

TRABAJO DE GRADO

Opción Seminario-Diplomado.

Utilidad diagnóstica del aspirado de médula ósea en caninos con sospecha de hemoparasitosis: revisión narrativa para la toma de decisiones clínicas

Corporación Universitaria Remington.

Facultad de Medicina Veterinaria

Medicina Veterinaria

Marlin Dahiana Berrio Delgado

Jessica Ramirez Serna

Diana Sofia Benavides Vados

Opción de Trabajo de grado Seminario-Diplomado.

2026

Tabla de Contenido

Resumen	4
Palabras clave	4
Pregunta orientadora de la búsqueda	5
Metodología de búsqueda de la información	7
Sustentación de la pregunta	12
4.1. Alteraciones clínicas y hematológicas que orientan la evaluación de la médula ósea	12
4.2. Aspirado de médula ósea como procedimiento para la obtención de muestras diagnósticas	14
4.3. Análisis diagnósticos aplicables a las muestras de médula ósea.....	16
4.4. Utilidad diagnóstica de la médula ósea en las principales hemoparasitosis caninas	20
Referencias	27

Lista de figuras

Figura 1. Algoritmo para la indicación del aspirado de médula ósea y la selección de métodos diagnósticos en perros con sospecha de hemoparasitosis	20
--	----

Lista de tablas

Tabla 1. Principales publicaciones seleccionadas para la revisión según pertinencia temática	9
Tabla 2. Utilidad de la muestra de médula ósea según la hemoparasitosis sospechada	24

Resumen

Las hemoparasitosis caninas pueden producir alteraciones clínicas y hematológicas de diferente gravedad, algunas de ellas relacionadas con compromiso de la hematopoyesis. En estos pacientes, el aspirado de médula ósea constituye un procedimiento complementario para obtener una muestra que puede ser sometida a diferentes análisis diagnósticos, por lo que su indicación debe relacionarse con los hallazgos del paciente y con la información que se pretende obtener. El propósito de esta revisión narrativa fue analizar los criterios clínicos y hematológicos que pueden justificar la realización del aspirado de médula ósea en perros con sospecha de hemoparasitosis, así como los análisis aplicables a la muestra obtenida y su utilidad diagnóstica según el agente sospechado. Se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos científicas y fuentes especializadas, considerando publicaciones en inglés y español entre 2016 y 2026 relacionadas con hemoparasitosis caninas, evaluación de médula ósea, indicaciones del aspirado y métodos diagnósticos aplicables a muestras medulares. La evidencia revisada mostró que la decisión de obtener una muestra de médula debe sustentarse principalmente en la integración de los hallazgos clínicos, hematológicos y laboratoriales, especialmente ante citopenias persistentes o de origen no esclarecido. La citología permite valorar la hematopoyesis y puede contribuir a la identificación morfológica de determinados agentes, mientras que las técnicas moleculares y complementarias pueden aportar información adicional cuando la sospecha clínica lo justifica. La mayor evidencia sobre el empleo diagnóstico de la médula ósea corresponde a la leishmaniosis canina, mientras que en ehrlichiosis, babesiosis y hepatozoonosis su utilidad es principalmente complementaria y depende del contexto clínico. En consecuencia, el aspirado medular debe considerarse una herramienta diagnóstica dirigida, cuya utilidad depende de la selección adecuada del paciente, la calidad de la muestra y el análisis elegido.

Palabras clave: Hematopoyesis; citología; leishmaniosis; ehrlichiosis; babesiosis.

Pregunta orientadora de la búsqueda

Las hemoparasitosis caninas constituyen un grupo de enfermedades infecciosas de importancia en medicina veterinaria debido a la diversidad de agentes etiológicos involucrados y a la variabilidad de sus manifestaciones clínicas y hematológicas. *Ehrlichia canis*, *Leishmania infantum*, *Babesia* spp. y *Hepatozoon canis* pueden producir alteraciones de diferente magnitud que, en algunos pacientes, comprometen la hematopoyesis y pueden persistir pese al abordaje diagnóstico inicial. La similitud de estas manifestaciones con las observadas en otros procesos infecciosos, inflamatorios, inmunomediados o neoplásicos dificulta establecer su origen únicamente mediante la evaluación clínica y las pruebas convencionales, por lo que el diagnóstico requiere integrar la información obtenida de diferentes herramientas diagnósticas (Aziz et al., 2023; Alcón-Chino & De-Simone, 2025; Morales-Yuste et al., 2022; Panti-May & Rodríguez-Vivas, 2020; Hasani et al., 2024; Dubey et al., 2025).

Dentro de este abordaje, el hemograma constituye una herramienta inicial fundamental para identificar alteraciones que pueden orientar hacia un posible compromiso del tejido hematopoyético. Hallazgos como anemia no regenerativa, trombocitopenia persistente, pancitopenia, neutropenia u otras citopenias sin explicación suficiente pueden justificar la ampliación del estudio mediante la evaluación de la médula ósea. Sin embargo, estos hallazgos no constituyen por sí mismos una indicación absoluta para realizar un aspirado medular. La decisión debe considerar la historia clínica, los signos encontrados durante el examen físico, la evolución del paciente y los resultados de las pruebas diagnósticas previamente realizadas, con el propósito de determinar si la información que puede obtenerse de la médula modificará o complementará el abordaje diagnóstico (Stacy & Harvey, 2017; Bauer & Harr, 2022; Wardrop, 2022; Turinelli et al., 2023; Roldán-Carvajal et al., 2023).

En este sentido, el aspirado de médula ósea debe entenderse como un procedimiento destinado a obtener una muestra biológica que posteriormente puede ser sometida a

diferentes análisis diagnósticos. Su utilidad, por tanto, no depende exclusivamente de la obtención de la muestra, sino de la calidad y representatividad del material obtenido y de la selección del análisis más adecuado de acuerdo con la sospecha clínica y la información que se pretende obtener. La evaluación citológica y otros métodos diagnósticos aplicables a la muestra pueden aportar información sobre la celularidad y morfología del tejido hematopoyético, así como contribuir a la identificación o caracterización de agentes infecciosos cuando las condiciones del caso lo permiten (Tan & Bienzle, 2024; Woods et al., 2021; Bauer & Harr, 2022).

Aunque existen estudios que describen el empleo de la médula ósea en diferentes enfermedades infecciosas y hematológicas, la información relacionada con cuándo está justificado obtener la muestra y qué análisis pueden realizarse posteriormente para aprovechar su utilidad diagnóstica se encuentra distribuida entre estudios clínicos, revisiones y textos especializados. Esta dispersión de la evidencia hace necesario integrar los hallazgos disponibles para establecer una relación entre los criterios clínicos y hematológicos que orientan la realización del aspirado, las características de la muestra obtenida y las herramientas diagnósticas que pueden aplicarse sobre ella. De esta manera, la revisión puede aportar elementos para la toma de decisiones clínicas en perros con sospecha de hemoparasitosis, sin asumir previamente que el paciente presenta un hemoparásito determinado (Costa et al., 2025; Marcelino et al., 2020; Vital et al., 2022; Rodríguez-Alarcón et al., 2020; Roldán-Carvajal et al., 2023).

