

# **FISIOLOGÍA ESPECIAL DEL MOVIMIENTO ANIMAL**

**Dr. Armando Álvarez Díaz DrC.**

## **INTRODUCCION**

La conducta animal como manifestación externa de la satisfacción de necesidades corporales ante estímulos endógenos y exógenos se expresa mediante acciones motoras del cuerpo en su lugar (movimiento "in situs") o locomotoras (movimiento de desplazamiento). El desplazamiento del cuerpo permite el traslado de un lugar a otro gracias a la progresión continua de una posición estática con modificación del estado de equilibrio debido a cambios deliberados y regulados, cuyo modo y duración determinan la forma de progresión

El movimiento animal es una actividad armónica de alta complejidad que requiere del control coordinado por el sistema nervioso central para la puesta en marcha de múltiples unidades de los sistemas muscular esquelético y óseo. La postura correcta es una condición vital tanto para el equilibrio estático como para el equilibrio dinámico ambulatorio, es decir, la postura correcta es condición indispensable para cualquier movimiento particular de cuya ejecución se trate.

Conocer el orden secuente del movimiento según la especie animal es respetarle su cronología y mejorar muestra relación con los animales al garantizarles el confort de vida para el desarrollo de esta importante acción motora al tiempo que les permitiremos manifestarse según sus intereses y necesidades.

## **BASES FISIOLÓGICAS.**

Es un hecho indiscutible que el movimiento animal despierta siempre interés por lo perfecto y armónico en que se desarrolla. Mediante el movimiento los animales satisfacen sus necesidades, es decir, se manifiestan externamente en sus acciones conductuales. El movimiento animal equivale a un cambio en el estado de equilibrio; un cambio deliberado y regulado, cuyo modo y duración determinan las acciones en su lugar (movimientos in situs) o acciones de progresión (movimientos de desplazamiento). En los vertebrados el esqueleto es un sistema de palancas rígidas (huesos) articuladas que son movidas por los músculos y sus formaciones conjuntivas accesorias bajo el control del sistema nervioso. La fuerza de la contracción muscular se transmite a un sistema mecánico dando origen al movimiento organizado de las extremidades, alas, aletas etc., por lo que cuando se define movimiento animal (musculatura esquelética con gobierno nervioso) no estamos hablando de mover un músculo

o un grupo de músculos en particular, sino que hablamos de mover una determinada parte del cuerpo o el cuerpo como un todo.

El esqueleto de los animales domésticos (vertebrados superiores) representa un conjunto simétrico que resulta de la unión de los huesos entre si por las articulaciones que dan a las distintas piezas óseas una movilidad que permite variadas posiciones de equilibrio y movimientos parciales o totales cuya extensión y dirección están determinadas por las forma de las superficies óseas que se correspondan. Los mamíferos y aves, animales poseedores de extremidades presentan una importante especialización de estos apéndices tal como se observa en los mamíferos de hábito corredor en que junto con la posesión de un eje raquídeo más rígido presentan un mayor grado de refinamiento de sus unidades locomotrices (caballo) o eje raquídeo más compacto con desarrollo de las alas (águila). A los efectos anatómo-fisiológicos el sistema locomotor se divide en órganos pasivos (huesos, articulaciones, cartílagos, tendones, aponeurosis y sistemas sinoviales) y órganos activos (musculatura esquelética o voluntaria).

Los huesos constituyen el almacén esencial del cuerpo sobre el cual trabajan las restantes unidades del sistema por lo que están expuesto a cargas que soportan gracias a su especial citoarquitectura. La estructura esponjosa de los huesos puede ser considerada como una adaptación máxima a las acciones mecánicas que experimenta el sistema óseo pues las trabéculas y las laminas que lo conforman se orientan en el sentido de la mayor presión y tracción. Los huesos largos de las extremidades son particularmente huecos lo que asegura su acción de soporte del cuerpo al tiempo que aligeran el peso del esqueleto. Los huesos planos (escápula y coxal) proporcionan intensas áreas de inserción para músculos procedentes de múltiples direcciones propiciando una gran variedad de movimientos. Los huesos cortos del carpo y tarso permiten una gran movilidad y flexibilidad armónica a las terminaciones de las extremidades. Los huesos irregulares de la columna vertebral debido a sus numerosas apófisis aseguran la inserción de músculos que tienden a sujetar y fijar la columna pero que le garantizan la libertad de movimientos necesarios para el sostén y la progresión corporal.

El conjunto móvil que forma la yuxtaposición de los huesos recibe el nombre de articulación o de artrosis cuya clasificación depende del número de huesos y la morfología de las superficies articulares. La cavidad de una articulación diartrodial contiene el líquido sinovial que evita la fricción de las caras óseas sólidas por lo que al lubricar impide desgaste y generación de calor local y que se mantiene en su lugar por la presencia de la membrana que a su vez esta rodeada por una cápsula fibrosa que presenta músculos capsulares insertos con acción tensora auxiliar. Cuando la superficie de contacto articular no concuerdan, se establece la concordancia mediante formaciones fibrocartilaginosas llamadas meniscos. Los huesos sesamoideos, que tienen

estructuras idénticas a los del esqueleto, pueden completar las superficies articulares en articulaciones excesivamente anchas.

Los tendones, componentes no contráctiles de la unidad motora, reciben el esfuerzo de tracción definitivo de las fibras musculares por lo que poseen una considerable fuerza de resistencia. Además de los tendones de inserción bien desarrollados en la musculatura apendicular aparecen formaciones tendinosas en las intersecciones de los haces musculares. En relación con el mantenimiento de la postura corporal (animal en pie) cuanto más es empleado un músculo para soportar el peso, mayor será su componente relativo tendinoso por lo que las extremidades locomotoras de los caballos, que pasan una parte de su vida en posición de estación, tienen un contenido relativo superior de fibras tendinosas que las extremidades del perro.

