



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO**

Coloraciones citoquímicas de rutina y especiales, aplicadas para
muestras humanas

**Trabajo de Titulación para optar al título de Licenciado en
Laboratorio Clínico**

Autores:

López Muñoz Matheo Efraín
Vicuña Idrovo Dorian Darwin

Tutor:

Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez

Riobamba, Ecuador. 2026

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Matheo Efraín López Muñoz, con cédula de ciudadanía 1500987878, y Dorian Darwin Vicuña Idrovo, con cédula de ciudadanía 0604413401, autores del trabajo de investigación titulado: Coloraciones citoquímicas de rutina y especiales, aplicadas para muestras humanas; certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autores de la obra referida será de nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 16 de marzo de 2026.



Matheo Efraín López Muñoz

C.I: 1500987878



Dorian Darwin Vicuña Idrovo

C.I: 0604413401

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Coloraciones citoquímicas de rutina y especiales, aplicadas para muestras humanas, bajo la autoría de Matheo Efraín López Muñoz; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 16 días del mes de marzo de 2026.



Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez

C.I: 0602768277

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Coloraciones citoquímicas de rutina y especiales, aplicadas para muestras humanas, bajo la autoría de Dorian Darwin Vicuña Idrovo; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 16 días del mes de marzo de 2026.



Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez

C.I: 0602768277

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

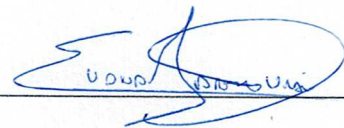
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Coloraciones citoquímicas de rutina y especiales, aplicadas para muestras humanas, presentado por Matheo Efraín López Muñoz, con cédula de identidad número 1500987878, bajo la tutoría de Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 27 días del mes de marzo de 2026.

Aida Mercedes Balladares Saltos, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Eliana Elizabeth Martínez Durán, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Celio Guillermo García Ramírez, MsC.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

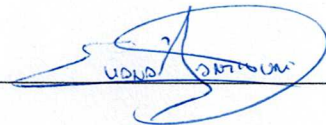
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Coloraciones citoquímicas de rutina y especiales, aplicadas para muestras humanas, presentado por Dorian Darwin Vicuña Idrovo, con cédula de identidad número 0604413401, bajo la tutoría de Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 27 días del mes de marzo de 2026.

Aida Mercedes Balladares Saltos, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Eliana Elizabeth Martínez Durán, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Celio Guillermo García Ramírez, MsC.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **LÓPEZ MUÑOZ MATHEO EFRAÍN** con CC: **1500987878**, estudiante de la Carrera **LABORATORIO CLÍNICO**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**COLORACIONES CITOQUÍMICAS DE RUTINA Y ESPECIALES, APLICADAS PARA MUESTRAS HUMANAS**", cumple con el 14 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 04 de marzo de 2026

Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez
TUTOR



CERTIFICACIÓN

Que, **VICUÑA IDROVO DORIAN DARWIN** con CC: **0604413401**, estudiante de la Carrera **LABORATORIO CLÍNICO**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**COLORACIONES CITOQUÍMICAS DE RUTINA Y ESPECIALES, APLICADAS PARA MUESTRAS HUMANAS**", cumple con el 14 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 04 de marzo de 2026

Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez
TUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mi familia por ser el pilar en mi vida y permitirme progresar a nivel profesional.

En especial a mi madre Alexandra, mi hermano Paul y a mi enamorada María por toda la confianza y el apoyo que me han brindado en toda mi carrera universitaria, y sin duda a mi abuela Mariana que me apoya incondicionalmente sin dudar de mi inteligencia y capacidad.

A mi querida sobrina Victoria que es la luz de mis ojos y la inspiración de ser cada día mejor.

Matheo Efraín López Muñoz

El presente trabajo de investigación lo dedico a Dios por ser el pilar en mi vida y permitirme progresar a nivel profesional.

A mis padres Jenny y Darwin por toda la confianza y el apoyo que me han brindado en toda mi carrera estudiantil, y sin duda a mi hermana Melany que me apoya incondicionalmente sin dudar de mis capacidades y límites.

A mi Max, quién fue y estuvo ahí, siendo parte de mis estudios.

Dorian Darwin Vicuña Idrovo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, a todos los docentes y compañeros que formaron parte de la universidad, han sido personas excepcionales que han aportado en mi etapa formativa para ser un profesional y para que concluya con éxito.

