



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

USO DE CERCLAJES Y FÉRULAS EN 3D CON PLA COMO

TRATAMIENTO ORTOPÉDICO DE FRACTURAS

TIBIOTARSALES EN AVES

TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

MEDICO VETERINARIO

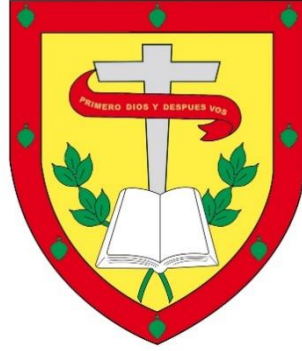
AUTOR: ANDERSON RODRIGO VÁSQUEZ GUERRERO

DIRECTOR: Dr. EDY PAÚL CASTILLO HIDALGO

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

USO DE CERCLAJES Y FÉRULAS EN 3D CON PLA COMO

TRATAMIENTO ORTOPÉDICO DE FRACTURAS

TIBIOTARSALES EN AVES

TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

MEDICO VETERINARIO

AUTOR: ANDERSON RODRIGO VÁSQUEZ GUERRERO

DIRECTOR: Dr. EDY PAÚL CASTILLO HIDALGO

CUENCA - ECUADOR

2021

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

I. DECLARACIÓN

Yo, ANDERSON RODRIGO VÁSQUEZ GUERRERO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Anderson Rodrigo Vásquez Guerrero.

II. CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por ANDERSO RODRIGO VÁSQUEZ GUERRERO, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edy Paúl Castillo Hidalgo', enclosed within a large, loopy blue oval stroke.

Dr. Edy Paúl Castillo Hidalgo, M.Sc
DIRECTOR

III. AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres por ser el pilar más importante en mi vida y poder permitirme crecer como profesional y como ser humano, también quiero agradecer a los docentes y compañeros que estuvieron pendientes de mi progreso durante este estudio y me ayudaron desinteresadamente.

Anderson Rodrigo Vásquez Guerrero.

IV. DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a mis padres ya que sin su único apoyo incondicional nada de esto sería posible para mí.

Anderson Rodrigo Vásquez Guerrero.

V. ÍNDICE GENERAL

I. DECLARACIÓN	I
II. CERTIFICACIÓN	IV
III. AGRADECIMIENTO.....	V
IV. DEDICATORIA	VI
V. ÍNDICE GENERAL.....	VII
VI. ÍNDICE DE CUADROS.....	X
VII. ÍNDICE DE FIGURAS	XI
VIII. ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
IX. RESUMEN.....	XIII
X. ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Hipótesis	3
1.4 Antecedentes	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6 Justificación.....	4
CAPÍTULO 2	6
2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 Características anatómicas generales de las aves.	6
2.1.1 Osteología.	6
2.1.2 Anatomía del hueso tibiotarso.	6
2.1.3 Histología.....	7
2.2 Osteología e histología comparada entre aves y mamíferos.	8
2.3 Patologías óseas en aves.	8
2.3.1 Infecciosas.....	8
2.3.2 No infecciosas.	9
2.4 Ortopedia: Generalidades Tecnológicas	9
2.4.1 Tecnología de Modelado por Deposición Fundida (FDM):	9
2.4.2 Impresión 3D.	10
2.4.3 Anisotropía en impresiones 3D.....	10

2.5	Materiales empleados.....	11
2.5.1	Alcohol de polivinilo (PVA).....	11
2.5.2	Ácido poliláctico (PLA).....	11
2.5.3	Tereftalato de polietileno (PET-G).....	11
2.6	Consideraciones previas a la impresión.....	12
2.7	Ensayos de tracción.....	12
2.8	Traumatología y ortopedia en aves silvestres.....	14
2.9	Osteosíntesis.....	14
2.9.1	Enclavijamiento centromedular.....	14
2.9.2	Fijación externa.....	15
2.9.3	Cerclajes.....	15
2.9.4	Reducción e inmovilización (no quirúrgica, no invasiva).....	16
2.10	Patrones radiológicos.....	18
2.11	Manejo de fracturas.....	19
2.11.1	Valoración prequirúrgica:.....	19
2.11.2	Resolución de la fractura.....	20
2.11.3	Consideraciones quirúrgicas: Anestesia.....	20
2.11.4	Seguimiento post – quirúrgico.....	22
CAPÍTULO 3.....		23
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.1	Ubicación de la zona de estudio.....	23
3.2	Materiales y equipos.....	24
3.2.1	Materiales biológicos.....	24
3.2.2	Materiales de laboratorio o campo.....	24
3.2.3	Equipos.....	25
3.3	Procedimiento.....	25
3.3.1	Diseño e impresión de la férula:.....	25
3.3.2	Selección y proceso de las unidades experimentales:.....	25
3.3.3	De los protocolos anestésicos.....	26
3.3.4	Proceso quirúrgico.....	26
3.3.5	Seguimiento.....	27
3.3.6	Postquirúrgico.....	27
3.4	Variables a estudiar.....	28
3.4.1	Variables independientes.....	28
3.4.2	Variables dependientes.....	28

3.5	Diseño experimental.....	28
3.5.1	Seguimiento caso: Gallina 1	30
3.5.2	Seguimiento caso: Gallina 2	31
3.5.3	Seguimiento caso: Gallina 3	32
3.5.4	Seguimiento caso: Gallina 4	33
3.5.5	Seguimiento caso: Gallina 5	34
3.5.6	Seguimiento caso: Gallina 6	36
CAPÍTULO 4		38
4. RESULTADOS		38
	Análisis individual.....	43
CAPÍTULO 5		49
5.1 DISCUSIÓN		49
5.2 CONCLUSIONES.....		51
5.3 RECOMENDACIONES		52
6. BIBLIOGRAFÍA.....		53
XII. ANEXOS		56

VI. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1.....	18
------------------	----

VII. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	13
Figura N° 2	23
Figura N° 3	24
Figura N° 4	38
Figura N° 5	38
Figura N° 6	39
Figura N° 7	39
Figura N° 8	40
Figura N° 9	40
Figura N° 10	41
Figura N° 11	41
Figura N° 12	42
Figura N° 13	42
Figura N° 14	43
Figura N° 15	44
Figura N° 16	45
Figura N° 17	46
Figura N° 18	47
Figura N° 19	48

VIII. ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	56
Anexo 2	56
Anexo 3	57
Anexo 4	57
Anexo 5	57
Anexo 6	58
Anexo 7	58
Anexo 8	58
Anexo 9	59
Anexo 10	59
Anexo 11	60
Anexo 12	60
Anexo 13	60
Anexo 14	61
Anexo 15	61
Anexo 16	61

IX. RESUMEN

En los tratamientos ortopédicos veterinarios en aves se utilizan implantes y herramientas específicas que presentan limitaciones generadas que no siempre son eficaces para el tratamiento de fracturas pues depende de la adecuada inmovilización del miembro afectado. En conjunto se puede provocar un retraso en la resolución de una fractura e infecciones. El presente estudio diseñó una férula en 3D que pueda ser aplicada en aves en combinación con el uso de cerclajes intra quirúrgicos para la reducción de fracturas oblicuas completas transversales en el hueso tibiotarsal como alternativa eficaz al tratamiento ortopédico convencional. La población del estudio estuvo conformada por 6 gallinas criollas (*Gallus gallus domesticus*) las cuales presentaron un peso promedio de $1,5\pm 0,2$ kg de 12 meses de edad. Para la ejecución fue necesario 3 fases que incluían una de anestesia, quirúrgica y postquirúrgica. El procedimiento quirúrgico consistió en un corte transversal completo oblicuo del hueso tibiotarsal, posteriormente se colocaron las férulas impresas en 3D, y finalmente el control se lo realizó mediante placas radiográficas en un periodo de tiempo para determinar el desarrollo de la cicatrización. Los resultados hallados mostraron que a los 50 días se observó la recuperación del 67% de los pacientes, siendo este mismo porcentaje representativo de la población que presentaron secuelas marcadas, cambios en la morfología del miembro intervenido, callo óseo, calcificación del área fracturada. Todos los pacientes presentaron complicación de la fractura y desarrollo de fibrosis. Finalmente, la realización de este estudio contribuye al mejoramiento de los tratamientos de la ortopedia aviar.

Palabras clave: Férulas 3d, gallinas criollas, fractura tibiotarsal, tratamiento ortopédico, cicatrización

X. ABSTRACT

In veterinary orthopedic therapies in poultry, implants and specific tools are employed that have caused limitations that are not always effective for the treatment of fractures since it depends on the adequate restraint of the affected limb. As a whole, this can cause a delay in the resolution of a fracture and infections. This study designed a 3D splint that can be applied in birds combined with the use of intraoperative locks for the reduction of complete transverse oblique fractures in the tibiotarsal bone as an effective alternative to conventional orthopedic treatment. The study population consisted of 6 Creole hens (*Gallus gallus domesticus*) with an average weight of 1.5 ± 0.2 kg and 12 months of age. Three phases were necessary for the execution of the study, including anesthesia, surgery, and post-surgery. The surgical procedure consisted of a complete oblique transversal cut of the tibiotarsal bone, then the 3D printed splints were placed, and finally, the control was conducted through radiographic plates over some time to determine the development of healing. The results showed that after 50 days, 67% of the patients had recovered, this same percentage being representative of the population that presented marked sequelae, changes in the morphology of the operated limb, bone callus, calcification of the fractured area. All patients presented fracture complications and the development of fibrosis. Finally, the completion of this study contributes to the improvement of avian orthopedic treatments.

Keywords: 3D splints, creole hens, tibiotarsal fracture, orthopedic treatment, healing

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

El tratamiento ortopédico veterinario no ha evolucionado en nuestro país como en otros lugares del mundo, los animales cuando sufren afecciones traumatológicas indistintamente de su especie o sexo, no recibe el tratamiento adecuado acorde a su patología, de igual manera en el mercado son escasos los productos adecuados para un tratamiento efectivo, sin embargo los médicos veterinarios debemos dar una solución efectiva al problema; en su mayor parte los métodos utilizados son tradicionales realizándose vendajes, aplicación de yesos e inmovilizadores con resultados escasamente positivos y con alta presencia de secuelas post-tratamiento ya que el estudio de estas técnicas se ha visto paralizado y por lo tanto un estancamiento en su avance dentro de la eficacia (Rojas, 2015).

La impresora 3D es un artefacto utilizado para la fabricación de objetos sólidos, a partir de un diseño computarizado, que por tal motivo se puede considerar un aporte muy importante de esta última generación, la cual brinda un gran cambio en varios campos y de manera principal en la medicina tanto humana como veterinaria (Morocho, 2016).

Una de las nuevas alternativas que se nos presenta son los diseños de férulas 3D, que tanto en la medicina humana y veterinaria han crecido de manera exponencial, las cuales cumplen la función de brindar tratamientos ortopédicos para fracturas en cualquier especie, dado que este tipo de órtesis brindan una mejor calidad de vida al portador debido a que su fabricación llega a ser 100% individualizada para cada condición y paciente, de igual manera son más ligeros, cómodos, y transpirables (Pardo, 2017).

El presente trabajo de investigación se centra en utilizar una férula impresa en 3D con ácido poliláctico (PLA), conjuntamente con un cerclaje en el área de la fractura que disminuya los problemas ortopédicos que presentan las férulas tradicionales, mejorando los tiempos de recuperación y por ende su calidad de vida.

1.2 Planteamiento del problema

El hueso de las aves en comparación al de los mamíferos es más fino y frágil, por tal motivo al momento de utilizar implantes específicos nos vemos limitados en cuanto a materiales y diseños. De igual forma el riesgo de que una fractura cerrada se vuelva abierta aumenta cuando no es inmovilizada de forma adecuada el área afectada debido a que la piel de las aves es delgada y delicada, aumentando el riesgo de infección además del retraso en la resolución de la fractura.

La inmovilización de fracturas en aves tiene los mismos principios de ortopedia en mamíferos. Debiendo considerarse factores como el tipo de hueso y fractura, su antigüedad, lesión neurológica y/o de tejidos blandos asociada a él tipo de animal (tamaño y carácter), restricciones económicas las mismas que deben considerarse para decidir por la mejor técnica de intervención quirúrgica (Lopez, 2014).

En el caso concreto de las aves salvajes, es fundamental preservar la funcionalidad del miembro (ya que son animales que deben reintroducirse en la naturaleza en perfectas condiciones) y el tratamiento de elección generalmente es quirúrgico ya que nos va a permitir, en la mayor parte de los casos, una reducción más adecuada de la fractura, un callo óseo menos voluminoso y una mejor y más rápida recuperación del miembro afectado (Valverde, 1987).

Sin embargo, dentro del ámbito quirúrgico, la mayoría de los procedimientos poseen un elevado costo de los implantes en traumatología veterinaria, por diversas causas (materiales, instrumentos, procedimientos y su recuperación) además de las características propias del hueso en aves nos ha llevado a plantearnos una nueva e innovadora técnica para la reducción de fracturas tibiotarso a través de la novedosa técnica que es la impresión de férulas en 3D en combinación con el uso de cerclajes quirúrgicos.

1.3 Hipótesis

H1: El uso de férula impresas en 3D en combinación con el uso de cerclajes es una alternativa eficaz para la reducción de fracturas tibiotarsales oblicua completa transversal en aves.

1.4 Antecedentes

Las principales causas que generan traumas y lesiones tanto en aves de compañía como en aves silvestres, se asocian con la contaminación ambiental, accidentes con cables de luz, caza indiscriminada, ataques de animales ferales (Lopez, 2014). Para tratar esta problemática han surgido diversos métodos clínicos para garantizar la supervivencia y calidad de vida del organismo.

De esta forma en Alemania, un proyecto de conservación animal tuvo como enfoque principal la realización de una extremidad inferior protésica diseñada e impresa en 3D, para un ave secretaria (*Sagittarius serpentarius*) a la cual se le había amputado una extremidad, causado por una lesión nerviosa. Este proyecto evaluó diversos modelos de prótesis y se eligió aquel que le proveía al ejemplar buena fijación, movimiento y velocidad de desplazamiento (Thalman y Owen, 2017).

Por su parte, el estudio de Esteves (2019) comparó dos técnicas de resolución de fracturas de tibiotarso en psitácidos. La primera técnica fue coaptación externa para la reparación de la fractura mientras que la segunda técnica consistió en la colocación de un clavo intramedular (1.5 mm de espesor) por el extremo distal de la fractura de forma retrógrada en un ejemplar de amazonas de frente azul (*Amazona aestiva aestiva*). Los resultados en ambos casos mostraron un mejoramiento en las funciones motrices del área afectada de las aves tratadas.

Así mismo, Tunio, Jalila, Yong, y Shameha (2014) evaluaron la curación de la fractura transversal del cúbito usando fijación esquelética externa (FSE) en palomas, para lograrlo se generaron fracturas de cúbito en 12 individuos, además se realizaron observaciones de las curaciones en función del tiempo. Los hallazgos indican que la unión ósea se produjo entre las tres y seis semanas. La alineación ósea y la remodelación del callo fueron evidentes a las 12 semanas

($p < 0,05$) después de la fijación de la fractura. Las observaciones radiográficas de la curación de fracturas confirmaron que la fijación de FSE es un método eficaz para estabilizar la fractura del cúbito en palomas y da como resultado una curación de la fractura más rápida.

