

**Informe de práctica empresarial Inversiones Peláez y Peláez SAS. Fractura Salter Harris  
tipo III en ternero Brahman: Reporte de caso**

**Trabajo de grado para optar por título de Médico Veterinario**

**Juan Daniel Palacio Villegas**

**Asesor**

**Jhonny Alberto Buitrago Mejía**

**Médico Veterinario**

**Unilasallista Corporación Universitaria**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Programa de Medicina Veterinaria**

**Caldas-Antioquia**

**2022**

## Contenido

<b>Resumen</b> .....	<b>6</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>9</b>
<b>Sistema locomotor</b> .....	<b>9</b>
<b>Fracturas</b> .....	<b>9</b>
<b>Clasificación de las fracturas</b> .....	<b>10</b>
<b>Clasificación según la exposición y daño de tejidos blandos</b> .....	<b>10</b>
<b>Clasificación según la dirección de la línea de fractura</b> .....	<b>11</b>
<b>Clasificación según la localización y extensión de la línea de fractura</b> .....	<b>11</b>
<b>Clasificación según la cantidad de fragmentos</b> .....	<b>12</b>
<b>Clasificación de las fracturas fisiarias (clasificación Salter - Harris)</b> .....	<b>12</b>
<b>Factores que influyen en la reparación ósea</b> .....	<b>13</b>
<b>Fisiopatología y reparación de fracturas</b> .....	<b>14</b>
<b>Osificación endocondral</b> .....	<b>14</b>
<b>Osificación intramembranosa</b> .....	<b>14</b>
<b>Formas de reparación ósea</b> .....	<b>14</b>
<b>Reparación directa</b> .....	<b>14</b>
<b>Reparación indirecta</b> .....	<b>15</b>
<b>Fases de la reparación ósea</b> .....	<b>15</b>
<b>Fase inflamatoria</b> .....	<b>15</b>
<b>Fase de reparación</b> .....	<b>15</b>
<b>Fase de remodelación</b> .....	<b>16</b>

<b>Métodos diagnósticos .....</b>	<b>16</b>
<b>Manejo de las fracturas .....</b>	<b>17</b>
<b>Tratamiento conservador .....</b>	<b>17</b>
<b>Métodos de Estabilización e inmovilización de fracturas.....</b>	<b>17</b>
<b>Tratamiento quirúrgico .....</b>	<b>18</b>
<b>Fijación externa.....</b>	<b>19</b>
<b>Fijación interna .....</b>	<b>20</b>
<b>Combinación de métodos de fijación externa e interna.....</b>	<b>21</b>
<b>Pronóstico .....</b>	<b>21</b>
<b>Complicaciones.....</b>	<b>22</b>
<b>Osteomielitis .....</b>	<b>22</b>
<b>Unión retardada de fracturas .....</b>	<b>22</b>
<b>No unión de fracturas .....</b>	<b>23</b>
<b>Mala unión de fracturas .....</b>	<b>23</b>
<b>Secuestro de fragmentos óseos .....</b>	<b>23</b>
<b>Complicaciones por el uso de reducción e inmovilización externa.....</b>	<b>23</b>
<b>Presentación de las fracturas en el ganado bovino .....</b>	<b>23</b>
<b>Anatomía de húmero .....</b>	<b>24</b>
<b>Fracturas humerales.....</b>	<b>25</b>
<b>Signos clínicos y diagnóstico de fracturas del húmero .....</b>	<b>25</b>
<b>Reporte de caso.....</b>	<b>26</b>
<b>Anamnesis y reseña.....</b>	<b>26</b>
<b>Examen físico.....</b>	<b>26</b>

<b>Terapia inicial.....</b>	<b>27</b>
<b>Estudio radiográfico .....</b>	<b>27</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>29</b>
<b>Aplicación de la férula Schroeder-Thomas modificada .....</b>	<b>30</b>
<b>Evolución.....</b>	<b>31</b>
<b>Discusión .....</b>	<b>32</b>
<b>Conclusión.....</b>	<b>35</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>36</b>

### Lista De Tablas

Gráfica 1. Ternero Brahman rojo en estación, con apoyo en pinza y desviación del eje de sustentación en el miembro anterior izquierdo .....	26
Gráfica 2. Toma de placas radiológicas de codo del MAI en el ternero.....	27
Gráfica 3. Radiografía latero-medial de codo del MAI en la cual se evidencia la dirección de la línea de fractura (flechas).....	28
Gráfica 4. Radiografía proximolateral-distomedial oblicua de codo del MAI en la cual se evidencia la línea de fractura (flechas).....	28
Gráfica 5. Radiografía antero-posterior de codo del MAI, en la cual se evidencia la línea de fractura (flechas). ....	29
Gráfica 6. Ternero incorporado después del posicionamiento de la férula.....	30

## Resumen

Las fracturas se describen con la discontinuidad del tejido óseo causada por un trauma directo de alta energía que hace que el hueso se divida en dos o más fragmentos de hueso. Dependiendo de múltiples factores, las fracturas se pueden clasificar de manera objetiva con el fin de lograr un diagnóstico inicial, un pronóstico del paciente y ayuda con la toma de decisiones para el manejo de estas. Las fracturas fisiarias en bovinos son una patología poco reportada en la literatura debido a su raro diagnóstico y por lo tanto su manejo y seguimiento son muy limitados. Las técnicas diagnósticas por medio de la imagenología, como la radiología, son fundamentales para determinar el grado de lesión, clasificación de la fractura y permitir al clínico un panorama más amplio para la reducción de la fractura. Se reportan múltiples métodos de manejo de una fractura, sea por inmovilización y estabilización de la fractura o mediante el uso de técnicas más invasivas como la fijación externa o interna para la cual se deben analizar sus ventajas y desventajas.

El presente trabajo es el primer caso reportado en Colombia de una fractura fisiaria Salter Harris tipo III en el húmero de un ternero Brahman, el cual se evalúa en campo por una claudicación 5/5 en el miembro anterior izquierdo, se instaura tratamiento analgésico al cual no responde satisfactoriamente, por lo cual se realiza un estudio radiológico donde se evidencia la línea de fractura y se toma la decisión de estabilizar e inmovilizar la zona afectada mediante la implementación de una férula Thomas modificada durante 9 semanas y un manejo analgésico más agresivo con antiinflamatorios no esteroideos combinados con corticoesteroides con resultados satisfactorios.

**Palabras clave:** Fractura Salter Harris III, fracturas en terneros, fracturas humerales en bovinos, férula de Thomas modificada.

