

**¡NATURALEZA
SANGRIENTA MARCADA EN
DIENTES Y GARRAS!:**
ESTATUS SOBRE
EL CONOCIMIENTO
ACTUAL DEL
TERÓPODO
TYRANNOSAURUS
REX

M.C. Rafael Vivas González
ravig_85@outlook.com



RESUMEN

El *Tyrannosaurus rex* fue un dinosaurio carnívoro de gran tamaño que habitó Norteamérica hace 65 millones de años, a fines del periodo Cretácico. Desde su descubrimiento a principios del siglo XX hasta los más recientes hallazgos realizados en la actualidad, han permitido indagar de manera más profunda en la biología y comportamiento de este gran animal. Reconstrucciones virtuales del cerebro en base a tomografías computarizadas revelan sentidos de la vista, olfato, audición y equilibrio bien desarrollados, así como nuevos estudios biomecánicos permiten ilustrar con mejor detalle aspectos relacionados a la velocidad máxima que eran capaces de alcanzar, siendo las formas más jóvenes las más rápidas y tendiendo a disminuir conforme llegaban a la adultez. La polémica sobre si era un animal cazador o carroñero sigue estando vigente, si bien hay algunas características que parecieran desfavorecer el estatus de cazador en los tiranosaurios, hay más evidencia que lo respalda como un animal predador. La apariencia externa en *Tyrannosaurus rex* sigue siendo debatida, aunque hay evidencia que respalda la presencia de piel escamosa en las formas adultas; no obstante, no se descarta la presencia de plumas en las formas más jóvenes y con una tendencia a irse perdiendo conforme el animal iba creciendo.

INTRODUCCIÓN

Tyrannosaurus rex (conocido también por sus alias: tiranosaurio, "T-rex" o tiranosaurio rex) es probablemente el dinosaurio más conocido gracias a la imagen que la cultura popular nos ha transmitido de este gran animal. Es tanta la popularidad, que mucha de la imagen reflejada en estos medios se ha arraigado en la creencia popular y tendemos a dar como un hecho verídico todo lo que se nos ha inculcado sobre este dinosaurio. Sin embargo: ¿Qué tanto de esa imagen es cierta y qué tanto es fantasía? En las últimas décadas el desarrollo de nuevas tecnologías, así como una nueva serie de descubrimientos fósiles, han permitido a los paleontólogos adentrarse en el mundo y modo de vida de una de las máquinas carnívoras más impresionantes que el mundo jamás haya conocido. Aquí se muestra una noción de lo que actualmente se conoce con respecto a este formidable dinosaurio.

ANTECEDENTES

El primer tiranosaurio fue descubierto en 1905 por el coleccionista de fósiles norteamericano Barnum Brown en lo que ahora son las "tierras malas" (bad lands) del estado de Montana (norte de los Estados Unidos), en una formación geológica conocida como Formación Hell Creek (rocas que datan de hace 65 millones de años, fines del periodo Cretácico). Henry Ferfield Osborn, curador del Museo Americano de Historia Natural en aquel entonces, fue quien se dio a la tarea de describir el nuevo espécimen, llegando a la conclusión de que se trataba de un dinosaurio carnívoro muy grande, el mayor de todos los descubiertos para aquella época (Sanz, 2007). Con material esquelético parcialmente completo pudo hacer el primer montaje de este gran dinosaurio carnívoro, dándole el nombre de *Tyrannosaurus rex*, el cual significa "Rey Lagarto Tirano" (Larson, 2008; Sanz, 2007; Breithaupt et al 2008; Fastovsky & Weishampel, 2016).

ANATOMÍA GENERAL DEL REY LAGARTO TIRANO

Tyrannosaurus rex se caracteriza por una serie de aspectos anatómicos muy peculiares como son: cráneo grande y robusto; dientes frontales más pequeños que los dientes maxilares; fusión de los huesos nasales; cuello corto; brazos y manos reducidas; hueso de la tibia largo; una larga cola, entre otras más (Holtz, 2004).

El cráneo mide aproximadamente 1.60 metros de longitud, es ancho hacia la parte posterior y se va haciendo angosto al llegar al hocico. Tiene una serie de aberturas (fenestras) las cuales ayudaban a aligerar peso, así como absorber la fuerza de impacto ejercida al momento de atestar una mordida sobre sus presas (Holtz, 2004; Hone, 2016).

Las mandíbulas eran amplias y dotadas de grandes dientes curvos, robustos y en forma similar a un proyectil. Los más largos podían llegar a medir hasta 15 cm de largo y presentaban bordes aserrados tanto en la parte externa como interna (Paul, 1988; Holtz, 2004; Hone, 2016). El cuello a diferencia de otros dinosaurios carnívoros, se redujo de forma considerable haciéndose más corto, compacto y resistente (Holtz, 2004; Hone, 2016).

El cuerpo incremento su tamaño haciéndose más robusto (Holtz, 2004; Hone, 2016); presentaba brazos muy cortos con solo dos dígitos en cada mano, mientras que las extremidades posteriores eran largas y robustas (Holtz, 2004). La pelvis era amplia (lo cual indica músculos grandes que se insertaban desde las piernas a la cadera); sus patas estaban dotadas con los dígitos II, III y IV haciendo contacto directo con el suelo, mientras que el dígito I se encontraba elevado y en posición interna al cuerpo del animal.

Su cola era larga y musculosa, la cual le ayudaba a crear balance del cuerpo al momento de moverse de un lugar a otro (Holtz, 2004).

Los animales adultos llegaban a alcanzar en total los 12 metros de longitud (Holtz, 2004, Hone, 2016, Molina-Pérez & Larramendi, 2016).

FUERZA DE MORDIDA

La morfología de los dientes indica que *Tyrannosaurus rex* tenía la capacidad de quebrar los huesos de sus presas con bastante facilidad (Paul, 1988; Holtz, 2004; Hone, 2016). Esto era posible gracias a los grandes músculos mandibulares que el animal poseía (Molnar, 2008; Hone, 2016); estudios biomecánicos han revelado que la fuerza de mordida de un tiranosaurio adulto rondaba en los 57158 Newtons (aproximadamente 5832 Kg. de fuerza), más potente que la mordida del cocodrilo del Nilo actual (3172-22000 Newtons = 324-2245 Kg. de fuerza). *Tyrannosaurus rex* tenía la mordida más potente de todos los dinosaurios terópodos hasta ahora conocidos (Molina-Pérez & Larramendi, 2016).

