

# SPINOR

## Junior

$\pi$   
3,14



- Infecciones respiratorias
- La risa y el bostezo son contagiosos
- Lectores a bordo

- Las estrellas no son para siempre
- Cuando los numeros delantan mentiras

SUPLEMENTO  
septiembre | octubre 2025

# Directorio

**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**Rectora**

Dra. Ma. Lilia Cedillo Ramírez

**Secretario General**

Mtro. Damián Hernández Méndez

**Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado**

Dr. Ygnacio Martínez Laguna

**Directora de Estudios de Posgrado**

Dra. Yadira Navarro Rangel

**Directora de Investigación**

Dra. Ma. Verónica del Rosario Hernández Huesca

**Director de Divulgación Científica**

Dr. Arturo Fernández Téllez

## CONSEJO EDITORIAL

**Editor responsable:**

Dr. Arturo Fernández Téllez

Dirección de Divulgación Científica

**Editor:**

Biol. A. Eduardo Pineda Villanueva

Dirección de Divulgación Científica

**Revisores:**

Octavio Ehécatl Pineda Cuevas

Mtra. María Yadira Rosas Bravo

BUAP

**Diseño gráfico:**

Centro de innovación y creatividad

Mtro. S. Eduardo Condado Picazo

Mtro. J. Daniel Arenas Balderas

Frida Victoria De La Cruz Varela

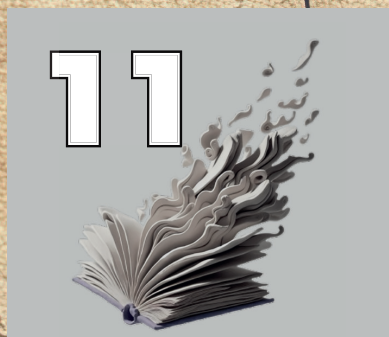
Victoria Ocaña Lozano



**INFECCIONES  
RESPIRATORIAS**

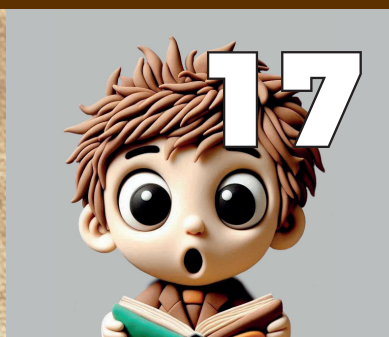


**¿CUÁLES SON LAS BASES NEURALES  
PARA QUE LA RISA Y EL BOSTEZO  
SEAN CONTAGIOSOS?**



**LECTORES  
*a bordo***

# CONTENIDO



**Las estrellas no son  
para siempre**



**Quando los números  
delatan mentiras:  
La Ley de Benford y  
la detección de fraudes**



**¿QUÉ TIENES EN MENTE?**

# INFECCIONES RESPIRATORIAS

Dra. María Lilia Cedillo Ramírez

Rectora, BUAP



## ¡Hola amigos!

**E**stamos terminando un año más, ya comenzó a sentirse un poco de frío y esto nos recuerda que se acerca una de las épocas más bellas: las fiestas decembrinas. Una época en la que comemos y bebemos, festejamos y volvemos a festejar y a comer hasta donde el cuerpo aguante.

También es una época en la que los cambios bruscos de temperatura nos hacen más susceptibles a sufrir algunas infecciones respiratorias, las cuales comienzan generalmente como un catarrito, algunas veces con fiebre, malestar general y después una tos horrible que se encariña con nosotros y que nos dura varios días o semanas y ¡cómo molesta! sobre todo en las noches, cuando queremos dormir.

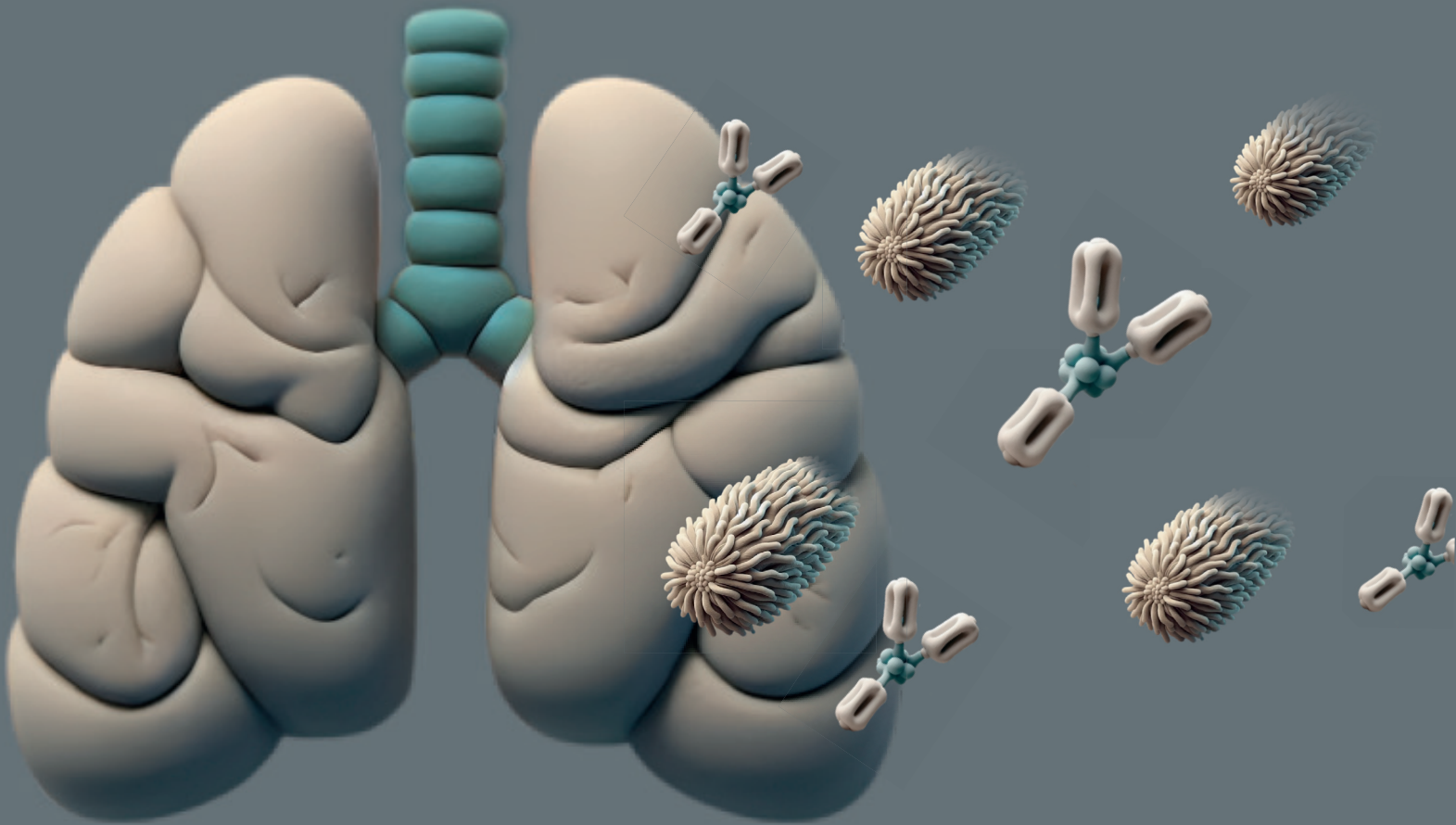


Bueno, pues hoy vamos a hablar de por qué se infecta el tracto respiratorio: Las abuelitas dicen que es porque no nos cuidamos, tomamos bebidas frías, salimos destapados al aire o con el cabello mojado, o porque no comemos bien, entre otras cosas. Pues algo tienen de razón las abues. Para empezar, diremos que la enfermedad es el resultado de varios mecanismos de defensa que han fallado y de varios

factores ambientales que favorecen el desarrollo de la infección. Los “bichos” que causan infecciones respiratorias entran por la nariz o la boca, es decir, cuando inhalamos partículas en aerosol cargadas de microorganismos, esto generalmente ocurre cuando un cuate nos estornuda en la cara o bien, los bichos entran por la boca, por ejemplo, cuando bebemos del vaso de algún “moquiento”.