Lo que nos conduce al planteamiento de la siguiente pregunta orientadora:

¿Cuáles son los criterios clínicos y hematológicos que justifican la realización del aspirado de médula ósea en perros con sospecha de hemoparasitosis, y qué análisis diagnósticos pueden realizarse sobre la muestra obtenida para contribuir al diagnóstico y la caracterización de las alteraciones asociadas?

Metodología de búsqueda de la información

El presente trabajo corresponde a una revisión narrativa de la literatura científica, desarrollada con el propósito de analizar la evidencia disponible sobre los criterios clínicos y hematológicos que sustentan la realización del aspirado de médula ósea en perros con sospecha de hemoparasitosis, así como los análisis diagnósticos que pueden realizarse sobre la muestra obtenida y la información que estos aportan al abordaje clínico. Este diseño permitió integrar evidencia procedente de diferentes tipos de publicaciones y realizar una interpretación comparativa de los hallazgos de acuerdo con la pregunta orientadora.

La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos y plataformas de consulta científica, entre ellas PubMed/MEDLINE, Scopus, ScienceDirect, Wiley Online Library, SpringerLink, MDPI, Taylor & Francis Online, IntechOpen y Google Scholar. También se consultaron libros y capítulos especializados relacionados con hematología veterinaria, enfermedades infecciosas y evaluación de médula ósea. La estrategia de búsqueda se desarrolló mediante descriptores en español e inglés y operadores booleanos, combinando términos relacionados con el aspirado y la evaluación de médula ósea, las alteraciones hematológicas y las principales hemoparasitosis caninas.

Entre los principales términos empleados se incluyeron *bone marrow aspiration*, *bone marrow evaluation*, *bone marrow cytology*, *bone marrow biopsy*, *hemoparasites*, *canine hemoparasitosis*, *Ehrlichia canis*, *canine ehrlichiosis*, *Leishmania infantum*, *canine leishmaniasis*, *Babesia canis*, *canine babesiosis*, *Hepatozoon canis*, *PCR*, *qPCR*, *immunohistochemistry*, *cytology*, *non-regenerative anemia*, *pancytopenia*, *thrombocytopenia*, *cytopenias*, *diagnostic methods* y *veterinary hematology*. Estos términos se combinaron mediante estrategias como ("bone marrow aspiration" AND dogs AND hemoparasites), ("bone marrow evaluation" AND cytopenias AND dogs), ("Leishmania infantum" AND bone marrow) y ("Ehrlichia canis" AND bone marrow), entre otras, adaptadas a las características de cada base de datos.

Se establecieron como criterios de inclusión las publicaciones disponibles en texto completo, escritas en inglés o español y publicadas entre 2016 y 2026, que abordaran de manera directa alguno de los componentes de la pregunta orientadora: alteraciones clínicas y hematológicas relacionadas con las hemoparasitosis caninas, indicaciones para la evaluación de la médula ósea, aspirado medular como procedimiento para la obtención de muestras, análisis diagnósticos aplicables a dichas muestras o utilidad diagnóstica de estos análisis en perros. Se consideraron revisiones narrativas y sistemáticas, estudios retrospectivos, investigaciones originales, estudios metodológicos, consensos, capítulos de libros especializados y guías clínicas pertinentes al tema.

Como criterios de exclusión se descartaron publicaciones anteriores a 2016, artículos duplicados, resúmenes de congresos sin texto completo, documentos que no permitieran establecer con claridad su metodología o respaldo científico y estudios realizados exclusivamente en otras especies cuando sus resultados no fueran pertinentes para el objetivo de la revisión. También se excluyeron investigaciones centradas exclusivamente en enfermedades neoplásicas u otros procesos sin relación con las alteraciones hematológicas o infecciosas contempladas en la pregunta orientadora.

Posteriormente, las publicaciones recuperadas fueron sometidas a un proceso de revisión de título, resumen y contenido completo, aplicando de manera progresiva los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Los estudios que respondieron de manera directa a la pregunta orientadora fueron considerados como evidencia principal de la revisión, mientras que otras fuentes pertinentes se utilizaron como apoyo para contextualizar aspectos clínicos, hematológicos, procedimentales y diagnósticos. La evidencia seleccionada fue organizada de acuerdo con el tema principal abordado por cada publicación, identificando su aporte específico al estudio de los criterios para realizar el aspirado, la obtención y evaluación de la muestra y los métodos diagnósticos aplicables.

Después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos, se seleccionaron 15 publicaciones como fuentes principales para el análisis de los componentes de la pregunta orientadora. Estas publicaciones fueron organizadas según

autoría, año de publicación, título y temática o aporte principal a la revisión, con el propósito de hacer explícita su relación con los aspectos clínicos, hematológicos, procedimentales y diagnósticos abordados. En la Tabla 1 se presentan las publicaciones seleccionadas y su aporte específico a la revisión.

Tabla 1. Principales publicaciones seleccionadas para la revisión según pertinencia temática

Autor(es)	Año	Título	Temática o aporte a la revisión
Paltrinieri et al.	2016	<i>Laboratory tests for diagnosing and monitoring canine leishmaniasis</i>	Diagnóstico de la leishmaniosis canina y utilidad de diferentes pruebas, incluyendo la evaluación de muestras asociadas al tejido hematopoyético.
Menezes et al.	2016	<i>Cell-block immunohistochemistry of bone marrow aspirates: A novel tool to improve the diagnosis of Leishmania infection in dogs</i>	Aplicación de inmunohistoquímica sobre aspirados de médula ósea para mejorar la identificación de <i>Leishmania</i> en perros.
Stacy y Harvey	2017	<i>Bone marrow aspirate evaluation</i>	Indicaciones, obtención y evaluación citológica del aspirado de médula ósea en pequeños animales.
Mylonakis y Hatzis	2017	<i>Practical bone marrow cytology in the dog and cat</i>	Fundamentos de la citología medular, valoración de la celularidad y cambios morfológicos de la médula ósea.
Bauer y Harr	2022	<i>Bone marrow evaluation</i>	Evaluación de médula ósea, indicaciones clínicas, interpretación y utilidad diagnóstica de la muestra.
Aziz et al.	2023	<i>Ehrlichiosis in dogs: A comprehensive review about the pathogen and its vectors with emphasis on South and East Asian countries</i>	Manifestaciones clínicas y hematológicas de la ehrlichiosis y métodos diagnósticos aplicables a <i>Ehrlichia canis</i> .
Roldán-Carvajal et al.	2023	<i>Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en caninos y felinos: Revisión de la literatura</i>	Criterios e indicaciones para solicitar la evaluación morfológica de médula ósea en perros y gatos.

