

Arenas cantarinas. La melodía del desierto

Luis Ruiz Noguez

El fenómeno de las arenas cantarinas, aunque casi olvidado en nuestros días, fue muy conocido en épocas pasadas. Constituyen uno de los mayores y menos entendidos acertijos de la naturaleza.

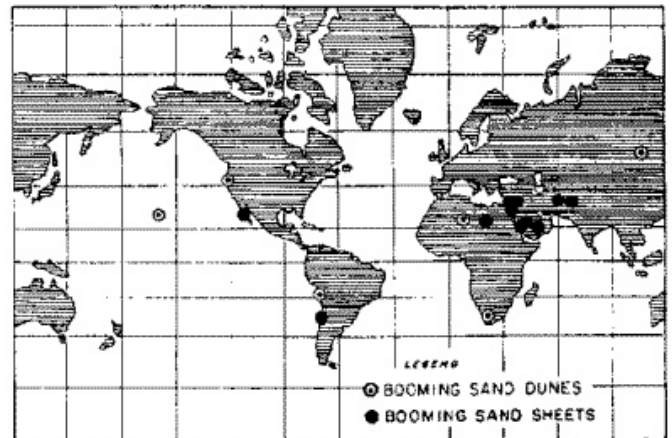
Durante cientos de años se ha reportado este fenómeno, pero aun no existe una explicación satisfactoria. Muchos autores se refirieron a él y varios hombres de ciencia le dedicaron sus estudios. El curioso efecto se produce al caminar sobre la arena "musical". Cuando el pie se hunde en la arena, los granos se separan y las superficies finamente pulimentadas de millones de granos se ponen en vibración, produciendo un sonido prolongado.

Esta curiosidad de la naturaleza recibe varios nombres: arenas musicales, tambor de arena, arenas melodiosas, arenas que ladran, arenas sonoras, arenas que aúllan, arenas silbantes, arenas cantarinas...

Son la fuente de varias leyendas de sonidos anómalos, tales como "El llanto matutino de la Esfinge" o "Las Campanas de Nakous".

Hasta 1970 se conocía de la existencia de por lo menos 30 lugares, desiertos y playas, en donde la arena emite sonidos. A partir de entonces se han encontrado arenas sonoras en muchas playas y desiertos de la Tierra. Actualmente el número conocido sobrepasa los 100.

Las arenas acústicas están diseminadas por todo el mundo. Algunos de estos lugares son:



Localización de los lugares más importantes de arenas cantarinas (*Geological Society of America, Bulletin*, Vol. 87, 1976, pag. 483).

América:

- En la península de Bruce, Notario, Canadá.
- La playa de Manchester, en Massachussets; Sand Mountain, al Sureste de Fallon, Nevada; Crescent Dunes, en el condado de Nye, al Oeste del Big Smoky Valley, Nevada; Big Dune, en el desierto de Amargosa, Condado de Churchill, Nevada; Kelso Dunes, (3 grupos de grandes dunas, a 12 kilómetros al Suroeste del pueblo de Kelso), en el Condado de San Bernardino, en el área de Devil's Playground, a 45 kilómetros al Sur de Baker, California; en ese mismo estado, las Dunas de Eureka, en el valle del mismo nombre (dentro del Parque Nacional Valle de la Muerte), Condado Inyo; las Dunas Panamint, en el Valle Panamint, California; "The singing sands of Alamosa"; Long Island; Lago Michigan; Pensacola; Roaring Sands,

Kauai, Hawai; Niihau Island, Hawai; Kotoga o playa Kotohiki, Hawai; Nohili, Distrito de Mana, Hawai; Kaluakahua, Hawai. En los Estados Unidos.

- Las arenas de las playas de Baja California, particularmente en la región de Cabo San Lucas, emiten un sonido como un chirrido durante la estación seca. También está La Montaña de la Campana, en México.
- Socegó, Barra de Tijuca, Río de Janeiro, Brasil.
- Tarapacá, Chile.
- Copiapó, El Bramador y El Punto del Diablo, en Chile.

Europa:

- En la costa occidental de Gales; en la isla Eigg, una de las Hébridas Interiores, Escocia; en la costa de Northumberland, en toda la bahía de Cardigan; Dunstanburgh; Druridge Bay; Bamburgh; Alnmouth; Blyth; Whitley Bay; Cullercoats; Tynemouth; Studland Bay; Barmouth y Seaton Sluice. Reino Unido.
- En la isla de Bornholm, en Dinamarca.
- Kolberg, en Polonia.
- En Grosseto, la Cala Violita (Playa Violín), en Italia.

África:

- Desierto de Kalahari, y Olifantshoec, North Cape, Sudáfrica.
- Desierto de Namibia, Namibia.
- Bir el Abbas, y Uargla en el Desierto del Sahara, en Algeria.

Oceanía:

- Algunos puntos en Australia, incluyendo la costa de New South Wales.
- La isla Frazer, en Queensland, Australia, tiene cientos de dunas sonoras.

- En Perth y en Albani, al Suroeste de Australia.
- En Brisbane, Sydney, y Gold Coast, Australia.

Asia:

- Dunhuang; Desierto de Badain-jaran, en China. [El sonido de esta arena se puede escuchar aquí.](#)
- Mori (La Montaña de los Cinco Picos), Dunhuang, Shapotou (desierto de Tengger), Xiamen, Yinkenshavan (desierto de Kubuki) y Jeminay, en China.



Principales sitios de arenas sonoras en China, según Miwa Shigeo.

- Akkum-Karkan, en Kazakh Alma-Ata.
- Desierto de Gobi y Takla Makan, en Mongolia.
- Playa Cantarina de Amino-Chou, Japón.
- Kotohiki, Japón ([su sonido es el siguiente](#))
- La Playa Kugunari, Japón ([se puede reproducir el sonido aquí](#)).
- Más de 20 sitios en Japón, estudiados por el profesor **Miwa Shigeo**.
- Isla Kunaziri.
- Kabul, Afganistán.
- Korizo, Gelf Kebib, Libia.

- Jebel Nagous; Bedawin Ramadan; y Rig-i-Rawan, en Arabia Saudita.

::: Tiempo de leyendas

Desde hace poco más de mil años se ha reportado la existencia de arenas sonoras en crónicas de diversos pueblos. **Cecile Carus-Wilson**, 1915, menciona que en *Las mil noches y una noche* se habla de ellas. Pero su influencia también se puede encontrar en obras más modernas, como la novela de ciencia ficción *Dune* y los enormes gusanos de **Frank Herbert**.