De igual manera extiendo mis más sinceros agradecimientos a mi tutor Mgs. Iván Peñafiel quien con su guía y orientación me acompañó en este proceso investigativo.

Agradezco de forma especial a mi madre y mi enamorada por apoyarme en mis estudios, por enseñarme el camino de la vida y enseñarme a ser mejor persona cada día.

Matheo Efraín López Muñoz

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme la formación en la carrera de Laboratorio Clínico.

De igual manera, agradezco a mis docentes y compañeros, quienes con sus enseñanzas y apoyo contribuyeron en mi desarrollo profesional. Así mismo, extiendo mi gratitud a mi tutor Mgs. Iván Peñafiel quien con su guía y orientación acompañó este proceso investigativo.

Finalmente, agradezco profundamente a mis padres y hermana son los pilares fundamentales en mi vida, por su amor y respaldo incondicional.

Dorian Darwin Vicuña Idrovo

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
Célula.....	20
Tejidos	20
Coloraciones	21
Historia del color	21
Tinciones	22
Principios Citoquímicos	22
Colorantes ácidos.....	22
Colorantes básicos	23
Colorantes neutros	23
Técnicas y aplicaciones en muestras humanas	23
Ki-67.....	25
BI-RADS	25
TI-RADS	25
Coloraciones de rutina	26
Giemsa	26
Wright.....	26
May Grünwald Giemsa (MGG).....	26
Gram	27
Hematoxilina & Eosina (HE)	27
Papanicolaou (PAP).....	27
Coloraciones especiales.....	28
Azul de Metileno (MB)	28
Riu	28
Tinta china	29
Ácido Peryódico de Schiff (PAS).....	29
PAS con Diastasa (PAS-D)	30
Ziehl Neelsen (ZN).....	30
Kinyoun	30

Azul de Toluidina (BT)	31
Tricrómica de Grocott Gömöri (GMS).....	31
Rojo Congo (CR).....	31
Auramina Rodamina (AR).....	31
Control de calidad y estandarización.....	31
Protocolos de acreditación y guías internacionales	32
Ventajas y limitaciones frente a técnicas moleculares e inmunohistoquímicas	32
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coloraciones citoquímicas de rutina y especiales en muestras humanas.	38
Tabla 2. Aplicaciones de coloraciones citoquímicas para presencia de patógenos en muestras humanas.	42
Tabla 3. Ventajas, desventajas y limitaciones de las tinciones citoquímicas en muestras tumorales.	46

RESUMEN

Las tinciones representan recursos diagnósticos esenciales debido a su confiabilidad en la detección de agentes infecciosos y variaciones morfológicas. El objetivo de este estudio fue recopilar la información sobre la importancia de las coloraciones citoquímicas de rutina y especiales, aplicadas para muestras humanas en la identificación de alteraciones celulares, por medio de revisión bibliográfica en base de datos sobre el área de la salud. Se empleó un enfoque cualitativo, descriptivo y documental de carácter retrospectivo, analizando una población de 50 documentos y la muestra seleccionada fue 31 fuentes mediante criterios de inclusión y exclusión. Los hallazgos confirmaron que la Hematoxilina & Eosina, y Papanicolaou constituyen la base del análisis estructural de rutina; sin embargo, protocolos especializados como Ziehl Neelsen logran una especificidad mayor del 90 % frente a *Mycobacterium tuberculosis*. Así mismo, las técnicas de Ácido Peryódico de Schiff y Tricrómica de Grocott Gömöri demostraron un rigor analítico del 95 % al 100 % para detectar micosis invasivas por *Aspergillus spp.* o *Cryptococcus spp.*, sumando el uso de Rojo Congo en depósitos amiloides. La ejecución técnica de estos métodos facilita el tamizaje temprano de unidades tumorales y optimiza la precisión del dictamen clínico. Su vigencia en el laboratorio asegura una valoración científica oportuna, reduciendo la necesidad inmediata de ensayos moleculares de alto costo.

Palabras clave: citoquímica, diagnóstico morfológico, alteraciones celulares, agentes patógenos, sensibilidad, especificidad.

