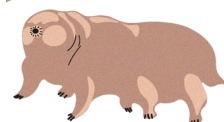


DSCIENCE

REVISTA ACADÉMICA

ENCUENTRA LOS OBJETOS
Y PERSONAJES



TARDIGRADO



ROBERT BROWN



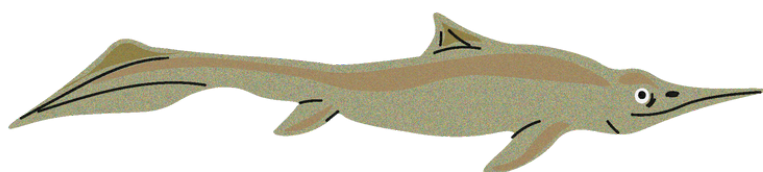
PEZ MUERTO



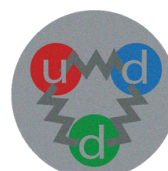
JACOB
BEKENSTEIN



MECHA



ICTIOSAURIOS



QUARK

2 5
0 8



Portada

Aurora Pinzón Arzola

Comité Editorial

Directora:

Aurora Pinzón Arzola

Integrantes:

Gemma Pérez Cuellar

César Solano Cabrera

María José García Padilla

Félix Ibarra Castor

Coordinadores

Sección Ciencia

Gemma Pérez Cuellar

Sección Varios

Katia Natalí Núñez Guía

Sección de Diseño

Aurora Pinzón Arzola

Lorena Michelle Botello

Medios y Comunicación

Aurora Pinzón Arzola

Laura Judith Muñoz Arrona



Staff

Aurora Pinzón Arzola

Gemma Elizabeth Pérez Cuellar

César Osvaldo Solano Cabrera

María José García Padilla

Félix Ibarra Castor

Katia Natalí Núñez Guía

Laura Judith Muñoz Arrona

Lorena Michelle Botello Villanueva

Sara Eugenia Camacho Miller

Angela Guadalupe García López

Azul Zuzette Manzano Lugo

Fátima Joseline Arriola Patiño

Mariana Elizabeth Barajas Cerrillo

Obed Hazael Andrade Martínez

Jorge Zanoní Ruiz Frausto

Emilio Ruiz Ramírez

Fátima Granados Albarrán

Ari Ortega Landry

Luis Alberto Torres Luna

Fatima Estephanya Becerra Castro

Alison Vanessa Vela Lomeli

Lizbeth Ximena Flores Valencia

José Guadalupe Alcalá Guerrero

Norma Gabriela Gómez Bustamante

Ingrid Avendaño Miranda

Dulce María Nieves Trujillo

DsScience

Es una publicación realizada por miembros de la comunidad de la División de Ciencias e Ingenierías de la Universidad de Guanajuato, dedicada a reunir artículos y escritos de interés académico.

Publicamos textos basados en investigaciones, así como también sobre temas en torno a la divulgación científica, entretenimiento, proyectos artísticos y de cultura popular.



DsClence



@revistadscience



dscience@ugto.mx

DSCIENCE

ÍNDICE

01. 251 millones de años de transformación

El Triásico, iniciado hace 251 millones de años tras una gran extinción, marcó el comienzo del Mesozoico y se caracterizó por la unión de los continentes en Pangea, un clima mayormente cálido y árido, bosques de coníferas y praderas de helechos; en este periodo los arcosaurios dominaron la tierra, en los mares surgieron los ictiosaurios como grandes depredadores, y aparecieron los primeros mamíferos diminutos, lo que convirtió a esta era en una etapa clave de transición que sentó las bases de la vida moderna.

15. El orden secreto del desorden: cómo las fluctuaciones gobiernan la manera

El mundo nunca está quieto: desde la brisa que cambia de dirección hasta las partículas que vibran en un líquido, todo fluctúa. En el vacío cuántico, esas variaciones generan la sorprendente fuerza de Casimir. A escalas mayores, en los coloides las fluctuaciones del fluido también inducen atracciones entre partículas, con aplicaciones prácticas como la purificación de líquidos. Las fluctuaciones, lejos de ser ruido, son un motor oculto de organización en la naturaleza.

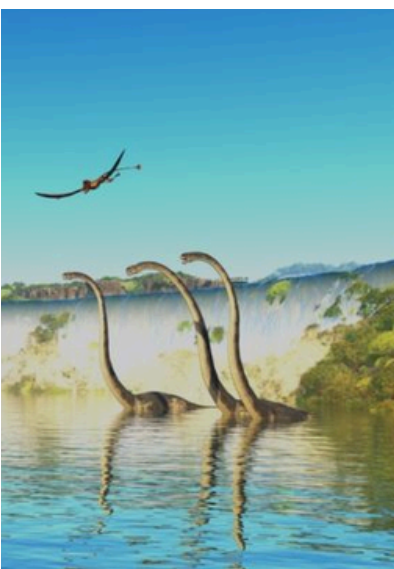
07. Criptobiosis cuántica: ¿El primer animal en estado cuántico?

Este artículo da un vistazo al mundo microscópico conociendo al Tardigrado, un animal de menos de un milímetro de longitud el cuál tiene capacidades asombrosas que han llamado la atención de la ciencia.

En el artículo se habla sobre los experimentos cuánticos que se han realizado con este amiguito, y cómo ha influido para el posible desarrollo de futuras tecnologías.

22. Entre lo invisible y lo catastrófico: La silenciosa amenaza del agua contaminada

El agua en México guarda un secreto inquietante: contaminantes invisibles que parecen inofensivos, pero que desencadenan crisis capaces de marcar generaciones. Entre ríos envenenados, acuíferos sobreexplotados y el espejismo del derecho humano al agua como amenazas silenciosas podrían transformarse en una oportunidad para cambiarlo todo.



DSCIENCE

27. Escalas de Longitud en Mechas de la Ciencia Ficción y la Cultura Popular

Análisis comparativo de las diferentes escalas de longitud de los "mechas" o robots gigantes tripulados

40. Teoría de cuerdas: Longitudes fundamentales al universo observable

La teoría de cuerdas propone un cambio radical en la forma en que modelamos las interacciones fundamentales de las partículas, y recientemente se ha intentado relacionar este modelo con cuestionamientos a nivel cosmológico. En este artículo exploramos cómo la teoría de cuerdas propone enlazar áreas de la física que parecen distantes entre sí, unificando las escalas de longitud más pequeñas y más grandes del universo.

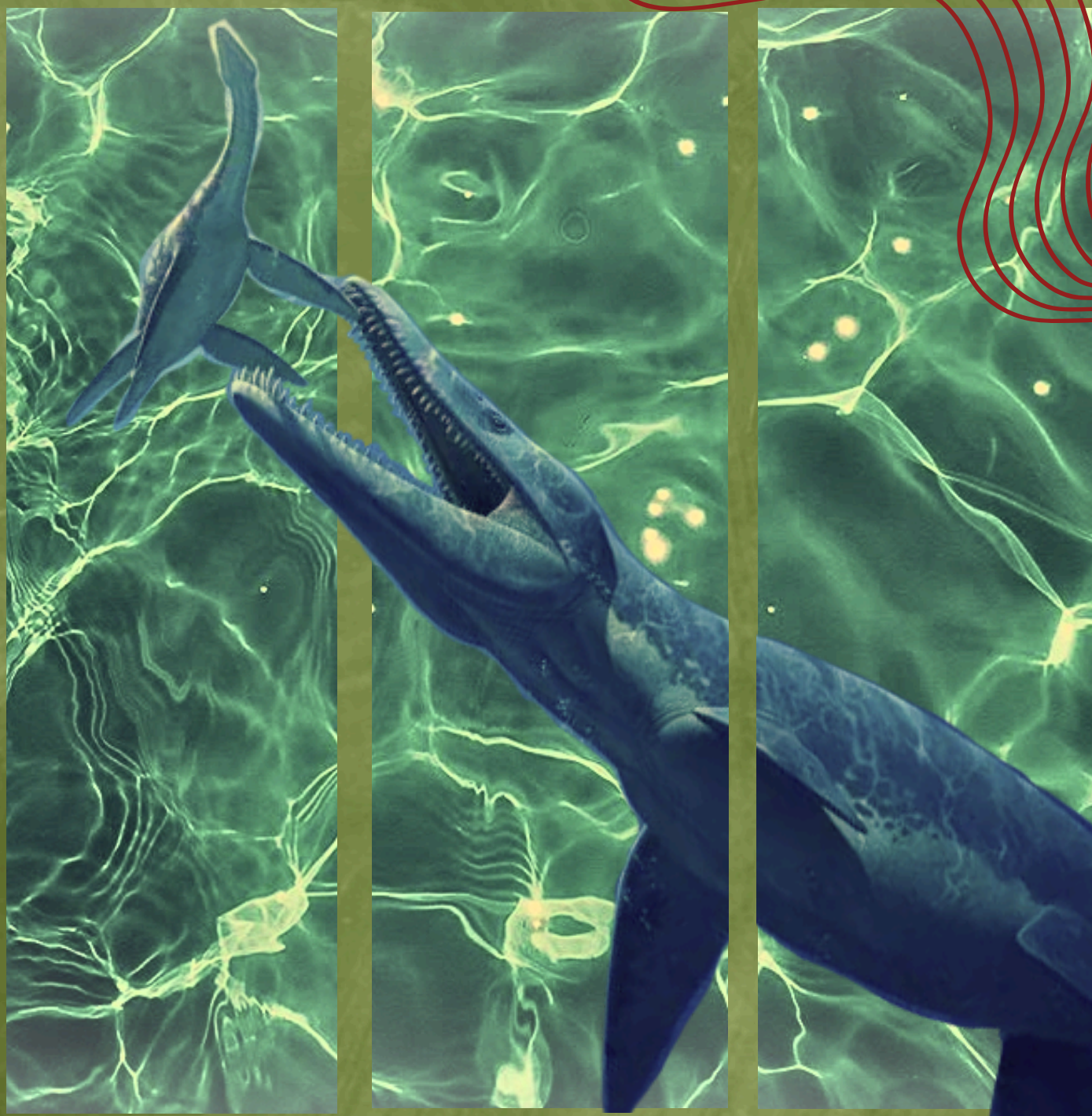
50. De átomos a estrellas

¿Una breve historia del átomo y las estrellas con una perspectiva de nuestra posición respecto a ello.

54. Gigantes: Entre la ficción y la física

Siempre hemos imaginado gigantes en mitos y novelas, pero ¿Qué dice la ciencia sobre la posibilidad de su existencia? La ley del cuadrado-cubo de Galileo Galilei nos revela la respuesta al mostrarnos los límites de la escala.





251 Millones de Años de Transformación

Emilio Ruiz Ramírez
Fátima Estephanya Becerra Castro

Es de esperar que la Tierra que conocemos ahora

no sea la misma de hace millones de años, uno de los periodos más importantes para que este cambio sucediera, nombrado Triásico, fue hace aproximadamente 251 millones de años, dando inicio al mesozoico.

Fue un periodo de transformaciones muy importantes en la fauna y geografía del planeta. Una de las formas más completas para poder medir este gran cambio en la Tierra es usar escalas de longitud que abarcan desde el resurgir de la fauna y flora después de un evento de extinción masiva que eliminó a cerca del 90% de todas las especies en la Tierra, conocido como la gran mortandad,



Gustavo Sposob -
Era mesozoica

hasta el inicio de la reconfiguración del supercontinente Pangea. Esto nos servirá para poder comparar con la actualidad y ver el abanico de cambios sucedidos en los millones de años que nos separan.

PALEOGEOGRAFÍA

Uno de los grandes cambios entre la actualidad y el Triásico fue la distribución de los continentes mismos; en este periodo todos los continentes estaban fusionados en el **supercontinente Pangea**.

Si bien Pangea no estaba en su etapa máxima en el periodo Triásico, la cual fue en el carbonífero hace 300 millones de años, la Pangea Triásica se componía de dos supercontinentes:

-Gondwana

Constituida por Sudamérica, África, India, Antártica y Australia en el sur del planeta.

-Laurasia

Formada por Norteamérica, Europa y Asia en el norte del planeta.



TRIÁSICO
Hace 200 millones de años

Otra característica de la geografía en el Triásico fue la ausencia del océano Atlántico, eliminando la diferencia de 3000 km que separan actualmente

Sudamérica y África y la existencia del mar de Tetis, que cubría el centro y sur de Europa.

Los climas en el Triásico eran casi completamente cálidos y sin casquetes polares, en la mayoría de América, Europa y África había un cinturón árido amplio, mientras que el resto



Tomado de Paloma Blog (2017)

del planeta se encontraba en bandas templadas cálidas, existía una estación seca y una húmeda con abundantes lluvias en verano. Esto favoreció la migración de animales terrestres de los polos sur a norte.

Durante el Triásico temprano, las coníferas dominaron el planeta. Estos bosques medían hasta 30 metros de altura y estaban conformados de coníferas hoy en día extintas, mientras que conforme te acercabas a las zonas áridas estos bosques eran remplazados por praderas de helechos.

FAUNA TRIÁSICA

Si bien en tierra firme el clima y los paisajes del planeta eran orquestados por la reconfiguración de Pangea, lo que habitaba en estos parajes tanto terrestres como marítimos tenía cambios igualmente importantes.

Durante el Triásico, los **arcosaurios** (grupo que incluye a dinosaurios y cocodrilos) se convirtieron en los animales dominantes del planeta.

En los océanos se encontraban los ictiosaurios, podían alcanzar longitudes de aproximadamente 2 metros,

comparables al tamaño de un delfín contemporáneo.

Esta semejanza no era a causa de un vínculo evolutivo, sino producto de la evolución convergente, donde distintas especies adoptan formas corporales semejantes para adaptarse a un entorno similar.

Con el paso del tiempo, surgieron ictiosaurios de gran tamaño como el **Shastasaurus sikkaniensis**, que podía medir hasta 21 metros, superando incluso a la ballena jorobada, que tiene una longitud promedio de alrededor de 15 metros.

En comparación con estos gigantes, especies de los primeros mamíferos como el **Morganucodon** eran extremadamente pequeños (similares al de un ratón de campo) lo que facilitaba esconderse y

adoptar un estilo de vida nocturno, permitiendo su supervivencia. En contexto, sus parientes más cercanos, los cinodontos como el **Cynognathus**, alcanzaban aproximadamente 1.2 metros de longitud, comparable a un perro pastor alemán.

EL OCÉANO Y SU "DELFIN" PREHISTÓRICO

En este período, los océanos se convirtieron en el contexto de una notable transformación evolutiva con la aparición de los ictiosaurios.



Tomado de National Geographic España (2023).

Estos reptiles, aunque podrían ser confundidos con peces debido a su forma alargada y sus aletas, realmente eran descendientes de ancestros terrestres que habían regresado a ambientes acuáticos.

Su apariencia se asemeja a la de los delfines contemporáneos, pero esta similitud no implica un vínculo evolutivo directo. Representa un claro ejemplo de **evolución convergente**, en especial la necesidad

de moverse rápida y eficientemente en el agua. Su diseño hidrodinámico, que incluye un hocico largo, aletas en lugar de extremidades y una cola poderosa, les otorgaba una notable agilidad para cazar presas como peces y cefalópodos.

La longitud de los ictiosaurios variaba mucho, pero en general eran significativamente más largos que los delfines modernos. Un delfín común tiene una longitud de aproximadamente **2 a 4 metros**, pero algunos ictiosaurios podían medir más de **20 metros**, y el más grande conocido llegó a unos 25 metros, lo que es similar en tamaño a una ballena azul moderna.