## Introducción

Una fractura ósea es una grieta o rotura que fragmenta un hueso. En los grandes animales las fracturas presentan diversas clasificaciones con el fin de que el clínico tenga un diagnóstico más objetivo. Dentro de las principales causas de fractura se encuentra el trauma directo sobre el hueso, fuerzas de tracción realizadas de manera inadecuada durante procedimientos obstétricos, secundarias a trastornos metabólicos y causas degenerativas (Arican, Erol, Esin, & Parlak, 2014; Stanshak, 2003; Yadav, Sangwan, & Kumar, 2019; Dittmer, Hitchcock, McDougall, & Hunnam, 2016). Independiente de la causa, posterior a una fractura se observara claudicación repentina y muy marcada en la gran mayoría de animales (Smith, 2010; Stanshak, 2003).

En países Asiáticos son una causa común de consulta veterinaria, siendo más comunes las producidas a nivel de metacarpos y metatarsos, seguidos por la tibia, radio y la ulna, húmero y fémur. Las fracturas de falanges, sacro, costillas, vertebras, pelvis y mandíbula son de presentación muy escasa (Yadav, Sangwan, & Kumar, 2019; Arican, Erol, Esin, & Parlak, 2014)

En la clínica diaria las fracturas pueden ser manejadas mediante un abordaje conservador, siempre que no se trate de una fractura complicada, en este caso se intenta realizar una reducción de la fractura buscando que el hueso retorne a su posición anatómica e inmovilizarlo mediante el uso de yesos, vendajes o férulas. Otro método usado frecuentemente para la corrección de fracturas es el abordaje quirúrgico, en el cual se hace uso de material de osteosíntesis como pines intramedulares, placas interóseas, alambres ortopédicos y/o fijadores externos para realizar la fijación del hueso afectado (Anderson & St. Jean, 2014).

El pronóstico de una fractura dependerá de la localización en el hueso y su extensión en él, tipo de fractura, cantidad de fragmentos, severidad del caso, la edad del paciente y la integridad de los tejidos adyacentes (Anderson & St. Jean, 2014). Es importante aclarar que estos datos que

determinan el pronóstico de la fractura de un paciente también determinarán el tipo de manejo que requerirá la fractura para que el tejido óseo recupere su funcionalidad original.

En Colombia son pocos los reportes que existen acerca de la presentación de fracturas en bovinos y su manejo en campo, esto ocurre quizá por un subregistro de la patología, pues al tratarse de animales de producción en la mayoría de los casos se opta el aprovechamiento inmediato del animal sin intentar un abordaje médico. Este trabajo busca reportar el abordaje diagnóstico y terapéutico realizado en campo de una fractura humeral Salter Harris tipo III en un ternero de raza Brahman con una evolución satisfactoria.



## **Marco Teórico**

### **Sistema locomotor**

El sistema locomotor es un aparato complejo cuya principal función consiste dar estabilidad, biomecánica y cinética del cuerpo. Está constituido por un componente óseo y uno muscular, y se interrelaciona íntimamente con el sistema cardiovascular, linfático y nervioso. El tejido óseo es el principal componente del esqueleto, y a pesar de su dureza tiene algunas propiedades elásticas, haciéndolo apto para dar sustentación y firmeza a la estructura corporal, y para la locomoción al permitir un punto de fijación para la inserción de músculos (Konig, 2001). El sistema esquelético cumple además otras funciones importantes como la hematopoyesis y como parte de la homeostasia del calcio (Geneser, 2001).

### **Fracturas**

Una fractura en el sistema musculoesquelético se define como la interrupción de la continuidad del tejido óseo o cartilaginoso, esta puede darse de manera completa o incompleta, y se da como resultado de un proceso traumático de alta energía que altera la estructura ósea, rompiéndolo al menos en dos fragmentos (Cruz & Riani, 2014; Stanshak, 2003). La inflamación producida por el trauma en los tejidos blandos adyacentes puede llegar a ser bastante comprometedor, generando dolor y renuencia al movimiento, siendo frecuentemente percibida una crepitación palpable cuando la extremidad es manipulada al momento de su exploración diagnóstica (Cruz & Riani, 2014).

## **Clasificación de las fracturas**

Las fracturas pueden ser clasificadas en base a múltiples criterios de evaluación, esto permite determinar su pronóstico y el método más adecuado para su corrección (Henry & Cole, 2018).

### ***Clasificación según la exposición y daño de tejidos blandos***

Para esta clasificación se debe considerar el grado de exteriorización del tejido óseo a través de la piel, permitiendo su clasificación en fractura abierta (expuesta), en caso de que haya exteriorización del hueso a través de la piel, y fractura cerrada si no se da su exposición. Una expuesta tendrá un manejo mucho más complejo y una terapia mucho más agresiva para contrarrestar los procesos inflamatorios del hueso que se pueden generar (Morgan & Wolvekamp, 2010; Henry & Cole, 2018). Las fracturas abiertas a su vez pueden clasificarse según la extensión de daño en el tejido blando adyacente y el compromiso de su irrigación de la siguiente manera:

Tipo I: Fractura abierta con leve daño tegumentario (Henry & Cole, 2018).

Tipo II: fractura abierta con daño leve-moderado del tegumento mayor al tipo I (Henry & Cole, 2018).

Tipo III: fragmentación ósea severa asociado a un daño tegumentario con o sin pérdida de la piel. Este tipo de daño se subdivide en: Tipo IIIa (requiere una reparación de la piel, pero el tejido cubre la herida), tipo IIIb (requiere una reconstrucción de la piel debido a la viabilidad insuficiente de los tejidos que cubren la herida), tipo IIIc (fractura abierta donde se presenta alteración de estructuras arteriales con tejido viable que recubre la herida) y tipo IV (fractura abierta con mayor daño arterial y requiere una reparación para el mantenimiento de la viabilidad tisular a pesar que la viabilidad sea disminuida) (Henry & Cole, 2018).

Tipo IV: fractura abierta que requiere amputación del miembro causado principalmente por un daño neuromuscular severo (Henry & Cole, 2018).

#### ***Clasificación según la dirección de la línea de fractura***

Las fracturas se pueden clasificar en fracturas de presentación oblicuas es aquella donde discurren a menos de  $90^\circ$  con respecto al eje longitudinal, describiéndose las fracturas iguales o inferiores a  $45^\circ$  como fracturas oblicuas largas y las fracturas superiores a  $45^\circ$  describiéndose como fracturas oblicuas cortas. Las fracturas tipo transversales (o en cizalla) son aquellas que corren perpendiculares al eje longitudinal del hueso y las fracturas de tipo espiral son aquellas que generalmente se asocian con un traumatismo torsional significativo y son una fractura oblicua que envuelve el eje largo del hueso largo. La dirección de la línea de fractura determinará el tipo de reducción que se le dará a la fractura. Dependerá de la dirección en que actuaron las fuerzas para fragmentar el hueso (Liste Burillo, 2010; Morgan & Wolvekamp, 2010; Santoscoy Mejía, 2008; Henry & Cole, 2018).