Una vez que los microbios entran se enfrentan a barreras físicas y químicas que les impedirán que se adhieran y empiecen a reproducirse. Las células del aparato respiratorio tienen unas estructuras llamadas cilios que se están moviendo todo el tiempo como barredoras para así eliminar a las bacterias, en esta labor los cilios son ayudados por el moco, el cual por su naturaleza es pegajoso y así arrastran

hacia afuera a los microorganismos. Por otra parte, existen anticuerpos que son de naturaleza proteica llamadas inmunoglobulinas y en específico la **A (IgA)** que se encuentra en las mucosas, la cual le impide a los microbios que se adhieran, además existen otras células del sistema inmune llamados fagocitos o macrófagos que son bien tragoncitos y se comen a las células extrañas que entran a nuestro cuerpo, los fagocitos son expertos



en matar a las bacterias gracias a la acción de sustancias altamente oxidantes o los llamados compuestos catiónicos. Pero los bichos no son unas blancas palomitas y ni tardos ni perezosos han desarrollado mecanismos de evasión, tal

es el caso de algunos “bichos” que están cubiertos de una cápsula que constituida por una sustancia pegajosa y cuando los fagocitos se los quieren ajusticiar los “bichos” se resbalan bien chulito y así evitan la fagocitosis.

Existen otros microbios que producen proteasas de la IgA, así rompen a la IgA y se pueden adherir fácilmente a las células del epitelio (la capa más superficial) respiratorio. Los factores ambientales también influyen, así, por ejemplo, el clima frío y seco hace que se resequen las mucosas y que se entorpezca el movimiento ciliar.

Si finalmente nos enfermamos, nuestro cuerpo pone en marcha mecanismos más agresivos como la respuesta inmune específica o bien, la fiebre, ya que algunos microorganismos mueren cuando aumenta la temperatura corporal.



Bueno, creo que lo mejor es que en esta época de frío se abriguen bien, no acudan a lugares hacinados donde haya muchos gripientos, se hidraten bien, coman y beban alimentos con antioxidantes y frutas.

**Saludos y ¡aguas con el frío!**

# ¿CUÁLES SON LAS BASES NEURALES PARA QUE LA RISA Y EL BOSTEZO SEAN CONTAGIOSOS?



José Ramón Eguibar  
María del Carmen Cortés

Laboratorio de neurofisiología de la conduc-  
ta y control motor,  
Instituto de Fisiología, BUAP





La risa y el bostezo son dos conductas que se presentan en los seres humanos y en varias otras especies animales. Ambas conductas se pueden propagar cuando uno observa o escucha a otra persona bostezar o reír, la imitación ocurre de una manera automática y rápida, es por esto por lo que se le ha denominado contagioso, ya que es similar a como se propaga una enfermedad como el catarro. Aunque a simple vista parecen conductas triviales, el que sean contagiosas refleja que tienen un valor en la comunicación del estado de ánimo, en la sincronización entre los miembros de un grupo y en el apego emocional, es decir, sentirse ligado a otra persona.

El contagio del bostezo se ha descrito en humanos y en primates no humanos, y se considera que es un mecanismo de imitación

involuntario. De hecho, se ha mostrado que durante el contagio se produce en la persona contagiada un estado de empatía, la cual es la capacidad de comprender y compartir los sentimientos de otra persona, es como “ponerse en el lugar del otro”. Así se puede promover un estado de felicidad o de satisfacción, lo que favorece la interacción entre ambas personas.

De manera fascinante cuando se han hecho estudios de imágenes del cerebro en personas despiertas usando resonancia magnética, se ha mostrado que al observar a una persona bostezar se activan varias regiones del cerebro que se encargan de las emociones, esto es el denominado sistema límbico, nuestro cerebro primitivo que da respuestas rápidas cuando se amenaza a alguien, pero también lo opuesto como es, por ejemplo, elogiar a alguien.





Para el caso de la risa, consideremos que ésta es una expresión social, ya que al reír se sincronizan las expresiones emocionales dentro de un grupo. Cuando una persona escucha o ve reír a otra se produce el contagio, lo que a su vez facilita la cohesión social, fortalece sus vínculos y hasta promueve comportamientos cooperativos. Esto muestra que la risa facilita un estado de ánimo que favorece las relaciones interpersonales y la colaboración entre los miembros de un grupo.

Es relevante que tanto el bostezo como la risa activan una zona del cerebro donde se encuentran las

denominadas neuronas en espejo, las cuales participan en el reconocimiento de las caras y en la imitación de los componentes motores, por ejemplo, al bostezo, que se caracteriza por una apertura amplia de la boca inhalando aire de manera brusca y terminando con la exhalación del aire y el cierre de la boca.

En conclusión, el contagio del bostezo y la risa no es un simple reflejo social, sino una manifestación profunda de cómo funciona nuestro cerebro, lo que facilita la empatía, la sincronización grupal y la resonancia emocional. Entonces la risa y el bostezo favorecen la conexión interpersonal y la coordinación social.



# LECTORES

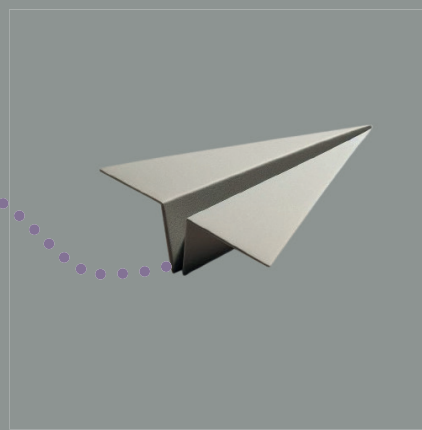
## *a bordo*

Eduardo Pineda Villanueva

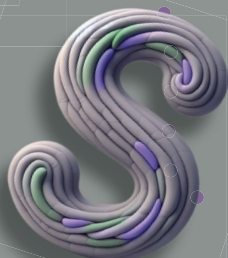
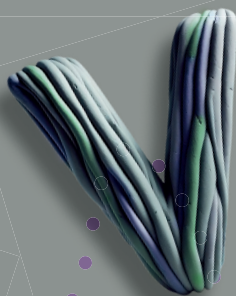
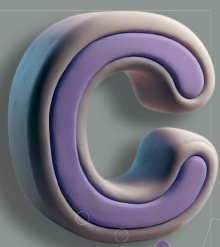


Dirección de divulgación científica  
Vicerrectoría de investigación y estudios de  
posgrado, BUAP.