Las aponeurosis se constituyen muchas veces en medios de inserción de los músculos existen algunas que sin formar parte integrante de estos, desempeñan un importante papel en la contracción muscular como son las aponeurosis de cubierta de los miembros y las aponeurosis que estando fijas al sistema hueso - tendón forman vainas que alojan a los músculos y se constituyen en camisas de fuerzas o túneles de correderas para garantizar el deslizamiento del cuerpo muscular por lo que evita la deformación y asegura el sostenimiento direccional de la contracción así como la fuerza estable de arrastre mecánico.

Los órganos activos del movimiento se corresponden con la musculatura esquelética o voluntaria y por lo tanto sometida al control del sistema nervioso. La función primordial de la musculatura esquelética es el mantenimiento de la estación, la ejecución de los movimientos que en posición de estación efectúan los animales y los movimientos de locomoción que permiten la facultad de trasladarse de un lugar a otro mediante la progresión continua a partir de un estado de reposo o estacionario. La actividad muscular compensa además, los esfuerzos de flexión y tracción lateral que experimentan los huesos de las extremidades al tiempo que los músculos son los constituyentes principales de la pared de las cavidades corporales.

En el plano motor todo músculo responsable de un movimiento corporal se designa como promotor o motor principal o agonista mientras que su oponente es el antagonista de la acción. En función a la versatilidad del movimiento animal toda acción desarrollada en un sentido tiene implícito su ejecución en sentido contrario por lo que en un momento dado, un músculo puede ser agonista y en otro momento comportarse como antagonista. Los músculos que auxilian al motor principal se denominan motores secundarios. Los músculos que tienen a su cargo los movimientos en los vertebrados superiores, constan de numerosas fibras provista de nervios. La enervación de la musculatura esquelética para el movimiento es responsabilidad del sistema nervioso central, constandingo de fibras sensitivas que se originan en el sistema de receptores especializados, los husos musculares y tendinosos de Golgi, para reconocer velocidad de cambio, longitud

y tensión de las fibras musculares y fibras motoras, de motoneuronas de tipo alfa y gamma, responsables la primera de la enervación motora de acción de las fibras musculares y la segunda de la adaptación del sistema intrafusar del huso muscular. La cantidad de fibras motoras que llegan a los músculos, área de inervación, depende de la exactitud y precisión del movimiento que desarrolle el músculo, es decir, mientras mas preciso el movimiento mayor cantidad de fibras nerviosas que inervarán escasas fibras musculares. A la musculatura esquelética llegan también fibras nerviosas del sistema vegetativo responsables de las modificaciones del calibre de los vasos sanguíneos según actividad o necesidad tisular por lo que se constituyen en las reguladoras del riego sanguíneo. Aunque la actividad muscular es completamente variable, compleja y versátil, según su función primaria los músculos pueden clasificarse en: flexores, extensores, abductores (lateralidad) y aductores (medialidad).

Los vertebrados superiores pueden considerarse desde el punto de vista mecánico como maquinas complejas formadas por el conjunto y combinación de maquinas simples (palancas, poleas, cuñas y planos inclinados). En general, a la par de las mas simples, las maquinas mas importantes de la economía animal son las palancas. El mecanismo de palanca es la forma general de actuar cualquiera que sea el tipo de movimiento muscular esquelético y se clasifican en tres géneros: palancas de primer genero que tienen el punto de apoyo o articulación entre los lugares de aplicación de los brazos de potencia (BP) y resistencia (BR) por lo que en este tipo se produce el efecto de equilibrio ( $BR = BP$ ) señalándose como ejemplo, en el caso del hombre y los primates, el sostenimiento de la cabeza sobre la articulación occipito-atlantoidea; palancas de segundo genero de donde el brazo de potencia es mas largo que el brazo de resistencia estando por lo tanto la velocidad sacrificada a la fuerza correspondiéndose con el efecto de fuerza ( $BP > BR$ ) citándose como ejemplo la palanca del músculo macetero y palancas de tercer genero que se corresponden con las de mayor distribución en la economía animal siendo por excelencias palancas de locomoción ya que el brazo de resistencia es mayor que el brazo de potencia por lo que traducen el efecto velocidad ( $BP < BR$ ) tal como se observa en los bíceps. Los centros de rotación de las palancas son las articulaciones.

A los efectos adaptativos a las condiciones de vida se describen adaptaciones morfológicas del cuerpo animal tales como las extremidades palmeadas de la foca y la ballena, el pie excavador del topo, las alas, las extremidades posteriores y la distancia entre hombros del murciélago, las patas impulsoras, la pelvis y los huesos de la bolsa del canguro y las adaptaciones natatorias del ornitorrinco.

#### **- Estática del cuerpo animal.**

La posición de equilibrio es mantenida por las diferentes especies de animales de distintas forma en dependencia a la disposición general del aparato locomotor, el peso corporal y las condiciones de vida del individuo. Los efectos

estáticos de la contracción muscular dan lugar a las actitudes que permiten a los animales el permanecer por cierto tiempo en estado de reposo relativo, bien en pie o en otra posición adecuada o bien apoyados en cierto modo a otro animal o a un objeto cualquiera. La constitución del organismo animal responde a los principios fundamentales de la estática.

En los cuadrúpedos la constitución de conjunto responde al concepto de "Puente de arco tenso de Gray y Slijper" según la cual la parte encargada de soportar el peso del cuerpo esta suspendida por sus extremos mediante un arco formado por las vértebras dorso-lumbares, la pelvis y los músculos y ligamentos presentes en esta región mientras que la cuerda tensora del arco la constituyen el esternón, la línea alba y el músculo recto-abdominal. Lo anteriormente expresado permite que en los cuadrúpedos, las fuerzas de tensión, tracción y presión se equilibran a nivel del arco lo que evita que toda la carga descansa sobre las extremidades.