Turinelli et al.	2023	<i>Retrospective study of 613 canine cytologically normal bone marrows associated to altered hemograms: Description, possible interpretation, and review of the principal physiological hematopoietic mechanisms</i>	Relación entre alteraciones del hemograma y hallazgos de médula ósea, incluyendo casos en los que la médula puede no presentar cambios morfológicos evidentes.
Tan y Bienze	2024	<i>Bone marrow aspiration and biopsy</i>	Procedimiento de aspirado y biopsia de médula ósea, obtención de muestras y consideraciones para su evaluación.
Hasani et al.	2024	<i>A review of hepatozoonosis caused by Hepatozoon canis in dogs</i>	Manifestaciones clínicas, hematológicas y métodos diagnósticos de la hepatozoonosis canina.
Diamantino et al.	2024	<i>Effects of fixation and demineralization on histomorphology and DNA amplification of canine bone marrow</i>	Importancia de las condiciones preanalíticas y su efecto sobre la evaluación morfológica y la amplificación de ADN de muestras de médula ósea.
Marcelino et al.	2020	<i>Comparative PCR-based diagnosis for the detection of Leishmania infantum in naturally infected dogs</i>	Evaluación comparativa de métodos basados en PCR para la detección de <i>Leishmania infantum</i> en perros infectados naturalmente.
Rodríguez-Alarcón et al.	2020	<i>Demonstrating the presence of Ehrlichia canis DNA from different tissues of dogs with suspected subclinical ehrlichiosis</i>	Detección de ADN de <i>Ehrlichia canis</i> en diferentes tejidos y consideración de la elección de la muestra para el diagnóstico molecular.
Vital et al.	2022	<i>Detecting Leishmania in dogs: A hierarchical-modeling approach to investigate the performance of parasitological and qPCR-based diagnostic procedures</i>	Comparación del desempeño de procedimientos parasitológicos y qPCR para la detección de <i>Leishmania</i> en perros.
Costa et al.	2025	<i>When precision matters: Bone marrow cytology meets qPCR in a pilot study quantifying Leishmania infantum load in dogs</i>	Integración de citología medular y qPCR para la detección y cuantificación de <i>Leishmania infantum</i> en médula ósea.

Nota. Elaboración propia a partir de las publicaciones seleccionadas mediante los criterios de inclusión y exclusión establecidos para la revisión.

La información seleccionada fue sometida a un análisis narrativo y comparativo. Los hallazgos se organizaron en tres ejes principales: primero, los criterios clínicos y hematológicos que orientan la evaluación de la médula ósea; segundo, los análisis diagnósticos que pueden realizarse sobre la muestra obtenida mediante aspirado; y tercero, la utilidad y las limitaciones de estos análisis en las principales hemoparasitosis caninas. Este procedimiento permitió identificar puntos de convergencia y divergencia entre las publicaciones y construir una interpretación orientada a la toma de decisiones clínicas.

Sustentación de la pregunta

La evidencia científica disponible permite abordar la pregunta orientadora a partir de la relación entre las características clínicas y hematológicas del paciente, la decisión de obtener una muestra de médula ósea y los análisis diagnósticos que pueden realizarse sobre ella. En este sentido, la sustentación se organiza de manera progresiva, partiendo de las alteraciones que pueden justificar la evaluación del tejido hematopoyético, para posteriormente abordar el aspirado como procedimiento de obtención de la muestra, los principales análisis aplicables y su utilidad en el contexto de las hemoparasitosis caninas.

Bajo este enfoque, la interpretación de la evidencia no se limita a describir los procedimientos o métodos disponibles, sino que considera su pertinencia de acuerdo con la pregunta clínica planteada y las características de cada paciente. Así, los hallazgos de los estudios revisados se integran y contrastan a lo largo de los diferentes apartados, con el propósito de establecer criterios que permitan comprender cuándo la obtención de una muestra de médula ósea puede aportar información adicional y qué utilidad diagnóstica puede tener su análisis en cada situación.

4.1. Alteraciones clínicas y hematológicas que orientan la evaluación de la médula ósea

La evaluación de la médula ósea adquiere relevancia cuando las alteraciones clínicas y hematológicas del paciente sugieren un compromiso de la producción, maduración o distribución de las células sanguíneas que no puede explicarse suficientemente mediante la evaluación de sangre periférica y otras pruebas iniciales. En perros con sospecha de hemoparasitosis, la decisión de obtener una muestra medular debe partir de la integración de la historia clínica, el examen físico, la evolución del paciente y los hallazgos hematológicos, considerando que las alteraciones observadas pueden ser consecuencia directa o indirecta de procesos infecciosos, inflamatorios, inmunomediados o neoplásicos (Stacy & Harvey, 2017; Bauer & Harr, 2022; Wardrop, 2022).

Entre los hallazgos que pueden orientar hacia una evaluación medular se encuentran las citopenias persistentes o de causa no determinada, particularmente cuando comprometen más de una línea celular. La anemia no regenerativa, la trombocitopenia persistente, la neutropenia y la pancitopenia pueden justificar la investigación de la médula ósea cuando su origen no ha sido establecido mediante las pruebas convencionales. Sin embargo, estas alteraciones no constituyen por sí mismas una indicación absoluta, ya que pueden presentarse en diferentes enfermedades sistémicas. Por ello, la interpretación del hemograma debe realizarse junto con la información clínica y con la respuesta del paciente a las intervenciones diagnósticas o terapéuticas previamente instauradas (Stacy & Harvey, 2017; Bauer & Harr, 2022; Turinelli et al., 2023).

En las hemoparasitosis caninas, las alteraciones hematológicas pueden variar según el agente, la fase de la infección y la respuesta individual del hospedador. *Ehrlichia canis* puede asociarse con trombocitopenia, anemia y, en casos determinados, alteraciones de diferentes líneas celulares; *Leishmania infantum* puede producir anemia, trombocitopenia y otras alteraciones relacionadas con enfermedad sistémica; mientras que la babesiosis se caracteriza principalmente por alteraciones relacionadas con la destrucción eritrocitaria. En la hepatozoonosis, las alteraciones hematológicas también pueden variar de acuerdo con la intensidad de la infección y la respuesta inflamatoria. Esta variabilidad impide establecer un único patrón hematológico como criterio para indicar la evaluación medular y refuerza la necesidad de individualizar la decisión según el conjunto de hallazgos del paciente (Aziz et al., 2023; Morales-Yuste et al., 2022; Panti-May & Rodríguez-Vivas, 2020; Hasani et al., 2024; Dubey et al., 2025).

La persistencia de las alteraciones constituye, por tanto, un elemento relevante para la toma de decisiones. Una citopenia aislada y transitoria puede requerir seguimiento y estudios menos invasivos, mientras que una alteración persistente, progresiva o acompañada de otras citopenias puede justificar la obtención de una muestra de médula ósea para determinar si existe una alteración en la celularidad, maduración o producción hematopoyética. Los estudios retrospectivos sobre evaluación medular respaldan la importancia de las alteraciones hematológicas como motivo para ampliar el estudio,

aunque también demuestran que no todas las alteraciones del hemograma se acompañan de cambios morfológicos evidentes en la médula, por lo que un resultado medular aparentemente normal no excluye necesariamente la existencia de enfermedad sistémica (Turinelli et al., 2023; Roldán-Carvajal et al., 2023, 2025).