#### ***Clasificación según la localización y extensión de la línea de fractura***

Considerando la extensión de la línea de fractura sobre el hueso las fracturas se pueden clasificar como completas, en caso de que la línea de fractura abarque la extensión total del hueso, incluyendo ambas cortezas, o incompleta en caso de que la línea de fractura solo involucre una de sus cortezas y recorra una parte del hueso, dentro de estas se encuentran las fracturas denominadas en tallo verde. La presentación de estos tipos de fracturas dependerá de factores como la edad, alteraciones metabólicas o degenerativas (Liste Burillo, 2010).

Según la zona del hueso afectada las fracturas podrán ser diafisiarias, epifisiarias, metafisiarias, fisiarias o articulares, así como en combinaciones como epifisiaria-metafisiaria, fisiaria-metafisiaria y epifisiaria-articular (Liste Burillo, 2010; Morgan & Wolvekamp, 2010).

### ***Clasificación según la cantidad de fragmentos***

La clasificación según la cantidad de fragmentos, se puede clasificar en fracturas simples, las cuales son aquellas que tienen una sola línea de fractura y dividen el hueso en dos fragmentos principales (Henry & Cole, 2018).

Las fracturas conminutas tienen más de una línea de fractura que se comunica con un solo punto o plano y divide el hueso en tres o más fragmentos. Las fracturas conminutas con tres fragmentos grandes a menudo tienen un fragmento triangular llamado fragmento de mariposa. Las fracturas que dividen el hueso en cinco o más fragmentos son severamente o muy conminutas y el manejo de una fractura donde solo el hueso se fragmenta en dos partes no será el mismo que en una fractura múltiple donde se evidencian tres o más fragmentos (Morgan & Wolvekamp, 2010).

### ***Clasificación de las fracturas fisiarias (clasificación Salter - Harris)***

La clasificación más aceptada para los traumas sobre la fisis se basa en el sistema de Salter-Harris, el cual se divide en seis tipos. El propósito principal de este sistema es permitir al clínico describir eficazmente este tipo de lesiones (Stanshak, 2003).

La tipo I se caracteriza por la separación completa de la fisis sin líneas de fractura a través del hueso. Las células germinales de la fisis permanecen con la epífisis. Es muy común en recién nacidos (Stanshak, 2003).

La tipo II es la más común. La línea de fractura se extiende a lo largo de la fisis a una distancia variable y luego se rompe a través de una porción de la metáfisis, produciendo un fragmento metafisiario triangular (Stanshak, 2003).

La tipo III son aquellas fracturas en las cuales se observa la línea de fractura atravesar la fisis desde la metáfisis a la epífisis, suelen ser fracturas articulares. No es muy frecuente

diagnosticarlas. Por lo general, está causada por una fuerza de deslizamiento intraarticular y suele estar limitada a la fisis distal de algunos huesos largos (Stanshak, 2003; Henry & Cole, 2018).

La tipo IV se reporta como una línea de fractura que atraviesa desde la epífisis, a través de la fisis y a través de la metáfisis con dirección oblicua. Suelen ser fracturas articulares y son de muy baja tasa de presentación (Stanshak, 2003; Henry & Cole, 2018).

La tipo V es muy poco frecuente. Son fracturas por aplastamiento o compresión que involucran la fisis. El excesivo trauma en una parte de la fisis puede ser responsable de la gravedad de esta fractura, aunque es difícil de documentar. La comparación con la extremidad opuesta normal puede ayudar a identificar cambios sutiles (Stanshak, 2003; Henry & Cole, 2018).

La tipo VI se caracteriza por el desarrollo de un puente perióstico entre la metáfisis y la epífisis. El nuevo hueso actúa como una restricción para el crecimiento sobre el lado afectado de la fisis y tiene el mismo efecto que una grapa, tornillo o alambre transfisiario. Este tipo de lesión puede producirse durante la colocación o extracción de una grapa, tornillo o alambre, secundaria a una periostitis infecciosa local o espontánea por un trauma externo (Stanshak, 2003).

### **Factores que influyen en la reparación ósea**

Existen factores locales y sistémicos que influyen en el proceso de cicatrización del hueso, dentro de estos se incluyen el grado de traumatismo, la lesión vascular, el tipo de hueso afectado, el grado de pérdida de tejido óseo, el tipo de inmovilización, el grado de infección local, la actividad endocrina, la función biomecánica y nerviosa, el estado nutricional y la edad del paciente (Cruz & Riani, 2014).

Todos los procesos de reparación ósea dependen del grado de perfusión sanguínea del tejido afectado. La circulación normal en los huesos largos consiste en una irrigación aferente a partir de la arteria nutricia principal, arterias metafisarias proximal y distal y arterias periósticas.

En animales en crecimiento las metáfisis y epífisis tienen irrigaciones sanguíneas separadas y en general no se comunican a través de la fisis cartilaginosa (Cruz & Riani, 2014).

### **Fisiopatología y reparación de fracturas**

En su actividad diaria los huesos deben superar fuerzas de tensión, rotación, flexión, cizallamiento y compresión, para que se puedan tolerar estas fuerzas su sumatoria debe ser igual a cero, pero cuando esto no sucede las fuerzas superan la resistencia del hueso, produciéndose la fractura (Cruz & Riani, 2014). Para su reparación, el hueso puede seguir dos vías de osificación:

#### ***Osificación endocondral***

Se caracteriza por una rápida diferenciación y maduración de células cartilaginosas hacia células óseas. Durante el desarrollo este tipo de osificación se presenta en las líneas de crecimiento óseo permitiendo la elongación del hueso (Stanshak, 2003).

En la reparación de las fracturas esta se da a partir del callo óseo, por lo que este tejido que inicialmente es fibrocartilaginoso termina por osificarse (Cruz & Riani, 2014).

#### ***Osificación intramembranosa***

Este tipo de osificación tiene lugar dentro de una membrana de tejido conectivo diferente al fibrocartilaginoso, en este proceso los osteoblastos realizarán la secreción de matriz ósea alrededor de la cual se formará el nuevo hueso. Posteriormente los osteoblastos se transformarán en osteocitos y a la zona llegarán moléculas de calcio y sales minerales que endurecerán la matriz ósea hasta mineralizar la región (Geneser, 2001).

### **Formas de reparación ósea**

#### ***Reparación directa***

Para que se dé este tipo de reparación es necesario que se dé una correcta reducción anatómica de las fracturas, y que los fragmentos se encuentren estabilizados permitiendo su contacto, en este

tipo de reparación se da una osificación de tipo intramembranosa sin la formación de un callo óseo (Cruz & Riani, 2014).

