



JARDÍN

▲ *de* ■ *la* ◆

CIENCIA



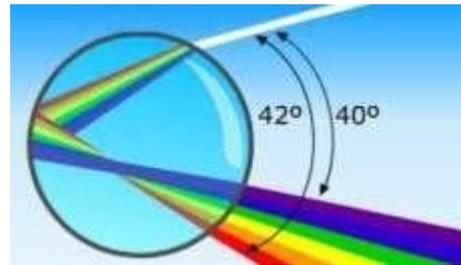


1. ARCOIRIS CIRCULAR ¹

El arcoíris es un **fenómeno meteorológico** que se presenta en forma de *arco de luz multicolor*, por la **refracción** de la luz solar (luz blanca) al pasar por una cortina de gotas de agua que están suspendidas en la atmósfera. En su manifestación más intensa, se pueden apreciar los siete colores: el rojo en la parte superior o exterior y sucesivamente, el naranja, el amarillo, el verde, el cian (o turquesa), el azul y el violeta en la parte inferior o interior.

Cuando un rayo de luz atraviesa una superficie que divide dos espacios de diferentes densidades (en este caso, el aire de la atmósfera y la gota de agua), el rayo refracta su recorrido, es decir, se dobla o cambia ligeramente el ángulo de trayectoria. Luego se refleja (rebota) en una de las caras en el interior de la gota y, al salir, el rayo de luz se refracta de nuevo. Cuando la refracción se produce en millones de gotas suspendidas juntas en el aire se forma un arco de colores en el cielo.

El rayo de luz que atraviesa la gota de agua genera una descomposición de la luz blanca en distintas longitudes de onda. Esas longitudes son diferentes entre sí y dan origen a los distintos colores del arcoíris. Este concepto de la “*descomposición de la luz*” fue demostrado por Isaac Newton en el siglo XVII, a través de un experimento con un prisma de vidrio que fue atravesado por un rayo de luz solar. Comprobó que la luz blanca estaba formada por bandas de colores que podían separarse y visualizarse de manera individual (al igual que ocurre con el arcoíris). Así, como la luz blanca que llega del Sol “contiene” todos los colores del espectro visible al ojo humano, al refractarse esos colores se dispersan y es por eso que los vemos.



¹ Mucha gente escribe “arco iris” y esta es una forma todavía socialmente aceptada. Pero en realidad, la forma correcta es “**arcoíris**”. La Real Academia Española ha destacado que el primer elemento de este término compuesto es átono, de modo que ambos términos se pronuncian como una sola palabra, por lo cual así debe escribirse, con acento (tilde) en la primera “i”.





Lo que ocurre es un fenómeno óptico llamado **refracción**, es decir que, al entrar el haz de luz en un medio distinto, cambia de velocidad y según sus energías, modifica ligeramente su ángulo. Esto hace que cada color se desvíe de manera distinta, separándose de los demás.

El arcoíris *puede aparecer en cualquier lugar donde haya humedad en el aire*, por ejemplo, cerca de las salpicaduras de un río o por el rocío del mar, y con el Sol ubicado en una posición concreta: a menos de 42° por encima del horizonte. El observador debe estar situado mirando hacia las gotas de agua y con el Sol detrás de él.

Hay 12 tipos diferentes de arcoíris, pero el más común es el *arcoíris primario*, que suele aparecer después de una tormenta o en zonas de pendiente de agua que salpican, como, por ejemplo, en una catarata. Más raro es otro tipo, el *arcoíris secundario*, o arcoíris doble, que se forma por encima del arcoíris primario, pero con los colores en orden invertido. Esto sucede porque el rayo logra dos o más reflexiones o rebotes dentro de la gota de agua.



15

Muchas de las características del arcoíris fueron explicadas por Aristóteles, Descartes, Newton y Young. Newton en su libro *Óptica* (del año 1704) explicó los arcoíris primario y secundario.





La ciencia nos ha dado la información suficiente para comprender lo que es y cómo se forman los arcoíris. Pero estos tuvieron significados diversos en diferentes culturas:

Mayas: Para los astrónomos mayas, la aparición del arcoíris era de gran significado, pues según su posición, la hora y la coloración, se entendían como el cumplimiento de profecías, mensajes de los dioses a la humanidad, o el vaticinio de algún evento importante.

Náhuas: El arcoíris era la serpiente de luz y fuego que combatía la estación lluviosa y traía la seca. Esta tarea requería una criatura aguerrida y ardiente. Su papel era crucial para el ciclo hidrológico y, por tanto, para el conjunto de la maquinaria del cosmos, e íntimamente relacionado con el ciclo agrícola.

Hebreos: En el Génesis refiere con claridad el arco que se tiende como puente y como rúbrica del pacto hecho entre Dios y los hombres: “Esta es la señal de la alianza que establezco por generaciones entre vosotros y Yo”.

Hopis: Para ellos el arcoíris era un espíritu benefactor. Su presencia, para las distintas culturas indígenas de Norteamérica, era símbolo de cambio, de inicio de una nueva etapa favorable: su aparición se interpretaba como una señal positiva, un buen augurio, portador de felicidad y vida.

Tibet: En el Tíbet se considera el arcoíris como un augurio auspiciador de buena suerte y aparece siempre en torno a hechos trascendentes.

Pueblos nórdicos de Europa: Para ellos, el arcoíris (*bifrost*), representaba el enlace entre el inframundo (*Midgard*), el mundo inferior u oscuro habitado por enanos, gigantes y otros seres; y la morada de los seres superiores (*Asgard*): elfos, héroes y dioses.

Celtas: El arcoíris era un símbolo mágico dispensador de tesoros y riquezas. Los *leprechauns* eran duendes los celosos encargados de esconder bajo uno de sus extremos sus calderos de oro y monedas, y sólo el hombre valeroso que superaba todas las pruebas que los duendes le ponían, podía llegar hasta el extremo del arcoíris y obtener sus riquezas.





Grecia antigua: El arcoíris es representado por la diosa Iris, hija de Taumas y de la ninfa Electra, quien era la encargada de hacer llegar a la Tierra los mensajes de los dioses que habitaban el Olimpo (fundamentalmente de la Diosa Hera). Considerada como la Diosa del Aire, Iris abría las nubes y las iluminaba formando el arco que lleva su nombre.

China antigua: El arcoíris se veía como una abertura en el cielo por la diosa Nüwa, que era generalmente anunciador de felices acontecimientos ligados a la renovación cíclica, pero que también puede preludiar desórdenes en la armonía del universo.

