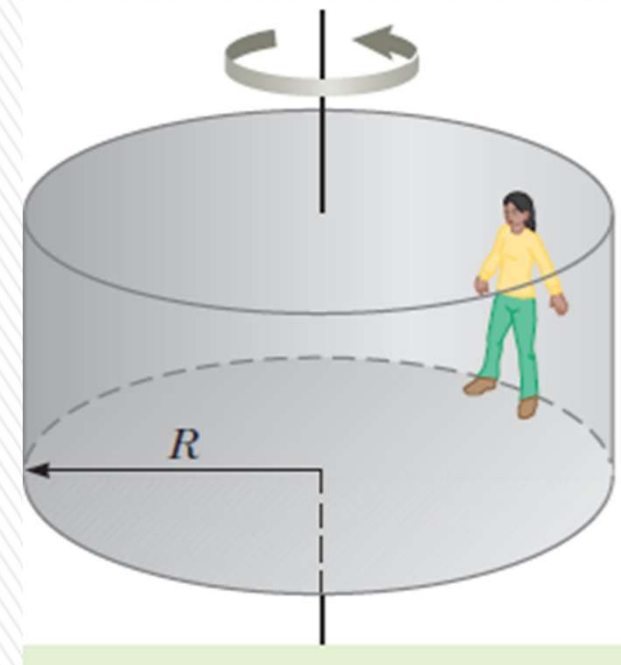
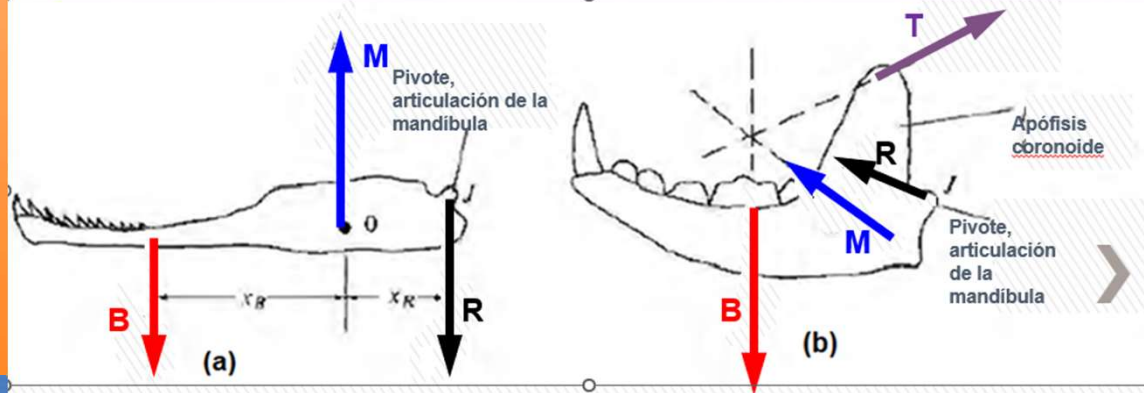


Curso Física 1 para Bio-Geociencias (FI252) 2026

Clase 12



Segunda evaluación corta: la haremos el jueves 7 de mayo al final de la clase.

Temas: Unidad 3 y temas de Unidad 4: movimiento circular, variables de rotación y dinámica de rotaciones

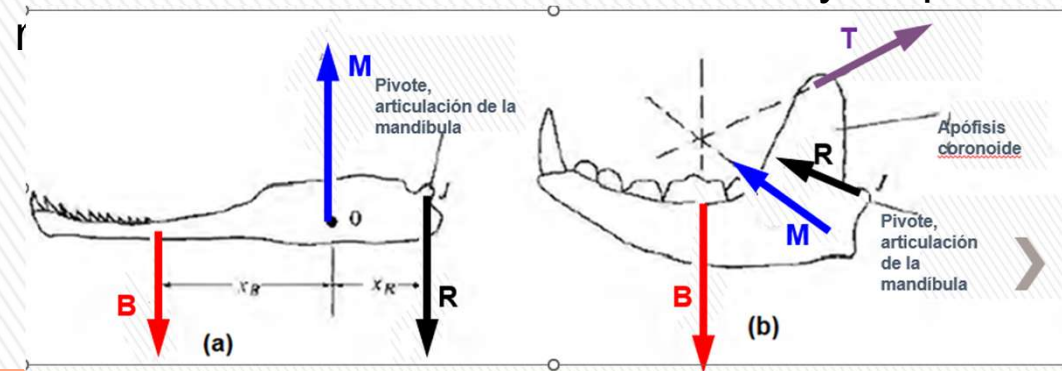
Clase de consultas de Giannina: lunes 13:00 (salón a confirmar)

Mandíbulas de animales

Los animales deben poder **morder con fuerza**: esto depende del **módulo, dirección y punto de aplicación de las fuerzas** ejercidas por los músculos masticadores (los que cierran la mandíbula).

