirección del viento mediante salto y reptación. Cuando las partículas del borde de la duna exceden el ángulo de reposo, se desparraman en una delgada zona o avalancha, lo cual reforma la cara deslizante. Como las avalanchas se suceden bajo la acción del viento, la duna avanza en la dirección de éste. Durante las avalanchas es muy posible que surjan sonidos de alta frecuencia, fenómeno que se conoce como el *canto* de las dunas y es originado, como lo explicó Bagnold, por la fricción entre los granos durante el flujo superficial, debido a la acción de la gravedad y el flujo turbulento provocado por el viento. La teoría desarrollada por Bagnold para este problema es la base actual para el estudio de los flujos granulares superficiales. 🏠

FIGURA 2. ZONAS DE AVALANCHAS (INDICADAS POR LAS FLECHAS) EN LAS DUNAS DE MARTE.