La columna vertebral como estructura biológica presenta aspectos interesantes evolutivos según la especie animal. En primer lugar las apófisis de los huesos raquídeos en el sentido de su disposición están adaptadas a las exigencia del sostén y del movimiento corporal por lo que puede afirmarse que esta disposición restringe la flexión lateral pero favorece la progresión hacia adelante. Se plantea que la diferencia clásica entre la columna vertebral de un cuadrúpedo y de un bípedo consiste en el desarrollo de las apófisis de las vértebras torácicas, cuya longitud en los cuadrúpedos, esta en conexión con el soporte de la cabeza. La columna vertebral puede ser comparada con una barra flexible por la combinación entre la maciza musculatura dorso-lumbar formada por una serie de pequeños músculos que garantizan la típica disposición segmentaria de las vértebras y los músculos vigorosos de la región, como el gran dorsal, que representan potentes masas musculares que pasan de una a otra región. En la región cervical una serie de músculos van desde la cabeza y el cuello hasta el esternón y las extremidades anteriores para ayudar al movimiento flexor del cuello y otros hasta la inserción de las apófisis de las vértebras torácicas para cooperar en el movimiento de extensión y alzada de la cabeza y el cuello. La cola o rabo, de tamaño reducido en la mayoría de los mamíferos es un factor accesorio de equilibrio.

Las extremidades, adaptadas entonces a un sistema de equilibrio, se constituyen en el sistema de sostén del cuerpo contra la gravedad al tiempo que por el grado de articulación particular que presentan con relación al cuerpo ejecutan funciones específicas como el amortiguamiento clásico de las anteriores y el efecto impulsor de palanca de las posteriores durante el desplazamiento del cuerpo. La conexión solamente muscular de las extremidades anteriores con el tronco proporciona un sistema amortiguador de choques semejantes a un resorte que asegura una evidente libertad de movimientos aunque al no poseer una conexión articulada tiene limitado el

movimiento en muchas direcciones. Este tipo de conexión muscular de las extremidades anteriores permiten el movimiento en sentido craneal o caudal de la escápula para la propulsión y el movimiento dorsal o ventral causado por el impacto con la superficie terrestre. En el caso de las extremidades posteriores la articulación ósea de la cadera (coxo-femoral) garantiza mas libertad de movimientos al tiempo que permiten el esfuerzo de tracción de palanca para impulsión del cuerpo en su desplazamiento. La pelvis se mantiene sujeta al eje raquídeo mediante potentes músculos, ajustados ligamentos y uniones óseas de manera que aun cuando ella junto con el sacro y la cola pueden moverse con cierta independencia respecto al eje central columnar. Prácticamente la movilidad entre la pelvis y el sacro es casi imposible. Por el tipo de inserción, de carácter articular, el movimiento de las extremidades posteriores permiten acción motora de abducción (lateralidad) y adducción (medialidad).

Las uñas de los gatos, afiladas y retráctiles, son de una gran ayuda para trepar, dar zarpazos y fijar la presa. Los gatos como felinos, son animales "digitígrados", es decir, que caminan sobre la punta de los dedos por lo que sus movimientos de desplazamiento pueden ser prácticamente imperceptibles. Los tejones, al igual que los osos y las personas, son animales "plantígrados" que caminan sobre las plantas de los pies.

El centro de gravedad del cuerpo animal, de extraordinaria importancia estática y dinámica, se localiza en diferentes posiciones según la constitución de conjunto de la especie animal de que se trate. En el caballo se describe el centro de gravedad "perfecto" que se encuentra en un punto de intersección entre una línea recta que pase unos dos traveses de dedos por detrás de la apéndice xifoides del esternón en proyección vertical y una línea que se proyecte lateralmente entre el tercio medio e inferior del tórax; en este punto de contacto de ambas líneas imaginarias se localiza el centro de gravedad lo que decide en esta especie un movimiento de desplazamiento armónico y de gran belleza con acción sinérgica de las cuatro extremidades.

En los rumiantes el centro de gravedad se localiza algo hacia atrás del punto descrito para el equino por lo que al desplazarse son pesados de atrás mientras que en el perro el centro se ubica algo adelante y al correr dan la impresión de irse hacia adelante. El cerdo presenta su centro de gravedad al mismo nivel que el caballo. La ubicación del centro de gravedad permite que el caballo pueda ejercer acciones de tiro y velocidad, los bovinos acciones de tiro y los perros de velocidad.

La línea imaginaria que une los puntos de apoyo de las extremidades en el suelo, cuatro para los cuadrúpedos y dos para los bípedos, representa la base de sustentación mientras que la línea de gravedad traduce la recta que desciende desde el centro de gravedad hacia el suelo y cae dentro de la base de sustentación. Se entiende por posición de equilibrio cuando la línea de gravedad cae dentro del área de la base de sustentación que cambia el plano

de proyección según sea el equilibrio estático o dinámico pero que bajo ningún concepto puede desplazarse por fuera de la base ya que esto provocaría la caída del animal por pérdida del equilibrio. Por la amplitud de la base de sustentación los cuadrúpedos tienen un mejor equilibrio que los bípedos.

Se conoce como "estación" a la posición de equilibrio natural en la cual la proyección vertical del centro de gravedad se sitúa en su lugar según la especie dentro de la base de sustentación manteniendo el cuerpo inmóvil y perfectamente sostenido por las extremidades extendidas. La estación cuadrúpeda, propia de la mayoría de los mamíferos, puede ser libre o forzada. La denominada "estación libre" es típica del caballo ya que a pesar de tener las cuatro extremidades apoyadas en el suelo, generalmente solo tres sostienen el cuerpo por lo que una de las posteriores puede ser semiflexionada y apoyada con el borde anterior del casco, acción que se alterna con su homóloga del lado contrario. Este tipo de estación libre garantiza a los animales el descanso en pie e incluso el dormir. En la "estación forzada" las cuatro extremidades sostienen proporcionalmente el peso del animal y es típica de la mayoría de los mamíferos. La "estación bípeda", hombre, primate y aves, depende de la verticalidad en las dos primeras especies mencionadas pero en las aves depende de la superior longitud proporcional de sus extremidades y una mayor separación de los dedos (aves terrestres) aumentando la base de sustentación que se incrementa aun más cuando flexionan los metatarsos hasta apoyar los tarsos en el suelo.