**R**ecuerdo que hace tiempo escuché decir: “Mi hija no se quería dormir, me traía libros y más libros al tapete de juegos” y yo pensé: es muchísimo más importante para ella leer o que su mamá le lea que irse a la cama a dormir. Si duerme seguramente soñará en un modo inconsciente, tal vez esos sueños se olviden, tal vez sean pesadillas, tal vez. Pero, si lee, soñará despierta, recordará esos sueños, los hará conscientes y vivenciales, volará su imaginación y continuará la historia que el libro no terminó de contar; también va a reflexionar sobre el relato, le impregnará su propio código de ética y moral, lo introspectará y probablemente, en una de esas, lo conversará, se lo dirá a otros, lo va a narrar más que si fuera real, lo va a actuar, a interpretar y reinterpretar cada vez que lo relate y, con el paso del tiempo, su historia será tan distante a la del libro y tendrá tantos nuevos ingredientes que será ya una historia diferente, su historia, su forma de entender una parte del mundo.



Porque leer te hace imaginar e imaginar te hace conversar, por eso leer es quizá la actividad humana más increíblemente maravillosa que exista, la más rebelde, la más contestataria, la menos obediente, la más innovadora, la más creativa, la menos disciplinada, la más hermosa, la menos aburrida.



Por ejemplo, el libro decía: "El comandante de la nave envió el mensaje a su tripulación respecto a qué hacer con aquel prisionero de guerra: 'perdón al prisionero, no matarlo'..." y entonces yo le cambié la coma de lugar y quedó así: "El comandante de la nave envió el mensaje a su tripulación respecto a qué hacer con aquel prisionero de guerra: 'perdón al prisionero no, matarlo'..." Y... ¡Zas! ¡Lo mataron! Yo jugaba a cambiar las historias de mis libros con

Debo confesarte que cuando yo tenía tu edad me chocaba aprender las reglas de ortografía, ya sabes, el uso de la "c" y la "s", de la "v" y la "b", dónde colocar los acentos si las palabras eran agudas o graves y por qué las esdrújulas siempre se acentúan. Me resultaba tedioso memorizar reglas, la terminación de las palabras para determinar qué letra usar y cuál dejar guardada en el grafito de mi lápiz. Sin embargo, poco a poco descubrí que cuando las profesoras calificaban mis tareas y exámenes, mi ortografía era bastante buena. Un día me di cuenta de que al leer, mi cerebro registraba el uso de las letras en determinadas palabras y determinados contextos, también me divertía mucho jugando con los signos de puntuación; mi tía, hermana de mi mamá, decía que la coma, el punto y coma, el punto y seguido, el punto y aparte y el punto final, representaban tiempos, espacios, silencios y respiraciones, después, en las clases que tomé de piano, aprendí que en la música también hay silencios y que éstos se miden en unidades de tiempo. Así que, al leer, jugaba a cambiar esas pausas en los textos, cambiaba las comas de lugar y al releer el mismo párrafo, el sentido de éste era completamente diferente.





solo alterar un poco la posición de los signos de puntuación. Así, leyendo y conversando con mi tía, pero también con mi hermano mayor, mis papás, mi abuela y mis maestros, aprendí no sólo ortografía, aprendí muchas cosas, pero memorizando y repitiendo datos ¡jamás!

Me daba cuenta al conversar que de repente usaba palabras que mis amigos de mi misma edad no usaban o ni siquiera conocían, a veces hasta los adultos se sorprendían y yo mismo me preguntaba por qué. La respuesta llegó en una ocasión que leía a Julio Verne, un escritor francés que narraba historias fantásticas de viajes al centro de la Tierra o a la Luna o al fondo del mar. Pude percatarme que Julio Verne (o tal vez quien traducía sus libros al castellano) usaba palabras que así solitas yo no conocía, pero a leer todo el párrafo o al menos el renglón, podía entender lo que trataba de decirme. Ahora que soy adulto sé que a eso se le llama “entender en el contexto” y que, además, provoca que, aunque desconozcas la definición del diccionario de esa palabra extraña, si la entiendes en el contexto del párrafo se vuelve parte de tu vocabulario y, sin darte cuenta, la usas y todo el mundo se pregunta por qué la conoces. El secreto ya lo sabes: leer y conversar. Para serte honesto, cuando era

adolescente empecé a ir menos y menos a la iglesia, me chocaba que un señor me dijera que si me portaba mal me iba a ir al infierno al morir. Me daba miedo ese lugar de llamas y diablitos picándote las costillas con un tridente. Total que dejé de ir. Sin embargo, yo me seguía considerando un joven con buenos sentimientos y, en la medida de mis posibilidades, trataba de practicar el altruismo, las conductas que no dañaran a los demás y el cuidado y atención de las personas necesitadas, ya fuera de comida, de ropa o de afecto. En una ocasión me pregunté por qué si había dejado la iglesia era una buena persona, una de esas que no se iría al infierno. Años después leí un libro muy bonito de Matthieu Ricard, por coincidencia con Julio Verne también es francés, su libro se titula “En defensa de la felicidad” y en él explica, entre otras muchísimas cosas, que cuando los niños y adolescentes leen, empatizan con los personajes y sus vivencias, logran hacer suyos los sentimientos que los personajes experimentan. ¿Sabes qué es la empatía? Para responder rápido sólo te diré que es “ponerse en los zapatos del otro”, sentir lo que los demás sienten. Matthieu Ricard explicaba entonces que, los niños y jóvenes que leen empatizan con los personajes, al experimentar el hambre, la injusticia, el sufrimiento, etc., que los personajes viven, evitarán provocar esos sentimientos en sus semejantes y, de igual modo, si leen felicidad, armonía, paz, satisfacción, etc., en los actores de las historias de sus libros, procurarán que las personas a su alrededor sean felices y vivan en paz. Gracias a Matthieu Ricard y su libro,



entendí que leer también te vuelve mejor persona, sin ritos y sin infiernos. Y para no hacerte el cuento largo, ya por último

te quiero platicar que al leer también aprendes muchas cosas y generas ideas muy padres que en el futuro pueden aterrizar en la ciencia y la tecnología, como por ejemplo la ciencia ficción. En historias de ciencia ficción se hablaba de video llamadas, de viajes al espacio, de robots y computadoras, hoy, todo eso ya no es ficción, es realidad. Y en las historias que no son ciencia ficción, también se aprende mucho, sobre lugares del mundo, culturas, forma de ser y pensar, religiones, deportes y un muy pero muy largo etcétera. Leer te instruye, te da conocimientos y te lleva a lugares insospechados.

Estoy convencido de que ahora ya sabes por qué pensé que esa mamá debió preferir que su hija llevara libros y más libros al tapete de juegos en lugar de irse a la cama a dormir. Pienso firmemente que en ti ha nacido un nuevo lector

Con esa reflexión te dejo deseando que en tu vida navegues en un barco de espléndidas lecturas.

**Lectores: ¡Todos a bordo!**

y perdón si no pongo eso de “lector y lectora”, “nuevo y nueva”, la Real Academia de la Lengua establece que en nuestro idioma existe algo llamado masculino inclusivo, así, por ejemplo, si yo digo: “Vengan a comer frutas todos los niños” me refiero a los hombres y mujeres que aún no son adultos ni adolescentes, son niños. Imagínate si después yo digo: “Pasen los adolescentes a recoger unos libros que he traído de regalo” ... ni modo que diga: adolescentes y adolescentas, ja ja ja.





# LAS ESTRELLAS NO SON PARA SIEMPRE



Omar López-Cruz  
Investigador, INAOE

**L** El Sol es una estrella, es la más cercana a nosotros; sin embargo, nuestro poderoso Sol junto con las estrellas que se le parecen, es decir aquellas que tienen una masa similar, ya tienen escrito su destino final.