4. COLUMPIOS ACOPLADOS

Un columpio común es un tipo de péndulo simple parecido a los que marcan la hora en los relojes antiguos. El movimiento de un péndulo simple está descrito con ecuaciones sencillas. En un columpio común, cada uno de los asientos es independiente de los demás; por lo que cada persona puede mecerse según su preferencia, sin alterar el movimiento de sus vecinos. Sin embargo, en el **columpio acoplado** los dos asientos están conectados, los péndulos están vinculados por un cable que hace que **el movimiento de uno influya en el movimiento del otro**. Este fenómeno no puede ser descrito por las ecuaciones de péndulo simple, ya que integra el efecto que un péndulo tiene en el otro. Este concepto, en física, se conoce como **resonancia**.

Es importante que los visitantes que interactúen con este columpio obedezcan las instrucciones de uso para que el efecto del acoplamiento sea claro. En las instrucciones se recomienda que uno de los dos jugadores comience estático, sin colocar los pies en el piso, mientras que el otro jugador comienza a mecerse como si fuera un columpio común. Al cabo de varias mecidas, y a través del cable que conecta ambos asientos, el asiento en movimiento irá jalando el estático logrando que el que inició parado comience a mecerse y frene al que inició en movimiento. Así se va transfiriendo la energía de uno a otro. Esto continúa hasta que la fricción y resistencia del aire detiene ambos péndulos.





En el caso de este columpio acoplado, el asiento que inicia meciéndose se va frenando con cada balanceada, mientras que el asiento que estaba estático comienza lentamente a acelerar su movimiento.

Los péndulos van **transfiriendo el movimiento de uno a otro** continuamente.

Cada péndulo tiene una frecuencia natural o resonante; que es el número de veces que se balancea hacia adelante y hacia atrás por segundo. La frecuencia depende de la longitud del péndulo. Entre más largo, su frecuencia es menor. En el **columpio acoplado**, cada vez que uno de los columpios se balancea, jala ligeramente al segundo péndulo. Como en este caso los dos péndulos tienen la misma longitud, el empujón que recibe el segundo columpio es a la misma frecuencia natural; haciendo que el segundo comience a mecerse y jale a su vez al primer columpio hasta frenarlo.

Eventualmente, el primer columpio se detiene completamente porque ha transferido toda su energía al segundo asiento. En este momento la situación se invierte y ahora es el primer columpio quien comienza a quitar la energía al segundo asiento. Los físicos le llaman a esto **modos normales** de oscilación.

18

Es posible predecir cada cuánto tiempo los columpios intercambian energía:

- 1) Cuenta el número de balanceos por minuto de cada uno de los asientos, si ambos empiezan a balancearse en la **misma dirección** al mismo tiempo (uno junto al otro).
- 2) Cuenta el número de balanceos por minuto de cada uno de los asientos, si ambos empiezan a balancearse en **distintas direcciones** al mismo tiempo (uno hacia delante y el otro hacia atrás).

La diferencia entre los dos números que se obtienen equivale al número de veces por minuto que los péndulos transfieren la energía de uno a otro.

13. BANCA XILÓFONO

El sonido es un fenómeno que ocurre cuando existe una **vibración** que puede originarse en tus cuerdas vocales, en la membrana de un tambor, en la cuerda de una guitarra, en el golpeteo de los tubos de este xilófono; y que viaja a través





de las moléculas de un medio -en este caso del aire, que es un gas-, hasta llegar a nuestro oído. Nuestro cerebro interpreta la presión que las ondas ejercen sobre el oído.

Las ondas en que se propaga el sonido son **ondas acústicas longitudinales** cuya velocidad depende de las condiciones del medio en que se propagan. Estas ondas pueden viajar en un medio sólido (como cuando golpeas una puerta de madera), líquido (como el sonar de los submarinos bajo el agua) o gaseoso (como cuando hablamos y el sonido viaja en el aire). Entre más denso es el medio, hay más moléculas en él, y más rápido viaja el sonido. Por lo contrario, en el espacio exterior a la Tierra, donde no hay materia (es el vacío), no se escucha nada: el sonido no tiene medio en el cual propagarse.

La **velocidad del sonido** depende de la temperatura: en el aire (gas) a 0°C, el sonido viaja a 331 metros por segundo, mientras que si aumenta la temperatura a 20°C (la energía entre las moléculas del aire es mayor) la velocidad aumenta a 343 metros por segundo. Por su parte, como ya fue mencionado, la velocidad aumenta según la densidad del medio: en un medio acuoso la velocidad es de 1,481 metros por segundo (poco más de 4 veces que en el aire), mientras que en una placa de hierro aumenta a 5,120 metros por segundo (15 veces más rápido que en el aire).

19

Por su parte, la velocidad del sonido, que se puede resumir como la velocidad a la cual viaja una vibración, es mucho menor que la velocidad de la luz (cuya constante c es casi 300,000,000 metros por segundo); razón por la cual en una tormenta eléctrica vemos primero el rayo y luego escuchamos el trueno (su sonido).

Antiguas civilizaciones como los chinos, los egipcios y los mesopotámicos estudiaron los principios matemáticos del sonido. En Grecia, los pitagóricos fueron los primeros que investigaron las escalas musicales en términos de proporcionalidad numérica. Los pitagóricos dividieron la ciencia Matemática en cuatro secciones: aritmética, geometría, astronomía y música, que constituían la esencia del conocimiento. Su doctrina principal era: “Toda naturaleza consiste en armonía que brota de los números”.





Pitágoras (580-520 aEC)² describió la relación que existe entre las matemáticas y la música. Encontró que el tono de las notas emitidas por un instrumento depende de la longitud del tubo o cuerda que está vibrando (su tensión y grosor) y que hay una relación entre los números enteros y los sonidos armónicos, con lo cual estableció la primera escala musical. De hecho, la palabra Música viene de la palabra griega *musiké* (de las musas), y de *máthema* (aquello que se aprende). Entre más largo el tubo más lento vibra y por ende sus notas son más graves. Y a la inversa también; una cuerda o tubo pequeño vibra con mayor rapidez haciendo que la nota emitida sea más aguda. Pero, además, se le atribuye a los pitagóricos el descubrimiento de una de las propiedades de la música: que para ir de una nota (L) a la siguiente misma nota pero de una octava arriba (doble su frecuencia pero tono más grave), hay que duplicar la distancia de la cuerda (2L). Pitágoras usó el instrumento musical monocordio (lira de una sola cuerda) para descubrir que los intervalos musicales de 12 producían armonía en las notas. De hecho, las notas musicales podrían expresarse en fracciones.