Además, **los huesos de la articulación de la mandíbula superior con la inferior deben ser lo suficientemente resistentes** a fin de evitar fracturas y dislocaciones.

Los mamíferos han evolucionado a partir de reptiles de modo que los músculos implantados en la mandíbula inferior iban *creciendo progresivamente*, mientras que *los huesos de la articulación iban disminuyendo de tamaño*, lo que se explica en términos de los cambios de dirección y de punto de aplicación de las fuerzas



Diferencias básicas entre la mandíbula inferior de un reptil primitivo y el típico aspecto de un mamífero actual.

En el reptil es una simple barra con unos músculos que empujan hacia arriba, implantados en un punto cercano a la articulación.

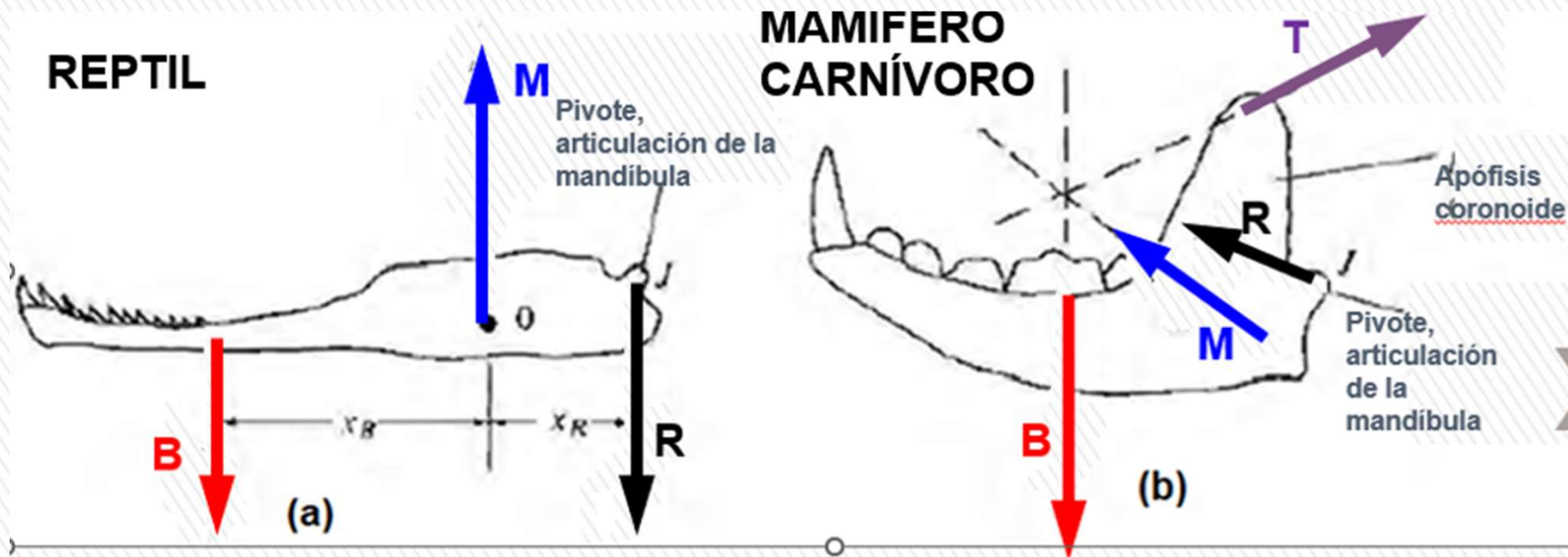
La mandíbula de los mamíferos tiene una gran protuberancia llamada **apófisis coronoides**, en la cual se implanta el **músculo temporal** que empuja hacia atrás y hacia arriba (**fuerza T**).

El **masetero** y el **pterygoides** empujan hacia adelante y hacia arriba (**fuerza M**).

Mandíbulas de animales

Un **reptil** primitivo que muerde con una fuerza dirigida hacia arriba **-B** la comida situada entre sus dientes posteriores experimenta una reacción igual pero opuesta **B** sobre su mandíbula.

Como la fuerza **M** se aplica cerca de la articulación **J**, el equilibrio estático se alcanza sólo si la fuerza **R** ejercida sobre la articulación es grande y dirigida hacia abajo.