Antes de seguir debo introducir la notación científica, en realidad no es nada científica, es tan solo una manera económica de escribir números muy grandes o muy pequeños. Usaremos la notación exponencial en base 10, así podemos escribir  $10^0 = 1$ ,  $10^1 = 10$ ,  $10^2 = 100$ ,  $10^3 = 1\ 000$ , así que un millón sería  $10^6 = 1\ 000\ 000$ , mientras que  $10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$  es 1 000 millones o un millardo,  $10^{11} = 100\ 000\ 000\ 000$  se dice 100 000 millones o 100 millardos. Por otro lado, para las cosas pequeñas usamos exponentes negativos  $10^{-1} = 1/10 = 0.1$ ,  $10^{-6} = 1/10^6 = .000\ 001$ . Hay nombres para números muy grandes, pero la notación exponencial nos permite olvidarnos de todos esos nombres y en lugar de decir 1 millardo decimos “diez a la nueve”, es decir el exponente nos dice cuántos ceros siguen después de 1. Un billón es un millón de millones, esto es  $10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$ . Hay que notar que la literatura de divulgación científica en inglés, lo que ellos llaman billion es nuestro millardo. Un trillón es un billón de millones es decir  $10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$ . Dos trillones.

Hace mucho tiempo en una galaxia lejana... Perdón, no fue hace mucho tiempo, apenas medio siglo y no tan lejos, aquí en México; durante las vacaciones de verano al terminar el 5to grado de primaria, estaba buscando qué hacer para ocupar esos días libres. Agosto era caluroso, pero eso no impedía que jugáramos fútbol en la calle, así como jugar a las canicas, al trompo o a los encantados. En el fútbol era un desastre, me decían “patas pal monte” porque cuando pateaba la pelota, ésta salía disparada en cualquier dirección, excepto hacia donde quería dirigirla. Lo mío era imaginar e inventar aventuras, no me deba problemas explorar las islas del círculo polar Ártico o los territorios lejanos en otros planetas u otras galaxias. No contaba con muchas fuentes de información, pero me había enterado en el libro de texto Ciencias Naturales que las estrellas morían y que el Sol siendo una estrella tendría su encuentro con la muerte hinchándose hasta comerse a la Tierra. Eso me asombró mucho, repasé varios estados de ánimo y terminé muy angustiado. Me quedé pensado cómo sería la muerte del Sol y qué

pasaría en la Tierra. Mi preocupación me llevó a imaginar lo que haríamos en México y el resto del planeta cuando llegara la agonía del Sol. Hasta inventé un personaje a quien llamé teniente **Cometa Rojo** con la misión de salvar a la humanidad.

Como los futuros cambian, mi futuro de aquel tiempo me resulta primitivo ahora que lo recuerdo. Era muy parecido a los futurísticos Supersónicos, el programa de televisión de Hanna-Barbera. Los Supersónicos eran una familia en el futuro compuesta por Súper Sónico quien era el papá, Ultra Sónico era la mamá, Lucero Sónico era la hija mayor, Cometín Sónico era el más pequeño de la familia, la sirvienta se llamaba Robotina y Astro era la mascota de la familia, un perro que Cometín quería mucho. ¡Oh no!, hasta ahora me doy de que no fui tan original, Cometín Sónico mexicanizado terminó como el teniente Cometa Rojo --para servirles--. El teniente Rojo vestía un sombrero de

detective y gabardina. Pensándolo bien, creo que no llevaba sombrero, pero fumaba mucho, y la gabardina de cuello alto, color amarillo mostaza, como la del Inspector Clouseau de la Pantera Rosa. Entre los rascacielos, los elevadores, los robots y la contaminación que no permitía el contacto con el suelo; el teniente Rojo también se encargaba de mantener el orden, su equipo incluía un desintegrador láser y componentes bioelectrónicas<sup>1</sup> para aumentar la memoria, para comunicación con la computadora cuántica central y para la detección sensorial. No sabía, que el tiempo de vida del Sol es largo, como unos 4 500 millones de años o 4.5 millardos ( $4.5 \times 10^9$ ) de años. Supongo que es tiempo suficiente para explorar un buen número de ideas para salvar a la humanidad. Eso, tomando en cuenta las regresiones de la civilización, también conocidas como edades oscuras, incluyendo líderes desquiciados anhelando control total de la humanidad. Sin olvidar



que la deriva de los continentes habría reconfigurado al mundo, juntando, posiblemente, a los continentes que formarían pangeas en dos ocasiones, durante ese tiempo. Estoy suponiendo que logramos resolver el problema del cambio climático.

Algunas naves ya habían partido hacia Próxima Centauri; pero, no sabía cuántos exoplanetas tenía esa estrella binaria, en 1976 aún no se habían descubierto planetas alrededor de otras estrellas más allá del sistema solar. Pero, la hipótesis de que las estrellas podían tener planetas como el sistema solar no era una locura; aunque, 400 años atrás habían quemado vivo a Giordano Bruno por haber hecho pública esa idea. Había un portal cercano a Plutón, para entonces los viajes a ese planeta enano eran rutinarios, las naves alcanzaban Próxima Centauri desde Plutón en 24 horas. El viaje normalmente llevaría cuatro años viajando a la velocidad de la luz ( $3 \times 10^5$  km/s, o sea 300 000 km/s), pero usando el portal con tecnología de **agujero de gusano** se podía llegar en tan solo un día terrestre. Ahora estoy echando mano de elementos que nadie

había imaginado entonces. Fue el famoso astrofísico **Carl Sagan** quien introdujo la tecnología de los **agujeros de gusano** en su novela Contacto en 1985, les recomiendo ver también la película del mismo nombre, basada en el libro de Sagan. La idea de los agujeros de gusano, se la compartió a Sagan, el gran físico relativista **Kip Thorne**, quien ganó el Premio Nobel de Física en 2017, por la detección de las fluctuaciones del espacio-tiempo conocidas como ondas gravitacionales, pero esa es otra historia, la cual espero contar en otra entrega de Spinor Junior. Si aún siguen por aquí, regresemos al Sol moribundo y el teniente Rojo. No olviden traer las palomitas o los cacahuates, y si se les antoja un poco de agua de tamarindo. *Pergamus*, o sea sigamos.

*<sup>1</sup> Los cerebros positrónicos inventados por Isaac Asimov en el s. XX, eran cosas del pasado.*

Pumba, el cerdo facóquero (conocido también como jabalí verrugoso<sup>2</sup>) amigo de Timón y Simba, el Rey León, dijo lo siguiente: **“Siempre creí que las estrellas son bolas de gas quemándose a millones de kilómetros de aquí”**, descripción extraordinaria para un cerdo que siempre está pensando en gas. El Sol no es la excepción, es una esfera perfecta, que puedes apreciar entre las nubes del atardecer o usando un vidrio de soldador, como un círculo perfecto que puedes tapar con el dedo índice al extender todo el brazo. El Sol mantiene su forma gracias a dos fuerzas que se anteponen en cada momento a cualquier distancia desde el interior. Por un lado, la gravedad trata de aplastar al Sol con una fuerza descomunal, propor-

de grados centígrados. Un cálculo simple muestra que, sin la presión de gravedad, el Sol aumentaría 10 veces su tamaño en alrededor de 10 días; dejándolo pasar más tiempo, el Sol se desintegraría. Para contener un gas hay que meterlo en una botella, la gravedad proporciona una botella invisible que no deja que el gas escape. La gravedad es una fuerza atractiva que no tiene fecha de caducidad mientras haya masa, así que eventualmente la gravedad terminará imponiéndose.