Viejas crónicas chinas dan noticias de las arenas cantarinas del desierto de Gobi. **Marco Polo** (1254 – 1324), oyó el “*Tambor de las arenas*” en el desierto de Takla Makan. Los habitantes de aquella región le contaron al aventurero italiano que en ese desierto habitaban espíritus malignos que arrastraban a los viajeros a la destrucción. Estas ánimas adoptaban la apariencia de los compañeros y llamaban por su nombre a los infortunados que llegaban a sus dominios, para conducirlos a la muerte. Estos relatos constituían la forma poética para explicar las arenas susurrantes y los espejismos producidos por las ondas térmicas. Marco Polo escribió, en 1295, sobre estos espíritus malignos del desierto:

“La longitud del desierto es tal, que se dice que llevaría un año o más cabalgar de un cabo a otro. Aquí donde es más angosto, se tarda un mes en atravesarlo. Quienes se proponen cruzar el desierto descansan una semana en esta ciudad (Lop) para cobrar fuerza y disponerse para la jornada, cargando provisiones para un mes”.

... “Cuando los viajeros están en movimiento durante la noche, se oye hablar a los espíritus”.

... “Algunas veces los genios los llaman por su nombre; otras, emiten sonidos musicales, o como el retumbar de tambores”.

... “Llenan el aire con los sonidos de toda clase de instrumentos musicales, tanto de tambores como ruidos de armas”.

Marco Polo relató haber oído ritmos sobrenaturales que le hicieron sentir un extraño malestar. Preguntó a los nativos cuál era el origen de ese ruido, curioso e irritante a la vez. Le respondieron que los espíritus de la tierra se expresaban de esa manera y que eran muy pocos los que

sabían interpretar sus palabras. Afirmaron que anunciaban el futuro y que “*hablaban a las estrellas*”. El hombre debería evitar oírlos demasiado tiempo, a menos que fuera brujo, ya que la voz de los espíritus hacía enloquecer.

Desde el 880 d. C., en China se celebra un gran festival de arenas tronadoras (en Ton-Fan). En un antiguo manuscrito se registra el fenómeno de una misteriosa montaña de arena:

“Cuando cabalgas, o caminas sobre la montaña, el sonido de tus pasos sobre la arena alcanza decenas de kilómetros. El día del festival del niño, instituido años atrás, la gente del pueblo dentro de las murallas del castillo acostumbra subir al monte Ming-sha-shan y deslizarse hacia abajo tomados de las manos. El sonido de la arena que cae es como el de un trueno”.

Actualmente el nombre de esta montaña es la *Montaña que Canta*, y el templo que se encuentra cerca de ahí se llama *Templo del Trueno*.

En 1912, **Auriel M. Stein**, en su *Ruins of Desert Cathay. Personal Narrative of Exploration in Central Asia and Western Most China*, cita al historiador chino **Matwanhin**, quien también menciona estos misteriosos sonidos, del desierto de Takla Makan:

“Con frecuencia ha acaecido que algunos viajeros, al escuchar cantos o gemidos, se han extraviado en el desierto, porque tales voces eran de espíritus o duendes”.

En el silencio nocturno del desierto, esa música inesperada crispera los nervios, angustia inexplicablemente al auditor, y a veces incluso lo impulsa a la locura. Estas arenas constituyen, probablemente, el origen de otra vieja leyenda. El mito relata que existe un monasterio enterrado, bajo una enorme duna de arena, en algún lugar de la Península del Sinaí. Los beduinos de la región conocen el fenómeno acústico y lo atribuyen al Nagous, barra de madera o metal suspendida, que sirve para tocar el gong de los sacerdotes árabes. Afirman que los sonidos sólo pueden oírse en las horas de oración, cuando las campanas emiten sus tañidos, que inquietan a los nómadas y otros viajeros que cruzan el desierto. Las campanas continúan sonando y son escuchadas por los beduinos que atraviesan el desierto. Se cuentan historias de camellos que salieron despavoridos al acercarse a la misteriosa montaña y escuchar la inexplicable música, por debajo de sus patas.

En 1923, el Marqués de Kedleston **George Nathaniel Curzon**, encontró que los nómadas interpretaban los sonidos como provenientes de fantasmas y demonios. Otros creían que eran el resultado de erupciones de volcanes subterráneos.

En la Edad Media algunos peregrinos europeos que llegaron a la villa de Tor (entrada a Jebel Nagous, en el Golfo de Suez), relataron posteriormente unos hechos que parecían confirmar la existencia del monasterio enterrado. También ellos habían escuchado el insistente repique en la montaña Jebel Nagous (o Abu Suweirah). Jebel Nagous significa Montaña de la Campana.

Muchos años después, en el siglo XIX, se encontró el verdadero origen de aquel sonido. Se trata de la arena que ha sido depositada por el fuerte viento del Oeste, que sopla casi constantemente sobre la península. En las faldas de la montaña hay enormes bancos de arena; uno de ellos, el así llamado "*Pendiente de la campana de Seetzen*", (en honor al explorador alemán **Ulrich Jasper Seetzen**, quien la dio a conocer en Europa, en 1810, mientras que **Ehrehberg**, lo confirmó en 1823), emite distintos sonidos musicales cuando la arena resbala por sus costados. Esta pendiente mide unos 85 metros de largo en su base, 2 metros de ancho y 130 metros de alto. Esta formada por paredes de arena amarillenta que forman un ángulo de 31° con la vertical. La arena está compuesta principalmente de cuarzo y roca calcárea. Los granos están bien redondeados y es notable la total ausencia de cieno. Cuando el viento arrecia, la montaña parece emitir un extraño acento semejante al doblar de las campanas o a las notas bajas emitidas por un órgano con tremolo. El tamaño de los granos de cuarzo varía de 0.11 a 0.42 milímetros, y los de la arena calcárea de 0.11 a 0.34 milímetros.

El naturalista escocés Sir **David Brewster** (1781 - 1868) oyó hablar de la enigmática montaña sonora y decidió visitar el Sinaí para investigar la leyenda. En sus "*Letters on Natural Magic Addressed to Sir Walter Scott*" escribió:

"La Montaña de la Campana está situada a unos seis kilómetros y medio del Golfo de Suez en esa tierra... en la que los picos graníticos del Sinaí y el Horeb se alzan sobre un árido desierto..."

Brewster pidió a uno de sus guías beduinos que trepara por la ladera de la montaña "musical".

"Cuando el guía hubo recorrido cierta distancia, la arena se puso en movimiento y descendió por la pendiente y comenzó a emitir un sonido".

Al principio los sonidos le recordaron los de un arpa, cuyas cuerdas tensadas vibraran por el paso de un ligero soplo de brisa. Sin embargo, a medida que la arena se agitaba con más violencia, debido a la creciente velocidad de la caída, el ruido se parecía cada vez más al que produce un dedo mojado al frotar un objeto de cristal. Cuando la arena desprendida llegó a la base, la onda alcanzó la magnitud de un trueno lejano, provocando que la roca, sobre la que estaba sentado Brewster, comenzara a vibrar.

::: El miedo

Ese mismo siglo otros científicos y novelistas se interesaron en el tema. Entre estos últimos podemos mencionar a **Henry René Albert Guy de Maupassant** (1850 - 1893), que en uno de sus mejores cuentos (*La peur*, *El Miedo*), relata la extraña obsesión de un oficial francés que un día oye la asombrosa melodía de las arenas, que para él era anuncio de catástrofes.

