



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Tesis para optar al título de
Médico Veterinario Zootecnista**

**Evaluación del efecto del tratamiento combinado
con hidrogel y plasma rico en plaquetas (PRP) en el
proceso de cicatrización en conejos (*Oryctolagus
cuniculus*) en Estelí, Nicaragua, 2025**

Autor(a)

Emiliano José Lacayo Gutiérrez

William Alberto Mateo Murillo

Tutor(es)

MV. José Luis Martínez Acevedo

M.Sc. Roberto Armando Ramos Andino

**Estelí, Nicaragua
Noviembre, 2025**



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Tesis para optar al título de
Médico Veterinario Zootecnista**

**Evaluación del efecto del tratamiento combinado con
hidrogel y plasma rico en plaquetas (PRP) en el proceso
de cicatrización en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en
Estelí, Nicaragua, 2025**

Autor(a)

Emiliano José Lacayo Gutiérrez

William Alberto Mateo Murillo

Tutor(es)

MV. José Luis Martínez Acevedo

M.Sc. Roberto Armando Ramos Andino

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito de culminación de estudio

**Estelí, Nicaragua
Noviembre, 2025**

Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección Académica como requisito final para optar al título profesional de:

Médico Veterinario y Zootecnista

Miembros del Comité Evaluador

MV. Freddy Ramón Blandón
Guerreo

MV. Oscar José Bustamante
López

Presidente (Grado académico y
nombre)

Secretario (Grado académico y
nombre)

M.Sc. Didier Gabriel Matey Fajardo

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha:

Estelí, Nicaragua

DEDICATORIA

Nuestro trabajo se lo dedicamos principalmente a Dios quien es el que guio nuestro camino a lo largo de nuestra formación como futuros profesionales y puso en nosotros sabiduría y perseverancia para poder llegar hasta este momento.

A nuestras familias por ser el pilar fundamental de nuestras vidas, por cada sacrificio, apoyo y amor brindado durante todo este proceso.

Emiliano José Lacayo Gutiérrez

William Alberto Mateo Murillo

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro tutor MV. José Luis Martínez Acevedo por su disposición, consejos y enseñanzas brindadas durante este proceso y por haber sido parte fundamental en nuestra investigación.

A nuestra alma mater por abrir sus puertas para la formación de futuros médicos veterinarios con valores éticos; así mismo, a cada docente por habernos enriquecido con sus conocimientos, por siempre motivarnos a salir adelante e inculcarnos a dar una atención de calidad a nuestros pacientes.

A la Universidad Francisco Luis Espinoza por habernos facilitado los recursos para la obtención de la información reflejada en este estudio y por haber sido parte de nuestra formación.

Emiliano José Lacayo Gutiérrez

William Alberto Mateo Murillo

INDICE DE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivo Específico	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Limitaciones	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Variables.....	5
1.8. Supuestos básicos	5
1.9. Contexto de la investigación	5
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Plasma rico en plaquetas	7
2.2. Procesamiento de plasma rico en plaquetas	7
2.3. Cicatrización	7

2.4.	Inflamación	8
2.5.	Plaquetas en el proceso de cicatrización	9
2.6.	Papel de los neutrófilos y macrófagos en los procesos de cicatrización	9
2.7.	Formación del tejido de granulación en el proceso de cicatrización	10
2.8.	Creación de nueva piel (cicatrización).....	11
2.9.	Factores de crecimiento	11
2.10.	Usos del plasma rico en plaqueta	12
2.11.	Concentración de plaquetas necesarias	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1.	Ubicación geográfica.....	14
3.2.	Tipo de paradigma.....	14
3.3.	Enfoque de la investigación	14
3.4.	Finalidad y profundidad de la investigación (Alcance)	14
3.5.	Según nivel de amplitud: transversal o longitudinal	14
3.6.	Descripción de la unidad de análisis experimental	14
3.7.	Definición de variables con su operacionalización:	16
3.8.	Diseños experimentales.....	18
3.9.	Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos	19
3.10.	Validez o confiabilidad de los instrumentos	19
3.11.	Procesamiento y análisis de datos	20
3.12.	Consideraciones éticas de la investigación.....	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1.	Proceso de cicatrización	21
4.1.2.	Presencia de Exudado.....	21
4.1.3.	Tejido de Granulación en días.....	23

4.2.1.	Porcentaje de Monocitos	24
4.2.2.	Porcentaje de Granulocitos.....	25
4.2.3.	Porcentaje de linfocitos	26
4.3.	Propuesta de tratamiento.....	27
4.3.1.	Protocolo de aplicación de hidrogel y plasma rico en plaquetas.....	27
V.	CONCLUSIONES.....	29
VI.	RECOMENDACIONES	30
VII.	LITERATURA CITADA.....	31
VIII.	ANEXOS	34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables incluidas en el estudio.....	16
Tabla 2. Tratamientos por evaluar.....	18

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Promedio de cicatrización en días.....	21
Figura 2 Promedio de cantidad de exudado en días	22
Figura 3. Inicio de la formación el tejido de granulación.....	23
Figura 4. Finalización de la formación de tejido de granulación	24
Figura 5. Porcentaje de monocitos	25
Figura 6. Porcentaje de granulocitos	26
Figura 7. Porcentaje de linfocitos	27

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del estudio.....	34
Anexo 2. Esquema del Diseño Cuasi Experimental	34
Anexo 3. Hoja de campo a nivel macroscópico	35
Anexo 4. Hoja de resultado de examen sanguíneo.....	35
Anexo 5. Prueba T para muestras Independientes.....	36

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas (PRP) en el proceso de cicatrización en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en Estelí, Nicaragua, 2025. Se empleó un diseño cuasi experimental con dos tratamientos: T1 (PRP + hidrogel) y T2 (testigo, cicatrizante comercial), con un total de ocho unidades experimentales. Se tomo en cuenta la edad, la raza y el sexo como método de inclusión y exclusión. Los resultados demostraron que el tratamiento combinado de plasma rico en plaquetas e hidrogel redujo significativamente el tiempo de cicatrización el cual dio un promedio de 5.5 días en comparación con el tratamiento control el cual fue de 9.75 días, con un $p\text{-valor} = 0.010$. Además, se observó una menor presencia de exudado y una formación más rápida del tejido de granulación el cual inició al día 1 en T1 y al día 3 en T2. A nivel hematológico, el tratamiento combinado promovió un equilibrio inmunológico, evidenciado por una mayor proporción de monocitos asociados a macrófagos M2 (reparadores) y una menor persistencia inflamatoria. El tratamiento con hidrogel y PRP mostró una cicatrización más rápida, organizada y con menor respuesta inflamatoria, lo que lo posiciona como una alternativa eficaz, biocompatible y de bajo costo frente a los cicatrizantes convencionales.

Palabras clave: Plasma rico en plaquetas, hidrogel, cicatrización, conejos, regeneración tisular.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effect of the combined treatment with hydrogel and platelet-rich plasma (PRP) on the wound healing process in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Estelí, Nicaragua, 2025. A quasi-experimental design was employed with two treatments: T1 (PRP + hydrogel) and T2 (control, commercial healing agent), using a total of eight experimental units. Age, breed, and sex were considered as inclusion and exclusion criteria. The results demonstrated that the combined treatment of platelet-rich plasma and hydrogel significantly reduced healing time, with an average of 5.5 days compared to 9.75 days for the control group (p-value = 0.010). In addition, a lower presence of exudate and faster granulation tissue formation were observed, beginning on day 1 in T1 and on day 3 in T2. Hematologically, the combined treatment promoted immune balance, evidenced by a higher proportion of monocytes associated with M2 macrophages (repair type) and a lower persistence of inflammation. The hydrogel and PRP treatment showed faster, more organized healing with a lower inflammatory response, positioning it as an effective, biocompatible, and low-cost alternative to conventional healing agents.

Keywords: Platelet-rich plasma, hydrogel, wound healing, rabbits, tissue regeneration.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización del plasma rico en plaquetas hoy en día es algo normal entre los médicos, en muchas ocasiones no se tienen conciencia de esta o las razones para llevarla a cabo. Además, el uso del plasma rico en plaquetas es otra alternativa para sustituir la utilización de fármacos para la cicatrización de heridas quirúrgicas la cual dará una recuperación efectiva.

Es conocida la utilidad del plasma rico en plaquetas (PRP) en la aceleración de la síntesis de heridas cutáneas y maxilofaciales en personas. Ha sido estudiada en diferentes áreas con buenos resultados por lo que su uso es cada vez más común, tanto en medicina humana como en veterinaria. Sin embargo, no muchos de estos estudios hacen un seguimiento detallado de la reparación en cuanto del tiempo de cicatrización, tanto clínico como histológico, y mucho menos evaluaciones sobre este seguimiento en heridas quirúrgicas abdominales, por primera intención, en animales siendo esta la zona de abordaje más común para cirugías. (Ramirez, 2019)

Lo que se pretende con la utilización del plasma rico en plaquetas es tener una cicatrización rápida y efectiva en el paciente otro de los propósitos es tener otra opción más barata y de fácil acceso si contamos con la maquinaria apropiada.

El plasma rico en plaquetas autólogo es un producto derivado de la sangre del propio paciente cuya aplicación en la práctica clínica es cada vez mayor. Su uso está muy extendido en diversas especialidades tanto en la curación de heridas quirúrgicas complejas como en la regeneración de tejidos perdidos.

Considerando lo antes mencionado se desarrollará una investigación en el Centro de Investigación de Salud Animal (CISA) ubicada en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza en la que se evaluará el efecto del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas (PRP) en el proceso de cicatrización en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en Estelí, Nicaragua, 2025.

1.1. Antecedentes

Ramirez (2019) Realizó una investigación basada en la evaluación del tiempo de cicatrización en heridas quirúrgicas cutáneas abdominales tras la aplicación de PRP en un modelo animal. Se extrajo 5 ml de sangre de cada conejo para preparar el PRP autólogo, el cual fue activado con gluconato de calcio. Luego, se trataron mediante una inyección intralesional de PRP en el grupo experimental. Las pruebas estadísticas no demostraron una diferencia significativa entre la cicatrización de los grupos tratamiento y control ($p > 0.05$), no se concluyó que el PRP aplicado al grupo tratamiento haya logrado disminuir el tiempo de cicatrización de la herida quirúrgica.