Conocemos el mecanismo es la fusión del Hidrógeno que se conoce *cadena protón-protón*, esto es pegar 4 protones para producir un núcleo de Helio. En la Tierra hemos repetido la reacción creando un

cional a la masa de  $2 \times 10^{30}$  kilogramos (kg) e inversamente proporcional al cuadrado de su radio,  $6.957 \times 10^5$  kilómetros (kg), como dato curioso, menciono que se pueden acomodar 960 000 Tierras dentro del volumen del Sol. Si no hubiese una fuerza contraria, el Sol se colapsaría en menos de 40 minutos. En el centro hay una presión que aplasta a los átomos generando reacciones nucleares, que generan tanta energía que producen una presión tal que contrarrestan a la presión de gravedad del Sol<sup>3</sup>. En el núcleo del Sol se llega a alcanzar una temperatura de 15 millones

de grados centígrados. Un cálculo simple muestra que, sin la presión de gravedad, el Sol aumentaría 10 veces su tamaño en alrededor de 10 días; dejándolo pasar más tiempo, el Sol se desintegraría. Para contener un gas hay que meterlo en una botella, la gravedad proporciona una botella invisible que no deja que el gas escape. La gravedad es una fuerza atractiva que no tiene fecha de caducidad mientras haya masa, así que eventualmente la gravedad terminará imponiéndose.

Conocemos el mecanismo es la fusión del Hidrógeno que se conoce *cadena protón-protón*, esto es pegar 4 protones para producir un núcleo de Helio. En la Tierra hemos repetido la reacción creando un arma tan poderosa capaz de destruir a la Tierra, las llamamos Bombas de Hidrógeno, que son miles de veces más poderosas que las bombas atómicas que se usaron por primera vez en la Segunda Guerra Mundial en 1945. Detengámonos un momento, para examinar cuanta energía produce una reacción protón-protón, los cálculos dicen que son 24.7 MeV, pongámoslo con letra y leamos en voz alta con acento español de España, como el de Javier Santaolalla: “veinticuatro puntos siete mega-eletronvoltios”. Sin entrar en muchos detalles, 24.7 MeV es la energía

suficiente para levantar una mosca domestica por 0.04 micras ( $4 \times 10^{-6}$  cm, una millonésima de centímetro), esto es el tamaño de un virus. Parece poco, pero solo hemos usado cuatro protones, si ahora consideramos los protones un gramo de Hidrógeno, podremos generar suficiente energía para levantar 6400 toneladas de cualquier material (incluyendo moscas) hasta una distancia de 100 km. Para mantener al Sol en equilibrio y emitiendo la energía que detectamos en la Tierra, éste debe “quemar” 600 millones de toneladas de Hidrógeno por segundo en su núcleo, que son transformadas a 596 toneladas de Helio. Durante la reacción se genera energía que equivale 4 millones de toneladas, la equivalencia nos

da la famosa ecuación<sup>4</sup> de Einstein  $E=mc^2$ ,  $c$  es la velocidad de la luz. A ese ritmo en aproximadamente  $4.5 \times 10^9$  años, el Sol agotará el Hidrógeno en las regiones internas y comenzará a fusionar Helio e Hidrógeno en las capas externas. Ese será el principio de un largo proceso que hinchará a las partes externas del Sol, llevándolo a un tamaño tan grande que abarcará más allá de la órbita de Marte. El centro del Sol se reducirá a una enana blanca, una estrella super caliente, con una masa un poco menor que el Sol, pero del tamaño de la Tierra. Ese material es tan pesado que se le llama *materia degenerada*, una taza de dicho material pesaría desde 24 000 toneladas hasta 24 millones de toneladas. Si no movemos a

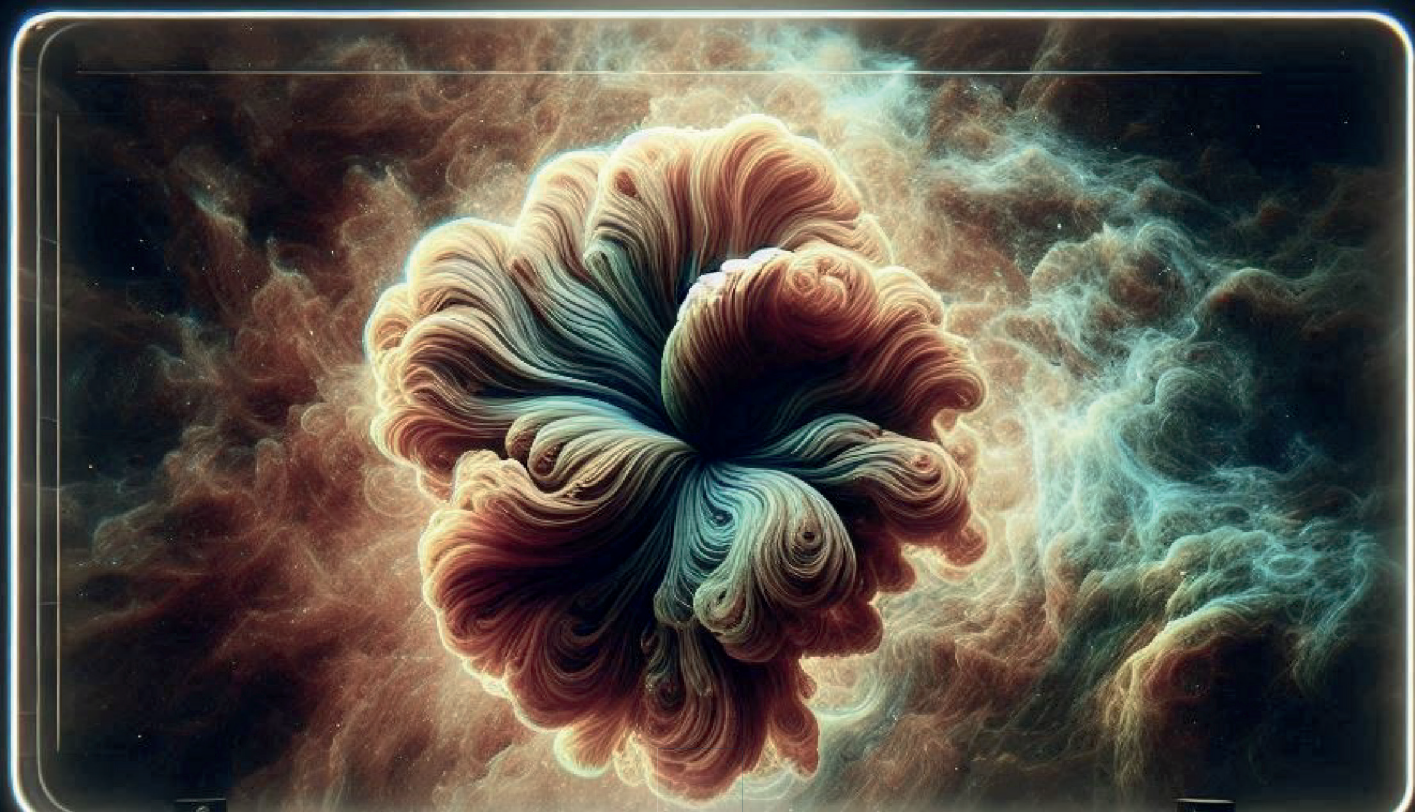
<sup>2</sup>Para que nadie se confunda el cerdo facóquero tiene un nombre universal, es el nombre científico *Phacochoerus africanus*, la primera entrada es el género, mientras el segunda es la especie. Aquí los taxónomos, los especialistas en nombrar animales, jugaron una broma y ese nombre científico tan rebuscado significa jabalí verrugoso africano.