En este contexto, la sospecha de hemoparasitosis debe considerarse dentro de un diagnóstico diferencial más amplio. La presencia de una citopenia en un perro con antecedentes epidemiológicos compatibles, signos clínicos sugestivos o pruebas previas que orienten hacia una enfermedad transmitida por vectores puede aumentar la pertinencia de investigar el tejido hematopoyético. No obstante, el aspirado de médula ósea no debe utilizarse como sustituto automático de las pruebas diagnósticas dirigidas a los agentes infecciosos. Su utilidad dependerá de la pregunta clínica que se pretenda responder y de la posibilidad de obtener información adicional mediante el análisis de la muestra, especialmente cuando los resultados obtenidos a partir de sangre periférica no permiten explicar satisfactoriamente las alteraciones observadas.

De esta manera, la indicación del aspirado de médula ósea puede entenderse como el resultado de una secuencia de razonamiento clínico: primero se identifican las alteraciones clínicas y hematológicas relevantes; posteriormente se determina si estas pueden explicarse mediante las pruebas disponibles y, cuando persiste la sospecha de compromiso hematopoyético o se requiere información adicional, se considera la obtención de una muestra medular. Este enfoque permite evitar la realización indiscriminada de un procedimiento invasivo y establece desde el inicio que la utilidad de la muestra dependerá de los análisis que posteriormente puedan efectuarse sobre ella.

4.2. Aspirado de médula ósea como procedimiento para la obtención de muestras diagnósticas

El aspirado de médula ósea es un procedimiento invasivo mediante el cual se obtiene material procedente del tejido hematopoyético para su posterior evaluación mediante diferentes métodos diagnósticos. En medicina veterinaria, esta muestra puede aportar información sobre la celularidad, la morfología y la maduración de las líneas

hematopoyéticas, además de proporcionar material susceptible de ser sometido a pruebas complementarias cuando la sospecha clínica lo justifica. Por esta razón, el aspirado debe entenderse como un procedimiento de obtención de una muestra y no como un examen diagnóstico independiente (Stacy & Harvey, 2017; Bauer & Harr, 2022; Tan & Bienzle, 2024).

La indicación del procedimiento debe establecerse antes de su realización, considerando los hallazgos clínicos y hematológicos identificados durante la evaluación del paciente. Una vez tomada la decisión de obtener la muestra, la selección del sitio de aspiración y la adecuada ejecución del procedimiento adquieren importancia para garantizar que el material obtenido sea representativo del tejido hematopoyético. La elección del sitio puede variar de acuerdo con la especie, el tamaño del paciente, la accesibilidad anatómica y las condiciones clínicas, por lo que debe realizarse de acuerdo con criterios establecidos para cada paciente (Hesham et al., 2021; Tan & Bienzle, 2024).

La calidad de la muestra constituye un factor determinante para su posterior interpretación. La hemodilución excesiva, la baja celularidad o la obtención de material poco representativo pueden limitar la valoración de la hematopoyesis y reducir la utilidad de los análisis posteriores. Asimismo, las condiciones de procesamiento y conservación pueden influir sobre las características morfológicas y sobre la posibilidad de realizar determinadas pruebas complementarias. En este sentido, los efectos de la fijación y la desmineralización sobre la morfología y la amplificación del ADN evidencian la importancia de considerar las condiciones preanalíticas de acuerdo con el análisis que se pretenda realizar (Diamantino et al., 2024).

La obtención de una muestra adecuada también requiere considerar la posibilidad de complicaciones asociadas con el procedimiento. Aunque estas son generalmente poco frecuentes, la naturaleza invasiva del aspirado justifica que su realización se reserve para pacientes en los que exista una expectativa razonable de obtener información diagnóstica adicional. La relación entre el beneficio esperado y los riesgos del procedimiento debe

formar parte de la decisión clínica, especialmente cuando existen alternativas diagnósticas menos invasivas capaces de responder la pregunta planteada (Woods et al., 2021).

Por tanto, el valor del aspirado de médula ósea no termina con la obtención del material. La muestra adquiere utilidad diagnóstica cuando presenta características suficientes para ser evaluada y cuando se selecciona el método de análisis de acuerdo con la información que se busca obtener. La citología permite valorar directamente la composición y morfología celular de la médula, mientras que otras técnicas pueden emplearse cuando se requiere investigar agentes infecciosos o complementar los hallazgos morfológicos. De esta manera, la calidad de la muestra y la selección posterior del método de análisis constituyen etapas relacionadas dentro de un mismo proceso diagnóstico (Mylonakis & Hatzis, 2017; Bauer & Harr, 2022; Tan & Bienzle, 2024).

En consecuencia, el aspirado medular debe considerarse una etapa intermedia dentro del abordaje diagnóstico: primero se identifica la necesidad de evaluar el tejido hematopoyético, posteriormente se obtiene una muestra representativa y, finalmente, se determina qué análisis resulta más pertinente de acuerdo con la sospecha clínica. Esta secuencia permite evitar que el procedimiento se convierta en un fin en sí mismo y orienta su utilización hacia la obtención de información que pueda complementar el diagnóstico del paciente.

4.3. Análisis diagnósticos aplicables a las muestras de médula ósea

Una vez obtenida la muestra de médula ósea, su utilidad diagnóstica depende del análisis seleccionado de acuerdo con la información que se pretende obtener. La evaluación de la médula puede proporcionar información sobre la composición celular, la maduración de las diferentes líneas hematopoyéticas y la presencia de alteraciones morfológicas que permitan explicar determinados cambios observados en el hemograma. Por esta razón, la elección del método de análisis debe relacionarse con la sospecha clínica y con las características de la muestra, en lugar de asumir que un único examen puede responder todas las preguntas diagnósticas planteadas en un paciente (Stacy & Harvey, 2017; Bauer & Harr, 2022; Tan & Bienzle, 2024).

La evaluación citológica o mielograma constituye uno de los principales análisis que pueden realizarse a partir del aspirado. Su valoración permite examinar la celularidad medular, la proporción y morfología de las diferentes líneas celulares y los procesos de maduración hematopoyética. Estos hallazgos pueden contribuir a diferenciar alteraciones relacionadas con disminución de la producción celular, respuestas regenerativas, cambios en la maduración o procesos que comprometen directamente el tejido hematopoyético. En pacientes con citopenias persistentes o de origen no esclarecido, esta información puede complementar los hallazgos del hemograma y contribuir a determinar si existe un compromiso medular que justifique continuar la investigación (Stacy & Harvey, 2017; Bauer & Harr, 2022; Turinelli et al., 2023).