El lector puede encontrar el siguiente relato, publicado originalmente en **Le Gaulois**, el 23 octubre 1882, en la antología: *Les contes de la bécasse*. No hay que confundir otro cuento, con el mismo nombre, publicado un año después.

"Atravesaba las grandes dunas al sur de Uargla..."

"Íbamos dos amigos seguidos por ocho espahíes y cuatro camellos con sus camelleros. Ya no hablábamos, rendidos por el calor, el cansancio, y resecos de sed como aquel desierto ardiente. De pronto uno de aquellos hombres dio como un grito; todos se detuvieron; permanecimos inmóviles, sorprendidos por un inexplicable fenómeno conocido por los viajeros en aquellas regiones perdidas.

"En algún lugar, cerca de nosotros, en una dirección indeterminada, redoblaba un tambor, el misterioso tambor de las dunas; sonaba con claridad, unas veces más vibrante, otras debilitado, deteniéndose, e iniciando de nuevo su redoble fantástico.

"Los árabes, espantados, se miraban; uno dijo, en su idioma: "La muerte está sobre nosotros." Y entonces, de pronto, mi compañero, mi amigo, casi mi hermano, se cayó de cabeza del caballo, fulminado por una insolación.

“Y durante dos horas, mientras intentaba en vano salvarle, aquel tambor inalcanzable me llenaba el oído con su ruido monótono, intermitente e incomprensible; y sentía deslizarse por mis huesos el miedo, el verdadero miedo, el odioso miedo, frente al cadáver amado, en ese agujero incendiado por el sol entre cuatro montes de arena, mientras el eco desconocido nos arrojaba, a doscientas leguas de cualquier pueblo francés, el redoble rápido del tambor.

“Aquel día entendí lo que era tener miedo; y lo supe aún mejor en otra ocasión...

“El comandante interrumpió al narrador: — Perdone, señor, pero ¿aquel tambor? ¿Qué era?

“El viajero contestó: —No lo sé. Nadie lo sabe. Los oficiales, a menudo sorprendidos por ese ruido singular, lo suelen atribuir al eco aumentado, multiplicado, desmesuradamente inflado por las ondulaciones de las dunas, de una lluvia de granos de arena arrastrados por el viento al chocar con una mata de hierbas secas; ya que siempre se ha comprobado que el fenómeno se produce cerca de pequeñas plantas quemadas por el sol, y duras como el pergamino.

“Aquel tambor no sería más que una especie de espejismo del sonido. Eso es todo. Pero no lo supe hasta más tarde”.

∴ Charles Darwin

El mismo **Charles Darwin** (1809 – 1882), oyó las arenas cantarinas. En su *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited During the Voyage of H.M.S. Beagle* (1839) relata las experiencias que tuvo en América

El Capítulo 2. *Río de Janeiro*, recoge una nota de su diario, fechada el 19 de abril de 1832, que dice así:

“Al marcharnos de Socegó (en las cercanías de Río de Janeiro, Brasil), durante los dos primeros días, volvimos sobre nuestros pasos. Era un trabajo muy molesto, ya que el camino atravesaba una llanura de arena, caliente y deslumbrante, no lejos del mar. Observé que cada vez que el caballo pisaba la fina arena silíceo se producía un suave sonido, como el de un piar”.

En el Capítulo 16. *Norte de Chile y Perú*, tres años más tarde, Darwin apunta en la jornada del 29 de junio, la existencia de arena cantarina en el valle de Copiapó, en Chile:

“Durante mi estancia en el poblado, varias personas me contaron la historia de una colina situada en la vecindad del lugar que llaman “El Bramador”... En ese entonces no puse suficiente atención al asunto, pero por lo que pude entender, la colina estaba cubierta de arena y el ruido se produce tan solo cuando la gente, al subir por ella, pone la arena en movimiento. Las mismas circunstancias son descritas en detalle por autoridades como Seetzen y Ehrenberg, como la causa de sonidos que muchos viajeros han escuchado en el Monte Sinaí, cerca de Mar Rojo. Una persona, con la que conversé, había escuchado el ruido: lo describió como muy sorprendente, y con claridad estableció que, aunque no pudo entender cómo se producía, encontró que sólo era necesario dejar que la arena se deslizara por la pendiente. Un caballo caminando sobre la arena de cuarzo seca, produce un peculiar sonido como de piar, debido a la fricción de las partículas. Una circunstancia que note frecuentemente en Brasil”.

En ese mismo valle, unos cuantos kilómetros al Oeste, se encuentra “*El punto del Diablo*”, con arenas que producen un tétrico sonido. El lugar fue estudiado por **Gray** en 1909.

Tal vez las arenas cantarinas más conocidas son las de la isla de Eigg, situada frente a la costa occidental de Escocia. El geólogo creacionista y folklorista británico **Hugh Miller** (1802 - 1856), fue su descubridor. En su libro *The Cruise of the Betsy* (publicado en 1858), hace una elocuente descripción de la arena de esta isla:

“Estaba volteando los granos de esta arena Oolita... cuando me di cuenta del sonido peculiar que producen cuando se la pisaba, al momento en que mis compañeros pasaban sobre ella. Las golpee oblicuamente con el pie... y el sonido que emitieron fue una nota sonora estridente, algo parecido a la que se produce una cuerda encerada cuando, después de tensarla, se la pulsa con la uña del dedo índice. Caminé sobre ellas, y a cada paso y con cada golpe, se repetía la misma nota aguda y estridente. Mis compañeros se me unieron y ejecutamos un concierto, en el cual, aunque disponíamos de pocos tonos, al menos podríamos maravillar a toda Europa

por el tipo de instrumento que tocábamos. No parece ser menos maravillosa la música que emitía Memnon¹, que la de esta arena oolítica de la Bahía de Laig. A medida que avanzábamos, se alzaba del suelo un incesante huu, huu, huu, que en aquella quietud se percibía hasta una distancia de 20 o 30 metros. Encontramos que el estrato húmedo semi coherente comenzaba a los 7 o 10 centímetros, y en todo lo que estaba seco, los tonos eran agudos y fuertes y se podían producir más fácilmente con el pie. Nuestro descubrimiento –y con orgullo puedo afirmar que lo es– se convierte en el tercero, sumado a los dos ya conocidos, de arenas que podemos llamar musicales. Y como la isla de Eigg es considerablemente más accesible que Jabel Nakous en Arabia Petraea, o Reg-Rawan en la vecindad de Cabul, tenemos una mejor oportunidad de observar el fenómeno, que algunos de nuestros grandes maestros en ciencia han confesado ser incapaces de explicar”.