Lo fascinante de estos seres es que, a pesar de contar con una forma ideal para la vida en el mar, su anatomía interna indicaba su origen reptiliano: **tenían la capacidad de respirar aire, contaban con esqueletos adecuados para soportar su masa fuera del agua**

y daban a luz a **crías vivas**, en contraste con la mayoría de los reptiles de su época que ponían huevos.

Este método reproductivo refuerza la noción de que no eran simplemente "peces-lagarto", como podría sugerir su denominación, sino reptiles altamente especializados. En los inicios del Triásico, muchos ictiosaurios no alcanzaban los dos metros de longitud, un tamaño similar al de los delfines modernos.



Sin embargo, a lo largo de millones de años, emergieron especies de gran tamaño, como el Shastasaurus, que superaba considerablemente a la ballena jorobada en dimensiones.



Tomado de Enciclopedia Humanidades (2025)

Concluyendo, si bien muchos de los cambios descritos parecen ser cosa del pasado, las repercusiones de todo el periodo Triásico (y en general en todo el mesozoico) marcan una época de transición decisiva en la historia de la Tierra. Desde diferentes escalas, los cambios que abarcaron desde los pequeños animales como el **Cynognathus**, cruzando los mares dominados por ictiosaurios de tamaños extraordinarios, hasta los bosques de coníferas y extensas zonas áridas que definían el paisaje del periodo. La vida tal como la conocemos actualmente y la forma como la medimos, no escapan de este mundo antiguo que moldeó a la historia del planeta a lo largo de millones de años.

REFERENCIAS

Benton, M. J. (2016). The Triassic. *Current Biology*, 26(23), R1214–R1218.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.10.060>

Natural History Museum. (n.d.). The Triassic Period: The rise of the dinosaurs. <https://www.nhm.ac.uk/discover/the-triassic-period-the-rise-of-the-dinosaurs.html>

Universidad de Granada. (n.d.). Triásico.
https://wpd.ugr.es/~aperezl/web/?page_id=363

National Geographic España. (2023, noviembre 29). Ictiosaurios, los temibles reptiles prehistóricos que parecían delfines.
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ictiosaurios-asi-eran-temibles-depredadores-prehistoricos-que-parecian-delfines_21052

Wikimedia Commons. (n.d.). Laurasia-Gondwana-es.svg.
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3e/Laurasia-Gondwana-es.svg/1024px-Laurasia-Gondwana-es.svg.png>

“Paloma Blog. (2017, abril). Paisaje triásico [Imagen en línea]. Recuperado de <https://palomapalomablog.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/paisaje-Triásico.jpg>

CRIPTOBIOSIS CUÁNTICA: ¿EL PRIMER ANIMAL EN UN ESTADO CUÁNTICO?

MARÍA JOSÉ GARCÍA PADILLA

***OBED HAZAEL ANDRADE
MARTÍNEZ***





Existen alrededor de 1,200 especies de tardígrados, a pesar de ello, estos increíbles animales pasan desapercibidos a nuestro alrededor; se encuentran en tantos lugares, desde el polo sur hasta el polo norte, pasando por las increíbles playas y bosques del globo terráqueo, ¿sabías que incluso viven en el espacio exterior?, ¡**Son asombrosos!**

Los tardígrados son animales invertebrados con cuerpos alargados y cilíndricos, cuatro pares de patas con garras que le permiten desplazarse; cuentan con cerebro, órganos sensoriales, músculos y aparato digestivo con dos aberturas: para comer, excretar y parir a sus crías, es decir que los Tardígrados tienen un nivel de organización biológica más sofisticado a comparación de ciertos organismos macroscópicos como los poríferos y los cnidarios, los cuales carecen de tejidos, órganos y sistemas complejos.



Fue por esto que, en 1773, el zoólogo Johann Goeze, al descubrir a estos animales, fascinado por su aspecto y su forma de caminar, semejante a la de los osos, los nombró como “ositos de agua”.



En 1778 el científico italiano Lazzaro Spallanzani les dio el nombre de “tardígrado” para describir su lenta motricidad

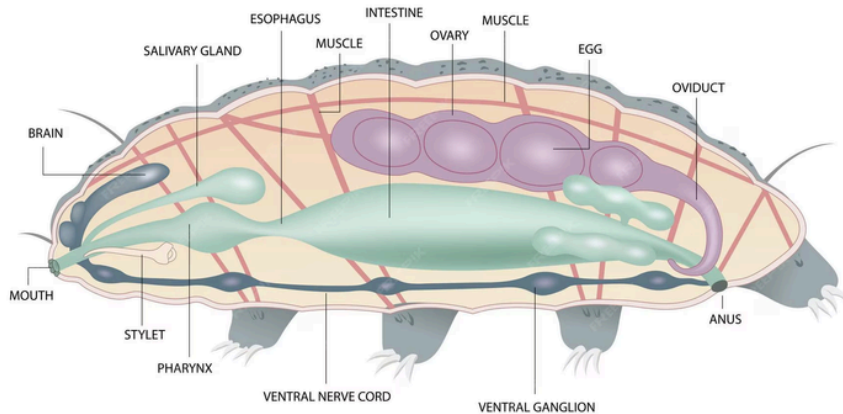
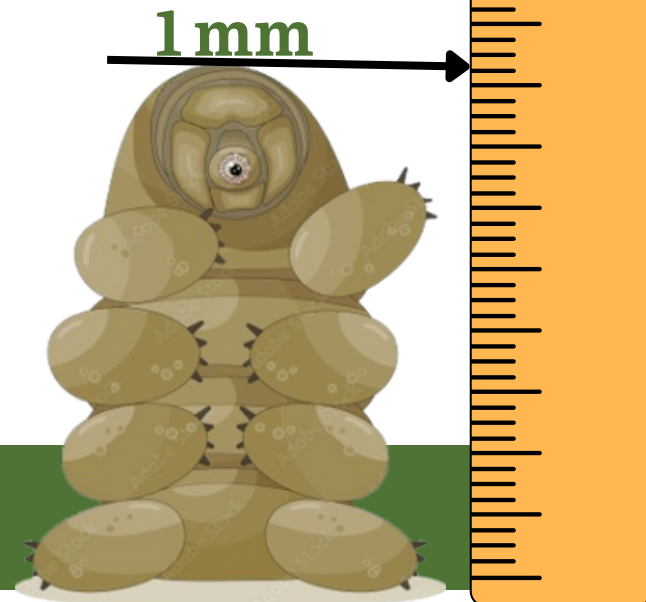


Los tardígrados se encuentran entre los animales más reconocidos a nivel popular. Su fama es tal que han tenido apariciones en la pantalla grande, como en la serie infantil “El autobús mágico y los días de aventura”, incluso se podría decir que el protagonista de “Duro de matar” tendría que ser un tardígrado, porque precisamente es su alta resistencia lo que los hace tan interesantes.



Estos microscópicos animalitos, de apenas 1 milímetro de longitud, tienen la capacidad de entrar en un estado donde no es posible medir su metabolismo cuando las condiciones ambientales son extremas, para después retornar a su actividad metabólica cuando las condiciones son favorables, como si hubieran “resucitado”; a esto se le conoce como “criptobiosis”.

Para que esto pueda ser posible, el tardígrado tiene que estar rodeado por una fina capa de agua llamada “capa de barril” que le permite realizar el intercambio gaseoso mediante la cutícula que es la cubierta exterior de su cuerpo, ya que ellos no cuentan con un aparato respiratorio.



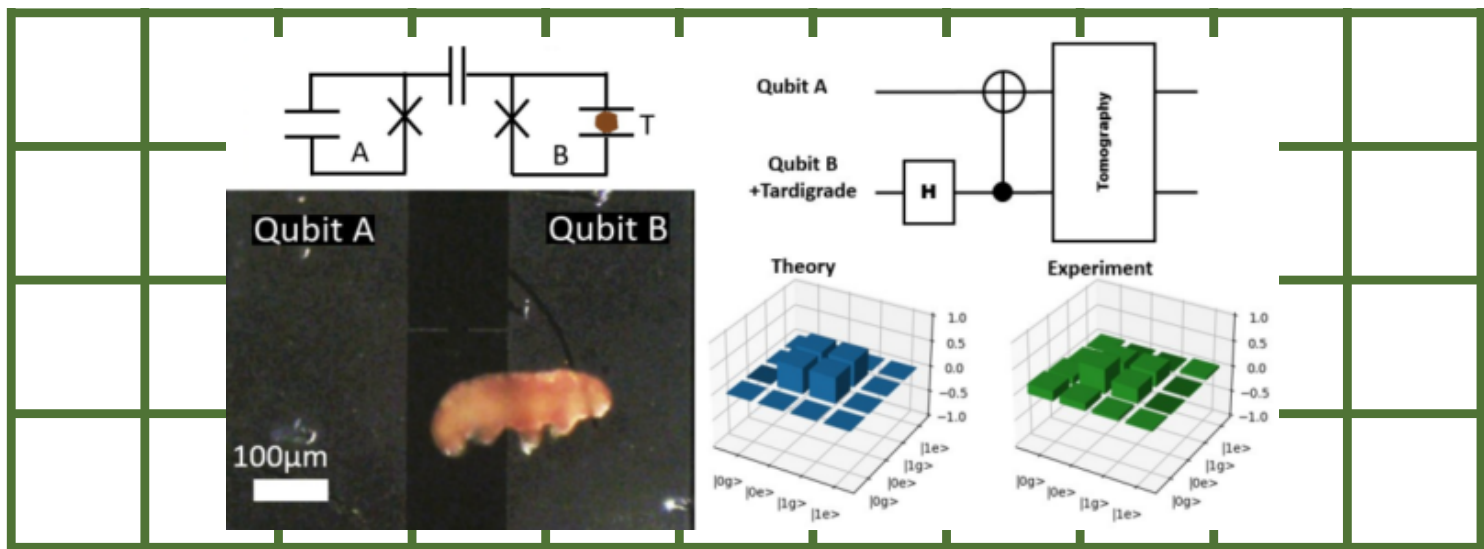
La humanidad se ha interesado en los tardígrados y sus capacidades para sobrevivir en condiciones bio-químicas severas, aprendiendo de ellos para innovar y entender al universo. Principalmente en las proteínas tardígradas, que ayudan a alentar el metabolismo, mejorando el cuidado de células humanas, mitigando su envejecimiento y apoyando en diversas ramas de la ciencia, como la biomédica, astrobiología y más derivadas de la biología. Entonces, ¿han participado en la rama cuántica?





APORTACIONES A LA CUÁNTICA

Actualmente, la ciencia ha realizado un experimento en relación con los tardígrados y la física cuántica. Aprovechando el tamaño y resistencia de estos increíbles animales, se puede establecer un vínculo entre los seres biológicos y los cuerpos cuánticos que están en condiciones desfavorables para los seres vivos. El experimento fue nombrado “Entrelazamiento entre cúbits superconductores y un tardígrado”. Este experimento, reportado por Lee et al. (2021), demostró el entrelazamiento entre cúbits superconductores y un tardígrado.



El experimento consistió en el entrelazamiento de dos cúbits súper conductores separados por un sustrato de silicio, definiendo a un cúbit A, y un cúbit B donde se introdujo un tardígrado en estado “tun”, que es un estado de desecación donde el tardígrado se deshidrata, paralizando temporalmente todos sus procesos metabólicos.



zzz

Este famoso oso de agua congelado actuó como un dieléctrico dentro de las capas del cúbit B, que junto con el cúbit A forman un oscilador cuántico, teniendo como consecuencia que mientras la frecuencias de cúbit A no fueron afectadas, las del cúbit B se redujeron al tener el tun en su interior. Por otro lado, el experimento consistió en entrelazar los dos cúbits y ver cómo se comportaba este nuevo sistema de tres factores (cúbit A, cúbit B y el tardígrado) donde se observó que el tardígrado actuaba de manera similar a un nuevo cúbit adicional al sistema.

Después de los experimentos con tres tardígrados diferentes hubo uno al que se le pudieron reanimar sus funciones vitales llevando el tardígrado a presión y temperatura ambientales de forma gradual, esto nos lleva a una nueva forma de ver los experimentos cuánticos. Se negó la afirmación de Bohr donde la biología nunca se podría introducir a los experimentos cuánticos, ya que el tardígrado no perdió sus funciones vitales después del experimento, sobreviviendo a las menores cantidades de temperatura y presión registradas, probando que la criptobiosis realmente “pausa” el metabolismo del tardígrado.



Esto es un gran paso para experimentos híbridos de la biología cuántica, uniendo cúbits con la biomateria. Sin embargo, esto aún está en desarrollo, dicho experimento generó debate dentro de la comunidad científica, donde se consideró una exageración afirmar que existió “entrelazamiento” entre el cúbit y el tardígrado, pero no demerita que es un gran camino donde se puede estudiar a más profundidad.

Queda así la posibilidad de que este microscópico animalito sea un puente que una la biología y los experimentos cuánticos, gracias a sus extraordinarias capacidades de adaptabilidad y criptobiosis en condiciones extremas, y quizás el humano con esto desarrolle nuevas tecnologías que permitan el avance hacia un futuro más innovador.



REFERENCIAS

- Estrada, E. Ascencio, L. & Hernández, i. (s.f). Criptobiosis: la extraordinaria defensa de los tardígrados ante diferentes situaciones de estrés. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Biología.
- Guil, N. (s.f). Tardígrados, más allá de la vida. Naturalmente. MNCN. • Montañez, C. (2023). Los tardígrados. Los eternos osos de agua. Obtenido de: <https://www.conamat.com/blog/los-tardigrados.-los-eternos-osos-de-agua>
- National Geographic España. (2024). El misterio de los tardígrados en la luna. Obtenido de: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/misterio-tardigrados-luna-sonda-beresheet_21764
- Lee, K. S., Tan, Y. P., Nguyen, L. H., Budoyo, R. P., Park, K. H., Hufnagel, C., Yap, Y. S., Møbjerg, N., Vedral, V., Paterek, T., & Dumke, R. (2022).
- Entanglement between superconducting qubits and a tardigrade. New Journal of Physics, 24(12), 123022. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/aca81>
- Sanchez-Martinez, S., Nguyen, K., Biswas, S., Nicholson, V., Romanyuk, A. V., Ramirez, J., Kc, S., Akter, A., Childs, C., Meese, E. K., Usher, E. T., Ginell, G. M., Yu, F., Gollub, E., Malferrari, M., Francia, F., Venturoli, G., Woutersen, S., Sukenik, S., Woolfson, D. N., Holehouse, A. S., & Boothby, T. C. (2024). Labile assembly of a tardigrade protein induces biostasis. Protein Science, 33(4), e4941. <https://doi.org/10.1002/pro.4941>



EL **O**rden SECRETO DEL **D**esorden

Cómo las fluctuaciones gobiernan
la materia

Néstor Manuel de los Santos López

Marco Antonio Ramírez Guízar

El mundo nunca está quieto: desde la brisa que cambia de dirección hasta las partículas que vibran en un líquido, todo *fluctúa*.

En el vacío cuántico, esas variaciones generan la sorprendente fuerza de Casimir. A escalas mayores, en los coloides las fluctuaciones del fluido también inducen atracciones entre partículas, con aplicaciones prácticas como la purificación de líquidos.

Las fluctuaciones, lejos de ser ruido, son un motor oculto de organización en la naturaleza.

Suele decirse que el mundo está en *constante cambio*.