<sup>3</sup>Aunque ahuyente a algunos lectores, no puedo resistir la tentación de incluir una ecuación, es la ecuación de equilibrio hidrostático  $dP=GM(r)/r^2 \cdot dr$ , dice que la variación o cambio de la presión en función del radio  $dP$  es igual a  $M(r)$ , la masa encerrada a una distancia  $r$ , dividida por la distancia al cuadrado  $r \cdot r=r^2$ , multiplicada por la densidad  $\rho$  y la variación de la distancia  $dr$ , mientras que  $G$  es una constante, es la constancia de la gravitación universal introducida por Newton. La presión del gas es estrictamente igual a la parte derecha de esta ecuación, que algunos llaman presión de gravedad. La igualdad de las presiones se cumple en cada parte del interior del Sol y es lo que le da su forma esférica. Resolviendo la ecuación podemos calcular la estructura del Sol.

la Tierra, estaremos embebidos dentro de esa zona externa del Sol moribundo, con una temperatura de más de 3000 grados centígrados. Como ya habíamos dicho la suerte del Sol ya estaba escrita.

500 millones de años antes de la muerte del Sol, se comenzó a planear la misión HALTERO<sup>5</sup>, el proyecto de ingeniería más grande y ambicioso que la humanidad jamás había intentado, dicho proyecto consistía en hacer una mancuerna con la Tierra y la Luna. Para tal fin, se construyó un riel alrededor de la Tierra y se fijó una base en la Luna. El riel cargaba un tren con una base, no fue necesario construir otro riel en la Luna porque gracias al candado gravitacional orbital, la Luna siempre da la misma cara a la Tie-

rra. Desde la base de la Luna y la base sobre el tren terrestre se comenzaron a tender cables de una nueva aleación ultrarresistente a base de níquel minado de los asteroides cercanos y del cinturón de asteroides y carbón recuperado de la atmósfera, también fueron minados los planetas Mercurio y Venus. La idea mover a la Luna de su distancia de 384,000 km y traerla a una distancia de 35,800 km de la Tierra. Era una operación muy arriesgada, por lo que se hacía de manera muy lenta. El riel permitía compensar por el movimiento de la Luna en su órbita, pero al alcanzar la distancia de 35 800 km de la Tierra, la Luna se volvía geoestacionaria y se detenía sobre el un punto fijo en la Tierra. Al hacer variar la distancia entre la Luna y la Tierra se movía el centro de



masa. De esta forma se podía acelerar a la mancuerna Tierra-Luna y comenzar a destrabar a la Tierra, junto con la Luna, de su órbita cambiando a una órbita espiral. Esto es el mismo mecanismo con el que una niña en un columpio se comienza a acelerar cuando la niña dobla y extiende las piernas, quienes sepan este truco no necesitan que los empujen cuando suben a un columpio. El proceso asistido por cohetes de fusión se repitió hasta lograr las condiciones para poder dirigir a la Tierra junto con la Luna hacia el planeta Júpiter. En la Tierra se pudo controlar la temperatura de la atmósfera, ya no se podía confiar en el Sol. HALTERO fue un éxito, antes de alcanzar Júpiter, la Tierra y la Luna se desprendieron, y la humanidad se despidió de su fiel satélite. La misión del teniente Rojo consistió en mantener el orden durante el viaje al portal de Plutón. Al llegar a próxima Centauri sistema de mundial de comunicación transmitió directamente los nervios ópticos de los humanos la primera imagen del Sol moribundo, una nebulosa planetaria se comenzaba a formar.

*<sup>4</sup>Perdón, he vuelto a introducir otra ecuación  $E=mc^2$ ; pero, ésta es muy especial porque nos indica la equivalencia entre materia y energía. Hay belleza en la simplicidad y significado de esta famosa ecuación que Albert Einstein publicó en 1905.*

*<sup>5</sup>La misión HALTERO está inspirada en el cuento "Solución de estudio" encontrado en el libro Nueva astronomía recreativa, escrito por V. Komarov publicado en 1983 por la editorial MIR Moscú.*





# Cuando los números delatan mentiras: La Ley de Benford y la detección de fraudes

Betsy Christian Cuevas Martínez  
Maestría en enseñanza de ciencias exactas  
INAOE

Una de las características más fascinantes del ser humano es la curiosidad, ese deseo inagotable de comprender el mundo, de cuestionar lo que ocurre a su alrededor y de buscar respuestas, eso sí, cada persona elige la manera en que quiere enterarse de las cosas ya sea investigando, creyendo en alguna divinidad o incluso confiando en la suerte. Para mí una de las más apasionantes áreas de estudio para satisfacer la curiosidad son las matemáticas, y, dentro de éstas hay un área llamada probabilidad que seguramente recordarán porque es un término usado en el colegio y en la vida cotidiana. Siempre me ha parecido un territorio especialmente intrigante, pues combina la lógica con el azar y nos ayuda a “adivinar” pero, de maneja justificada, algunos sucesos.

Recientemente, mientras cursaba un MOOC (Massive Online Open Course) de la Universidad de Zúrich impartido por el profesor Karl Schmedders, titulado An Intuitive Introduction to Probability, descubrí una función de probabilidad tan hermosa como inesperada: la Ley de Benford. Su elegancia y sus implicaciones prácticas me resultaron tan sorprendentes que no puedo resistirme a compartirlas con ustedes.

Todos tenemos nociones intuitivas de probabilidad, sabemos que si lanzamos una moneda obtenemos cara o cruz y que cada uno de estos resultados es igualmente posible, incluso afirmamos que, por ejemplo, la probabilidad de que caiga cara es del 50% y de que caiga cruz de 50%. Si en una urna hay 10 bolas —6 rojas y 4 azules—, la probabilidad de sacar una azul será de 4 entre 10, es decir, 0.4 o 40%.

Hasta aquí, todo parece sencillo, pero, pensemos ahora en los dígitos que ocupamos para escribir los números 1,2,3,4,5,6,7,8,9.

¿Cuál es la probabilidad de que un número tomado al azar de un conjunto grande de distintos números empiece por el dígito 1?

Siguiendo nuestra intuición, nuestra primera respuesta sería uno de nueve, es decir;  $1/9 =$  aproximadamente 11.11%. Pues resulta que no es así. Si tenemos un conjunto bastante grande de números como: los precios de todos los productos

de una tienda, la población de cada municipio de México, el número de veces que se ha reproducido cada video de YouTube, la longitud de cada río del mundo, etcétera, la probabilidad de que un número de estos conjuntos empiece por el número 1 es alrededor del 30.13%. Este resultado es establecido por la Ley de Benford o también llamada ley de los números anómalos, la cual nos sirve para calcular la probabilidad de que la primera cifra de un conjunto grande de números asociado a un mismo fenómeno empiece por un dígito n específico distinto de cero. Esta probabilidad se calcula por:

$$P(n) = \log_{10} (1 + 1/n)$$

Si tomas la calculadora o la app del celular, que en estos tiempos seguramente es así, puedes calcular por ejemplo que si tenemos los precios de todos los productos de una tienda de conveniencia la probabilidad de que el precio empiece por 1 es:

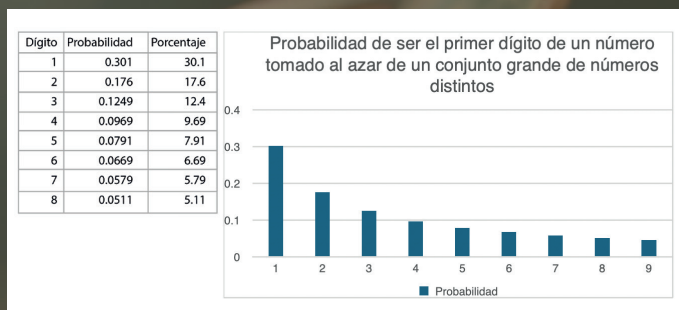
$$P(1) = \log_{10} (1 + 1/1) = 0.30102999$$

Que en porcentaje es aproximadamente 30.103%. Así la probabilidad de que el precio de un producto empiece digamos por 5 es:

$$P(5) = \log_{10} (1 + 1/5) = 0.0791812$$

Que en porcentaje es 7.92%.