Un lector de este pasaje, el Dr. **J. Carrick Murray**, de Newcastle, escribió a **Tomlinson**, de que en la Bahía de Whitley, en Briar Dene, se podía escuchar un fenómeno parecido. La historia apareció en 1888 en la *Tomlinson's Guide to Northumberland*, como sigue:

“Se han encontrado arenas cantarinas en Whitley, sobre el camino a la isla St Mary. Este sonido no es musical, más bien parece un gemido potente, o como menciona Miller en su ‘Cruise of the Betsy’, un huu, huu, huu. Es más notorio cuando se camina sobre o a través de la arena seca, más allá de las resbalosas piedras de Briar Dene, justo donde se encuentra el campo de voluntarios”.

El profesor **E. G. Richardson** descubrió arena musical en Alnmouth, pero cuando llevó un poco a su laboratorio, el sonido cesó. El primero en tener éxito en hacer sonar la arena en laboratorio fue Cecil Carus-Wilson, quien describió sus experimentos de 1891, en **Nature**.

⚡ Arenas ruidosas

Los sonidos o emisiones acústicas han sido descritos de diferentes formas: gemidos, zumbidos, rugidos, bramidos, cantos, silbidos, piales, croar ([en este sitio se reproduce el sonido generado por la arena](#))

chirridos, chillidos. Algunos los comparan con cañones distantes, truenos, estruendos, crujidos, cañones, fuego de artillería, aviones en vuelo rasante, autos de carrera distantes, zumbidos de alambres telegráficos. Otros mencionan instrumentos musicales como: tambores, panderos, cornos, chelos, trompetas, campanas, órganos tubulares, cítaras, didjeridoo (instrumento musical de los aborígenes australianos).

Parece que cada arena tiene su frecuencia distintiva: 50-80 Hz en la Sand Mountain, Nevada, según **Criswell** et al., 1975; 50-100 Hz en Korizo, Libia (**Humphries**, 1966); 130-300 Hz en las arenas tronantes del desierto de Kalahari, en Sudáfrica (**Lewis**, 1936); y 300-770 Hz en Dunhuang, China (**Jianjun** et al., 1995).

Una de las características más curiosas de las arenas cantarinas es que producen vibraciones sísmicas 200 a 400 veces de forma más eficiente que oscilaciones similares en la presión del aire. Incluso se puede llegar a sentir las vibraciones. En el valle de Eureka las dunas de arena del Parque Nacional Valle de la Muerte, retruenan sonoramente cuando se deslizan hacia abajo. Las vibraciones se pueden oír, incluso sentir. Estos efectos táctiles se han comparado con diminutos choques eléctricos.

Según **Dunnebie** y sus colaboradores, esta eficiencia para convertir energía mecánica en vibraciones sísmicas sugiere que este fenómeno es responsable de los curiosos temblores lunares, registrados durante el alunizaje de las misiones Apolo 11, 14, 15 y 17. Estos temblores lunares comienzan abruptamente dos días después de la salida del Sol, continúan ininterrumpidamente durante el día lunar (lunación), y cesan abruptamente al ocaso.

Cuando los granos de arena empacados de manera muy compacta, se deslizan colina abajo sobre las dunas, se producen sonidos de baja frecuencia. La arena estacionaria que queda debajo actúa, aparentemente, como un amplificador gigante que produce un impresionante sonido.

Uno de los mejores lugares para escuchar las arenas atronadoras es el Oeste de los Estados Unidos, en la *Montaña de Arena*, a unos 26 kilómetros al Sureste de Fallon, Nevada. La Montaña de Arena está compuesta por dos dunas “Seif” (con forma de espada) que tienen una elevación de unos 120 metros sobre el piso del desierto.

1: Se refiere a los colosos de Memnón, que cada amanecer emitían sonidos, que parecían salir de la boca. Véase, en esta misma web: [La estatua de Memnón](#).

Para apreciar el efecto acústico se debe subir hasta la cresta de la duna y deslizarse por su pendiente. Junto con la avalancha de arena, los granos comienzan a vibrar y se empieza a escuchar un fuerte sonido, como el de un escuadrón de bombarderos B-29 de la Segunda Guerra Mundial.

Existen varias leyendas acerca de esta montaña. De acuerdo con **Mary Holliday** (*Nevada Official Bicentennial Book*, pag. 137), en ese lugar había un gran mar (Lago Lahontan), en el que vivían y se reproducían plesiosaurios y otros diversos dinosaurios. Los fuertes vientos fueron apilando los sedimentos hasta formar la actual montaña, enterrando los restos de dinosaurios.

☄ El concierto de arena

Al Sureste del desierto de Kalahari, en Sudáfrica, los nativos provocaban ellos mismos esos ruidos, indudablemente según una técnica ritual ancestral. El doctor **A. D. Lewis**, un sabio inglés que visitó la región en 1935, cuenta que toda la tribu:

“Cuando llegaba la noche, o muy temprano por la mañana, lanzaba brazadas de arena sobre una vertiente de la duna, y provocaba así un ruido parecido al trueno. Después, algunos de los asistentes se dispersaban a lo largo de la misma duna y echaban arena por unos puntos determinados. El ruido, que primero parecía un trueno (audible hasta 600 metros), se tornaba entonces melodioso, e interpretaban una verdadera música mineral, con un instrumento mineral de varios centenares de metros cuadrados”.

También se oye el canto de la arena en algunas playas. Al Sur de la costa de Kauai, en el distrito de Mana, en Hawai, se encuentra una playa de roca calcárea. Los nativos llaman este lugar Nohili. Ahí se encuentran unas dunas de arena que emiten sonidos. Los residentes atribuyen el sonido de la arena a los espíritus de los muertos, *Uhane*. Aún acostumbran enterrar a sus muertos con un poco de esta arena. El sonido producido es semejante a un ladrido, según lo atestigua **Carrington H. Bolton**.

Actualmente la zona de las arenas de Kauai está dentro de una base de misiles *Commanding Officer of Pacific Missile Range Facility*.

Las dunas tienen una altura máxima de 40 metros. La arena esta formada por carbonato de calcio de las

conchas marinas.

Las arenas ladradoras de Kauai, corren paralelas a la costa (1.6 kilómetros) y son únicas pues están constituidas por arena recubierta con carbonato y fragmentos de conchas y corales. Bajo el microscopio se puede ver diminutas piezas de coral y conchas. Su sonido parece el ladrido de un perro. Su vibración, incluso, se puede sentir en las manos o los pies de la persona que mueve la arena.

Ahí mismo en Kauai, cinco kilómetros al Este de Koloa, se encuentra Haula, una playa compuesta de lava, concha y coral pulverizados. Su arena produce un sonido como de tambor. En la isla Niihau nos encontramos con un pequeño lugar llamado Kaluakahua en donde hay otras dunas, de 30 metros de altura, con las mismas características. En este caso el ruido es totalmente diferente. En lugar de un tambor parece que de pronto uno esta cercado por un ruido de mil matracas muy lejanas, repiqueteando a gran velocidad. Otras veces es una especie de largo silbido que va y viene como una ola. Esto sucede fácilmente los días de gran calor y con frecuencia inmediatamente después de haber llovido, cuando la arena se seca bruscamente.