Por otra parte, tenemos a (Lluch, 2007) realizaron un estudio interviniendo quirúrgicamente a 30 conejos raza Nueva Zelanda. Los animales fueron divididos en 2 grupos de 15 individuos que recibieron como tt^o plasma rico en plaquetas (PRP) o plasma pobre en plaquetas (ppp) en sus tibias y peroné derechos. La tibia y peroné izquierdo se utilizó como grupo control sin recibir ningún tipo de tratamiento. El estudio de las imágenes de reconstrucción de TAC, densidad mineral ósea y el análisis cualitativo de la histología reveló una mejoría del grupo tratado con plasma pobre en plaquetas (ppp) sin ser las diferencias estadísticamente significativas. El estudio estadístico de las diferentes variables en función del tiempo de evolución y tipo de tratamiento empleado no presentó ninguna diferencia significativa. ($P < 0.05$).

1.2. Planteamiento del problema

La cicatrización, que tiene por finalidad la cura de las heridas, comienza inmediatamente después de una lesión o incisión y consiste en una perfecta y coordinada cascada de eventos celulares y moleculares que interactúan para que ocurra la reconstitución del tejido (Savioli, 2008). Las heridas en conejos requieren cuidados especiales para evitar la contaminación, como quitar los tejidos muertos, remoción de materiales extraños y contaminantes, drenaje siempre y cuando sea necesario).

En casos de procedimientos quirúrgicos, la sutura simple o en retazos cutáneos generan gran preocupación en el período postoperatorio, demandando cuidados por un período de hasta 1 mes.

También es de mucha importancia el uso de cicatrizantes, ya que aceleran el tiempo de curación de la herida. Uno de los principales problemas que enfrentan los dueños de estos animales, es que los animales se les prolongan mucho el tiempo de cicatrización, por lo cual nosotros intentaremos producir un suero que acelere la cicatrización y por consiguiente a mejorar la salud de los pacientes; para esto, se debe responder la interrogante:

¿Cuál es el efecto del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas en el proceso de cicatrización de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en Estelí, Nicaragua 2025?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas en el proceso de cicatrización de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en Estelí, Nicaragua, 2025.

1.3.2. Objetivo Específico

Determinar el efecto del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas sobre el proceso de cicatrización

Identificar el comportamiento de células leucocitarias en la administración del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas

Proponer el uso del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas sobre el proceso de cicatrización en relación con los hallazgos obtenidos

1.4. Justificación

Unos de los problemas que presentaban los animales sometidos a prácticas quirúrgicas era el tiempo de cicatrización de estas heridas, las cuales a veces se prolongan mucho tiempo haciendo que el animal empeore su salud ya sea porque la herida se infecte o porque se abran los puntos de sutura y haya una hemorragia.

El siguiente trabajo de investigación (Evaluación del efecto del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas (PRP) en el proceso de cicatrización en conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en Estelí, Nicaragua, 2025) tenía como propósito ayudar a solucionar la gran problemática con el tiempo de cicatrización de estas heridas.

La utilización de este plasma rico en plaquetas permitirá conocer una nueva alternativa eficiente, en la disminución en el tiempo de cicatrización para ayudar a que el paciente tuviera menos complicaciones post quirúrgicas como infecciones o hemorragias.

La finalización de la investigación tiene una transcendencia, ya que nuestro objetivo principal fue tener un impacto positivo en la salud de los animales, al proporcionarles una alternativa para utilizar como producto de cicatrización. Y también aportar un conocimiento a una amplia cantidad de personas.

1.5. Limitaciones

La complejidad del proceso y la dificultad para obtener referencias comparativas que fortalezcan los resultados se vuelven más difíciles debido a la falta de información disponible sobre este tipo de estudios en el país.

1.6. Hipótesis

El uso del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas favorece de manera óptima la cicatrización de heridas quirúrgicas, demostrando mejores resultados en comparación con otros tratamientos convencionales.

1.7. Variables

La medición del proceso de cicatrización constituye una herramienta útil para evaluar la repuesta de cicatrización en los conejos durante el proceso quirúrgico. En este contexto se tomó en cuenta, el inicio y la finalización del tejido de granulación, el tiempo de cicatrización determinado en días y se tomó en cuenta la presencia de exudado. Esto con el objetivo de determinar el efecto del tratamiento de plasma rico en plaquetas combinado con el hidrogel.

Así mismo, se llevó a cabo un análisis del comportamiento de células leucocitarias, esto con el fin de relacionar como estas células actúan a nivel fisiológico cuando se aplica el tratamiento y como este actúa en relación con el proceso de cicatrización.

Como propuesta de tratamiento se propuso el protocolo de aplicación de hidrogel y plasma rico en plaquetas ya que obtuvo mejores resultados en cuanto al tratamiento control.

1.8. Supuestos básicos

Se espera que todos los conejos utilizados en el estudio presenten condiciones fisiológicas homogéneas y que el ambiente experimental se mantenga controlado durante todo el proceso, evitando factores externos que pudieran alterar los resultados.

Asimismo, se asume que la obtención y aplicación del plasma rico en plaquetas y del hidrogel se realizaron bajo procedimientos estandarizados, garantizando su correcta preparación y uso. Por tal razón se considera también que las herramientas de medición empleadas reflejan con precisión los cambios en la cicatrización, permitiendo una evaluación confiable del efecto combinado de ambos tratamientos.

1.9. Contexto de la investigación

El uso del plasma rico en plaquetas (PRP) ha cobrado bastante relevancia en la medicina por su capacidad para acelerar la reparación tisular y modular la inflamación. Estudios realizados en modelos animales y humanos demuestran que la combinación del PRP con hidrogeles favorece la regeneración celular y acorta el tiempo de cicatrización al actuar como una matriz biocompatible que libera factores de crecimiento de manera controlada (Park Y. G., 2017).

Varias investigaciones recientes destacan que el PRP estimula la angiogénesis y la proliferación de fibroblastos, promoviendo una reparación más organizada y con menor respuesta inflamatoria (Meznerics, 2022).

En el contexto latinoamericano, diversos estudios han explorado la eficacia del PRP en la regeneración tisular de animales domésticos y de experimentación, obteniendo resultados prometedores en la reducción del tiempo de cicatrización y en la prevención de infecciones (Gutiérrez, 2018).

Sin embargo, en Nicaragua la información científica sobre la aplicación del PRP en animales es limitada, en este contexto nuestra investigación busca aportar evidencia sobre la efectividad del tratamiento combinado con hidrogel y PRP en conejos, fortaleciendo la base científica nacional y promoviendo el uso de alternativas biotecnológicas de bajo costo en el ámbito clínico veterinario.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Plasma rico en plaquetas

Es un producto que se obtiene centrifugando la sangre para obtener una fracción de plasma que contiene una alta concentración de plaquetas (600.000 a 1.500.000 x mm³), que se activan al combinarse con cloruro de calcio. Se aplica sobre la piel en las zonas con la herida y el cuerpo mediante micropunción dérmica, estimulando la producción de colágeno, elastina y tejido epidérmico, dando como resultado una piel más fuerte, tersa y con mejor aspecto.

La aplicación en la piel de factores de crecimiento como es el plasma rico en plaquetas permite aportar principios activos que regeneran las células de la piel, como son los queratinocitos de la capa basal y fibroblastos. Se estimula la producción de glucosaminoglicanos, fibras de colágenas y elásticas necesarias para sustituir las estructuras alteradas. (Quintero, 2017)

2.2. Procesamiento de plasma rico en plaquetas

Existen varios sistemas de obtención de los factores de crecimiento. Básicamente, consisten en:

- Extracción de sangre por venopunción
- Centrifugación de la sangre, que puede ser simple o doble
- Separación de las fracciones de la sangre: hematíes, leucocitos, plasma rico en plaquetas y plasma pobre en plaquetas
- Activación o no de las plaquetas: Sales de calcio, trombina autóloga, sonicación, congelación/descongelación, calor.
- Aplicación: Puede ser ambulatoria o en el quirófano. Intraósea, tendinosa, muscular, articular.

Además, existen factores del propio paciente, como el estado de nutrición y la edad, que van a influir en el resultado y en el producto obtenido. (Fernández, 2020)

2.3. Cicatrización

La cicatrización es un proceso dinámico, interactivo en el cual participan mediadores solubles extracelulares, células sanguíneas, células de la matriz tisular, y del parénquima, para facilitar el estudio y comprensión del proceso de reparación de las heridas, se le ha dividido en fases, las cuales ocurren de manera secuencial, pero se superponen en el tiempo: hemostasia, inflamatoria, proliferativa o de granulación, de epitelización y de remodelación. (Hernández, 2010)

El proceso de curación tiene 3 fases distintas pero superpuestas: inflamación, proliferación y remodelación.

La respuesta inflamatoria es la respuesta inicial al daño tisular, por lo que el objetivo inicial es proporcionar una hemostasia rápida e iniciar una cascada que conduzca a la regeneración tisular.

Un hematoma se forma cuando la sangre se escapa de un vaso sanguíneo lesionado y llena el espacio tisular con plaquetas críticas. Los factores de crecimiento y las citoquinas son liberados principalmente por las plaquetas, pero también por otras células, lo que conduce a la migración, proliferación y diferenciación celular y a la síntesis de la matriz extracelular.

La red de fibrina del hematoma actúa como una matriz temporal que sostiene el espacio regenerativo y permite la migración y proliferación celular.

La segunda fase, o fase de proliferación, es la fase de curación real. El tejido necrótico se elimina y se reemplaza por tejido vivo específico de cada entorno tisular (hueso, cartílago, tejido fibroso).