### ***Reparación indirecta***

Este tipo de reparación se da principalmente en casos donde no se realizan procedimientos de osteosíntesis, en este caso el hueso se recuperara de forma natural, buscando la unión de los fragmentos a través de la formación del callo óseo, que inicialmente será de tipo fibrocartilaginoso y posteriormente sufrirá un proceso de mineralización, mediante el proceso de osificación endocondral (Cruz & Riani, 2014).

### **Fases de la reparación ósea**

#### ***Fase inflamatoria***

Esta fase comienza inmediatamente después de iniciada la fractura y persiste durante 3-4 días dependiendo del tipo de fractura. Una vez recibido el traumatismo y fragmentación del hueso, en el sitio de fractura se da lugar a una hemorragia localizada interna, que puede llegar a extenderse al periostio, canal medular y tejidos blandos adyacentes generando un hematoma (Geneser, 2001; Cruz & Riani, 2014).

#### ***Fase de reparación***

Después de formado el hematoma, las células pro inflamatorias y las células del tejido óseo iniciarán la secreción de sustancias bioquímicas que estimularán la acción de células reparadoras del tejido óseo. los osteoblastos sintetizan y secretan matriz ósea orgánica, mientras que los osteoclastos realizaran procesos de resorción ósea de los bordes de los fragmentos con el fin de que estos no laceren los tejido blandos y que se genere un estímulo suficiente para el crecimiento de nuevo tejido óseo para la consolidación de la fractura (Geneser, 2001).

Se comienza a desarrollar estructuras blandas cercanas a la fractura, con la participación de células osteogénicas, que van a proliferar a partir del periostio para formar un callo externo y en menor grado del endostio para formar un callo interno. Si el periostio está lesionado, las células de reparación originaran a partir de células mesenquimatosas indiferenciadas que se encuentran en los tejidos blandos circundantes (Cruz & Riani, 2014).

En pocos días se forma un anillo de callo alrededor de los extremos de cada fragmento óseo y a medida que este anillo va creciendo, va levantando la capa superpuesta de periostio. Mientras esto sucede, los osteoblastos más cercanos a la superficie ósea van secretando sustancias para que se produzca la matriz ósea. Finalmente los osteoblastos se diferenciarán en osteocitos con el fin de mantener la calidad de la matriz y dar mayor estabilidad al tejido (Cruz & Riani, 2014; Geneser, 2001). La formación del callo óseo proporciona estabilidad interfragmentaria y permite la unión ósea por medio de la osificación intramembranosa y/o endocondral (Stanshak, 2003).

### ***Fase de remodelación***

Esta fase se caracteriza por la adaptación morfológica del hueso para recuperar su función y su fuerza óptima. Una vez que ya se logró la consolidación de la fractura, la masa excesiva de callo óseo ya sea interno o externo se reabsorbe gradualmente y entonces el hueso vuelve a recuperar de ésta manera su diámetro casi normal (Cruz & Riani, 2014). Las regiones avasculares y necróticas del hueso son reemplazadas por remodelación Haversiana (Stanshak, 2003).

### **Métodos diagnósticos**

En el diagnóstico de las fracturas inicialmente se debe efectuar una exploración física completa (Smith, 2010), pero para poder establecer un diagnóstico definitivo lo ideal es hacer uso de ayudas imagenológicas, siendo frecuentemente usada la radiología, siendo necesario en ocasiones realizar varias proyecciones. Otras técnicas que pueden ser utilizadas son la



gammagrafía nuclear, ultrasonografía, la tomografía computarizada y la resonancia magnética. Los resultados de este tipo de estudios imagenológicos aportan detalles sobre la configuración de las fracturas que resultan de gran ayuda para establecer un diagnóstico certero (Smith, 2010).

### **Manejo de las fracturas**

Las opciones de reparación y las posibilidades de éxito dependen en gran medida de la coaptación externa e inmovilización de la fractura (Smith, 2010), y dependen del animal, el tipo de lesión y el fin zootécnico del animal. El alineamiento del miembro normal busca recuperar la longitud normal del hueso, mantenimiento su orientación espacial y restaurando el alineamiento de las articulaciones adyacentes a los huesos fracturados (Cruz & Riani, 2014). Los métodos de tratamiento pueden ser conservadores o quirúrgicos.

#### ***Tratamiento conservador***

En este caso se requiere reposo absoluto y busca el manejo de las fracturas de manera no invasiva, su uso dependerá de la edad y peso del paciente, así como el grado de desplazamiento de la fractura, en condiciones normales se espera que el animal comience a soportar peso en 2 a 4 semanas y se dé la cicatrización completa entre 8 y 12 semanas, Aunque los resultados funcionales de esta forma de tratamiento son satisfactorios, pueden llegar a tener de diversos grados de unión defectuosa (Baird & Adams, 2014; Cruz & Riani, 2014).

#### ***Métodos de Estabilización e inmovilización de fracturas***

Cuando se considere desarrollar este método es importante considerar la necesidad de preservar la circulación sanguínea de la extremidad afectada, previniendo hemorragias en el sitio de fractura, además de esto este procedimiento reduce la ansiedad del animal al darle nuevamente el control de la extremidad (Stanshak, 2003).

### **Vendaje Robert Jones modificado**

El vendaje Robert-Jones se utiliza generalmente sólo para inmovilización a corto plazo, y sus modificaciones con las férulas son más frecuentes en los pacientes veterinarios. En su diseño se busca brindar compresión ligera de los tejidos blandos e inmovilizar las fracturas sin ocasionar afección vascular, además ayudan a eliminar el espacio muerto postoperatorio (Cruz & Riani, 2014; Stanshak, 2003).

### **Yesos**

El uso de este material busca proporcionar soporte de peso temprano y lograr la consolidación ósea adecuada. Se puede emplear como método primario de estabilización o suplemento de los dispositivos de fijación interna (Anderson & St. Jean, 2014; Cruz & Riani, 2014).

### **Férula Schroeder-Thomas modificada**

La aplicación de la combinación Thomas modificada (férula-yeso) es práctica y fácil aunque el período de convalecencia no está exento de complicaciones. Cuando se usa este dispositivo los pacientes deben ser asistidos para incorporarse durante los primeros 3 a 5 días hasta que puedan levantarse por sus propios medios (Anderson & St. Jean, 2014; Baird & Adams, 2014). La longitud de la férula debe ser medida mientras que el animal está de pie y con la extremidad extendida (Anderson & St. Jean, 2014).

### ***Tratamiento quirúrgico***

Se refiere a la realización de procedimientos invasivos en los cuales un médico veterinario realiza un abordaje quirúrgico con el fin de permitir la estabilización de una fractura mediante el uso de materiales de osteosíntesis de fijación interna o externa. La estabilidad fracturaría, por tanto, se alcanza transfiriendo las fuerzas biomecánicas soportadas por el hueso alrededor del ambiente

lesional y finalmente a través del material utilizado, proporcionando un ambiente óptimo para la osteosíntesis y curación de la herida (Cruz & Riani, 2014).