Si bien es cierto que el tiranosaurio era un animal grande, hay que recordar que las presas de este animal también eran de gran tamaño (hadrosaurios, ceratopsidos, anquilosaurios) y habrían dado lucha al momento de caer en sus fauces. Esta acción habría provocado fuertes forcejeos por parte de las presas y el *Tyrannosaurus rex* tenía de alguna manera que lidiar con semejante fuerza de resistencia, ¿Cuál fue la solución?: reducir el tamaño del cuello y reforzar la musculatura en esta zona, brindando la fuerza necesaria para semejante esfuerzo (Holtz, 2004; Hone, 2016). Esta modificación surgió en

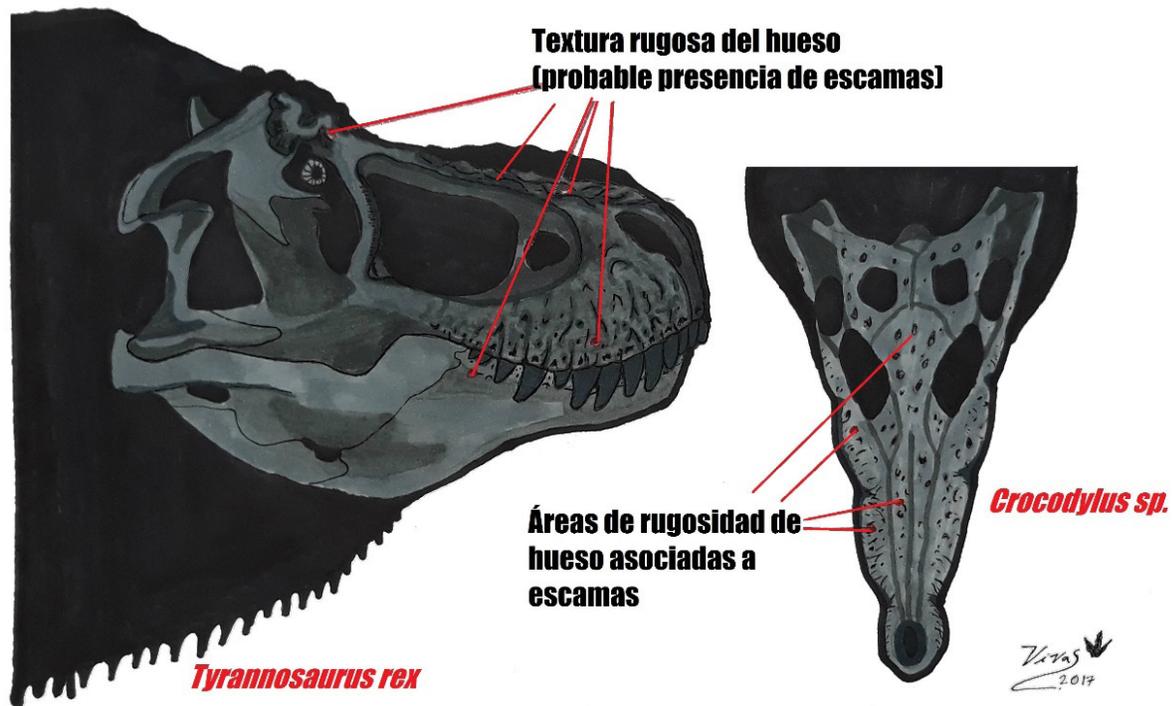


Figura 1. Analogía entre los cráneos de *Tyrannosaurus rex* y *Crocodylus sp.* (cocodrilo). Los cocodrilos presentan escamas grandes y gruesas en regiones del cráneo donde existe una mayor rugosidad en cuanto a textura del hueso; esta misma característica se observa en los tiranosaurios. Cráneos no dibujados a escala.

respuesta a dos necesidades: 1) por un lado, reducir el peso del animal hacia la parte frontal del cuerpo y 2) la necesidad de reducir la presión ejercida por las presas al momento de estas querer escapar de las fauces del animal, lo que facilito evitar lesiones serias ocasionadas durante el forcejeo de sus víctimas (Hone, 2016).

SENTIDOS

Tyrannosaurus rex era un dinosaurio que poseía un sentido del olfato muy desarrollado (Horner & Lessem, 1993; Stokad, 2005). Tomografías digitales realizadas al cráneo han permitido realizar moldes del cerebro del animal, revelando que el lóbulo olfatorio en él era muy grande, lo cual indica un sentido del olfato altamente desarrollado y que le habría permitido olfatear su alimento a largas distancias (Horner, 1993; Stokad, 2005; Hone, 2016).

La visión en estos animales era binocular y estereoscópica; los ojos estaban orientados hacia la parte frontal del rostro a diferencia de otros dinosaurios carnívoros (Stevens, 2006). Esto le confería al *Tyrannosaurus rex* una muy buena percepción de la profundidad y distancia en su entorno, y esto da peso a la idea de que era un animal

depredador (Bakker, 1986; Paul: 1988, 2008, 2016; Stokad, 2005; Stevens, 2006; Hone, 2016). Otro aspecto destacable era su sentido auditivo el cual le permitía escuchar sonidos de baja frecuencia (Witmer & Ridgely, 2009). La estructura del oído interno indica que *Tyrannosaurus rex* tenía un sentido del equilibrio bastante desarrollado (Stokad, 2005; Witmer & Ridgely, 2009).

Carr et al. (2017) reportan que un examen minucioso al cráneo del tiranosaurio *Daspletosaurus horneri* (pariente muy cercano al *Tyrannosaurus rex*) revela que este debió haber estar dotado de grandes y gruesas escamas en su rostro, debido a las áreas en donde hay una mayor rugosidad en la textura de la superficie del hueso. Observaron que esta característica está presente en los cocodrilos, los cuales presentan en sus cráneos áreas en donde hay rugosidades óseas las cuales en vida están cubiertas por escamas gruesas y de gran tamaño; estas escamas están ligadas a un sistema sensorial extremadamente sensible el cual les permite detectar el más mínimo movimiento. Concluyeron que *Daspletosaurus horneri* y sus parientes cercanos (incluido el *Tyrannosaurus rex*) presentaban esta misma característica y debieron haber desarrollado de forma convergente el mismo patrón sensorial observado en los cocodrilos (Fig. 1).