Las células madre mesenquimales se diferencian en osteoblastos, fibroblastos, condrocitos y otros tipos de células según los requisitos del tipo de tejido regenerado. Los factores locales como el factor de crecimiento y la distribución de citocinas, las hormonas, los nutrientes, el pH, la presión parcial de oxígeno y el entorno eléctrico y mecánico determinan una diferenciación adecuada.

La fase final es la remodelación, que se caracteriza por la reorganización y adaptación del nuevo tejido resultante para parecerse lo más posible al tejido original.

Los cambios resultantes incluyen una reducción de la densidad celular y la vascularización, la eliminación de la matriz de reparación redundante y la orientación de las fibras de colágeno de la matriz de reparación a lo largo de líneas de fuerza de tracción máxima.

Las etapas finales de la curación pueden llevar años. (Flores, Palomar Gallego, & Torres Garcia, 2012)

2.4. Inflamación

La inflamación es una respuesta homeostática del organismo. Existe una percepción errónea de que es una entidad aislada y siempre patológica. Es un proceso dinámico, complejo, sistémico

y multifactorial. Por eso constituye un reto el dilucidar los elementos, cambios tisulares que causa y cómo proceder en la clínica ante un cuadro inflamatorio.

La inflamación aguda es eminentemente una respuesta de defensa del organismo frente a las infecciones y agresiones. No siempre lleva a la eliminación de la noxa que la provocó y a la resolución mediante mecanismos de regulación. En ella participan elementos del SI innato que orientan la respuesta adaptativa. Mecanismos de regulación a nivel molecular, celular y sistémicos se encargan de controlar el proceso. Participan muchos sistemas de órganos homeostáticos como el Nervioso Central y Periférico, Cardiovascular, Endocrino, Hemolinfopoyético e Inmune, entre otros.

Entre las principales causas de inflamación endógenas tenemos los patrones moleculares asociados a daño (DAMP), células senescentes y elementos del sistema de la coagulación. Los estímulos exógenos son principalmente patrones moleculares asociados a microorganismos (MAMP). El objetivo de toda respuesta inflamatoria es facilitar la reparación y adaptación de los tejidos a diferentes situaciones. Desde el punto de vista efector puede resultar en resolución si se restaura la arquitectura sin fibrosis, o de lo contrario no resolutive. (Costa, 2019)

2.5. Plaquetas en el proceso de cicatrización

Un coágulo de sangre es sólo una solución temporal para detener la hemorragia; es necesaria la reparación del tejido/la herida, en la que se eliminan las células dañadas y muertas. En la herida se liberan factores de crecimiento derivados de las plaquetas que provocan la migración y división de las células durante la fase proliferativa, ayudando así al proceso de cicatrización. La aplicación local de estos factores en concentraciones elevadas mediante plasma rico en plaquetas (PRP) se utiliza como complemento en la cicatrización de heridas. (Dutch Medical Devices)

2.6. Papel de los neutrófilos y macrófagos en los procesos de cicatrización

Las células del sistema inmune (y otros tipos celulares) tienen la capacidad de reconocer moléculas o señales asociadas con daño celular o tisular; esto se logra a través de diversas familias de receptores conocidas como "receptores de reconocimiento de patrones" (PRR, por sus siglas en inglés).

Las citocinas que se encargan de mediar la Inmunidad e inflamación en el proceso quirúrgico porque se observan concentraciones elevadas en sangre posterior al traumatismo y se ha demostrado que su concentración está relacionada con el grado de lesión. Esta citocina se secreta por los macrófagos y los linfocitos T.

Los neutrófilos son las primeras células en llegar al sitio de la lesión. Son células de vida de unas cuantas horas, sin embargo, si su activación continúa pueden vivir más tiempo. Los neutrófilos, una vez activados, tienen varios sistemas microbicidas, dentro de los que destacan los intermediarios reactivos de oxígeno, liberación de enzimas proteolíticas de sus gránulos y la creación de redes de DNA (trampas extracelulares del neutrófilo o NET), con las que pueden inmovilizar microorganismos para que posteriormente sean eliminados.

Al llegar a los tejidos, los monocitos circulantes se diferencian en macrófagos, que son los mayores efectores de la inmunidad innata, pues fagocitan a los microorganismos y células apoptóticas tras el reconocimiento por medio de TLR, para posteriormente presentarlo a los linfocitos y poder activar la respuesta inmune adaptativa. La activación de los macrófagos necesita de la presencia de IFN- γ y causa la liberación de citocinas proinflamatorias y especies reactivas de oxígeno, que incrementan el estado inflamatorio del sitio de lesión. (López-Bago, 2018)

2.7. Formación del tejido de granulación en el proceso de cicatrización

La formación de tejido de granulación es un proceso altamente regulado que implica la coordinación de varios tipos de células, incluyendo fibroblastos, células endoteliales y macrófagos. Los fibroblastos producen colágeno y otras proteínas de la matriz extracelular que forman el andamio del nuevo tejido. Las células endoteliales forman nuevos vasos sanguíneos a través de la angiogénesis. Los macrófagos, por su parte, eliminan las células y tejidos dañados y liberan factores de crecimiento que promueven la formación de tejido de granulación.

El tejido de granulación es un signo de una curación adecuada. Sin embargo, en algunas situaciones, puede producirse una formación excesiva de tejido de granulación, un fenómeno conocido como hipergranulación o "proud flesh". Este exceso de tejido puede retrasar la curación al impedir la migración de las células epiteliales a la superficie de la herida para formar una nueva capa de piel. En estos casos, puede ser necesario un tratamiento médico para reducir la cantidad de tejido de granulación. (Clinica Universidad de Navarra, 2023)

2.8. Creación de nueva piel (cicatrización)

La piel constituye uno de los principales órganos de comunicación entre el animal y el medio que lo rodea. Es particularmente vulnerable a las agresiones externas fisicoquímicas o microbiológicas, y reacciona con las estructuras subyacentes y con otros sistemas del organismo; comportándose como un indicador de muchas afecciones sistémicas. La piel es una membrana flexible que cubre la superficie completa del animal. Representa aproximadamente el 12-24% del peso de un individuo, y es por lo tanto el órgano de mayor tamaño del cuerpo.

El uso del plasma rico en plaquetas (PRP), aunque relativamente nuevo, presenta varias ventajas que permiten, que los procesos de curación mejoren, tanto en el tiempo como en la efectividad de estos, a esto hay que agregar que sus efectos secundarios son mínimos. La regeneración acelerada que brinda este método es debida específicamente a las plaquetas en sí, ya que su función primordial es la de reparación de tejidos contribuyendo con la cicatrización.

El plasma rico en plaquetas actúa incrementando el grosor de la capa más superficial de la piel, mejorando el aspecto de las cicatrices y, además, estimula a las células dérmicas y reorganiza las fibras de colágeno y elastina. (Vilela, 2022)

2.9. Factores de crecimiento

Los factores de crecimiento epidérmico (EGF) estas funcionan en diversas clases de células, las cuales son fibras musculares lisas, células neurogliales y fibroblastos, el factor de crecimiento epidérmico tanto epiteliales o no epiteliales tiene como muestras al factor de crecimiento de definición reducida como es la eritropoyetina, que solo estimula al desarrollo de los procedentes de la sangre. La inducción de la célula se inicia por una función autocrina, donde las células generan y contesta a un intermediario biológico o por una función paracrina la cual causa el factor que se ubica en la parte proximal de la célula a la que está lesionada. Debido a que los factores de crecimiento son resumidos a un perfil de ascendentes obligando a liberar en forma activa un desarrollo de proteólisis. Su elemento de activación inicia a la unión de receptores específicos de la célula, cada tipo de factor de crecimiento tiene un receptor o conjunto de receptores únicos. Las células también se manifiestan a un factor de crecimiento solo si tienen una recepción de polipéptido, lo cual se incluyen mensajeros que activan la cascada de coagulación. (Vilela, 2022)

2.10. Usos del plasma rico en plaqueta

- **Utilización del PRP en problemas de la columna**

El plasma rico en plaquetas (PRP) es un producto sanguíneo autólogo que contiene factores de crecimiento y proteínas que se ha utilizado en todo el entorno clínico para la regeneración de tejidos.

Hay pruebas sólidas en la literatura científica básica que respaldan los ensayos clínicos que utilizan PRP para tratar pacientes con enfermedad discal y dolor de espalda. La enfermedad degenerativa del disco (DDD) se ha identificado como una de las principales causas de dolor de espalda. (Guerrero)

- **PRP en úlceras**

El manejo terapéutico convencional para la curación de las úlceras crónicas se basa en dos ejes: el tratamiento de la enfermedad de base y la cura de la herida en sí misma. El objetivo principal es la preparación del lecho de la úlcera que favorece la creación del medio adecuado para su rápida cicatrización.

No obstante, estos cuidados no aportan los factores de crecimiento, disminuidos en las úlceras que no responden adecuadamente al tratamiento.

En 1986 demostraron que los factores plaquetarios autólogos aceleraban la epitelización del tejido de granulación hasta la completa cicatrización de las úlceras. En los años 90, Anitua describió una técnica ambulatoria sencilla de obtención de PRP que facilitó que se extendiera su empleo de forma progresiva a diferentes campos de la medicina. Sin embargo, en pocas indicaciones hay estudios clínicos de suficiente entidad como para poder extraer conclusiones.

2.11. Concentración de plaquetas necesarias

Es probable que el efecto del PRP sobre la cicatrización de una herida sea función de muchas variables, entre ellas la concentración de plaquetas, el volumen añadido de PRP, la extensión y el tipo de la lesión y la condición médica global del paciente. El gran número de variables y su potencial interacción es la razón por la que no existe una recomendación única sobre el nivel de aumento de plaquetas que debe producir el PRP sobre la línea base para ofrecer sus efectos de la manera óptima.

Algunos investigadores han sugerido que el PRP debería alcanzar una concentración en plaquetas de 3 a 5 veces superior al nivel normal, aunque la relación entre el número de plaquetas añadido y el beneficio clínico obtenido es uno de los parámetros que permanecen pendientes de determinar con exactitud.

