

## LA CIENCIA CALCULA LA MAGNITUD DEL DESORDEN

### ¿Qué tiene en común que tu habitación esté desordenada con el fin del universo? Mucho

¿Tu cuarto está muy desordenado? ¿Sabrías decir cuánto? Los científicos tienen una magnitud para medir éste

**Lucía García** | @shedka

Madrid

Tiene más entropía el agua en estado gaseoso, con sus moléculas dispersas y alejadas unas de las otras, que la misma en estado líquido con sus moléculas más juntas y ordenadas. Según el segundo principio de la termodinámica, la cantidad de entropía del universo tiende a incrementarse con el tiempo.

El universo (y tu cuarto) tienden de manera natural al desorden, por mucho que esto ponga nerviosa a tu madre.

Para mantener un entorno ordenado hay que gastar muchísima energía en esa tarea consciente y pesada, pero incluso, en ese momento, la energía que utilizas se degradará en forma de calor, lo que aumenta la entropía.

Todas las partículas tienden al desorden y esto es algo que se alcanza más rápido cuando hay seres vivos. Hemos venido a este mundo a desordenar.

No somos los únicos responsables del aumento de entropía. Las estrellas también son desordenadas. Cada vez que la estrella fusiona los núcleos de un elemento obtiene otro que le es más inútil para obtener energía, degradando la energía en forma de calor y contribuyendo al aumento de entropía del universo.

El 90% de la energía producida por las estrellas proviene de las reacciones de fusión del hidrógeno en helio. El helio, sin embargo sólo genera 6% de la energía.

El resto de fases de combustión apenas contribuyen de forma apreciable a la energía emitida por la estrella a lo largo de toda su vida. Este es el motivo por el que esta materia no servirá para generar estrellas nuevas.

El segundo principio de la termodinámica sirve para explicar tanto el desorden de tu cuerpo como el fin del universo.

## LA ENTROPIA Y MI HABITACIÓN

Por Eva Martínez Pérez Licenciada en Ciencias Químicas

*Realizando las prácticas de una asignatura me dieron la oportunidad de conocer una útil revista que está en nuestra biblioteca. Se trata del "Journal of Chemical Education", útil no sólo para los que enseñan sino también para los que aprenden. Una de sus secciones se llama "applications and analogies", y, como su nombre indica, suele constar de curiosas analogías para entender conceptos científicos de difícil aprehensión. Y por si a alguno de vosotros os puede servir, he aquí la siguiente, de cosecha propia; y se agradecerá cualquier corrección o sugerencia.*

Todos hemos oído hablar de la entropía. Y muchos la hemos tenido que estudiar. Y junto a ella siempre aparecían conceptos como **desorden**, **número de estados**, **irreversibilidad**, **espontaneidad**, **información**, y otros. Pensemos en estos conceptos irremediabilmente ligados a la entropía.

## DESORDEN Y NÚMERO DE ESTADOS

Todos albergamos en nuestra cabeza una idea intuitiva del desorden. Sin embargo, hay que tener claro que en términos científicos, el desorden viene dado por el número de estados en los que un sistema puede estar. Un sistema estará más desordenado que otro cuando el número de estados diferentes en los que podemos encontrar al primero es mayor que los del segundo.

Piensa en algo desordenado... "¡mi habitación!" es lo que se os habrá ocurrido a más de uno. A tu madre le gustaría que lo tuvieses ordenado; es decir, tu madre sería la mujer más feliz del mundo si tuvieses los pantalones colgados en su percha dentro del armario, los zapatos en ese armarito que te compró para ello, los apuntes metidos en esas carpetas que te regaló para tu cumpleaños, los bolígrafos dentro de su bote y no tirados por la mesa; es decir, cada cosa en su sitio. Tu cuarto estará ordenado cuando sólo pueda estar de una manera: cada cosa en su sitio.

Sin embargo, aparte de ocupar su sitio, tú permites que los objetos de tu cuarto puedan ocupar muchos más sitios: los pantalones pueden estar en sus perchas del armario, o encima de la cama, o en el colgador de detrás de la puerta, o en una silla; los zapatos los puedes dejar en su armario o en cualquier lugar del suelo de tu habitación; tus apuntes pueden estar en sus carpetas o encima la mesa, o en tu mochila, o en la estantería, o sobre la cama reposando; los bolígrafos los puedes meter en su bote o mejor donde primero caigan.