ABSTRACT

Staining techniques represent essential diagnostic tools due to their reliability in detecting infectious agents and morphological alterations. The aim of this study was to review and synthesize information on the importance of routine and special cytochemical staining methods applied to human samples for the identification of cellular alterations, through a literature review of health-related databases. A qualitative, descriptive, and retrospective documentary approach was employed, analyzing a total of 50 documents, of which 31 sources were selected based on inclusion and exclusion criteria. The findings confirmed that Hematoxylin and Eosin and Papanicolaou staining constitute the foundation of routine structural analysis; however, specialized protocols such as Ziehl–Neelsen achieve a specificity greater than 90% for the detection of *Mycobacterium tuberculosis*. Likewise, Periodic Acid–Schiff and Grocott–Gomori trichrome staining demonstrated an analytical performance ranging from 95% to 100% for the detection of invasive mycoses caused by *Aspergillus* spp. and *Cryptococcus* spp., along with the use of Congo red for amyloid deposits. The application of these techniques facilitates early tumor screening and improves the accuracy of clinical diagnosis. Their continued use in the laboratory ensures timely and reliable scientific assessment, reducing the immediate need for high-cost molecular testing.

Keywords: cytochemistry, morphological diagnosis, cellular alterations, pathogenic agents, sensitivity, specificity.



Reviewed by:
MsC. Edison Damian Escudero
ENGLISH PROFESSOR
C.C.0601890593

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

Las coloraciones citoquímicas son herramientas básicas para detectar morfologías, estructuras, agentes infecciosos, así también alteraciones en las células, siendo útiles por su eficacia, fiabilidad y bajo costo; demostrando un recurso esencial en los laboratorios de citología e histología, ayudando al diagnóstico como tratamiento en un período corto de tiempo. Aunque existan técnicas más desarrolladas como la inmunohistoquímica y la biología molecular¹.

Estas técnicas permiten visualizar con mayor claridad las distintas estructuras que conforman las células y los tejidos, son relativamente específicas como la Hematoxilina & Eosina (HE) o Safranina Verde rápido, hay variantes que pueden contrastar componentes específicos; en este contexto, no solo facilitan el estudio estructural en biología celular, sino por su aplicación fundamental en Anatomía Patológica, se emplean en el diagnóstico, caracterización de enfermedades y tratamiento².

Aratani et al.³ menciona que en Europa la Sudan Black B (SBB) y Mieloperoxidasa (MPO) son una alternativa en la diferenciación de estirpes mieloides; el 85 % de laboratorios emplean tinciones en procesos de rutina, porque demuestran su relevancia a nivel clínico. La coloración de Papanicolaou (PAP) varía un 29 % en Italia y 79 % en Suecia, en promedio regional del 68 % estas cifras reflejan la consolidación de tamizajes ginecológicos y citodiagnósticos estructurados^{3,4}.

Según Wang et al.⁵ en el continente asiático el PAP se consolida como pilar del tamizaje en salud pública; específicamente en Corea del Sur, establece directrices preventivas en mujeres desde los 20 años, logrando una cobertura superior al 65 % en programas organizados. De igual forma Ghebreyesus et al.⁴ en la India y China las coloraciones como Ácido Periódico de Schiff (PAS) abarca más del 70 % de los ensayos, lo cual permite evaluar procesos metabólicos, neoplásicos e infecciosos, garantizando así una atención accesible y con alta validez clínica.

Rodríguez et al.⁶ indica que en África la aplicación de tinciones citoquímicas como la técnica PAS con Diastasa se ha implementado de forma rutinaria en más del 80 % en hospitales

universitarios de países como Nigeria, Kenia igual que Sudáfrica, para diferenciar inclusiones de glucógeno y detectar alteraciones metabólicas.

América del Norte ha optimizado el uso de tinciones clásicas mediante protocolos de alta precisión lo que refleja una fuerte política preventiva; por lo tanto, en los Estados Unidos el 75,8 % son realizados en citología cérvico vaginal en mujeres entre 21 y 65 años; también, más del 90 % de laboratorios acreditados utilizan la Azul de Toluidina (BT) para identificar mastocitos. En Canadá, las instituciones biomédicas integran la MPO y el SSB en protocolos de diagnóstico de leucemias mieloides agudas, estas tinciones son parte del entrenamiento especializado^{7,8}.