Así mismo, Wright et al., (2018) estudió las fracturas tibiotarsales de aves de compañía como la cacatúa ninfa (*Nymphicus hollandicus*) y los periquitos (*Melopsittacus undulatus*). El estudio observó que en todos los casos se usó férulas adhesivas junto con clavija intramedular, tomando un tiempo de estabilización de las prótesis de 19 días, finalizado este tiempo se documentó un 92 % de cicatrización de las fracturas en las aves, con lo cual se puede afirmar que esta metodología resulta clave en el tratamiento de fracturas de aves.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar e imprimir férulas en 3D con PLA en combinación con el uso de cerclajes intraquirúrgica, para su uso en el tratamiento ortopédico en aves con fractura oblicua completa transversal en tibiotarsales.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Modelar los diferentes elementos de la férula a través de procesos de simulación de esfuerzos y deformaciones con elementos finitos para validar y verificar su comportamiento ante fuerzas externas.
- Evaluar el tiempo de recuperación de los pacientes mediante placas radiológicas.
- Analizar los resultados obtenidos, validar y verificar el funcionamiento adecuado.

1.6 Justificación

El tema propuesto a estudio actualmente cuenta con información limitada; siendo imprescindible para su realización debido a la importancia que actualmente han cobrado las aves silvestres (Angosto, 2016).

En aves exóticas que presentan una fractura o afección ósea por trauma y que se mantengan en cautividad, la opción más requerida no siempre es de

intervención quirúrgica, ya que debido a su forma de vida la capacidad de vuelo ya no es un requerimiento primordial, mientras que las fracturas a nivel de extremidades pélvicas requieren su mayor atención ya que afectan a su motricidad y sujeción. Por el contrario, en aves salvajes el objetivo es la reintroducción en el medio silvestre por tal motivo, es de suma importancia que sus cualidades tanto de vuelo como de motricidad y sujeción sean lo más integra posible por eso el manejo de las fracturas es crucial para su supervivencia (Domínguez y Cordero, 1993).

Por lo tanto, así como en la medicina humana el avance tecnológico ha crecido a pasos agigantados y lo sigue haciendo es un aliado muy importante para tratamiento ortopédicos, microbiológicos, genética, producción, etc. La medicina veterinaria no se queda atrás ya que con esta tecnología de impresión nos abre una nueva posibilidad viable para tratar afecciones antes imposibles de tratar que a su vez los tratamientos efectuados dejaban secuelas permanentes en donde el ave en su totalidad su recuperación era parcial o nula y su reintroducción a su vida silvestre era cada vez más difícil, sin mencionar que los tratamientos quirúrgicos son de un costo elevado en donde no siempre se tenía acceso por tal motivo, el desarrollo e implementación de una férula en 3D nos permitirá tener una alternativa sobre el tratamiento de fracturas con la finalidad de poder reingresar a un ave a su vida silvestre después de su tratamiento ortopédico.

CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Características anatómicas generales de las aves.

2.1.1 Osteología.

Es importante para el médico veterinario conocer la anatomía ósea de las aves tanto para seleccionar el método de tratamiento más adecuado como para determinar y comunicar el pronóstico al propietario (Tully, 2002). Es importante recordar que, al tratarse de animales bípedos, la distribución de la carga corporal deberá ser rápidamente recuperada en los miembros pelvianos (Harrison y Lightfoot, 2006). Los huesos largos se dividen en varias regiones: la diáfisis, es decir, la porción central; la metáfisis, que se encuentra en los extremos de la diáfisis; y la epífisis, que comprenden los extremos del hueso (Harrison, Harrison y Ritchie, 1994).

2.1.2 Anatomía del hueso tibiotarso.

El tibiotarso consiste en la fusión de la tibia con la fila proximal de los huesos tarsianos (König, 2016). Conocer la anatomía aviar es de vital importancia ya que este hueso fracturado puede fácilmente ser confundido con el fémur o el tarsometatarso (Infante, 2019). Ubicado en la pierna, es un hueso de forma triangular irregular en su extremo proximal cuya base se sitúa de medial a mediocaudal.

Presenta en su extremo proximal una cresta cnemial craneal prominente, que se conecta con la cresta cnemial lateral por medio de la cresta patelar, ubicada de forma transversal y que sirve a su vez como sitio de inserción del ligamento patelar. Sus dos tercios proximales se encuentran protegidos por los tejidos blandos, siendo las cargas durante su uso de tipo compresivo (Samour, 2010).

En los psitácidos se encuentra cubierto principalmente hacia craneolateral por el músculo *fibularis longus*, similar al *peroneus longus* de los mamíferos; mientras que cranealmente y cubriendo a este músculo se encuentra un importante flexor del tarso conocido como *tibialis cranialis*, el cual presenta dos

cabezas: una que se origina en el cóndilo lateral femoral, y otra sobre la cresta cnemial lateral (Orosz, 1992).

Por debajo del músculo *tibialis cranialis* se ubica la arteria tibial craneal acompañada por el nervio fibular profundo, responsables de la irrigación e inervación locales. Asimismo, cruzando el tarso se ubica la vena metatarsiana medial, la cual corre caudalmente al tibiotarso. El principal músculo caudal de la pierna es el *gastrocnemius*, que cubre a los músculos flexores digitales (Coles, 2007; Doneley, 2016).

Por otro lado, en su extremo distal el tibiotarso presenta un surco extensor localizado hacia craneal, el cual es atravesado por el puente supratendinoso, que guía a los tendones extensores hacia los dedos. Presenta también cóndilos mediales y laterales, cuyas superficies articulares forman la tróclea del cartílago tibial, el cual consiste en una estructura fibrocartilaginosa sobre la cual se deslizan los tendones del músculo *gastrocnemius* y de las flexores digitales (König, 2016).

2.1.3 Histología.

La fisis consiste en un segmento de hueso tubular implicado en el crecimiento óseo, y está conformado por cuatro zonas: la zona de cartílago, comprendida por condrocitos dispersos irregularmente; la zona de proliferación celular, cuyos condrocitos se ubican en columnas; la zona de maduración celular, compuesta por células agrupadas en columnas, las cuales comienzan a acumular glucógeno y producir fosfatasa alcalina (FAS), estimulando la calcificación; y la zona de calcificación y osificación, que se conforma por capilares que invaden los espacios entre el cartílago tras la muerte de los condrocitos, iniciando la actividad osteoblástica con posterior formación de trabéculas longitudinales (Harrison et al., 1994).

La formación de los huesos largos en las aves se produce mediante osificación endocondral. Las células se transforman en condrocitos que secretan la matriz extracelular, mientras que las células externas se transforman formando una vaina pericondral con una capa externa de fibroblastos rica en tejido conjuntivo y una capa interna de células mesenquimales (Tully, 2002). Existe simultaneidad entre la formación de vasos sanguíneos y la diferenciación celular

pericondral respecto a la osteólisis, generándose un collar óseo que se expande por acción osteoblástica y en cuyo centro los condrocitos secretan FAS permitiendo la calcificación.

2.2 Osteología e histología comparada entre aves y mamíferos.

Las aves se diferencian notablemente de los mamíferos en relación a su estructura ósea ya que poseen características de comportamiento y morfología propias de su clase. Un hueso es resistente a traumas por dos factores: la elasticidad, por el cual regresa a su conformación original y la tenacidad de disposición estructural de las mismas (García, 2008).

El hueso de las aves es más frágil debido a la cantidad de minerales que posee en comparación con los mamíferos, tales características nos limitan al momento de elegir determinados implantes; por ejemplo, los tornillos quirúrgicos no es una opción viable debido a que el agarre es menor y posee poco espesor para la rosca. Por otro lado, las aves poseen una piel muy delgada, debido a esta característica las fracturas deben inmovilizarse lo más pronto posible ya que hay riesgo de que una fractura interna se transforme en abierta y una infección se vea ocasionada (Tully, 2002).

Entre la principal diferencia de las aves y los mamíferos es que la epífisis calcificada no se completa hasta cuando es el final de su periodo de crecimiento. Por tal motivo, el extremo proximal del tibiotarso va a tener un carácter ausente en las radiografías en aves todavía jóvenes (crecimiento). El extremo distal del tibiotarso y el extremo proximal del tarsometatarso tienen una similitud al crecimiento de los mamíferos, debido a que los huesos del tarso forman una osificación en el centro del hueso la cual se asemeja a la epífisis de los mamíferos (Harcourt, 2002).

2.3 Patologías óseas en aves.

2.3.1 Infecciosas.

La osteomielitis postraumática, cuya causa principal suele ser una infección bacteriana, puede verse vinculada a la unión retrasada e incluso a la no unión debido a la inestabilidad en el foco de la fractura, siendo más probable que se produzca en pacientes con fracturas abiertas (Fossum, 2009). Esta patología puede tratarse mediante el uso de lincomicina o clindamicina (Harrison, 1994).

2.3.2 No infecciosas.

2.3.2.1 Traumáticas o Fracturas.

a) **Etiología:** Las fracturas consisten en la pérdida de continuidad de la estructura normal del hueso, el cual es sometido a distintas fuerzas durante su funcionamiento normal. Cuando la suma de estas fuerzas supera la capacidad de resistencia máxima del hueso, se produce una fractura (Tobias y Johnston, 2012). Las aves poseen ciertos huesos que tienen cualidad de neumáticos, es decir, su región interna está ocupada por cantidades de aire los cuales tienen comunicación directa con los sacos aéreos y estos con los pulmones. De acuerdo a la especie, según la región ósea, los huesos que tienden a sufrir fractura en las aves son el fémur, humero y esternón y en ciertas ocasiones el tibiotarso y las vértebras cervicales (Angosto, 2016).

b) **Tipos.** El patrón de una fractura es determinado principalmente por la orientación de las fuerzas que la provocaron. Las fracturas oblicuas son originadas por fuerzas compresivas, presentándose la línea de fractura en un ángulo de 30 a 45° respecto a la dirección de dicha fuerza; las fuerzas de tracción, así como las de flexión ocasionan fracturas transversas; mientras que las fuerzas de torsión resultan en fracturas en espiral con un segmento de fractura longitudinal (Tobias y Johnston, 2012).

Asimismo, la combinación de fuerzas de flexión y compresión ocasiona una grieta que se propaga hacia la superficie compresiva, dividiéndose y desviándose hacia proximal y distal a lo largo de las líneas de estrés, originando un fragmento en el lado compresivo, clasificándose este tipo de fracturas como conminutas (Harcourt, 2002).

2.4 Ortopedia: Generalidades Tecnológicas

2.4.1 Tecnología de Modelado por Deposición Fundida (FDM):

Actualmente existen diferentes procedimientos de modelado, siendo la impresión 3D una de los más económicos e indicado para satisfacer condiciones especiales de un diseño particular. Es una técnica atractiva por ser sencilla, rápida y por emplear materiales de fácil acceso y bajo costo. El espesor de las capas se gradúa en función del tamaño de una boquilla extrusora, garantizando de esta manera, la calidad del producto final. Respecto a los materiales

empleados en la tecnología FDM, estos son de naturaleza termoplástica, estandarizados y mecánicamente estables en el tiempo; entre estos se encuentran el filamento acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y el filamento ácido poliláctico (PLA) principalmente por su amplia demanda y aplicación en las áreas biomédica, aeroespacial e industrial, entre otras.

2.4.2 Impresión 3D.

Conocida también como prototipado rápido, está referida a los procesos empleados para fabricar o materializar un modelo, llevándolo a la realidad tridimensionalmente. La técnica consiste en manipular un material sólido a temperatura ambiente y capa por capa, bajo control computarizado con el fin de crear un modelo tridimensional.

Existen programas especializados para llevar a cabo estos procesos, particularmente los de diseño asistido por computadora (CAD) y los de fabricación asistida por computadora (CAM) (Bordignon, Iglesias, y Hahn, 2018), ambos útiles para construir cualquier objeto en tres dimensiones, partiendo de un modelo diseñado por medio de un software que finalmente se va a imprimir (Noguera, 2014).

La combinación de la tecnología de impresión 3D con la tecnología CAD o CAM, ha significado un gran avance para la biomecánica en 3D pues ha permitido la replicación de un órgano o tejido para recuperar su funcionalidad anatómica. La tomografía axial computarizada (TAC) y la resonancia magnética nuclear (RMN) son de gran apoyo para aproximarse con la mayor fidelidad, a la tridimensionalidad del tejido u órgano que requiere de restauración. De esta manera, la información se almacena digitalmente para ser utilizada como base de un modelo CAD que transforma la anatomía analítica en la anatomía sintética (Juarez, y otros, 2018).

2.4.3 Anisotropía en impresiones 3D.

La técnica FDM tiene el inconveniente de que las piezas que se generan presentan anisotropía, es decir, sus propiedades mecánicas varían según la dirección en que se examinen. Se distinguen dos direcciones en la unión de las fibras del material empleado y estas son longitudinal y transversal. La primera está determinada por la dirección del extrusor, en sentido X, Y quedando unido

a manera de cordón viscoso como consecuencia de su fusión y extrusión a través de una boquilla. La segunda está determinada por el sentido y la dirección en que se unen los cordones preformados y se organizan en capas.

Por esta razón, la orientación de la impresión es un aspecto técnico importante que se debe garantizar pues, el efecto anisotrópico puede afectar el funcionamiento de las piezas creadas; por ello, en las zonas en las que el material esté sometido a tensión, la impresión debe estar orientada de forma tal que longitud de extrusión sea paralela a la carga aplicada (Sun, Montero, Odell, Roudy, Wright., 2002).

2.5 Materiales empleados.

2.5.1 Alcohol de polivinilo (PVA).

Es un polímero sintético, hidrosoluble, higroscópico y biodegradable utilizado en la impresión 3D como material de soporte. Tiene la ventaja de ser compatible con otros materiales como, por ejemplo, ácido poliláctico (PLA), tereftalato de polietileno (PET-G), nylon y CPE.

2.5.2 Ácido poliláctico (PLA)

El PLA, es un compuesto natural, de origen vegetal, obtenido del maíz, la remolacha, el trigo y otros vegetales ricos en almidón. Tiene la ventaja de tener mejores características termoplásticas que algunos productos sintéticos como los plásticos derivados del petróleo (Fuentes, 2017).

Su resistencia a la tracción y módulo de elasticidad llegan a ser similares a los del polietileno, aunque por tener menor densidad, el PLA es más hidrofílico que el polietileno. Es muy estable frente a la luz ultravioleta (UV) por lo cual resiste a la decoloración y es de muy baja inflamabilidad, siendo por todas estas razones, un material seguro.