La ecuación que define una nota musical (donde f = frecuencia de vibración de onda sonora en hertzios, v = velocidad del sonido en metros por segundo, l =longitud de la onda en metros) es:

$$f = v/l$$

Existen tres propiedades del sonido. El tono, el timbre y la frecuencia. El oído humano solo puede escuchar las frecuencias entre los 20 Hz (hertz) y 20 kHz. Las ondas mayores a 20 kHz corresponden a ultrasonidos que no son audibles para el humano. Aquellas menores a 20 Hz son el infrasonido. Los animales logran tener mayor alcance en su percepción del sonido.

La **acústica** es la parte de la física que estudia las ondas mecánicas en sólidos, líquidos y gases, así como las vibraciones ultrasónicas e infrasónicas. Y es tan estrecha la relación entre la música y las matemáticas que varios grandes científicos también tocaban un buen instrumento, entre otros: Albert Einstein (físico, Premio Nobel 1921), violinista y acompañante al piano; Art Garfunkel (cantante, músico y actor), con maestría en educación matemática; Brian May

² aEC: Antes de la Era Común.



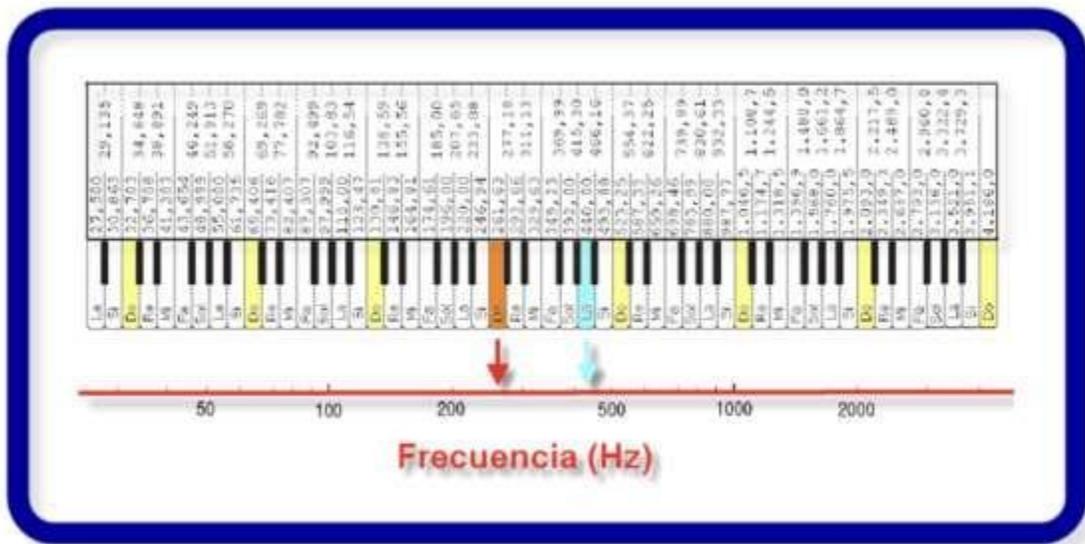


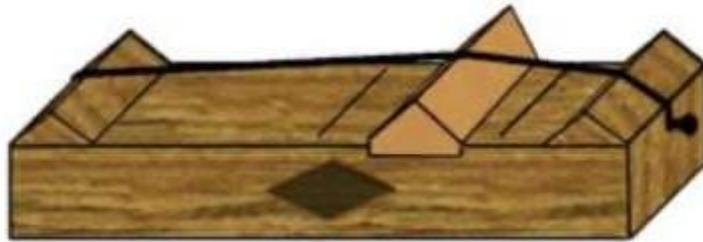
(músico, compositor y cantante de Queen) es astrofísico; Phillip Glass (compositor), estudió filosofía y matemáticas; y Richard Feynman (físico teórico, Premio Nobel 1965), quien desarrolló una destacada habilidad para tocar los bongós.

La **intensidad** de un sonido que percibimos y que nos permite interpretarlo como fuerte o débil, está relacionada con la amplitud de la onda sonora correspondiente. Mientras que el **tono** de un sonido depende directamente de la frecuencia, permite clasificar los sonidos en agudos o altos, los de frecuencia alta y en graves o bajos los de baja frecuencia. Y el **timbre** nos permite distinguir sonidos producidos por diferentes instrumentos, aunque estén a mismo tono e intensidad. Cada instrumento tiene su propio timbre, incluso la voz de cada individuo, lo cual nos permite distinguir a las personas cuando hablan.

Intervalo	Longitud	Intervalo	Razón con la nota anterior	Escala Natural		Escala Temperada	
				Nota	f (Hz)	Nota	f (Hz)
Tónica	L	1 f		Do ₄	260,74	C	261,63
Segunda	$8/9 = 0,889$	$(3/2)(3/2)f/2 = 9/8 f$	$9/8 = 1,125$	Re ₄	293,33	D	293,66
Tercera	$64/81 = 0,790$	$(9/4)(9/8)f/2 = 81/64 f$	$9/8 = 1,125$	Mi ₄	330,00	E	329,63
Cuarta	$1/2 = 0,5$	4/3 f	$256/243 = 1,053$	Fa ₄	347,65	F	349,23
Quinta	$2/3 = 0,667$	3/2 f	$9/8 = 1,125$	Sol ₄	391,11	G	392
Sexta	$16/27 = 0,593$	$(3/2)(9/8)f = 27/16 f$	$9/8 = 1,125$	La ₄	440	A	440
Séptima	$128/243 = 0,527$	$(3/2)(81/64)f = 243/128 f$	$9/8 = 1,125$	Si ₄	495	B	493,88
Octava	$1/2 = 0,500$	2 f	$256/243 = 1,053$	Do ₅	521,48	C	523,25

21





14. SÓLIDOS PLATÓNICOS

Los **sólidos platónicos** o **regulares** son una fascinante categoría de poliedros³: son poliedros convexos tales que todas sus caras son polígonos⁴ regulares iguales entre sí, y en que todos los ángulos sólidos son iguales. Reciben este nombre en honor al filósofo griego Platón (ca. 427-347 a.C.), a quien se atribuye haberlos estudiado en primera instancia. A los sólidos platónicos también se les conoce como “cuerpos cósmicos”, “sólidos pitagóricos”, “poliedros platónicos” o, sobre la base de sus propiedades geométricas, poliedros regulares convexos.