La citología también puede permitir la identificación morfológica de estructuras compatibles con determinados agentes infecciosos cuando estos se encuentran presentes en el material evaluado. Este aspecto adquiere especial relevancia en la leishmaniosis canina, en la que los amastigotes de *Leishmania infantum* pueden encontrarse en células y tejidos del sistema fagocítico mononuclear. La identificación de estos organismos en preparaciones obtenidas de médula ósea puede constituir evidencia parasitológica de infección y complementar los resultados obtenidos mediante otras pruebas diagnósticas (Menezes et al., 2016; Oikonomidis et al., 2019; Paltrinieri et al., 2016).

Sin embargo, la ausencia de estructuras parasitarias en la evaluación citológica no debe interpretarse de manera aislada como exclusión de una infección. La posibilidad de observar directamente un agente depende de su distribución, carga parasitaria, características de la muestra y calidad de la preparación. Por ello, cuando la identificación morfológica no permite resolver la sospecha clínica, pueden considerarse métodos complementarios dirigidos a detectar material genético del agente. En este contexto, las técnicas basadas en reacción en cadena de la polimerasa (PCR), incluida la PCR cuantitativa (qPCR), pueden aplicarse a muestras de médula ósea cuando se dispone de material adecuado y existe una pregunta diagnóstica compatible con su utilización (Marcelino et al., 2020; Vital et al., 2022; Costa et al., 2025).

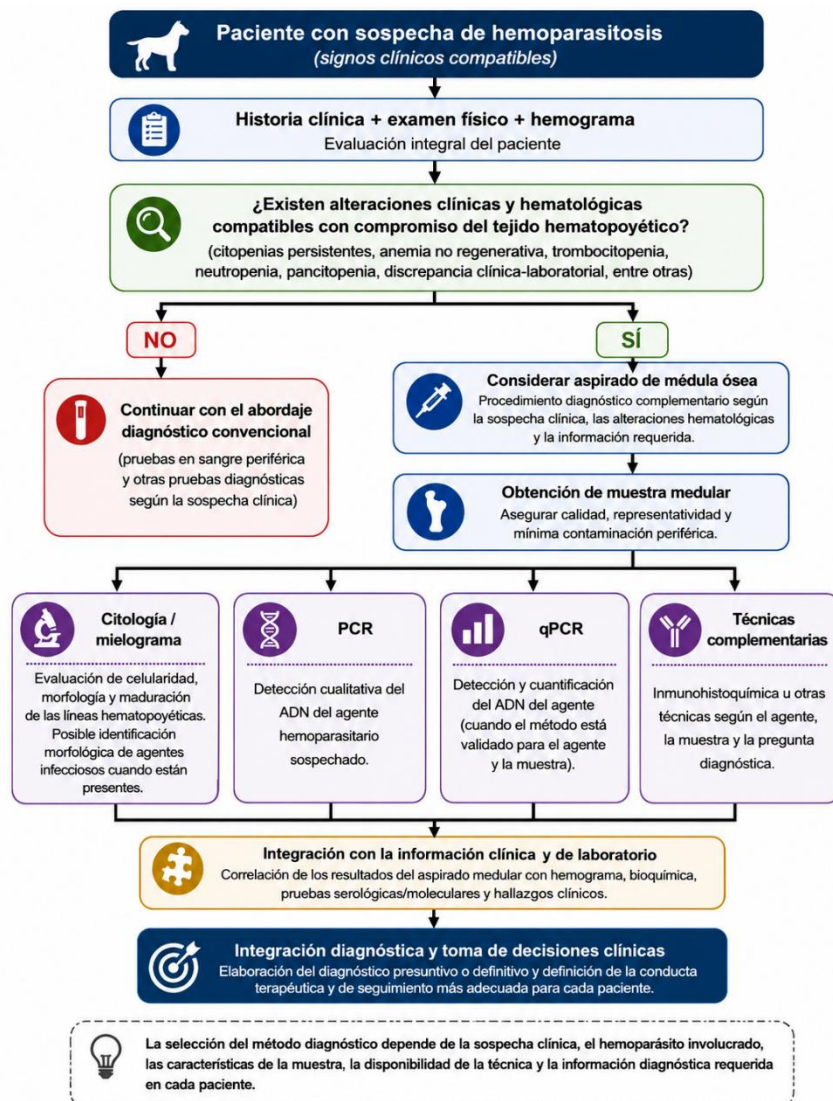
En el caso de *Leishmania infantum*, la utilización de métodos moleculares sobre muestras de médula ósea ha sido estudiada como una alternativa o complemento a las técnicas parasitológicas. La PCR permite investigar la presencia de ADN del agente y puede resultar especialmente útil cuando la observación directa de amastigotes no es suficiente para establecer el diagnóstico. Los estudios disponibles también muestran que el rendimiento de las pruebas moleculares puede variar según el tipo de muestra y el procedimiento empleado, por lo que el resultado debe interpretarse dentro del contexto clínico y en conjunto con otras evidencias diagnósticas (Marcelino et al., 2020; Vital et al., 2022).

La muestra de médula también puede utilizarse para técnicas histológicas o inmunohistoquímicas cuando el material y el procesamiento lo permiten. En particular, la inmunohistoquímica aplicada a aspirados incorporados en bloques celulares ha sido descrita como una herramienta complementaria para mejorar la identificación de *Leishmania* en perros, especialmente cuando la evaluación morfológica convencional no proporciona evidencia suficiente. Esto demuestra que el valor de la muestra no se limita al mielograma, sino que puede ampliarse mediante técnicas que respondan preguntas diagnósticas específicas (Menezes et al., 2016).

La elección entre citología, métodos moleculares y técnicas complementarias debe realizarse considerando la pregunta clínica, el agente que se pretende investigar y las características del material disponible. En este sentido, no todos los métodos presentan la misma utilidad para todas las hemoparasitosis. La evidencia disponible es particularmente amplia para *Leishmania infantum*, mientras que para otros agentes transmitidos por vectores la utilidad de la médula puede depender del momento de la infección, la distribución del agente y la posibilidad de demostrarlo mediante el método seleccionado. Por ello, no sería adecuado extrapolar directamente la utilidad demostrada para una hemoparasitosis a todas las demás (Paltrinieri et al., 2016; Aziz et al., 2023; Panti-May & Rodríguez-Vivas, 2020; Hasani et al., 2024).

En conjunto, los análisis aplicables a la muestra de médula ósea pueden dividirse de acuerdo con la información que se busca obtener: la citología permite valorar directamente la hematopoyesis y las alteraciones morfológicas; las técnicas moleculares permiten investigar la presencia de material genético de agentes específicos; y las técnicas complementarias pueden reforzar la identificación de determinados agentes cuando la evaluación convencional resulta insuficiente. Esta selección debe realizarse de manera dirigida y no como un procedimiento rutinario, de modo que el análisis elegido responda a la sospecha clínica planteada y aporte información adicional respecto de las pruebas realizadas previamente. La relación entre la evaluación inicial del paciente, la obtención de la muestra medular y la selección de los métodos diagnósticos se resume en la Figura 1.

Figura 1. Algoritmo para la indicación del aspirado de médula ósea y la selección de métodos diagnósticos en perros con sospecha de hemoparasitosis.