La posición de estación o de equilibrio estático o del animal en pie sin desplazarse se produce cuando este está en reposo o en estado de inmovilidad relativa ya que externamente se observan movimientos oscilatorios del tórax y abdomen para la respiración, contracciones tónicas de la musculatura esquelética, movimientos mandibulares y parpadeo mientras que internamente se desarrolla la actividad mecánica muscular cardiovascular, digestiva, uréterovesical etc.

El mantenimiento de la posición de estación conlleva a fijar las articulaciones de las extremidades mediante los dispositivos ligamentosos y musculares de manera que las musculaturas flexoras y extensoras actúen sincrónicamente con un consumo mínimo de energía. El mantenimiento de la posición estática puede producir al principio cansancio y al final fatiga muscular en el tiempo de sostén del cuerpo contra la gravedad. El tiempo de presentación de la fatiga muscular en las diferentes especies de animales depende de dos importantes factores: la angularidad de las articulaciones y el aplomo de las extremidades.

## **DINAMICA DEL CUERPO ANIMAL.**

El movimiento animal incluye dos tipos de acciones básicas motoras, una comprende los movimientos efectuados por el animal en el lugar (movimientos in

situ) y otra agrupa los movimientos de progresión del cuerpo con diferentes objetivos (movimientos de desplazamiento).

## **MOVIMIENTOS IN SITUS.**

Los animales en posición estática sin desplazar la base de sustentación pueden producir movimientos de parte del cuerpo tales como la actividad masticatoria, el movimiento de las orejas hacia fuentes sonoras, el movimiento de la piel y la cola para alejar insectos, etc.. Estos movimientos al ser de áreas determinadas con objetivos específicos no se incluyen dentro del grupo de movimientos que el animal efectúa con el cuerpo en su integración como un todo. Los movimientos "in situ" son aquellos que los animales realizan sin necesidad de desplazar su cuerpo tal como son: echarse, decúbito, levantarse, cocear y encabritamiento y deben de conocerse porque mediante ellos se establecen acciones conductuales de los animales que son necesarias tomar en consideración para su manejo y tenencia.

En la acción de echarse los animales desarrollan una serie de movimientos coordinados, según la especie, que les permiten reposar el cuerpo sobre el suelo. En especies como el caballo y los bovinos la acción de echarse es consecuencia de las condiciones de vida evolutiva ya que los caballos al mantenerse en las sabanas se echaban rápida y bruscamente producto de que el pasto amortiguaba la caída y así vemos que cronológicamente agrupan las cuatro extremidades bajo el cuerpo reduciendo la base de sustentación manteniendo la cabeza hasta ese momento en alto oteando el horizonte ante la posible presencia de depredadores para seguidamente descender la cabeza y cuello al tiempo que relajan los músculos de las extremidades dejándose caer pesadamente sobre un costado. Los bovinos al descansar en zonas boscosas descienden primero la cabeza para observar cualquier movimiento de depredadores por debajo de las ramas de los árboles, seguidamente apoyan una extremidad anterior flexionándola, después la otra y a continuación dirigen las extremidades posteriores hacia adelante flexionándolas progresivamente para dejarse caer suavemente sobre una manteniendo la otra extremidad hacia adelante. Conocer la forma de echarse de los equinos y bovinos permite que cuando estén alojados en bóxer con piso duro tengamos siempre presente que debemos de crearle una cama de heno mas gruesa al caballo que al bovino para evitar que se lesione.

El cerdo y los carnívoros a menudo flexionan primero las extremidades posteriores y después las anteriores para a continuación situar el cuerpo sobre los cuatro miembros flexionados o sobre las dos extremidades posteriores flexionadas. En la cerda parida el movimiento de echarse se inicia descendiendo la cabeza y el cuello removiendo el heno o cama con el hocico para ahuyentar a los cerditos, como medida de protección y seguidamente flexionan una extremidad anterior, luego la otra y finalmente se dejan caer suavemente sobre



un costado. En el caso de las aves flexionan las dos patas a la vez para apoyar el cuerpo sobre el suelo o sobre una percha.

La acción de decúbito se describe como un tipo de movimiento por cuanto varias especies cambian de posición aunque más que un movimiento puede ser considerado una actitud. La posición de decúbito la toman los animales para descansar, dormir, esconderse de los depredadores y en los rumiantes es preferencial para el acto de la rumia. El caballo descansa en decúbito esternal sobre un lado del cuerpo manteniendo la cabeza y el cuello erguidos con todas las extremidades flexionadas; en caso de agotamiento físico los caballos pueden adoptar el decúbito lateral acostándose a todo lo largo del cuerpo con las extremidades en semiflexión y la cabeza y el cuello en descanso.

Los rumiantes en general descansan en decúbito esternal como el caballo con la diferencia de que en periodos de sueño profundo y paradójico llegan a reposar la cabeza directamente sobre el suelo o doblando el cuello la pueden descansar sobre el hombro o el abdomen. Un rumiante en decúbito lateral solo se observa en la hembra al momento del parto o en un animal muy enfermo. Conocer la actitud de decúbito de los grandes animales domésticos (caballo y bovino) nos permite darles confort al construir un bóxer más amplio para los caballos que para los bovinos, permitiéndole a los primeros descansar cómodamente en decúbito lateral de estar muy fatigados.