Se han publicado niveles de concentración que van desde menos de 2 hasta 8,5 veces el nivel normal, o, incluso, que cada individuo necesita una concentración diferente de plaquetas para obtener un mismo beneficio clínico.

Aunque es imposible predeterminar la magnitud del efecto estimulador del proceso de curación de las heridas mediante el empleo de PRP por la gran variabilidad interindividual y la influencia de factores propios de cada caso y de cada herida en particular, lo que sí está científicamente demostrado es la correlación estadísticamente positiva entre la aplicación del mismo y el acortamiento temporal del proceso, gracias a su riqueza en factores de crecimiento, y a sus propiedades mitogénicas y quimiotácticas. El PRP contiene una alta concentración de plaquetas, y consiguientemente es rico en factores de crecimiento y de la coagulación. (Flores, Palomar Gallego, & Torres Garcia, 2012)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

El estudio se llevó cabo del 24 de mayo al 02 de junio de 2025, en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda (UNFLEP) 13°14'50.1''N 86°22'21.9''W ubicada al noroeste de la ciudad de Estelí.

3.2. Tipo de paradigma

La presente investigación tiene un paradigma positivista cuasi experimental debido a que se recolectaron hechos a través de exámenes sanguíneos y también se hizo análisis cuantitativo.

3.3. Enfoque de la investigación

Este estudio se basó en un enfoque cuantitativo ya que consistió en recolectar y hacer análisis de los datos numéricos obtenidos, además de hacer un análisis cuantitativo permitió saber cuál de los tratamientos propuestos es el más efectivo. Abarcó 2 tratamientos con 4 repeticiones por cada tratamiento para un total de 8 repeticiones en un diseño cuasi experimental.

3.4. Finalidad y profundidad de la investigación (Alcance)

El presente documento es de investigación exploratoria ya que el tema abordado no ha sido suficientemente estudiado, por tal razón, se reflejan los datos sobre los beneficios de la utilización del hidrogel y el plasma rico en plaquetas como alternativa natural que contribuya a la mejora en el proceso de cicatrización en procesos quirúrgicos.

3.5. Según nivel de amplitud: transversal o longitudinal

La presente investigación fue de corte transversal, ya que se cuenta con tiempo y espacio, el tiempo es de 1 meses desde la selección de las unidades experimentales hasta la aplicación de los tratamientos.

3.6. Descripción de la unidad de análisis experimental

En el mes de mayo de 2025 se inició con los tratamientos. La metodología de la investigación percibió evaluar porcentajes de células blancas, cantidad exudado en cada uno de los tratamientos a evaluar.

Se utilizaron 8 unidades experimentales escogidas mediante criterios de inclusión y exclusión evaluadas en 2 tratamientos. Se seleccionaron los animales mediante un análisis de edad, peso, sexo, raza:

Criterios de inclusión

Que sea macho

Edad de 3 a 4 meses

Que presenten condiciones óptimas de salud

Homogeneidad de razas

Pesar 4 libras

Corte abdominal de 2cm

Criterios de Exclusión

Se excluyen hembras

Edad menor a 3 meses o mayor a 4 meses

Animales con alteraciones de salud

Que pesen menos o más de 4 libras

Que el corte abdominal sea menor o mayor a 2 cm

3.7. Definición de variables con su operacionalización:

Tabla 1. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables incluidas en el estudio

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Sub variables	Indicadores	Técnica de recolección de información	Fuente de información
Determinar el efecto del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas sobre el proceso de cicatrización	Proceso de cicatrización	Es tejido que se forma durante la fase de cicatrización de una herida.	Duración de cicatrización	Cicatrización en días Presencia de exudado Tejido de Granulación en días	Hoja de campo	Paciente
Identificar el comportamiento de células leucocitarias en la administración del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas	Comportamiento de células leucocitarias	Se refiere a la toma de muestras visuales para rectificar la efectividad del estudio	Valores de células leucocitarias	% Monocitos % Granulocitos % Linfocitos	Análisis laboratoriales (BHC)	Resultados de análisis de laboratorio es

Proponer el uso del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas sobre el proceso de cicatrización en relación con los hallazgos obtenidos	Propuesta de tratamiento	Procedimientos secuenciales para la aplicación del plasma rico en plaquetas e hidrogel para la optimización del proceso de cicatrización	Protocolo de aplicación de hidrogel y plasma rico en plaquetas	Hoja de campo	Resultados en evaluación de tratamiento
---	-----------------------------	--	--	---------------	---

3.8. Diseños experimentales

Para este estudio se utilizaron un estudio cuasi experimental (ECE) 2x4 compuesto con dos tratamientos y 8 repeticiones. Teniendo en cuenta que será un tratamiento testigo y un tratamiento combinado de hidrogel con PRP (**Ver anexo No. 2**)

Tabla 2. Tratamientos por evaluar

Tipo de Tratamiento	Descripción	Abreviatura
Tratamiento 1	Uso de plasma rico en plaquetas combinado con hidrogel.	T1
Tratamiento 2 (Testigo)	Uso de cicatrizante comercial	T2

Manejo del experimento

Para elaborar el plasma rico en plaquetas se extrajo 1 ml de sangre del paciente de la vena yugular debido al tamaño de los pacientes y a la facilidad de extracción. El plasma rico en plaquetas se obtuvo depositando la muestra en un tubo con Citrato de Sodio de 2 ml, se centrifugó a 2.500 por 4 minutos, se separó el coagulo y el plasma se depositó en tubos de borosilicato de 3 ml. El hidrogel se obtuvo centrifugando la muestra de sangre en tubos con gel+activador de coagulación, el hidrogel se mantuvo en el tubo hasta el proceso de coagulación para evitar pérdidas en sus propiedades.

El experimento tuvo un lapso de 10 días. Una vez escogidos los 4 animales, se procedió a hacer la extracción sanguínea para realizar el plasma rico en plaquetas. Listo el plasma rico en plaquetas se comenzó a realizar la cirugía, primero se comenzó por la sedación del animal con de maleato de acepromazina con 0.10 ml/kg IM, tramadol 4,4 mg/kg IV y posterior se le aplicó 10 mg/kg de ketamina intravenosa y 5 mg/kg de xilacina intravenosa (IV) Se procedió con la rasuración del abdomen del animal y por siguiente la desinfección con clorhexidina.

Se realizo una incisión abdominal a nivel de la línea alba de 2 cm de largo empezando desde la piel hasta la cavidad abdominal con una profundidad aproximadamente de 3 mm, se cerró con puntos de sutura absorbible 3-0 y se colocó el coagulo de fibrina, posterior a esto se cerró la piel

con puntos de sutura 3-0 nylon. Cerrado el animal se aplicó 100 ul de plasma rico en plaquetas, se aplicó 3 veces más el plasma con intervalo de tiempo de 24 horas utilizando la misma dosis.

El tratamiento post quirúrgico se realizó con enrofloxacin una dosis de 5mg/kg cada 24 horas y biodipirona una dosis de 50 mg/kg cada 24 horas.

La toma de datos se hizo los días 1, 6, 10 para la parte laboratorial (BHC) mientras que para la parte macroscópica (Observación en campo) en se hizo desde los días 1, 3 y 6 hacer una buena toma de datos de los animales.

Los animales fueron alimentados solamente con concentrado para conejos.

3.9. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos

Para la recolección de datos se utilizaron dos instrumentos esenciales, el formato de laboratorio donde se llevó un control y evaluación del comportamiento celular de en los pacientes intervenidos, así mismo, se hizo uso de una hoja de campo donde se llevó a cabo la valoración del efecto de los tratamientos, en esta última se recolectaron datos referentes al proceso de cicatrización, formación del tejido de granulación, exudado, y complicaciones no deseadas como procesos infecciosos, dehiscencia de la herida o edema.

Formato de hoja de resultado a nivel macroscópico: Conforme fue avanzando la recuperación de los pacientes se fue observándola herida para ver la cantidad de exudado, tejido de granulación y la cicatrización. **(Ver anexo 3)**

Formato de hoja de resultado de examen sanguíneo: Se recolectaron muestras sanguíneas los días 0,1, 6 y 10 de sangre de 0.5 ml de cada uno de los tratamientos en experimento los cuales se trasladaron al laboratorio donde se analizó la composición de cada uno. **(Ver anexo 4)**

3.10. Validez o confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron en la investigación los cuales fueron el formato de laboratorio, hojas de recolección de datos, estos instrumentos fueron revisados por expertos en la temática y de igual manera se obtuvo la validación por parte del comité de evaluación presente en la presentación de la propuesta de investigación.

3.11. Procesamiento y análisis de datos

Los datos recopilados en campo y en laboratorio se ingresaron en una base de datos de Microsoft Excel 2021, posteriormente, las variables fueron analizadas en paquete estadístico InfoStat versión estudiantil donde se llevó a cabo un análisis mediante T de student para muestras independientes correspondiente a las variables cuantitativas, los datos se muestran en figuras generadas como diagramas de barra (Ver anexo 5)

3.12. Consideraciones éticas de la investigación

En el proceso de recolección de muestras de sangre y otras actividades, se prestó una atención constante al bienestar de los conejos. Las muestras de sangre se recolectarán sin causar daño a los animales. Se evitó cualquier forma de estrés o malestar innecesario, y se respetaron las prácticas éticas en el manejo de los conejos durante la investigación. La toma, conservación y procesamiento de muestras fue realizada tomando en cuenta protocolos nacionales e internacionales de diagnóstico clínico laboratorial.