### ***Fijación externa***

Estos métodos de fijación son útiles para estabilizar y evitar el hundimiento de fracturas, se usan principalmente en fracturas conminutas, o en las regiones distales del miembro donde no es posible la fijación de los fragmentos óseos mediante fijación interna, también se pueden utilizar cuando existe el riesgo de osteomielitis en fracturas abiertas (Stanshak, 2003; Mulon, 2014; Heo, y otros, 2012).

Los tipos de fijadores externos que más se reportan en la literatura para el manejo de fracturas son:

#### **Kirschner-Ehmer**

Se usa para la inmovilización de las fracturas de huesos largos, y requiere la inserción transcutánea de dos a cuatro clavos en los extremos proximal y distal de los fragmentos del hueso, que son conectadas por una o más barras o varillas externas (Cruz & Riani, 2014).

#### **Ilizarov**

Consiste en un tutor de tipo circular constituido por clavos de 1,5 y 1,8 mm de diámetro unidos a dos anillos semicirculares de acero, configurando una circunferencia; estos fijan los clavos con una gran tensión por intermedio de tornillos, y cada aro se une entre sí con varillas roscadas formando todo un sistema (Cruz & Riani, 2014; Mulon, 2014; Vogel & Anderson, 2014)

#### **Walking Cast**

Es la colocación de clavos transcorticales en el hueso adyacente proximal al hueso fracturado. Está indicado en fracturas muy conminutas cerrada y en fracturas largas oblicuas o en espiral cuando hay riesgo de perforar la piel (Mulon, 2014; Cruz & Riani, 2014).

### ***Fijación interna***

Esta se debe considerar para el manejo de fracturas diafisarias de huesos largos, debido a que estos huesos son difíciles de estabilizar con otros métodos de estabilización como la fijación externa. Algunas fracturas conminutas pueden beneficiarse mediante la estabilidad rígida ofrecida por la fijación interna (Ferguson, 1985). Los materiales utilizados para este método incluyen:

#### **Placas y tornillos**

Las placas proporcionan la forma más rígida de fijación interna. Las placas de compresión dinámica pueden funcionar bien solo cuando no hay movimiento o éste es mínimo entre la placa y el hueso (Nuss, 2014).

#### **Clavo intramedular de Steinmann**

Son barras de acero inoxidable 316L, redondas, lisas, que se insertan dentro de la cavidad medular para la estabilización de la fractura (Cruz & Riani, 2014; Nuss, 2014). Presentan como desventajas el ofrecer una mala estabilidad a las fuerzas de torsión y la falta de resistencia al colapso en fracturas oblicuas y conminutas (Cruz & Riani, 2014).

#### **Clavos de Rush**

Son de diámetro pequeño, biselados en su extremo distal y en forma de gancho en el proximal para facilitar su remoción y evitar la migración. Son clavos dinámicos que ejercen una fuerza continua de compresión en dos o tres puntos en el hueso, ya que se introducen flexionadas durante su colocación (Cruz & Riani, 2014; Nuss, 2014).

#### **Interlocking nails**

Este es un clavo de acero que se coloca dentro de la cavidad medular y se bloquea en el hueso por medio de tornillos de un diámetro apropiado que atraviesan el hueso. Ayuda a evitar el

colapso de las fracturas conminutas durante la carga de peso, inestabilidad rotacional, y la migración del clavo (Cruz & Riani, 2014; Nuss, 2014).

### **Alambres Ortopédicos**

Se utilizan en fracturas oblicua, espiral o fracturas múltiples, y nunca se usan como único método de fijación. Se emplean para suplementar el soporte axial, rotacional y de flexión de las fracturas. Durante la cirugía también son usados para ayudar la reducción de los segmentos de la fractura en posición mientras la fijación primaria es aplicada (Cruz & Riani, 2014; Nuss, 2014).

### ***Combinación de métodos de fijación externa e interna***

Las fracturas humerales y femorales comúnmente no son estabilizadas sólo con los fijadores esqueléticos externos, debido a que las configuraciones más estables no pueden aplicarse en estos huesos. La estabilidad construida, hueso-clavo resultante proporciona suficiente estabilidad para permitir que el hueso se cure mientras se mantiene el uso funcional de la extremidad (Cruz & Riani, 2014).

### **Pronóstico**

Los animales tratados generalmente no quedan cojos, no tienen deformidad significativa de la extremidad o acortamiento de la misma y son aptos para fines productivos (Cruz & Riani, 2014).

Animales jóvenes tiene una capacidad osteorregenerativa mucho mayor comparado con animales adultos, en el caso de animales seniles cambios como la degeneración o desmineralización ósea, procesos como la osteoporosis o alteraciones metabólicas tienden a retardar o complicar el proceso de reparación de una fractura (Anderson & St. Jean, 2014; Stanshak, 2003). En animales menores de un año no hay mucha significancia si la fractura se da

a nivel proximal o distal comparado con animales mayores a 2 años donde, por peso es más comprometedor una fractura a nivel distal (Anderson & St. Jean, 2014).

El pronóstico siempre va a ser reservado cuando la exposición del tejido óseo ocurre debido a que presentan procesos inflamatorios mucho más exacerbados y debido al riesgo de una infección ósea (Stanshak, 2003).

El compromiso vascular y la cantidad de fragmentos son parámetros importantes para decidir el pronóstico de una fractura, los fragmentos óseos que no presenten vascularización adecuada sufrirán procesos de necrosis ósea y pueden generar retardo en la cicatrización del hueso o la no unión de los fragmentos (Stanshak, 2003).

## **Complicaciones**

### ***Osteomielitis***

Una de las complicaciones más importantes es el desarrollo de osteomielitis, la cual puede ser de tipo hematógena, o de tipo iatrogénica. La osteomielitis hematógena es aquella donde la infección se da por la infección bacteriana a través de los capilares sanguíneos y se disemina por los sistemas de canales del hueso. La osteomielitis iatrogénica es aquella donde la infección se da posterior a la fijación interna de una fractura por la contaminación del área donde se realizó el procedimiento quirúrgico ortopédico (Stanshak, 2003).

### ***Unión retardada de fracturas***

La unión retardada se establece cuando el tiempo de reparación de una fractura toma más tiempo de esperado y en comparación con fracturas similares en cuanto a edad del paciente, patrón de fractura y técnica de fijación o reducción. Usualmente la unión retardada precede a la falta de unión (Santoscoy Mejía, 2008).

### ***No unión de fracturas***

La falta de unión en una fractura se determina cuando ya no existe actividad osteogénica que permita la reparación de una fractura, existe movimiento en el defecto óseo y la reparación es improbable sin intervención quirúrgica. La inestabilidad de la fractura es con mucho la causa más frecuente de unión retardada o de falta de unión (Santoscoy Mejía, 2008).