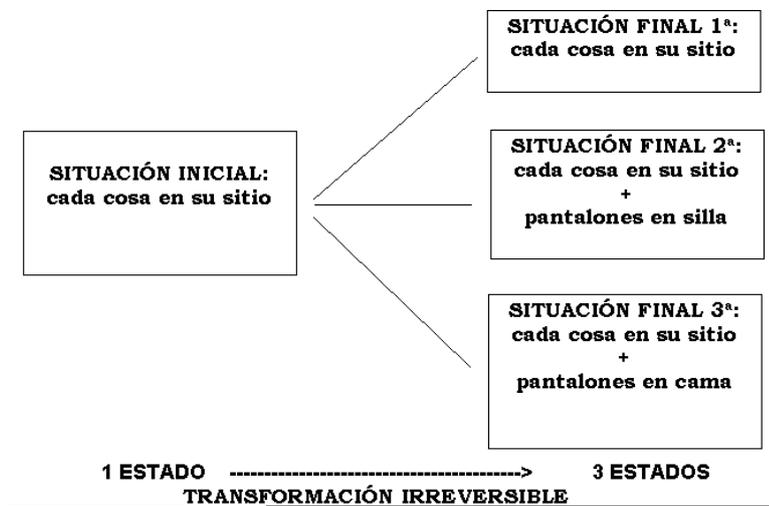
Entonces, por la mañana podemos encontrar tu cuarto de una manera, pero por la tarde puede estar de otra si es que has cambiado las cosas de sitio. Cada vez que miremos tu habitación estará distinta y la sensación que se tiene es que tu habitación está desordenada. Tú permites más estados a tu habitación y, por tanto, está más desordenada, tanto en el sentido científico como habitual de la palabra desorden. Teniendo en cuenta que la entropía es una medida del desorden, si tu habitación está más desordenada, termodinámicamente significa que está más "entropizada".

## ENTROPÍA E IRREVERSIBILIDAD

Con pocos conocimientos termodinámicos sabemos que en los procesos irreversibles aumenta la entropía del sistema. Y viceversa, si un sistema experimenta un aumento de entropía tras un proceso, éste es irreversible.

Vamos a demostrarle a tu madre que una vez que tú desordenas el cuarto, es casi imposible volver a dejarlo con el orden inicial. Y es una cuestión de probabilidad.

Tu madre parte de una situación inicial en la que cada cosa sólo puede estar en un lugar: su sitio. Luego, a tu habitación sólo la podemos encontrar en un estado (pocos estados permitidos, mucho orden, poca entropía); séanse, por ejemplo, los pantalones en cuestión colgaditos de su percha dentro del armario. Tú los usas y luego los dejas en un sitio que ya no es el suyo, mismamente sobre la cama como que los podrías haber dejado en la silla. Es decir, ahora podemos encontrar a tu habitación en tres estados diferentes: con los pantalones en el armario, en la cama o en la silla.



Has realizado una transformación en la que la situación final tiene más estados que la inicial (situación inicial: sólo un estado, cada cosa en su sitio; situación final: tres estados, cada cosa en su sitio, o cada cosa en su sitio pero los pantalones en la cama, o cada cosa en su sitio y los pantalones en la silla.)

Entonces, este proceso en el que ha habido un aumento de estados, de desorden, de entropía ¿es reversible? Pues sí pero no. Si tú vuelves a coger los pantalones y los dejas otra vez, mientras sigas pudiéndolos dejar en cualquier sitio, seguro que no se te ocurre dejarlos justo donde los habías cogido la primera vez (de la

percha del armario). La probabilidad de que el sitio que tú elijas al azar sea su sitio del armario no es la unidad, sino menor. Luego, existe una baja probabilidad de que justamente vuelvas a dejar las cosas donde estaban al principio.

Para tu madre, que sólo permite un estado al sistema, la probabilidad de dejar al cuarto en ese estado es la unidad. Mientras que para ti, existe

- probabilidad  $1/3$  de dejar el cuarto ordenado (situación final 1ª)
- probabilidad  $2/3$  de dejar el cuarto desordenado (situación final 2ª y 3ª)

Es decir, tú tienes más probabilidad de dejarlo desordenado porque existen más estados posibles así, y sólo uno en el que intuitivamente lo llamamos ordenado.

La solución pues es muy sencilla, no permitir a tus cosas más que un estado posible: el lugar que tu madre les asigne.