22

Se atribuye la formulación de la teoría general de los poliedros regulares a Teeteto, matemático ateniense contemporáneo de Platón.

Están gobernados por la fórmula:

$$V+C = A+2$$

donde V es el número de vértices; C , número de caras; y A , número de aristas, que fue descubierta por el matemático suizo Leonhard Euler.

Cada uno de los cinco sólidos platónicos tiene características únicas y propiedades matemáticas intrigantes, que han cautivado a matemáticos, científicos y artistas a lo largo de los siglos.

³ Los **poliedros** son cuerpos geométricos tridimensionales, de caras planas y que encierran un volumen finito.

⁴ Un **polígono** es una figura geométrica cerrada y plana que está formada por varios segmentos rectos unidos, también denominados lados.





- El primero de los sólidos platónicos es el **tetraedro** o pirámide triangular. Consiste en cuatro caras triangulares equiláteras. Cada uno de los cuatro vértices está conectado con otros tres vértices, y todas las seis aristas tienen la misma longitud. En la filosofía de Platón, el tetraedro simboliza el elemento fuego y representa la transformación y la energía.
- El segundo sólido platónico es el **cubo** o hexaedro regular, que tiene seis caras idénticas, con ángulos rectos (90°) en cada vértice. En el pensamiento platónico, representa el elemento tierra y simboliza la estabilidad y la materialidad.
- El tercer sólido platónico es el **octaedro** o bipyramide cuadrada consta de ocho caras triangulares equiláteras. Cada vértice está conectado con otros cuatro vértices y todas las aristas tienen la misma longitud. El octaedro representa el elemento aire y evoca la armonía y la ligereza en la filosofía de Platón.
- El **dodecaedro** es el cuarto sólido platónico. Tiene 12 caras pentagonales (esto es, de cinco lados) regulares idénticas. Cada vértice está conectado con otros tres vértices y todas las aristas tienen la misma longitud. En cada vértice hay tres caras pentagonales. El dodecaedro simboliza el elemento éter o universo y representa la totalidad y la perfección en el pensamiento de Platón.
- Por último, el quinto sólido platónico es el **icosaedro** (o bipyramide pentagonal giroelongada), que consta de 20 caras triangulares equiláteras. Cada vértice está conectado con otros cinco vértices y todas las aristas tienen la misma longitud. El icosaedro representa el elemento agua y evoca la fluidez y la creatividad en la filosofía platónica.

23

Esta lista es exhaustiva, ya que es imposible construir otro sólido diferente de los cinco anteriores, que cumpla todas las propiedades exigidas, es decir, convexidad y regularidad.

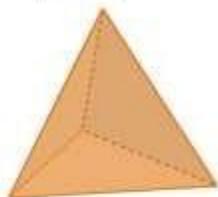
Los sólidos platónicos son especiales debido a sus características únicas. Por ejemplo, todos los vértices y las aristas de cada sólido platónico son idénticos entre sí, lo que los hace altamente simétricos. Además, cada sólido puede encajar perfectamente dentro de una esfera imaginaria, que se conoce como “esfera circunscrita”.





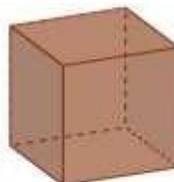
Tetraedro

4 caras | 4 vértices | 6 aristas |



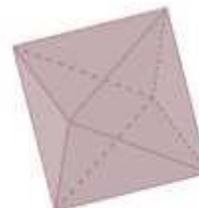
Hexaedro

6 caras | 8 vértices | 12 aristas |



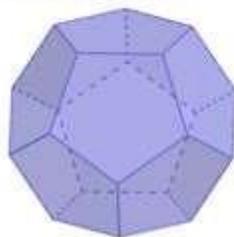
Octaedro

8 caras | 6 vértices | 12 aristas |



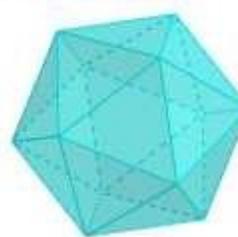
Dodecaedro

12 caras | 20 vértices | 30 aristas |



Icosaedro

20 caras | 12 vértices | 30 aristas |



Los cinco sólidos platónicos

Características de regularidad:

- Las caras de un sólido platónico son polígonos regulares iguales.
- En todos los vértices de un sólido platónico concurren el mismo número de caras y de aristas.
- Todas las aristas de un sólido platónico tienen la misma longitud.
- Todos los ángulos diedros (entre dos caras adyacentes) que forman las caras de un sólido platónico entre sí, son iguales.

Los sólidos platónicos han sido ampliamente estudiados y utilizados en diversos campos, desde la arquitectura y el arte, hasta la física, la química y la biología. Su belleza y simetría han inspirado a artistas y diseñadores a lo largo de la historia; y su estructura matemática ha sido objeto de investigación en el ámbito académico.

Dato interesante: En la naturaleza hay estructuras que son poliedros regulares casi perfectos. Por ejemplo, la estructura básica del VIH (Virus de la Inmunodeficiencia Humana, causante del SIDA) y el de la Hepatitis A son un icosaedro regular.





17. SUBE Y BAJA

El sube y baja es un juego infantil que utiliza como principio de funcionamiento un brazo de palanca con el fulcro, o punto de apoyo, colocado en el centro de la barra, de tal forma que ambos lados logren balancearse asumiendo que los dos participantes pesan aproximadamente lo mismo. Sin embargo, en el Jardín de Ciencias de La Rodadora, el sube y baja está diseñado de tal forma que un niño pueda balancear a otros tres, debido a que el punto de apoyo está colocado a una tercera parte de la distancia. De esta forma, el balance se logra porque en este caso, y según la Ley de la Palanca, $3 \times 1 = 1 \times 3$.

La palanca es un tipo de **máquina simple**, como el plano inclinado, la polea, la cuña, y el tornillo, que cambia la dirección o magnitud de una fuerza. En este caso, la palanca transmite la fuerza y provoca el desplazamiento de una masa. Está compuesta por una barra rígida que gira libremente alrededor del punto de apoyo. Dependiendo de la longitud del brazo de palanca y del peso de la masa a desplazar, es la fuerza que se debe de aplicar.