### ***Mala unión de fracturas***

La mala unión de fragmentos óseos se presenta debido a que no se ha mantenido correcta alineación y aposición de fragmentos de una fractura durante el tiempo de la reparación ósea, produciéndose una angulación anómala que conlleva un déficit en la función (Liste Burillo, 2010).

### ***Secuestro de fragmentos óseos***

El secuestro óseo se produce cuando un fragmento óseo de la fractura no adquiere la vascularización necesaria para integrarse con el resto de fragmentos o no sufre un proceso de resorción ósea (secuestro óseo estéril). Otra posibilidad es que el fragmento se infecte llegando a generar posibles fistulas (Liste Burillo, 2010).

### ***Complicaciones por el uso de reducción e inmovilización externa***

Las complicaciones y tratamiento de fracturas mediante la férula de Thomas incluyen el desarrollo de úlceras por presión, fracturas cerradas que se abren, decúbito crónico, fracturas fisiarias distales, unión retardada, mala alineación de la fractura, laxitud ligamentosa, rotura de la férula y cojera crónica después de la curación (Baird & Adams, 2014; Orlandini, y otros, 2015).

### **Presentación de las fracturas en el ganado bovino**

La mayoría de las fracturas en terneros se presentan a causa de traumatismos de alta energía o en fases de parto y postparto causados por procedimientos obstétricos. En un estudio realizado en la Universidad de Selçuk, Turquía, se encontró que el 32,5% fracturas de terneros se habían

generado durante el parto debido a maniobras obstétricas inadecuadas, el 67,4% fueron ocasionadas por traumatismos y malos cuidados. Cuando evaluaron la distribución de las lesiones reportaron que en su mayoría se afectaron los huesos metacarpianos (60,6 %), seguidos de fémur (14,9 %), huesos metatarsianos (7,1 %), tibia (8,8 %), radio y ulna (6 %) y húmero (3,2 %) (Arıcan, Erol, Esin, & Parlak, 2014). Otros estudios han determinado que la edad, el peso vivo, el sexo y la masa muscular, tienen un efecto directo con la presentación de fracturas, pues el peso vivo se relaciona con el tamaño y la fuerza de los huesos, y es influenciado por la edad y el sexo (Gibson, Hickson, Back, & Schreurs, 2021).

Hay estudios que han evaluado la presentación de fracturas entre vacunos y bufalinos donde se encontró que el 61,51% de las fracturas ocurridas eran en el ganado bovino, donde el 54,38% eran fracturas abiertas y el 45,61% fueron fracturas cerradas. Además, se describe en este estudio que la ocurrencia de fracturas en el ganado vacuno fueron principalmente reporte a nivel de metatarsos (29%), tibia (28%), metacarpos (13%), mandíbula (9%), radio/ulna (8%), comparado con la presentación de fracturas en bufalinos donde se reportaron principalmente en metacarpos (25%), húmero (15%) tibia y olecranon (14%) y fémur (11%) (Yadav, Sangwan, & Kumar, 2019).

### **Anatomía de húmero**

El humero es un hueso largo correspondiente a la región del brazo, que articula proximalmente con la escapula y distalmente con el radio y la ulna (Sisson & Grossman, 1982; Budras & Habel, 2003; Gloobe, 1989). Presenta 3 núcleos de osificación: la epífisis distal, epicóndilo lateral y epicóndilo medial. En el bovino, la osificación de su extremidad distal, en su totalidad, se da alrededor de los 18 a 20 meses (Sisson & Grossman, 1982).

Al humero lo rodea una masa fuerte de músculos conformada por bíceps braquial, braquiocefálico, músculo braquial y músculo tríceps. La configuración del hueso y su posición



protegida hace que las fracturas del húmero sean menos frecuentes que las fracturas de otros huesos largos en los rumiantes (Cruz & Riani, 2014).

### ***Fracturas humerales***

Las fracturas humerales suelen ser oblicuas largas en espiral (Smith, 2010), frecuentemente ocurren en la fisis distal y en cuanto a las fracturas epifisiarias son comunes las Salter- Harris tipo II. En la tuberosidad deltoidea y tubérculo mayor pueden ocurrir fracturas pero son raras en los rumiantes (Cruz & Riani, 2014).

Para su resolución en rumiantes se han usado tratamientos conservadores y quirúrgicos (Smith, 2010), pero debe considerarse que el acceso para la osteosíntesis es difícil debido a las grandes masas musculares que lo recubren, así como los orígenes e inserciones de los tendones (Nuss, 2014).

### ***Signos clínicos y diagnóstico de fracturas del húmero***

Las fracturas completas del húmero suelen tener una apariencia de "codo caído" y arrastra la extremidad afectada en una posición flexionada. Por lo general son incapaces de extender la extremidad y lograr poco o ningún peso sobre ella (Cruz & Riani, 2014).

Cuando se presentan fracturas de humero se puede generar daño concomitante del nervio radial debido a su disposición, pues se dispone de manera oblicua, adyacente al borde ventral del musculo braquial sobre el húmero. Debido al riesgo de daño neurológico es importante que se tomen precauciones durante la manipulación de la extremidad debido a que esto puede agravar aún más el daño nervioso y por tanto el pronóstico del paciente (Cruz & Riani, 2014; Budras & Habel, 2003).

## Reporte de caso

### Anamnesis y reseña

El 15 de enero de 2022 se reporta para consulta una cría de Brahman rojo, de 4 meses de edad, macho, ubicado en la finca San Juan de Cauca en Puente iglesias, Antioquia, Colombia, con claudicación del miembro anterior izquierdo (MAI), la extremidad no es elevada durante el desplazamiento y en estación presenta desviación del eje de sustentación, con apoyo pinza. La madre de esta cría es una vaca destinada a la cría que se encontraba en un protocolo de sincronización que se cree fue la causante del trauma.



**Gráfica 1. Ternero Brahman rojo en estación, con apoyo en pinza y desviación del eje de sustentación en el miembro anterior izquierdo**

### Examen físico

Al realizar la evaluación clínica del paciente se encuentra un estado mental deprimido y una elevación leve de sus constantes vitales, encontrando una frecuencia cardiaca de 94 latidos por minuto, Frecuencia respiratoria de 35 respiraciones por minuto, Temperatura de 38,8°C, tiempo de llenado capilar de 1 segundo, Motilidad ruminal 1 mov/5 minutos.

Al evaluar la marcha se observa claudicación 5/5 de MAI y claudicación 2/5 de miembro posterior derecho (MPD) con una marcada dificultad para su desplazamiento, a la palpación se

encuentra aumento de la sensibilidad a nivel de la articulación húmero-radio-ulnar, así como una aumento de tamaño e hiperextensión de la articulación fémoro-tibio-patelar.