El cerdo generalmente descansa en decúbito lateral mientras que los perros y gatos lo hacen en decúbito esternal situando las extremidades posteriores debajo del cuerpo y las anteriores flexionadas a nivel del codo y dirigidas hacia adelante manteniendo la cabeza erguida o apoyada sobre las extremidades anteriores extendidas, no obstante ambas especies pueden adoptar una posición conocida por "enrollada" en el decúbito de manera tal que la columna vertebral toma postura de lordosis al tiempo que pliegan las extremidades y la cabeza la ubican, flexionando el cuello, en reposo sobre el abdomen o las extremidades posteriores. Se plantea que el decúbito enrollado se corresponde con sueño tranquilo y profundo. En el perro una posición de decúbito esternal "termorreguladora" se describe como respuesta ante condiciones ambientales calientes entonces el animal adopta el decúbito esternal normal pero las extremidades posteriores las extiende hacia atrás reposando directamente en el suelo (menos caliente) la piel del abdomen incrementando la pérdida de calor por conducción. Los perros y gatos también adoptan la postura de decúbito lateral.

En las aves la posición de reposo la obtienen al plegar las patas contra el abdomen y el esternón manteniendo la cabeza erguida o escondida debajo de un ala. Las aves que se posan han desarrollado un mecanismo que impide puedan caerse de la rama o la percha; cuando se posan su propio peso pone tirantes los tendones de los músculos flexores que bloquean automáticamente los dedos apretadamente cerrados sobre la percha. Para echarse a volar el ave

tiene que hacer un esfuerzo de contracción de los músculos extensores de los dedos para que se abra la pata y le permita soltarse de la rama. En las aves, la mayoría de los músculos de las extremidades se localizan en la parte superior (muslos) lo que decide que algunas posean patas muy finas, ya que toda la potencia que requiere la pierna está centrada junto al cuerpo.

La acción del levantarse permite a los animales recuperar la posición de estación o en pie después de recuperarse del cansancio o como respuesta ante estímulos exógenos (peligro) o endógenos (hambre). Como respuesta ancestral (tener un área de hierba alta rodeando el cuerpo al vivir en sabanas) el caballo inicia el movimiento elevando la cabeza y el cuello para cerciorarse de la no presencia de depredadores al tiempo que reflejos encefálicos-medulares determinan la extensión hacia adelante de las extremidades anteriores para seguidamente mediante un esfuerzo de extensión enderezar las extremidades posteriores a veces auxiliadas por reflejos encefálicos-medulares productos de la flexión del cuello y la cabeza hacia abajo entre las extremidades anteriores, por lo que el caballo se levanta de adelante hacia atrás. En los rumiantes la necesidad ancestral de mantener vigilancia por debajo de las ramas de los árboles en el bosque, determina que el movimiento comience enderezando la parte inclinada del tronco hasta ponerla en posición vertical y a continuación, contrariamente al caballo, levantar el tren posterior permaneciendo acostado sobre las extremidades anteriores para acto seguido extender una extremidad anterior y después la otra que levanta por completo al animal al tiempo que ascienden la cabeza. La importancia de conocer este movimiento asegura la acción de auxiliarlos para que se levanten respetando su orden fisiológico por lo que el caballo se debe comenzar a levantar por la cabeza mientras que el bovino por el tren posterior.

Para el cerdo y los carnívoros se describe un mecanismo similar al señalado en el caballo aunque debemos expresar que ambos, pero sobre todo los carnívoros pueden levantarse de golpe al erguirse por extensión simultánea y rápida de las cuatro extremidades.

El encabritamiento es un tipo de movimiento "in situ" ejecutado por todos los mamíferos con mayor o menor facilidad e independientemente al sexo. Esta acción motora garantiza el cambio de cuadrúpedo a bípedo, es decir, el enderezamiento vertical del cuerpo sobre las extremidades posteriores por lo que alcanza su mayor valor en el caso de los machos que tienen que ejecutarlo para la monta o cúpula. Le corresponde al caballo y al perro ser los animales domésticos mejores dotados muscularmente para este tipo de movimiento debido al fuerte desarrollo de la musculatura dorsal del tronco y la musculatura de la grupa. El encabritamiento se ejecuta cuando el animal procede a efectuar un conjunto de movimientos con el fin de correr el centro de gravedad hacia atrás por lo que primeramente tiende a situar las extremidades posteriores debajo del cuerpo con ligera acción de abducción (lateralidad) y flexión al tiempo que levanta el segmento cabeza-cuello que unido a una potente contracción de

la musculatura del tronco y la grupa y una extensión brusca de las extremidades anteriores, algo flexionadas anteriormente, hacen que estas despeguen del suelo y todo el cuerpo erguido verticalmente descansa sobre una base de sustentación bípeda formada por las extremidades posteriores.

La reducción considerable de la base de sustentación (de cuadrúpedo a bípedo) determina que la proyección del centro de gravedad (línea de gravedad) se mueva constantemente fuera de la base lo que motiva que los animales tengan que realizar continuos desplazamientos en el lugar para mantener el equilibrio. En los bovinos, ovinos y cerdos el encabritamiento es dificultoso por lo que los machos necesitan descansar rápidamente sobre el dorso de la hembra. En los caprinos el encabritamiento es una acción relativamente fácil debido al hábito alimentario de arbustos en montaña.

Problemas pódales, de aplomo y lesiones óseo musculares pueden ser causa de impotencia en los machos cuando asientan en las extremidades posteriores al dificultar o anular el encabritamiento. El encabritamiento unido al pateo con las extremidades anteriores es también una forma de defensa en el caballo.

El acto de cocear, desarrollado en todos los mamíferos, se describe principalmente en el caballo y el bovino por cuanto son los más potentes entre los animales domésticos. Este tipo de movimiento "in situ" es la acción de patear como acto de defensa, signo de indocilidad o conducta estereotipada de animales hacinados o ubicados en lugares restringidos. En ambas especies cuando cocean con una extremidad posterior desplazan el centro de gravedad hacia el lado contrario del que van a emplear para golpear al tiempo que elevan este flexionándolo ligeramente para proyectarlo seguidamente en forma brusca y violenta y regresarlo de inmediato a su posición de apoyo recuperando el centro de gravedad.