(a) **Mandíbula inferior de un reptil primitivo.** **M** es la fuerza muscular, **B** es la fuerza de reacción que presenta el objeto que está siendo mordido y **R** es la fuerza debida a la articulación de la mandíbula en **J**.

(b) **Mandíbula de mamífero.** Las fuerzas musculares son **T** y **M**. La fuerza **R** debida a la articulación de la mandíbula puede ser nula si las líneas de acción de las tres fuerzas **T**, **B** y **M** se cortan de la manera que se muestra aquí.

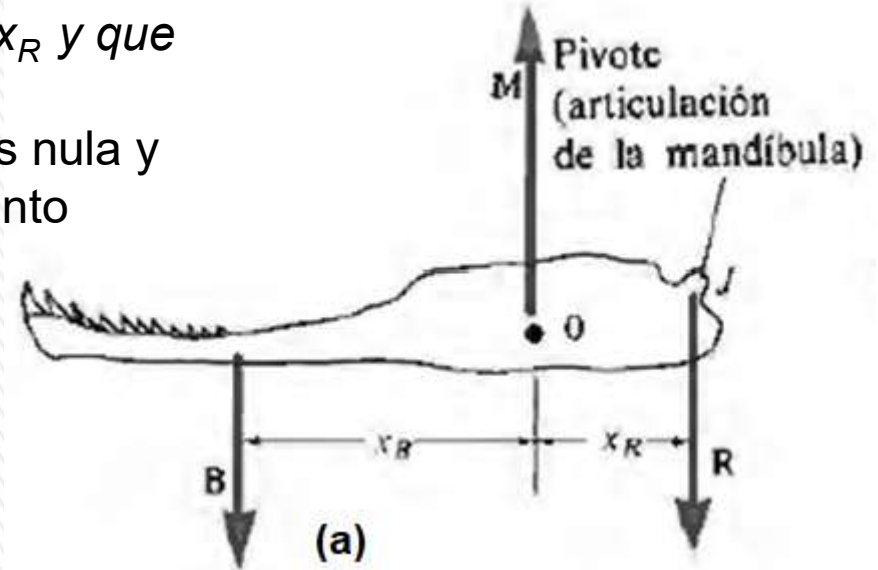
Mandíbulas de animales- reptiles

Mandíbula del reptil: supongamos que $x_B = 2x_R$ y que la fuerza de mordida $B = 100\text{N}$.

Analicemos el equilibrio; sumatoria de fuerzas nula y sumatoria de torques respecto a cualquier punto nulo. El torque neto respecto a O:

$$B \cdot x_B - R \cdot x_R = 0$$

$$R = \frac{x_B}{x_R} B = 2B = 2(100\text{ N}) = 200\text{ N}$$



Como la fuerza neta sobre la mandíbula debe ser cero, $M - B - R = 0$, la fuerza muscular requerida es

$$M = B + R = B + \frac{x_B}{x_R} B = \left(1 + \frac{x_B}{x_R}\right) B$$

$$M = 100 + 200 = 300\text{ N}$$

Entonces para una fuerza de mordida $B = 100\text{ N}$ se requiere que los músculos hagan una fuerza $M = 300\text{ N}$ y que el pivote de la articulación J deba soportar una fuerza entonces $R = 200\text{ N}$.

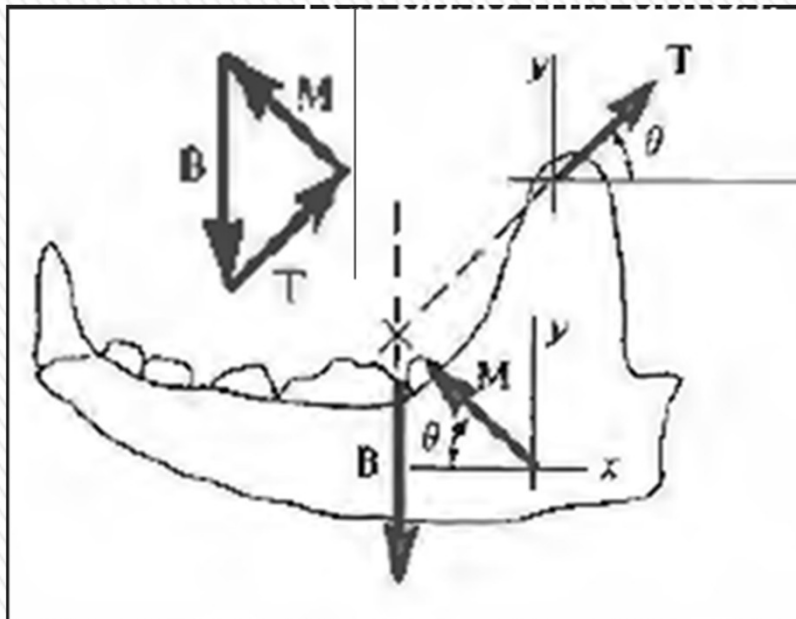
Así pues, **la fuerza B sobre la comida es menor que las fuerzas M y R ejercidas por el músculo y la articulación, respectivamente.**