Si uno se detiene en un campo abierto, puede sentir que no hay viento o que sopla en una dirección fija. Sin embargo, de repente aparece una brisa en otra dirección, y luego otra más.

Estos pequeños cambios respecto a lo “normal” o “promedio” se llaman **fluctuaciones**: variaciones temporales alrededor de un valor esperado.

Así como las percibimos en la vida cotidiana, las fluctuaciones también gobiernan el mundo microscópico. Y en esas escalas pueden generar fuerzas sorprendentes.

En el reino cuántico existe un fenómeno famoso:

E F E C T O C a s i m i r

El vacío, lejos de ser un espacio vacío, está lleno de fluctuaciones cuánticas. Si colocamos dos placas metálicas muy cercanas en este vacío, estas fluctuaciones ya no pueden manifestarse libremente: las placas imponen condiciones muy estrictas, obligando a que el campo electromagnético entre ellas solo pueda vibrar en ciertos modos o frecuencias.

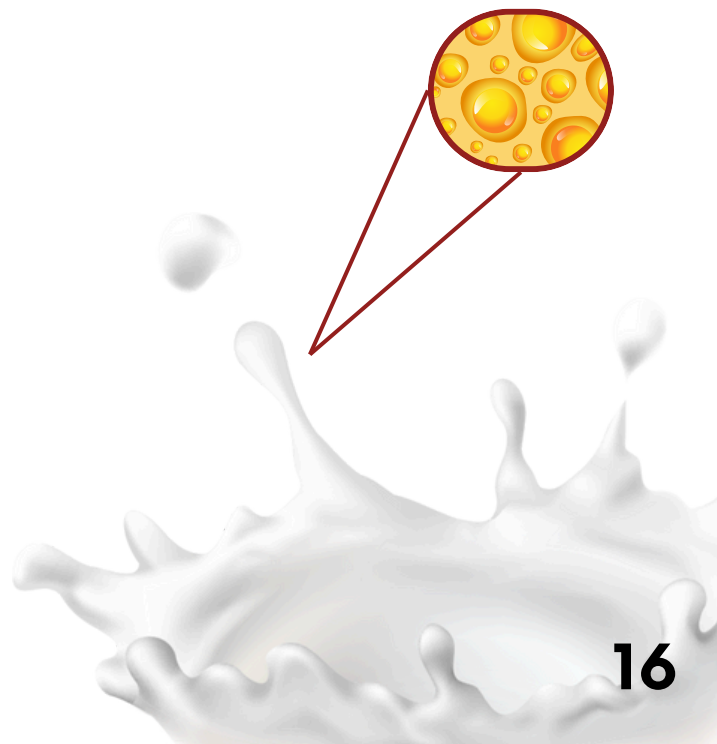
En otras palabras, el vacío que parecía fluctuar sin restricciones se ve de repente “organizado” por la presencia de las placas. El resultado es sorprendente: aparece una fuerza de atracción entre ellas, una fuerza que nace, literalmente, de la nada.

Pero, **¿Ocurren fuerzas similares fuera del mundo cuántico?**

La respuesta es **sí**, y la encontramos en la escala micrométrica, miles de veces más pequeña que un milímetro.

Aquí viven los coloides: partículas diminutas suspendidas en un líquido, demasiado pequeñas para caer por gravedad.

Un ejemplo cotidiano es la leche, donde gotas microscópicas de grasa flotan en agua. En lugar de hundirse o flotar pasivamente, se desplazan de manera errática en todas direcciones, como si participaran en un baile caótico y eterno



Este movimiento aleatorio de las partículas microscópicas en un fluido recibe el nombre de **Movimiento Browniano**, en honor al botánico Robert Brown, quien en 1827 observó al microscopio cómo granos de polen suspendidos en agua se agitaban sin cesar, sin causa aparente.



Hoy sabemos que esa danza incesante surge porque las diminutas partículas coloidales son golpeadas constantemente por las moléculas del líquido que las rodea. Aunque cada molécula es invisible y ligera, su número es tan grande que el bombardeo nunca se detiene.

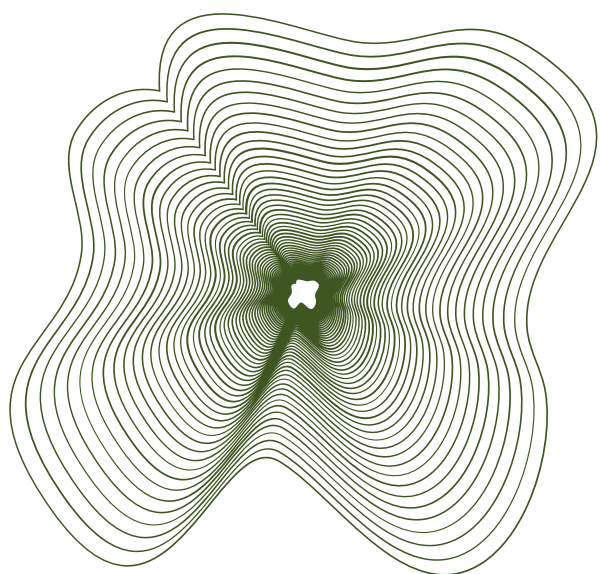
Así, el Movimiento Browniano es una expresión directa de las fluctuaciones térmicas en un fluido. Y justamente esas fluctuaciones, las mismas que en el vacío cuántico generan las fuerzas de Casimir, son las que, en los coloides, pueden dar lugar a interacciones colectivas inesperadas.

Si el líquido es una mezcla de dos componentes, llamémoslos A y B, las partículas coloidales pueden tener afinidad por uno de ellos. Cerca de la superficie de una partícula “amiga” del componente A, la densidad de A será mayor que la de B. Pero esa densidad nunca es fija: fluctúa. Eso sí, fluctúa con restricciones: siempre habrá más A que B.

Una buena analogía es la naturaleza: las flores “atraen” a las abejas. Aunque una abeja podría alejarse y volar en otra dirección, casi siempre la encontraremos alrededor de una flor. Del mismo modo, no veremos muchas abejas en un lugar sin flores. Así, igual que las flores moldean el comportamiento de las abejas, las partículas coloidales moldean las fluctuaciones a su alrededor.

Lo fascinante es que estas restricciones en las fluctuaciones no solo afectan lo que ocurre justo en la superficie de una partícula, sino que también modifican la manera en que las fluctuaciones se propagan por el espacio.



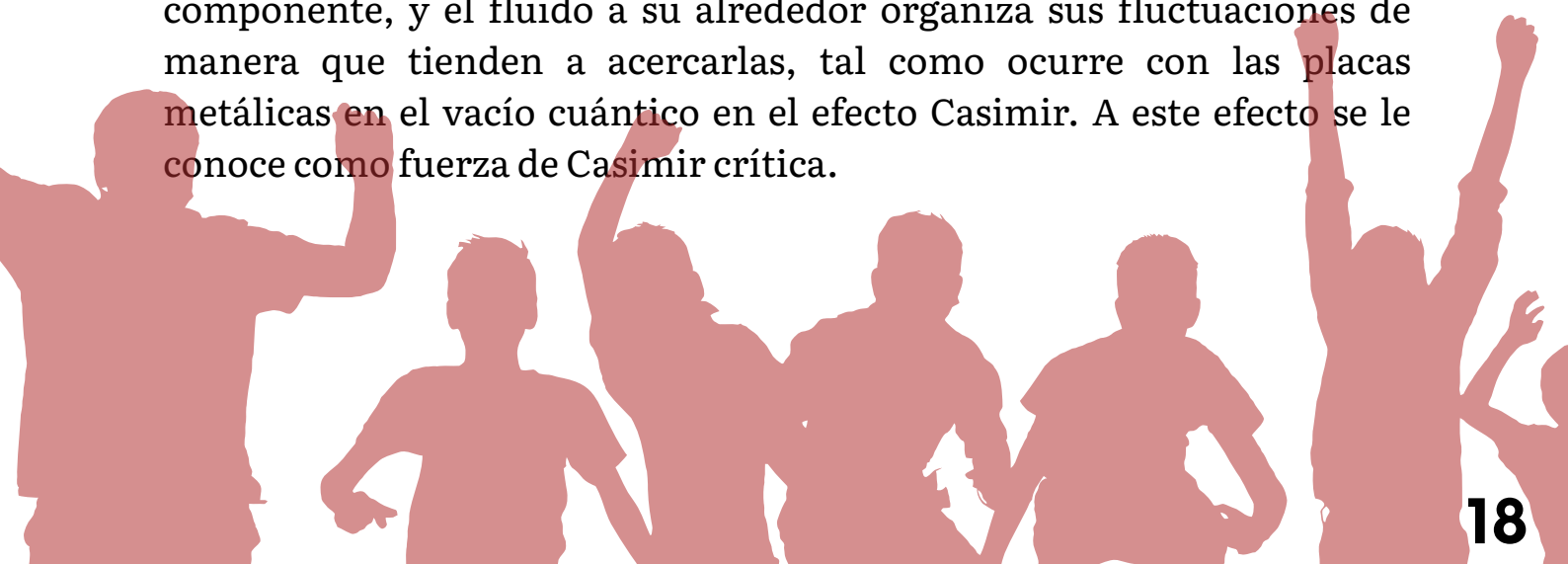


Imaginemos una partícula que tiene afinidad por el componente A de la mezcla. En su vecindad inmediata se acumula más A de lo normal. Ahora bien, esa acumulación local no ocurre en el vacío: como la cantidad total de A y B es finita, si en una región aumenta la concentración de A, en otra necesariamente disminuye. Por lo tanto, la fluctuación inicial genera una especie de “onda” que se transmite hacia afuera, debilitándose poco a poco hasta apagarse.

Para entender este efecto, necesitamos una idea clave: la correlación entre fluctuaciones. Imaginemos un estadio de fútbol. En un momento del partido, un grupo de personas decide levantarse y alzar los brazos para iniciar una ola.

Los espectadores cercanos responden y hacen lo mismo, y luego los que están junto a ellos, y así sucesivamente. El movimiento se transmite como una señal colectiva que viaja por todo el estadio. Sin embargo, llega un punto en que la ola se detiene: quizá porque el público más lejano no quiso participar o perdió el ritmo. Este ejemplo ilustra lo que llamamos correlación: lo que ocurre en un lugar influye en lo que sucede más lejos, hasta que el efecto se apaga.

Lo interesante sucede cuando hay otra partícula afín al componente A en las cercanías. La fluctuación inducida por la primera partícula “viaja” y alcanza a la segunda. Entonces, en torno a esta segunda partícula también se refuerza la acumulación de A. En términos simples, ambas partículas “coinciden” en preferir el mismo componente, y el fluido a su alrededor organiza sus fluctuaciones de manera que tienden a acercarlas, tal como ocurre con las placas metálicas en el vacío cuántico en el efecto Casimir. A este efecto se le conoce como fuerza de Casimir crítica.



El nombre crítico proviene de que esta atracción aparece únicamente cuando el fluido se encuentra cerca de un punto crítico de fase, es decir, en condiciones muy especiales de temperatura y composición donde las fluctuaciones de densidad se hacen enormes y se propagan a larga distancia. En ese estado, el sistema está tan “sensible” que un pequeño cambio local repercute en regiones lejanas, creando correlaciones extendidas. Así, las partículas coloidales no solo sienten a sus vecinas inmediatas, sino que interactúan a través del desorden colectivo del fluido.

Para que esta atracción se manifieste con fuerza, las fluctuaciones deben ser:

1 Grandes: es decir, que la variación en la densidad no sea un simple temblor pasajero, sino un desorden de magnitud considerable.

2 Correlacionadas a larga distancia: lo que sucede en un punto del fluido debe tener repercusión en otro, incluso a cierta distancia. Si las fluctuaciones fueran completamente independientes entre sí, el efecto desaparecería muy rápido y no alcanzaría a conectar a las partículas.

En resumen, las partículas no “se hablan” directamente; es el propio fluido, a través de sus fluctuaciones restringidas y correlacionadas, el que transmite la información y genera la atracción.

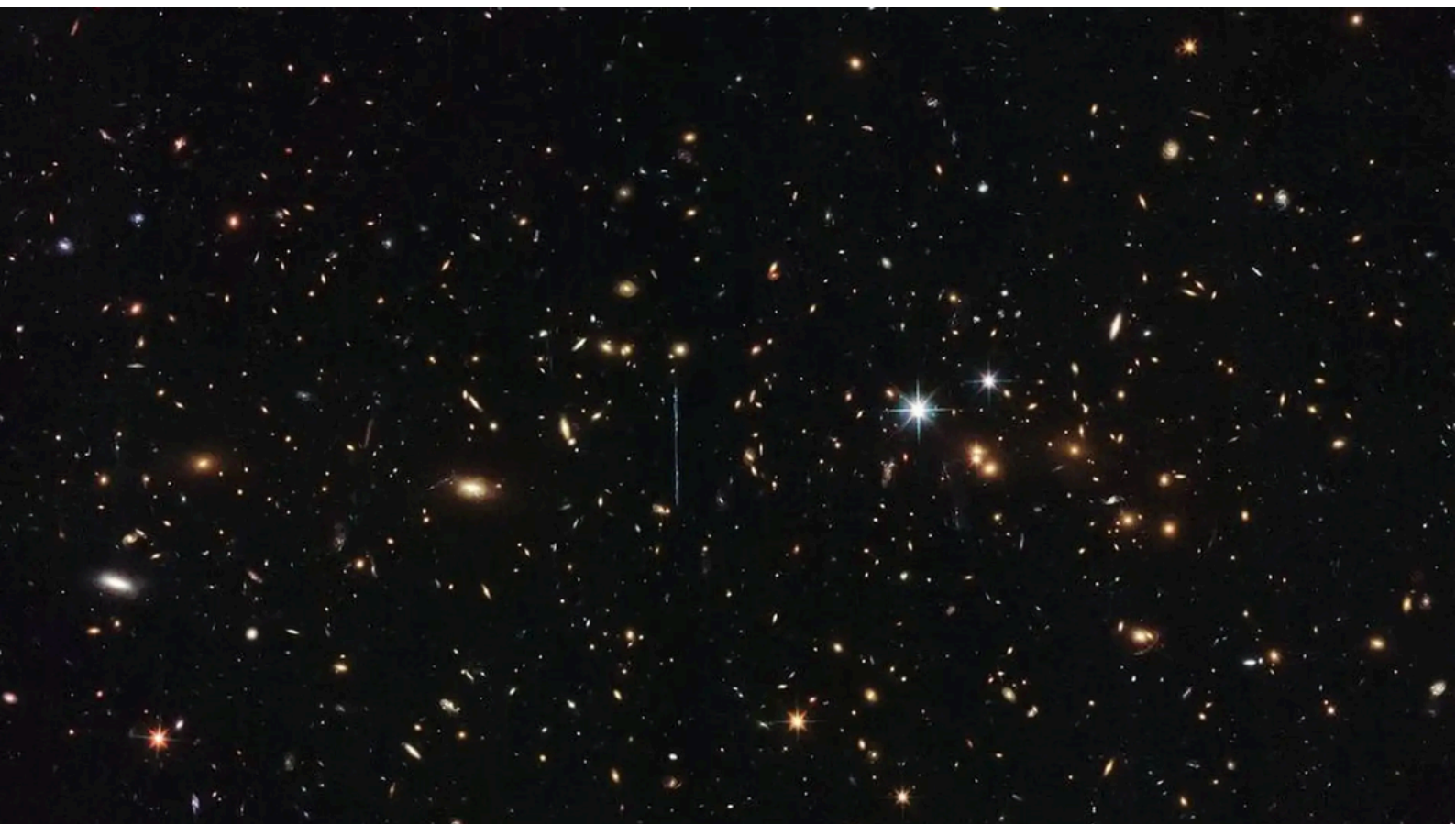
Este “orden a partir del desorden” tiene aplicaciones muy prácticas. Muchos contaminantes líquidos están formados por partículas coloidales. Si logramos que estas se atraigan entre sí, podrían agruparse en cúmulos que luego sedimenten y puedan retirarse con facilidad [4]. Así, una fuerza invisible nacida de las fluctuaciones se convierte en una herramienta de purificación. Sin embargo, es interesante explorar la posibilidad de diseñar interacciones controladas a escala microscópica. En nanotecnología, esto permitiría crear materiales donde las partículas se auto organicen de forma precisa. En biomedicina, podría servir para dirigir fármacos, aprovechando las fluctuaciones como herramienta en lugar de verlas solo como ruido.