Al graficar los resultados que se obtienen al calcular la probabilidad de que el primer número sea algún dígito del 1 al 9, obtenemos una curva decreciente: el 1 es el más frecuente, y el 9, el menos común.





## ¿Cuándo se cumple esta ley?

No todo conjunto de números sigue la Ley de Benford. Para que estas probabilidades se cumplan, los conjuntos numéricos deben tener las siguientes propiedades:

- Los números deben surgir de fenómenos naturales o sociales reales,

no ser inventados o generados artificialmente.

- El conjunto debe contener al menos 10 000 datos.
- No deben ser números acotados en un rango muy pequeño ni completamente aleatorios.



Así que, si tomamos el conjunto de los números correspondientes a la temperatura del cuerpo humano, inferimos que los números oscilarán entre 35 y 41 grados Celsius, y es claro que en este conjunto no se cumple la Ley de Benford. Sin embargo, si registrásemos los números correspondientes a los domicilios del continente americano desde Alaska hasta la Patagonia les garantizo queridos lectores que el número 1 aparecerá con una frecuencia del 30.103%.

## Un descubrimiento nacido de la curiosidad

Frank Albert Benford (1883–1948), físico estadounidense, notó un día que en la biblioteca las páginas de las tablas de logaritmos correspondientes al número 1 estaban mucho más desgastadas que las del 9. . Tomemos en cuenta que en ese entonces no había computadoras, software, apps o calculadoras científicas, así que los matemáticos físicos e ingenieros utilizaban las tablas matemáticas para sus cálculos. Aquella simple observación despertó su curiosidad y lo llevó a formular la ley que hoy lleva su nombre.

Confieso que, al conocer esta distribución, no pude evitar revisar mi vieja calculadora científica — una compañera de más de veinte años—, y descubrí que la tecla del número 1 está completamente desgastada, la del 2 algo menos, y la del 9 prácticamente intacta. ¡Mi calculadora era testigo de la



Ley de Benford!

## De los números a los fraudes

Más allá de la anécdota, la Ley de Benford tiene aplicaciones poderosas. Una de las más fascinantes es su uso para detectar fraudes contables o electorales.

Cuando alguien altera datos financieros o fiscales, suele introducir números inventados o ajustados para cuadrar balances. Estas manipulaciones rompen la distribución natural que predice la Ley de Benford, lo que permite a los analistas identificar irregularidades.

Actualmente este tipo de discrepancias numéricas son suficientes para sospechar de fraudes de los contribuyentes, detectar sobornos sobre las concesiones en la contabilidad de los gobiernos, incluso en países como Estados Unidos, México y el Salvador se han utilizado programas basados en la Ley de Benford para detectar alteraciones en el conteo de votos.

Otro ejemplo se dio en la crisis económi-

ca que Grecia sufrió en el 2009, se intentó falsear cifras macroeconómicas, sin embargo, un grupo de académicos alemanes dieron cuenta de ello utilizando ¿Qué creen? Claro, la Ley de Benford.

La Ley de Benford nos muestra que los números no son tan inocentes como parecen: siguen patrones ocultos que revelan la verdad detrás de los datos. Los matemáticos sabemos describir este comportamiento, pero aún no comprendemos del todo por qué ocurre.

Es como preguntar por qué cada río tiene la longitud que tiene o por qué una ciudad tiene exactamente cierta población en un momento dado. La naturaleza parece tener su propio orden secreto, y los números son su lenguaje silencioso.

Quizá la curiosidad que impulsó a Benford —y la que nos impulsa a todos los que amamos las matemáticas— sea justamente la mejor respuesta: porque el asombro también es parte del método científico.



# ¿QUÉ TIENES EN MENTE?

Textos breves de  
PEQUEÑOS GRANDES  
científicos

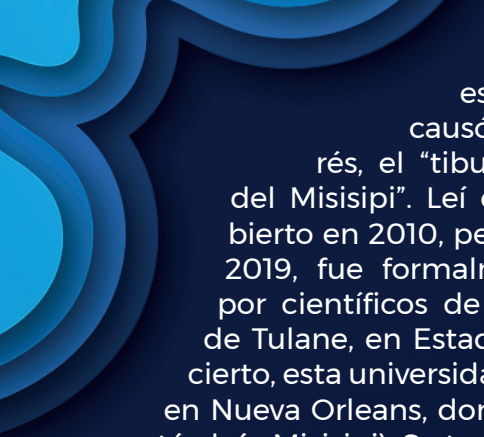
# TIBURÓN DE BOLSILLO DEL MISISIPI: EL DIMINUTO DEPREDADOR ELÉCTRICO

Massimo Minutti

Estudiante de 2° de secundaria

Colegio Salesiano Unión





Voy a platicarles de una especie que me causó mucho interés, el “tiburón de bolsillo del Misisipi”. Leí que fue descubierto en 2010, pero que hasta el 2019, fue formalmente descrito por científicos de la Universidad de Tulane, en Estados Unidos (por cierto, esta universidad se encuentra en Nueva Orleans, donde justamente está el río Misisipi). Se trata de una especie que mide apenas trece centímetros de largo, es decir, comparada con otros tiburones, es muy, muy pequeña. La consideran “extremadamente rara”, ya que solo se han encontrado dos variaciones en todo el mundo, una en Chile (*Mollisquama parini*) y otra en el Golfo de México (*Mollisquama mississippiensis*). Aunque su apariencia es inusual, comparte con otros tiburones una habilidad sorprendente: percibir la electricidad en su entorno marino.

### **Pero, ¿cómo lo hacen?**

Considero esencial aclarar que este tiburón no produce electricidad como una anguila, sino que la detecta, gracias a unos órganos llamados “ampollas de Lorenzini”, que son poros diminutos en la piel, y llevan la señal de electricidad a las células sensoriales de su sistema nervioso a través de unos canales especiales. Espero te sorprendas tanto como yo al saber que estas estructuras son capaces de captar campos eléctricos tan débiles, ¡como los generados por el latido del corazón o los movimientos musculares de una presa enterrada en la arena!

Con esto, nuestro tiburón puede cazar en aguas profundas, aunque casi no haya luz; puede orientarse y detectar presas ocultas en el fondo marino. Imagina que es como un “sexto sentido” que le “ayuda a ver”, pero no con sus ojos.

¿Y por qué es crucial conocer especies tan pequeñas? El hallazgo del “tiburón de bolsillo del Misisipi” ayudó a que los científicos aprendieran más sobre la biodiversidad de los océanos, aunque podemos decir que todavía es, en su mayoría, desconocida. También, confirmó que incluso especies diminutas han desarrollado sistemas eléctricos de percepción muy sofisticados. Por último, aportó información para la conservación, ya que, al ser tan raros y poco estudiados, son vulnerables a cambios ambientales y a la pesca incidental. ¡Wow, todavía hay tanto por aprender!