El cocear con una extremidad es un movimiento en extremo rápido que se diferencia en las dos especies mencionadas por la dirección de la extremidad en su proyección ya que los equinos lo efectúan habitualmente en dirección recta hacia atrás mientras que los bovinos lo hacen hacia adelante o en proyección de lateralidad (movimiento de siega). El cocear con ambas extremidades posteriores al mismo tiempo es similar en el caballo y el bovino en sus eventos consecutivos. Los animales mediante un descenso rápido del segmento cabeza-cuello y una fuerte contracción de la musculatura del tronco desplazan hacia delante su centro de gravedad al tiempo que flexionan ligeramente las extremidades posteriores y seguidamente las proyectan con fuerza hacia atrás en dirección recta con inmediata recogida y apoyo de ambas recuperando el centro de gravedad de la especie. Como puede verse en esta forma de cocear, el animal también pasa de cuadrúpedo a bípedo al sostenerse temporalmente sobre sus extremidades anteriores. El caballo patea con mucha facilidad con ambas extremidades posteriores desde la posición de reposo por lo que resulta en extremo peligroso.

Conocer como patean estas especies es garantía de protección para el hombre ya que podemos trabajar por ejemplo el diagnóstico reproductivo en la hembra bovina maneando o amarrando ambas extremidades sin peligro alguno pero jamas podremos hacer eso con la yegua a la que debemos flexionar o levantar una extremidad anterior para evitar que proyecte el cuerpo hacia adelante por lo que perdería el equilibrio e impediríamos el pateo con ambas extremidades o con una.

Un tipo de movimiento "in situ" muy común en el perro y el gato que traduce una actitud es el sentarse. En esta actitud los animales permanecen con el cuerpo erguido y descansando sobre las extremidades posteriores extendidas que reposan en el suelo aunque el cuerpo generalmente descansa sobre una de ellas. En el cerdo es relativamente común observar también esta postura en el animal adulto en jaula quizás como forma de curiosear áreas alrededor del mismo que la pared no les permite ver. El caballo es capaz de sentarse con relativa facilidad.

## **MOVIMIENTOS DE DESPLAZAMIENTO.**

Los movimientos de desplazamiento consisten, en principio, en un avance rítmico y coordinado del centro de gravedad sobre la base de sustentación en donde la fuerza vertical, en contraposición con la gravitatoria, debe armonizar con la fuerza horizontal (propulsiva) siendo precisamente la acomodación de estas fuerzas lo que ajusta el equilibrio de marcha. Además hay que tomar en consideración la fuerza lateral ya que cuanto menor sea esta, mayor ser la eficacia de proyección hacia adelante. En los mamíferos veloces, la conformación del cuerpo es tal que la fuerza lateral no es grande. En los cuadrúpedos, el desplazamiento del centro de gravedad se debe al impulso motor alternante de las extremidades posteriores y al sostenimiento de la carga alternante transmitida a la extremidad anterior opuesta (marcha normal) o del mismo lado (ambladura). En los bípedos, una extremidad ejecuta impulso motor de palanca mientras la otra se apoya en función de sostén del cuerpo y rápidamente la ultima hace función de palanca impulsora y la primera pasa a la fase de sostén por lo que las dos extremidades inferiores sostienen e impulsan alternativamente el cuerpo. El movimiento de impulso que produce el desplazamiento en los animales es protagonizado por la musculatura esquelética que determina la extensión de las articulaciones de las extremidades en acción

por lo que transmiten una presión sobre las piezas indeformables del esqueleto que se convierte en fuerza de avance.

En la acción de propulsión o avance de una extremidad se describen regularmente dos períodos: el período de suspensión y el período de apoyo. El

período de suspensión contempla tres tiempos: elevación, sostén y avance por lo que se extiende desde que la extremidad abandona el suelo hasta que se propulsa hacia adelante ganando terreno, mientras que el período de apoyo, efectuado en dos tiempo: contacto y apoyo, propicia de nuevo el sostenimiento del cuerpo erguido. Cuando cada extremidad ha transitado cronológicamente por ambos períodos decimos entonces que el animal ha dado un paso, cuya longitud es el espacio comprendido entre dos huellas o marcas consecutivas de la misma extremidad. El golpe del paso es el sonido que produce la extremidad al repercutir sobre el terreno y su velocidad se corresponde con el espacio recorrido en una unidad de tiempo.

En cualquier especie animal el mecanismo del pie para la marcha es uno de los dispositivos fundamentales para la amortiguación de los choques cuando la extremidad entra de nuevo en contacto con el suelo por lo que el pie sufre modificaciones morfológicas que cambian su conformación, ensanchamiento durante el apoyo y estrechamiento durante la elevación, por lo que se hace necesario que el mismo tenga el grado de libertad adecuado para cumplir con su papel amortiguador. Lo antes expresado puede ejemplificarse en el caso del caballo con un herraje defectuoso o en el caso de las personas con el uso de zapatos apretados, que dificulta y molesta la locomoción.

Como movimientos de desplazamiento naturales en la mayoría de los mamíferos, con mayor o menor facilidad de ejecución según la especie, tenemos: el paso, el trote, el galope, la ambladura, el salto y el recular, además estudiaremos acciones motoras como la trepa, la natación y el desplazamiento motor de las aves. Como animal tipo, por la elegancia y sincronismo del movimiento de sus extremidades, emplearemos al caballo.

En el paso (walk) las cuatro extremidades se mueven una a continuación de la otra en cuatro tiempos siguiendo la secuencia: anterior izquierda-posterior derecha-anterior derecha-posterior izquierda por lo que siempre permanecen en contacto con el suelo tres extremidades (caballo) o dos extremidades (bovino) ya que en el primer caso el paso es armónico esperando una extremidad el apoyo de la homóloga del mismo lado mientras que en el segundo caso la anterior del mismo lado se levanta antes de que el animal apoye la posterior del mismo lado (paso roto). En todas las especies animales el paso es la forma más lenta de marcha. En el caballo la velocidad es de 6 a 7 Km. por hora y se describe el descenso de la cabeza y el cuello cuando avanza una extremidad anterior y el ascenso de esta estructura cuando apoya dicha extremidad, además los animales mueven, en balanceo de equilibrio, la cola siempre hacia el lado de la extremidad anterior que apoya. Para los equinos se describen cuatro tipos de paso: medio (medium),reunido o sosegado (collected), extendido (extended) y libre (free). El cerdo y los carnívoros ejecutan el paso como el caballo.