La famosa playa cantarina Kotoga, o playa Kotohiki, cercana al pueblo del mismo nombre, hace cientos de años, obtuvo su nombre debido a sus arenas, que suenan como un arpa japonesa (Koto significa arpa en japonés).

En los Estados Unidos la playa de Manchester, Massachussets forma una pequeña duna de un kilómetro de longitud, rodeada de promontorios de granito, ricos en feldespato, rocas ígneas y diorita porfírica. Al ser pisada, esta arena produce un curioso sonido de carácter decididamente musical. Sólo la arena superficial tiene esta propiedad. Si se toma arena de 30 o 50 centímetros por debajo de la superficie, las propiedades acústicas desaparecen.

☄ Arenas cantarinas en el laboratorio

Se ha intentado explicar físicamente esas insólitas sonoridades. Al principio se pensaba que el viento agitaba los granos de arena y que la fricción producía uno u otro sonidos. Pero, aunque la presión del aire y la temperatura ambiente desempeñan un papel determinante en el fenómeno, la brisa no interviene en absoluto. En efecto, no es la capa superficial de los granos lo que vibra, sino las capas intermedias, y las masas de sílice dispuestas

en la profundidad tan sólo desempeñan un papel de favorecedoras de la resonancia.

Parece pues, que algunos de los sonidos, como el redoble de tambor o el rumor ininterrumpido, son producidos por una oscilación de los granos, mientras que las otras frecuencias nacen, nota a nota, de otras fricciones provocadas por cambios de temperatura o presión. Por otra parte, los granos de arena que producen música, son diferentes a los granos de arena ordinarios en cuanto a su forma. Los segundos presentan numerosas rugosidades, mientras que los otros son casi perfectamente lisos. Sin embargo, los efectos sonoros se pueden dar en diversos materiales: las arenas de Kabul y las de Eigg son silíceas; las de Manchester son 50% feldespato y las de Kauai es calcárea.

En 1889 Bolton fue uno de los primeros en estudiar el fenómeno. Pero la primera investigación sistemática de las arenas cantarinas la realizó, en la década de los cuarenta, el mayor de infantería y físico británico **Ralph Bagnold Alger** (quien perteneció al *Long Range Desert Group*, durante la Segunda Guerra Mundial). Estudió el

fenómeno al Sur de Egipto, donde se producía de manera natural y periódica.

“Las he escuchado en el Suroeste de Egipto, a 500 kilómetros del poblado más cercano. En dos ocasiones eso ocurrió en una noche silenciosa. Repentinamente un tronido vibrante tan fuerte que tuve que gritar para que mi compañero me escuchara. Al poco rato otros sonidos, inducidos por este estruendo, unieron su música a la primera, con notas tan cercanas que se reconocía claramente un ritmo lento. El misterioso coro prosiguió durante más de cinco minutos sin interrupción, Hasta que se reestableció el silencio y la tierra dejó de temblar. El fenómeno sucede sin que uno se lo espere. Es una armonía, desagradable y mareante a la vez, puntuada por un pequeño redoble de tambor, de una regularidad de ritmo asombrosa. Este extraño coro duró por lo menos cinco minutos. Después, durante algunos segundos, se oyó sólo el tambor. Y por último, de golpe, cesó toda confusión de ruidos y nos preguntamos si no habíamos sido víctimas de una alucinación”.

☄ ¿Puede producir locura el escuchar las arenas cantarinas?

¿Puede producir locura el escuchar las arenas cantarinas? Para muchos científicos esto constituía sólo un añadido para embellecer la leyenda de la “Melodía del desierto”, pero algunos estudios en el campo de los infrasonidos hacen pensar que algo de verdad hay en esta leyenda.

En Londres, a principios del siglo XX, el físico norteamericano Robert Wood utilizó -en una obra de teatro- sonidos de una frecuencia muy baja, sordos; los cuales, en opinión del científico, crearían en la sala de teatro un ambiente de expectación de algo descomunal y siniestro. Para producir el “lúgubre” sonido, Wood construyó un tubo especial que fue unido a un órgano. Resultó que incluso el primer ensayo dejó asustados a todos los presentes. El tubo no producía sonidos audibles, sin embargo, en cuanto el organista apretaba una tecla, en el teatro se originaba algo inexplicable: tintineaban los vidrios de las ventanas y los colgantes de cristal de los candelabros resonaban. Y por si esto fuese poco, ¡todos aquellos que en ese momento estaban presentes en la escena o en la sala se sentían embargados por un miedo irracional!. Y no fue una alucinación. Las personas que vivían cerca del teatro más tarde confirmaron que en esos instantes también

se veían poseídos del mismo sentimiento.

Los culpables eran los infrasonidos que el oído humano es incapaz de captar. Citemos también los experimentos del físico francés Gaveau, quien demostró que entre 50 y 100 Hertz, algunas vibraciones perturban, en el ser humano y en varias especies animales, los centros de equilibrio. Las oscilaciones infrasónicas en el aire son engendradas por las tormentas y vientos huracanados. También acompañan a los disparos, explosiones, derrumbes y terremotos. Los infrasonidos industriales son cotidianos. Emanan de los ventiladores de las fábricas, compresores neumáticos, motores Diesel y todas las máquinas que funcionan a ritmo lento. Se ha calculado que el fenómeno de la arena sonora emite, además del ruido perfectamente audible, unas vibraciones de baja frecuencia, que oscilan entre los 50 y los 100 Hertz. Este tipo de infrasonidos es capaz de alterar el funcionamiento del cerebro, provocar malestares, sensaciones de vértigo, migrañas pasajeras, náusea, desmayos (¿recuerdan el personaje de Maupassant?) y ceguera temporal, y aquellos cuya frecuencia sea de unos 7 Hertz, pueden parar el corazón o romper los vasos sanguíneos.

Bagnold clasificó las arenas en dos tipos: las “silbadoras” que se producen en las playas; y las “tronadoras”, de los desiertos. Las primeras emiten un sonido con una frecuencia entre 800 y 1,200 ciclos por segundo (el Do sostenido de un piano). La frecuencia de las segundas es de 132 a 260 ciclos por segundo (Mi bemol).

Según él, el sonido se produce:

“... por medio de una rápida deformación de la capa seca superior, causada al caminar sobre ella, al frotarla con la palma de la mano, o al introducir verticalmente un bastón”.

Las más comunes son las arenas silbadoras o “chirriantes”. Producen un corto “chillido” (menos de ¼ de segundo), de alta frecuencia (500 a 2,500 Hz), cuando se les comprime. Se le puede encontrar en numerosas playas, ríos y lagos alrededor del mundo.