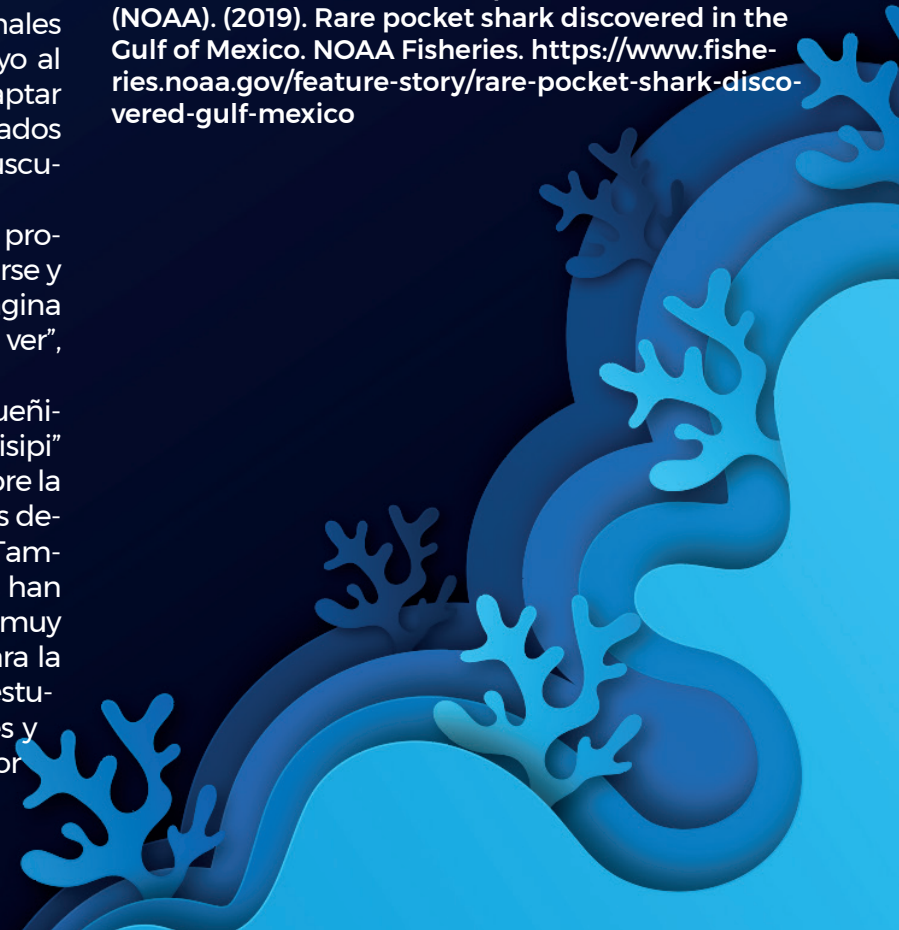
En conclusión, puedo decirte que el “tiburón de bolsillo del Misisipi” es un recordatorio de que el océano aún guarda secretos sorprendentes. Sus órganos eléctricos muestran cómo la evolución adapta incluso a los depredadores más diminutos para sobrevivir en ambientes extremos. Este hallazgo no solo amplía el conocimiento científico, sino que también subraya la importancia de proteger la biodiversidad marina. Ahora, he de comentarte que la IA está sacando imágenes de este tiburón como si fueran “lindos”, con “ojos tiernos”, pero debemos tener cuidado con esto porque no nos permite apreciar lo bonito de un animal, aunque no tenga los rasgos como de “caricatura”. Esto es incorrecto porque desinforman y afectan la forma en que percibimos a la naturaleza, por eso, siempre busca fuentes confiables.

### **¿Quieres saber más?**

Grace, M. A., Dosey, M. H., Denton, J. S., Naylor, G. J. P., Bart, H. L., & Maisey, J. G. (2019). A new Western North Atlantic Ocean pocket shark (*Squaliformes*, *Dalatiidae*, *Mollisquama*). *Zootaxa*, 4619(1), 109–120. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4619.1.6>

Tulane University. (2019, julio 21). Scientists identify new pocket shark species from Gulf of Mexico. Tulane News. <https://news.tulane.edu/pr/scientists-identify-new-pocket-shark-species-gulf-mexico>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2019). Rare pocket shark discovered in the Gulf of Mexico. NOAA Fisheries. <https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/rare-pocket-shark-discovered-gulf-mexico>





# Como **ESTRELLAS** tintineantes en el campo

Lucianna Berra Dossetti  
Estudiante de 2° de secundaria  
Colegio Salesiano Unión de Chipilo, Puebla.



La miss Aurora nos ha dejado hacer una investigación para la clase de ciencias. Yo he pensado mucho sobre de qué quiero hablarles hoy y decidí hacerlo sobre unos insectos famosos por su capacidad de producir su propia luz. Parece metafórico, pero es pura bioquímica. Lo hacen a través de una serie de reacciones y la luz que producen se le conoce como bioluminiscencia. No muy lejos de donde yo vivo, se encuentra Tlaxcala, México, de donde es originaria una de las especies más emblemáticas. Su nombre científico es *Photinus palaciosi*, y cada verano da un espectáculo único de destellos en los bosques. Más allá de lo visual, su luz es producto de un fenómeno químico que involucra reacciones eléctricas y moleculares.

Todo empezó cuando me pregunté: ¿Cómo generan electricidad y luz? Y aprendí que en ellas se llevan a cabo muchas reacciones químicas que producen energía luminosa. Todo se lleva a cabo en órganos especializados que tienen en el abdomen, donde reaccionan varias moléculas: la enzima llamada luciferasa actúa sobre la luciferina. Cuando reaccionan entre sí y hay además oxígeno y ATP, se produce la oxiluciferina, que emite luz. También se produce electricidad. Aunque esta no es suficiente para dar una descarga como la de una anguila, sí regula el “interruptor” que enciende y apaga la luz de las luciérnagas. Y, ¿para qué lo hacen? ¡Para encontrar pareja!

Otra característica de las luciérnagas es que ayudan a conocer qué tan sano está el medioambiente, pues requieren bosques húmedos y limpios para sobrevivir, por lo que, si en un lugar hay luciérnagas, podemos deducir que hay agua pura y excelente calidad del aire.

En conclusión, con las luciérnagas aprendí cómo la naturaleza produce luz y electricidad de formas sorprendentes. Comprender este fenómeno no solo enriquece el conocimiento científico, sino que también fomenta nuestra capacidad de asombro.

Para mí, las luciérnagas son muy bonitas porque ofrecen un gran “espectáculo de luz”. Me considero afortunada porque, aunque están en peligro de extinción, he logrado verlas varias veces. Quisiera que se pudieran cuidar más para que vuelvan a iluminar las noches.

¿Te animas a conocerlas más?

Te recomiendo que leas:

BIOenciclopedia. (2023, diciembre 22). ¿Cómo producen luz las luciérnagas? [Video]. YouTube. <https://youtu.be/bXdMZAPX-UA>

Olguín, L. M. (2021, julio 18). Luciérnagas de Tlaxcala en peligro por ecoturismo y actividad humana. UNAM. <https://unamsa.edu.mx/2021/07/18/luciernagas-de-tlaxcala-en-peligro-por-ecoturismo-y-actividad-humana/>

Universidad Nacional Autónoma de México. (2017). Bioluminiscencia: cómo producen luz las luciérnagas. DGDC-UNAM. [https://www.dgdc.unam.mx/divulgacion/bio\\_luciernagas](https://www.dgdc.unam.mx/divulgacion/bio_luciernagas)