Se ve claramente que la solidez de la articulación es un factor que limita la fuerza con que puede morder el reptil y el margen de seguridad del músculo.

Mandíbulas de animales - mamíferos

En la mandíbula de los mamíferos, se aplica además de la fuerza **M** debido a los músculos *masetero* y *el pterigoides* otra fuerza, la **T** debido al músculo temporal. Si las líneas de acción de **T**, **M** y **B** se cortan en un punto (son concurrentes), sus torques con respecto a este punto son cero.

Para que se cumpla que $\Sigma \tau = 0$ se requiere que también la línea de acción de **R** pase por este punto. Pero si se cumple que: $\mathbf{T} + \mathbf{M} + \mathbf{B} = \mathbf{0}$, *la articulación no debe proporcionar ninguna fuerza R para satisfacer la condición $\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{0}$.*



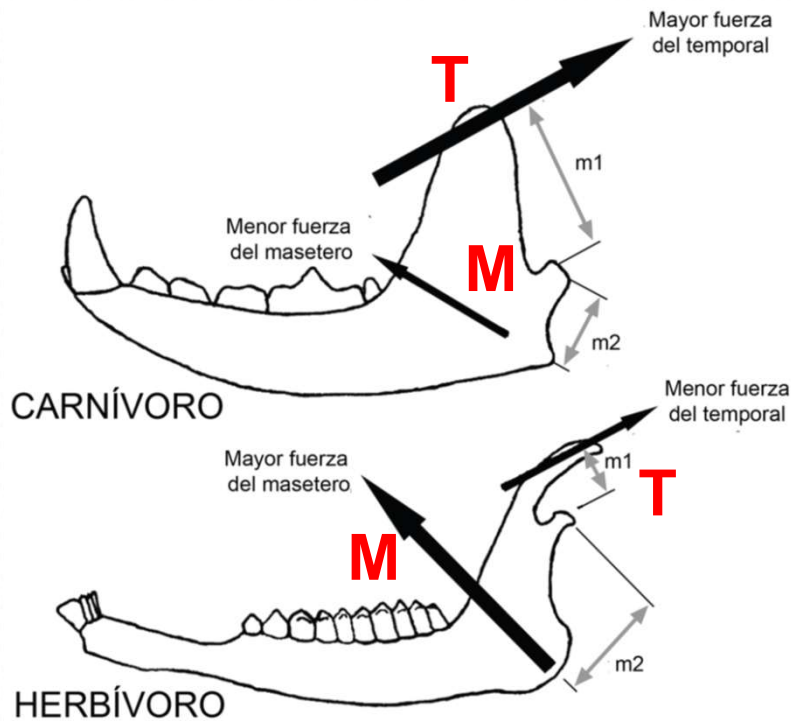
Fuerzas sobre la mandíbula de un mamífero cuando la articulación no suministra fuerza alguna (fuerza $R=0$).

Para esto, las fuerzas **B**, **M** y **T** deben ser concurrentes a un punto.

Si $\mathbf{T} + \mathbf{M} + \mathbf{B}$ no es nula, o si sus líneas de acción no se cortan en un punto común, la articulación deberá proporcionar una fuerza **R**, que de todos modos será mucho menor que la correspondiente en el reptil.

Por lo tanto, la articulación no necesita una estructura tan grande y por lo tanto no limita el tamaño del músculo que puede tener el animal.

Mandíbulas de animales - mamíferos



Los mamíferos carnívoros usan sus poderosos incisivos para desgarrar y transportar sus presas, mientras que los herbívoros muelen su comida lateralmente entre los molares. El **peso del músculo temporal de un carnívoro oscila entre la mitad y los dos tercios del peso total de los músculos que cierran las mandíbulas.** Sin embargo, en los **herbívoros, este músculo sólo pesa una décima parte del total.**

Las flechas negras representan la línea de acción de los dos principales músculos (masetero M y temporal T).

El espesor de cada flecha es una indicación esquemática de la fuerza que puede ejercer cada músculo.