Es importante mencionar que, según la localización del punto de apoyo o fulcro, existen tres tipos, grados o géneros de palancas:

- De **primer grado, género o tipo**: donde el punto de apoyo se encuentra entre la resistencia o peso y el punto donde se aplica una fuerza. Un ejemplo de este son las tijeras, las catapultas, o bien el tríceps-codo-antebrazo en el cuerpo humano.
- De **segundo grado, género o tipo**: donde la resistencia o peso se encuentra entre el punto de apoyo y el punto donde se aplica la fuerza. Un ejemplo de este son las carretillas y los cascanueces.
- De **tercer grado, género o tipo**: donde el punto para aplicar la fuerza esta entre el punto de apoyo y el peso. Ejemplo de este es una pinza para cejas y los quitagrapas.





Primer género	Segundo género	Tercer género
El PA está entre F y R	La R está entre el PA y F	La F está entre R y el PA

El sube y baja es una palanca de primer grado. La **Ley de la Palanca** indica que una palanca encuentra su equilibrio cuando es igual la longitud del brazo de palanca del punto de apoyo al peso (B_p) multiplicado por el peso (p), a la longitud del brazo de palanca del punto de apoyo al punto donde se aplica la fuerza (B_f), multiplicado por la fuerza (f):

$$B_p \times p = B_f \times f$$

18. PALANCA

La palanca es una de las máquinas simples más antiguas y fundamentales que ha utilizado la humanidad a lo largo de la historia. Su concepto básico se remonta a miles de años atrás; por caso, seguramente se utilizaron palancas para construir las enormes pirámides en el Egipto Antiguo. La palanca ha sido una herramienta clave en el desarrollo de la civilización y la tecnología.

En su forma más básica, una palanca consiste en una barra rígida a la cual se aplica una fuerza y que, al girar en un punto de apoyo (llamado *fulcro*), vence una resistencia que es un peso a levantar. La función de la palanca es multiplicar la fuerza aplicada, permitiendo así levantar o mover objetos que, de otra manera, serían demasiado pesados para manipular.

Uno de los conceptos fundamentales asociados con la palanca es el **principio de la ventaja mecánica**, que establece que una palanca puede amplificar la fuerza aplicada en un extremo de la barra, para producir una fuerza mayor en el extremo opuesto; y con ésta, mover una carga de resistencia.





En una palanca, llamemos **R** a la fuerza resistente (peso de la carga), **P** a la potencia aplicada voluntariamente (ya sea manualmente o por medio de motores u otros mecanismos) para obtener un resultado (mover a R), **B_R** es el brazo de resistencia (distancia entre R y el fulcro o punto de apoyo de la barra) y **B_P** es el brazo de potencia (distancia entre el punto de aplicación de la fuerza de potencia y el punto de apoyo).



La **Ley de la Palanca** establece que el producto de la potencia por su brazo es igual al producto de la resistencia por su brazo, o sea:

$$P \times B_P = R \times B_R$$

Esto puede entenderse como un equilibrio de pares o momentos de fuerzas.

27

La ventaja mecánica se calcula dividiendo la distancia entre el fulcro hasta el punto de aplicación de la fuerza (brazo de potencia) entre la distancia desde el fulcro hasta el objeto que se desea mover (brazo de resistencia):

$$VM = \frac{B_P}{B_R}$$

Cuanto mayor sea esta relación o cociente, mayor será la ventaja mecánica y más fácil será mover el objeto.

La palanca se puede encontrar en una variedad de dispositivos y herramientas que utilizamos a diario, como, por ejemplo, las carretillas que usan los albañiles. Otro ejemplo son las pinzas para tomar objetos y las tenazas, que son palancas de primer género⁵, donde el fulcro está ubicado entre el punto de aplicación de la fuerza y el objeto que se quiere agarrar. Estas herramientas nos permiten agarrar y manipular objetos con mayor facilidad y precisión.

⁵ Ver los géneros o tipos de palancas en la sección “Sube y baja” de este glosario.





Otro ejemplo es el abrelatas, que utiliza una palanca de segundo género. En este caso, el fulcro se encuentra en uno de los extremos de la barra, el punto de aplicación de la fuerza se encuentra en el otro extremo y el objeto a abrir (como una lata) se encuentra entre ellos. Al aplicar una fuerza en el extremo opuesto al fulcro, la palanca multiplica la fuerza y facilita la apertura de la lata.

La palanca también es esencial en muchas máquinas y mecanismos más complejos. Por ejemplo, en los automóviles, el pedal del freno y el embrague (*clutch*) son palancas que permiten controlar la aceleración y la velocidad. Además, las grúas, los montacargas y otros equipos de elevación utilizan palancas para levantar y mover cargas pesadas.

Además de su importancia práctica, la palanca también ha tenido un impacto significativo en el desarrollo de la ciencia –particularmente la física– y la ingeniería. Sirve como una base para conceptos más avanzados, como la mecánica de fluidos y la ingeniería estructural.

Dato interesante: La famosa frase “Dadme un punto de apoyo y moveré al mundo” que se atribuye a Arquímedes de Siracusa (Sicilia)⁶, el matemático, físico, astrónomo e ingeniero griego, resalta la importancia y el poder de la palanca como una herramienta para lograr grandes cambios y movimientos con una pequeña cantidad de esfuerzo.



20. DOBLE CONO

En el experimento se suelta primero un rodillo de madera desde la parte más alta del plano inclinado. Se observa que el cilindro rueda a través del plano hasta que llega a la parte más baja. Se realiza el mismo experimento con el cono doble de madera: se encuentra que, a diferencia del cilindro, este no rueda hacia abajo cuando se pone en la parte más alta del plano inclinado. A continuación, se

⁶ Arquímedes fue asesinado en 212 a.C., al final del asedio de Siracusa por los romanos. Según Plutarco, fue asesinado por un soldado romano que contravino las órdenes del general romano Marcelo, de respetar la vida del gran matemático. Arquímedes estaba contemplando un diagrama matemático cuando la ciudad fue tomada. Un soldado romano le ordenó ir a encontrarse con el general, pero Arquímedes hizo caso omiso a esto, diciendo que tenía que resolver antes el problema. El soldado, enfurecido ante la respuesta, mató a Arquímedes con su espada, lo cual enfureció a Marcelo.





suelta el cono doble desde la parte más baja del plano: se observa que este sube hasta llegar a la parte más alta.