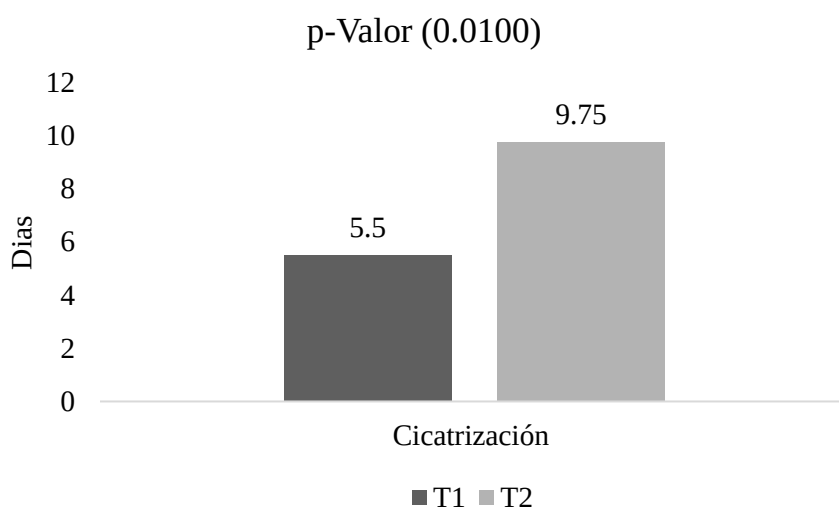
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Proceso de cicatrización

4.1.1. Cicatrización en días

En la figura 1 se puede observar que el grupo tratado con plasma rico en plaquetas combinado con hidrogel (T1) presentó una menor duración de cicatrización dando como resultado una media de 5.5 días frente al otro tratamiento de control (T2) dio como resultado una media 9.75 días, con diferencia estadísticamente significativa de (p- valor 0.010).

Figura 1 Promedio de cicatrización en días



Resultados similares obtuvo (Park & In, 2017) donde demuestran que las diferencias en la disminución y el cambio del tamaño de la herida en el grupo de tratamiento combinado fueron más significativas que en los grupos de tratamiento único en los días 3, 5, 7 y 10. Los concentrados plaquetarios (PRP) aceleran el cierre de heridas y reducen el tiempo de recuperación mediante la liberación de factores de crecimiento.

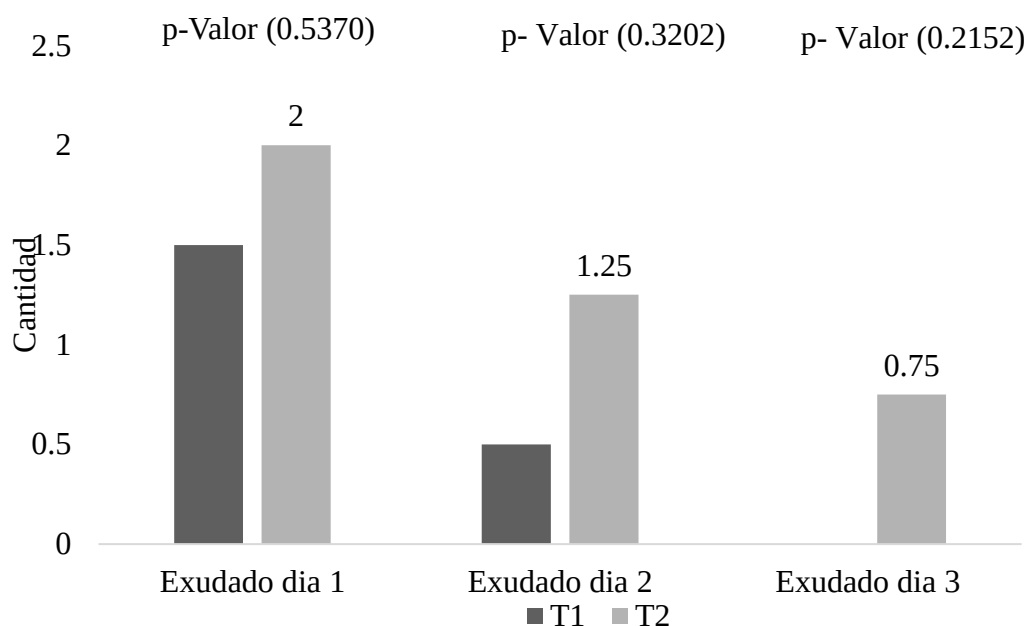
4.1.2. Presencia de Exudado

En la figura 2 se muestra la cantidad de exudado que se obtuvo, clasificándolos en: Sin exudado (0), Leve (1), Moderado (2), Mucho exudado (3) basándonos en la tabla hecha por (Hermeto, 2010). Basándonos en esto, el día 1 de muestra se obtuvo que el PRP más el hidrogel presentaron exudado leve, el tratamiento testigo presentó una cantidad moderada de exudado

En el día 2 de muestra la cantidad de exudado fue disminuyendo, en este caso se obtuvo un exudado casi nulo en el grupo del tratamiento 1 en comparación con el grupo control el cual tuvo un exudado leve.

En el día 3 fue distinto ya que en este el tratamiento de plasma rico en plaquetas más hidrogel fue sin exudado mientras que el grupo control presento exudado leve, demostrando que el tratamiento 1 fue más efectivo en tanto a la cantidad de exudado presentada.

Figura 2 Promedio de cantidad de exudado en días



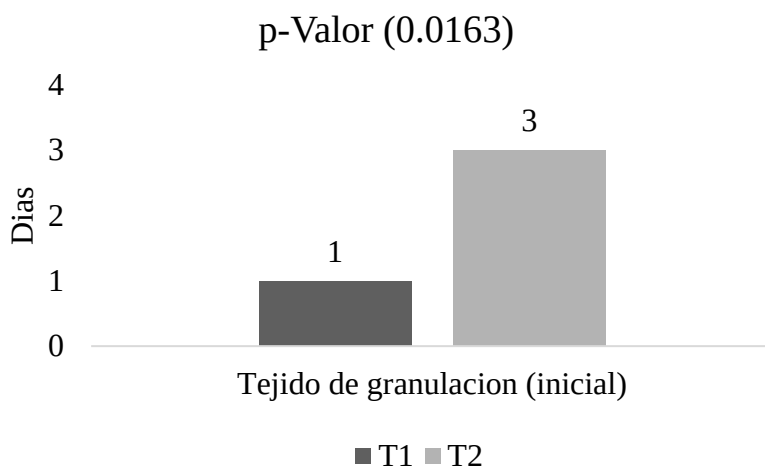
Resultados parecidos obtuvo Nogueira (2015) donde realizó una investigación en la cual ninguno de los pacientes tratados se le observó presencia de exudado en las lesiones.

Resultados parecidos obtuvo (Uçar, 2020) al comparar los efectos del gel de plasma rico en plaquetas (PRP) y los apósitos de gas con suero fisiológico aplicados a úlceras. Al finalizar la vigésima observación, se observó que las puntuaciones medias de área, exudado y tipo de tejido en las úlceras por presión del grupo experimental disminuyeron estadísticamente, demostrando que el tratamiento de gel y plasma rico en plaquetas fue más efectivo que el tratamiento de los apósitos.

4.1.3. Tejido de Granulación en días

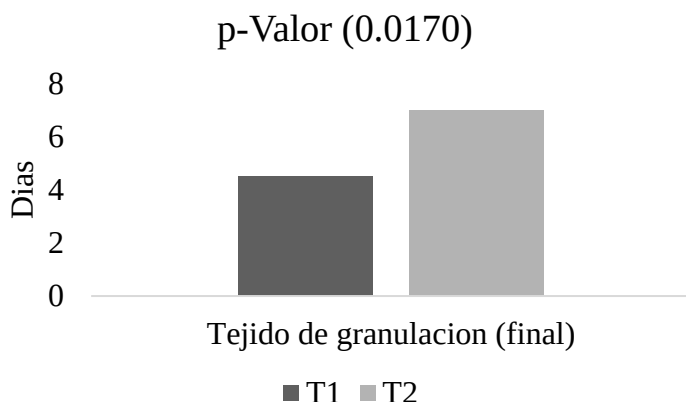
En la figura 3 nos indica los días en el que empezó a formar el tejido de granulación, en los datos obtenidos demuestran que la formación del tejido de granulación inicial ocurrió en el día 1 de haberse hecho el tratamiento, en el caso del tratamiento 2 la formación de tejido de granulación empezó a los 3 días de realizado el tratamiento. Estos datos demuestran que fue mejor el tratamiento de PRP más hidrogel (p-valor de 0.0163). Esto apoya la idea de que PRP estimula respuestas celulares clave y que los hidrogeles mejoran la retención y liberación de factores de crecimiento, favoreciendo una granulación más rápida y organizada.

Figura 3 Inicio de la formación el tejido de granulación



En la figura 4 se puede observar que el tejido de granulación final en el tratamiento 1 termino a los 4.5 días post tratamiento, mientras tanto el tratamiento 2 termino a los 7 días de haberse aplicado, lo cual indica que en el tratamiento 1 es evidente la función del PRP y el hidrogel, este tuvo un p-valor de 0.0170.

Figura 4. Finalización de la formación de tejido de granulación



Resultados similares obtuvo (Fernandez, 2018) que ha reportado efectos sinérgicos demostrando ser capaz de aportar los factores de crecimiento necesarios para estimular de nuevo el crecimiento del tejido de granulación en una herida.

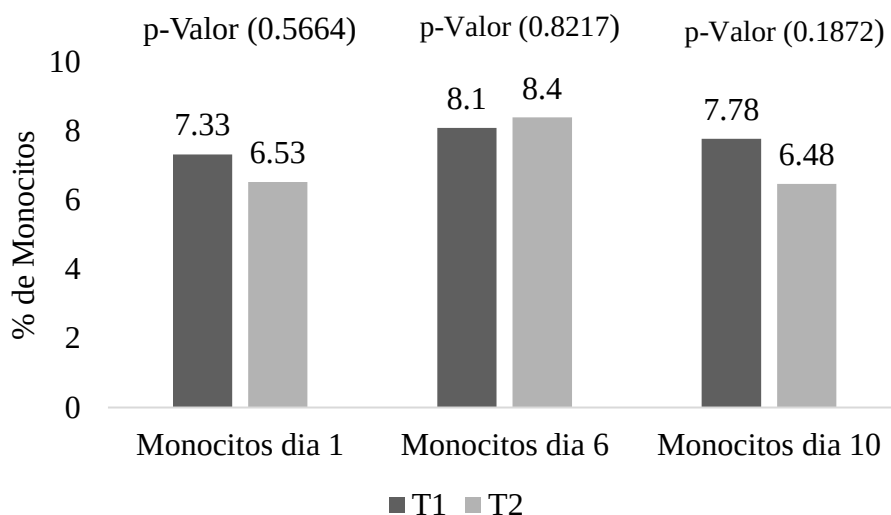
Resultados similares obtuvo (Wang T. , 2023) donde comprobó el uso de Hidrogel con plasma rico en plaquetas para la cicatrización de heridas dando como resultado que este hidrogel promueve la cicatrización de heridas al reducir la inflamación y aumentar la angiogénesis, la deposición de colágeno y la formación de tejido de granulación. La respuesta angiogénica favorece la eliminación de los restos celulares y promueve la formación de un tejido de granulación para cerrar la herida.