2.5.3 Tereftalato de polietileno (PET-G)

Es uno de los materiales más empleado en la fabricación de botellas de agua, fibras textiles y gran cantidad de aparatos electrónicos. Es un plástico transparente, resistencia a la acción de productos químicos, a los golpes, a la ruptura y al fuego. El PET-G es PET modificando por la adición de ciclohexano dimetanol (CHDM) con la finalidad de reducir su cristalinidad, consiguiendo así,

una temperatura de transición vítrea menor que el PET, facilitando la impresión 3D, mejorando la flexibilidad y la resistencia de las piezas producidas. Además, el PET-G está aprobado para su uso en la industria alimentaria, no transmite olores que afecten el ambiente de fabricación y es reciclable, lo cual reduce los costos.

2.6 Consideraciones previas a la impresión.

Uno de los inconvenientes más comunes de la impresión 3D es el efecto *Warping*, el cual consiste en la separación de las esquinas de la pieza de la placa de impresión, lo cual inutiliza la pieza. Este fenómeno ocurre como consecuencia de las contracciones que se generan tras el enfriamiento del material, el cual ocurre de manera gradual en las primeras capas por estar estas más próximas a la placa de impresión, cuya temperatura es mayor. No obstante, en la medida en que aumenta el grosor de las capas, el enfriamiento es más rápido, la solidificación se acelera y se producen en la pieza, tensiones internas que terminan despegándola.

Para evitar el efecto *Warping*, se debe aumentar la adhesión entre la placa y la pieza, para lo cual se debe añadir una capa adicional alrededor de la pieza, a manera de borde, para así aumentar la superficie de contacto entre la placa y la pieza y disminuir el enfriamiento rápido. Comercialmente, existen alternativas como lacas y cintas adhesivas que funcionan como adherentes muy eficientes entre la pieza y la placa, siendo la laca el adherente de elección cuando se trabaja con PTE-G (Redwood, 2017).

2.7 Ensayos de tracción

a) Metodología de tensión máxima, tensión de rotura, deformación de rotura y módulo de *Young*: las propiedades mecánicas de las piezas fabricadas mediante modelado por deposición fundida (FDM), y el efecto que la anisotropía tiene sobre las mismas, son parámetros que se deben medir de alguna manera antes de proceder a la impresión en 3D. Se ensayan probetas normalizadas según un criterio normativo como, por ejemplo, la norma ISO 527, la cual determina las propiedades en tracción de materiales plásticos, y ahí mismo se señalan los criterios de calidad para tensión máxima, tensión de rotura, deformación de rotura y módulo de *Young*.

b) Metodología de ensayo. Consiste en someter a la probeta a una fuerza de tracción siguiendo su eje longitudinal, a velocidad constante hasta que se rompa. Mientras esto ocurre, se calcula la carga que soporta la probeta y la deformación que manifiesta. Un índice de deformación se obtiene al dividir el incremento de longitud entre la longitud inicial de referencia, expresándolo como porcentaje. Es recomendable tomar como referencia la tensión ingenieril, la cual no es más que el cociente obtenido entre la fuerza y el área de la sección inicial, antes que se inicie la deformación del material. Matemáticamente, esto es:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

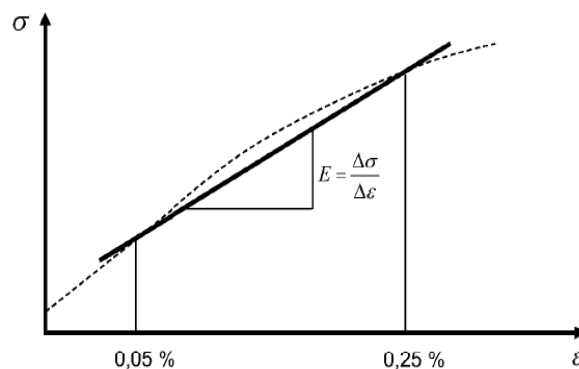
El módulo de *Young* se calcula gráficamente, sobre el intervalo lineal de la curva tensión-deformación, aplicando un método de regresión lineal en esta zona, según la siguiente ecuación:

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$$

El módulo de *Young* es la pendiente de la recta ajustada por mínimos cuadrados en el intervalo de deformación $0,05\% \leq \varepsilon \leq 0,25\%$. Gráficamente esto se representa de la siguiente forma:

Figura N° 1

Zona lineal de la curva tensión-deformación



Fuente: Tomado de (UNE-EN ISO 527)

La deformación hasta que ocurra la rotura se calcula a partir de la última correlación digital de imágenes (DIC) disponible antes del fallo de la probeta, correspondiéndose la tensión de rotura en el tiempo con la última imagen,

tomando como referencia de rotura el método óptico o visual. Se ensayan conjuntos de varias probetas para cada tipo de orientación de impresión y fibra, siendo así necesario muchos ensayos. Los resultados finales serán los valores obtenidos de calcular la media aritmética de todos los cálculos obtenidos en cada ensayo.

2.8 Traumatología y ortopedia en aves silvestres.

Existen ciertas fracturas que requieren tratamiento ortopédico sin fijación, realizando procedimientos para limitar los movimientos del ave. Tener la factibilidad de que el hueso sane mientras el ave pueda mover limitadamente su miembro, el cual reduce de manera significativa el riesgo potencial de cicatrices y adherencias en comparación cuando se limita completamente la movilidad; entre las fracturas más propicias para este tratamiento son las de tallo verde en pájaros jóvenes y las fracturas de los huesos digitales (Harcourt, 2002).

Según Fuentes (2017) la cicatrización se va retrasando a medida que avanza la edad del paciente, pero la edad es un aspecto de difícil determinación en las aves. No obstante, en las aves, fisiológicamente, el estado hormonal de la hembra predispone a la ocurrencia de fracturas durante la puesta, debido a que las reservas de calcio óseo son utilizadas para la ovogénesis (Domínguez y Cordero, 1993). La resolución de una fractura depende de su localización en el hueso, siendo de más fácil reducción y pronóstico, en una misma pieza ósea, las fracturas diafisarias antes que las epifisarias (Angosto, 2016).

Las extremidades pélvicas son donde mayormente se presentan fracturas las aves, especialmente en el tibiotarso y su diagnóstico es sencillo cuando se los examina de manera adecuada ya que una de sus peculiaridades es la presencia de desviaciones óseas y movilidad anormal de la extremidad fracturada. El método para definir la reducción de la fractura es de compleja deducción debido a que se debe tener en cuenta el peso, el tamaño de las aves y clasificar el grado de la fractura (De Conti, Schossler, Alievi, Bonfada y Novosad, 2007).

2.9 Osteosíntesis.

2.9.1 Enclavamiento centromedular.

Es la reducción de la fractura e inmovilización de la región anatómica afectada a través de un clavo metálico en el canal medular, a manera de tutor

interno, durante un tiempo aproximado entre 15 y 20 días (Valverde, 1987). La colocación de un clavo intramedular tiene la ventaja de ser de fácil ejecución, y asegura la alineación de la fractura con el alineamiento anatómico adecuado para la especie, sin afectar el riego sanguíneo del periostio (Fossum, 2009). Sin embargo, cuando los fragmentos óseos son muy pequeños, este método no ofrece estabilidad a las estructuras (De Conti *et al.*, 2016). Por tal razón, los clavos intramedulares se recomiendan para aves que pesen más de 300 gramos (Harrison y Lightfoot, 2006).

Las fracturas resueltas con clavos intramedulares deben ser inmovilizadas con vendajes por 10 a 21 días, ya que este método por sí solo impide la rotación de los extremos o cabos óseos (Harrison *et al.* 1994). Los resultados de este método quirúrgico suelen ser buenos a excelentes permitiendo al paciente incluso soportar cierto peso en el miembro afectado luego de la cirugía (Orosz, 1992). El diámetro del clavo deberá ser un 50 a 75% del canal medular, ya que diámetros mayores pueden afectar el aporte sanguíneo pudiendo conducir a una necrosis avascular o fracturas iatrogénicas (Doneley, 2016). Los clavos intramedulares utilizados en aves incluyen tanto clavos de *Steinmann* como agujas de *Kirschner* o *Kwires* con un diámetro menor a 1.6mm (Samour, 2005).

2.9.2 Fijación externa.

La técnica consiste en inmovilizar y reducir fracturas mediante tutores externos al hueso. Este método es muy utilizado para reducir fracturas de extremidades en pequeños animales y en traumatología de aves silvestres. La fijación externa es el tratamiento de elección para resolver fracturas conminutas, completas, en rama verde y tibiotarsales (Lopez, 2014).

2.9.3 Cerclajes.

En fracturas oblicuas, los cerclajes con hilo quirúrgico - metálico son muy utilizados. Las fracturas de este tipo suelen ser abiertas por lo que el abordaje del hueso es directo. La fractura se reduce deslizando el hilo ventralmente hacia el fragmento proximal, entrelazando los extremos y manteniendo así hasta que el hueso resuelva la solución de continuidad. La hipovascularización del periostio es la gran desventaja de este método; de igual forma, el método se presta para

que el hilo pierda firmeza y resbale, dejando al hueso nuevamente libre (García, 2008).

2.9.4 Reducción e inmovilización (no quirúrgica, no invasiva).

2.9.4.1 Férulas.

Según Rojas (2015), las férulas estabilizan e inmovilizan temporalmente una fractura ósea ya sea después de su resolución quirúrgica o durante el período de recuperación y entre ellas se encuentran:

a) Férula de Neison.

Indicada para inmovilizar articulaciones del extremo distal del codo, o del tarso y generalmente es una paleta de policloruro de vinilo (PVC) de medidas adaptables. De manera similar al vendaje de Robert Jones, la paleta se coloca manteniendo una rotación medial del miembro, asegurando e impermeabilizando con tela adhesiva y colocando como base de apoyo, algodón en el extremo distal del tubo (Angosto, 2016).

b) Férula de Spica.

Indicada para la inmovilización de articulaciones como la coxofemoral, escapulo-humeral, consiste en la colocación de un vendaje con huata para que evitar que las resinas afecten la piel del animal. La férula se extiende desde la parte distal hasta la región dorsal de la vértebra torácica o del sacro según la zona de la fractura. Se adiciona algodón en todo el miembro. La férula debe cubrir el miembro completamente para lograr que éste se mueva como un todo (Rojas, 2015).

c) Vendaje Roberth Jones.

Este tipo de vendaje temporal es recomendable para resolución de fracturas simples del tercio distal del tibiotarso y del tarsometatarso; igualmente para tratar traumatismos de la articulación del tarso y como tratamiento postquirúrgico. Consiste en un vendaje compresivo acolchado y de gran estabilidad, empleado como complemento de un enclavijamiento e indicado en animales jóvenes y de peso menor a 500 gr. Una vez acolchada la extremidad, se aplica un vendaje con gasa inelástica para hacer compresión.

En algunos casos, previamente evaluados, puede reforzarse con una férula rígida o semirrígida. El vendaje final se completa con un recubrimiento cohesivo.

Con la finalidad de impedir la formación de edemas distales, se debe evitar una excesiva tensión del vendaje y procurar su colocación en sentido distal-proximal, dejando libres los dedos para evaluar desde los mismos, el estado de la extremidad (Angosto, 2016).

d) Vendaje en “8”.

Está indicado para el tratamiento no quirúrgico de fracturas de las falanges, del metacarpo y algunas de cúbito y radio (especialmente cuando uno de los dos huesos está sano); también es útil en la resolución de luxaciones de codo y carpo; para inmovilizar el ala después de una intervención quirúrgica del cúbito, radio o metacarpo; y para la inmovilizar miembros que hayan sido objeto de curas y que requieran de protección por haber sufrido alguna herida sobre los tejidos blandos del ala o bien, para hacer permeable una vía intraósea a través del ala (Rojas, 2015).

e) Vendaje en “8” y al cuerpo.

Es una variación del anterior y pudiera decirse que es complementario. Está indicado en el tratamiento no quirúrgico de fracturas de huesos como el húmero, coracoides, la escápula y la clavícula; también sirve para inmovilizar luxaciones de la articulación escapulo-humeral y como tratamiento postquirúrgico del humero o del coracoides. Se aplica el vendaje en “8”, y una vez hecho éste, se repite el vendaje alrededor del cuerpo, sobre la misma zona afectada, pero esta vez envolviendo el ala afectada cada vez que se repita el vendaje, dejando libre el ala no fracturada (Angosto, 2016).

En el siguiente cuadro se resumen los diferentes métodos de resolución de fracturas, de manera comparativa.

Cuadro N° 1

Tratamientos de elección de acuerdo al tipo de fractura

	TÉCNICAS NO QUIRURGICAS			TÉCNICAS QUIRURGICAS				
	Vendaje en 8	Vendaje en 8 y al cuerpo	Férulas y otros sistemas	Cerclaje	EIM	FE-I	FE-II	FEH
Cadera			X	X	X			
Fémur				X	X	X		X
Tibiotarso			X	X	X	X	X	X
Tarsometatarso			X	X	X	X	X	X
Falanges y huesos tarsianos			X	X	X	X		
Escápula		X		X	X	X		
Coracoides		X		X	X	X		
Clavícula		X		X	X	X		
Húmero		X		X	X	X		X
Cúbito	X			X	X	X		X
Radio	X		X	X	X			
Carpometacarpo	X		X	X	X	X		
X Técnica de elección			X Técnica indicada			X Técnicas combinadas		

Fuente: (EIM: Enclavijamiento intramedular, FE-I: Fijador externo unilateral o tipo I, FE-II: Fijador externo bilateral o tipo II, FEH: Fijador externo híbrido “tie – in”) (Angosto, 2016).

2.10 Patrones radiológicos

A pesar de que la mayoría de las fracturas pueden diagnosticarse durante el examen clínico, el uso de la radiología es esencial para evaluar el tratamiento a aplicar (Jiménez, Domingo y Martínez, 2009). De todas formas, antes de indicar una radiografía se debe tener en cuenta la condición del paciente ya que los debilitados o periquitos de pequeño porte pueden no soportar la manipulación manual excesiva, lo que compromete su vida. En estos casos es importante

mantener al animal en un entorno tranquilo y sin luz, además de garantizar calor y rehidratación (Orosz, 1992; Longley, 2008).

La anestesia o sedación durante la toma de radiografías no suele ser necesario en aves, aunque puede considerarse en el caso de ejemplares peligrosos, agresivos o nerviosos. Para esto, es necesario que un auxiliar o ayudante mantenga extendida la cabeza del animal mientras otra persona mantiene las alas y las patas extendidas, considerando el estrés que este manejo causa al animal enfermo, situación que le puede causar la muerte (Jiménez *et al.*, 2009).

Pacientes difíciles, pueden recibir midazolam por vía intranasal a una dosis de 2mg/kg (Schäffer, Rapos, Libório y Silva, 2016). La anestesia inhalatoria está recomendada en algunos casos previamente evaluados, con isoflurano o sevoflurano. A pesar de disminuir el estrés y contribuir con la calidad de la radiografía, el riesgo anestésico siempre debe evaluarse con antelación. La proyección ventrodorsal, así como la laterolateral son las tomas que se consideran necesarias para llegar a un diagnóstico preciso (Harrison y Lightfoot, 2006; Jiménez *et al.*, 2009).