Las arenas tronadoras, tienen una baja frecuencia acústica (50 a 300 Hz). Según Miwa y **Okazaki**, por lo menos 31 lugares del mundo cuentan con un lugar de este tipo.

Existen varias diferencias cualitativas entre las emisiones tronadoras y las chirriantes. Las segundas, por ejemplo, casi siempre producen una sola frecuencia fundamental de vibración. Las arenas tronadoras casi nunca producen sonidos en múltiples bandas, sólo se observa un armónico de un tono fundamental en las arenas tronantes (**Criswell** et al., 1975). Las arenas chirriantes, por el contrario, producen frecuentemente 4 o 5 sobretonos armónicos (**Takahara**, 1973).

Los estudios de Bagnold fueron continuados por **Brown, Campbell, Jones** y **Thomas**, de la Universidad inglesa de Newcastle-upon-Tyne. Ellos descubrieron que es más necesario que el tamaño de los granos sea uniforme para que se presente la sonoridad. La redondez de los granos no es una característica esencial. Si tenemos una diversidad de tamaños, las partículas más finas ocluyen los intersticios de los granos de mayor tamaño y les impide resonar. La mayoría de los granos silentes de arenas de desierto tienden a ser más esféricos y pulidos que los granos de arena de playas silentes (Lindsay et al., 1976). Bajo el microscopio los granos de la arena sonora, parecen ser más redondeados y finamente pulidos, si se les

compara con la arena ordinaria (silente). Los astrónomos y geólogos han especulado que este fenómeno es muy común en las dunas de Marte.

El diámetro promedio de la mayoría de los granos de arena, tengan o no actividad acústica, es de unos 300 µm. La frecuencia de emisión generada por las arenas chirriantes varía con el inverso de la raíz cuadrada de su diámetro promedio (Bagnold, 1954a, 1966).

La mayoría de las arenas que retruenan están compuestas de cuarzo, una de las excepciones son las Barking Sands de Kauai, Hawai, que son de carbonato de calcio. Pero incluso otro tipo de materiales presentan cierta sonoridad. Los experimentos llevados a cabo con microesferas de vidrio, han probado que se produce una emisión similar a la de las arenas chirriantes (Brown et al., 1965), por lo que se piensa que el chillido se debe a un efecto de fricción. Se ha sugerido que la tersura inusual de los granos permite una vibración exagerada en la frecuencia de resonancia natural de la arena (Criswell et al., 1975; Lindsay et al., 1976).

∴ Pérdida de la voz y la rana cantarina

Bagnold descubrió otros efectos curiosos. Por ejemplo, la “perdida de voz”² de la arena del desierto de Kalahari, al ser trasladada a Pretoria, si no se la guardaba en recipientes de aire comprimido antes de ser sometida a la prueba. Se le podía curar de su mudez al calentarla a 200°C. Estos hechos parecen demostrar que la humedad destruye la sonoridad, por lo menos en las arenas de algunos desiertos.

La sonoridad de una arena también puede perderse si se la golpea constantemente, pero se reestablece si las finas partículas producidas se separan después mediante el cernido, lavado o hervido de la arena.

Las arenas chirriantes y las tronadoras muestran una marcada diferencia a la exposición al agua. El tronido aparece cuando los granos están muy secos. Tan sólo el 0.1% de humedad elimina los sonidos. Se ha encontrado que aún concentraciones tan pequeñas como 5 gotas de agua en un volumen de 1 litro de arena, eliminan todo sonido (**Haff**, 1979). La humedad atmosférica crea un recubrimiento fluido superficial sobre los granos, que actúa como lubricante y disminuye la resistencia al desliz, lo que evita la emisión de sonidos (**Lewis**, 1936). La humedad

2: Efecto que ya fue reportado, a finales del siglo XIX, por el profesor E. G. Richardson.

también incrementa la cohesión entre los granos. El trueno se incrementa cuando los granos no están tan unidos.

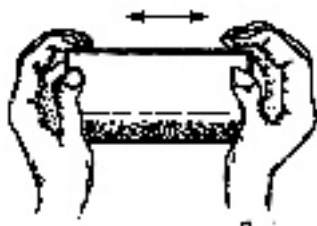
Las arenas chirriantes, por el contrario, no presentan una gran alteración en sus propiedades acústicas debida a la humedad. El sonido se puede producir fácilmente inmediatamente después de ser lavadas con agua, seguido de un secado. No se sabe si es debido a la eliminación de las impurezas, debido al lavado (**Brown et al.**, 1961), o a la creación de un acomodo del grano más natural (**Clarke**, 1973), aunque sí explica el porqué este tipo de fenómeno no se extiende más allá de los 30 metros de la playa (**Richardson**, 1919). Este proceso de limpieza también “revive” la arena chirriante que ha perdido su chillido, una condición que ocurre frecuentemente después de varias compresiones repetidas (**Hashimoto**, 1951). Incluso, las arenas chirriantes pueden emitir sonidos aún cuando están completamente inmersas en agua (**Brown et al.**, 1961),

Los investigadores japoneses han utilizado esta propiedad para “fabricar” arenas cantarinas. Osodani era una playa en el Plioceno, pero ahora está localizada en el interior del Japón. Ahí se encuentra una arcilla de arena. Una muestra de este material se lavó durante un largo periodo de tiempo (más de 500 horas) para obtener el cuarzo más puro (99%). La arena así obtenida, exhibe una propiedad de producir sonido tanto en el aire como en el agua.

El sonido que se obtiene con esta arena, dentro del agua, es muy parecido al que emiten las ranas, por lo que fue bautizada como “Arena Rana”.

Con este tipo de arena se construyó un gigantesco reloj de arena y un curioso juguete. El aparato es un recipiente hecho con un tubo de resina acrílica de 5 centímetros de diámetro por 10 de longitud, cerrado a ambos extremos con una placa de acrílico de 1 mm de grosor.

Dentro de este aparato se introduce 100 centímetros cúbicos de agua con arena y se sella.



1. El sonido parecido al canto de una rana se obtiene moviendo ligeramente el tubo, de derecha a

izquierda.

2. Hay que evitar tocar las placas en los extremos: actúan como membrana vibrante.
3. No hay que sacudir el tubo.

Lo anterior indica que la sonoridad de las arenas está íntimamente relacionada con la contaminación ambiental. Algunos han especulado en que si se hiciera una limpieza de las arenas del mundo, tal y como indican los japoneses, tendríamos un ambiente mucho más limpio y sonoro.

El doctor **Douglas E. Goldsack**, director del *Centre for Mining and Mining Exploration Research* en la *Laurentian University*, en Sudbury, Ontario, Canadá, y sus colegas **Marcel B. Leach** y **Cindi Kilkenny**, descubrieron que pueden hacer que la arena ordinaria se convierta en musical, lijándola, puliéndola y removiendo las impurezas. Repitiendo este proceso la arena común se puede transformar en cantarina. Durante este proceso se forma una capa de sílica gel (producida cuando el cuarzo se disuelve en agua), que cubre los granos de arena. Su conclusión es que para hacer que cualquier tipo de arena cante se debe recubrir con sílica gel.