A nivel de América del Sur el uso de coloraciones citoquímicas es del 48 %, con variaciones entre países según el acceso a servicios de salud; en laboratorios clínicos e investigación el uso combinado de PAS, SSB y MPO se ha reportado el 70 % en estudios patológicos. En Costa Rica, Brasil y Colombia se ha documentado en casos de muestras humanas y su adaptabilidad con técnicas en animales⁹.

En Ecuador el Ministerio de Salud Pública (MSP) establece en el Informe de Vigilancia Epidemiológica 2023 que el 94 % de los laboratorios públicos de primer nivel, emplean procedimientos citoquímicos al identificar agentes infecciosos. Destaca la aplicación del método de Ziehl Neelsen (ZN) en provincias como Esmeraldas, Guayas y Manabí, donde se ejecutaron anualmente más de 200.000 ensayos debido a la alta prevalencia de tuberculosis (TB)^{4,10}.

Por otro lado, la institución SOLCA Cuenca valora el análisis citológico por ser ambulatorio, costo-efectivo y seguro, por medio de la Punción Aspiración con Aguja Fina (PAAF) clasifica nódulos tiroideos, resultandos benignos entre 60 % y 70 % de los casos, lo cual evita cirugías innecesarias. En cuanto al cribado cervical, estudios realizados en Cañar mediante el PAP reportaron un 98 % de negatividad, mientras el 2 % restante evidenció patología maligna; estos datos concuerdan con estadísticas de Ecuador y América Latina para células escamosas atípicas de significado indeterminado (ASC-US) entre 0.6 % y 10.4 %, y la lesión intraepitelial de bajo grado (L-SIL) entre 1.8 % y 4.5 %^{4,11}.

Murillo et al. y Carrión et al. indican las investigaciones llevadas a cabo en laboratorios clínicos de ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca y Riobamba, demuestran que en al menos un 55 % de los análisis médicos iniciales se utiliza las coloraciones citoquímicas de rutina y especiales como la tinción Gram, Azul de Metileno (MB) de Loeffler, Gram Modificado y Tricrómica de Masson. En muestras biológicas permiten iniciar tratamientos empíricos en menos de 30 minutos, presentando sensibilidad diagnóstica del 70 % al 90 %^{9,12}.

Según Rengifo et al.¹³ el reconocimiento oportuno de las estructuras en especímenes biológicos depende de la ejecución de protocolos que faciliten la diferenciación morfológica. Ciertos esquemas permiten visualizar con precisión la organización nuclear y citoplasmática, exponiendo variaciones y atipias en las unidades biológicas. No obstante, diversos sistemas de salud enfrentan la obsolescencia de reactivos, carencia de controles y poca experiencia técnica al determinar anomalías en los muestras analizadas^{13,14}.

Como consecuencia, la vigencia de ciertas coloraciones citoquímicas al actuar como frontera en la detección de neoplasias impide precisar procesos patológicos o transformaciones malignas con exactitud. Ante estas deficiencias, se opta por herramientas de histología, histoquímica, biología molecular e inmunohistoquímica; las cuales, pese a su alta especificidad, conllevan costos elevados y exigen equipamiento sofisticado¹⁵.

Por otro lado, en la Constitución de la Republica del Ecuador 2008, en el Artículo 32, consagra el derecho a la salud como una garantía indispensable del Estado, lo que demanda el acceso a valoraciones clínicas y terapéuticas oportunas con altos estándares de calidad. No obstante, la supervisión normativa resulta deficiente, situación que propicia protocolos inadecuados al ejecutar métodos citoquímicos en el estudio de ejemplares biológicos¹⁶. Así pues, surge la siguiente interrogante para el desarrollo de la investigación: ¿cuáles son las coloraciones citoquímicas de rutina y especiales más utilizadas para muestras humanas?

La importancia de este estudio radica en la perspectiva sobre el empleo de las coloraciones citoquímicas en la detección de anomalías morfológicas que ocurren en la unidad estructural. Esto constituye un recurso valioso al analizar cambios en la arquitectura interna, permitiendo observar variaciones del núcleo, citoplasma y organelos. A pesar de ello, en ciertas

instituciones su aprovechamiento es limitado debido al escaso dominio de los procedimientos comprometiendo la validez de los hallazgos.