2.11 Manejo de fracturas

2.11.1 Valoración prequirúrgica:

El diagnóstico y manejo de una fractura debe posponerse hasta que el paciente se encuentre estable y se hayan solucionado los problemas que ponen en peligro su vida. El examen físico inicial deberá ser lo más atraumático posible debiendo incluir hemostasia y soporte temporal en cualquier fractura evidente. El ave deberá mantenerse en un sitio tibio, oscuro y en silencio; pudiendo posponerse varios días la cirugía hasta que el paciente se estabilice.

La osteomielitis es probablemente una de las mayores complicaciones para la cicatrización de las fracturas, por lo que, en caso de estar indicado, deberá iniciarse terapia con antibióticos de amplio espectro, de acuerdo a los resultados del cultivo y antibiograma correspondiente. Deberán realizarse radiografías de cuerpo entero para diagnosticar la presencia de fracturas, así como para la evaluación de los pulmones, sacos aéreos y otras estructuras internas. Asimismo, deberán evaluarse hematocrito, glucosa sanguínea, deshidrogenasa

láctica, aspartato transaminasa, colesterol y ácido úrico antes de someter a cirugía al paciente.

Durante la preparación para la cirugía deberá evitarse la pérdida de calor corporal por el uso de agua y alcohol en exceso. Deberán retirarse las plumas en una distancia de 2-3 cm alrededor del área de incisión y de los lugares de salida de cualquier clavo. Cuando las plumas son arrancadas estas se reemplazan rápidamente si no existe daño al folículo; cuando sólo son cortadas vuelven a renovarse hasta el siguiente ciclo de muda normal, lo cual puede llevarse a cabo una sola vez al año en algunas especies de aves. La piel de las aves es muy frágil y se rasga fácilmente por lo que debe hacerse un manejo gentil de ésta durante la preparación aséptica de la misma.

2.11.2 Resolución de la fractura

La resolución definitiva de una fractura no suele ser una situación de emergencia, siendo importante en primer lugar estabilizar al paciente traumatizado (Harrison y Lightfoot, 2006). Uno de los aspectos a evaluar durante el acto quirúrgico es la respuesta del paciente a estímulos dolorosos, la cual se manifiesta con movimientos o alteraciones en la frecuencia respiratoria y cardíaca.

Las fracturas de tibiotarso en psitácidas tienden a producirse a nivel de tercio medio a tercio distal de la diáfisis. La resolución indicada para las fracturas de este hueso implica una alineación rotacional de la rodilla y el tarso mientras que los fragmentos deben mantenerse alineados de lateral a medial, cobrando mínima importancia el alineamiento anteroposterior (Samour, 2010). Algunas fracturas pueden resolverse en base a reposo en confinamiento durante un período de dos a tres semanas (Levitt, 1989; Jones, 2013).

2.11.3 Consideraciones quirúrgicas: Anestesia.

a) Ayuno.

El ayuno prequirúrgico en cualquier especie, pero particularmente en las aves, depende del estado general de salud, la especie y la edad. El objetivo es evitar complicaciones durante el acto quirúrgico como la broncoaspiración por regurgitación del contenido del buche, así como aumentar la eficiencia de la ventilación. En aves pequeñas, por su acelerado metabolismo, el ayuno

constituye un riesgo, debido a que la hipoglicemia ocasionada puede causarles la muerte; por tal razón, está absolutamente contraindicado en este tipo de pacientes. No obstante, en el caso de aves medianas, el tiempo de ayuno no debe exceder las dos horas, y en las aves grandes, el ayuno no debe superar las cuatro horas (Brieva, 2014).

b) Fármacos.

La vía de administración de fármacos en la mayoría de las aves, es de preferencia la intramuscular en los músculos pectorales; pero en aves corredoras y no voladoras, la vía intramuscular de preferencia está en los muslos. La vía subcutánea no está recomendada en aves por retardar la circulación y distribución, pero si hay la necesidad de utilizarla, la región inguinal es la zona anatómica de acceso indicada. La vía de administración intravenosa se aborda a través de la vena yugular derecha, la vena braquial o la vena metatarsal media. Los catéteres intraóseos se emplean cuando la vía endovenosa no está permeable, como suele suceder en aves muy pequeñas o hipotensas y pueden colocarse en la ulna proximal o en el tibiotarso craneal. La administración de medicamentos por esta vía es equivalente a la vía intravenosa (Murphy y Fialkowsky, 2001).

El isoflurano es el fármaco anestésico indicado para la mayoría de las cirugías en las aves. No obstante, en condiciones de campo no siempre la anestesia inhalatoria es una opción. En las intervenciones que causan ruptura de los sacos aéreos y sus extensiones hacia los huesos neumáticos, los anestésicos inhalados se liberan y pasan al ambiente de la sala quirúrgica, pudiendo afectar al personal que practica la cirugía. La anestesia inyectable tiene las ventajas de ser de administración rápida, de bajo costo de requerir mínimo equipamiento (Brieva, 2014).

El estado general de las aves debe ser tomado en cuenta para diseñar los protocolos de anestesia. El registro correcto del peso corporal es fundamental para suministrar la dosis correcta y efectiva. Importante es tener en cuenta que los anestésicos inyectables no son eficientes para mantener a las aves en un plano quirúrgico de anestesia, hay en ellas un permanente riesgo de depresión cardiopulmonar, por lo que el monitoreo es imprescindible durante la anestesia,

llegando a ser necesaria la intubación orotraqueal del ave anestesiada para el suministro de oxígeno y ventilación con presión positiva en caso de emergencia (Murphy y Fialkowsky, 2001).

2.11.4 Seguimiento post – quirúrgico.

Después de la cirugía deberá colocarse nuevamente al paciente en un ambiente cálido, tranquilo y no iluminado para su recuperación de los efectos de la anestesia. En esta etapa se debe confinar al paciente en una jaula pequeña, ajustando el fotoperiodo. Deberán realizarse radiografías postquirúrgicas cada 2-4 semanas para evaluar la cicatrización ósea y una vez que ésta haya comenzado deberá promoverse progresivamente el movimiento del miembro en recuperación hasta que el ave recobre su capacidad natural para correr, desplazarse o volar independientemente.

CAPÍTULO 3

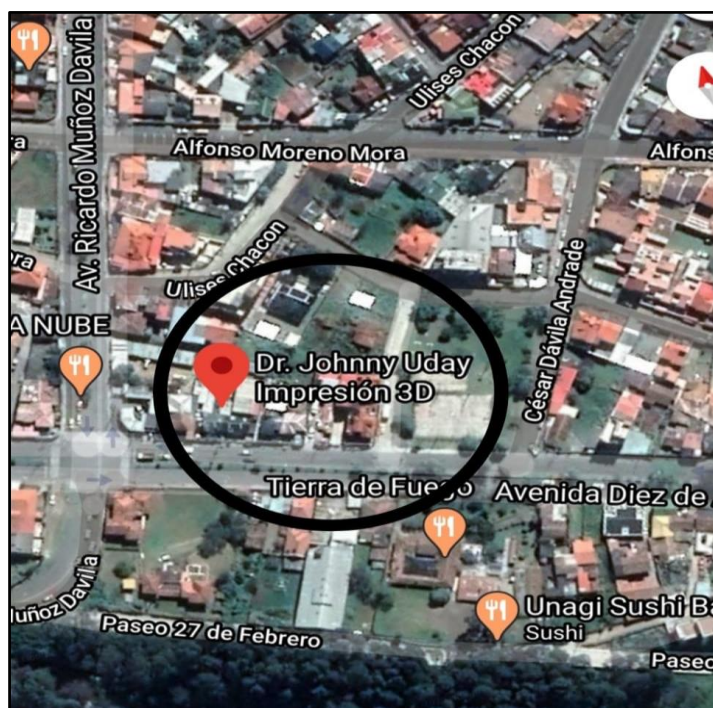
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Ubicación de la zona de estudio

El diseño e impresión de las férulas propuestas se realizará en el laboratorio del Dr. Johnny Uday. Dirección: Av. 10 de agosto y Av. Ricardo Muñoz Dávila (Ver Figura 1).

Figura N° 2

Ubicación del laboratorio Doctor Johnny Uday (impresión 3D)

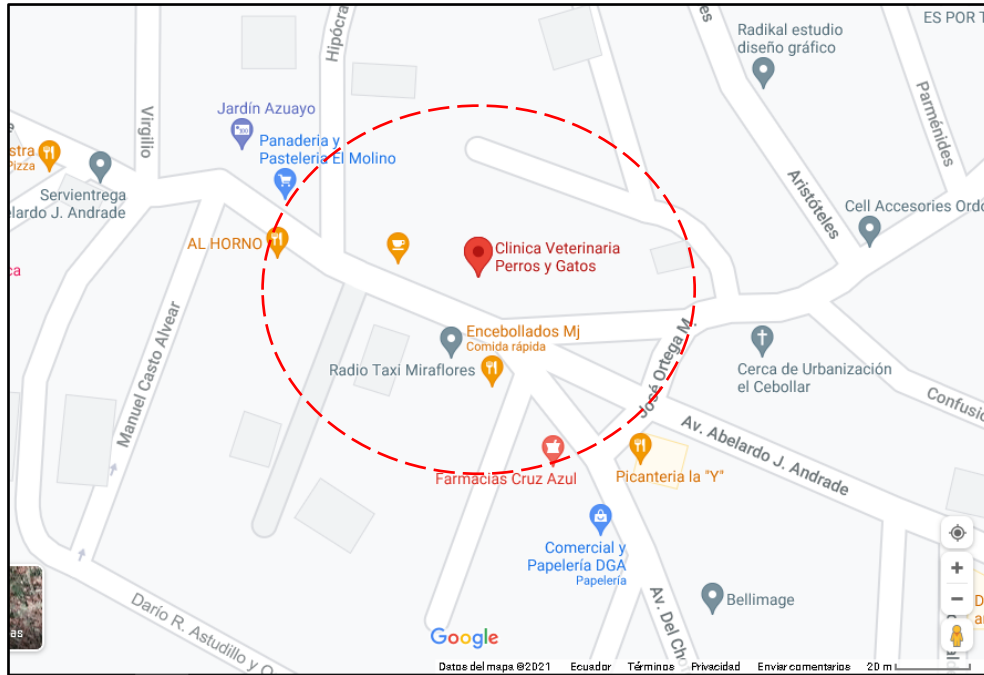


Fuente: Tomado de Google maps (2020).

El tratamiento ortopédico se realizará en la Clínica Veterinaria de Perros y Gatos, ubicada en la Avenida Abelardo J. Andrade de Cuenca, como se detalla en la siguiente figura 3:

Figura N° 3

Ubicación Clínica Veterinaria de Perros y Gatos de Cuenca



Fuente: Tomado de Google maps (2020).

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Materiales biológicos

- Aves de corral, criollas de 12 meses de edad, a las que se les provocará fractura completa del hueso tibiotalarso.

3.2.2 Materiales de laboratorio o campo

- Ketamina
- Xilacina
- Propofol
- Férua
- Jabón pH neutro
- Tijeras
- NaCl 0,9%
- Alcohol
- Alcohol yodado

- Clorhexidina
- Hilo de sutura 2-0
- Campos quirúrgicos
- Batas quirúrgicas
- Instrumental quirúrgico de tejidos blandos
- Instrumental quirúrgico de traumatología
- Alambre quirúrgico

3.2.3 Equipos

- Computadora
- Impresora en 3D marca PRUSA
- Tomógrafo axial computarizado
- Material TPU
- Cuaderno
- Bocetos
- Agua
- Tina
- Plástico de 1m x 1m
- Cierra oscilante

3.3 Procedimiento

3.3.1 Diseño e impresión de la férula:

Tomando como modelo a un ejemplar que cumpla con las características adecuadas respecto al peso y a la edad, se procederá a realizar una tomografía axial computarizada (TAC) de la extremidad que va a ser intervenida quirúrgicamente para posteriormente realizar el diseño e impresión de la férula en 3D con las dimensiones adecuadas. Servirá de guía para las demás aves seleccionadas en el anteproyecto.

3.3.2 Selección y proceso de las unidades experimentales:

Se seleccionarán seis (6) aves criollas (*Gallus gallus domesticus*) con un peso entre 1,5 y 1,7kg de 12 meses de edad. Serán objeto de examen clínico preoperatorio para determinar su estado de salud y se evaluarán sus parámetros

vitales (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura corporal). Se les practicará corte de las plumas de la extremidad que va a ser intervenida quirúrgicamente, seguidamente se remojará, enjabonará la extremidad para dejarla secar por 1 hora a temperatura ambiente.

Con una tijera quirúrgica, se procederá a cortar pluma por pluma hasta dejar toda la extremidad completamente desnuda para finalmente rociar la pierna con alcohol. Esta preparación debe llevarse a cabo cinco días previos la intervención quirúrgica. Durante la cirugía se producirá de manera controlada una fractura oblicua completa transversal diafisaria en el hueso tibiotarso empleando una cierra oscilante. Dicha fractura se resolverá posteriormente con un cerclaje de alambre quirúrgico. Para finalizar, se colocará un Vendaje tipo Roberth Jones, el cual se sustituirá por otro cada dos días, mientras se evalúa el proceso desinflamatorio hasta que el hueso se encuentre en óptima condición para soportar una férula en 3D.

3.3.3 De los protocolos anestésicos

3.3.3.1 Premedicación.

a) Anestesia.

b) Premedicación

- Midazolam a 5mg/mL; dosis: 1,5mg/kgL
- Fentanilo a 0,05mg/mL; dosis: 0,5 ug/kg
- Meloxicam al 0,5%; dosis: 1mg/kg

c) Preinducción

- Ketamina a 100mg/ml; dosis: 20mg/kg

d) Inducción

- Sevofluorano al 5% durante 45 segundos a 1 minuto con 2 litros de oxígeno.

3.3.3.2 Mantenimiento

e) Fluidoterapia intraquirúrgica

5mL/kg/h = 15mL/ 2h.

3.3.4 Proceso quirúrgico

Se procederá a premedicar por vía Intramuscular (IM) en el músculo pectoral del ave, el predilecto por su gran tamaño de desarrollo en aves voladoras.

Transcurridos ocho minutos, se administrarán los fármacos de preinducción también por vía IM y se dejan transcurrir cinco minutos, al cabo de los cuales el ave debe entrar en plano preanestésico; en ese momento se abordará la vena cefálica con un catéter endovenoso calibre 24 y de esa manera se tendrá una vía permeable para la administración de la fluidoterapia.

Seguidamente, se colocó la máscara de inducción con sevofluorano al 5% con 4 lts de oxígeno durante 40 segundos. Una vez alcanzada la inducción, el ave fue intubada endotraquealmente con tubo 2,0 sin balón. Hecho esto, se iniciará la preparación de la zona que va a ser intervenida quirúrgicamente con solución fisiológica, alcohol yodado y clorhexidina. Se colocó al paciente sobre la mesa quirúrgica y se practicó una incisión por la cara medial del músculo gastrocnemio, separando las fascias para abordar adecuadamente el hueso tibiotarso.

