

155



## Un paseo por la orilla de la playa (3 octubre 2011)

¿Cuál es la zona de la playa donde se puede dar un paseo más cómodamente?:

- (a) Por cualquier lugar sobre la arena seca, que normalmente se halla alejada de la orilla.
- (b) A lo largo de la franja de arena húmeda comprendida entre la arena seca y el agua.
- (c) Sobre la arena sumergida que se halla donde rompen las olas.



---

AVISO: El objeto de *Simple + mente física* no va más allá del placer que proporciona plantearse y resolver sencillas cuestiones razonando (y experimentando) de acuerdo con principios básicos de la física. No hay ningún tipo de compensación, excepto la satisfacción personal y no van dirigidas a ningún grupo de personas en particular (es decir, están abiertas a todo el mundo).

El primer día hábil de cada semana se presentará (al menos, se intentará) una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

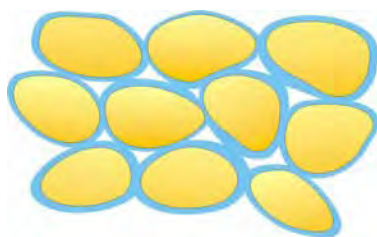
---

Rafael Garcia Molina, Departamento de Física - CIOyN, Universidad de Murcia (rgm@um.es)

<http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

**Resp.:** No resulta fácil caminar cuando los pies se hunden en la superficie que pisan. Por lo tanto, caminar cómodamente sobre una superficie depende en gran medida de su firmeza.<sup>1</sup> La unión entre los granos de arena de una playa determina la firmeza de su superficie. Si los granos están muy sueltos, los pies se hundirán entre ellos. Veamos cómo se pueden mantener unidos los granos de arena en la playa, donde sólo se dispone de agua (aparte de la arena).

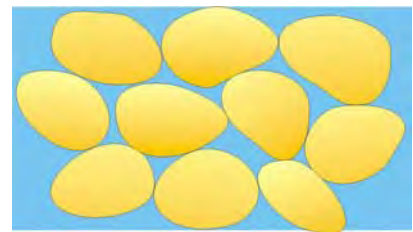
La firmeza de la arena se consigue humedeciéndola (pero no en exceso). En la arena húmeda, el agua cubre los granos de arena adyacentes y forma una especie de puentes entre ellos, manteniéndolos unidos de tal manera que sea mínima la superficie de separación entre el agua y el aire (atrapado entre los granos). De esta forma se minimiza la energía potencial  $E_{\text{tensión superficial}}$  debida a la superficie líquida, que vale  $\gamma S$ , donde  $\gamma$  es el coeficiente de tensión superficial del agua y  $S$  es la superficie agua-aire, que ha de reducirse al mínimo posible para que  $E_{\text{tensión superficial}}$  sea mínima.



**Arena húmeda**



**Arena seca**



**Arena empapada**

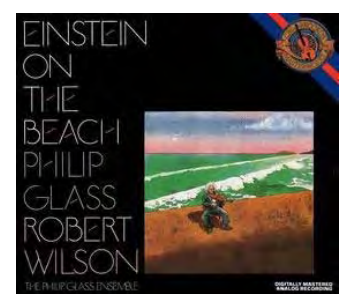
Cuanto más seca está la arena, hay menos agua que una los granos de arena, por lo que ésta se presenta suelta y la superficie resulta blanda al pisarla, lo cual dificulta bastante caminar sobre ella.

Por otra parte, si la arena de la orilla está empapada (es decir, muy mojada) por el continuo vaivén de las olas, apenas habrá aire entre sus granos ni, por tanto, superficie de separación agua-aire. En este caso no interviene la tensión superficial para mantener unidos los granos y éstos pueden resbalar con mayor facilidad unos sobre otros, por lo que la arena no está compacta. Por este motivo, los pies se hunden con relativa facilidad sobre la arena empapada y resulta incómodo caminar sobre ella.

Así, pues, cuando la arena no está ni demasiado seca ni demasiado húmeda hay mucha superficie de separación aire-agua que intenta minimizarse (para reducir la energía debida a tensión superficial) y por ello mantiene unidos los granos de arena entre sí, con lo cual la arena está firme y es fácil caminar sobre ella. Por este motivo, la respuesta correcta es la (b), ya que la mejor zona para caminar por la playa corresponde a la franja de arena húmeda (pero que no está sumergida) comprendida entre el agua y la arena seca, pues es la que aguanta con más firmeza nuestras pisadas.

El razonamiento anterior también justifica la técnica que se emplea para construir castillos de arena en la playa, empleada por cualquier niño. Los castillos de arena adquieren consistencia y no se desmoronan cuando la arena tiene la humedad justa (dentro de un margen), pero se deshacen cuando la arena está seca o demasiado húmeda.

Se atribuye a Albert Einstein la explicación sobre la comodidad para pasear por la franja de la playa comprendida entre el agua y la arena seca. La ópera de Philip Glass titulada *Einstein on the beach* podría ser un reconocimiento a esta explicación, pero la elección del título obedece a otros motivos.



<sup>1</sup> No consideraremos la existencia de posibles obstáculos, variaciones de nivel, etc.