Esta investigación analizó el rendimiento de tales protocolos en la detección de patologías, incluyendo el hallazgo de unidades tumorales, lo cual promueve tamizajes oportunos y exactos en Anatomía Patológica. De este modo, se incentiva la capacitación del personal de laboratorio en el control de calidad, seguridad y confianza en los resultados entregados. Los principales beneficiarios fueron los profesionales del área, quienes fortalecerán sus competencias y los pacientes, quienes accedieron a valoraciones con mayor rigor clínico y científico.

Con base en lo expuesto, el objetivo principal del trabajo es recopilar la información sobre la importancia de las coloraciones citoquímicas de rutina y especiales, aplicadas para muestras humanas en la identificación de alteraciones celulares, por medio de revisión bibliográfica en base de datos sobre el área de la salud. El contenido de este se dividió en tres acápite:

- Analizar los tipos de coloraciones citoquímicas de rutina y especiales para muestras humanas, por medio de revisión de artículos científicos publicados hasta la actualidad.
- Distinguir la presencia de patógenos en muestras humanas para su eficacia diagnóstica, comprobando su aplicabilidad, sensibilidad y especificidad.
- Seleccionar las coloraciones citoquímicas en base a las ventajas y limitaciones en el contexto del diagnóstico de células tumorales, a partir de la literatura científica.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

Célula

Es la unidad anatómica, funcional y estructural básica de todos los organismos vivos. Uno de los precursores más importantes de la historia, Robert Hooke, fue el primero en proponer el término en 1665. Posteriormente, Marcello Malpighi descubrió células vivas en los tejidos, y Anton van Leeuwenhoek construyó el primer microscopio. En 1831, Robert Brown descubrió el núcleo celular, y en 1857, Kölliker las mitocondrias¹⁷.

Puede ser unicelular como pluricelular, esta a su vez procariota y eucariota. Las procariotas carecen de núcleo, son del reino Monera, del tamaño de 1-10 micrómetros, comparten organelos de tipo ribosoma, membrana plasmática y pared celular. En contrapartida, las eucariotas realmente tienen un núcleo claro, forman parte de los reinos Protista, Fungi, Animal y Vegetal, son de 10 a 100 micrómetros de diámetro¹⁵.

Los organelos membranosos se encuentran dentro de las eucariotas, éstas se replican mediante la mitosis o meiosis, que son las células vegetales y animales. Estructuralmente, está formada por la membrana plasmática que regula el intercambio de sustancias, por el núcleo que resguarda el ADN, el citoplasma donde se localizan el citosol, varios orgánulos como mitocondrias, retículo endoplasmático liso, rugoso, aparato de Golgi y ribosomas. Las células vegetales, al ser autótrofas, fabrican su propio alimento, mientras que las células animales son heterótrofas y obtienen su nutrición del exterior^{15,17}.

Tejidos

El cuerpo humano empieza como una sola célula que se divide sin parar. Millones de estas se especializan en varias funciones concretas y estructuras específicas denominándose tejidos. Los cuatro tipos de tejidos primarios como el epitelio, conectivo, nervioso y muscular se relacionan para formar al organismo. Los tejidos son organizados en órganos como los riñones, corazón o páncreas, la mayoría de estos tienen diversos tipos de tejido y su disposición se determina por la estructura y capacidad del órgano¹⁸.

En la histología médica es el análisis de los tejidos y órganos por medio de tinciones, seccionamiento y exámenes bajo el microscopio. Una vez que la muestra haya pasado su procesamiento para la interpretación diagnóstica por un patólogo, las coloraciones

histológicas dependerán de lo que se quiera investigar y se va a deber a la interpretación del médico para que el paciente obtenga un pronóstico y tratamiento oportuno¹⁹.

Coloraciones

También conocidos como anilinas, fenilaminas o amino-bencenos, son compuestos con la capacidad de aportar color a otras sustancias. Se disuelven en agua como solventes orgánicos y contienen grupos químicos reactivos que permiten fijarse a distintos materiales por absorción, enlaces iónicos, covalentes y retención mecánica. Estas sustancias son moléculas orgánicas con estructuras de anillos aromáticos que al incorporar grupos cromóforos absorben luz visible o ultravioleta²⁰.

Los anillos que contienen cromóforos se denominan cromógenos, conforme la molécula se hace más compleja, el color que produce tiende a intensificarse u oscurecerse. Además, poseen un grupo funcional llamado auxocromo, que otorga la capacidad de unirse a los componentes celulares, aumentando la absorción de luz por los cromóforos y modificando su comportamiento espectral, lo que intensifica el color resultante²⁰.