Pero, ¿qué es lo que otorga en realidad a las arenas cantantes sus cualidades musicales? Después de miles de años de conocer su existencia y de haber sido estudiadas por varios científicos, se ha llegado a la conclusión, según Bagnold, de que “no existe hasta ahora una verdadera explicación”.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anonymous, *Roaring sands of the Kalahari Desert*, **Nature**, Vol. 140, August 14, 1937, pag. 285.
2. Anonymous, *Sonorous sand in Nevada*, **Knowledge**, Vol. 3, 1883, pag. 63-64.
3. Anonymous, *Eureka sand dunes landmark*, **California Geology**, Vol. 37, No. 3, 1984, pag. 42.
4. **Arrit Susan**, *The Living Earth Book of Deserts*, **The Reader's Digest Association, Inc.**, pag. 7-8.
5. **Bagnold Alger Ralph**, *Physics of Blown Sand and Desert Dunes*, **Methuen**, London, 1954, pages, 247 - 267. Reedición, *The physics of wind blown sand and desert dunes*, **Chapman and Hall**, London, 1984, pag. 265.
6. **Bagnold Alger Ralph**, *Experiments on a Gravity-*

- Free Dispersion of Large Solid Spheres in a Newtonian Fluid Under Shear*, **Proceedings of the Royal Society**, Vol. 255A, 1954, pag. 49.
7. **Bagnold Alger Ralph**, *The shearing and dilatation of dry sand and the "singing" mechanism*, **Royal Society of London, Proceedings Series A**. Vol. 295A, 1996, pag. 219-232.
 8. **Bolton H. Carrington & Julien A. Alexis**, *The singing beach of Manchester, Mass.*, **American Association for the Advancement of Science, Proceedings**, Vol. 32, 1883, pag. 251-252.
 9. **Bolton H. Carrington**, *Researches on Musical Sand in the Hawaiian Islands and in California*, **Transactions of the New York Academy of Sciences**, Vol. 10, 1889, pag. 28-35.
 10. **Bolton H. Carrington**, *Researches on Sonorous Sand in the Peninsula of Sinai*, **Proceedings of the American Association for the Advancement of Science**, Vol. 38, 1889, pag. 137-140.
 11. **Bolton H. Carrington**, *The "Barking sands" of the Hawaiian islands*, **Nature**, Vol. 42, August 1890, pag. 389-390.
 12. **Brewster Sir David**, *Letters on Natural Magic, Addressed to Sir Walter Scott, J. & J. Harper*, New York, 1834.
 13. **Brock Paul**, *El misterio de las arenas cantarinas, en Maravillas y misterios del mundo que nos rodea*, **Readers Digest**, México, 1973, pag. 177-179.
 14. **Brown A. E., Campbell W. A., Jones J. M. and Thomas E. R.**, *Musical Sand: The Singing Sands of the Seashore Part II*, **Proceedings of the University of Newcastle Upon Tyne Philosophical Society**, Vol. 1, No. 1, 1965, pag. 1.
 15. **Brown A. E., Campbell W. A., Robson D. A. and Thomas E. R.**, *Musical Sand: The Singing Sands of the Seashore Part I*, **Proceedings of University of Durham Philosophical Society**, Vol. 13, No. 21, 1961, pag. 217.
 16. **Carus-Wilson C.**, *Musical Sand*, **Bournemouth Society of Natural Science**, 1888.
 17. **Carus-Wilson C.**, **Nature**, Vol. 95, 1915, pag. 90.
 18. **Carus-Wilson C.**, *The Production of Musical Notes from Non-Musical Sands*, **Nature**, Vol. 44, 1891, pag. 322.
 19. **Clarke J. A. R. C.**, *Singing Sands*, **New Scientist**, Vol. 59, 1973, pag. 222.
 20. **Cohen Philip**, *Desert Dunes Sing Silica's Song*, **New Scientist**, March 8, 1997, pag. 17.
 21. **Criswell D. R., Lindsay J. F., and Reasoner D. L.**, *Seismic and Acoustic Emissions of a Booming Dune*, **Journal of Geophysical Research**, Vol. 80, No. 35, 1975, pages 4963-4973.
 22. **Curzon George Nathaniel, Marquess of Kedleston**, *Tales of Travel*, **Hodder and Stroughton**, London, 1923, pag. 344-430. **George H. Doran**, New York, 1923, pag. 315-398.
 23. **Darwin Charles**, *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited During the Voyage of H.M.S. Beagle*, Published by **Henry Colburn Publishers**, London, August, 1839.
 24. **Dunnebie F. K. and Sutton G. H.**, *Thermal Moonquakes*, **Journal of Geophysical Research**, Vol. 79, 1974, pag. 4351.
 25. **Goldsack E. Douglas, Leach F. Marcel and Kilkenny Cindi**, *Natural and artificial 'singing' sands*, **Nature**, Vol. 386, 1997, pag. 29.
 26. **Goldsack E. Douglas, Leach F. Marcel, Kilkenny Cindi, Belzile N. and Ford F.**, *Studies on the structure of the surface of acoustically emitting sands from Kauai, Hawaii*, **Progress in Acoustic Emission**, IX. Ed. by **Hamstead M. A., Kishi T., Ono K.**, Hawaii, Vol. III, 1998, pag. 44-50.
 27. **Gray M. H.**, *Musical sand in Chile*, **Nature**, Vol. 81, July 29, 1909, pag. 126-127.
 28. **Haff P. K.**, *Booming Dunes of the Mojave Desert and the Basin and Range Province*, Internal Report: NSF PHY76-83685, **California Institute of Technology**, Pasadena, CA, 1976, pag. 26.
 29. **Haff P. K.**, *Booming Dunes*, **American Scientist**, Vol. 74, 1986, pag. 376.
 30. **Hashimoto M.**, *Some Properties of Singing Sand*, **Proceedings of the First Japan National Congress for Applied Mechanics**, 1951 pag. 261.
 31. **Herbert Frank**, *Dune*, **Putnam**, New York, 1984.
 32. **Humphries D. W.**, *The booming sand of Korizo, Sahara, and the squeaking sand of Gower, South Wales -- A comparison of the fundamental characteristics of two musical sands*, **Sedimentology**, Vol. 6, 1966, pag. 135-152.
 33. **Jianjun Q., Sun B., Zhang W., Wang Y. and Kang G.**, *Surface Texture of Quartz Grain in booming sand and its acoustic significance*, **Chinese Science Bulletin**, Vol. 40, 1995, pag. 1719.
 34. **Kilkenny Cindi, Leach F. Marcel and Goldsack E. Douglas**, *The acoustic emission of silica gel*, **Canadian Acoustics**, Vol. 25, No. 4, 1997, pag. 28.
 35. **Leach F. Marcel and Chartrand H. J.**, *Recent Progress in the Development of Musical Sand*, **Progress in Acoustical Emission VII**, The Japanese Society for NDI, 1994, pag. 499.
 36. **Leach F. Marcel and Goldsack E. Douglas**, *Study of the Sonorous Properties of Musical Sand*, **Acta Acustica**, Vol.8, Supplement 1, Jan./Feb. 1996, S186.