METABOLISMO Y CRECIMIENTO

En la actualidad sigue siendo debatido qué tipo de metabolismo presentaban los dinosaurios, aunque la mayoría de los paleontólogos están de acuerdo en que debió haber sido bastante superior al que presentan los reptiles actuales, siendo equiparable al de los mamíferos y aves actuales (Bakker, 1986; Paul: 1988, 2008, 2012, 2016; Pontzer, Allen & Hutchinson, 2009; Young & Currie, 2011). Según algunos estudios biomecánicos realizados a varios dinosaurios terópodos en base a su resistencia física (Pontzer, Allen & Hutchinson, 2009) indican que los dinosaurios de gran tamaño tenían una capacidad aeróbica mucho mayor (ya sea al trotar a velocidad baja y/o al caminar) a la que se observa en los animales ectotermos actuales de gran tamaño (un animal ectotermo es aquel que no puede generar su propio calor corporal y depende de la temperatura del medio ambiente para elevar su temperatura interna, con ello logra realizar sus actividades cotidianas), concluyendo que los dinosaurios terópodos (o carnívoros) debieron haber sido animales endotermos (animales que generan su propio calor corporal y tienden a estar en actividad constante: las aves y mamíferos son ejemplos de ello). Esto tiene sentido ya que el esqueleto de los dinosaurios terópodos estaba pneumatizado: sus huesos eran huecos (Wedel, 2006; Holtz, 2012; Reid, 2012; Paul, 2016; Fastovsky & Weishampel, 2016) y por ellos corría un sistema de sacos aéreos homólogo al que observamos en las aves actuales. Dicha red de sacos aéreos formaba parte del sistema respiratorio (Wedel, 2006; Paul, 2016; Fastovsky & Weishampel, 2016), y en el caso del *Tyrannosaurus rex* no era la excepción (Holtz, 2004). Bakker (1986), Erickson et al. (2004), Paul (1988, 2012) y Hone (2016) concuerdan con la noción de que los dinosaurios presentaban metabolismos más parecidos al de las aves y los mamíferos modernos, basándose no solo en la capacidad aeróbica, sino también en su tasa de crecimiento. En el caso del *Tyrannosaurus rex*, su crecimiento era bastante rápido durante los primeros 15 años de vida, después de este tiempo su ritmo de crecimiento aminoraba considerablemente (Erickson et al. 2004). Estudios histológicos revelan que podían alcanzar la edad máxima de 30 años aproximadamente, siendo los animales más grandes y robustos las formas viejas y totalmente desarrolladas, pesando cerca de 9000 kilogramos (Erickson et al. 2004; Hone, 2016).

VELOCIDAD

Durante mucho tiempo se ha venido especulando acerca de la velocidad a la que se desplazaba el *Tyrannosaurus rex*. Bakker (1986) y Paul (1988) proponían velocidades máximas de hasta 70 km/hora, basándose en la proporción de las extremidades traseras (relación fémur-tibia) y comparándolas con las de los vertebrados actuales. Ellos notaron que la proporción del hueso del fémur era un poco más corta en comparación con la tibia (no todos están de acuerdo con esta observación, ver Horner & Lessem, 1993); esta condición se observa en los animales corredores actuales (avestruz, emú, etc.), lo que habría conllevado a una zancada amplia y permitiéndole al animal un incremento en la velocidad (Bakker, 1986; Paul: 1988, 2008; Currie, 1997). También hay que recordar que los huesos del *Tyrannosaurus rex* estaban pneumatizados (Holtz, 2004; Paul, 2016), lo que indicaría también una contextura un poco más "liviana".

Sin embargo, en los últimos años una serie de nuevos estudios (Hutchinson & García, 2002; Hutchinson et al. 2005) sugieren velocidades más bajas basadas en nuevos modelos biomecánicos en los que se ha reconstruido la masa muscular de las piernas que el *Tyrannosaurus rex* habría requerido para poder correr. Se encontró que al momento de que un animal incrementa su tamaño corporal, la masa muscular incrementa su tamaño rápidamente pero no así su fuerza (Hutchinson et al. 2005). Dichos resultados indican que *Tyrannosaurus rex* no habría tenido la fuerza suficiente en sus piernas para poder ser un animal veloz, y estiman una velocidad promedio que iba en los 25 km/hora (Hutchinson et al., 2005). Recientemente, Seller et al. (2017) reafirman lo establecido en el estudio anterior mencionado, añadiendo que los huesos de la pierna no habrían podido soportar el peso del animal durante la fuerza generada por el impacto del pie al hacer contacto con el suelo si este se hubiese desplazado a velocidades elevadas propuestas anteriormente (Bakker, 1986; Paul, 1988); dicho impacto habría fracturado las extremidades del animal. Hutchinson et al. (2005) y Seller et al. (2017) proponen que el *Tyrannosaurus rex* debió haber sido un animal que se desplazaba ya sea a paso rápido tipo trote o bien solo se limitaba a caminar.

¿ESCAMAS O PLUMAS?

No se sabe con certeza que apariencia tenía el *Tyrannosaurus rex*, pero se han hecho algunas conjeturas basadas en fósiles de parientes cercanos. La presencia de plumas es una condición ancestral dentro de algunos linajes de dinosaurios terópodos y en el caso de la evolución de los tiranosauridos no es la excepción (Hone, 2016). Fósiles de varios tiranosauroides primitivos de finales del Jurásico y principios del Cretácico revelan la presencia de plumas que cubrían casi la totalidad de sus cuerpos (Hone, 2016). *Yutyranus huali* por ejemplo, era un tiranosauroide de gran tamaño (9 metros de largo) que presentaba una extensa cubierta de plumas a lo largo del cuerpo, demostrando con esto que hasta un animal de gran tamaño podía estar cubierto completamente de plumas (Xu et al. 2012). Teniendo el precedente de *Yutyranus huali* como un terópodo de gran tamaño emplumado, no sería de extrañar que las plumas también estuviesen presentes en el *Tyrannosaurus rex* (Holtz, 2004; Hone, 2016).

No todos los paleontólogos concuerdan con la presencia de plumas en *Tyrannosaurus rex* (Bell et al. 2017, Carr et al. 2017). En el caso de *Yutyranus huali*, se trata de un animal que vivió en Asia a mediados del periodo Cretácico (hace unos 125 millones de años), en aquel entonces esa región presentaba un ecosistema de tipo boscoso con temperaturas frías (la temperatura media en esa región oscilaba en los 10°C). Las plumas habrían ayudado a *Yutyranus huali* a regular su temperatura corporal, debido a las temperaturas frías que debía soportar durante los meses de oscuridad (Xu et al. 2012).

En el caso de *Tyrannosaurus rex* la cuestión es diferente: estos vivían en un ambiente mucho más cálido y húmedo, con una temperatura media que se estima rondaba en los 27°C, por lo que, si este animal hubiese desarrollado un plumaje extenso y abundante semejante al de *Yutyranus huali*, habría sufrido de sobrecalentamiento (Bell et al. 2017).

Los animales actuales de gran tamaño como los elefantes, rinocerontes e hipopótamos tienden a disipar el calor corporal mucho más lentamente que los animales más pequeños, y para lidiar con este problema han recurrido a algunas características

como son la pérdida o reducción considerable de su pelaje (Myhrvold et al. 2012). Al hacer esto, evitan el sobrecalentamiento de sus cuerpos y permiten al animal refrescarse y poder seguir con sus actividades cotidianas. Esta misma regla pudo haber sido aplicada en el *Tyrannosaurus rex* así como a otros tiranosauridos del cretácico tardío (*Albertosaurus*, *Daspletosaurus*, *Tarbosaurus*): perdiendo o bien reduciendo considerablemente la cobertura de plumaje para evitar sobrecalentarse (Bell et al. 2017).