El trote (trot) es un tipo de desplazamiento de velocidad media en dos tiempos con apoyo y suspensión alternante de dos extremidades en diagonal puesta por

lo que se escuchan dos golpes a intervalos casi iguales. En el caballo se corresponde con la forma más cómoda de marcha ya que pueden sostenerla durante horas sin fatiga aparente alcanzando velocidades entre 18 y 48 Km. por hora. En esta especie se resumen cuatro tipos de trote: trabajo (working) medio (medium), sosegado (collected) y extendido (extended). Los rumiantes y el cerdo lo efectúan igual al caballo pero no ocurre así con los carnívoros y especialmente con el perro que modifica bastante esta acción motora.

El medio galope (canter) es un tipo de paso en tres tiempos que puede tener la siguiente secuencia: posterior izquierda-diagonal (anterior derecha y posterior derecha) y finalmente la anterior izquierda para continuarse con un momento de suspensión completa del cuerpo, es decir, las cuatro extremidades en el aire antes de pasar a la siguiente secuencia por lo que se sitúa como un movimiento intermedio entre el trote y el galope. En el medio galope la secuencia de los pasos puede ser iniciada por cualquiera de las extremidades (derecha o izquierda) en dependencia a la dirección que el animal vaya a tomar. En el caballo se clasifica igual que el trote normal.

La marcha más rápida es el galope (gallop) considerándose una versión de despegue del medio galope pero aquí los períodos de elevación y apoyo son mucho más largos. Las extremidades van despegando del suelo con la siguiente cronología: izquierda anterior, derecha anterior, izquierda posterior y derecha posterior o a la inversa por lo que el animal va reduciendo el número de extremidades en apoyo hasta ser proyectado hacia adelante en el aire con sus cuatro extremidades en elevación, sostén y avance reiniciando el contacto de apoyo con el suelo con una extremidad posterior hasta apoyar las cuatro e iniciar una nueva fase de despegue. Los caballos pueden alcanzar velocidades medias de 60 km. por hora siendo la forma de marcha más generalizada en los solípedos. En este tipo de desplazamiento los movimientos no tienen lugar rítmicamente por lo que al desarrollarse en varios tiempos se escuchan varios golpes.

En los bovinos el galope es similar al caballo pero en los pequeños rumiantes (carnero y cabra), cerdo y carnívoros se describe un galope saltador en el que ponen en juego principalmente la columna vertebral de manera que el peso del cuerpo es impulsado por las extremidades posteriores y recibido por las anteriores que una vez apoyadas en el suelo, el animal incurva la columna (lordosis) adelantando muchas las extremidades posteriores que antes de apoyar levantan las extremidades anteriores quedando el cuerpo en suspensión por fuerte flexión del tronco, seguidamente apoyan las extremidades posteriores que unido a otra potente contracción muscular del tronco les ayuda a producir una fuerte extensión que las separa otra vez del suelo para un segundo tiempo de suspensión con el cuerpo mantenido en extensión forzada y las extremidades anteriores en extensión dirigidas hacia adelante. El galope saltador se observa muy bien en los galgos.

Un caballo bien entrenado debe efectuar la transición entre los diferentes tipos de pasos o marcha de forma rápida y suave, no abruptamente. La cadencia o ritmo de los pasos deben mantenerse hasta el momento en que cambie el tipo de paso. El salto se corresponde con el efecto impulsor brusco de las cuatro extremidades, el cuello y la cabeza, generalmente de modo casi simultáneo, que fuerza al cuerpo a abandonar su contacto con el suelo al proyectarse hacia arriba y adelante. En la ejecución del salto el animal comienza por una etapa de preparación en la que casi une sus cuatro extremidades bajo el cuerpo reduciendo la base de sustentación al tiempo que flexiona los ángulos articulares seguidamente se encabrita y casi al mismo tiempo extiende bruscamente las extremidades posteriores que lo propulsa hacia adelante en el espacio. Ejecutado el "vuelo" el animal cae apoyando las extremidades anteriores para seguidamente apoyar las extremidades posteriores. Además del equino es un tipo de movimiento fácil para los carnívoros, no así para las otras especies de animales.

La ambladura es un tipo de marcha característica del camello, jirafa y elefante e inclusive puede ser efectuada por el caballo y el perro entrenado. En esta marcha se elevan y apoyan las dos extremidades del mismo lado y al mismo tiempo por lo que consta cada paso de dos golpes. Como efecto sostenedor del equilibrio el cuerpo del animal oscila visiblemente de un lado a otro gravitando de esta forma siempre sobre las extremidades de apoyo.

La acción de reular se caracteriza por ser un movimiento de progresión retrógrada con inversión en la principal función de las extremidades, es decir, aquí el efecto palanca le corresponde a las extremidades anteriores por lo que se dificulta en su desarrollo en la mayoría de los animales domésticos debido a un conjunto de factores entre los que se destacan el escaso desarrollo muscular de estas extremidades, el tipo de sujeción de la extremidad al tronco, la abertura de los ángulos articulares, la posición del centro de gravedad y la sencilla razón de la falta de costumbre para efectuarlo. Para reular el animal se apoya sobre las extremidades anteriores al tiempo que levanta la cabeza y el cuello por lo que desplaza el centro de gravedad hacia atrás e inicia la marcha mediante la movilización hacia atrás de una extremidad posterior ligeramente flexionada continuándose con la movilización de las otras extremidades en orden secuento.