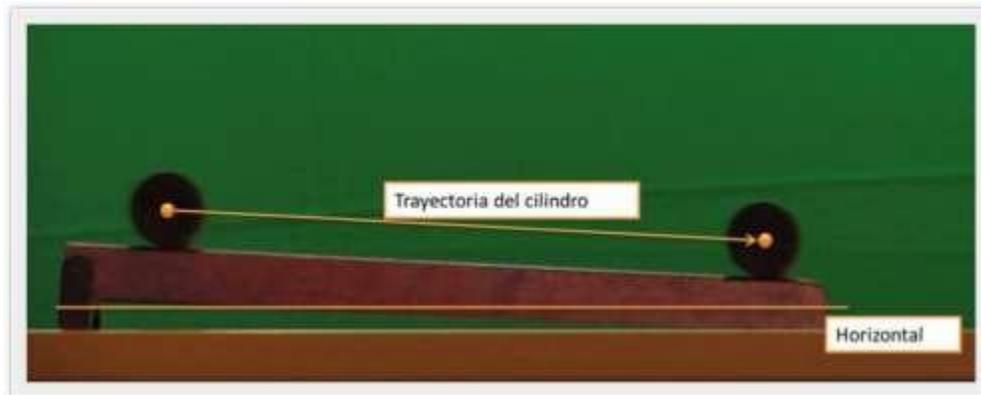


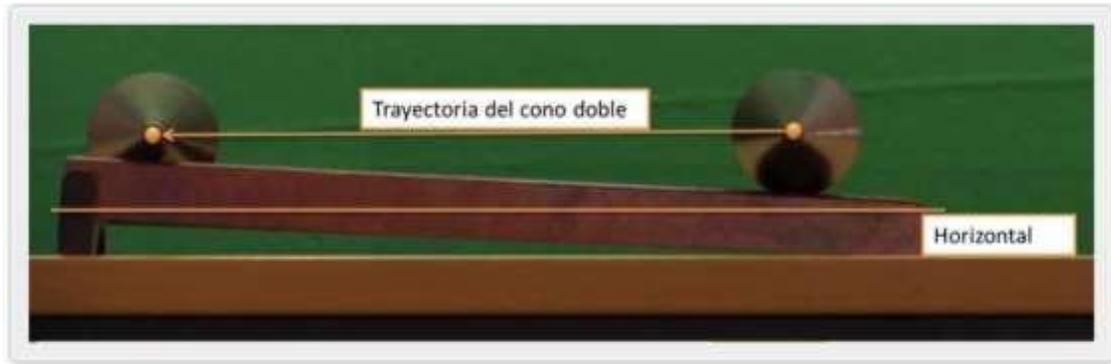
El experimento plantea entonces una aparente violación del principio de la conservación de la energía, debido a que el objeto se mueve de un punto en donde tiene menor **energía potencial** (se define la referencia de la energía potencial en la parte más baja del plano inclinado), a una región en donde tiene una mayor energía potencial, sin que se haga trabajo sobre ese objeto.

Para entender lo que ocurre en el experimento, es preciso observar la trayectoria seguida por el **centro de masa** del cono doble. Se encuentra que a pesar de que el plano por el que se mueve el cono tiene cierta inclinación, el centro de masa de este se encuentra inicialmente en el punto más alto de la trayectoria. A medida que el cono se mueve por el plano inclinado, el centro de masa de este va bajando hasta que llega al punto más bajo (que corresponde al punto más alto del plano).

29

Se encuentra entonces que en el experimento no hay contradicción alguna con el principio de la conservación de la energía, puesto que en la situación se observa que el centro de masa del cono se mueve siguiendo una trayectoria que va desde una zona con energía potencial mayor a una zona menor.





El *centro de masa* es una posición definida en relación a un objeto o a un sistema de objetos. Es el *promedio de la posición de todas las partes del sistema*, ponderadas de acuerdo a sus respectivas masas.

Para objetos rígidos sencillos con densidad uniforme, el centro de masa se ubica en el **centroide**. Por ejemplo, el centro de masa de un disco uniforme estaría en su centro. Algunas veces el centro de masa no está en ningún lado sobre el objeto. El centro de masa de un anillo, por ejemplo, está ubicado en su centro, en donde no hay material. Para formas más complicadas, necesitamos una definición matemática más general del centro de masa: es **la única posición en la cual los vectores de posición ponderados de todas las partes de un sistema suman cero**.

30

Lo interesante acerca del centro de masa de un objeto o sistema, es que es el punto en donde actúa cualquier fuerza uniforme sobre el objeto. Esto es útil porque facilita resolver problemas de mecánica, en donde tenemos que describir el movimiento de objetos con formas raras y de sistemas complicados.

Para los propósitos de los cálculos, podemos tratar un objeto de forma rara como si toda su masa estuviera concentrada en un objeto pequeñito ubicado en el centro de masa. A veces llamamos a este objeto imaginario una *masa puntual*.

Si empujamos un objeto rígido en su centro de masa, entonces el objeto siempre se moverá como si fuera una masa puntual. No va a rotar alrededor de ningún eje, sin importar la forma que tenga. Si el objeto es sometido a la acción de una fuerza fuera de equilibrio en algún otro punto, entonces empezará a rotar alrededor del centro de masa.





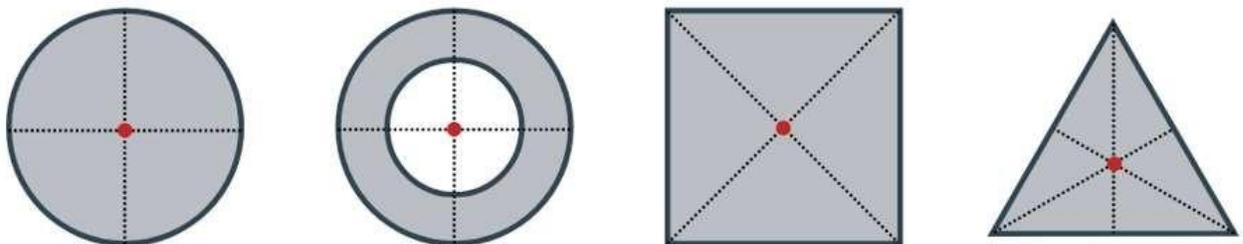
El **centro de gravedad** es el punto a través del cual la fuerza de gravedad actúa sobre un objeto o un sistema. En la mayoría de los problemas de mecánica, se supone que el campo gravitacional es uniforme. Entonces, el centro de gravedad está exactamente en la misma posición que el centro de masa. Los términos del centro de gravedad y del centro de masa a menudo tienden a usarse de manera intercambiable, ya que suelen estar en la misma ubicación.