37. Leach F. Marcel and Rubin G. A., *The Acoustics of Booming Sand*, **Progress in Acoustic Emission V**, The Japanese Society for NDI, 1990, pag. 239.
38. Leach F. Marcel, Goldsack E. Douglas and Chartrand H., *Grain composition and surface characteristics of musical sand*, **Proceedings of the IEEE International Symposium**, Washington, Nov. 1995, pag. 657-659.
39. Leach F. Marcel, Goldsack E. Douglas and Chartrand H., *Research into the source of acoustic emission from musical sand*, **Proceedings of the 8th Asia-Pacific Conference on non-destructive testing**, Taipei, Taiwan, 1995, pag. 55-62.
40. Leach F. Marcel, Goldsack E. Douglas E., Kilkenny Cindi and Filion C., *A study of the acoustic emission from musical sand and silica gel*, **Progress in Acoustic Emission IX**. Ed. by Hamstead M. A., Kishi T., Ono K., Hawaii, Vol. III, 1998, pag. 89-98.
41. Leach F. Marcel, Goldsack E. Douglas E., Kilkenny Cindi, *Booming Sand as Possible Source of Single Frequency Sound*, **Proc. 6th International Congress on Sound and Vibration**, Copenhagen, Denmark, July 5-8, Vol. 4, No. 58, 1994, pag. 1983-1988.
42. Leach F. Marcel, Goldsack E. Douglas E., Kilkenny Cindi, *Musical sand characterization*, **Canadian Acoustics**, Vol. 25, No. 3, 1995, pag. 36.
43. Leach F. Marcel, Goldsack E. Douglas E., Kilkenny Cindi, *Surface analysis of musical sands and their acoustic emissions*, **Proceedings of the 4th Congress on Acoustics**, Marseilles, France, April 1997, Vol. 2, pag. 1149-1152. (Trans. Tech Publications Series on Rock and Soil Mechanics, Vol. 21, 1998, pag. 544-546).
44. Leach F. Marcel, Goldsack E. Douglas E., Kilkenny Cindi, *The essential properties of musical sand*, **Proceedings of the 6th Conference on Acoustic Microseismic Activity in Geological Structures**, Pennsylvania State University, May 1996, Trans. Tech Publications Series on Rock and Soil Mechanics, Vol. 21, 1998, pag. 544-546.
45. Lewis A. D., *Roaring Sands of the Kalahari Desert*, **South African Geographical Society**, Vol. 19, 1936, pag. 33.
46. Lindsay J. F., Criswell D. R., Criswell T. L., and Criswell B. S., *Sound-producing dune and beach sands*, **Geological Society of America Bulletin**, Vol. 87, No. 3, Boulder, CO: Geological Society of America (GSA), March 1976, pag. 463-473.
47. Lindsay J. F., Criswell, D. R., Criswell T. L. and Criswell B. S., *Sound Producing Dune and Beach Sands*, **Geological Society of America Bulletin**, Vol. 87, 1976, pages 463-473.
48. Liu C. H. and Nagel S. R., *Sound in Granular Media*, **Physical Review B**, Vol. 48, 1993, pag. 15646.
49. Maupassant Henry René Albert Guy de, *Les contes de la bécasse*, LGF, Paris, 1998.
50. Miwa S. and Okazaki T., *Sound of Booming Dunes in China and America*, **Sand Dune Research**, Vol. 42, 1995, pag. 20.
51. Miwa S., Okazaki T. and Kimura M., *Sound Producing Properties of Singing Sand*, **The Science and Engineering Review of Doshisha University**, Vol. 36, 1995, pag. 67.
52. Nori Franco, Sholtz Paul and Bretz Michael, *Sound-Producing Sand*, **Scientific American**, 1996.
53. Nori Franco, Sholtz Paul, and Bretz Michael, *Booming Sand*, **Scientific American**, Vol. 277, No. 3, September 1997, pag. 84-89.
54. Polo Marco, *The Travels of Marco Polo, The Venetian*, **AMS Press**, New York, edited by T. Wright, 1968, pag. 101.
55. Poynting J. H., *Musical Sands*, **Nature**, Vol. 77, 1908, pag. 248.
56. Richardson W. D., *The Singing Sands of Lake Michigan*, **Science**, Vol. 50, 1917, pag. 493.
57. Ridgway K. and Scotton J. B., *Whistling Sand Beaches in the British Isles*, **Sedimentology**, Vol. 20, 1973, pag. 263.
58. Schad Jerry, *Explorations: Acoustic Sands*, **Omni**, Vol. 1, 1979, pages 131-132.
59. Sharp R. P. *Kelso Dunes, Mojave Desert, California*, **Geological Society of America Bulletin**, Vol. 77, 1966, pag. 1045-1074.
60. Sholtz Paul, Bretz Michael and Nori Franco, *Sound-Producing Sand Avalanches*, Department of Physics, The University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-1120
61. Stein M. A. *Ruins of Desert Cathay*, **Macmillan, Inc.**, New York, 1912, pag. 492.
62. Takahara H., *Frequency Analysis of Squeaking Sand*, **Journal of the Acoustical Society of America**, Vol. 39, No. 2, 1965, pag. 402.
63. Takahara H., *Sounding Mechanism of Singing Sand*, **Journal of the Acoustical Society of America**, Vol. 53, No. 2, 1973, pag. 634.
64. Thompson Sharon Elaine, *Wagnerian Sands of the Desert*, **Lapidary Journal**, pag. 26, July 1990.
65. Trexler T. Dennis and Melhorn N. Wilton, *Singing and Booming Sand Dunes of California and Nevada*, **California Geology**, Vol. 39, No. 7, July 1986, pag. 147-152.

PÁGINAS EN INTERNET

Armstrong P. Wayne, *The Life & Love of Sand Dunes*, página en internet, January 1998. http://www.desertusa.com/magjan98/dunes/jan_dune1.html

Corbin Andrews, *The Sounds of Science*, March 7, 1997, <http://www.exn.ca/Stories/1997/03/05/01.asp>

Corliss R William, [Science Frontiers #111, MAY-JUN 1997.](#)

Is'Dihara al-Hakima bint Durr, *The Wailing Sands*, artículo en internet, <http://68.64.238.80:8080/v1n4/wailing.html>

Miwa Shigeo, <http://www.bigai.ne.jp/~miwa/sand/index.html>

Rane Shepard, <http://www.raneshephard.com/singingsandtxt.htm>

Sands of the world, <http://www.ed.uri.edu/homepage/projects/ocean/Sand4.htm>