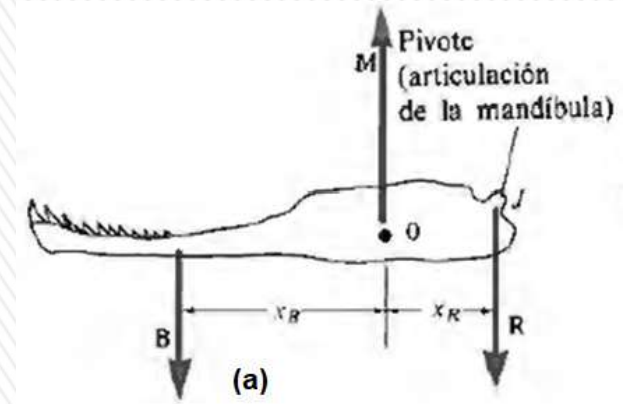
Los brazos de los torques de cada músculo están representados como flechas en gris, considerando la articulación temporomandibular como pivote.



Ejemplos

Kane 4-51 Una serpiente ejerce una fuerza muscular $M=5,00$ N. M actúa a una distancia de $3,00$ cm a partir de la articulación y la fuerza del mordisco resultante es de $2,00$ N. Hallar:

- la distancia desde la articulación hasta la línea de acción de la fuerza del mordisco y;
- la fuerza ejercida por la articulación de la mandíbula.



Tenemos que: $M = 5,00$ N; $d_M = 3,00$ cm y $B = 2,00$ N.

Nos piden determinar: d_B y R .

Como el sistema debe estar en equilibrio, la sumatoria de fuerzas y la sumatoria de torques respecto a cualquier punto debe ser 0. Calculo los torques de las fuerzas respecto al punto de articulación J (no considero al de R ya que está aplicada en ese punto):

$$-B \cdot d_B + M d_M = 0 \quad d_B = \frac{M}{B} d_M = \frac{5,00}{2,00} 3,00 = 7,50 \text{ cm}$$

$$d_B = 7,50 \text{ cm}$$

b) Para determinar a R considero que la sumatoria de fuerzas debe ser nula:

$$-B + M - R = 0 \quad R = M - B = 5,00 - 2,00 = 3,00 \text{ N}$$

$$R = 3,00 \text{ N}$$

Se observa nuevamente que la fuerza B ejercida por la mandíbula es mayor que la fuerza muscular M , y que la fuerza debida a la articulación R .

Ejemplo ejercicio 3.11

a) En un herbívoro típico, el máximo valor de la fuerza **T** (músculo temporal) es una décima parte del valor máximo de la fuerza **M** (músculo masetero). Suponiendo que en la articulación no se ejerce ninguna fuerza **R** ¿dónde esperamos que el animal ejerza mayor fuerza para morder, en la parte delantera de la mandíbula o en la parte trasera de la mandíbula?

En la parte trasera.

En un carnívoro, el valor máximo de **T** es aproximadamente el doble del de **M**, ¿a qué puede deberse esto?

Necesitan desgarrar y deben tener una fuerte mordida en la parte delantera.



Ejemplo ejercicio 3.11

b) En un determinado carnívoro el módulo de la fuerza **T** vale 1,30 veces el módulo de la fuerza **M**. Si no hay ninguna fuerza de articulación **R** y si el ángulo θ_M que forma la fuerza **M** con la horizontal vale $60,0^\circ$ hallar θ_T (ángulo que forma la fuerza **T** con la horizontal) y el cociente **B/M**, siendo **B** la fuerza de reacción que presenta un objeto al ser mordido.

Tenemos que $T = 1,30 M$ y $\theta_M = 60,0^\circ$.
Debemos hallar θ_T y B/M .

Para que haya equilibrio, la suma de fuerzas según x debe ser nula, por tanto:

$$-M \cdot \cos\theta_M + T \cdot \cos\theta_T = 0$$

$$\cos\theta_T = \frac{M}{T} \cos\theta_M = \frac{\cos 60^\circ}{1,30} = 0,384615$$

$$\theta_T = 67,38^\circ$$

$$\theta_T = 67,4^\circ$$

También la suma de fuerzas según y debe ser nula, por tanto:

$$\sum F_y = 0$$

$$-B + T \sin\theta + M \sin\theta_M = 0$$

$$-B + 1,30M \sin 60,0^\circ + M \sin 67,38^\circ = 0$$

$$B = 1,1258 M + 0,92308 M = 2,0489 M$$

$$\frac{B}{M} = 2,05$$

$$B = 2,05 M$$

