

Materia Activa

# DONDE LA FÍSICA SE ENCUENTRA CON LO VIVO

*Por David Azócar B.*

Imaginemos por un instante un material que no esté compuesto de átomos y moléculas -como es usual- sino que esté hecho de millones de pequeños motores, en que cada uno de los cuales puede tomar energía del ambiente para generar movimiento. ¿Qué propiedades tendría dicho material? No es una pregunta absurda, pues los tejidos celulares o las suspensiones de microorganismos se comportan precisamente de esa for-

ma. Los físicos han acuñado el término materia activa para referirse a este tipo de materiales con el fin de comprender sus propiedades. Sabemos que la materia está hecha de átomos y moléculas y que se presenta en tres estados: sólido, líquido o gaseoso; pero ¿cuáles son los estados que existen en la materia activa? Hay uno muy conocido en el que todos los elementos se mueven juntos: el cardumen, estado que también se ob-

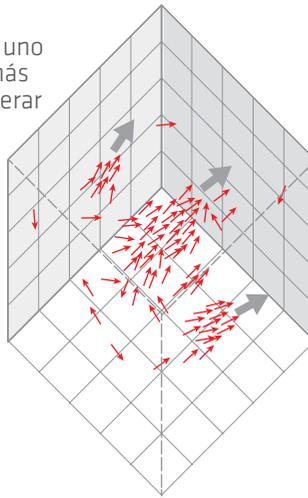
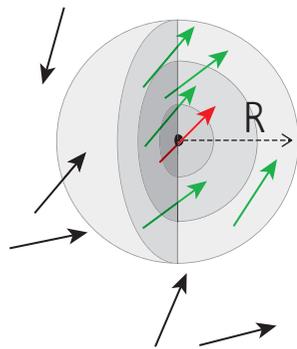
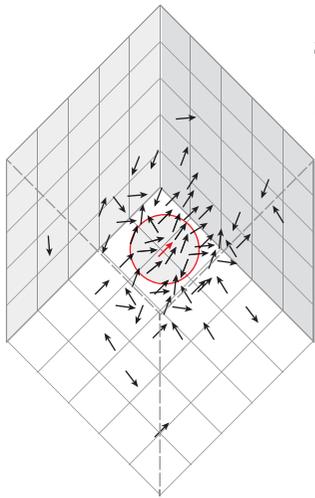
serva en colonias de bacterias (ver infografía 1).

Cómo funciona la materia activa y qué estados se pueden generar son algunos de los cuestionamientos que investiga el nuevo Núcleo Milenio Física de la Materia Activa, un proyecto financiado por el Ministerio de Economía y liderado por los académicos del Departamento de Física, Rodrigo Soto (director), María Lui-

# Infografía 1

## Modelo de Vicsek

Es un conjunto de elementos autopropulsados. Basta con que cada uno trate de alinearse con sus vecinos más próximos, a una distancia R, para generar estados de movimiento colectivo.



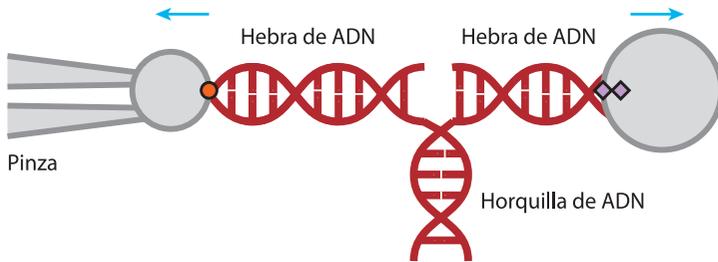
Este modelo ha sido eficaz para explicar, por ejemplo, el nado ordenado de peces.

# Teoremas de fluctuación

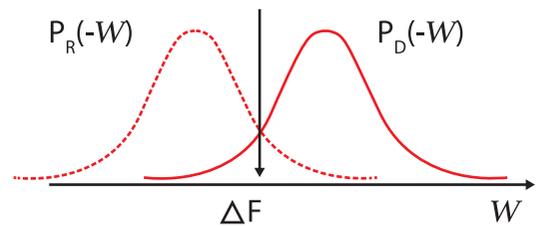
# Infografía 2

El trabajo  $W$  realizado en un proceso termodinámico es una cantidad bien definida que se puede medir o calcular. Pero, para sistemas pequeños,  $W$  fluctúa y varía de caso en caso: hay una probabilidad de obtener cada valor. Se ha demostrado que si se hace un proceso directo y su reverso (como abrir o cerrar una hebra de ADN), las probabilidades respectivas satisfacen una relación precisa en función de la diferencia de energía libre. Teoremas de fluctuación similares han sido demostrados para la entropía y calor.