Historia del color

Desde tiempos muy antiguos ha estado presente en la humanidad como una forma de expresión cultural también simbólica. Las primeras manifestaciones artísticas fueron las pinturas rupestres, hechas con pigmentos obtenidos de fuentes animales, vegetales y minerales. Con el paso del tiempo adquirieron funciones rituales, sociales y medicinales. Algunos de estos pigmentos, como cochinilla, índigo o púrpura de tiro, fueron valiosos que condujeron rutas comerciales porque estaban reservadas a las clases de élite. Además, eran esenciales para el oficio de alquimistas o artistas, aunque su elevado precio y limitada durabilidad restringieron su utilización²¹.

En 1855 se generó un cambio cuando William Perkin, experimentando con alquitrán, desarrolló inadvertidamente un tinte mauve conocido como mouveína. Este fue el primer colorante sintético, económico, estable y fácil de producir. Su invención revolucionó la industria textil, se aplicó en varios campos especialmente en la medicina. Además, descubrieron que estos facilitaban la observación clara de células y microorganismos. Se desarrollaron métodos cada vez más complejos, creando la posibilidad de separar tejidos,

diagnóstico de enfermedades e incluso el diseño de tratamientos. De esta manera, dejó de ser solo un símbolo social para convertirse en una herramienta científica²¹.

Tinciones

En técnicas histológicas se aplican resaltando estructuras, componentes importantes dentro de los tejidos humanos, permitiendo su observación y diferenciación bajo el microscopio. Diseñadas en el marcaje de las proteínas o características particulares del tejido, facilitando el estudio detallado de su estructura como función. Por ejemplo, HE se usa tintes para las proteínas igual que orgánulos intracelulares, destacando en azul y rosa diferentes componentes²².

Los cuatro tipos de tejido humano que se pueden teñir como también estudiarlos son: el epitelial, conectivo, muscular y nervioso. Cada uno tiene características distintas: epitelial, recubre superficies y cavidades; conectivo, sostiene y une estructuras; muscular, células especializadas en la contracción del movimiento; por último, nervioso, transmite señales en coordinación de las funciones corporales. Las tinciones especiales permiten destacar elementos específicos dentro de estos, aunque la alta especificidad puede ser necesaria para preparar múltiples muestras que ayudarán a obtener una visión completa²².

Principios Citoquímicos

Desempeñan múltiples funciones importantes en el microscopio. En primer lugar, facilitan al observador la visión de las células y sus partes. Así mismo distinguen las estructuras que serían invisibles por su transparencia. Por su uso se puede determinar con precisión la forma y tamaño de los microorganismos. Hacen visibles las diferentes partes internas como externas. Por último, debido a la afinidad química participan en reacciones directas que resaltan ciertas estructuras celulares^{20,23}.

Colorantes ácidos

Mohandas et al.^{24,25} señalan que la Eosina es ácida que tiñe los componentes celulares básicos, como la hemoglobina y gránulos eosinofílicos, que se usa junto con la hematoxilina para teñir tejidos. En este caso, la propiedad corresponde al anión, siendo el catión el que no interviene en la tinción. Por ejemplo, la Eosina o Eosinato de Sodio, cuyo grupo funcional activo es el carboxilo, lo que le da este carácter^{24,25}.

Colorantes básicos

Rahmawati et al.²⁶ indican que el MB a una concentración del 1 % se ha estudiado en diversos procesos histopatológicos y se ha manifestado en la historia como básico y útil para los núcleos, ya que el grupo funcional activo que confiere el carácter básico sería el grupo amino. La capacidad se debe al catión de la molécula y el anión no se implicaría en dicho proceso²⁶.

Colorantes neutros

Mohandas et al.^{24,25} describen a la tinción de Giemsa que se obtiene de precipitados formados en disoluciones acuosas, en las que estos presentan los constituyentes que dan color y poseen propiedades ácidas como básicas. Es útil en histopatología, porque es el resultado de mezclar el MB, el Azure A y el Azure B con el ácido Eosina. La mezcla de todos estos dan lugar a una gran gama de colores, que se transforman con el pH de la disolución^{24,25}.