Nota. Elaboración propia a partir de Bauer y Harr (2022), Stacy y Harvey (2017), Tan y Bienzle (2024), Mylonakis y Hatzis (2017), Menezes et al. (2016), Marcelino et al. (2020), Vital et al. (2022) y Costa et al. (2025).

4.4. Utilidad de los análisis de médula ósea en las principales hemoparasitosis caninas

La utilidad diagnóstica de la muestra de médula ósea no es uniforme entre las diferentes hemoparasitosis caninas y depende tanto de la biología del agente como del

método utilizado para analizar la muestra. Por esta razón, la obtención de médula no debe interpretarse como una estrategia diagnóstica específica para todos los hemoparásitos, sino como una herramienta complementaria cuya pertinencia depende de los hallazgos clínicos y hematológicos y de la información que se busca obtener. La evidencia disponible es particularmente sólida para la leishmaniosis, mientras que para ehrlichiosis, babesiosis y hepatozoonosis el valor de la evaluación medular presenta mayores particularidades y debe interpretarse dentro del contexto clínico (Paltrinieri et al., 2016; Aziz et al., 2023; Panti-May & Rodríguez-Vivas, 2020; Hasani et al., 2024).

En la leishmaniosis canina causada por *Leishmania infantum*, la médula ósea constituye una muestra de especial interés debido a la capacidad del parásito para localizarse en células del sistema fagocítico mononuclear. La observación citológica de amastigotes puede proporcionar evidencia directa de infección y, cuando estos son identificables, representa un hallazgo de valor diagnóstico. La utilización de aspirados de médula para evaluación citológica ha sido descrita en perros con leishmaniosis, y también se han desarrollado estrategias complementarias que permiten investigar el material genético del parásito en este tipo de muestra (Menezes et al., 2016; Oikonomidis et al., 2019; Marcelino et al., 2020).

La utilidad de la médula en la leishmaniosis también se ha estudiado mediante métodos moleculares. La PCR y la qPCR pueden detectar ADN de *L. infantum* en muestras medulares y complementar la evaluación parasitológica, especialmente cuando la observación directa de amastigotes no permite establecer el diagnóstico. Sin embargo, el rendimiento de estas técnicas puede variar según el método empleado, el tipo de muestra y la carga parasitaria, por lo que un resultado debe interpretarse junto con los hallazgos clínicos y las demás pruebas disponibles. Estudios recientes han explorado incluso la relación entre la citología medular y la cuantificación molecular del parásito, lo que evidencia que diferentes métodos aplicados sobre una misma muestra pueden proporcionar información complementaria (Marcelino et al., 2020; Vital et al., 2022; Costa et al., 2025).

En la ehrlichiosis canina, particularmente la causada por *Ehrlichia canis*, las alteraciones hematológicas constituyen una parte importante del cuadro clínico y pueden incluir trombocitopenia, anemia y alteraciones de otras líneas celulares. Sin embargo, la detección del agente no depende exclusivamente de la evaluación de médula ósea. Los estudios diagnósticos disponibles han empleado diferentes muestras y métodos, incluidos métodos moleculares, serológicos y evaluaciones citológicas, por lo que la decisión de obtener médula debe estar sustentada por la necesidad de investigar un posible compromiso hematopoyético o de obtener información adicional que no haya podido establecerse mediante las pruebas menos invasivas (Aziz et al., 2023; Rodríguez-Alarcón et al., 2020; Alcón-Chino & De-Simone, 2025).

En este contexto, la presencia de alteraciones hematológicas persistentes en un perro con sospecha de ehrlichiosis puede justificar la evaluación medular cuando se requiere determinar si existe compromiso de la hematopoyesis. Sin embargo, la médula no debe considerarse automáticamente la muestra de elección para confirmar la infección. La detección de *E. canis* mediante métodos moleculares puede realizarse a partir de diferentes tejidos y muestras, y su interpretación debe considerar el momento de la infección y la distribución del agente. Por tanto, en estos pacientes, el mayor valor de la evaluación medular puede encontrarse en la caracterización del estado hematopoyético y en el aporte de información complementaria, más que en utilizar el aspirado como única estrategia para confirmar la infección (Rodríguez-Alarcón et al., 2020; Aziz et al., 2023).

Para la babesiosis y la hepatozoonosis, la utilidad de la evaluación de médula ósea presenta características diferentes. En la babesiosis canina, las principales alteraciones se relacionan con la destrucción de eritrocitos y la respuesta regenerativa, por lo que el diagnóstico puede apoyarse en la identificación del agente en sangre y en métodos moleculares dirigidos a *Babesia* spp. La revisión de la literatura disponible sobre babesiosis en América Latina y el Caribe evidencia que las estrategias diagnósticas se han centrado principalmente en muestras sanguíneas y pruebas moleculares, por lo que la médula ósea no constituye de manera general una muestra de primera elección para confirmar la infección (Panti-May & Rodríguez-Vivas, 2020; Penzhorn, 2020).

De manera semejante, en la hepatozoonosis causada por *Hepatozoon canis*, el diagnóstico puede apoyarse en la identificación de gamontes en leucocitos de sangre periférica, técnicas moleculares y la integración de los hallazgos clínicos y hematológicos. Aunque el agente presenta una fase tisular que involucra células y órganos hematopoyéticos, la evidencia disponible no permite establecer el aspirado de médula ósea como procedimiento rutinario para confirmar la infección. Por ello, cuando se considera la evaluación medular en estos pacientes, su utilidad debe valorarse principalmente en función de la existencia de alteraciones hematológicas que requieran investigar el estado de la hematopoyesis y no únicamente por la sospecha de hepatozoonosis (Hasani et al., 2024; Dubey et al., 2025; Vincent-Johnson et al., 2021).

La comparación entre estas hemoparasitosis permite observar que la utilidad de la muestra de médula depende de la relación entre el comportamiento del agente, el tejido en el que puede encontrarse, las alteraciones producidas en el paciente y el método empleado para investigarlo. En la leishmaniosis, la médula puede proporcionar material adecuado tanto para la identificación citológica de amastigotes como para pruebas moleculares, lo que la convierte en una muestra de especial interés cuando la sospecha clínica está sustentada. En cambio, para ehrlichiosis, babesiosis y hepatozoonosis, la evaluación medular debe plantearse de manera más selectiva, especialmente cuando existen citopenias persistentes, alteraciones de la hematopoyesis o resultados inconclusos obtenidos mediante métodos menos invasivos.

En consecuencia, la decisión de obtener y analizar una muestra de médula ósea debe responder a una pregunta clínica concreta. Cuando el objetivo es valorar la hematopoyesis, la citología puede aportar información sobre la producción y maduración celular; cuando se busca demostrar la presencia de un agente para el cual la médula constituye una muestra pertinente, pueden considerarse métodos parasitológicos o moleculares; y cuando los resultados iniciales son insuficientes, las técnicas complementarias pueden contribuir a fortalecer la interpretación. La utilidad del procedimiento, por tanto, no radica en realizar el mayor número posible de pruebas, sino

en seleccionar aquellas que tengan relación con la sospecha clínica y que aporten información adicional capaz de modificar o complementar la toma de decisiones.