Hay un par de pruebas experimentales útiles que se pueden hacer para determinar el centro de masa de objetos físicos rígidos:

1. El método de la *orilla de la mesa* se puede usar para encontrar el centro de masa de objetos rígidos pequeños que tengan por lo menos un lado plano. El objeto se empuja despacio, sin rotarlo, sobre la superficie de una mesa hacia una orilla. Cuando el objeto está a punto de caer, se dibuja una línea paralela a la orilla de la mesa. Se repite el procedimiento con el objeto rotado 90° . El punto de intersección de las dos líneas da el centro de masa en el plano de la mesa.
2. El método de la *plomada* también es útil para objetos que se pueden suspender libremente alrededor de un punto de rotación. Un pedazo de cartón con forma irregular suspendido de una tachuela es un buen ejemplo de esto. El cartón gira libremente alrededor de la tachuela bajo la influencia de la gravedad y se estabiliza. La plomada se cuelga de la tachuela y se usa para marcar una línea sobre el objeto. Se mueve la tachuela a otra ubicación y se repite el procedimiento. El centro de masa está en el punto de intersección de las dos líneas.

31

Una aplicación útil del centro de masa es la determinación del ángulo máximo al que se puede inclinar un objeto antes de voltearse.



Centro de masa (puntos rojos) para algunas formas geométricas.





22. ÁRBOLES DEL JARDÍN

PALOVERDE

El Paloverde (*Parkinsonia florida*) es un árbol fascinante, nativo del Desierto de Sonora en el suroeste de los Estados Unidos y el noroeste de México. Su nombre hace referencia al tronco y las ramas, que realizan la fotosíntesis. Con sudistintivo follaje verde, se ha convertido en un símbolo de resistencia y belleza en los inhóspitos ecosistemas de los desiertos áridos y los lugares con climas semidesérticos.

El Paloverde es un arbusto arborescente que alcanza unos 10 a 12 metros de alto.

Es una planta de crecimiento rápido, y rara vez sobrevive a los 100 años. El tronco y las ramas son de color azul verdoso, de ahí su nombre común. La planta es caducifolia, desprendiendo su follaje durante la mayor parte del año, que cae después de la lluvia. Sus flores son de color amarillo brillante y parecidas a los guisantes que cubren el árbol a fines de la



primavera. Atraen a polinizadores como abejas, escarabajos y moscas. De las flores se desarrollan vainas con las semillas, que son una fuente de alimento para pequeños roedores y aves.

Una de las características más notables del Paloverde es su capacidad para sobrevivir en suelos pobres en nutrientes y condiciones climáticas adversas. Sus raíces profundas y extensas le permiten absorber la humedad del suelo, incluso en períodos de sequía prolongados. Además, sus pequeñas hojas, compuestas por múltiples folíolos diminutos, reducen la pérdida de agua a través de la transpiración, ayudando así a mantener su vitalidad en entornos hostiles.

El Paloverde también ha desarrollado una adaptación única conocida como “fotosíntesis de tallo verde”. A diferencia de otros árboles, la corteza verde del Paloverde es capaz de realizar la fotosíntesis en su tallo y sus ramas independientemente de la ausencia de hojas; lo que significa que puede producir energía a partir de la luz solar incluso cuando sus hojas han caído. Esta





habilidad le otorga una ventaja significativa en el desierto, donde la escasez de agua provoca a menudo la caída prematura de hojas en otros árboles.

Además de su capacidad para adaptarse al desierto, el Paloverde también desempeña un importante papel en el ecosistema. Sus flores amarillas brillantes atraen a polinizadores como las abejas y mariposas, contribuyendo así a la polinización de otras plantas en su entorno. Asimismo, sus ramas espinosas y su denso follaje proporcionan refugio y protección para una variedad de aves, mamíferos y reptiles en el desierto. En consecuencia, el Paloverde es crucial para la biodiversidad en paisajes aparentemente desolados.

Además de su valor ecológico, el Paloverde también conexión tiene importancia cultural. Durante siglos, las comunidades indígenas han aprovechado diversas partes de la planta con fines medicinales y alimentarios. Las semillas del Paloverde, ricas en proteínas, se han utilizado como alimento, mientras que las hojas y la corteza se han usado para la preparación de remedios tradicionales. Incluso en la actualidad, algunas comunidades continúan aprovechando los recursos que el Paloverde proporciona, manteniendo viva una profunda entre las personas y la naturaleza.

33

Sin embargo, a pesar de su resistencia y valor, el Paloverde enfrenta desafíos en la actualidad. La urbanización, la expansión agrícola y el cambio climático amenazan su hábitat natural. La conservación y protección de estos árboles se vuelve fundamental para garantizar su supervivencia a largo plazo y para preservar la diversidad de los ecosistemas desérticos. Debemos reconocer la importancia del Paloverde y tomar medidas para protegerlo, para asegurar que futuras generaciones también puedan admirar y beneficiarse de su presencia en los desiertos que llaman hogar.

25. OREJAS ANIMALES

El sonido que escuchamos los humanos casi siempre se transmite por el aire. También puede transmitirse por medios líquidos o sólidos, pero estos presentan mayor resistencia a la transmisión de ondas y por ello, son menos eficientes para que viaje el sonido a través de ellos.



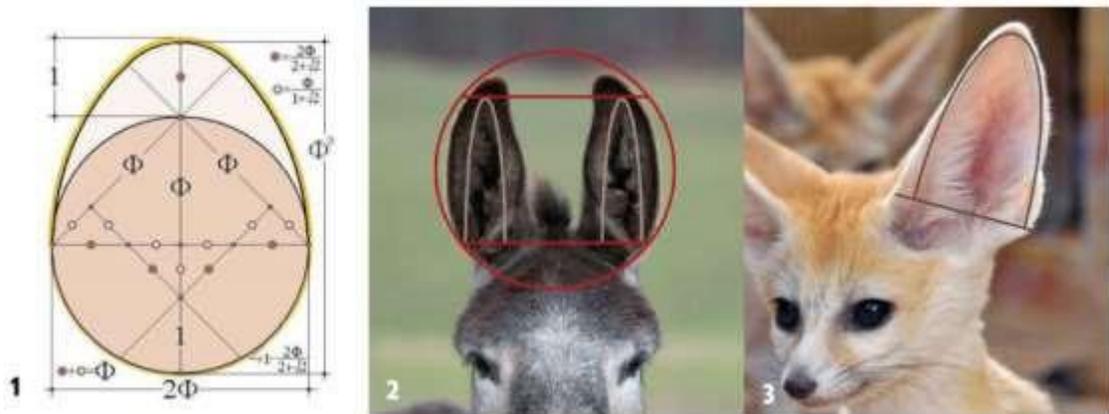


En muchas especies animales se han desarrollado órganos especiales para captar los sonidos: los oídos y muchas especies además tienen orejas, que son la parte del cuerpo que se encargan de captar los sonidos para conducirlos a los oídos (que se encuentra dentro de la cabeza). No todos los animales captan de igual manera los sonidos de su alrededor, debido en parte a la agudeza de su oído interno, pero también, de manera muy importante, a las características anatómicas de sus orejas: la forma, el tamaño y el grado de movilidad para captar sonidos en varios grados.