Han sido pocos los hallazgos de impresiones de piel reportados en los tiranosauridos más evolucionados. Se han encontrado algunas impresiones de piel en la región de cuello en un pariente cercano al *Tyrannosaurus rex* y casi del mismo tamaño (*Tarbosaurus bataar*) revelando un pliegue amplio y texturizado similar al que se observa en los pelicanos de hoy en día (Mikhailov vía Carpenter, 1999); y también han sido reportadas algunas pequeñas impresiones de escamas irregulares poligonales en *Daspletosaurus torosus* (Currie & Koppelhus, 2015) y escamas circulares y hexagonales en una pequeña región de la parte ventral de la cola en el espécimen de un tiranosaurio del género *Gorgosaurus* (Bell et al. 2017) así como probable presencia de escamas en el cráneo de *Daspletosaurus horneri* (Carr et al. 2017).

Bell et al. (2017) reportan la presencia de la primera impresión de piel en un ejemplar de *Tyrannosaurus rex*, en el que se observan escamas similares a las reportadas en otros tiranosauridos (Currie & Koppelhus, 2015). Estos pequeños "parches" de piel han sido ubicados sobre el cuello, la pelvis y en la base de la región de la cola muy cerca de las extremidades posteriores, dichas escamas tienen una apariencia de tipo granulosa. La distribución de estos "parches" de piel, así como la proporción de tamaño constante entre las escamas en las diversas regiones sugiere una distribución bastante uniforme de piel escamosa en todo el cuerpo para *Tyrannosaurus rex* (Fig. 2). No obstante, Bell et al. (2017) no descartan la posibilidad de que el animal hubiese presentado plumas durante alguna etapa de su crecimiento, lo cual es una idea ampliamente aceptada por la mayoría de los paleontólogos en la actualidad (Holtz: 2004; Hone, 2016; Paul, 2016) siendo las primeras etapas de vida y desarrollo las más factibles para la presencia de plumas.

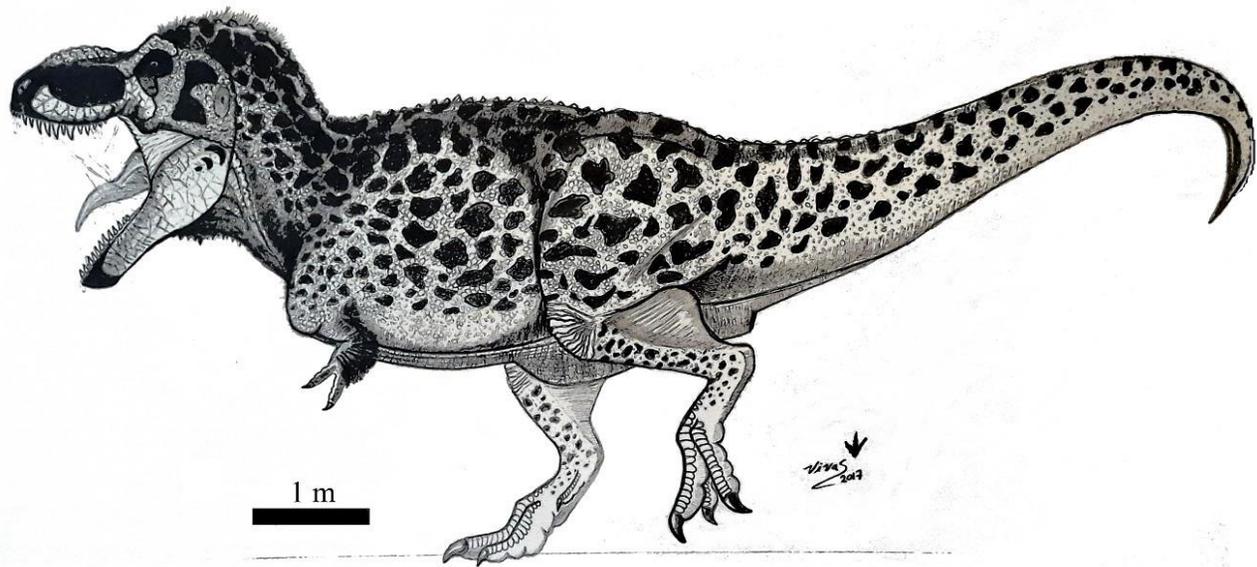


Figura 2. Paleoreconstrucción de *Tyrannosaurus rex* adulto. En base a algunos descubrimientos de impresiones de piel en fósiles de tiranosaurios, se podría asumir una cobertura bastante uniforme de escamas al rededor del cuerpo del animal. Es probable que en las primeras etapas de vida de los tiranosaurios las crías y las formas juveniles presentaran plumas, y estas se fuesen perdiendo parcial y/o totalmente al alcanzar la forma adulta. Escala de la barra: 1 metro.

COMPORTAMIENTO

Una de las preguntas que se siguen debatiendo es si *Tyrannosaurus rex* era un animal carroñero (Horner & Lessem, 1993) o un cazador (Bakker, 1986; Currie, 1997, 1998; DePalma *et al.* 2013; Paul: 1988, 2008, 2016; Stevens, 2006; Holtz, 2012; Young & Currie, 2011). Los proponentes de la idea del animal carroñero se centran en algunos aspectos anatómicos del animal: 1) brazos demasiado cortos como para poder capturar presas, 2) sentido del olfato muy desarrollado y 3) extremidades posteriores grandes y pesadas las cuales habrían servido solo para caminar (Horner & Lessem, 1993).

Horner & Lessem (1993) señalan que un animal cazador debe ser capaz de inmovilizar a sus presas, y los brazos con fuertes garras en los dedos juegan un papel importante en este aspecto. Dinosaurios terópodos de gran tamaño como *Allosaurus fragilis* del Jurásico de Norteamérica y *Giganotosaurus carolini* del Cretácico medio de América del Sur son un buen ejemplo de carnívoros grandes dotados de grandes brazos y garras., las cuales ayudaban a aferrar bien a las presas. Sin embargo, los brazos de *Tyrannosaurus rex* son extremadamente pequeños

en comparación con el tamaño del mismo animal (Horner & Lessem, 1993) y estos solo contaban con dos dígitos en cada mano (Holtz, 2004). Según Horner & Lessem (1993) cualquier animal cazador debe ser capaz de inmovilizar a sus presas, algo que *Tyrannosaurus rex* no podía hacer.