Tabla 2. Utilidad de la muestra de médula ósea según la hemoparasitosis sospechada

Hemoparasitosis	¿Cuándo puede ser pertinente obtener médula?	Análisis aplicables a la muestra	¿Qué puede aportar?	Consideración para la toma de decisiones
Leishmaniosis (<i>Leishmania infantum</i>)	Cuando existen alteraciones clínicas y hematológicas compatibles y se requiere ampliar la investigación diagnóstica o caracterizar el compromiso hematopoyético.	Citología/mielograma; PCR/qPCR; técnicas complementarias como inmunohistoquímica, según disponibilidad y objetivo diagnóstico.	La citología puede permitir observar amastigotes y valorar las alteraciones de la hematopoyesis. La PCR/qPCR permite investigar ADN de <i>L. infantum</i> y, en determinados contextos, complementar la evaluación parasitológica.	Es la hemoparasitosis de este grupo para la cual encontramos el respaldo más directo para el uso de médula como muestra diagnóstica. Sin embargo, la PCR no implica que la médula sea siempre la mejor muestra: otros tejidos pueden ser menos invasivos y presentar buen rendimiento.
Ehrlichiosis (<i>Ehrlichia canis</i>)	Principalmente cuando existe sospecha de compromiso hematopoyético asociada con citopenias persistentes o cuando se requiere información adicional después	Citología/mielograma; métodos moleculares cuando estén indicados.	La evaluación medular permite valorar la hematopoyesis y sus alteraciones. Los métodos moleculares pueden demostrar ADN del agente en diferentes	El mayor valor de la médula es complementario, particularmente para investigar alteraciones hematopoyéticas; la confirmación de <i>E. canis</i> puede realizarse mediante otras

	de las pruebas iniciales.		tejidos, pero la médula no debe considerarse automáticamente la muestra de elección para confirmar la infección.	muestras y métodos.
Babesiosis (<i>Babesia spp.</i>)	Cuando las alteraciones hematológicas persisten o no se explican satisfactoriamente y existe una indicación independiente para evaluar la hematopoyesis.	Citología/mielograma; pruebas específicas para <i>Babesia</i> según la sospecha y disponibilidad.	El mielograma puede aportar información sobre la respuesta hematopoyética a frente a la anemia, pero la evidencia revisada no establece la médula como muestra de primera elección para confirmar babesiosis.	No debe indicarse el aspirado únicamente por sospecha de babesiosis. La confirmación del agente se apoya principalmente en muestras sanguíneas y métodos dirigidos.
Hepatozoonosis (<i>Hepatozoon canis</i>)	Cuando existen alteraciones hematológicas que justifican investigar el tejido hematopoyético, independientemente de la sospecha etiológica.	Citología/mielograma; métodos moleculares según la pregunta diagnóstica.	Puede contribuir a valorar las alteraciones hematopoyéticas, pero la evidencia disponible no sustenta el aspirado como procedimiento rutinario para confirmar hepatozoonosis.	Su utilidad es principalmente complementaria y dependiente del contexto clínico. La confirmación puede apoyarse en la identificación del agente en sangre y en pruebas moleculares.

Nota. Elaboración propia a partir de la literatura revisada.

La comparación de las principales hemoparasitosis evidencia que la utilidad de la muestra de médula ósea no es equivalente entre los agentes estudiados. La evidencia disponible ofrece un respaldo particularmente claro para su utilización en el diagnóstico de la leishmaniosis, tanto mediante evaluación citológica como mediante métodos moleculares, mientras que en ehrlichiosis, babesiosis y hepatozoonosis su principal aporte se relaciona con la valoración del tejido hematopoyético cuando existen alteraciones que justifican su estudio. Por tanto, la sospecha de una hemoparasitosis no constituye por sí sola una indicación para realizar el aspirado; la decisión debe establecerse a partir de la condición clínica y hematológica del paciente y de la información adicional que se espera obtener mediante el análisis de la muestra.

Referencias

Alcón-Chino, M. E. T., & De-Simone, S. G. (2025). Understanding the diagnosing of canine ehrlichiosis: A comprehensive review. En S. G. De-Simone & G. C. Lechuga (Eds.), *Exploring the world of parasites*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1010408>

Aziz, M. U., Hussain, S., Song, B., Ghauri, H. N., Zeb, J., & Sparagano, O. A. (2023). Ehrlichiosis in dogs: A comprehensive review about the pathogen and its vectors with emphasis on South and East Asian countries. *Veterinary Sciences*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.3390/vetsci10010021>

Bauer, N. B., & Harr, K. E. (2022). Bone marrow evaluation. En M. B. Brooks, K. E. Harr, D. M. Seelig, K. J. Wardrop, & D. J. Weiss (Eds.), *Schalm's veterinary hematology* (7th ed., pp. 1285–1294). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119500537.ch141>

Costa, J., Silva, A. R., Sampaio, F., Alves, A. P., Silva, H., de Carvalho, H. L., Sousa, C., Simões, M., Fernandes, C., Lopes, A. P., Garcês, A., Duarte, E. L., Coelho, A. C., Cardoso, L., & Lopes, R. (2025). When precision matters: Bone marrow cytology meets qPCR in a pilot study quantifying *Leishmania infantum* load in dogs. *Microorganisms*, 13(9), 2211. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13092211>

de Araújo, R., Reneuda de Araújo, R., Pereira Santos, H. S., Brito Silva, S., Santos Leal, S. M., Mota Araújo, E., de Jesus Barbosa, B., Santos, H. O., de Sousa Santana, J. L., Mendes de Souza Mourão, A. P., Castelo Branco Barros, N., de Sousa Sá, I., & Saraiva Cardoso, J. de F. (2022). Diagnostic evaluation of hemoparasitosis in dogs: Review. *PubVet*, 16(10), 1–16. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n10a1237.1-16>

Diamantino, G. M. L., Beeler-Marfisi, J., Foster, R. A., Sears, W., Defarges, A., Vernau, W., & Bienzle, D. (2024). Effects of fixation and demineralization on histomorphology and DNA amplification of canine bone marrow. *Veterinary Pathology*, 61(6), 943–951. <https://doi.org/10.1177/03009858241257920>

Dubey, J. P., Alić, A., Hodžić, A., Hodžić, S., Beck, R., Duscher, G. G., Karamon, J., Basso, W., & Otranto, D. (2025). Hepatozoon infections in domestic and wild Carnivora: Etiology, prevalence, clinical disease, diagnosis and treatment, and redescription of *Hepatozoon silvestris*, *H. martis*, and *H. ursi*. *Parasites & Vectors*, 18, 391. <https://doi.org/10.1186/s13071-025-06977-8>