## ENTROPIA Y ESPONTANEIDAD

Todos sabemos viendo el mundo que nos rodea que la **espontaneidad implica irreversibilidad**. Es decir, que si un proceso ocurre espontáneamente, sin aporte energético, no tiende a volver a la situación inicial, el proceso es irreversible. Lógico, ya que si ocurre espontáneamente es porque va a una situación más "cómoda" o más probable, y la Naturaleza no es tonta, y no va a volver a una situación inicial más "incómoda" o menos probable por las buenas.

Y acabamos de ver también que los **procesos irreversibles implican un aumento de la entropía del sistema**.

Luego, si espontaneidad implica irreversibilidad, y ésta aumento de entropía: los **procesos espontáneos conllevan un aumento de entropía**.

Tu madre se pregunta cómo es que tu habitación siempre está tan desordenada, siendo que incluso ella a veces la ordena y coloca cada cosa en su sitio: los pantalones en su percha, y los zapatos en su armario, y los apuntes en su carpeta, y los bolígrafos en su bote. Sin embargo, tú cada vez que coges algo de tu habitación, lo dejas desordenado, aumentas la entropía de tu habitación.

¿Por qué? Fácil, porque tú cuando dejas algo en tu cuarto siguiendo la ley de la Naturaleza del mínimo consumo de energía, no te paras a pensar y para ti cualquier sitio está permitido para dejar tus cosas. Realizas un **proceso espontáneo** (sin aporte energético) que es dejar un objeto de tu habitación, y como lo puedes dejar en cualquier sitio, pues tu habitación la podemos encontrar de muchas maneras distintas; luego, más estados, más desorden, **más entropía**.

## ENTROPIA E INFORMACIÓN

Lo que tu madre no entiende es el que tú dejes tus cosas en otro sitio que no es el suyo, a tu hermana le sirve de mucho. Tú dejas a tus pantalones más de un estado posible (en el armario, o encima de la cama, o en la silla, o detrás de la puerta colgados) y esto le permite a tu hermana saber cuál es tu estado de ánimo; según dónde dejas tus pantalones, ella sabe si vienes enfadado, risueño, melancólico, etc... Si sólo permitieras un estado a tus pantalones (su sitio, séase el que decide tu madre, o cualquier otro) tu hermana perdería mucha información porque siempre pensaría que estás del mismo humor, el correspondiente al lugar asignado a tus pantalones. Pero, al menos, tu madre no se enfadaría.

Es decir, cuantos más estados permitidos tiene un sistema, mayor es la información que puede almacenar y proporcionar.

Para terminar, recordar que las analogías son útiles en tanto en cuanto las limites a su semejanza con la realidad. Es decir, una analogía no explica todo de aquello con lo que la comparamos.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Callen, H.B., "Thermodynamics and an introduction to thermostatics". John Wiley & Sons, USA (1985)  
Zemansky, M.W., "Calor y Termodinámica", McGraw-Hill, México (1990)  
De Teresa, J.M., *Lumen*, 6, 32 (1993)

## **La entropía en la vida cotidiana.**

La entropía en la vida cotidiana significa que todo tiende a ir en dirección a un estado de desorden o de caos de forma natural, aunque a simple vista de un día para otro pareciera que todo permanece igual, la realidad es que a nivel molecular hay cambios constantes, sin que tú intervengas en el proceso.

Si observas detenidamente la evolución de las cosas, te darás cuenta del efecto de la entropía en la vida cotidiana. También descubrirás cuál es el secreto de reducir la entropía en tu vida.

La entropía es la tendencia natural de tu cuerpo y tu alrededor a ir a un estado de desorden, caos y/o deterioro. Cualquier cuerpo en reposo tiende a deteriorarse.

Por ejemplo, ¿Qué ocurre si dejas de cortar el césped? Acaso crece naturalmente de forma ordenada y agradable a la vista, NO. La grama crece de forma desordenada. En unos meses el jardín se verá abandonado y en mal estado, si no es atendido.

Lo mismo ocurre con tu cabello y uñas. Si dejas de cortarte el cabello y las uñas por varios meses, crecen de forma desordenada y te verás desaliñado. El cabello no crece de forma ordenada, o ¿sí?

Y sabes muy bien lo que pasa con tu cuerpo, cuando lo dejas en estado de reposo por varios días o semanas, se va deformando lentamente, hasta no tener una forma definida, ni atractiva.

Todo esto es el efecto de la entropía, (lo sé, ojalá no fuera así).

Imagina, poder pasar todo el día en frente al televisor y que naturalmente tu cuerpo se fortalezca y queme grasa, sin tener que mover un dedo.