Todo esto nos lleva a una conclusión sorprendente:

la clave parece estar en el desorden, variaciones que se propagan en todo el espacio pero que deben respetar ciertas restricciones locales.

¿Podrían existir fenómenos semejantes a escalas aún mayores, incluso cósmicas?

Tal vez fluctuaciones en la materia o la energía del universo influyan en cómo se forman cúmulos de galaxias. Es una posibilidad abierta, y una muestra de que las fluctuaciones, lejos de ser un simple ruido, son motor de organización en la naturaleza.




El universo está, y estará siempre, en constante cambio.
Y aunque hoy comprendemos algunos de los efectos que nacen de ese desorden, muchas preguntas siguen sin respuesta.
Porque, como decía Voltaire:

“La duda no es placentera, pero la certeza es absurda.”



REFERENCIAS

- [1] Hendrik B. G. Casimir. On the attraction between two perfectly conducting plates.
• Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, 51:793–795, 1948
<https://www.mit.edu/~kardar/research/seminars/Casimir/Casimir1948.pdf>
 - [2] Robert Brown. A brief account of microscopical observations made in the months of june, july and august 1827, on the particles contained in the pollen of plants; and on the generalexistence of active molecules in organic and inorganic bodies. Philosophical Magazine, 4(21):161–173, 1828.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14786442808674769>
 - [3] C. Hertlein, L. Helden, A. Gambassi, S. Dietrich, and C. Bechinger. Direct measurement of critical casimir forces. Nature, 451:172–175, 2008. <https://www.nature.com/articles/nature06443>
 - [4] José Ramón Villanueva-Valencia, Hongyu Guo, Ramón Castañeda-Priego, and Yun Liu. Concentration and size effects on the size-selective particle purification method using the critical casimir force. Physical Chemistry Chemical Physics, 23(7):4404–4412, 2021.
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/cp/d0cp06136k>
- 

**ENTRE LO INVISIBLE Y LO
CATASTRÓFICO:**



**LA SILENCIOSA AMENAZA DEL
AGUA CONTAMINADA**

Por: Mariana Elizabeth Barajas Cerrillo

UNA PARADOJA TRANSPARENTE



irar la llave del grifo , dejar correr un poco de agua y sentir como cae en nuestras manos para hacer uso de ella, es una acción tan simple y

común pero tan necesaria como respirar permitiéndonos vivir en el día a día, confirmando lo que todos sabemos: el agua es símbolo de vida, sin embargo, carga consigo un misterio inquietante.

Observamos como se ve limpia, fluye sin color ni olor, parece inofensiva. Pero detrás de esa apariencia transparente se encuentra algo que va más allá de lo que vemos. Dentro de cada gota puede esconderse un universo de entidades invisibles: nitratos, fosfatos, bacterias e incluso restos de metales pesados. Elementos de tamaño mínimo que se dicen silenciosos al ser difíciles de percibir, resultan ser capaces de alterar la salud de quienes la consumen y los ecosistemas que la sostienen (Durán, 2025; Metcalf & Eddy, 1996).

"DENTRO DE CADA GOTA PUEDE ESCONDERSE UN UNIVERSO DE ENTIDADES INVISIBLES: NITRATOS, FOSFATOS, BACTERIAS E INCLUSO RESTOS DE METALES PESADOS."

Pero el hecho de que sean invisibles, no significa que dejen de existir o afectar. De forma que lo que parece inofensivo en la vida cotidiana como un vaso, una cubeta o un río que sigue corriendo puede, en el tiempo, transformarse en un riesgo visible, tangible y devastador.

LA MAGNITUD DEL PROBLEMA: CIFRAS DESAPERCIBIDAS

México vive bajo la presión de dos crisis simultáneas: la sobreexplotación de sus reservas

hídricas y la contaminación sistemática de sus fuentes de agua. Con apenas el 0.1% del agua dulce mundial, enfrenta un futuro en el que el agua podría convertirse en el recurso más escaso y disputado (CONAGUA, 2024).

Las cifras lo confirman:



81.4% de los sitios de monitoreo de calidad de agua existentes en México presentan contaminación significativa (CONAGUA, 2023).



En Guanajuato, 31 de los 111 acuíferos (reserva natural de agua bajo la superficie de la tierra), están siendo sobreexplotados.



Los ríos Lerma, Turbio y Temascalio, que fluyen por el estado de Guanajuato en el centro de México, hoy son catalogados como algunos de los más contaminados del país.



27• FOTOS DE GOTA DE ÁGUA | BAIXE IMAGENS GRATIS NO UNSPLASH

"81.4% DE LOS SITIOS DE
MONITOREO DE AGUA EN MÉXICO PRESENTAN
CONTAMINACIÓN SIGNIFICATIVA."

Y aunque los parámetros parecen distantes, detrás de ellos hay realidades que hoy en día son verdaderas: miles de peces que mueren por exceso de amonio, familias que enferman al beber de pozos contaminados, agricultores que ven perder sus cosechas porque el agua no tiene los suficientes nutrientes y terminan dañándose, afectando su fertilidad.

EL DETERIORO DEL AGUA : UN ECO SILENCIOSO DEL DESASTRE

El daño hídrico no ocurre de forma espontánea; si no que podemos verlo avanzar hacia consecuencias que tarde o temprano veremos reflejadas en nuestro entorno , y finalmente terminando por ver los resultados de nuestras decisiones. Un ejemplo claro de este fenómeno es el **incremento de nutrientes**, principalmente nitrógeno y fósforo, en una cadena de cuerpos de agua, lo que genera un desbalance en los procesos naturales. Este exceso de nutrientes puede desencadenar la eutrofización, un proceso caracterizado por el aumento de la población de algas que, al crecer de manera excesiva, por tanto su crecimiento llega a traer problemáticas, como el agotamiento de oxígeno ,así causando daños a la fauna y flora establecida en el entorno (Puyol et al., 2020).

Por otro lado, en el cuerpo humano, las consecuencias también son invisibles al inicio.



[HTTPS://I.PINIMG.COM/736X/32/DC/C3/32
DCC35524DD5F0C16C45BC2A1B8A831.JPG](https://i.pinimg.com/736x/32/dc/c3/32d3c35524dd5f0c16c45bc2a1b8a831.jpg)

Sin embargo, el consumo constante de agua con trazas de contaminantes puede derivar en enfermedades gastrointestinales, renales e incluso cáncer. La catástrofe, entonces, no aparece como un derrumbe inmediato, sino como un desgaste acumulado, paciente y letal.

Cada cifra es un recordatorio de cómo lo pequeño se vuelve enorme: 0.25 mg/L de amonio bastan para alterar el crecimiento de la fauna y flora, y en cuerpos de agua como ríos, 0.5 mg/L son letales (Durán, 2025).

El reconocimiento del agua como derecho humano por la ONU en 2010 marcó un hito histórico. Sin embargo, la sociedad es consciente que esto no aplica de forma igualitaria en cada parte del mundo , ya que, aunque debería ser así, mientras en Europa alguien abre el grifo y consume entre 200 y 300 litros diarios, en Mozambique apenas sobreviven con

menos de 10 litros (ONU, 2010, citado en CONAGUA, 2023).

Hablando de México podemos ver el reflejo de esta situación de forma más común en aquellas comunidades rurales, las cuales esperan cada día la recarga de pipas comunitarias para llenar cubetas con lo justo para sobrevivir, incluso aún así, no llega a ser suficiente. Esto finalmente conduce a una problemática donde la cantidad se prioriza y la calidad se olvida, potenciando de esta manera el daño progresivo que genera el mal uso de este recurso.


Por otro lado, se destaca otro problema relacionado con el daño continuo que genera un mal uso del agua: dónde, hoy en día, el agua ha dejado de ser solo un recurso natural para convertirse también en una frontera, un elemento que marca límites y genera tensiones. Donde antes un río unía, hoy divide y lo que se manifiesta como escasez y contaminación mañana puede escalar en tensiones sociales y geopolíticas. Donde la historia advierte que las sociedades colapsan cuando sus recursos vitales se agotan, por lo que se señala que, si no se modifican los patrones actuales, las guerras del futuro no serán por petróleo, sino por agua.


LA ALTERNATIVA: DEL DESECHO AL RECURSO

En este punto es importante resaltar que, aunque resulte pertinente realizar

el análisis y reflexión sobre como los patrones en el tratamiento del agua llegan a impactar desde una escala mínima, a la forma en que vivimos día a día, por lo que no todo es amenaza, igualmente también hay posibilidades de transformación. El reto no consiste en soñar con un mundo sin contaminantes, sino en encontrar una forma de sobrellevar procesos más eficientes que conducen a un correcto tratamiento y un consumo seguro, por ejemplo, algunas alternativas que se presentan tanto en México, como otros países consisten en:

 Humedales artificiales que depuran agua con plantas como Canna indica o Lemna sp.

 Reactores anaerobios híbridos que eliminan patógenos y recuperan nutrientes (Puyol et al., 2020).

 Sistemas circulares que convierten aguas residuales en energía y fertilizantes (Batstone et al., 2015).



Reduce



Reuse



Recycle

Estas tecnologías sugieren una premisa poderosa: lo que llamamos “desecho” puede convertirse en recurso. Pero para lograrlo no basta con la técnica; hace falta conciencia

social, voluntad política y responsabilidad ciudadana.

Finalmente se puede decir que la crisis del agua no es un escenario hipotético, si no que es una realidad que vivimos actualmente . Se manifiesta en cada río gris, en cada pozo vacío, en cada comunidad que no cuenta con las condiciones necesarias para sobrevivir.

Los contaminantes invisibles e imperceptibles se acumulan con cada gota, hasta llegar a un futuro donde se vuelven visibles afectando nuestra vida diaria y limitando la supervivencia. **Lo importante ya no es preguntarnos si el agua durará, sino si tendremos la voluntad de cuidarla , haciendo uso de ella de la mejor manera y tratando de maximizar que tanto podemos hacerlo.**

Referencias

- Batstone, D. J., Hülsen, T., Mehta, C. M., & Keller, J. (2015). Platforms for energy and nutrient recovery from domestic wastewater: A review. *Chemosphere*, 140, 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.10.021>
- Capson-Tojo, G., Batstone, D. J., Grassino, M., Vlaeminck, S. E., Puyol, D., Verstraete, W., & Kleerebezem, R. (2020). Purple phototrophic bacteria for resource recovery: Challenges and opportunities. *Biotechnology Advances*, 43, 107567. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107567>
- CONAGUA. (2023). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua. <https://www.gob.mx/conagua>
- CONAGUA. (2024). Monitor de sequía en México. Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia>
- Durán, B. (2025). Tratamiento de aguas residuales: Definición de términos y aspectos generales. Universidad de Guanajuato.
- Metcalf, L., & Eddy, H. P. (1996). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- ONU. (2010). Resolución 64/292. El derecho humano al agua y al saneamiento. Asamblea General de las Naciones Unidas.
- Puyol, D., Batstone, D. J., Hülsen, T., Astals, S., Peces, M., & Krömer, J. O. (2020). Resource recovery from wastewater by biological technologies: Opportunities, challenges, and prospects. *Frontiers in Microbiology*, 11, 407. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00407>





ESCALAS DE LONGITUD EN MECHAS DE **LA CIENCIA FICCIÓN Y LA CULTURA POPULAR**

Jorge Zanoní Ruiz Frausto

Los mechas, desde su concepción, han capturado la imaginación de audiencias en todo el mundo. Más que simples máquinas de guerra, representan la extensión del cuerpo humano, la cúspide de la tecnología y, a menudo, un personaje en sí mismos. Uno de los aspectos más fascinantes y variables de este género es la escala. El tamaño de un mecha no es un detalle trivial; define su función, su impacto en el entorno y la naturaleza de las historias que se cuentan a su alrededor.

Este artículo se propone explorar y categorizar las diversas escalas de longitud presentes en el universo de los mechas, demostrando cómo esta característica ha sido utilizada para transmitir poder, vulnerabilidad y asombro. A través de un recorrido por la historia popular de los mechas, se analizarán casos emblemáticos que ilustran la diversidad de tamaños y sus implicaciones.

Para la realización de este análisis, se ha llevado a cabo una investigación documental y un análisis de contenido de diversas fuentes de la cultura popular, incluyendo:

SERIES DE ANIME:

Se han seleccionado franquicias clave que han definido y popularizado el género mecha, como **Mobile Suit Gundam**, **Neon Genesis Evangelion** y **Tengen Toppa Gurren Lagann**.

PELÍCULAS DE CIENCIA FICCIÓN:

Se han incluido largometrajes que han llevado a los mechas a la gran pantalla, como **Pacific Rim** y **Avatar**.

VIDEOJUEGOS Y OTROS MEDIOS:

Se han considerado videojuegos y otras manifestaciones de la cultura geek donde los mechas juegan un papel central.

La recopilación de datos se ha centrado en las especificaciones técnicas oficiales de los mechas (altura, peso), así como en análisis visuales comparativos para establecer una categoría de escalas de longitud.



ESCALA HUMANA Y TRANSHUMANA (2 A 10 METROS)

En el extremo más "realista" del espectro, encontramos los mechas que son esencialmente **trajes de poder o exoesqueletos avanzados**.

Estos diseños a menudo buscan una extensión directa de las capacidades humanas.



EXOSUIT (PELÍCULA AL FILO DEL MAÑANA)

Con aproximadamente 2 metros de altura, estos mechas son producidos en masa y considerados armas desechables, lo que refleja un tono más crudo y militarista, este mecha no es un efecto digital, sino un armazón real. Tom Cruise, conocido por su compromiso con la autenticidad en las escenas de acción, insistió en que los trajes fueran lo más reales posible, lo que resultó en un equipo que pesaba entre 85 y 125 libras.



AMP SUIT (PELÍCULA AVATAR)

De unos 4.2 metros de altura y 2,83 metros de ancho, y con un peso de hasta 1.700 kilos (dependiendo del equipamiento), estos trajes son utilizados para la exploración y el combate en entornos hostiles, actuando como una interfaz directa con el mundo alienígena de Pandora. Representan la atrocidad humana sobre la naturaleza, esto lo podemos notar mas de cerca en el final de la película, donde nuestro protagonista decide ser parte de otra raza a seguir formando parte de en lo que se ha convertido la humanidad.