Se aísla el hueso de la musculatura adyacente, con el uso de una cierra oscilante se provoca un corte transversal oblicuo, posteriormente se aplica un hemicerclaje con alambre quirúrgico para aproximar y fijar los bordes, reducida la fractura se procede a cerrar la herida aproximando al músculo gastrocnemio con la fascia circundante. Se concluye el proceso quirúrgico con la aplicación de un vendaje compresivo de Robert-Jones, hasta que remita el proceso inflamatorio post-quirúrgico (sugerencia de redacción).

3.3.5 Seguimiento.

Esta fase se evalúa mediante tomas radiográficas, tanto cara dorso-plantar como latero-lateral los días 0, 10, 20 y 30, para evaluar morfológicamente la reacción del tejido óseo, la formación de callo óseo, detectar alteraciones en la musculatura y los eventuales efectos que pudieran ocasionar el vendaje Robert Jones y la férula en 3D.

3.3.6 Postquirúrgico

El vendaje Robert Jones se cambia cada 48 h hasta que haya cedido el proceso inflamatorio, momento en el que se colocará la férula impresa en 3D. Durante la recuperación se administrarán fármacos (antibioticoterapia, antiinflamatorios y analgésicos) según el siguiente protocolo:

- Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg.

- Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg.

Se tomará una placa radiográfica los días 0, 10, 20 y 30 y se producirán los informes respectivos que registren los eventos relativos a la evolución o complicación de la fractura, formación del callo óseo, fibrosis, calcificaciones, entre otros.

3.4 Variables a estudiar

3.4.1 Variables independientes

- Cerclajes
- Férulas en 3D con PLA

3.4.2 Variables dependientes

- Tratamiento ortopédico de fracturas tibiotalares en aves

3.5 Diseño experimental

El estudio se centró en un proceso experimental, que parte del establecimiento de la configuración y desarrollo de la férula, la elección de las unidades experimentales. Otras de las fases del procedimiento incluyen la premedicación y mantenimiento, seguido del proceso quirúrgico (ver punto 3.3.4) y la actividad postquirúrgica. En la tabla 1 se sintetizan aspectos relacionados con el proceso experimental por cada sujeto de prueba.

Tabla 1
Resumen de aspectos asociados al proceso experimental para cada uno de los sujetos

Ítems	Gallina 1	Gallina 2	Gallina 3	Gallina 4	Gallina 5	Gallina 6
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso ▪ FC ▪ FR ▪ T 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,5kg ▪ 300lpm ▪ 25 rpm ▪ 40 C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,7kg ▪ 250rpm ▪ 30 rpm ▪ 41 C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,5kg ▪ 255 lpm ▪ 35 rpm ▪ 40 C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,5kg ▪ 305lpm ▪ 28 rpm ▪ 40.1 C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,7kg ▪ 250rpm ▪ 30 rpm ▪ 41 C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,5kg ▪ 255 lpm ▪ 35 rpm ▪ 40 C
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Midazolam a 5mg/ml; ▪ Fentanilo a 0,05mg/ml ▪ Meloxicam al 0,5%; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dosis: 1,5mg/kg ▪ Dosis: 0,5 ug/kg ▪ Dosis: 1mg/kg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dosis: 1,5mg/kg ▪ Dosis: 0,5 ug/kg ▪ Dosis: 1mg/kg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dosis: 1,5mg/kg ▪ Dosis: 0,5 ug/kg ▪ Dosis: 1mg/kg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dosis: 1,5mg/kg ▪ Dosis: 0,5 ug/kg ▪ Dosis: 1mg/kg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dosis: 1,5mg/kg ▪ Dosis: 0,5 ug/kg ▪ Dosis: 1mg/kg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dosis: 1,5mg/kg ▪ Dosis: 0,5 ug/kg ▪ Dosis: 1mg/kg
Pre-Inducción Ketamina a 100mg/ml	▪ Dosis: 20mg/kg IM = 0,3 ml	▪ Dosis: 20mg/kg IM = 0,34 ml	▪ Dosis: 20mg/kg IM = 0,3 ml	▪ Dosis: 20mg/kg IM = 0,3 ml	▪ Dosis: 20mg/kg IM = 0,34 ml	▪ Dosis: 20mg/kg IM = 0,3 ml
Inducción	▪ Sevofluorano al 5% durante 45 segundos a 1 minuto con 2 litros de oxígeno.	▪ Sevofluorano al 5% durante 45 segundos a 1 minuto con 2 litros de oxígeno.	▪ Sevofluorano al 5% durante 45 segundos a 1 minuto con 2 litros de oxígeno.	▪ Sevofluorano al 5% durante 45 segundos a 1 minuto con 2 litros de oxígeno.	▪ Sevofluorano al 5% durante 45 segundos a 1 minuto con 2 litros de oxígeno.	▪ Sevofluorano al 5% durante 45 segundos a 1 minuto con 2 litros de oxígeno.
Fluidoterapia intraquirúrgica	• 5ml/kg/h = 15ml/ 2h.	• 5ml/kg/h = 17ml/ 2h.	• 5ml/kg/h = 15ml/ 2h.	• 5ml/kg/h = 15ml/ 2h.	• 5ml/kg/h = 17ml/ 2h.	• 5ml/kg/h = 15ml/ 2h
Postquirúrgico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24 horas por 4 días vía oral. ▪ Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24 horas por 7 días vía oral. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1 mg/kg = 3 gotas cada 24 horas por 4 días vía oral. ▪ Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24 horas por 7 días vía oral. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24horas por 4 días vía oral. ▪ Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24horas por 7 días vía oral. 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24 horas por 4 días vía oral. ▪ Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24 horas por 7 días vía oral. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24horas por 4 días vía oral. ▪ Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24horas por 7 días vía oral.
Proceso aplicado	<p>A cada paciente paciente (Gallina n) se procede a realizar la premedicación por vía Intramuscular (IM) en el músculo pectoral del ave. Este músculo es el predilecto por su gran tamaño de desarrollo debido a ser aves con características voladoras. Aunque también, otras vías musculares de administración pueden ser en el músculo gastrocnemio de las extremidades, pero estas son más desarrolladas en las aves de características corredoras y no voladoras, posterior a ello.</p> <p>A los 8 minutos de haberle administrado la premedicación se le colocó la preinducción por la misma vía intramuscular, esperando 5 minutos posterior a la administración para que el paciente entre en plano preanestésico. En ese momento se aprovechó para colocarle un catéter endovenoso calibre 24 (amarillo) en la vena cefálica para mantener una vía permeable venosa para la administración de la fluidoterapia. Automáticamente después, se procedió a colocarle la máscara de inducción con sevofluorano al 5% con 4lt de oxígeno durante 40 segundos. Al encontrarse inducido, se procedió a realizar la intubación endotraqueal con el tubo 2,0 sin balón, a su vez, se inicia con la preparación de la zona que va a ser intervenida quirúrgicamente mediante un embrocado con solución fisiológica, alcohol yodado, clorhexidina. Se colocó al paciente sobre la mesa quirúrgica y se inicia con una incisión por la cara medial del músculo gastrocnemio, separando las facias para poder acceder de manera adecuada al hueso tibiotarso. Se procedió a separar al hueso del musculo para tener un campo más amplio, luego de haberle aislado al hueso; con una cierra oscilante realizamos un corte transversal completo oblicuo, a su vez realizamos un hemicerclaje para reducir la fractura y brindar mayor estabilidad. Posteriormente con hilo de sutura de ácido poli glicólico se realiza una sutura con puntos simples del músculo gastrocnemio conjuntamente con la facia muscular y finalmente la piel. Para finalizar la cirugía, se realizó un vendaje Rober Jones hasta que la inflamación postquirúrgica haya disminuido, con cambios cada 2 días para evaluación de herida.</p>					

3.5.1 Seguimiento caso: Gallina 1

a) Postquirúrgico

La paciente Gallina 1 desde el día 0 automáticamente después de la intervención quirúrgica se le realizó el vendaje Roberth Jones en donde se le evaluó a los 2 días, la evolución del proceso inflamatorio para su colocación de la férula impresa en 3D. Durante su recuperación se le administró fármacos para su proceso de recuperación con antibioterapia, manejo del proceso inflamatorio y del dolor. Su medicación constó de:

- Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24 horas por 4 días vía oral.
- Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24 horas por 7 días vía oral.

El mismo día después de haberse realizado la intervención quirúrgica se procedió a tomar una placa radiográfica del DÍA 0, con la cual se efectuó controles cada 10 días durante un mes.

- **DÍA 10:** El hueso sufrió astillamiento el cual agravó el área quirúrgica. Pasó de una fractura completa oblicua transversal diafisaria a una fractura completa en conminuta diafisaria con pico de flauta. En este paso ya se debió haber retirado el vendaje Roberth Jones, pero por el tipo de lesiones que sufrió hasta este día, su formación de callo óseo seguía ausente y la inflamación no desaparecía, por tal motivo la colocación de la férula debía retrasarse, ya la extremidad mantenía un proceso inflamatorio y a su vez empezó a formarse una protuberancia con características fibrosa en la misma.

- **DÍA 20:** La fractura se ha mantenido de la misma manera que el día 10, pero debido a las complicaciones iniciales la extremidad tuvo una rotación de 45 grados hacia medial, lo cual es un aspecto marcado en su movilidad, ya que la paciente si logra asentar la extremidad, pero al moverse tiene dificultad; mientras su formación de callo óseo todavía se mantiene sin presencia en el área intervenida. Lo que demuestra que no ha aumentado la gravedad, pero tampoco hay una mejoría al respecto.

- **DÍA 30:** El área intervenida presenta formaciones de callo óseo en las áreas fracturadas, pero la anatomía de la extremidad ha variado considerablemente, en primera instancia la extremidad en sí ha sufrido un giro de 45 grados hacia medial, en el músculo gastrocnemio que bordea la fractura, se formó una fibrosis y quedó engrosado formándose una protuberancia; al colocar la férula en 3D quedó irregular y no se adecuó bien con la anatomía de la extremidad del ave por tal motivo se mantuvo el vendaje de Roberth Jones hasta finalizar el cuidado postquirúrgico.

3.5.2 Seguimiento caso: Gallina 2

a) Postquirúrgico

La paciente Gallina 2 desde el día 0 automáticamente después de la intervención quirúrgica se le realizó el vendaje Roberth Jones en donde se le evaluará a los 2 días cómo va la evolución del proceso inflamatorio para su colocación de la férula impresa en 3D. Durante su recuperación se le administrará fármacos para su proceso de recuperación con antibioterapia, manejo del proceso inflamatorio y del dolor. Su medicación consta de:

- Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1 mg/kg = 3 gotas cada 24 horas por 4 días vía oral.
- Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24 horas por 7 días vía oral.

El mismo día después de haberse realizado la intervención quirúrgica se procedió a tomar una placa radiográfica del DÍA 0, con la cual haremos controles cada 10 días durante un mes.

- **DÍA 10:** la evolución de la fractura desde el día 0 hasta este día 10 nos reveló que la paciente presentó un astillamiento en el área intervenida la cual agravó la fractura y por ende su recuperación, por tal motivo el tipo de fractura que en su inicio fue una fractura completa oblicua transversa diafisaria pasó a una fractura completa diafisaria en pico de flauta, según su evolución la formación de callo óseo recién iniciaba y la inflamación todavía no desaparecía en su totalidad, lo que complicaba la colocación de la férula 3D debido a que la extremidad se mantenía engrosada por el proceso inflamatorio.

- **DÍA 20:** En este día la fragmentación de la fractura se detuvo, la inflamación se normalizó y el callo óseo seguía formándose sin agravarse. Pero debido a las complicaciones en los primeros días, en la parte del músculo gastrocnemio se formó una fibrosis que cambiaba la morfología de la extremidad, formando una protuberancia que alteraba su simetría y por tal motivo al intentar colocarle la férula impresa en 3D sus medidas ya no eran las adecuadas, se dificultaba debido a las nuevas alteraciones morfológicas. En esta revisión la paciente ya asentaba su extremidad y su movilidad era más marcada y satisfactoria.

- **DÍA 30:** en este día la evolución de la herida es más gratificante, ya que el callo óseo está casi formado por completo y la recuperación del caminar del ave es satisfactoria, aunque la anatomía de la extremidad ha variado considerablemente en el aspecto del músculo gastrocnemio que bordea la fractura, a pesar de no haberse colocado la férula en 3D la paciente se recuperó de manera satisfactoria con el vendaje Roberth Jones el cual se utilizó durante todo el tratamiento postquirúrgico, la paciente regresó a su movilidad normal y a su vida rutinaria.

3.5.3 Seguimiento caso: Gallina 3

a) Postquirúrgico

La paciente Gallina 3 desde el día 0 automáticamente después de la intervención quirúrgica se le realizó el vendaje Roberth Jones en donde se le evaluó los 2 días cómo iba la evolución del proceso inflamatorio para su colocación de la férula impresa en 3D. Durante su recuperación se le administró fármacos para su proceso de recuperación con antibioterapia, manejo del proceso inflamatorio y del dolor. Su medicación constó de:

- Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24horas por 4 días vía oral.
- Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24horas por 7 días vía oral.

El mismo día después de haberse realizado la intervención quirúrgica se procedió a tomar una placa radiográfica del DÍA 0, con la cual se hizo controles cada 10 días durante un mes.

- **DÍA 10:** en la revisión se notó que el hueso sufrió una rotura de los cerclajes realizados por tal motivo se separó por completo la fractura y perdió su estabilidad agravando la recuperación y por ende su movilidad. La fractura realizada se conoce como fractura oblicua completa transversal diafisaria. Por el tipo de inconvenientes presentes la formación de callo óseo es nula y su proceso inflamatorio es muy marcado y no hay signos de que haya iniciado un proceso desinflamatorio. A su vez la inestabilidad de la extremidad es muy marcada. Lo que complicaba la colocación de la férula 3D debido a que la extremidad se mantenía engrosada por tal motivo se mantiene con el vendaje Roberth Jones.

- **DÍA 20:** la fractura debido a la rotura del cerclaje en los primeros días sigue sin consolidar y sin presencia de callo óseo. La fractura no ha sufrido desplazamiento ni rotación, pero no ha mejorado en lo absoluto.

- **DÍA 30:** La paciente no presenta mejoría y en su RX demuestra que la fractura no se calcificó, mientras tanto el callo óseo inició a formarse de manera parcial en el extremo de la fractura sobre el periostio del otro extremo del hueso; la extremidad quedó completamente inestable a pesar del vendaje realizado.

3.5.4 Seguimiento caso: Gallina 4

a) Postquirúrgico

La paciente Gallina 4 desde el día 0 automáticamente después de la intervención quirúrgica se le realizó el vendaje Roberth Jones en donde se le evaluará a los 2 días como va la evolución del proceso inflamatorio para su colocación de la férula impresa en 3D. Durante su recuperación se le administrará fármacos para su proceso de recuperación con antibioterapia, manejo del proceso inflamatorio y del dolor. Su medicación consta de:

- Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24horas por 4 días vía oral.
- Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24horas por 7 días vía oral.