No obstante, a pesar de ser pequeños, los brazos del *Tyrannosaurus rex* eran fuertes (Currie, 1997) capaces de cargar hasta 200 kilogramos de peso. Otra cualidad que presentaba *Tyrannosaurus rex* era su gran cabeza dotada con una mordida capaz de triturar huesos (Molnar, 2008; Molina-Pérez & Larramendi, 2016). La evolución de los tiranosauridos de gran tamaño favoreció el incremento de tamaño del cráneo y una mayor amplitud y fuerza de mordida (Molnar, 2008; Holtz, 2004; Hone, 2016), convirtiéndose en la herramienta más importante para poder atrapar y matar a sus presas. Al desarrollar una cabeza grande con mordida fuerte, los brazos pasaron a "segundo plano" reduciendo considerablemente su tamaño, ganando un punto a favor para poder mantener el equilibrio en la parte delantera del cuerpo del animal (Paul, 1988; Currie, 1997). El cráneo de *Tyrannosaurus rex* estaba pneumatizado (Holtz, 2004; Witmer & Ridgely, 2009) y las fenestras ayudaban a absorber el impacto generado

de la fuerza de mordida dirigida hacia sus presas; el cuello corto estaba reforzado con músculos grandes y gruesos que habrían soportado el forcejeo de sus presas una vez apresadas entre sus fauces (Molnar, 2008; Hone, 2016).

Horner & Lessem (1993) apuntan que una característica indispensable en los animales carroñeros es el desarrollo de un sentido del olfato agudo, algo que se observa en el *Tyrannosaurus rex* (Stokad, 2006; Witmer & Ridgely, 2009). El lóbulo olfatorio en el cerebro de este animal era bastante grande y bien desarrollado, lo que le habría permitido al animal detectar el olor tanto de animales muertos como el de los vivos en su entorno (Stokad, 2006). Sin embargo, *Tyrannosaurus rex* tenía una visión binocular y estereoscópica con la cual podía juzgar la profundidad y distancia a la que se encontraban sus presas potenciales (Stevens, 2006; Stokad, 2006; Holtz, 2004; Hone, 2016; Witmer & Ridgely, 2009) y esta cualidad habría sido más eficiente en un animal cazador que en un animal carroñero. También su sentido del equilibrio estaba bien desarrollado gracias a la estructura del oído interno (Stokad, 2006), esto le permitía al animal realizar movimientos rápidos y precisos, así como presentar una buena coordinación entre el movimiento de los ojos y el movimiento de la cabeza, convirtiendo al *Tyrannosaurus rex* en un animal sorprendentemente ágil y sensible (Stokad, 2006; Witmer & Ridgely, 2009).

Horner & Lessem (1993) señalan que *Tyrannosaurus rex* era un animal que no podía correr, ya que las proporciones de los huesos de las extremidades posteriores son casi del mismo tamaño (fémur-tibia), una característica que solo se observa en animales que no pueden correr. Advierten que una característica para un animal cazador es la capacidad de poder perseguir a sus presas y mantienen que *Tyrannosaurus rex* no podía hacerlo. Paul & Christiansen (2000) estiman que un *Triceratops* adulto (9 metros de largo y 6,000 Kg. de peso) era capaz de "galopar" a una velocidad que oscilaba entre los 40-50 km/hora, y Manning (2009) postula que los hadrosaurios podían alcanzar hasta los 45 km/hora; siendo notoriamente más rápidos que *Tyrannosaurus rex*. Los más recientes estudios biomecánicos dan soporte a este aspecto (Hutchinson & García, 2002; Hutchinson et al. 2005; Seller et al 2017) y

establecen que *Tyrannosaurus rex* era un animal que se dedicaba básicamente a caminar o bien a andar a un paso rápido tipo trote.

Tal vez las formas adultas y robustas de *Tyrannosaurus rex* carecían de la velocidad, pero esto no era la regla para las formas juveniles y sub-adultas: estas presentaban una anatomía más grácil y liviana a diferencia de los animales adultos, por lo que durante esta etapa de crecimiento eran animales bastante rápidos (Hutchinson et al. 2005, Hone, 2016, Molina-Pérez & Larramendi, 2016). Estudios biomecánicos en especies de tiranosaurios no tan grandes como *Albertosaurus arctunguis* y *Lythronax argestes* (con un peso que oscilaba entre los 1400 y 2500 kilogramos aproximadamente) han calculado velocidades que oscilan entre los 38 a 40 km/hora (un *Tyrannosaurus rex* sub-adulto con el mismo peso pudo haber alcanzado estas velocidades: Molina-Pérez & Larramendi, 2016), mientras que tiranosaurios juveniles por debajo de los 1000 kilogramos de peso podían alcanzar velocidades de hasta 60 km/hora (Molina-Pérez & Larramendi, 2016), lo suficientemente rápidos para poder perseguir a sus presas a velocidades elevadas. Otro aspecto que hay que remarcar, es que en la actualidad los grandes carnívoros suelen fijar su atención hacia presas más vulnerables y fáciles de atrapar al momento de cazar (animales más jóvenes, viejos y/o enfermos); es razonable pensar que *Tyrannosaurus rex* debió haber seguido el mismo patrón de conducta, por lo que el tema de la velocidad no es un punto fuerte para confirmar la propuesta de Horner & Lessem (Fig. 3).

Existen evidencias que indican acto de predación por parte de *Tyrannosaurus rex*, en donde las presas fueron atacadas, pero lograron sobrevivir a dichos ataques; esto se sabe en base a huesos de vertebras de hadrosaurios y otros dinosaurios herbívoros en donde dientes de tiranosaurio infligieron heridas, pero estas después cicatrizaron (DePalma et al. 2013); arrojando pruebas de que los *Tyrannosaurus rex* cazaban, pero no todos los ataques eran exitosos.