La entropía juega en tu contra, cada día está trabajando y moviendo todo a un estado de desorden.

De forma natural las cosas no mejoran. Así es como funciona y todo gracias a la entropía. No puedes sentarte en un sillón y esperar que toda tu vida sea ordenada. Mientras más tiempo pasas en reposo, más desordenada será tu vida.

## **¿Cómo disminuir la entropía en tu vida?**

La solución es simple, tienes que dedicar energía, tiempo y esfuerzo para revertir el desorden natural de las cosas. Esa es la razón por la que tienes que trabajar diariamente, para frenar y revertir la entropía.

Es el trabajo del ser humano lo que frena la entropía. Recuerdo que vi, un documental que mostraba lo que pasaría en la tierra si los humanos dejaran de existir y básicamente todo empezaría a deteriorarse, todo se vería abandonado, simplemente porque sin humanos no hay alguien que frene este deterioro natural de las cosas.

Nada es estático, todo está en constante cambio ya sea para mejor o peor, pero nada se mantiene igual. Lo único que, para que mejore, requiere de ti y para que empeore basta con no hacer nada.

Aunque a simple vista pareciera que de un día a otro no hay cambios, la realidad es que a nivel molecular cada día que dejas de inyectar energía, retrocedes. Las cosas empeoran.

El día que dejas de hacer ejercicio y comes comida chatarra, aunque a simple vista pareciera que no pasó nada, sí que pasó, sólo que un día es indetectable para la vista. Pero si dejas que se acumule por semanas y meses finalmente te darás cuenta que tu cuerpo ha cambiado y todos lo notarán.

Si hoy cortas el césped en el minuto que terminas, empieza nuevamente a crecer de forma desordenada. De un día para otro no verás diferencia pero con el pasar de los días empiezas a notar el cambio. Y esto ocurre con todo en tu vida.

La entropía es algo que tienes que tener en cuenta. Por qué cuando entiendes que, a lo que no le dedicas energía, irá en decadencia, comienzas a prestar atención a las cosas.

## **La entropía a la inversa.**

Cuando inyectas energía a algo, ese algo empezará a mejorar. Todo lo que le dedicas energía, tiempo y esfuerzo mejorará.

Es tu energía la que hace frenar y revertir la entropía. Si tienes una rutina diaria de ejercicio tu cuerpo se mantendrá en forma, retrasando los efectos de la entropía.

El orden requiere energía, el desorden no. Por eso es tan importante priorizar las actividades.

Solo puedes dedicar energía a una cosa a la vez, cuando pasas horas frente al televisor, todo a tu alrededor queda desprovisto de tu energía y la entropía se encargará de hacer su trabajo.

De la misma forma como el efecto de la entropía no se ve de un día a otro, los efectos de tu energía, tiempo y esfuerzo a veces no se ven inmediatamente.

Si empiezas un programa de entrenamiento, después de años sin hacer ejercicio, a simple vista, la primera semana pareciera que no hay cambios, pero la realidad es que si, solo que no son visibles.

Al cabo de unas semanas empiezas a notar resultados y pasado unos meses todos a tu alrededor lo empezaran a notar.

Piensa, ¿Qué áreas de tu vida han sido afectadas por la entropía? ¿Qué has descuidado que necesite tu atención?

Como dice Tony Robbins, la energía fluye donde va la atención. A lo que le prestas tu atención le estás dando tu energía y tu energía es lo que frena la entropía.

Piensa en ti, como un jardinero y todo a tu alrededor incluyendo tu cuerpo, el jardín que tienes que cuidar. La entropía es la maleza, la hierba mala, que si no estás constantemente removiendo, poco a poco irá destruyendo tu jardín.

Este concepto puedes aplicarlo a cualquier área de la vida, mientras más organizada y estructurada sea tu vida menor serán los niveles de entropía.

Si estructuras tu vida para dedicarle atención y energía a cada área de la vida, relaciones, salud, espiritualidad, dinero, felicidad, serás capaz de mantener una baja entropía en cada uno de ellos.

Cuando le dedicas más energía a uno que a otro, sabes muy bien lo que ocurrirá. Ten presente el concepto de entropía y está atento a dónde enfocas tu energía.

En el mundo actual en el que vivimos con tantas distracciones es muy fácil que la energía se vaya a lugares que no aportan, ni ayudan a construir. Todas estas distracciones hacen que dejes a un lado lo importante y a merced de la entropía.