El mismo día después de haberse realizado la intervención quirúrgica se procedió a tomar una placa radiográfica del DÍA 0, con la cual haremos controles cada 10 días durante un mes.

- **DÍA 10:** durante el proceso de recuperación hasta este día el hueso sufrió astillamiento en la fractura lo cual complico el área intervenida tanto la parte del hueso como la musculatura a su alrededor. Pasó de una fractura completa oblicua transversal diafisaria a una fractura completa en conminuta diafisaria en rama verde. Debido al tipo de lesiones que sufrió hasta este día, su formación de callo óseo seguía ausente y la inflamación no desaparecía, por tal motivo la colocación de la férula debía retrasarse, ya que la extremidad mantenía un proceso inflamatorio y a su vez empezó a formarse una protuberancia con características fibrosa en la misma.

- **DÍA 20:** Hasta este día no hubo cambios notorios en su proceso, pero debido a las complicaciones iniciales la extremidad tuvo una rotación de su eje de 50 grados hacia medial, lo cual tuvo un aspecto muy marcado en su movilidad, ya que la paciente al intentar caminar, la extremidad posee dificultades, pero aun así sostiene su peso; en este día hay indicios de formación de callo óseo en el área intervenida. Lo que nos demuestra que no ha aumentado la gravedad, pero tampoco hay una mejoría al respecto.

- **DÍA 30:** el paciente hasta este día presenta formaciones de callo óseo en las áreas fracturadas, pero la anatomía de la extremidad ha variado considerablemente, en primera instancia la extremidad en sí ha sufrido un giro de 50 grados hacia medial, en el musculo gastrocnemio que bordea la fractura, se formó una fibrosis y quedó engrosado formándose una protuberancia; al colocar la férula en 3D quedó irregular y no se adecuó bien con la anatomía de la extremidad del ave por tal motivo se mantuvo el vendaje de Roberth Jones hasta finalizar el cuidado postquirúrgico.

3.5.5 Seguimiento caso: Gallina 5

a) Postquirúrgico

La paciente Gallina 5 desde el día 0 automáticamente después de la intervención quirúrgica se le realizó el vendaje Roberth Jones en donde se le evaluó a los 2 días como iba la evolución del proceso inflamatorio para su

colocación de la férula impresa en 3D. Durante su recuperación se le administrará fármacos para su proceso de recuperación con antibioterapia, manejo del proceso inflamatorio y del dolor. Su medicación constó de:

- Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24horas por 4 días vía oral.
- Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24horas por 7 días vía oral.

El mismo día después de haberse realizado la intervención quirúrgica se procedió a tomar una placa radiográfica del DÍA 0, con la cual se hizo controles cada 10 días durante un mes.

- **DÍA 10:** el tratamiento hasta este día a presentado algunas variancias, entre las cuales hay presencia de un astillamiento en el área intervenida la cual complico la fractura y por ende su recuperación, por tal motivo el tipo de fractura que en su inicio fue una fractura completa oblicua transversa diafisaria pasó a una fractura completa diafisaria en pico de flauta. Según su evolución la formación de callo óseo recién iniciaba y la inflamación todavía no desaparecía en su totalidad, lo que complicaba la colocación de la férula 3D debido a que la extremidad se mantenía engrosada por el proceso inflamatorio.

- **DÍA 20:** la fragmentación de la fractura se ha detenido, el proceso inflamatorio ha disminuido y el callo óseo se formaba de manera gratificante. Pero debido a las complicaciones en los primeros días, en la parte del músculo gastrocnemio se formó una fibrosis que cambiaba la morfología de la extremidad, formando una protuberancia que alteraba su simetría. Por tal motivo al intentar colocarle la férula impresa en 3D sus medidas ya no eran las adecuadas, se dificultaba debido a las nuevas alteraciones morfológicas. En esta revisión la paciente ya asentaba su extremidad y su movilidad era más marcada y satisfactoria.

- **DÍA 30:** Al llegar a este día los resultados de la fractura son más gratificantes, ya que el callo óseo está casi formado por completo y la recuperación del caminar del ave es satisfactoria, aunque la anatomía de la extremidad ha variado considerablemente en el aspecto del musculo gastrocnemio que bordea la fractura, a pesar de no haberse colocado la férula

en 3D la paciente se recuperó de manera satisfactoria con el vendaje Roberth Jones el cual se utilizó durante todo el tratamiento postquirúrgico, la paciente regresó a su movilidad normal y a su vida rutinaria.

3.5.6 Seguimiento caso: Gallina 6

a) Postquirúrgico

La paciente Gallina 6 desde el día 0 automáticamente después de la intervención quirúrgica se le realizó el vendaje Roberth Jones en donde se le evaluó por 2 días como iba la evolución del proceso inflamatorio para su colocación de la férula impresa en 3D. Durante su recuperación se le administrará fármacos para su proceso de recuperación con antibioterapia, manejo del proceso inflamatorio y del dolor. Su medicación consta de:

- Meloxicam en gotas al 0,15% con dosis de 1mg/kg = 3 gotas cada 24horas por 4 días vía oral.
- Enrofloxacin al 10% con dosis de 10 mg/kg = 5 gotas cada 24horas por 7 días vía oral.

El mismo día después de haberse realizado la intervención quirúrgica se procedió a tomar una placa radiográfica del DÍA 0, con la cual haremos controles cada 10 días durante un mes.

- **DÍA 10:** En esta etapa de postoperatorio la fractura sufrió una rotura de los cerclajes realizados por tal motivo se separó por completo la fractura y perdió su estabilidad y por ende su movilidad. La fractura realizada se conoce como fractura oblicua completa transversal diafisaria. Por las complicaciones presentes la formación de callo óseo es nula y su proceso inflamatorio es muy marcado y no hay signos de que haya iniciado un proceso desinflamatorio. A su vez la inestabilidad de la extremidad es muy marcada. Lo que complicaba la colocación de la férula 3D debido a que la extremidad se mantenía engrosada por tal motivo se mantiene con el vendaje Roberth Jones.

- **DÍA 20:** la fractura se mantiene como el día 0 debido a la rotura del cerclaje en los primeros días sigue sin consolidar y sin presencia de callo óseo. La fractura no ha sufrido desplazamiento ni rotación.

- **DÍA 30:** La paciente no presentó calcificación de las áreas afectadas, no presenta mejoría notoria y en su RX demuestra que la fractura se mantiene en la misma condición, mientras tanto el callo óseo inició a formarse de manera parcial en el extremo de la fractura sobre el periostio del otro extremo del hueso; la extremidad quedó completamente inestable a pesar del vendaje realizado.

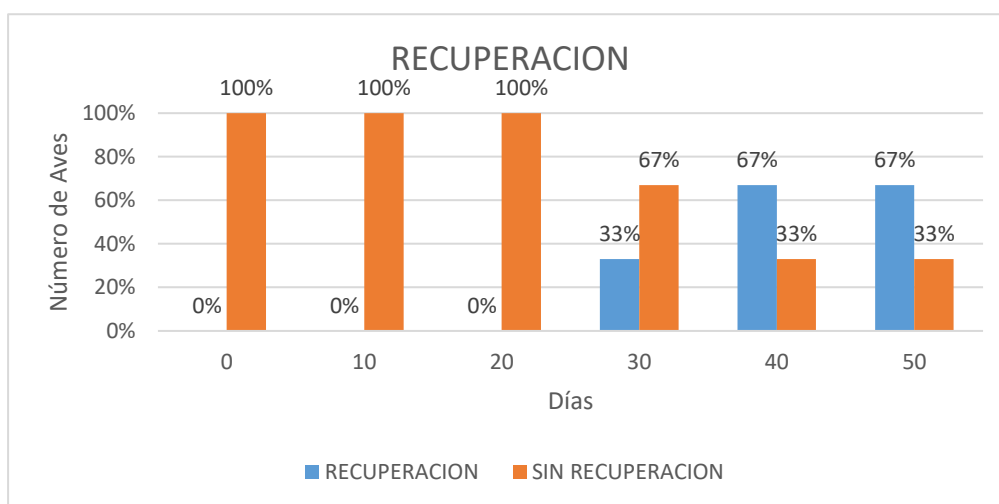
CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que el 33% de las aves intervenidas demuestran recuperación total satisfactoria, mientras que otro 33% de aves intervenidas presentaron una recuperación parcial y a su vez el 34% restante de los pacientes no presentaron mejoría en su recuperación.

Figura N° 4

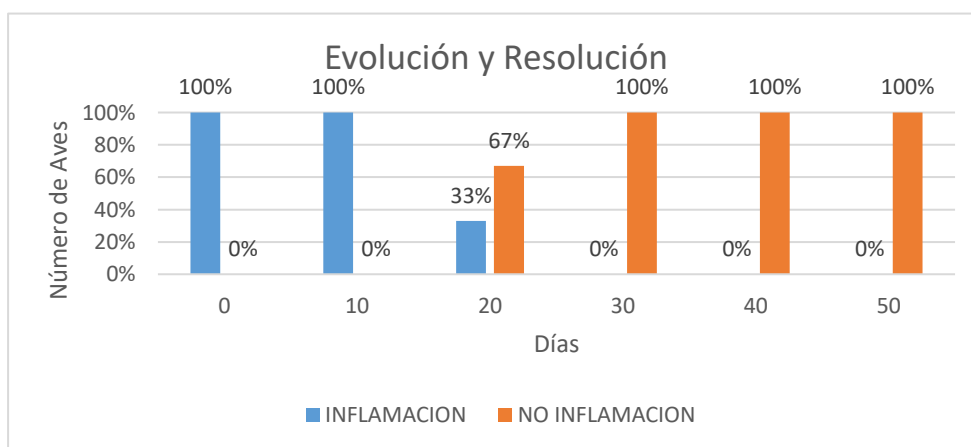
Días del proceso de recuperación



Nota: En los 20 primeros días ningún paciente presenta una recuperación, a partir del día 30, el 33% de los pacientes presentan mejoría, culminando en el día 50 con la recuperación de 67% pacientes.

Figura N° 5

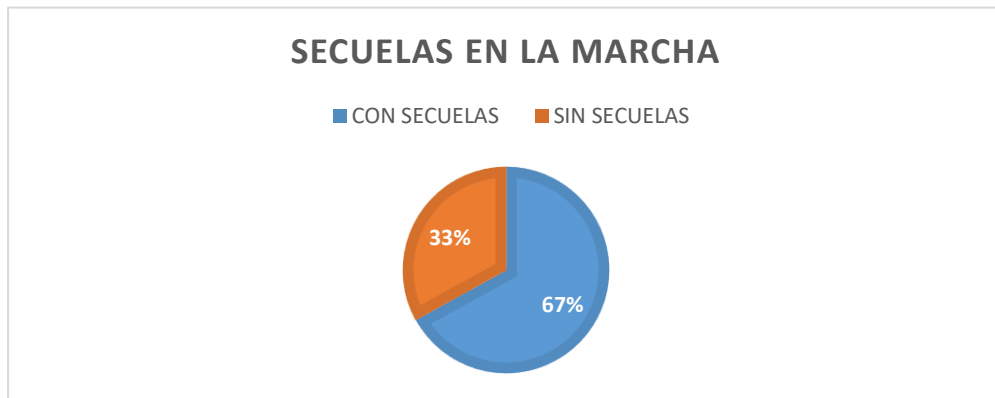
Regreso de las aves a la movilidad independiente



Nota: Dentro de los primeros 10 días postquirúrgicos todos los pacientes mantienen una marcada inflamación de la zona intervenida. En el día 20, 33% de los pacientes presentaban inflamación, desde el día 30 en adelante ya no presentaban inflamación en ningún paciente.

Figura N° 6

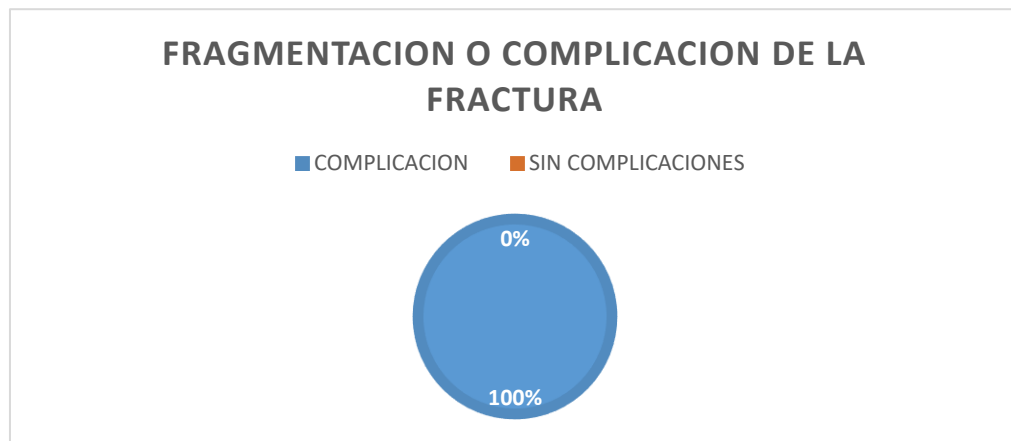
Secuelas en la marcha



Nota: de los 6 pacientes en estudio solo 2 pacientes no presentaron secuelas considerables que son el 33%, mientras que las 4 aves restantes si presentaron secuelas marcadas, que equivale al 67%.

Figura N° 7

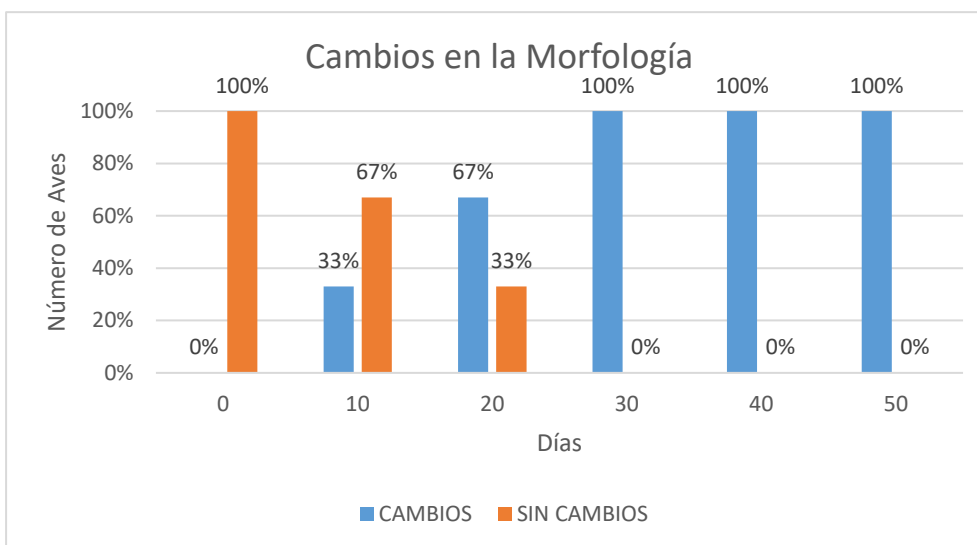
Fragmentación o complicación de la fractura



Nota: Todos los pacientes presentaron complicaciones.