4.2. Comportamiento de células leucocitarias

4.2.1. Porcentaje de Monocitos

En la figura 5 los resultados obtenidos de los porcentajes de monocitos mostraron variaciones leves entre los tratamientos, con valores cercanos en los días 1, 6 y 10 (promedios de 7–8 %), sin diferencias significativas. Sin embargo, se observó un ligero aumento de monocitos en el tratamiento de PRP combinado con hidrogel (T1), lo que podría indicar una mayor activación de macrófagos tipo M2, los cuales son conocidos por resolver la inflamación, ayudan a la cicatrización de los tejidos por su función regenerativa. El tratamiento combinado favorece una respuesta monocitaria, antiinflamatoria y reparadora, aspecto clave para una cicatrización eficiente.

Figura 5 *Porcentaje de monocitos*

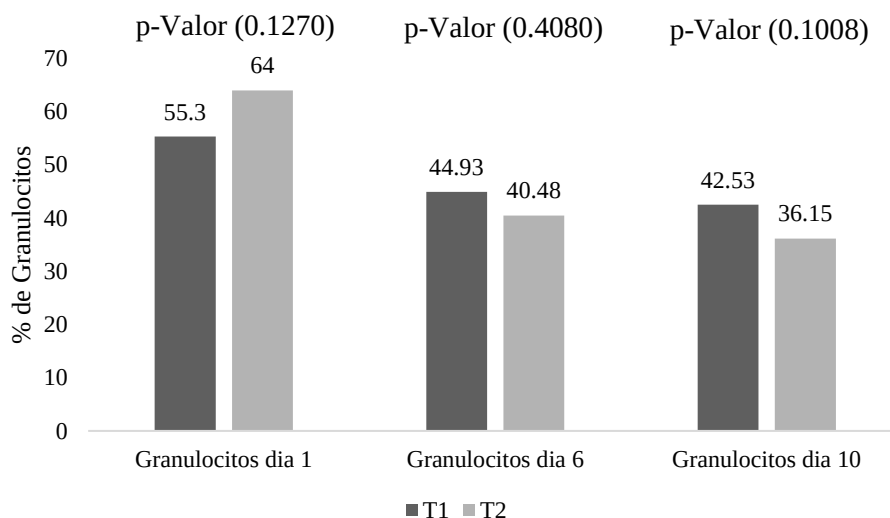


Estos resultados se relacionan con los hallazgos obtenidos por (Uchiyama, 2021) donde resalta que los monocitos y los macrófagos M2 son estimulados y liberan factores antiinflamatorios como y factores de crecimiento, que se sabe que suprimen la inflamación e inducen la reparación tisular.

4.2.2. Porcentaje de Granulocitos

En la figura 6 los resultados del estudio mostraron que el grupo tratado con hidrogel + PRP (T1) presentó porcentajes de granulocitos más bajos que el grupo control (T2). En el día 1 el porcentaje del T1 fue de 55.3 en comparación con el T2 que el porcentaje fue de 64 %, pero esta tendencia se invirtió ligeramente hacia el día 10, cuando el Tratamiento 1 mantuvo niveles levemente superiores con un 42.5 % en comparación con el 36.1 % del tratamiento 2. La reducción temprana de granulocitos sugiere una modulación más rápida de la fase inflamatoria en los animales tratados con PRP.

Figura 6 Porcentaje de granulocitos

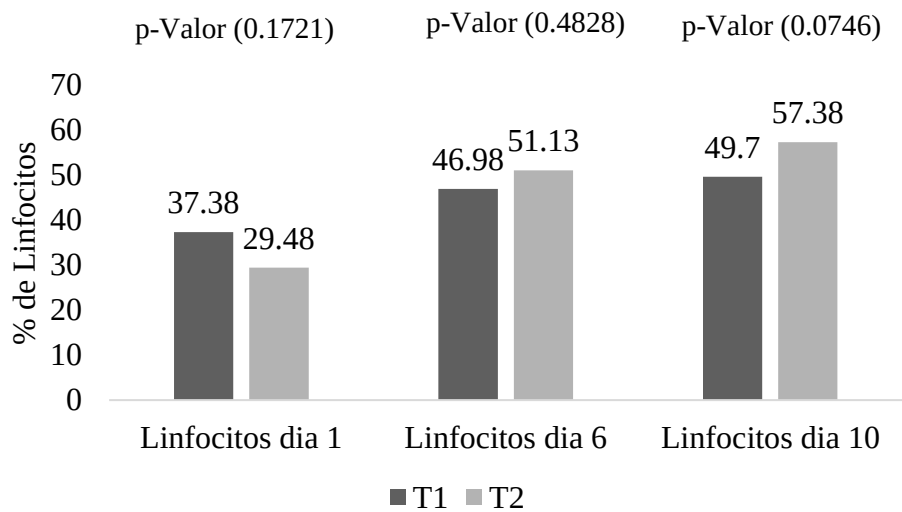


Estos hallazgos coinciden con investigaciones (Wang, 2016) que reporta que el PRP tiene un efecto inmunomodulador y además demostraron que el uso de PRP y los neutrófilos podría resultar en una mayor proporción de colágeno tipo III a colágeno tipo I.

4.2.3. Porcentaje de linfocitos

En la figura 7 el día 1 de muestra los linfocitos mostraron un porcentaje de 37.38 (T1) en comparación al tratamiento 2 el cual mostro un porcentaje de 29.48%, en el día 6 de muestras el porcentaje de linfocitos en el tratamiento 1 dio 46.98% en comparación al tratamiento 2 el cual indicó un 51.13%, se observó un aumento progresivo en ambos tratamientos, aunque el más marcado en el grupo control (T2) al día 10 el cual tuvo un 57.3 % en comparación al 49.7 % del tratamiento 1. Esta diferencia puede reflejar una mayor persistencia de la respuesta inflamatoria adaptativa en T2, mientras que en T1 la modulación inmunitaria por PRP y el soporte del hidrogel podrían haber reducido la necesidad de una activación linfocitaria sostenida.

Figura 7 Porcentaje de linfocitos



Según (Everts P, 2020) los linfocitos están abundantemente presentes en el PRP, produciendo factores de crecimiento similares a la insulina y favoreciendo la remodelación tisular. Los linfocitos pueden generar una respuesta celular para combatir infecciones y adaptarse a intrusos. Además, las citocinas derivadas de los linfocitos T refuerzan la polarización de los macrófagos demostrando que los linfocitos T regulares contribuyen indirectamente a la cicatrización tisular al modular la diferenciación de monocitos y macrófagos.

4.3. Propuesta de tratamiento

4.3.1. Protocolo de aplicación de hidrogel y plasma rico en plaquetas

PROTOCOLO PARA UTILIZACIÓN DE HIDROGEL Y PLASMA RICO EN PLAQUETAS	
Procedimiento	Hidrogel y Plasma Rico en Plaquetas
Objetivo	
Proponer el uso del tratamiento combinado con hidrogel y plasma rico en plaquetas sobre el proceso de cicatrización en relación con los hallazgos obtenidos	
Requisitos previos	Materiales necesarios

Antes de aplicar el tratamiento se deben cumplir los siguientes requerimientos:

1. Peso.
2. Edad.
3. Que presenten condiciones óptimas de salud.

- Tubos con Citrato de Sodio y Gel+activador
- Centrífuga (2500 rpm)
- Micropipeta
- Tubos de borosilicato



Procedimiento paso a paso

Preparación:

1. Obtener 1 ml de sangre autóloga de la yugular depositando la muestra en un tubo con Citrato de Sodio de 2 ml.
2. Centrifugar a 2500 rpm por 4 minutos,.
3. Se separó el coagulo y el plasma se depositó en tubos de borosilicato de 3 ml
4. El hidrogel se obtuvo centrifugando la muestra de sangre en tubos con gel+activador de coagulación
5. El hidrogel se mantuvo en el tubo hasta el proceso de coagulación para evitar pérdidas en sus propiedades.



Aplicación

- Durante el cierre quirúrgico aplicar el hidrogel.
- Aplicar 100 ul de plasma rico en plaquetas.
- Cerrar Piel
- Aplicar plasma cada 24 horas utilizando la misma dosis por 2 días.

V. CONCLUSIONES

El tratamiento combinado de hidrogel y PRP (T1) aceleró de manera significativa la cicatrización de las heridas quirúrgicas en comparación con el tratamiento testigo (T2), reduciendo el tiempo de cicatrización de 9.75 a 5.5 días.

Se observó una disminución del exudado y una formación más temprana del tejido de granulación la cual inicio al día 1 frente a día 3 de los conejos con el tratamiento testigo, lo que indica una respuesta inflamatoria controlada y una regeneración más eficiente.

Los resultados hematológicos mostraron un aumento leve de monocitos y una disminución de granulocitos, lo que sugiere que el PRP favorece una modulación inmunitaria beneficiosa para la reparación tisular.

El uso del PRP combinado con hidrogel representa una técnica accesible, segura y efectiva para mejorar los tiempos de recuperación postquirúrgica en animales de experimentación.

Este tratamiento constituye una alternativa biotecnológica viable que podría aplicarse en medicina veterinaria práctica para optimizar los procesos de curación en diversas especies.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar el uso del hidrogel combinado con PRP autólogo (T1) siempre que se cuente con el equipo necesario, se puede implementar en cirugías menores y procedimientos donde se requiera una rápida cicatrización, especialmente en animales con alto riesgo de infección o complicaciones postoperatorias.