Hasani, S. J., Rakhshanpour, A., Enferadi, A., Sarani, S., Samiei, A., & Esmaeilnejad, B. (2024). A review of hepatozoonosis caused by *Hepatozoon canis* in dogs. *Journal of Parasitic Diseases*, 48(3), 424–438. <https://doi.org/10.1007/s12639-024-01682-2>

Hesham, H. M., Nouh, S. R., Elkammar, M. H., Abu-Ahmed, H. M., Hanafy, B. G., & Elkhenany, H. A. (2021). Surgical approach of the anatomical sites for bone marrow aspiration in dogs. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 70(2), 86–91. <https://doi.org/10.5455/ajvs.85135>

Marcelino, A. P., Souza Filho, J. A., Bastos, C. V., Ribeiro, S. R., Medeiros, F. A. C., Reis, I. A., Lima, A. C. V. M. R., Barbosa, J. R., Paz, G. F., & Gontijo, C. M. F. (2020). Comparative PCR-based diagnosis for the detection of *Leishmania infantum* in naturally infected dogs. *Acta Tropica*, 207, 105495. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105495>

Menezes, R. C., Madeira, M. F., Ferreira, L. C., Barbosa Filho, C. J. L., Miranda, L. H. M., & Figueiredo, F. B. (2016). Cell-block immunohistochemistry of bone marrow aspirates: A novel tool to improve the diagnosis of *Leishmania* infection in dogs. *Journal of Comparative Pathology*, 154(2–3), 157–160. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2015.12.005>

Morales-Yuste, M., Martín-Sánchez, J., & Corpas-Lopez, V. (2022). Canine leishmaniasis: Update on epidemiology, diagnosis, treatment, and prevention. *Veterinary Sciences*, 9(8), 387. <https://doi.org/10.3390/vetsci9080387>

Mylonakis, M. E., & Hatzis, A. (2017). Practical bone marrow cytology in the dog and cat. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 65(3), 181–196. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15534>

Oikonomidis, I. L., Tsouloufi, T. K., Mylonakis, M. E., Psalla, D., Soubasis, N., Rallis, T., & Kritsepi-Konstantinou, M. (2019). Circulating and bone marrow myeloid cells containing *Leishmania* amastigotes in a case of advanced canine leishmaniosis. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 31(5), 726–731. <https://doi.org/10.1177/1040638719862599>

Panti-May, J. A., & Rodríguez-Vivas, R. I. (2020). Canine babesiosis: A literature review of prevalence, distribution, and diagnosis in Latin America and the Caribbean. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 21, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2020.100417>

Paltrinieri, S., Gradoni, L., Roura, X., Zatelli, A., & Zini, E. (2016). Laboratory tests for diagnosing and monitoring canine leishmaniasis. *Veterinary Clinical Pathology*, 45(4), 552–578. <https://doi.org/10.1111/vcp.12413>

Penzhorn, B. L. (2020). Don't let sleeping dogs lie: Unravelling the identity and taxonomy of *Babesia canis*, *Babesia rossi* and *Babesia vogeli*. *Parasites & Vectors*, 13, 184. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04062-w>

Rodríguez-Alarcón, C. A., Beristain-Ruiz, D. M., Olivares-Muñoz, A., Quezada-Casasola, A., Pérez-Casio, F., Álvarez-Martínez, J. A., Tapia-Alanís, J., Lira-Amaya, J. J., Rivera-Barreno, R., Cera-Hurtado, O. S., Ibancovich-Camarillo, J. A., Soon-Gómez, L., Adame-Gallegos, J. R., & Figueroa-Millán, J. V. (2020). Demonstrating the presence of *Ehrlichia canis* DNA from different tissues of dogs with suspected subclinical ehrlichiosis. *Parasites & Vectors*, 13, 518. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04363-0>

Roldán-Carvajal, I. J., Jaramillo-Arbeláez, P. E., Velásquez, D. A., & Muñoz-Duque, J. D. (2023). Indicaciones para la evaluación morfológica de la médula ósea en

caninos y felinos: Revisión de la literatura. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 70(3), e107686. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107686>

Roldán-Carvajal, I. J., Alzate-Velásquez, D., Muñoz-Duque, J. D., Mesa-Oquendo, A. F., Salazar-Flórez, J. E., & Jaramillo-Arbeláez, P. E. (2025). Characterization of bone marrow aspirate reports in dogs and cats: A retrospective study. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 38(2), e3829. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v38n2a9>

Saridomichelakis, M. N., Baneth, G., Colombo, S., Dantas-Torres, F., Ferrer, L., Fondati, A., Miró, G., Ordeix, L., Otranto, D., & Noli, C. (2025). World Association for Veterinary Dermatology consensus statement for diagnosis, and evidence-based clinical practice guidelines for treatment and prevention of canine leishmaniosis. *Veterinary Dermatology*, 36, 723–787. <https://doi.org/10.1111/vde.70006>

Smiley, K. M., Rosser, M. F., Schnelle, A. N., Connolly, S. L., Raskin, R., Lopez-Villalobos, N., & Gal, A. (2026). Multisite sampling improves consensus cytologic interpretation in bone marrow evaluation of dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 40(3), aalag121. <https://doi.org/10.1093/jvimsj/aalag121>

Stacy, N. I., & Harvey, J. W. (2017). Bone marrow aspirate evaluation. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 47(1), 31–52. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2016.07.003>

Tan, E., & Bienzle, D. (2024). Bone marrow aspiration and biopsy. En D. Bienzle & M. E. Raskin (Eds.), *Small animal cytologic diagnosis* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003258551-19>

Turinelli, V., Rossi, G., & Gavazza, A. (2023). Retrospective study of 613 canine cytologically normal bone marrows associated to altered hemograms: Description, possible interpretation, and review of the principal physiological hematopoietic mechanisms. *Open Veterinary Journal*, 13(2), 233–240. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2023.v13.i2.12>

Vincent-Johnson, N., Baneth, G., & Allen, K. E. (2021). Hepatozoonosis. En J. E. Sykes & C. M. Greene (Eds.), *Greene's infectious diseases of the dog and cat* (5th ed., pp. 1230–1247). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-50934-3.00099-9>

Vital, T., Teixeira, A. I. P., Silva, D. M., de Carvalho, B. C., Dallago, B., Hagström, L., Hecht, M. M., Nitz, N., & Abad-Franch, F. (2022). Detecting *Leishmania* in dogs: A hierarchical-modeling approach to investigate the performance of parasitological and qPCR-based diagnostic procedures. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 16(12), e0011011. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011011>

Wardrop, K. J. (2022). Infectious injury to bone marrow. En M. B. Brooks, K. E. Harr, D. M. Seelig, K. J. Wardrop, & D. J. Weiss (Eds.), *Schalm's veterinary hematology* (7th ed., pp. 144–147). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119500537.ch18>

Woods, G. A., Simpson, M., Boag, A., Paris, J., Piccinelli, C., & Breheny, C. (2021). Complications associated with bone marrow sampling in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice*, 62(3), 209–215. <https://doi.org/10.1111/jsap.13274>