Hay registro de que los tiranosaurios vivían en manadas, se han encontrado yacimientos fósiles de varias especies de tiranosaurios en donde hay una asociación de miembros de la misma especie en diversas etapas de desarrollo (Currie, 1998; Young

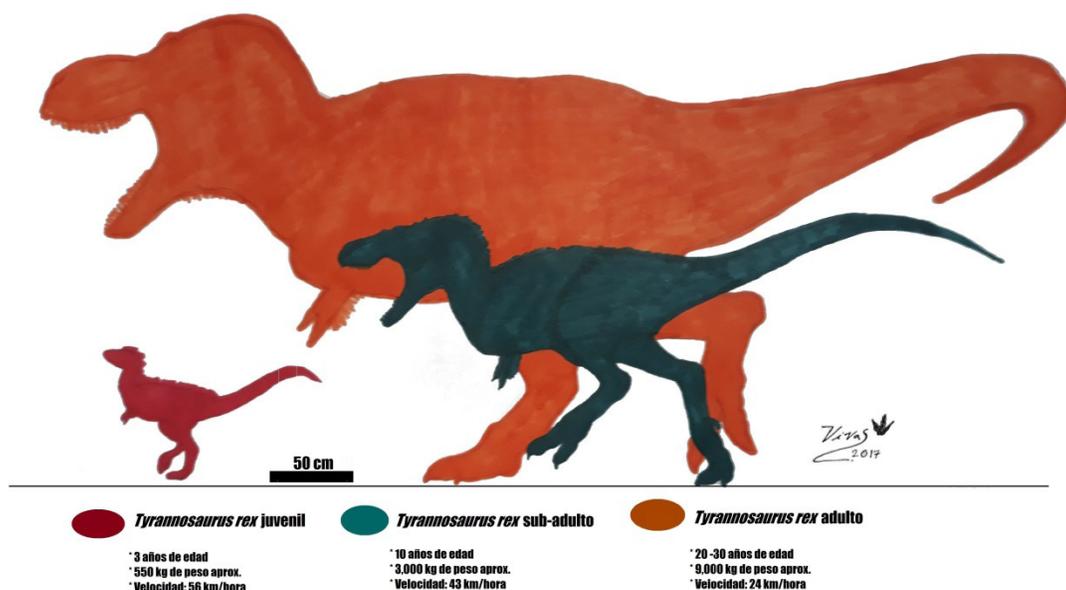


Figura 3. Comparación de *Tyrannosaurus rex* en diferentes etapas de su crecimiento. *Tyrannosaurus rex* presentaba un ritmo de desarrollo bastante rápido comparable al de los mamíferos actuales, creciendo de manera acelerada durante los primeros 15 años de vida y aminorando drásticamente al llegar a su estado adulto. Eran animales bastante ágiles y rápidos en sus formas juveniles y sub-adultos, reduciendo dichas cualidades conforme alcanzaban su estado adulto y complejidad robusta. Escala de la barra: 50 cm.

& Currie, 2011). También hay registros de huellas de tiranosaurios de diversos tamaños asociadas entre sí, dando soporte a la noción de comportamiento gregario en estos dinosaurios carnívoros (McCrea et al. 2014). Lo anterior sugiere que los tiranosaurios como *Tyrannosaurus rex* y demás parientes grandes debieron haber tenido una estructura social desarrollada, cuidándose entre sí, posiblemente estableciendo jerarquías y permitiéndoles realizar estrategias de cacería grupal basadas en la repartición de tareas entre miembros de diversas edades (Young & Currie, 2011). Se especula que los animales más jóvenes y de complejidad ligera pudieron haber sido los indicados para el acto de persecución y acorralamiento de las presas potenciales, llevándolas hacia el sitio en donde los adultos se encargaban de hacer la emboscada final (Young & Currie, 2011).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El *Tyrannosaurus rex* es el mayor dinosaurio terópodo descubierto hasta ahora en Norteamérica, el cual vivió hace 65 millones de años durante fines del periodo Cretácico. Era un animal dotado con unas grandes y fuertes fauces capaces de inhabilitar a sus presas casi instantáneamente. Esto garantizaba un porcentaje de éxito elevado al momento de cazar, ya que podía matar y/o inmovilizar a su presa al instante al momento de infligir la mordida.

Uno de los sentidos más desarrollados era el olfato, y este ha sido uno de los puntos de mayor fuerza para

quienes soportan la teoría de que *Tyrannosaurus rex* era un animal carroñero (Horner & Lessem, 1993). No obstante, el sentido de la vista también estaba bien desarrollado: los ojos eran grandes (casi del tamaño de una pelota de béisbol) y estaban dirigidos hacia el frente, dándole una mejor percepción de la profundidad de los objetos en su entorno a diferencia de otros dinosaurios carnívoros, cuya visión era periférica. Se piensa también que su visión debió haber sido policromática, permitiéndole distinguir una gran variedad de colores similares a los que perciben los reptiles y aves actuales (Stevens, 2006).

El hecho de que *Tyrannosaurus rex* presentara una estructura del oído interno delicada también era una característica poco usual para un animal de gran tamaño, siendo comparable a la observada en dinosaurios terópodos más pequeños como los dromeosauridos (raptores) y ornitomimidos (dinosaurios tipo avestruz). Esto indica un animal con un sentido de equilibrio bien desarrollado y capaz de coordinar sus movimientos de manera rápida y precisa (Stokad, 2006; Witmer & Ridgely, 2009), siendo un aspecto indispensable para actividades de predación. *Tyrannosaurus rex* podía desplazarse sigilosamente y cambiar de dirección en respuesta a la dirección que tomara su presa, así como percibir sonidos de baja frecuencia.

En la actualidad, los paleontólogos concuerdan en que los dinosaurios carnívoros no “rugían” (a diferencia de lo que Hollywood nos ha hecho y nos sigue haciendo creer); ya que la capacidad de rugir es una característica

exclusiva de los mamíferos. Parientes vivos más cercanos (cocodrilos, caimanes y la descendencia de los dinosaurios terópodos: las aves) son capaces de producir una gran variedad de sonidos, por lo que los dinosaurios debieron haber sido capaces de generar los suyos (Senter, 2008). Se piensa que los dinosaurios terópodos como el *Tyrannosaurus rex*, debieron haber producido una serie de sonidos muy semejantes a las vocalizaciones que realizan los cocodrilos y caimanes en la actualidad, los cuales tienden a ser sonidos graves y de baja frecuencia (Senter, 2008). Un sonido de esta naturaleza proveniente de un animal de 9 toneladas de peso pareciera no ser tan impactante como al “rugido” con el cual estamos acostumbrados a asociar a semejante animal; sin embargo la realidad es que una cualidad así, aunada con las características sensoriales desarrolladas por tan sorprendente terópodo, debieron haber sido una experiencia aterradora, ya que no hay algo más peligroso que un animal que no emite ningún ruido estridente y que tiene la capacidad de acercarse a sus presas sigilosamente.