También se recomienda evaluar el tratamiento en otras especies animales para determinar su eficacia comparativa y posibles ajustes en dosis o frecuencia de aplicación.

Continuar la investigación sobre diferentes proporciones y formas de activación del PRP, con el fin de optimizar su efecto regenerador y estandarizar su uso en la práctica clínica veterinaria ya que este es de bajo costo.

VII. LITERATURA CITADA

- Clinica Universidad de Navarra. (2023). *Clinica Universidad de Navarra*. Obtenido de Clinica Universidad de Navarra: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/tejido-de-granulacion>
- Costa, M. G. (Enero de 2019). *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. Obtenido de Revista Habanera de Ciencias Médicas: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1729-519X2019000100030&script=sci_arttext
- Dutch Medical Devices. (s.f.). Trombocitos / plaquetas. *Dutch Medical Devices*. Obtenido de <https://www.dutchmedicaldevices.com/es/trombocitos-plaquetas/#:~:text=Las%20plaquetas%20favorecen%20la%20cicatrizaci%C3%B3n,en%20la%20cicatrizaci%C3%B3n%20de%20heridas>.
- Everts P, O. K. (2020). latelet-Rich Plasma: New Performance Understandings and Therapeutic Considerations. *International journal of molecular sciences*. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7589810/#B83-ijms-21-07794>
- Fernández, M. C. (27 de Octubre de 2020). *Asepeyo*. Obtenido de Asepeyo: Marcial Cosme Fernández
- Fernandez, M. E. (2018). Plasma rico en plaquetas en el tratamiento de las úlceras de las extremidades inferiores. *Medicina Estetica*. Obtenido de <https://www.seme.org/revista/articulos/plasma-rico-en-plaquetas-en-el-tratamiento-de-las-ulceras-de-las-extremidades-inferiores>
- Flores, J. R., Palomar Gallego, M., & Torres Garcia, J. (2012). *Plasma rico en plaquetas: fundamentos biológicos y aplicaciones en cirugía maxilofacial y estética facial*. Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S113005581100102X>
- Guerrero, M. (s.f.). *Revisión bibliográfica de la eficacia del tratamiento con plasma rico en plaquetas en hernia de disco lumbar*. MedicLatina. Obtenido de <https://research.ebsco.com/c/n3gbhh/search/details/5wjel3qsh5?limiters=None&q=plasma%20rico%20en%20plaquetas>
- Gutiérrez, A. F. (2018). Evaluación de la efectividad del plasma rico en plaquetas en reparación de lesiones quirúrgicas epidermales. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. Obtenido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/673>
- Hermeto, L. C. (2010). ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A COLA DE FIBRINA E O. 64. Obtenido de <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/373/1/Larissa%20Correa%20Hermeto.pdf>
- Hernández, G. A. (2010). *FISIOLOGÍA DE LA CICATRIZACIÓN*. Obtenido de <https://journalusco.edu.co/index.php/rfs/article/download/57/88>

- Lluch, B. (3 de Mayo de 2007). *Universitat de València*. Obtenido de Universitat de València: <https://producciocientifica.uv.es/documentos/5eb09cc6299952764111f348?lang=en>
- López-Bago, A. (2018). *Inmunidad e inflamación en el proceso quirúrgico*. Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM . Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2018/un184b.pdf>
- Meznerics, F. A. (2022). Platelet-Rich Plasma in Chronic Wound Management: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/24/7532>
- Nogueira, R. M. (2015). Efectos del gel de plasma rico en plaquetas heterólogo en la cicatrización estandarizada de heridas dérmicas en conejos. *Scielo*. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/acb/a/GhhV7WLWJsPZZdgzjntJQqG/?lang=en>
- Park, Y. G. (2017). Hydrogel and platelet-rich plasma combined treatment improves wound healing in experimental models. *International Journal of Biological Macromolecules*. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5447528/>
- Park, Y. G., & In, H. L. (2017). Hydrogel and platelet-rich plasma combined treatment improves wound healing in experimental models. *International Journal of Biological Macromolecules*, 789–796. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5447528/>
- Quintero, A. (2017). *Dr Antonio Quintero*. Obtenido de Dr Antonio Quintero: <https://www.antonioquintero.co/plasma-rico-en-plaquetas/>
- Ramirez, C. A. (06 de Febrero de 2019). *Universidad Científica del Sur*. Obtenido de Universidad Científica del Sur: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/702/TL-Benites%20C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Savioli, A. N. (2008). *Cicatrización de heridas en perros y gatos: Importancia en el manejo y tratamiento*. Recuperado el 30 de Julio de 2024, de Cicatrización de heridas en perros y gatos: Importancia en el manejo y tratamiento.: <https://www.vanguardiaveterinaria.com.mx/cicatrizacion-de-heridas>
- Uçar, Ö. (2020). Comparación del gel de plasma rico en plaquetas en el tratamiento de úlceras por presión con apósitos con fisiología sérica en términos de proceso de cicatrización y costos de los apósitos. *International wound journal*. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7948873/>
- Uchiyama, R. T. (2021). Efecto del plasma rico en plaquetas en la polarización M1/M2 de macrófagos. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/ijms22052336>
- Vilela, V. J. (2022). *USO DEL PRP EN EL TRATAMIENTO CICATRIZACION EN CANES*. Piura. Obtenido de

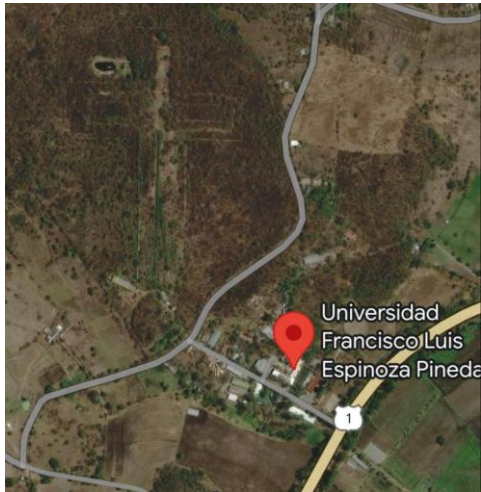
<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/8355/TMV00414S24.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wang, J. H. (2016). Eficacia del tratamiento con PRP para la tendinopatía: una revisión de estudios científicos básicos. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2016/9103792>

Wang, T. (2023). Hidrogel de alginato de sodio con plasma rico en plaquetas para la cicatrización de heridas. *Science Direct*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927776522007809?utm>

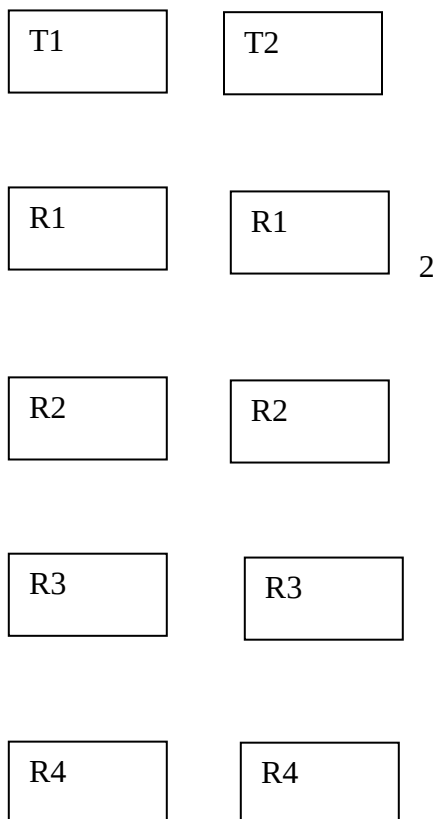
VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del estudio



(Google Maps, 2024)

Anexo 2. Esquema del Diseño Cuasi Experimental



Anexo 3. Hoja de campo a nivel macroscópico

Tratamiento	Repetición	Cicatrización en días	Presencia de exudado			Tejido de Granulación en días	
			Sin exudado (0), Leve (1), Moderado (2), Mucho exudado (3)				
			Dia 1	Dia 3	Dia 6	Inicio	Finalización
T1	R1						
T1	R2						
T1	R3						
T1	R4						
T2	R5						
T2	R6						
T2	R7						
T2	R8						

Anexo 4. Hoja de resultado de examen sanguíneo.

Tratamiento	Repetición	% Monocitos			% Granulocitos			% Linfocitos		
		Dia 1	Dia 6	Dia 10	Dia 1	Dia 6	Dia 10	Dia 1	Dia 6	Dia 10
T1	R1									
T1	R2									
T1	R3									
T1	R4									
T2	R5									
T2	R6									
T2	R7									
T2	R8									