Figura N° 8

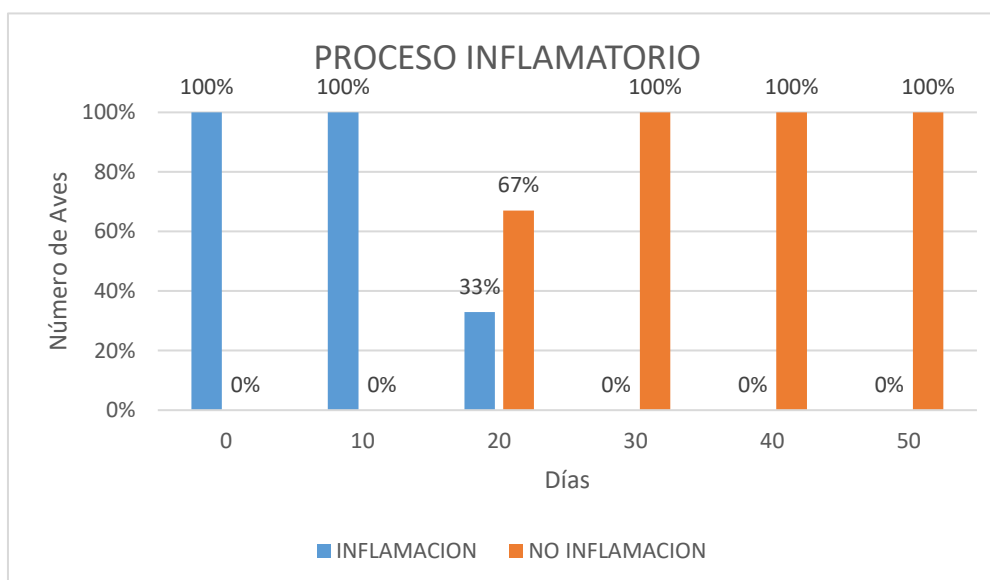
Cambios en la morfología del miembro intervenido



Nota: los pacientes en el día 0 de estudio no presentaron cambios, en el día 10 de estudio 33% de los pacientes presentaron cambios, al día 20 de estudio el 67% de los pacientes presentaron cambios morfológicos, mientras que al día 30 en adelante todos los pacientes presentaron cambios en su morfología.

Figura N° 9

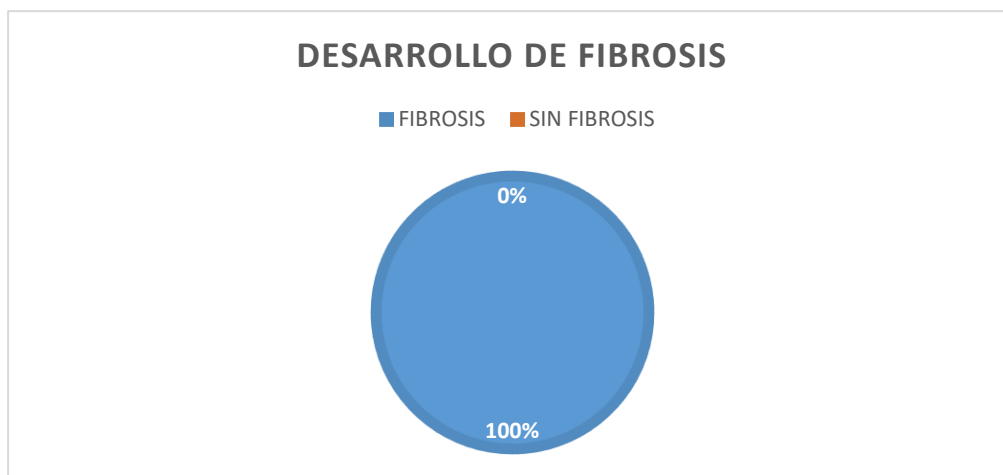
Evolución y resolución del proceso inflamatorio



Nota: En los primeros 10 días de estudio postquirúrgico todas las aves presentaron inflamación de la zona intervenida equivalente al 100%, el día 20 solo 33% de las aves presentaban inflamación, a partir del día 30 en adelante la inflamación desapareció, ningún paciente presentó procesos inflamatorios 0%.

Figura N° 10

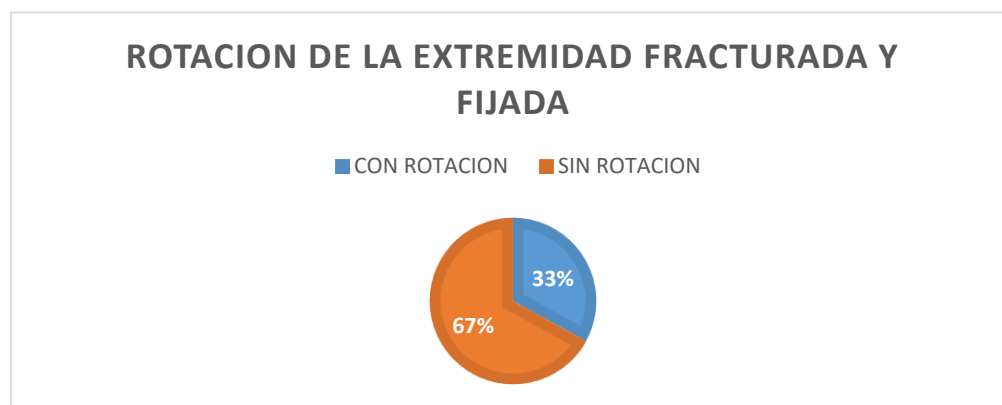
Desarrollo de fibrosis



Nota: Todas las aves presentaron fibrosis.

Figura N° 11

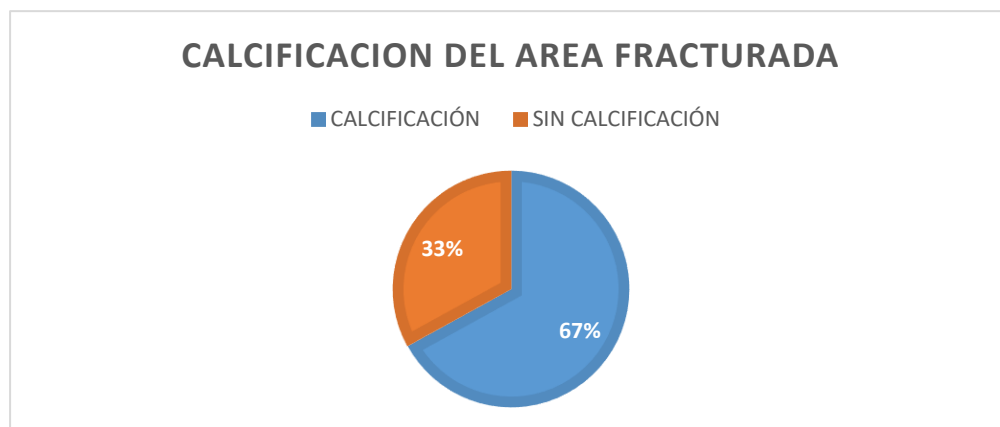
Rotación de la extremidad fracturada y fijada



Nota: El 33% de los pacientes presentaron rotación de la extremidad, mientras que 67% de los pacientes no presentaron rotación.

Figura N° 12

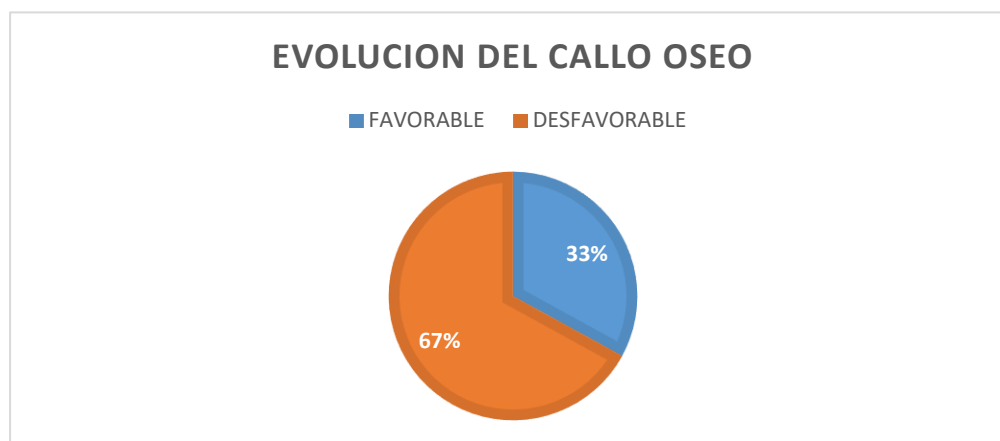
Calcificación del área fracturada



Nota: El 33% de los pacientes no presentaron calcificación ósea del área fracturada, mientras que el 67% de los pacientes si presentaron calcificación.

Figura N° 13

Evolución del callo óseo



Nota: El 67% de los pacientes presentaron callo óseo en su área fracturada, mientras el 33% no formó callo óseo.

Análisis individual

Figura N° 14

Gallina 1



Nota: La gallina 1 presentó astillamiento en los primeros días, pero su movilidad desde el día 20 ya fue notoria, dentro de sus secuelas presentó una rotación de 45 grados de su extremidad, El proceso inflamatorio duro 20 días. El callo óseo no se desarrolló de la manera esperada y su calcificación fue parcial, a pesar de la rotación en su extremidad, su movilidad es satisfactoria.

Figura N° 15

Gallina 2



Nota: La gallina 2 presentó astillamiento en sus primeros días, tuvo una recuperación en 30 días, pero su movilidad desde el día 20 ya fue gratificante, no presentó una rotación de su extremidad, El proceso inflamatorio duro 20 días y presentó fibrosis. El callo óseo se desarrolló satisfactoriamente al igual que su calcificación. Regresó a su movilidad normal.

Figura N° 16

Gallina 3



Nota: La gallina 3 presentó astillamiento en los primeros días, además la fractura se complicó, no tuvo una consolidación, el proceso inflamatorio duró más de los 30 días detallados. El callo óseo no se desarrolló en ningún momento y por tal motivo tampoco su calcificación. No regreso a su movilidad individual.

Figura N° 17

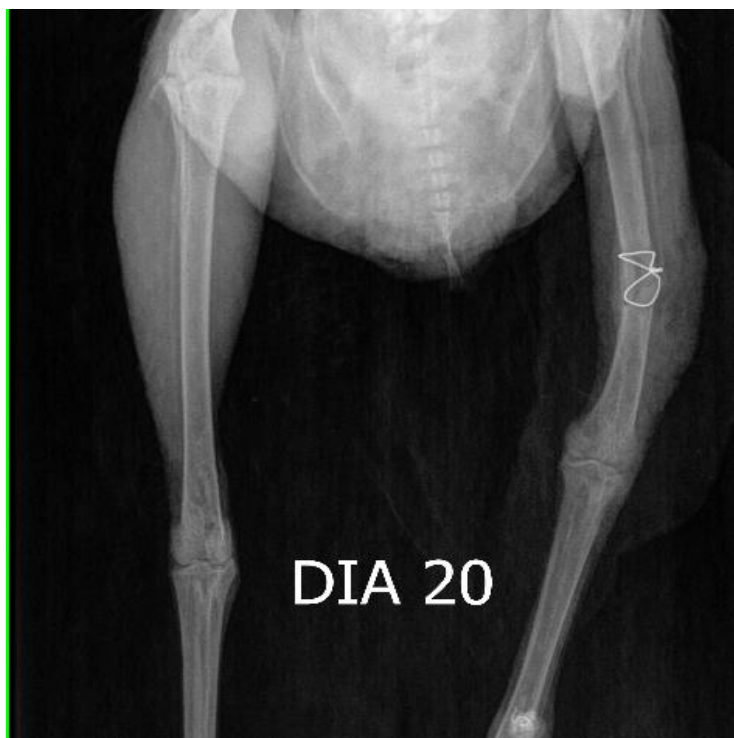
Gallina 4



Nota: La gallina 4 presentó astillamiento en los primeros días, tuvo una recuperación en 30 días, su movilidad regresó al finalizar el día 20, dentro de sus secuelas presentó una rotación de 50 grados de su extremidad, presentó fibrosis muscular. El callo óseo no se desarrolló de la manera esperada y su calcificación fue parcial, a pesar de la rotación en su extremidad, su movilidad es satisfactoria.

Figura N° 18

Gallina 5



Nota: La gallina 5 presentó astillamiento en sus primeros días, pero su movilidad desde el día 20 ya fue gratificante, no presentó una rotación de su extremidad, presentó fibrosis a partir del día 20. El callo óseo se desarrolló satisfactoriamente al igual que su calcificación. Regresó a su movilidad normal.

Figura N° 19

Gallina 6



Nota: La gallina 6 presentó astillamiento en los primeros días, además la fractura se complicó en sus primeros días, no tuvo una consolidación durante todo el estudio, el proceso inflamatorio duró más de los 30 días detallados. El callo óseo no se desarrolló en ningún momento, tampoco su calcificación. No regresó a su movilidad individual.

CAPÍTULO 5

5.1 DISCUSIÓN

Una vez aplicada la metodología en los especímenes, se pudo determinar que la cicatrización de las fracturas mejoró a los 50 días en tan solo el 67 % de la población en estudio y este mismo porcentaje de individuos recuperó la movilidad al finalizar el experimento, lo cual es corroborado por Tunio *et al.*, (2014), quién observó una mejoría en la cicatrización de fracturas tibio tarsianas en un rango de tiempo 3 a 6 semanas, en este caso, el uso de férulas con clavo intramedular resulto positivo como tratamiento clínico.

Similar a esto, Estévez (2019) observó mejorías en la cicatrización de fracturas de tibio tarso, así como también en las funciones motrices la especie *Amazona aestiva aestiva*. Los mismos resultados fueron hallados en el estudio realizado por Helmer y Redig (2013) quienes estiman un rango de 3 semanas para la cicatrización de huesos fracturados en aves de corral, también los autores mencionan que la curación y el regreso de la movilidad depende de diversas variables como por ejemplo el tamaño del paciente, el grado de retorno posoperatorio a la función requerida, habilidad del cirujano y las condiciones médicas concurrentes.

En este estudio el 67 % de la población desarrolló un callo óseo, lo cual es contrastado por Rush *et al.* (2012) quienes observaron la presencia de callos óseos mínimos en un 75% de su población. Por su parte, Gull y colaboradores (2012) reportaron que una estabilización rígida de las férulas condujo a una formación mínima de callos. Además, menciona que una formación excesiva de callos podría conducir a la formación de sinostosis. De igual forma en el presente estudio se observó inflamación durante los primeros 30 días en todos los individuos, lo cual según Jean (2017) es un proceso normal en aves que se encuentran en proceso de curación, pero que debe ser cuidadosamente controlado.