La velocidad a la que podía desplazarse un *Tyrannosaurus rex* adulto era relativamente baja, pero podía acelerar el paso rápidamente y mantenerlo de manera constante, aunque solo por un periodo de tiempo breve (Hutchinson et al. 2005). A pesar de que varias de las presas eran un poco más rápidas que un tiranosaurio adulto (Paul & Christiansen, 2000; Manning, 2009) hay que remarcar que estos dinosaurios terópodos eran animales sociales y vivían en grupos conformados por individuos de diversas edades (Currie, 1998; Young & Currie, 2011; McCreary et al. 2014). Las formas juveniles y sub-adultas carecen de la morfología robusta y pesada, con las proporciones de los huesos de las extremidades traseras adecuadas para correr y realizar persecuciones prolongadas (Hutchinson et al. 2005, Molina-Pérez & Larramendi, 2016), haciéndolos aptos para perseguir a las presas, posiblemente guiándolas hacia el lugar donde los adultos esperaban para atestar el ataque final, un comportamiento bastante parecido a lo que se observa en los animales cazadores actuales con estructura social definida (Young & Currie, 2011). El debate de “predador vs carroñero” dista mucho de terminarse; no obstante, la mayoría de los científicos actualmente considera que *Tyrannosaurus rex* (al igual que los grandes carnívoros modernos) debió

haber sido un animal que podía recurrir a ambos tipos de conducta dependiendo la situación que se presentara; y esto aplicaría también para otros dinosaurios carnívoros de gran tamaño (Holtz, 2004, 2012; Hone, 2016).

Si *Tyrannosaurus rex* presentaba o no plumas, sigue siendo un debate abierto: Solo se cuenta hasta el momento con algunas pequeñas áreas de impresiones de piel en algunas especies de tiranosaurios avanzados y más cercanos a *Tyrannosaurus rex*, revelando presencia de piel escamosa. La consistencia en tamaño y forma de las escamas en las diversas regiones del cuerpo en las que hasta ahora han sido reportadas parecen reflejar una distribución uniforme y conservadora para todo el cuerpo (Mikhailov vía Carpenter, 1999; Currie & Koppelhus, 2015; Currie & Koppelhus, 2015; Bell et al. 2017). Las formas juveniles probablemente presentaban plumas y estas se irían perdiendo al crecer (Hone, 2016). No se descarta la presencia de plumas (aunque de forma escasa) en las formas adultas, aunque la tendencia habría sido perderlas en su totalidad, probablemente respondiendo a fines termoregulatorios (Bell et al. 2017).

La única manera de despejar dudas sería con el descubrimiento de una momia de *Tyrannosaurus rex*, un hallazgo que no sería descabellado teniendo en cuenta que se han encontrado otras momias de dinosaurios descubiertas recientemente (Murphy, Trexler & Thompson, 2006; Manning, 2009; Brown et al. 2017), es solo cuestión de tiempo para que un descubrimiento de esta naturaleza salga a la luz; con ello se resolverían varias dudas con respecto a la apariencia externa del *Tyrannosaurus rex*, y con seguridad surgirían nuevas sorpresas e interrogantes que seguirán dando a los paleontólogos nuevos cuestionamientos sobre los cuales trabajar.

Tyrannosaurus rex es y seguirá siendo por mucho tiempo más el dinosaurio carnívoro favorito del público, y los nuevos hallazgos que se hagan en las próximas décadas seguramente fortalecerán su popularidad y atraerán a toda una nueva generación de paleontólogos que intentaran descifrar la naturaleza del mundo prehistórico de nuestro planeta y como esta ha ido evolucionando hasta llegar al estado actual.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi querido amigo, el doctor Héctor Rivera Silva, encargado del Laboratorio de Paleontología del Museo del Desierto de la ciudad de Saltillo (Coahuila) por su apoyo y amistad durante el desarrollo de mi tesis de maestría en aquella institución entre los años 2012-2013, así como por apoyarme en mi incursión hacia el mundo de la ilustración científica en esta rama y seguir fomentado hasta el día de hoy mi interés en el tema de la paleontología de dinosaurios. Agradezco a mi maestro, M.C. Gerardo Guajardo Martínez, por su apoyo en continuar con mi interés en el área de paleontología de vertebrados a pesar de las adversidades durante mis estudios de licenciatura. Agradezco al doctor (y también maestro mío durante mi formación profesional) Jesús Ángel de León González por su apoyo y por hacerme la invitación para publicar el presente artículo dentro de esta revista de divulgación científica que orgullosamente publica la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Quiero también agradecer a mis padres: María Guadalupe González Martínez y Rafael Vivas Carranza, por su apoyo y amor durante mi formación profesional y en seguir fomentando mi interés en el campo de la paleontología, así como también a mi novia Karina Elizabeth Martínez Contreras, por su amor y apoyo motivacional durante la elaboración del presente escrito. Quiero agradecer a todas aquellas personas (amigos, maestros, familiares y conocidos) que en algún momento de mi vida me brindaron su apoyo y amistad para poder realizar mis estudios de licenciatura y de posgrado en esta rama de las ciencias que siempre me ha apasionado.



LITERATURA CITADA

Bakker, R.T., 1986. *The Dinosaur Heresies: New Theories Unlocking the Mystery of the Dinosaurs and their Extinction*. Zebra Press: 481 Pp.

Bell, P.R., Campione, N.E., Persons IV, W.S., Currie, P.J., Larson, P.L., Tanke, D.H. & Bakker, R.T., 2017. Tyrannosauroid integument reveals conflicting patterns of gigantism and feather evolution. *Biology Letters*, 13: 20170092. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2017.0092>

Breithaupt, B.H., Southwell, E.H. & Matthews, N.A., 2008. Wyoming's *Dynamosaurus imperiosus* and Other Early Discoveries of *Tyrannosaurus rex* in the Rocky Mountain West. In Larson, P. & Carpenter, K., *Tyrannosaurus rex: The Tyrant King*. Indiana University Press: 57-62.

Brown, C.M., Henderson, D.M., Vinther, J., Fletcher, I., Sistiaga, A., Herrera, J. & Summons, R.E., 2017. An Exceptionally Preserved Three-Dimensional Dinosaur Reveals Insights into Coloration and Cretaceous Predator-Prey Dynamics. *Current Biology*: doi:10.1016/j.cub.2017.06.071

Carr, T.D., Varricchio, D.J., Sedlmayr, J.V., Roberts, E.M. & Moore, J.M., 2017. A new tyrannosaur with evidence of anagenesis and crocodile-like facial sensory system. *Nature: Scientific Report*, 7: 44942, DOI:10.1038/srep44942

Currie, P.J., 1997. Theropods. En Farlow, J.O. & Brett-Surman, M.K., *The Complete Dinosaur*. Indiana University Press: 216-233.

Currie, P.J., 1998. Possible Evidence of Gregarious Behaviour in Tyrannosaurids. *GAIA*, No. 15: 271-277.

Currie, P.J. & Koppelhus, E.B., 2015. The significance of the theropod collections of the Royal Tyrrell Museum of Paleontology to our understanding of Late Cretaceous theropod diversity. *Canadian Journal of Earth Science*, 52 (8): 620-629.

DePalma, R.A., Burnham, D.A., Martin, L.D., Rothschild, B.M. & Larson, P. L., 2013. Physical Evidence of predatory behavior in *Tyrannosaurus rex*. *PNAS*, Vol. 110 (31): 12560-12564.