Una acción motora de desplazamiento propia de los felinos es la tropa. Su mecánica de desarrollo se inicia cuando el animal toma un punto de apoyo por encima de él, hundiendo sus garras en el árbol al que abraza más o menos completamente según su ancho con las extremidades anteriores, seguidamente ejecuta la extensión de las extremidades posteriores que impulsan el cuerpo hacia arriba para fijarlo en posición avanzada y entonces recoger las extremidades posteriores hasta afianzarlas en un plano superior y repetir el movimiento.

En general todos los mamíferos desarrollan la natación aunque los más aptos son el caballo y los carnívoros. Cuando los animales caen al agua, por ejemplo al cruzar un río, nadan con una secuencia de movimiento similar al trote manteniendo fuera del agua la cabeza y fosas nasales mientras que tienen hundido profundamente el tren posterior. En el momento de la inmersión en el agua, los animales detienen la respiración al tiempo que desencadenan enérgicos movimientos de pateo que llevan al cuerpo a la superficie en lo que se conoce como "reflejo de zambullida". En el perro la acción de nadar se desarrolla empleando enérgicamente las extremidades anteriores apoyadas por las posteriores. El jaguar es un excelente nadador y trepador.

Las aves ejecutan movimientos de desplazamiento o de progresión del cuerpo en dependencia de la especie y del medio en que el mismo se efectuó. El cuerpo cubierto de plumas presenta extremidades inferiores que pueden ser largas para caminar o cortas para nadar que terminan en dedos adaptados a diferentes actividades como son los dedos alargados de adelante y de atrás que dan amplia base y firmeza en el caminar (garzas), en las aves de rapiña la presencia de garras en cada dedo que le permite agarrar la presa (águila), en las nadadoras la extremidad palmeada (pato), el acondicionamiento de los dedos para caminar y escarbar la tierra en busca de alimentos (faisán) o la posibilidad de pararse en percha al tener las patas equipadas para agarrarse en las ramas (gorrión) ya que todas las aves que se posan tienen un solo dedo posterior que les permite agarrarse con seguridad proporcionándoles el equilibrio al ave posada en descanso.

El desplazamiento terrestre en acción de "caminar" es diferente según la especie. La gallina doméstica efectúa un movimiento típico de animal bípedo con buen equilibrio al tener patas largas con dedos largos y libres mientras que el pato, con una configuración diferente al poseer un cuerpo largo, ancho y bajo con patas cortas y palmeadas camina moviendo su cuerpo hacia la extremidad en apoyo para tener mejor equilibrio (parece una marcha en ambladura de los mamíferos) y por último a los efectos comparativos tenemos que el gorrión generalmente se desplaza sobre el suelo dando saltos con ambas extremidades al mismo tiempo.

Para el desplazamiento en el agua, las aves acuáticas como el pato y el ganso han desarrollado importantes adaptaciones que les permiten ser conceptuadas como excelentes nadadoras al tener un centro de gravedad muy desplazado hacia atrás, un cuerpo aquillado con patas cortas y palmeadas, lo que determina que las mismas se hundan profundamente en el agua al tiempo que su esqueleto liviano por los huesos neumáticos y los sacos aéreos le confieren un peso específico menor que la unidad y los mantienen fácilmente en la superficie acuática. Muchas aves acuáticas emplean las patas palmeadas como aerofrenos cuando al terminar el vuelo tienen que posarse. En el mar, los pájaros consiguen "caminar" sobre el agua correteando con sus patas palmeadas y batiendo intensamente las alas.



La forma en que las aves se desplazan en el aire es mediante el vuelo que en sentido general es desarrollado por casi todas las especies con mayor o menor aptitud, mayor o menor facilidad y mayor o menor duración y elevación. El conjunto del cuerpo formado por el armazón óseo, una potente musculatura pectoral, la modificación de las extremidades anteriores en alas y las plumas que cubren el cuerpo le confieren a estos animales una adecuada capacidad para volar. El cuerpo de las aves se caracteriza por un bajo peso específico debido a que poseen un sistema de sacos aéreos que se distribuyen por las cavidades torácicas y abdominal, sub-cutáneas y huesos largos (huesos huecos) con origen a nivel de los bronquios primarios por lo que hacen más liviano el peso corporal. Los sacos aéreos satisfacen además funciones de termorregulación y de reserva de aire atmosférico. El esqueleto de una paloma solo representa la vigésima parte del peso total del cuerpo.

Para iniciar el vuelo, las aves desarrollan diferentes mecanismos según la especie. Las aves que poseen alas muy desarrolladas o de gran envergadura como el águila lo inician flexionando las patas para extenderlas seguidamente en forma brusca por lo que dan un gran salto que las despega del suelo y a partir de aquí efectúan la mecánica normal del vuelo. En especies con alas pequeñas o normales el vuelo se comienza con la elevación de las alas que son rápidamente batidas hacia el cuerpo por potentes músculos pectorales que las llevan a despegar súbitamente del suelo. El vuelo o sostén en el aire de las aves es posible porque cuando el aire es empujado bruscamente, resiste constituyéndose en el punto de apoyo de las alas sobre las cuales el ave se eleva y así, golpeando constantemente con sus alas el aire, las aves ascienden hacia la atmósfera de una forma oblicua. La estabilidad en el aire durante el vuelo se garantiza al tener un centro de gravedad bajo. La cola, formada por las plumas timoneras, se emplea para cambiar el ascenso, la dirección de vuelo y el descenso. Mientras más grandes sean las alas menor necesidad de aletear para sostenerse en el aire y mayor capacidad de planear o descender lentamente con las alas extendidas.

La gallina doméstica al poseer alas muy cortas y redondeadas ejecuta, ante situaciones de peligro, un vuelo breve, bajo y agotador que se denomina revoloteo. Los faisanes también solo vuelan en caso de peligro permaneciendo inmóviles, agazapados contra el suelo y no se levantan hasta el último momento despegando ruidosamente al saltar hacia arriba en rápidos aleteos y alejarse planeando en línea recta por lo que solo cubren pequeñas distancias. Durante la parada nupcial, los faisanes machos aletean ante las hembras para seducirlas.