TRANSFORMERS (SAGA DE ANIME Y PELÍCULAS)

El tamaño y peso de **Optimus Prime** y sus compañeros varía enormemente según la versión, pero tomando como referencia las películas, Optimus Prime se alza como una imponente figura de aproximadamente 8.5 metros de altura y un peso que supera las 4.5 toneladas métricas, una masa de metal cibertroniano, blindaje y armamento complejo. Sus lugartenientes presentan una escala igualmente impresionante, aunque variada, desde figuras más compactas y ágiles como **Bumblebee**, que mide unos 5.5 metros y pesa cerca de 2 toneladas, hasta guerreros más robustos y pesados como Ironhide, que rondaba los 7 metros y portaba un peso considerablemente mayor debido a su denso blindaje. La estatura de **Megatron** varía según la versión, pero en la película de 2007 mide 10.7 metros, siendo más alto que Optimus Prime.



Se podría considerar que no son mechas pues son **organismos robóticos autónomos**, sin embargo, en la reciente película de 2023 se utilizan como exoesqueleto para un humano, por lo que también se podrían considerar mecha.

Optimus Prime representa la **virtud, la integridad y el liderazgo de los Autobots**. Es el símbolo de la justicia, el honor y la compasión, y lucha incansablemente por la coexistencia pacífica entre todas las formas de vida, defendiendo tanto a Cybertron como a la Tierra de la tiranía de los Decepticons.

Su nombre combina el adjetivo latino "optimus" (lo mejor) con "prime" (primero), denotando su estatus como el mejor líder de los Primes.



TITANES (VIDEOJUEGO TITANFALL)

Con una altura que ronda los 6 a 7 metros, los Titanes como el Atlas o el Ronin no son gigantescos, pero su tamaño les permite navegar por entornos urbanos complejos sin sacrificar su imponente presencia. Su peso, relativamente ligero para su armazón metálico, es lo que les otorga una agilidad y velocidad casi sobrehumanas, permitiéndoles esprintar y esquivar con una fluidez que máquinas más pesadas no podrían igualar.

En este caso, la escala del Titán está diseñada para **humanizar** la relación entre la máquina y su piloto. Este vínculo se desarrolla sistemáticamente a lo largo de la campaña, permitiendo al jugador ser testigo y partícipe de la creciente conexión entre el protagonista y su Titán.

Más allá del dato técnico, esta escala permite una interacción cercana con el entorno, generando un combate cercano, táctico y personal. Esta escala refleja una **vulnerabilidad tangible**; es una extensión del humano, no un dios de metal. La tensión se centra en la habilidad del piloto y la crudeza del combate, explorando los límites físicos del cuerpo y el impacto que tiene en la historia que el protagonista pilotee una máquina de este tamaño y no una colosal.

ESCALA DEL ROBOT REAL (10 A 30 METROS)

Esta es quizás la categoría más icónica y poblada del género, popularizada por la franquicia **Gundam**. Estos mechas son del tamaño de edificios de varios pisos, lo que les permite dominar el campo de batalla sin perder una conexión visual con el paisaje urbano o natural.

RX-78-2 GUNDAM (MOBILE SUIT GUNDAM)

La representación de la escala en **Gundam** es fundamental, pues sirve para definir el estándar del género "Robot Real". Este tamaño de 19 metros es un balance narrativo clave: es lo bastante grande para ser un arma de guerra dominante que se impone sobre el paisaje, pero lo bastante pequeño para ser creíble como un prototipo militar con "limitaciones y necesidades de mantenimiento". Su escala no simboliza poder divino o conexión emocional, sino el drama, la logística y la cruda realidad de un conflicto militar.



METAL GEAR REX (VIDEOJUEGO METAL GEAR SOLID)

Este "tanque bípedo con capacidad nuclear" es una verdadera fortaleza andante. Con una altura de 13 metros y un peso estimado de 505 toneladas, **REX** está construido para ser casi invulnerable.

Su increíble masa se debe a su blindaje compuesto y, sobre todo, a su función como plataforma de lanzamiento para un cañón de riel masivo, lo que lo convierte menos en un soldado y más en un arma de asedio móvil.

Con este diseño, el autor (Hideo Kojima) busca comunicar el tema central de la proliferación nuclear y la disuasión de la era atómica.



- REX no es un simple mecha de combate; es la **materialización del miedo** a un arma que puede operar fuera de las reglas de la guerra convencional.
- Su propósito no es ganar una batalla táctica, sino **cambiar el equilibrio de poder mundial**. El autor nos explica que la verdadera amenaza de REX es su capacidad de lanzar un misil nuclear desde cualquier terreno, sin ser detectado por los radares.
- Es la evolución del tanque y del submarino nuclear: un arma que hace que lo "impensable" (un primer ataque nuclear táctico) sea una posibilidad aterradora y tangible.

El diseño de REX, por lo tanto, es una **crítica directa** a la carrera armamentista y al ciclo de miedo donde la tecnología militar solo evoluciona para crear amenazas cada vez más desestabilizadoras.

Esta escala es lo suficientemente grande como para ser impresionante, pero no tan masiva como para desconectarse del paisaje urbano o natural.

Este balance es la clave de su representación.

Este tamaño simboliza el **poder tecnológico** como un arma de guerra producida en masa, a diferencia de un traje personal o un dios imparable.



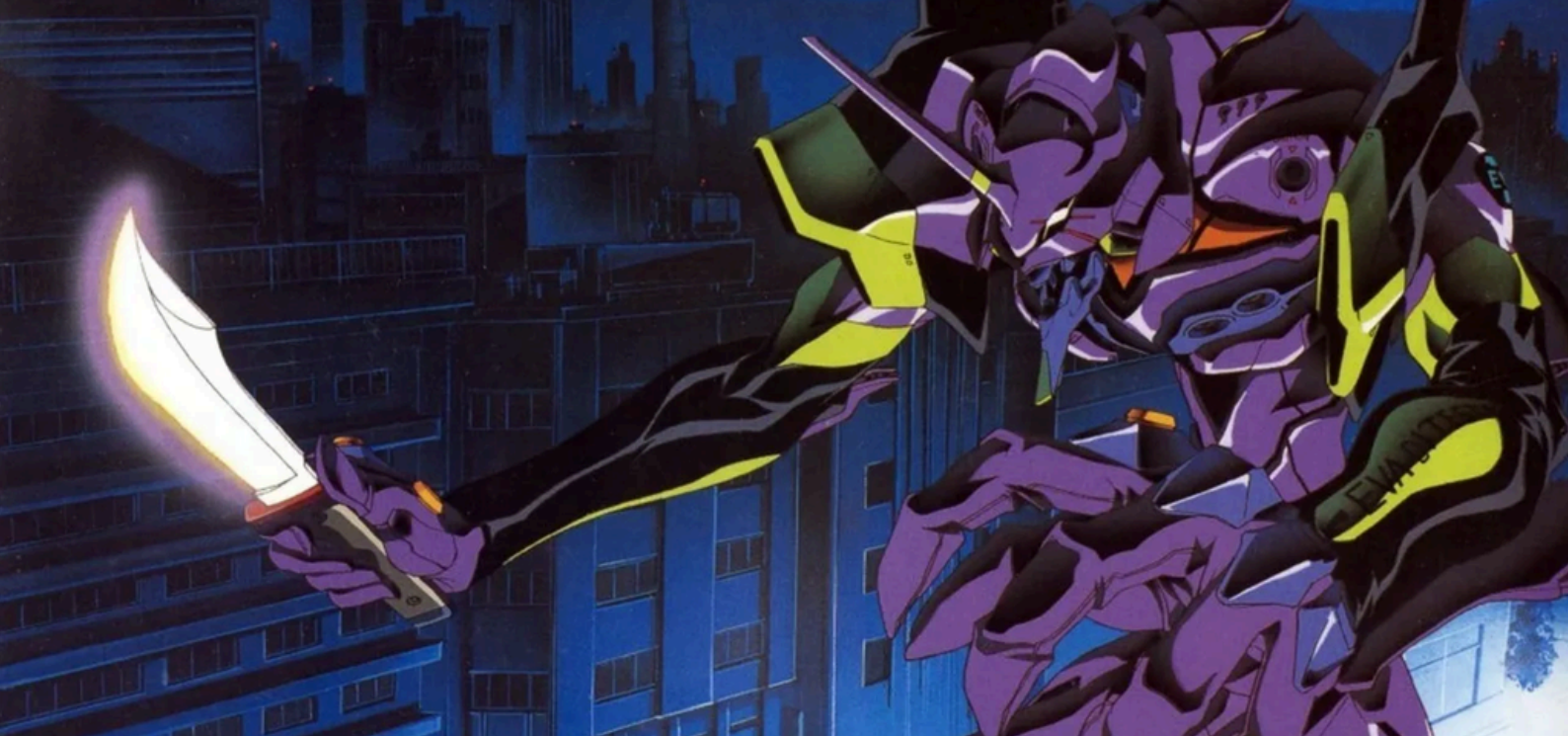
JAEGERS (PACIFIC RIM):

Con alturas que rondan los 80 metros, como el Gipsy Danger, estos mechas están diseñados específicamente para el combate cuerpo a cuerpo con monstruos de tamaño similar. La representación de la escala en los Jaegers, es una respuesta directa a la amenaza de los Kaiju. Su tamaño no es una elección estilística, sino una **necesidad narrativa**: se necesita un monstruo para luchar contra otro. Esta escala comunica la **desesperación de la humanidad y la magnitud del conflicto**.

El tamaño es tan abrumador que requiere dos pilotos, simbolizando que la supervivencia ya no depende del individuo, sino de la colaboración humana para manejar un poder de tal magnitud.

ESCALA DE KAIJU (50 A 100+ METROS)

Cuando la amenaza es de una escala monstruosa, los mechas deben crecer para igualarla. Esta categoría está definida por la necesidad de combatir a los "Kaiju" o monstruos gigantes.



EVA UNITS (NEON GENESIS EVANGELION)

Aunque su tamaño varía, las Unidades Evangelion pueden alcanzar alturas de hasta 80 metros o más, presentando una silueta más orgánica y perturbadora que sus contrapartes puramente mecánicas. A diferencia de un mecha puramente militar (Gundam) o un protector heroico (Jaeger), la escala del EVA se combina con su "silueta orgánica y perturbadora" para generar horror y asombro.

Su tamaño no solo les permite combatir a los "Ángeles", sino que los presenta como **monstruos biomecánicos** apenas controlados, situándolos en una delgada línea entre máquina, hombre y bestia. Esta es la clave de la visión del autor, Hideaki Anno.

Él utiliza la escala colosal del EVA como una representación física del **trauma psicológico** de sus jóvenes pilotos.

El EVA no es un símbolo de poder heroico, sino una metáfora de 80 metros de altura de un poder aterrador, descontrolado y alimentado por el dolor. Anno deconstruye el género al hacer que los "conflictos internos" de los personajes (su miedo, su angustia, su depresión) tengan "consecuencias apocalípticas" en el mundo exterior.

La destrucción que causa un EVA no es solo daño colateral; es una manifestación física de la angustia del piloto.

Por lo tanto, la escala representa una **ambivalencia moral** que busca incomodar al espectador: el poder necesario para salvar a la humanidad es, en sí mismo, una fuerza monstruosa y "perturbadora" que amenaza con consumirlo todo. En esta escala, la destrucción del entorno se vuelve un elemento narrativo inevitable, lo que transforma las batallas en un espectáculo de tono épico y apocalíptico.

El tamaño aquí deja de ser táctico y se vuelve puramente simbólico: es una respuesta directa a una amenaza de igual magnitud. El poder es tan descomunal que la destrucción de ciudades es una consecuencia inevitable, no un accidente. Esta escala representa la **desesperación de la humanidad**, una lucha donde el individuo se pierde ante la magnitud del conflicto.

ESCALA COSMICA Y ABSURDA (KILOMETROS A AÑOS LUZ)

En el extremo más fantasioso y exagerado del género, encontramos mechas cuyas dimensiones desafían toda lógica y comprensión. Estos diseños abandonan cualquier pretensión de realismo para abrazar la espectacularidad y la escala cósmica.

GURREN LAGANN (TENGEN TOPPA GURREN LAGANN)

Este mecha es famoso por su capacidad de evolucionar a escalas cada vez más absurdas, comenzando con unos 15 metros y alcanzando en sus formas finales tamaños galácticos y, finalmente, el Super Tengen Toppa Gurren Lagann, que es más grande que el universo observable. La representación de la escala en Tengen Toppa Gurren Lagann es el ejemplo definitivo de la "intención narrativa" sobre la "factibilidad técnica".

El diseño abandona por completo el realismo para abrazar la "escala cósmica y absurda". El hecho de que el mecha evolucione hasta ser "más grande que el universo observable" es la metáfora directa del "potencial ilimitado" y la voluntad de los protagonistas. La escala aquí no representa poder militar o tecnológico, sino la magnitud de la imaginación humana y la capacidad de la "voluntad" para reescribir las leyes de la física.

Aquí, los mechas trascienden su función física para convertirse en símbolos del poder absoluto y la determinación. Las batallas alcanzan una magnitud planetaria, estelar o dimensional, reflejando que la escala ya no es literal, sino una metáfora visual del potencial ilimitado de los protagonistas.

La escala de longitud en los mechas es un elemento narrativo fundamental que ha evolucionado a lo largo de la historia de la ciencia ficción y la cultura popular.

Desde los trajes de poder que ofrecen una visión íntima y táctica del combate, hasta los colosos galácticos que personifican la ambición y el poder ilimitados, el tamaño de un mecha está intrínsecamente ligado al tono, el tema y el alcance de la historia que se cuenta.

La diversidad de escalas demuestra la flexibilidad y la riqueza del género mecha, capaz de explorar desde conflictos militares realistas hasta fantasías cósmicas de proporciones épicas. El análisis de estas escalas no solo nos permite clasificar y comparar a nuestros robots gigantes favoritos, sino también comprender más profundamente el lenguaje visual y narrativo de uno de los géneros más queridos de la cultura geek.



REFERENCIAS

1. Sánchez, F. (2024, 25 julio). La aclamada película bélica y de ciencia ficción en Netflix que mezcla viajes en el tiempo y épicas batallas futuristas: «Vigorosa e imaginativa». Fotogramas. <https://www.fotogramas.es/noticias/cine/a61699112/al-filo-del-manana-pelicula-netflix-tom-cruise-ciencia-ficcion/>
2. Pandorapedia. Armadura AMP. Pandorapedia. https://pandorapedia.fandom.com/es/wiki/Armadura_AMP
3. Introductory: The Many Sizes of Optimus Prime. TFW2005. - The 2005 Boards. <https://www.tfw2005.com/boards/threads/the-many-sizes-of-optimus-prime.1000261/>
4. Caple Jr., S. (Director). (2023). Transformers: El despertar de las bestias [Película]. Paramount Pictures; Skydance Media; Hasbro.
5. Primuspedia. Optimus Prime (G1 Serie). Primuspedia. [https://transformers.fandom.com/es/wiki/Optimus_Prime_\(pel%C3%ADcula\)](https://transformers.fandom.com/es/wiki/Optimus_Prime_(pel%C3%ADcula))
6. Cazallas, J. (2022, junio 20). Transformers celebrará su 15 aniversario con un reestreno limitado en cines. Hobby Consolas. <https://www.hobbyconsolas.com/noticias/transformers-reestrenara-forma-limitada-cines-celebrar-15-anos-estreno-1080177>
7. Wiki. Titan. Titanfall Wiki. <https://titanfall.fandom.com/wiki/Titan>
8. Latinoamérica, I. (2015, 12 marzo). Titanfall 2 es oficial y llegará a Xbox One, PS4 y PC. IGN Latinoamérica | Noticias de Videojuegos, Reseñas, Previews, Videos y Trailers de Cine, Televisión, Comics y Todo Lo Que Amas. <https://latam.ign.com/titanfall-2/11391/news/titanfall-2-es-oficial-y-llegara-a-xbox-one-ps4-y-pc>

• REFERENCIAS

9. Anime news, Crunchyroll News.

• <https://www.crunchyroll.com/es/news/latest/2024/2/23/gundam-yokohama-ultimas-entradas>

10. Meyer, J. (2023, 17 mayo). Japan's Life-Sized Gundam, Through the Years —The Gaijin Ghost. The Gaijin Ghost.

<https://thegaijinghost.com/blog/japan-life-sized-gundam-through-years>

11. Wiki. Metal Gear REX. Metal Gear Wiki.

https://metalgear.fandom.com/es/wiki/Metal_Gear_REX

12. Mitchell, N. (2017, 8 marzo). Pacific RIM: 15 Things You Didn't Know About Jaegers. CBR. <https://www.cbr.com/pacific-rim-things-you-didnt-know-about-jaegers/>

13. Anno, H. (Director). (1995-1996). Neon Genesis Evangelion [Serie de TV].

Gainax; Tatsunoko Production.