### **Terapia inicial**

Inicialmente se instaura una terapia analgésica con Ketoprofeno (3 mg/kg intramuscular una vez al día por cinco días), que al no tener una adecuada respuesta terapéutica se decide realizar un estudio radiográfico del codo del MAI (vistas latero-medial, antero-posterior y proximolateral-distomedial oblicua)

### **Estudio radiográfico**



**Gráfica 2. Toma de placas radiológicas de codo del MAI en el ternero**



**Gráfica 3. Radiografía latero-medial de codo del MAI en la cual se evidencia la dirección de la línea de fractura (flechas).**



**Gráfica 4. Radiografía proximolateral-distomedial oblicua de codo del MAI en la cual se evidencia la línea de fractura (flechas).**



**Gráfica 5. Radiografía antero-posterior de codo del MAI, en la cual se evidencia la línea de fractura (flechas).**

### **Diagnostico radiológico**

En el estudio radiográfico se observa una discontinuidad del tejido óseo en dirección medial a lateral desde la metáfisis a la epífisis del hueso atravesando la línea fisiaria, estos hallazgos corresponden a una Fractura Salter Harris tipo III en la epífisis distal del húmero.

### **Recomendaciones**

Se inicia terapia con Ketoprofeno (3,3 mg/kg intramuscular una vez al día por 5 días), Dexametasona (0,08 mg/kg intramuscular una vez al día por 5 días), Ceftiofur sódico (3 mg/kg intramuscular una vez al día por 5 días). Además, se aconseja el uso de una férula Schroeder-Thomas durante 8 semanas para la estabilización e inmovilización de la fractura. Además se indica movilidad restringida durante el tiempo de uso de la férula, por lo que se indica estabulación individual.

### *Aplicación de la férula Schroeder-Thomas modificada*

Para el diseño de la férula se realizó la medición de la extremidad desde la región más proximal de la giba hasta el suelo, para posteriormente con estas medidas adaptar una estructura de hierro a la extremidad.

Para la instalación se realizó sedación fuerte usando una mezcla de Acepromacina (0,05 mg/kg IM) y Xilacina (0,05 mg/kg IM), con lo que se logró el derribo y posicionamiento en decúbito lateral derecho. Una vez posicionado se extiende el miembro izquierdo y se aplica una capa de acolchonamiento con algodón laminado recubriendo el miembro desde el tercio medio del radio y ulna, posteriormente se aplicó una cobertura con venda de yeso, y finalmente se fijó la férula Schroeder-Thomas modificada, la cual se fija con venda de yeso y vendas elásticas, y vendas autoadhesivas. Adicionalmente para dar soporte axilar se usó un tubo de espuma aislante reforzado con un recubrimiento de algodón laminado, esparadrapo y venda autoadhesiva.



**Gráfica 6. Ternero incorporado después del posicionamiento de la férula.**

### ***Evolución***

Tres semanas después de la instalación de la férula Schroeder-Thomas modificada se observa que el paciente presenta una claudicación 2/5 en el MAI, además se mejora en estación. Tras 6 semanas la férula es removida y se decide reinstalarla y prolongar la terapia por tres semanas más.

Al remover el mecanismo de fijación se observa una buena evolución, aunque el paciente presenta lesiones ulcerativas a nivel de la articulación metacarpo-falángica, por lo cual se instaura con Ketoprofeno (3 mg/kg intramuscular una vez al día por 3 días) y Cefotiofur sódico (2,5 mg/kg intramuscular una vez al día por 4 días), así como limpieza periódica de las heridas. El paciente se deja en confinamiento por 2 semanas más y pasado este tiempo se lleva a potrero.

## Discusión

En animales domésticos se han reportado una variedad de fracturas fisiarias en los huesos largos debido a que en estas regiones óseas la debilidad, con respecto a otras zonas del hueso (Heo, y otros, 2012), sin embargo, este es el primer caso de fractura tipo Salter Harris III reportada con recuperación exitosa en un bovino con el uso de inmovilización mediante férula de Thomas modificada en Colombia.

Se ha descrito que la fractura reportada con mayor frecuencia en animales jóvenes de granja es la fractura Salter Harris tipo II, seguidas de las fracturas tipo Salter Harris tipo I, haciendo de este reporte un caso particular al tratarse de una fractura Salter Harris tipo III, la cual se considera rara en terneros debido a que involucra una superficie articular. Es importante tener en consideración que entre más baja sea la clasificación de la fractura fisiaria el pronóstico siempre será más favorable, por lo que las fracturas Salter Harris tipo III presentan un pronóstico sea reservado (Heo, y otros, 2012).

Otra particularidad de este caso es el hueso afectado, pues se reporta que en bovinos las fracturas de pelvis, radio-ulna, fémur, húmero, costillas, vertebras y mandíbula son muy raras, siendo en terneros las fracturas metacarpianas las más reportadas constituyendo estas cerca del 50% del total de fracturas reportadas. Se ha indicado que en aproximadamente un 30% de las fracturas reportadas, hay un factor humano implícito, en especial cuando se realizan maniobras obstétricas (Arıcan, Erol, Esin, & Parlak, 2014).

Tal como ocurrió en este caso el uso de imágenes diagnósticas como la radiología es indispensable para un adecuado diagnóstico y categorización de la fractura, pues aporta información importante y elementos clave para la toma de decisiones (Arıcan, Erol, Esin, & Parlak, 2014). Pese a que en este caso no fue posible se recomienda la realización de radiografías de



control a las 4 semanas y a las 6-8 semanas para realizar seguimiento del caso y tomar medidas correctivas de ser necesario (Henry & Cole, 2018).

En animales de granja, la técnica del vendaje, apoyado con algunos materiales como policloruro de vinilo (PVC) y aluminio y la ferulización con técnica de Thomas sola o combinada con yesos, se han utilizado con frecuencia como opción de tratamiento para la fijación externa de fracturas cerradas, además de ser técnicas económicas y de fácil acceso (Arıcan, Erol, Esin, & Parlak, 2014). En la férula de Thomas modificada es de especial importancia la aplicación de un yeso en la extremidad para lograr la reducción e inmovilización de la fractura, siendo importante asegurar que el yeso abarque toda la línea de fractura, con el fin de inmovilizar y dar estabilidad al hueso (Baird & Adams, 2014). Estudios realizados en Brasil en bovinos y equinos demostraron que la inmovilización con la férula de Thomas aportaban una adecuada resistencia mecánica, impermeabilidad de la humedad y una adecuada movilidad a los animales, permitiéndoles acostarse, levantarse y moverse casi sin impedimento (Orlandini, y otros, 2015). Las técnicas de fijación interna mediante el uso de elementos de osteosíntesis, se recomiendan en la fijación de las fracturas luxadas, fragmentadas y complicadas (Arıcan, Erol, Esin, & Parlak, 2014) por lo que no fueron consideradas en este caso.