## Manipulación de hebras de ADN



## Teorema de fluctuación



$$\frac{P_D(W)}{P_R(-W)} = e^{-\frac{(\Delta F - W)}{k_B T}}$$

# Infografía 3

# Confinamiento de bacterias

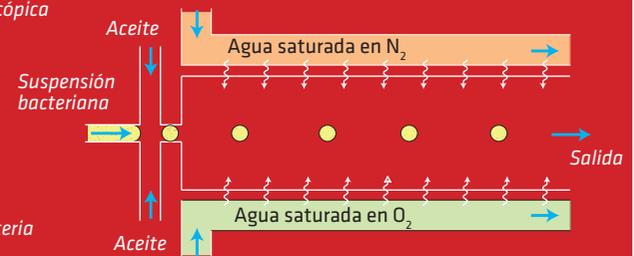
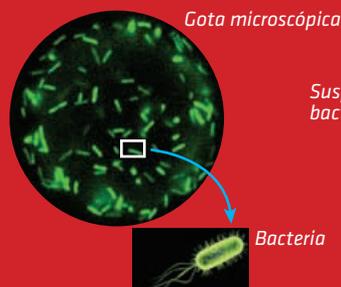
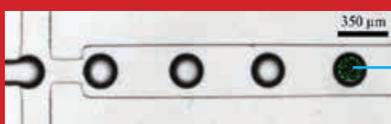
Las técnicas de microfluídica permiten fabricar gotas microscópicas con muy alta precisión (izquierda). Los investigadores de este proyecto proponen confinar bacterias en microgotas (medio) y ponerlas en canales para moverlas a voluntad usando la atracción de las bacterias hacia el oxígeno.

## Técnicas de microfluídica

## Bacterias confinadas

## Atracción de bacterias hacia el oxígeno

Vista microscópica



Referencia: Diámetro del cabello humano es de 70 μm

sa Cordero (subdirectora) y Felipe Barra, quienes reúnen su experiencia -de más de diez años- en el estudio de suspensiones bacterianas, microfluidos y termodinámica estadística.

La teoría que permitió entender por qué hay tres estados de la materia es la termodinámica, desarrollada en los siglos XIX y XX, dando lugar a avances espectaculares como, por ejemplo, la microelectrónica, los paneles solares o los LCD. Además, la termodinámica respondió preguntas fundamentales como: el origen de la flecha del tiempo, por qué recordamos el pasado y no el futuro y por qué la vida sólo puede surgir si hay una fuente de energía (en nuestro caso, el Sol), entre otras. El desafío de hoy es construir la termodinámica de la materia activa.

Como la materia activa está típicamente compuesta por sólo algunos miles o millones de elementos, fluctúa mucho. Entonces, ya no se puede esperar tener leyes deterministas, sino que serán probabilísticas (ver infografía 2). Así, cuando las células en un tejido migran para

curar una herida, ¿podemos predecir la probabilidad de que el proceso tome un determinado tiempo?

### **Nuestro centro**

Este núcleo buscará responder preguntas fundamentales relacionadas con la materia activa como, por ejemplo, las condiciones físicas necesarias para la vida, la autoorganización y el movimiento colectivo de seres vivos, los flujos de energía e información al interior de una célula o la capacidad de generar máquinas autoensambladas.

Aprovechando la experiencia desarrollada durante los últimos años en el Departamento de Física de la FCFM en la manipulación de fluidos en canales microscópicos, se confinarán bacterias (cepas de *Escherichia Coli* aportadas por colaboradores en la Universidad Católica) en microgotas de centésimas de milímetro de diámetro, las que serán observadas con técnicas de microscopía fluorescente. Así será posible estudiar los estados de la materia que se generan en estas gotas activas (ver infografía 3).

Asimismo en colaboración con investigadores de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, se buscará aplicar la termodinámica de la materia activa, en particular los conceptos de elasticidad activa o migración colectiva, para entender y predecir los movimientos celulares. En este sentido, el núcleo estudiará embriones de peces, donde es posible seguir el movimiento de células individuales con microscopios avanzados.

Durante el proyecto los investigadores generarán técnicas para el confinamiento y manipulación de bacterias, las que propondrán que sean aplicadas en tecnologías de *lab on a chip*, donde todos los procesos de un reactor químico son realizados en línea en microcanales de fracciones de milímetro de ancho. Esta tecnología permite escalar y automatizar procesos bioquímicos y biotecnológicos, aumentando la rapidez y el control de los procesos, reduciendo tiempos, desechos y costos. 

**Contacto:**  
<http://activematter.dfi.uchile.cl>