14. Imaishi, H. (Director). (2007). Tengen Toppa Gurren Lagann [Serie de TV].

Gainax; Aniplex; Konami.

15. Cameron, J. (Director). (2009). Avatar [Película]. 20th Century Fox; Lightstorm Entertainment.

16. Del Toro, G. (Director). (2013). Pacific Rim [Película]. Warner Bros. Pictures; Legendary Pictures.

17. Bay, M. (Director). (2007). Transformers [Película]. Paramount Pictures;

DreamWorks Pictures.

18. Liman, D. (Director). (2014). Al filo del mañana [Película]. Warner Bros.

Pictures; Village Roadshow Pictures.

19. Tomino, Y. (Productor ejecutivo). (1979-1980). Mobile Suit Gundam [Serie de TV]. Sunrise; Sotsu Agency.

20. Konami. (1998). Metal Gear Solid [Videojuego]. Konami

21. Respawn Entertainment. (2014). Titanfall [Videojuego]. Electronic Arts

TEORÍA DE CUERDAS:

DE LONGITUDES FUNDAMENTALES AL UNIVERSO
OBSERVABLE

LIC. FÉLIX IBARRA-CASTOR

La teoría de cuerdas propone un cambio radical en la forma en que modelamos las interacciones fundamentales de las partículas, y recientemente se ha intentado relacionar este marco teórico con cuestionamientos a nivel cosmológico.

En este artículo exploramos cómo la teoría de cuerdas propone enlazar áreas de la física que parecen distantes entre sí, unificando las escalas de longitud más pequeñas y más grandes del universo.



La historia de la investigación en física ha pasado por distintos procesos socioeconómicos y culturales que han liderado la ruta que siguen los nuevos descubrimientos.

Hasta antes del siglo XX parecía bastante claro que distintos catalizadores relacionados con la fe, la economía, las artes y la política, intervienen en la investigación del mundo y dictan las tendencias de preguntas fundamentales que, en efecto, no han dejado de modular ciertos aspectos de la ciencia en sí.

A partir del descubrimiento de la **mecánica cuántica** y la **relatividad**, la infraestructura de aparatos de investigación y la capacidad de producción de las naciones para financiar estos proyectos quedaron como uno de los principales arquitectos de las preguntas que nos hacemos los físicos para intentar modelar el mundo y sus fenómenos.

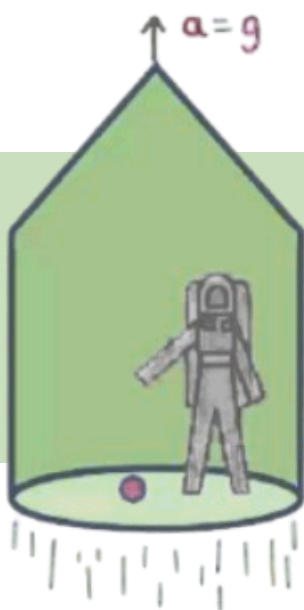


fig 1. Ilustracion de mecanica newtoniana y relativista



Fuente de imagen: Comparación entre la Mecánica Newtoniana y Relativista. (s. f.). Educatina.
<https://www.educatina.com/video?categoria=ciencias&subcategoria=fisica&rama=fisica-moderna&tema=relatividad&nombre=comparacion-entre-la-mecanica-newtoniana-y-relativista>

Tanto ha sido el impacto de esta tendencia, que la discusión principal en laboratorios y centros de investigación de todo el mundo se articula en torno a categorías definidas por la escala, por ejemplo, a gran escala el comportamiento de los diversos objetos cosmológicos, e incluso la evolución del universo mismo; a menor escala, la interacción de las partículas elementales y su relación con las fuerzas fundamentales de la naturaleza; y, en unos cuantos lugares, en cómo se relacionan ambas líneas de investigación.



Durante la germinación de estos marcos teóricos surgió, de manera inesperada, la idea de que tal vez, el comportamiento de las partículas elementales podía ser modelado a partir de objetos de una sola dimensión puestos en vibración, dando lugar a la teoría de cuerdas.

No solo estos prospectos fueron concebidos por los físicos del siglo XX al enfrentarse con esta idea ,

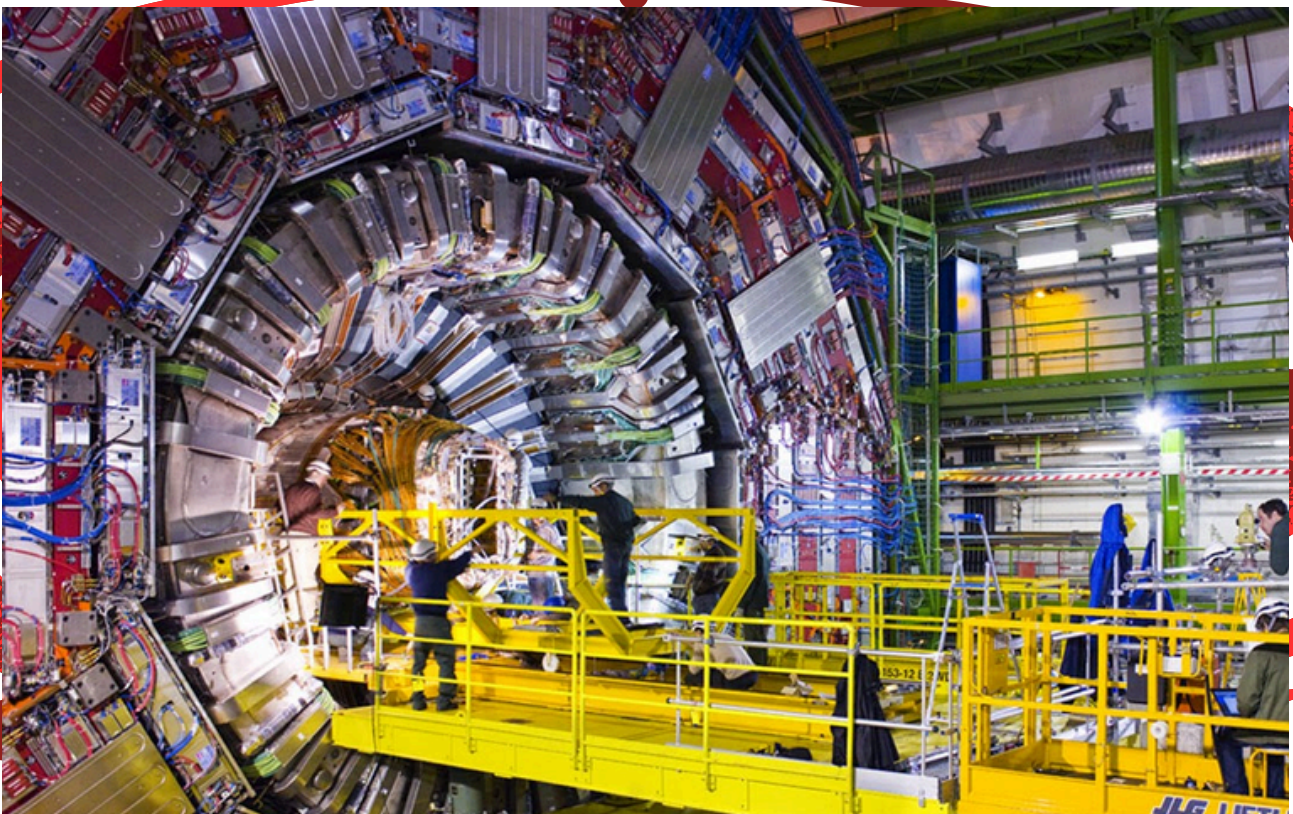
TAN RADICAL

sino que la propia teoría necesitaba la presencia de la **gravedad** para dar un marco unificado de las interacciones fundamentales.

La teoría de cuerdas hasta ahora se encuentra en una muy temprana etapa de desarrollo, y puesto que una verificación experimental de la teoría requiere de predicciones precisas, es difícil conseguirlas en un marco teórico aún en exploración y expansión. Como se mencionó anteriormente, la propuesta de la teoría de cuerdas es que las partículas fundamentales de nuestro universo pueden asociarse a modos de vibración de este objeto unidimensional, una sola cuerda fundamental.

La longitud típica de una cuerda fundamental no se encuentra en el rango de los átomos ni de sus núcleos, sino muchísimo más abajo, cerca de la longitud de Planck, aproximadamente

$$10^{-35}m$$



Estas escalas son tan diminutas que están fuera del alcance de nuestra tecnología experimental existente, la cual, actualmente nos ha permitido explorar hasta el orden de

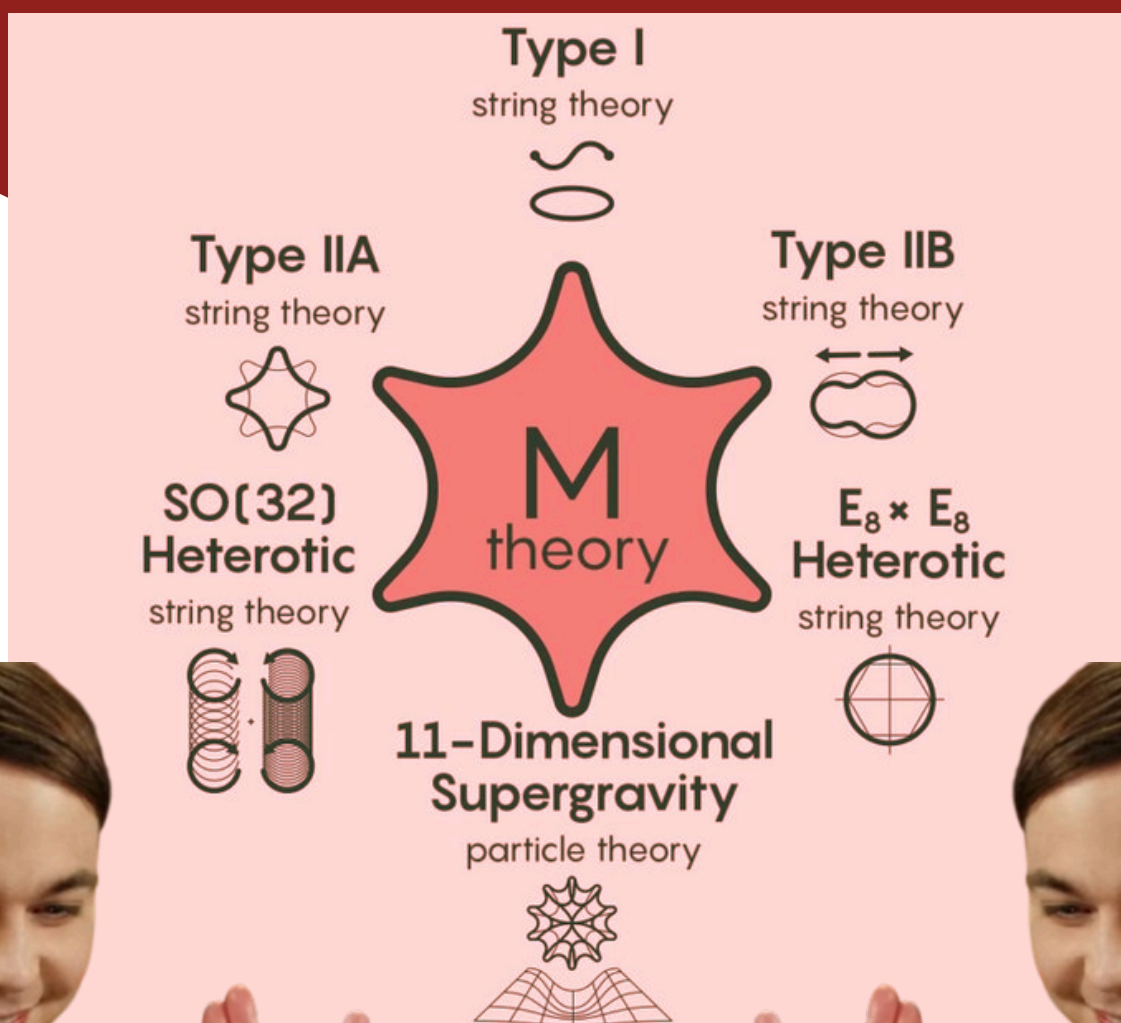
$$10^{-19}m$$

gracias al Gran Colisionador de Hadrones (LHC, por sus siglas en inglés).

Naturalmente, un proceso de cuantización de la teoría clásica de propagación de una cuerda en el espacio-tiempo es requerido, y es aquí donde surgen los inconvenientes.

Si bien la teoría es capaz de considerar el espectro de partículas elementales, incluso al hipotético gravitón, bosón encargado de mediar las interacciones gravitacionales, como ya se mencionó, para que exista consistencia matemática surge un requerimiento inesperado: el espacio-tiempo debe ser de 10 dimensiones, una para la dimensión temporal y las 9 restantes para las dimensiones espaciales.

Así, el universo dejaría de ser un espacio de 4 dimensiones y se convertiría en un entramado de 10 dimensiones (o incluso 11, según la llamada teoría M).



Pero si esas 6 dimensiones adicionales existen, ¿dónde están? La respuesta más aceptada es que estarían “enrolladas” en espacios minúsculos, invisibles a simple vista, pero influyentes en las propiedades del espacio 4 dimensional que podemos observar. Así como la longitud de Planck, nos permite dar una primera estimación del tamaño de esta cuerda fundamental, también establece una escala de estas dimensiones compactas .