El método de estabilización e inmovilización mediante el uso de una férula de Thomas modificada realizado en este caso permite no solo que las fuerzas de carga se transmitan desde el aspecto distal de la férula al hombro, sino que también la extremidad sea mantenida en extensión completa, ayudando a conservar así la alineación de los fragmentos óseos (Baird & Adams, 2014). Se han reportado casos similares en otras partes del mundo abordados mediante otros métodos de fijación y estabilización. En Corea se reportó una fractura de tibia Salter-Harris tipo III en un ternero de raza Hanwoo, pero en ese caso se realizó la estabilización con clavos cruzados y fijación

transarticular mediante un fijador externo temporal, con un buen resultado (Heo, y otros, 2012). De otro lado, en Uruguay se reportó el uso de fijación interna mediante clavos intramedulares de Steinmann y cerclaje para el abordaje de una fractura oblicua múltiple metafisarias del húmero en una ternera raza Holando con un buen resultado (Cruz & Riani, 2014).

Se ha reportado que una complicación frecuente después de retirar los elementos de inmovilización es el desarrollo de cuadros de dermatitis leve en tratamientos cortos, y en casos de mayor cronicidad la formación de úlceras dérmicas que generan dolor y claudicación, como ocurrió con el paciente tratado en este reporte (Orlandini, y otros, 2015).

El pronóstico para la curación exitosa de una fractura de húmero en un rumiante depende principalmente del tamaño y la edad del animal; se reporta que la reparación exitosa de fémur y húmero en bovinos adultos es pobre, debido al peso corporal y las altas fuerzas musculares que se ejercen sobre estos huesos, mientras que en terneros se tiene un mejor pronóstico además de estos factores el manejo de estas fracturas en rumiantes han sido limitadas también por condiciones económicas (Cruz & Riani, 2014).

### **Conclusión**

Este es el primer reporte en Colombia de manejo exitoso de una fractura humeral Salter Harris tipo III en un ternero mediante el uso de una férula de Thomas modificada, constituyendo este en una adecuada opción terapéutica para el manejo de este tipo de lesiones en terneros. Se recalca la importancia de una adecuada reducción e inmovilización de la estructura afectada abarcándola en su totalidad, permitiendo una inmovilidad completa de las articulaciones adyacentes con el fin de minimizar el movimiento de los fragmentos, favoreciendo la recuperación.

## Referencias

- Anderson, D. E., & St. Jean, G. (2014). Decision Analysis for Fracture Management in Cattle. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice*, 30(1), 1-10.
- Arıcan, M., Erol, H., Esin, E., & Parlak, K. (2014). A Retrospective Study of Fractures in Neonatal Calves: 181 Cases (2002-2012). *Pakistan veterinary journal*, 34(2), 247-250.
- Baird, A. N., & Adams, S. B. (2014). Use of the Thomas Splint and Cast Combination, Walker Splint, and Spica Bandage with an Over the Shoulder Splint for the Treatment of Fractures of the Upper Limbs in Cattle. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice*, 30(1), 77-90.
- Budras, K.-D., & Habel, R. E. (2003). *Bovine anatomy: An illustrated text* (1 ed.). Schlutersche.
- Cruz, N., & Riani, R. (2014). Ternera holando con fractura de metacarpo y húmero.
- Dittmer, K., Hitchcock, B., McDougall, S., & Hunnam, J. (2016). Pathophysiology of humeral fractures in a sample of dairy heifers. *New Zealand Veterinary Journal*, 64(4), 230-237.
- Ferguson, J. (1985). Principles and application of internal fixation in cattle. *Symposium in bovine lameness and orthopedics*, 1(1), 139-152.
- Geneser, F. (2001). *Histología veterinaria* (3 ed.). Panamericana.
- Gibson, M., Hickson, R., Back, P. D., & Schreurs, N. (2021). The Effect of Sex and Age on Bone Morphology and Strength in the Metacarpus and Humerus in Beef-Cross-Dairy Cattle. *Animals*, 11(3), 694.
- Gloobe, H. (1989). *Anatomía aplicada del bovino*. IICA.
- Henry, G., & Cole, R. (2018). Fracture healing and complications in dogs. En D. Thall, *textbook of veterinary diagnostic radiology* (7 ed.).

- Heo, S.-Y., Kim, E.-J., Kim, M.-S., Lee, K.-C., Kim, N.-S., & Lee, H.-B. (2012). Use of Cross Pins and Temporal External Skeletal Fixator for Stabilization of a Tibial Physeal Fracture in a Korean Native Calf. *Journal of veterinary clinics*, 29(2), 561-756.
- Konig, H. E. (2001). En *Anatomía de los animales domésticos: Aparato locomotor* (2 ed., Vol. 1, pág. 4). Panamericana.
- Liste Burillo, F. (2010). En *Atlas veterinario por imagen* (págs. 273-278). SERVET.
- Morgan, J. P., & Wolvekamp, P. (2010). En J. P. Morgan, & P. Wolvekamp, *Atlas de radiología: Traumatismos en el perro y el gato* (pág. 281). SERVET.
- Mulon, P.-Y. (2014). Management of long bone fractures in cattle. *Farm animals*.
- Nuss, K. (2014). Plates, Pins, and Interlocking Nails. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice*, 30(1), 91-126.
- Orlandini, C., Alberton, L., Steiner, D., Boscarato, A., Gimenes, G., Belettini, S., & Martins, W. (2015). Imobilização com muleta de Thomas modificada e gesso sintético para reparação de fraturas de ossos longos em grandes animais. *Acta scientiae veterinariae*, 43.
- Rakestraw, P., Nixon, A., Kaderly, R., & Ducharme, N. (1991). Cranial approach to the humerus for repair of fractures in horses and cattle. *Veterinary surgery*.
- Santoscoy Mejía, E. C. (2008). En E. C. Santoscoy Mejía, *Ortopedia, neurología y rehabilitación en pequeñas especies. Perros y gatos* (págs. 169-176).
- Sisson, S., & Grossman, J. D. (1982). *Anatomía de los animales domésticos* (Vol. 1). ELSEVIER.
- Smith, B. (2010). *Medicina interna de grandes animales* (4 ed.). ELSEVIER.
- Stanshak, T. (2003). *Adams: Claudicaciones en el caballo* (5 ed.). Inter-médica.
- Vogel, S. R., & Anderson, D. E. (2014). External Skeletal Fixation of Fractures in Cattle. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice*, 30(1), 127-142.

Yadav, G. P., Sangwan, V., & Kumar, A. (2019). Comparative occurrence pattern of fractures in cattle and buffaloes. *Veterinary World*, 12(7), 1154.