Anexo 5. Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)
Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor prueba
Tratamiento Cicatrización (dias)		{T1}	{T2}	4	4	5.50
9.75	-4.25	-7.05	-1.45	0.0533	-3.71	0.0100 Bilateral
Tratamiento Exudado dia 1		{T1}	{T2}	4	4	1.50
2.00	-0.50	-2.37	1.37	0.8187	-0.65	0.5370 Bilateral
Tratamiento Exudado dia 2		{T1}	{T2}	4	4	0.50
1.25	-0.75	-2.44	0.94	0.2330	-1.08	0.3202 Bilateral
Tratamiento Exudado dia 3		{T1}	{T2}	4	4	0.00
0.75	-0.75	-2.27	0.77	<0.0001	-1.57	0.2152 Bilateral
Tratamiento Tejido de granulación (Ini..		{T1}	{T2}	4	4	1.00
3.00	-2.00	-3.30	-0.70	<0.0001	-4.90	0.0163 Bilateral
Tratamiento Tejido de Granulación Fina..		{T1}	{T2}	4	4	4.50
7.00	-2.50	-4.37	-0.63	0.1753	-3.27	0.0170 Bilateral
Tratamiento Monocitos dia 1		{T1}	{T2}	4	4	7.33
6.53	0.80	-2.43	4.03	0.1012	0.61	0.5664 Bilateral
Tratamiento Monocitos dia 6		{T1}	{T2}	4	4	8.10
8.40	-0.30	-3.42	2.82	0.3899	-0.24	0.8217 Bilateral
Tratamiento Monocitos dia 10		{T1}	{T2}	4	4	7.78
6.48	1.30	-0.84	3.44	0.7159	1.49	0.1872 Bilateral
Tratamiento Granulocitos dia 1		{T1}	{T2}	4	4	55.30
64.00	-8.70	-20.72	3.32	0.5565	-1.77	0.1270 Bilateral
Tratamiento Granulocitos dia 6		{T1}	{T2}	4	4	44.93
40.48	4.45	-7.79	16.69	0.3306	0.89	0.4080 Bilateral
Tratamiento Granulocitos dia 10		{T1}	{T2}	4	4	42.53
36.15	6.38	-1.68	14.43	0.4152	1.94	0.1008 Bilateral
Tratamiento Linfocitos dia 1		{T1}	{T2}	4	4	37.38
29.48	7.90	-4.57	20.37	0.8972	1.55	0.1721 Bilateral
Tratamiento Linfocitos dia 6		{T1}	{T2}	4	4	46.98
51.13	-4.15	-17.73	9.43	0.1930	-0.75	0.4828 Bilateral
Tratamiento Linfocitos dia 10		{T1}	{T2}	4	4	49.70
57.38	-7.68	-16.39	1.04	0.3134	-2.15	0.0746 Bilateral

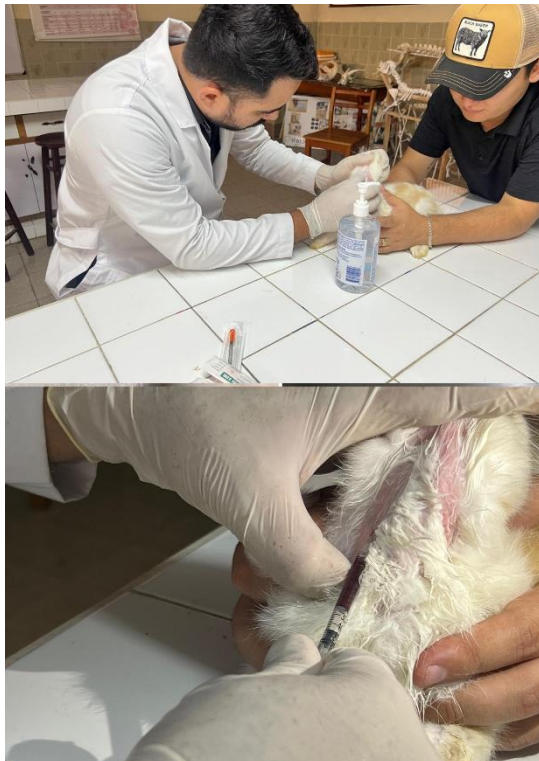
Anexo 6 Galería Fotográfica



Corte abdominal y aplicación del hidrogel



Procedimiento quirúrgico



Toma de muestras



Exudado del Tratamiento 2



Exudado del Tratamiento 2



Exudado del Tratamiento 1



Exudado del tratamiento 1



Exudado del tratamiento 1



Herida del Tratamiento 1



Herida del Tratamiento 1



Herida del Tratamiento 2



Herida del Tratamiento 2

Anexo 7 Resultados Laboratoriales

		Centro de Investigación de Salud Animal - CISA																			
BIOMETRÍA HEMÁTICA COMPLETA																					
DATOS GENERALES																					
Beneficiario: Emiliano Lacayo Especie: Canicola										Tipo de Muestra: Sangre EDTA K3 RESULTADO										Fecha: 20/03/2023	
Paciente	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	RDW-CV	RDW-SD	MPV	PDW	PCT	P-LCC	P-LCR	WBC	LYM	MID	GRA	LYM%	MID%	GRA%	Plaquetas
1	4.31	8.1	22.1	51.3	18.8	36.7	15	40.9	7.2	16.3	0.128	33	19.4	14.58	3.63	1.26	7.67	38.8	8.6	52.6	178
2	5.07	9.4	33.2	65.5	18.3	28.2	14.5	40.2	6.9	15.6	0.189	30	10.9	6.42	3.96	0.39	2.07	61.7	6.1	32.2	274
3	3.92	7.8	21.1	54	19.9	36.8	19	33.8	6.3	15.5	0.233	48	12.8	7.99	3.33	0.88	3.78	41.7	11	47.3	372
4	4.56	8.2	30.6	67.1	18.1	269	14.6	41.5	6	14.7	345	20	5	2.32	1.06	0.16	1.1	45.7	6.7	47.6	409
5	4.66	8.6	30.9	66.2	18.3	27.3	14.3	39.8	6.8	15.5	0.218	35	11	3.94	2.14	0.3	1.31	34.2	7.5	38.3	322
6	5.02	9.2	31	61.8	18.3	29.7	14	37.1	8.3	16.2	0.127	33	21.8	13.17	6.02	1.18	5.94	46	9	41	133
7	5.04	8.5	31.9	63.3	16.9	26.8	13.6	41.7	7.7	18	0.101	36	17.2	4.33	2.5	0.45	1.38	31.2	9.9	34.9	209
8	5.07	8.8	28.1	52.6	17.4	33	14.5	40.8	5.7	15.1	0.131	18	8	7.03	3.46	31	3.07	40.1	7.2	43.7	229

Km. 166 ½ Carretera Panamericana Norte, Estelí - Nicaragua


Coordinación CISA


Departamento de Investigación e Innovación

		Centro de Investigación de Salud Animal - CISA																			
BIOMETRÍA HEMÁTICA COMPLETA																					
DATOS GENERALES																					
Beneficiario: Emiliano Lacayo Especie: Canicola										Tipo de Muestra: Sangre EDTA K3 RESULTADO										Fecha: 24/05/2023	
Paciente	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	RDW-CV	RDW-SD	MPV	PDW	PCT	P-LCC	P-LCR	WBC	LYM	MID	GRA	LYM%	MID%	GRA%	Plaquetas
1	4.39	8.1	28.1	63.9	18.3	28.9	14.2	39.2	7.1	15.3	0.324	35	12.1	6.11	1.98	0.46	3.68	32.3	7.5	60.2	457
2	3.25	6.6	27.9	82.9	18.2	34.4	14.4	40.7	6.4	15.6	0.208	40	12.2	8.35	4.15	0.71	3.69	48.3	8.3	43.2	327
3	4.63	8.4	23.4	50.6	18.1	33.9	14.8	40.8	8	15.3	0.276	33	11.6	6.09	2.05	0.44	3.59	33.8	7.2	39	457
4	4.43	8.1	34	54.1	18.2	33.11	14.7	42.8	6.4	15.7	0.231	33	13.7	6.75	2.35	0.42	3.96	34.9	6.3	38.6	390
5	5	9.7	23.8	51.7	19.3	37.4	14.7	41.3	6.3	14.9	0.152	27	11.2	4.34	1.41	0.37	3.57	32.4	8.5	39.1	341
6	5.43	9.8	26.9	49.4	17.9	36.3	13.8	36.9	6.9	13.8	0.232	40	17.9	8.56	3.64	0.29	3.23	35.3	3.4	41.1	335
7	4.57	8.3	29.4	64.3	18.6	28.9	16.2	43.8	8	15.3	0.383	82	17.2	3.72	0.73	0.32	2.67	19.6	8.6	71.8	480
8	4.84	9	32.1	66.3	18.6	28.1	14.1	39.6	7.3	15.4	0.381	64	12.3	7.87	2.4	0.44	3.04	30.4	3.6	64	519

Km. 166 ½ Carretera Panamericana Norte, Estelí - Nicaragua


Coordinación CISA


Departamento de Investigación e Innovación

	Centro de Investigación de Salud Animal - CISA																				
	BIOMETRÍA HEMÁTICA COMPLETA																				
DATOS GENERALES																					
Beneficiario: Emiliano Lacayo Especie: Cunicola										Tipo de Muestra: Sangre EDTA K3 Fecha: 02/06/2023											
RESULTADO																					
Paciente	RBC	HGB	HCT	MCV	MCH	MCHC	RDW-CV	RDW-SD	MPV	PDW	PCT	P-LCC	P-LCB	WBC	LYM	MID	GRA	LYMP%	MIDP%	GRAN%	Plaquetas
1	4.42	7.8	28.8	65.2	17.5	26.9	14.3	39.7	6.8	11.4	0.228	33	9.9	3.78	2.97	0.52	2.3	31.3	8.9	79.8	333
2	5.23	9.8	27	51.6	18.8	36.4	14.2	39	6	15	0.18	29	9.8	7.43	3.97	0.5	2.96	335	6.3	79.8	299
3	4.49	8.2	30.8	68.5	18.3	26.6	16.3	46.5	65	14.9	0.254	29	7.4	4.18	1.99	0.35	1.83	47.7	8.3	43.8	389
4	4.6	8.4	24.5	53.3	18.3	34.4	15.2	43.2	5.3	15.2	0.263	37	7.8	3.52	1.63	0.24	1.65	46.3	7	46.7	478
5	4.8	9.1	24.8	51.6	18.9	36.6	14.5	40	5.9	15.1	0.182	28	9.3	4.44	2.86	0.27	1.31	64.3	6.1	29.6	306
6	5.28	9.3	32.6	61.7	17.6	28.5	14.3	37.7	7.4	15.7	0.25	47	13.9	4.41	2.69	0.25	1.47	61.1	5.6	33.3	337
7	4.91	8.3	24	48.9	17.4	35.5	15.8	41.2	6.5	15.9	0.272	62	14.9	4.22	2.17	0.36	1.7	31.3	8.3	40.2	418
8	4.5	8.1	28.9	64.2	17.9	27.9	14	38.3	6.2	14.9	0.239	24	6.2	4.67	2.46	0.27	1.94	32.8	5.7	41.5	383

Km. 166 ½ Carretera Panamericana Norte, Esteli - Nicaragua


 Coordinación CISA


 Departamento de Investigación e Innovación