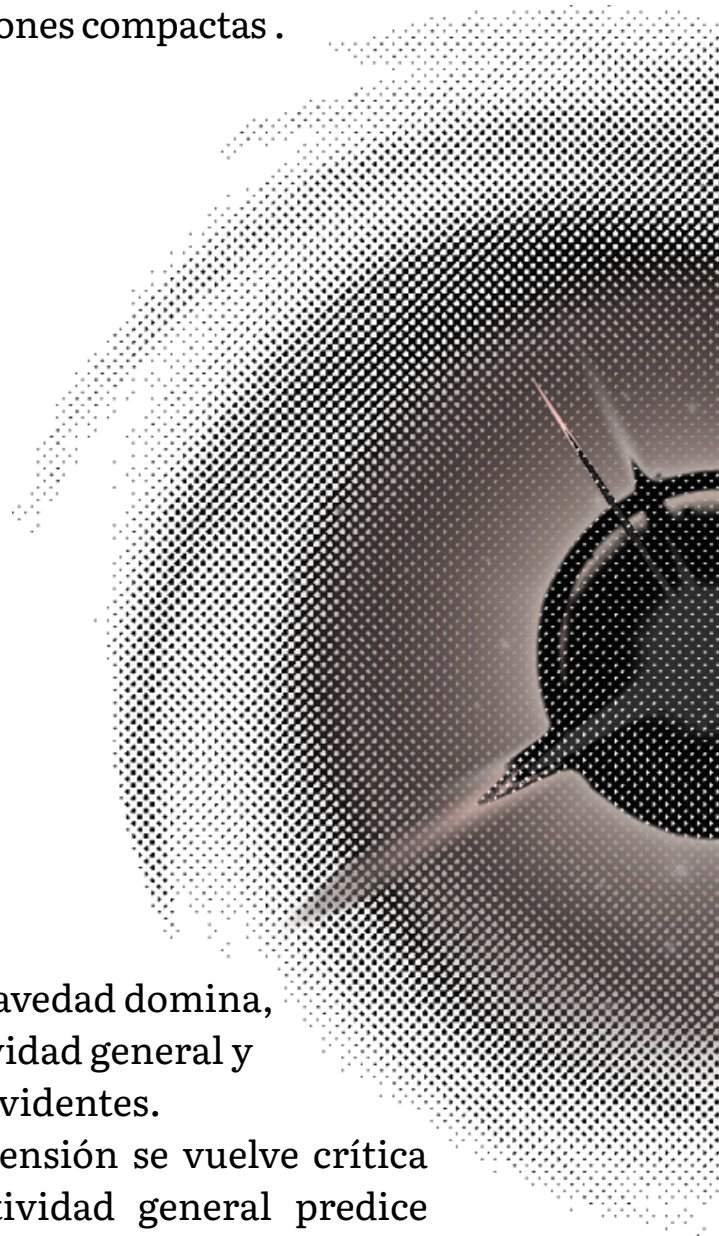
Más allá del mundo de las partículas elementales, la teoría de cuerdas también propone ideas para comprender fenómenos en las escalas más grandes del universo. Si en el régimen cuántico nos obliga a pensar en longitudes aproximadas a la longitud de Planck, en el régimen cosmológico nos invita a considerar distancias del orden de

$$10^{26}m$$

que corresponden al tamaño del universo observable.

Es en ese rango extremo donde la gravedad domina, y donde las tensiones entre la relatividad general y la mecánica cuántica se hacen más evidentes.

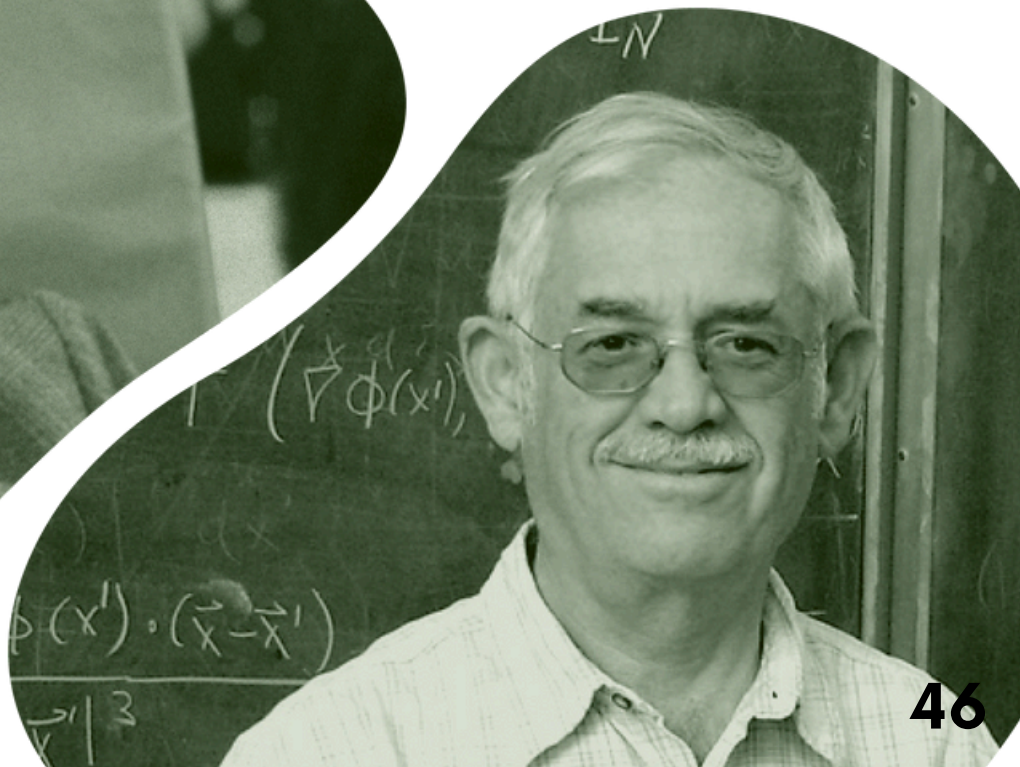
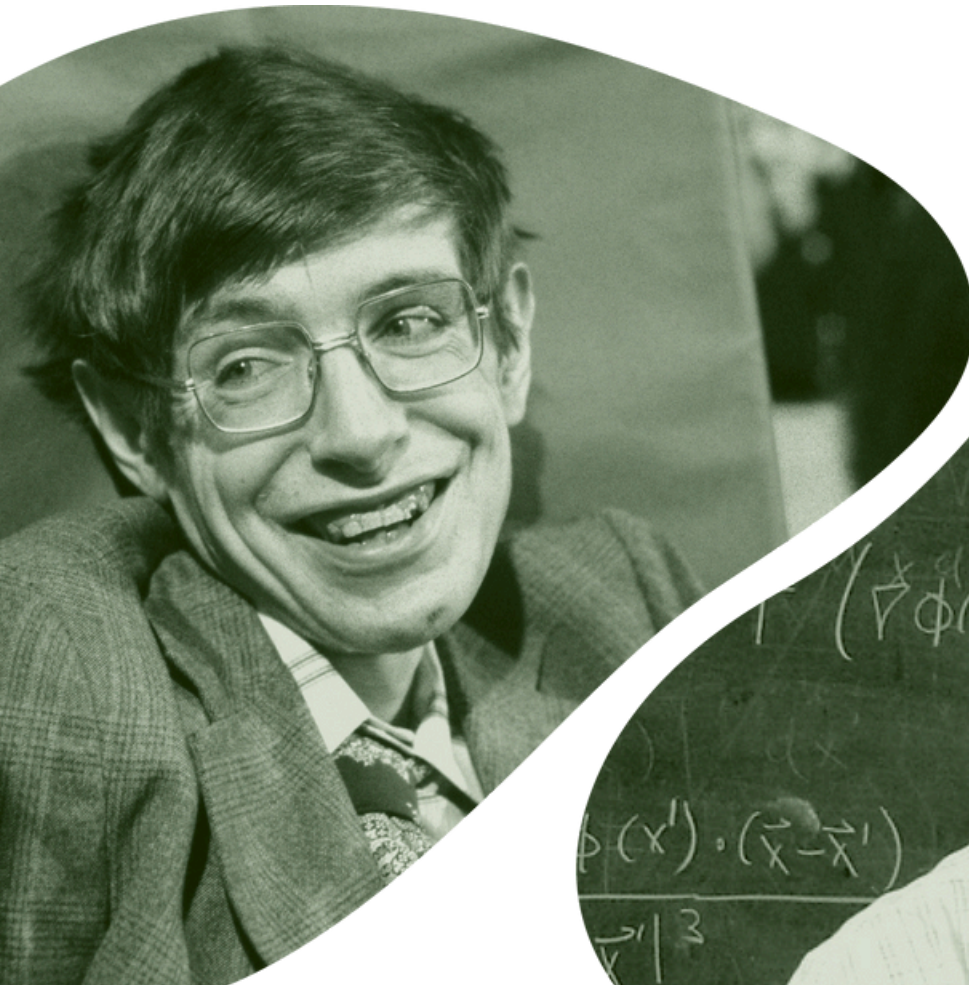
Uno de los escenarios donde esta tensión se vuelve crítica son los agujeros negros. La relatividad general predice singularidades donde la curvatura del espacio-tiempo se vuelve infinita, un límite que sugiere que la teoría gravitatoria clásica deja de ser válida.



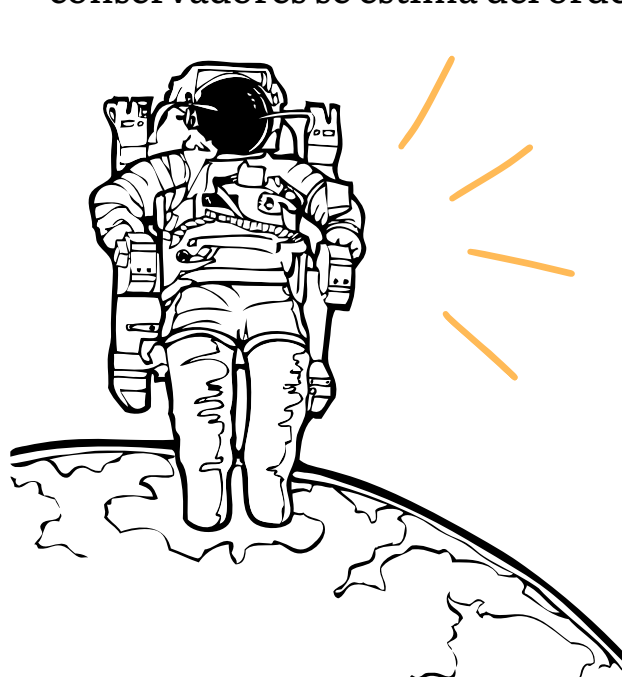
En cambio, la teoría de cuerdas ofrece una posible solución: en lugar de un punto de densidad infinita, un agujero negro estaría descrito por estados cuánticos de cuerdas, y objetos extendidos que también provienen de la teoría, conocidos como membranas (las cuerdas consideradas abiertas naturalmente contienen extremos, las membranas vienen a ser entonces estos objetos multidimensionales donde las cuerdas “terminan” y cuyo movimiento está regido por las condiciones que se les impongan). Un hecho que despertó el interés de la comunidad científica fue la demostración de que la teoría reproduce la entropía de los agujeros negros propuesta por **Bekenstein** y **Hawking**, estableciendo así un vínculo entre la escala cósmica y la estructura vibrante de lo diminuto .

Ecuación de
Bekenstein-Hawking

$$S = \frac{\pi A K_B c^3}{2hG}$$



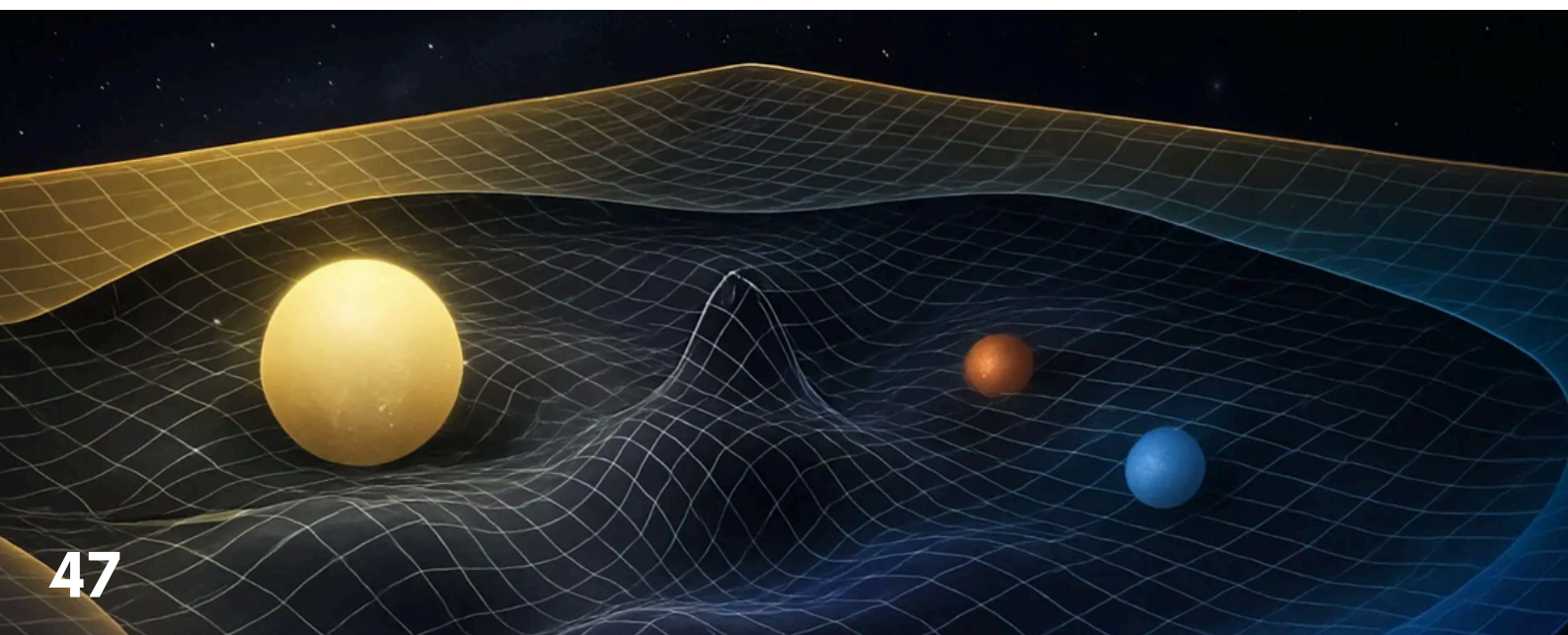
Finalmente, estudios más recientes han abordado con mayor profundidad las consecuencias cosmológicas inflacionarias de asumir un universo regido por la teoría de cuerdas, este podría constituir un camino para que la teoría se vincule directamente con los datos experimentales. Un enfoque que ganó fuerza en las últimas dos décadas es el paisaje de teoría de cuerdas: el hecho de que la teoría admite un número inmenso (en cálculos conservadores se estima del orden de)



$\sim 10^{500}$

de posibles soluciones, que en el marco de la teoría corresponden a las diversas maneras de compactificar o enrollar las dimensiones adicionales, cada una dando origen a distintos valores efectivos de la constante cosmológica.

En este panorama, la explicación de por qué observamos un valor tan pequeño podría atribuirse a una interpretación antrópica: solo en universos con un valor específico de Λ pueden formarse materia organizada, galaxias, planetas y, finalmente, vida capaz de reflexionar sobre ello.



La teoría de cuerdas, concebida como un marco teórico en constante desarrollo, aspira a explicar de forma unificada un espectro cada vez más amplio de las escalas que estructuran el universo, es una apasionante línea de investigación que sigue abierta a nuevas ideas y conceptos inexplorados. El avance en la infraestructura destinada a la investigación científica es cada vez mayor, y mientras nos acerquemos a detectar interacciones más fundamentales, o propiedades de la expansión del universo cada vez más precisas, teorías como estas pueden ser el faro que ilumine el camino hacia una comprensión más fundamental de nuestro universo. O quizás, en virtud de nuevos descubrimientos y propuestas, su destino sea convertirse en una concepción matemática muy interesante.