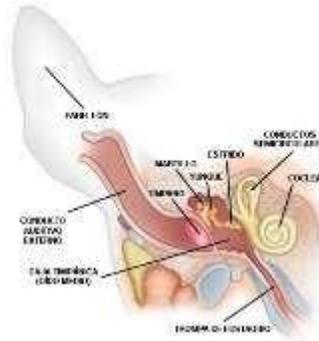
34

Las orejas de las personas, como las de otras especies de animales, tienen una forma parecida a una parábola, que tiene el “foco” (el lugar donde se concentran los sonidos que recoge toda la superficie) en la entrada del oído.

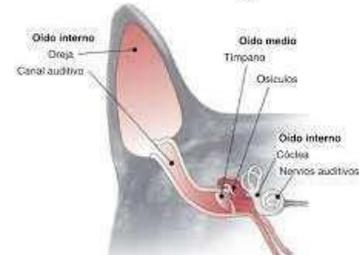




Oreja y oído humano



Oreja y oído de murciélago



Oreja y oído gatuno

Las orejas de los humanos no tienen movimiento, como sí lo tienen las de perros, gatos, conejos o murciélagos, entre muchas otras especies, que pueden mover sus orejas hacia adelante o atrás, lo cual les permite captar sonidos en un mayor rango de espacio. Por ejemplo, los gatos pueden realizar movimientos de hasta 180 grados para poder saber de dónde proviene cualquier fuente de sonido. Los conejos pueden mover sus orejas en 270°

Eclocalización

La ecolocalización es el uso de ondas sonoras y eco para determinar la ubicación de objetos en el espacio.

La movilidad de los murciélagos durante la noche depende de su capacidad para reconocer objetos y a qué distancia están, mediante la ecolocalización, que ocurren cuando los murciélagos emiten sonidos de alta frecuencia con su boca y nariz, que cuando golpean un obstáculo (como una pared, una roca, un árbol o cualquier objeto) o una presa, las ondas sonoras rebotan en este “cuerpo” y regresan hacia el murciélago emisor en forma de eco; este sonido es captado por las membranas especializadas dentro de los oídos del murciélago y con ello pueden saber no sólo que hay un objeto, sino la distancia y la textura de la superficie en que rebotó el chillido que emitió el murciélago.

Cuando un cuerpo que emite un sonido se acerca a otro, el eco resultante es más agudo; pero si se está alejando, el sonido es más grave. Debido a que los murciélagos conocen la frecuencia con emitieron su chillido (el sonido), perciben esa diferencia y así pueden saber si se acercan o se alejan de su presa.

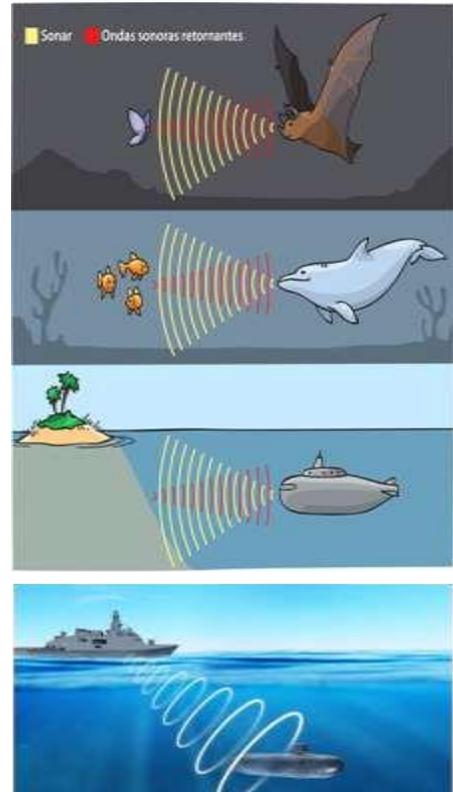




En general los cuerpos lisos y pulidos reflejan el sonido de forma mucho más limpia y nítida; los objetos con texturas más rugosas generan ecos con más interferencias y ruido; las superficies más aterciopeladas atenúan el eco y lo difuminan. Estas diferencias son perceptibles por los murciélagos y así pueden, literalmente, escuchar la textura de los objetos y seres vivos a su alrededor.

Los delfines, las ballenas, las musarañas y algunos pájaros usan eco localización para navegar y para encontrar comida. Los submarinos usan un sistema similar para orientarse bajo el agua.

Los sistemas de navegación por sonar y radar funcionan de manera similar a la ecolocalización de los murciélagos. Los ingenieros incluso han utilizado la ecolocalización de murciélagos para mejorar sus diseños y hacer más eficiente la navegación y para determinar la localización de objetos como submarinos o barcos. La diferencia está en que el sonar puede ser usado bajo el agua mientras que los murciélagos eco localizan en aire. El radar de los submarinos y barcos usan ondas electromagnéticas para determinar la posición de objetos como aviones y barcos.



36

El tamaño de las orejas ¡sí importa!

Para poder captar mejor los sonidos en su ambiente muchas especies de murciélagos tienen orejas muy grandes respecto al tamaño de su cabeza. Algunas especies de murciélagos son capaces de cambiar la forma de sus orejas en milésimas de segundo, lo que les permite escuchar con una precisión aún mayor. En comparación, el parpadeo humano es hasta tres veces más lento.





Chihuahua se encuentra en la ruta migratoria de algunas especies de murciélagos que migran desde Canadá hacia México.



37

Figura 3. Rutas migratorias de murciélagos.

Fuente: Wiederholt, R., López-Hoffman, L., Cline, J., Medellín, R.A., Cryan, P., Russell, A., McCracken, G., Diffendorfer, J. Siemmens, D. (2013). *Moving across the border: Modeling migratory bat populations.* Ecosphere-An ESA Open Access Journal.