Erickson, G.M., Makovicky, P.J., Currie, P.J., Norell, M.A., Yerby, S.A. & Brochu, S.A., 2004. Gigantism

and comparative life-history parameters of tyrannosaurid dinosaurs. *Nature*, Vol. 430: 772-775.

Fastovsky, D.E. & Weishampel, D.B., 2016. *Dinosaurs: A Concise Natural History*. Cambridge University Press, 3rd Edition: 477 Pp.

Holtz, Jr., T.R., 2004. Tyrannosauoidea. En Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólska, H., "The Dinosauria", University of California Press, 2nd Edition: 111-136.

Holtz, Jr., T.R., 2012. Theropods. In Brett-Surman, M.K., Holtz Jr., T.R. & Farlow, J.O., "The Complete Dinosaur", Indiana University Press, 2nd Edition: 347-378.

Hone, D., 2016. *The Tyrannosaur Chronicles: The Biology of the Tyrant Dinosaurs*. Publicaciones Bloombury: 304 Pp.

Horner, J.R. & Lessem, D., 1993. *The Complete T-rex: New Discoveries Changing Our Understanding of the Wolrd's Most Famous Dinosaur*. Touchstone Publishing: 240 Pp.

Hutchinson, J.R. & García, M., 2002. Tyrannosaurus rex was not a fast runner. *Letters to Nature*, Vol. 415: 1018-1021.

Hutchinson, J.R., 2005 "Analysis of hindlimb muscle moment arms in Tyrannosaurus rex: using a three-dimensional musculoskeletal computer model: implications for stance, gait, and speed", *Paleobiology*, 31 (4): 676-701.

Larson, P., 2008. One Hundred Years of Tyrannosaurus rex: The Skeletons. En Larson, P. & Carpenter, K., "Tyrannosaurus rex: The Tyrant King", Indiana University Press: 1-56.

Manning, P., 2009. *Grave Secrets of Dinosaurs: Soft Tissue and Hard Science*. National Geographic: 312 Pp.

McCrea, R.T., Buckley, L.G., Farlow, J.O., Lockely, M.G., Currie, P.J., Matthews, N.A. & Pemberton, S.G., 2014. *A Terror of Tyrannosaurs: The First*

Trackways of Tyrannosaurids and Evidence of Gregariousness and Pathology in Tyrannosauridae", *PLoS ONE*, Vol. 9 (7): e103613. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103613>

Mikhailov, K., 1999, pers. comm. via Carpenter, K., "Eggs, Nests and Baby Dinosaurs: A Look at Dinosaur Reproduction", Indiana University Press: 52-76.

Molina-Perez, R. & Larramendi, A., 2016. *Récords y curiosidades de los dinosaurios terópodos y otros dinosauriomorfos*. LAROUSSE: 288 Pp.

Molnar, R.E., 2008. Reconstruction of the Jaw Musculature of Tyrannosaurus rex. In Larson, P.L. & Carpenter, K., "Tyrannosaurus rex: The Tyrant King", Indiana University Press: 255-281.

Murphy, N.L., Trexler, D. & Thompson, M., 2006. Leonardo, a mummified Brachylophosaurus from Judith River Formation. In Carpenter, K., "Horns and Beaks: Ceratopsian and Ornithopod Dinosaurs", Indiana University Press: 117-133.

Myhrvold, C. L., Stone, H. A., & Bou-Zeid, E., 2012. What is the use of elephant hair?. *PloS One*, 7(10), e47018.

Paul, G.S., 1988. *Predatory Dinosaurs of the World: A Complete Illustrated Guide*. Simon & Shuster Editores: 464 Pp.

Paul, G.S. & Christiansen, P., 2000. Forelimb posture in neoceratopsian dinosaurs: implications for gait and locomotion. *Paleobiology* 26 (3): 450-465.

Paul, G.S., 2008. The Extreme Lifestyles and Habits of the Gigantic Tyrannosaurid Superpredators of the Late Cretaceous of North America and Asia. In Larson, P.L. & Carpenter, K., "Tyrannosaurus rex: The Tyrant King", Indiana University Press: 307-354.

Paul, G.S., 2012. Evidence of Avian-Mammalian Aerobic Capacity and Thermoregulation in Mesozoic Dinosaurs. In Brett-Surman, M.K., Holtz Jr., T.R. & Farlow, J.O., "The Complete Dinosaur",

- Indiana University Press, 2nd Edition: 819-872.
- Paul, G.S. 2016. The Princeton Field Guide to Dinosaurs. Princeton University Press, 2da Edición: 108-119.
- Pontzer, H., Allen, V. & Hutchinson, J.R., 2009. Biomechanics of Running Indicates Endothermy in Bipedal Dinosaurs. PLOS ONE, 4 (12): 10.1371/annotation/635e46fc-4be3-4f42-ad5c-ee3a276cd24f.
- Reid, R.E.H., 2012. How Dinosaurs Grew. In Brett-Surman, M.K., Holtz, Jr., T.R. & Farlow, J.O., "The Complete Dinosaur", Indiana University Press, 2nd Edition: 621-636.
- Sanz, J.L., 2007. Cazadores de Dragones: Historia del Descubrimiento e Investigación de los Dinosaurios", Editorial Ariel: 420 Pp
- Seller, W.I., Pond, S.B., Brassey, C.A., Manning, P.L. & Bates, K.T., 2017. Investigating the running abilities of Tyrannosaurus rex using stress-constrained multibody dynamic analysis. PeerJ 5: e3420; DOI 10.7717/PeerJ.3420.
- Senter, P., 2008. Voices of the past: a review of Paleozoic and Mesozoic animal sounds. Historical Biology, 20 (4): <https://doi.org/10.1080/08912960903033327>
- Stevens, K.A., 2006. Binocular vision in theropod dinosaurs. Journal of Vertebrate Paleontology, Vol 26 (2): 321-330.
- Stokad, E., 2006. Tyrannosaurus rex gets sensitive. Science, 10: 966-967.
- Witmer, L.M. & Ridgely, R.C., 2009. New Insights Into the Brain, Braincase, and Ear Region of Tyrannosaurus (Dinosauria: Theropoda), with Implications for Sensory Organization and Behavior. The Anatomical Record, 292: 1266-1296.
- Xu, X., Wang, K., Zhang, K., Ma, Q., Xing, L., Sullivan, C., Hu, D., Cheng, S., and Wang, S. 2012. A gigantic feathered dinosaur from the Lower Cretaceous of China. Nature, 484: 92-95.
- Young, J. & Currie, P.J., 2011. Dino Gangs: Dr. Phillip J. Currie's New Science of Dinosaurs. Collins Publishing: 318 Pp.