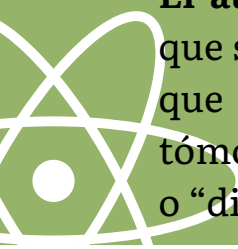


REFERENCIAS

1. Fara, P. (2009). Science: A four thousand year history. Oxford University Press, USA.
2. Zwiebach, B. (2004). A first course in string theory. Cambridge University Press.
3. Becker, K., Becker, M., & Schwarz, J. H. (2006). String theory and M-theory: A modern introduction. Cambridge University Press.
4. Strominger, A., & Vafa, C. (1996). Microscopic origin of the Bekenstein-Hawking entropy. Physics Letters B, 379(1-4), 99-104.

De átomos a estrellas

Ari Ortega Landry

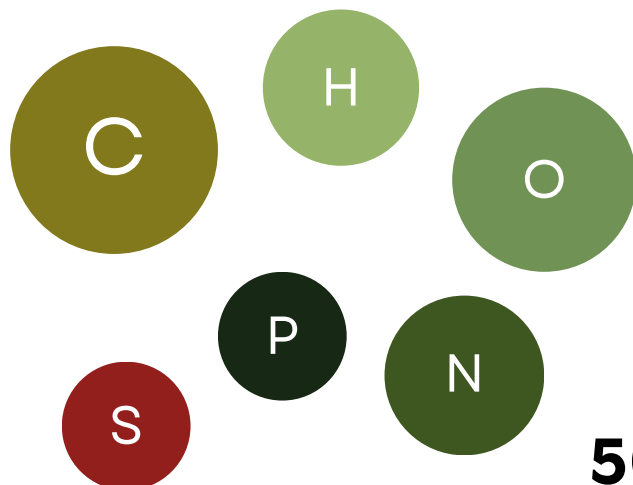


El átomo: Viene del griego ἄτομον que se compone por el prefijo α- (a-) que significa “sin” y la palabra τόμος (τομος) que significa “cortar” o “dividir”.

¿Qué es el átomo?

Pues se trata de un sistema, como nosotros, compuesto por sus propias subpartículas: neutrones, protones y electrones. El protón y el neutrón tampoco se libran de ser un sistema compuesto por subpartículas; los quarks. Enfoquémonos por ahora en el concepto del átomo, ni más ni menos, aquello que compone nuestras moléculas, que forman células y después tejidos, estos a su vez forman órganos y sistemas y, por último, organismos; nosotros. Somos miles de millones de pequeñas partículas “indivisibles”.

Estos átomos que nos conforman son principalmente **carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre** (tal vez recuerdes el acrónimo CHONPS por las clases de biología que tomaste en primaria o secundaria), siendo el hidrógeno el más simple de los átomos. Hablemos un poco de este último, siendo el más simple comparado con los demás elementos de la tabla periódica, al solo contar con un protón y electrón, **¿dónde se formó?**



Hace 13 mil millones de años, ocurrió un evento conocido como el Big Bang, creando así el universo y llenándolo de partículas elementales: quarks y electrones. Como se detalló anteriormente, el átomo no se libra de estar compuesto de subpartículas (protones, neutrones, electrones) y a su vez dichas subpartículas (a excepción del electrón) están compuestas de estas partículas elementales; **los quarks**.



Con el tiempo, estas partículas elementales, los quarks, comenzaron a fusionarse y formaron protones y neutrones y eventualmente, junto con el electrón, el hidrógeno.

A medida que el universo se enfriaba, nubes de este elemento fueron acumulándose en el espacio, y en zonas más densas,

a fuerza gravitatoria agrupó una gran cantidad de hidrógeno y con el tiempo, varios cientos de miles de años, nace algo nuevo e inmenso, de la aparente nada, como el despertar intelectual que experimenta un niño sin darse cuenta, de lo más pequeño a lo grande (Instituto geográfico nacional) .

Las estrellas: Del latín “Estella”, formadas en su mayoría por hidrógeno, como una parte de nosotros. Son parte de los objetos celestes que más han cautivado a la humanidad. Una de ellas, nuestra favorita, el Sol; una estrella de tipo espectral G2 y luminosidad G, una manera de referirse a las enanas amarillas, con una edad aproximada de 4500 millones de años y a una distancia de 150 millones de kilómetros de nosotros. (H. Rodríguez (2024, 21 de junio) National Geographic España).

¿Pero que hace a una estrella tan especial?

Bueno, teniendo ya una idea de cómo surgió el elemento más simple de la tabla periódica, veamos de donde salieron unos cuantos más.

Una estrella, **como el Sol**, utiliza una reacción nuclear fascinante; la fusión. La presión dentro del núcleo de una estrella es tan fuerte que comienza dicho proceso, en el cual, usando el hidrógeno como, comienza a unir, fusionar, el núcleo de estos átomos (un solo protón) y al fusionar cuatro de ellos se obtiene un nuevo elemento; el helio. Pero no es el único elemento que se obtiene de este proceso, otros elementos como el carbono y el oxígeno se producen en el núcleo, ya que estos requieren de más energía. Pero nuestra estrella llega hasta allí, incapaz de fusionar más allá del oxígeno, al carecer de la energía necesaria para hacerlo. (Consejo de Seguridad Nuclear. 2025)

Pero el Sol no es la estrella más grande, de hecho, es bastante pequeña comparada a estrellas supermasivas, en ellas se crean otros elementos (como el silicio y el hierro). Inclusive las más brillante e inmensa de las estrellas, Stephenson 2-18, una estrella hipergigante roja con un radio estimado alrededor de 2150 veces el del Sol. Wikipedia (2025, 19 de mayo), no puede escapar del tiempo, y con el pasar de este, lo que otrora fue una danza equilibrada entre las reacciones nucleares y la fuerza gravitacional, comienza a perder equilibrio al perder combustible, esta falta de combustible hace que la estrella no pueda más con su propia gravedad y colapsa, este proceso lleva el nombre de colapso gravitatorio. Dependiendo del tamaño de ésta, puede terminar como una enana blanca o dar paso a una supernova, una explosión que arroja todos los elementos creados por ella, dispersándolos así por el universo y dejando tras de sí una estrella de neutrones.

Al inicio de todo, una explosión colosal da lugar a partículas diminutas, al unirse después de miles de años, crean estrellas formadas por átomos, que a su vez crean una variedad de estos y, al morir las estrellas, esparcen por el cosmos su materia. Con el tiempo y las condiciones correctas, algunas de estas terminan por crearnos, somos el testimonio del final de una estrella, de su materia y de los miles de años que le tomo recorrer el cosmos, **somos un memento mori de ellas.** ✨

Referencias

- Sánchez, V. (2022, 04, abril). “De átomos a estrellas”. Instituto de Ciencias nucleares UNAM. URL https://www.nucleares.unam.mx/noticias.php?publicacion=colle_atomos_estrellas&key=6800#:~:text=La%20evolu%20ci%C3%B3n%20de%20las%20estrellas&text=En%20la%20estrella%20de%20neutrones,el%20doctor%20Fabio%20de%20Colle.
- Clegg, B. (2020, 02, septiembre). “¿De qué está hecho realmente el cuerpo humano?”. BBC News Mundo. URL <https://www.bbc.com/mundo/noticias-53959099>
- Wikipedia (2023, 29 de septiembre). “Colapso Gravitatorio”. URL https://es.wikipedia.org/wiki/Colapso_gravitatorio
- Redacción National Geographic (2022, 6 de octubre, actualizado 28 junio 2024). “¿Cómo mueren las estrellas?” National Geographic. URL <https://www.nationalgeographicla.com/espacio/2022/10/nova-y-supernova-como-mueren-las-estrellas>
- Consejo de Seguridad Nuclear (S.F) URL: <https://www.csn.es/fusion-nuclear>
- Redacción National Geographic (2022, 28 de octubre). “Como nace una estrella”. National Geographic. URL https://www.nationalgeographicla.com/espacio/2022/10/como-nace-una-estrella?int_cmp=estrellas_grandes
- Rodríguez, H. (2024, 21 de junio). “El Sol, la estrella que sostiene la vida en la Tierra”. National Geographic España. URL https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/sol-estrella-que-sostiene-vida-tierra_18659
- Instituto geográfico Nacional (2019) URL <https://astronomia.ign.es/formacion-de-estrellas#:~:text=El%20nacimiento%20de%20una%20estrella,equilibrio%20en%20que%20se%20encontraba>.

Gigantes

Entre la ficción y la física

Por Fátima Granados Albarrán

Siempre hemos imaginado gigantes en mitos y novelas, pero ¿Qué dice la ciencia sobre la posibilidad de su existencia? La ley del cuadrado-cubo de Galileo Galilei nos revela la respuesta al mostrarnos los límites de la escala.

A lo largo de toda la historia, la humanidad ha fantaseado un sin fin de veces con la existencia de seres de grandísimas dimensiones. Los gigantes han aparecido en mitos, relatos y grandes obras literarias, desde los lestrigones en “La Odisea” (Homero, s. VIII a.C), hasta los gigantes con largos brazos que “Don Quijote de la Mancha” creía ver al encontrarse en realidad frente a molinos de viento (Miguel de Cervantes, 1605). Otro caso bastante emblemático son los habitantes de Brobdingnag, país al que Gulliver llega tras un naufragio en la segunda de “Las aventuras de Gulliver” (Jonathan Swift, 1726), donde se narra la existencia de humanos con proporciones 12 veces más grandes que las de alguien común.

Al ser entonces un tema tan recurrente en la ficción, es natural preguntarse ¿Podrían realmente existir los gigantes? Y si así fuese, ¿qué características tendrían y qué tan parecidos serían a los que se nos muestran en los libros?

Para darle respuesta a estas preguntas nos tendremos que remontar a los tiempos de Arquímedes, quien estableció el Principio de Semejanza, el cual dice que la superficie es proporcional al cuadrado de la dimensión lineal y que el volumen es proporcional al cubo de esta.

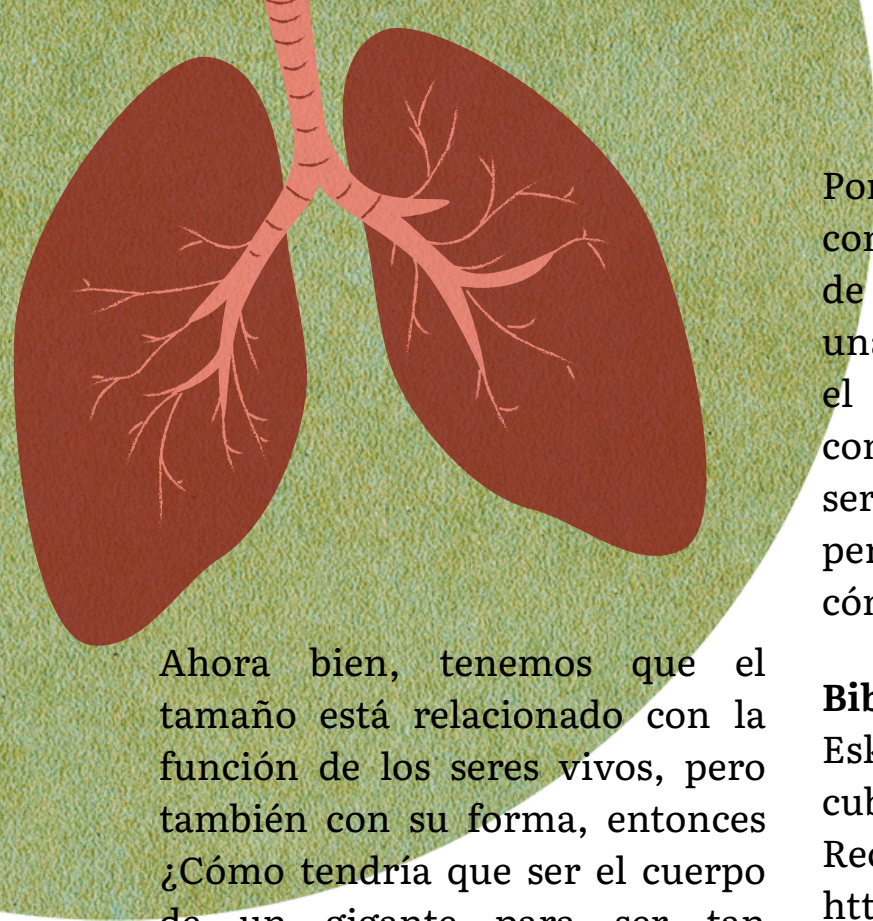
Lo cual nos permite comparar objetos de la misma forma, pero diferente tamaño y además describirlos con las mismas propiedades. Con esta visión podríamos decir que, si existieran humanos agigantados a escala, sus cuerpos funcionarían igual que los nuestros.

Sin embargo, ahora sabemos que este principio tiene sus limitaciones gracias a Galileo Galilei, quien en 1638 publicaba su libro “Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias”, donde nos presenta por primera vez las leyes de escala, las cuales indican que al cambiar el tamaño de los seres vivos y, en particular, al cambiar de escala, lo hacen también sus funciones y su forma, por lo que no pueden aumentar arbitrariamente.

Aunque no fue tan relevante en su tiempo, esta obra también nos habla de otra ley con profundas consecuencias y aplicaciones en todas las ciencias e ingenierías de la actualidad: la ley del cuadrado-cubo, que se refiere a que la superficie de un sólido crece con el cuadrado, y el volumen con el cubo. Otro hecho importante es que la resistencia de un material está relacionada con la superficie, mientras que su masa lo está con el volumen.

Estas consideraciones nos conducen al siguiente resultado: si de alguna manera naciera un humano más grande a escala, caería inmediatamente debido su propio peso, pues su masa habría crecido más rápido que su resistencia y sus huesos serían más frágiles cuanto mayor fuera su tamaño.

En el caso específico de los gigantes de Gulliver, un brobdingangiano de escala proporcional, recordando que es 12 veces más grande que el humano común, experimentaría una tensión doce veces mayor en sus huesos, que le provocaría fracturas, haciéndole imposible el siquiera andar, entonces estos gigantes no podrían existir, al menos no si son proporcionales en sus dimensiones.



Ahora bien, tenemos que el tamaño está relacionado con la función de los seres vivos, pero también con su forma, entonces ¿Cómo tendría que ser el cuerpo de un gigante para ser tan funcional como el nuestro?

La respuesta la sigue dando la ley del cuadrado-cubo de Galileo: el grosor de los huesos debería escalar más que linealmente para que la resistencia compense el peso. Para poder mover la masa adicional, los músculos deberían aumentar casi en proporción al cubo, con lo que el gigante se vería más robusto y con extremidades muy anchas, perdiendo proporción con los humanos. Además de requerir órganos vitales mucho más poderosos, como un corazón y unos pulmones capaces de bombear sangre contra la gravedad adecuadamente, hay muchas más implicaciones y limitaciones fisiológicas.

Por el momento, nos quedamos con que la ley del cuadrado-cubo de Galileo nos seguirá ofreciendo una amplia comprensión de cómo el tamaño y la escala rigen el comportamiento de los objetos y seres en nuestra realidad, permitiéndonos incluso saber cómo serían los de la fantasía.

Bibliografía:

Esquer, D. (s.f.). Galileo's square-cube law. DinosaurTheory.com. Recuperado de <https://www.dinosaurtheory.com/scaling.html>

Ricardo Quintana (2025). Gulliver's Travels. Recuperado de <https://www.britannica.com/topic/Gullivers-Travels>

Peña Alonso, G. (2019). Leyes de escala: tamaño, forma y vida (Trabajo fin de grado). Universidad de Valladolid, Facultad de Ciencias. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/38279>