Por otra parte, en el presente estudio se observaron complicaciones en las fracturas en todos los ejemplares estudiados. Similar a esto, Wright *et al.*, (2018) encontraron complicaciones en el 16% de los casos estudiados, siendo la

complicación común la cojera, el autor menciona que estas complicaciones dependen del estilo de vida del ave, posterior al proceso quirúrgico. De acuerdo a Thalmann y Owen (2017) para evitar daños graves en la morfología y desempeño del animal se deben escoger diseños de férulas o prótesis específicas para cada individuo eligiendo aquellos que tengan buena fijación y le permiten moverse eficientemente al animal.

Un 67% de las aves estudiadas presentaron una rotación de la extremidad fracturada, de la misma forma en la investigación efectuada por Kambic *et al.* (2014) encontraron una mínima rotación tarsometarsiana del eje largo, lo cual influye en la coordinación del movimiento de cadera y rodillas. Helmer y Redig (2013) afirman que pueden existir deformidades rotacionales o angulares y se pueden corregir con una osteotomía y FSE o TIF.

5.2 CONCLUSIONES

Para la reducción de fracturas oblicuas completas transversales en el hueso tibio tarsal de aves se implementó una férula en 3D en combinación con cerclajes intra quirúrgicos que generaron en las aves tratadas secuelas marcadas, así como fibrosis, rotación de la extremidad, formación de callo óseo, y calcificación del área fracturada.

Se modelaron los diferentes elementos de la férula a través de procesos de simulación de esfuerzos y deformaciones con elementos finitos para validar y verificar su comportamiento ante fuerzas externas, se eligió el modelo de férula que mejor se adaptaba a la forma, tamaño y peso del ejemplar.

Cabe mencionar que se evaluó el tiempo de recuperación de los pacientes mediante placas radiológicas determinando mejoras en la curación de las fracturas a los 50 días en tan solo 4 de cada 6 aves estudiadas.

Los resultados de este estudio mostraron que el uso de férulas para el tratamiento de fracturas influye en una buena cicatrización y unión clínica.

La metodología desarrollada por el presente estudio resulta de gran notoriedad ya que es efectiva para tratar fracturas tibiotarsales en aves pudiendo acelerar el tiempo de curación de las fracturas, sin embargo, debe ser estudiada más a fondo. Finalmente, este estudio contribuye al mejoramiento y personalización de la ortopedia aviar.

5.3 RECOMENDACIONES

Se sugiere que en investigaciones futuras se aumente el número de muestra, ya que será más enriquecedor para el estudio determinar los cambios generados por el tratamiento ortopédico implementado en aves con el fin de garantizar la supervivencia de los individuos.

Es importante reducir los espacios entre tiempos de control para determinar con mayor especificidad cuál es el tiempo óptimo en que se desarrolla la cicatrización.

Sería interesante además que estudios relacionados abarcaran como población de estudio a especímenes silvestres con fracturas realizadas por factores externos como caídas, ataques de animales ferales, alambres, etc. De esta forma se lograría determinar la eficiencia de la metodología planteada como propuesta eficaz de tratamiento ortopédico.

La literatura indica que el mejoramiento y sanación de las fracturas depende de diversos factores entre los principales se puede destacar a los hábitos de las aves, por lo cual se recomienda controlar y mantener bajo supervisión constante a los ejemplares una vez que se haya realizado el procedimiento quirúrgico.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Angosto, B. A. (14 de Septiembre de 2016). *Universidad Zaragoza*. Obtenido de Manejo de fracturas en aves salvajes:
<https://zaguan.unizar.es/record/56945/files/TAZ-TFG-2016-3202.pdf>
- Bordignon, F., Iglesias, A., & Hahn, A. (1 de Octubre de 2018). *Diseño e impresion de objetos 3D*. Obtenido de Una guia de apoyo a escuelas:
<http://eprints.rclis.org/33571/1/Libro-impresion3D-unipe.pdf?fbclid=IwAR2Ler-J5YZyl3BXJ6gURS6PEaHHI2sOD77sSGnW7NWLxTPz7I2zwX5wscs>
- Brieva, C. (2014). Protocolo de anestesia en aves. *Laferbervet*, 1.
- De Conti, J. B., Schossler, J. E., Alievi, M. M., Bonfada, A. T., Novosad, D., Silva, D., & Pachaly, J. R. (2007). Uso do fixador esquelético externo Tipo II para osteossíntese de tibiotarso em galinhas da raça Plymouth Rock Branca: modelo experimental para uso em aves selvagens. *SciELO*, 2.
- Díaz, A. (2018). *Desarrollo de férulas articulares personalizadas como apoyo al diseño, implementación y validación de la plataforma biomédica colaborativa UBORA*. Real: Industriales ETSII.
- Dolz, M. M., Mouly, J., & Fernandez, H. (1 de Agosto de 2017). *UNCPBA*. Obtenido de Manejo de urgencias en aves:
<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1450/Dolz%2C%20Mart%C3%ADn.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Domínguez, C., & Cordero, G. (1993). *Rehabilitación de avessalvajes heridas y técnicas de reparación de fracturas en las extremidades*. Madrid: FONDO NATURAL.
- Fuentes, M. (24 de noviembre de 2017). *Dep. Ingeniería Mecánica y Fabricación*. Obtenido de Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla:
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/71086/fichero/1086-FUENTES.pdf>
- García, C. (15 de Septiembre de 2008). *Hospital veterinario Pamplona Vetersalud*. Obtenido de Estudio retrospectivo de 11 casos de fracturas de cúbito en aves salvajes:
<https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/11307064v28n1/11307064v28n1p9.pdf>
- Google maps. (9 de Abril de 2020). Unidad Académica de Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria de la Universidad Católica. Cuenca, Azuay, Ecuador. Recuperado el 9 de Abril de 2020, de
<https://www.google.com/maps/place/Unidad+Acad%C3%A9mica+de+Agricultura,+Silvicultura,+Pesca+y+Veterinaria+de+la+Universidad+Cat%C3%B3lica/@-2.8813541,->

78.9609929,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91cd176239129c7b:0xf1e0dff85324a376!8m2!3d-2.8813541!4d-78.9588

- Google maps. (9 de Abril de 2020). Universidad Católica de Cuenca. *Ubicación geografía de la Universidad Católica de Cuenca*. Cuenca, Azuay, Ecuador. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Universidad+Cat%C3%B3lica+de+Cuenca/@-2.8842835,-79.0081927,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91cd181457a47e61:0x8e4601e0f627b502!8m2!3d-2.8842835!4d-79.006004>
- Gull, J., Saveraid, T., Szabo, D., & Hatt, J. (2012). Evaluation of three miniplate systems for fracture stabilization in pigeons . *Hpurnal of Avian Medicine and Surgery*, 203-212.
- Harcourt, B. (2002). Orthopedic conditions that affect the avian pelvic limb. *ELSEVIER*, 53.
- Helmer, P., & Redig, P. (2013). Surgical Resolution of Orthopedic Disorders. *Avian Medicine*, 761-766. Obtenido de http://avianmedicine.net/wp-content/uploads/2013/08/34_orthopedic.pdf
- Jean, H. (2017). *Universidad de Zurich*. Obtenido de Fractures, bone healing and pain in birds: <http://www.keelbonedamage.eu/wp-content/uploads/JeanMichelHatt.pdf>
- Juarez, A. A., Olivos Meza, A., Landa Solis, C., Cardenas Soria, V. H., Silva Bermudez, P. S., Suarez Ahedo, C., . . . }. (2018). Uso y aplicacion de la tecnologia de impresion y bioimpresion 3D en medicina. *Scielo*, 44-45. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.22201.fm.24484865e.2018.61.6.07>
- Kambic, R., Roberts, T., & Gatessy, S. (2014). Long-axis rotation: a missing degree of freedom in avian bipedal locomotion. *Journal of Experimental Biology*. doi:<https://doi.org/10.1242/jeb.101428>
- Lopez, C. (26 de mayo de 2014). *Patología de las Aves*. Obtenido de Herramientas y diagnostico de revision: <http://www.asav.es/wp-content/uploads/2016/05/3-1-Patologia-de-las-aves-una-revision-Shivaprasad.pdf>
- Morocho, J. B. (2016). *Alcances de las tecnologías de fabricación por adición*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Murphy, P. J., & Fialkowsky, J. (2001). Anestesia inyectable y analgesia de aves. *IVISO*, 1.
- Noguera, J. (1 de septiembre de 2014). *universidad catolica, nuestra señora de la asuncion*. Obtenido de 3D printers (impresoras 3D): <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/11/Impresoras-3D-2014.pdf?fbclid=IwAR1IcQd37mjccN23udF9IpRc3xY0cgST16WuPQCqEUkhr8Mkq4fHClKfYJA>

- Pardo, M. Á. (2017). *Diseño de una prótesis canina para extremidades delanteras*. Bilbao: Universidad Publica de Navarra.
- Rojas, J. A. (9 de Noviembre de 2015). *Diseño de ortopedia de rehabilitacion y adaptación para caninos*. Cuenca: universidad del azuay. Obtenido de Universidad del azuay.
- Rush, E., Turner , T., & Montgomery, R. (2012). Implantation of a titanium partial limb prosthesis in a white- naped crane . *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 167-175.
- Thalman, L., & Owen , J. (2017). *Enabling the Future*. Obtenido de <https://enablingthefuture.org/2017/08/24/3d-printing-is-for-the-birds/>
- Tunio, A., Jalila, A., Yong, G., & Shameha, I. (2014). Experimental fracture healing with external skeletal fixation in a pigeon ulna model. *Journal of Advanced Veterinary Animal*, 58-64. doi:10.5455/javar.2014.a14
- Valverde, V. (1987). *Traumatología y ortopedia en aves*. Argentina: Tamarindos.
- Wright, L. M. (2018). Retrospective Evaluation of tibiotarsal fractures treated with tape splints in birds. *Journal of Avian Medicine Surgery*, 205-209. doi:10.1647/2'16-2241

XII. ANEXOS

Anexo 1

Rasurando el área de intervención.



Fuente (Autor, 2021)

Anexo 2

Pesaje del paciente.



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 3

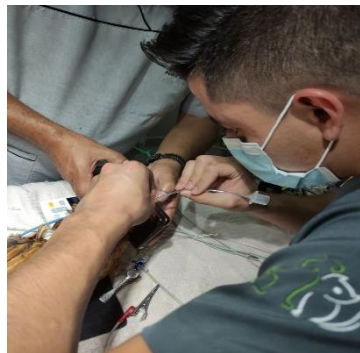
Premedicación



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 4

Intubación endotraqueal del paciente



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 5

Intubación endotraqueal de la paciente



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 6

Monitoreo anestésico



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 7

Monitoreo anestésico



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 8

Primer prototipo de la férula impresa en 3D antes de la cirugía



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 9

Durante el procedimiento quirúrgico



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 10

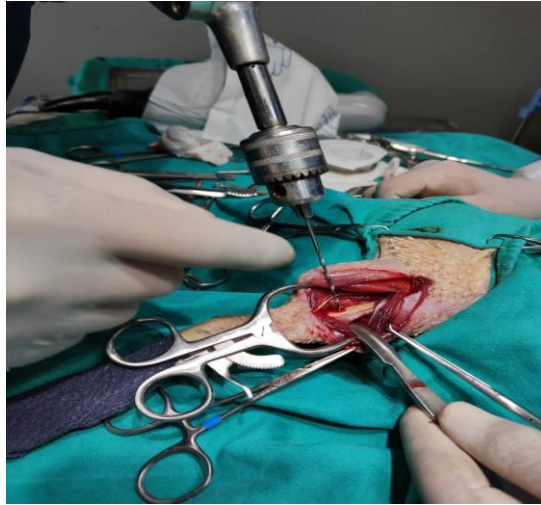
Durante el procedimiento quirúrgico



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 11

Visualización del hueso tibiotalar



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 12

Durante el procedimiento radiográfico



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 13

Durante el procedimiento radiográfico



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 14

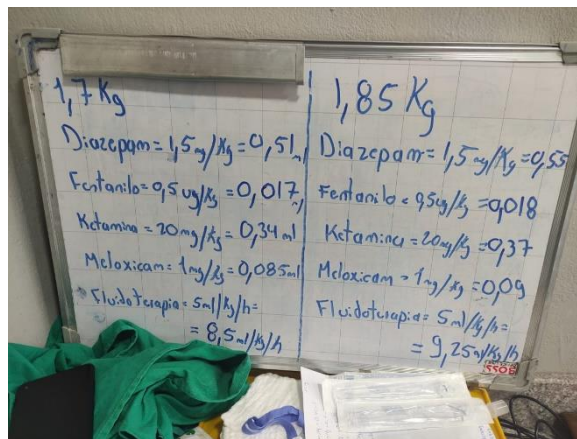
Vendaje Roberth Jhones



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 15

Plan anestésico



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 16

Durante el postquirúrgico



Fuente: (Autor, 2021)

Anexo 17

Informe de originalidad del documento mediante Turnitin

Uso de cerclajes y férulas en 3d con pla como tratamiento ortopédico de fracturas tibiotalares en aves

INFORME DE ORIGINALIDAD

2 %	3 %	1 %	2 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
2	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
3	www.acarindex.com Fuente de Internet	<1 %
4	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1 %
5	docfiles.com Fuente de Internet	<1 %
6	manualzz.com Fuente de Internet	<1 %
7	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1 %
8	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

9	www.colibri.udelar.edu.uy Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	docplayer.com.br Fuente de Internet	<1 %
12	Dennis Evangelista, Sharlene Cam, Tony Huynh, Austin Kwong, Hodayun Mehrabani, Kyle Tse, Robert Dudley. "Shifts in stability and control effectiveness during evolution of Paraves support aerial maneuvering hypotheses for flight origins", PeerJ, 2014 Publicación	<1 %
13	Maria C. Spriggs, Daniel J. Rizzolo, Kate H. Martin, Gwen E. Myers, Matthew G. Sexson. "Effects of Midazolam on Corticosterone and Blood Gases in Spectacled Eiders Prior to Transmitter Implantation", The Journal of Wildlife Management, 2021 Publicación	<1 %
14	Submitted to Massey University Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Nottingham Trent University Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Apagado

Anexo 18

Declaratoria de autoría y responsabilidad



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Anderson Rodrigo Vásquez Guerrero portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106760481**.
Declaro ser el autor de la obra: “**USO DE CERCLAJES Y FÉRULAS EN 3D CON PLA COMO TRATAMIENTO ORTOPÉDICO DE FRACTURAS TIBIOTARSALES EN AVES**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **15 de abril de 2021**

F:

Anderson Rodrigo Vásquez Guerrero

C.I. 0106760481

Anexo 19

Autorización de publicación en el repositorio institucional

Anderson Rodrigo Vásquez Guerrero portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0106760481**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“USO DE CERCLAJES Y FÉRULAS EN 3D CON PLA COMO TRATAMIENTO ORTOPÉDICO DE FRACTURAS TIBIOTARSALES EN AVES”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **15 de abril de 2021**



F:

Anderson Rodrigo Vásquez Guerrero

C.I. 0106760481