Técnicas y aplicaciones en muestras humanas

Son sustancias que se emplean en el tinte de células al igual que estructuras microscópicas con el propósito de observarlas y estudiarlas. Según su origen, se dividen en carácter natural, extraídos de plantas o del reino animal; y sintéticos que se generan en los laboratorios a partir de minerales. En términos químicos, están formados por un grupo cromóforo, responsable del color y un grupo auxocromo el cual se adhiere a las muestras^{23,25}.

Además, se clasifican como simple y sirve para el estudio de formas generales que tienen los microorganismos; diferencial, el cual requiere el uso de varios, con el objetivo de observar una célula o una estructura. Las diferenciales más usadas son la tinción de Gram, ZN y Wirtz. En las áreas de laboratorio resaltan las estructuras, haciendo fácil la visualización y el análisis de las muestras biológicas. Son cruciales en histología, microbiología, citología y otros campos del conocimiento brindando información valiosa^{23,25}.

La citología exfoliativa se dedica al análisis de las células que se desprenden de las superficies corporales, con el fin de establecer la posible presencia de enfermedades neoplásicas. Aparte de esta función diagnóstica, se emplea para realizar conteos celulares en diversos fluidos corporales. Entre las más comunes se encuentran la citología cérvico-

vaginal, la citología respiratoria: esputo, cepillados o aspirados bronquiales; orina, líquido cefalorraquídeo y algunos presentes en cavidades como el ascítico, pleural y pericárdico²⁷.

La PAAF extrae células de un órgano o tejido, generalmente superficial como el de la tiroides, la mama o los ganglios linfáticos, utilizando una aguja delgada conectada a una jeringa de aspiración. Esta intervención puede ser realizada por el citopatólogo o el médico tratante en el análisis. Estas se colocan en un medio fijador, preferentemente en un frasco con citología en fase líquida, y luego se extienden sobre portaobjetos para su observación al microscopio (Ver Anexo 1)²⁷.

Los tintes de la familia Romanowsky, como May Grünwald Giemsa (MGG) y Wright, son ampliamente utilizadas en hematología como citología exfoliativa, particularmente en aspirados de médula ósea, sangre periférica igual que líquidos corporales. Estas ofrecen una excelente diferenciación nuclear y citoplasmática, con alta sensibilidad para la detección de variaciones morfológicas. No obstante, factores como el pH del tampón, calidad del secado como la fijación condicionan la reproducibilidad de los resultados, por lo que la estandarización del proceso y el control de calidad son imprescindibles²⁸.

En microbiología, la tinción de ZN se ocupa para la identificación de micobacterias ácido alcohol resistentes. Su sensibilidad disminuye considerablemente en casos paucibacilares, lo que puede originar falsos negativos. En este contexto, se han incorporado metodologías complementarios como la tinción con Auramina Rhodamina (AR) y moleculares como GeneXpert y Amplificación Isotérmica Mediada por Bucle (LAMP), que han demostrado un rendimiento diagnóstico superior en muestras con baja carga bacteriana^{29,30}.

Según se expone las improntas utilizan colorantes dirigidos a estructuras contenidas en el interior de la célula, como lípidos, carbohidratos, proteínas y enzimas; evidencia alteraciones morfológicas y bioquímicas que van asociadas a procesos de origen patológico, infecciosos o alteraciones neoplásicas. Así, el PAS evidencia el glucógeno al igual como mucopolisacáridos y el Azul de Nilo en la visualización de lípidos^{24,31}.

Las investigaciones llevadas a cabo han verificado la elevada capacidad en el diagnóstico, tal es el caso que pacientes con carcinoma escamoso oral constató una sensibilidad del 91,1

% y especificidad del 74,4 %, los adenocarcinomas mucinosos pulmonares demostraron la presencia de mucina, incluso detectaron inclusiones nucleares que resaltan el estado de malignidad considerando el resultado insuficiente en las biopsias por congelación^{32,33}.

Ki-67

Mide el índice de proliferación celular al detectar la proteína Ki-67, presente en el núcleo de las células que están activamente dividiéndose en las fases G1, S, G2 y mitosis. Es crucial en patología porque evalúa la agresividad tumoral, el pronóstico y la respuesta a tratamientos, especialmente en cáncer de mama, valor superior al 20 %-30 % se considera alto. Es una proteína nuclear y su función general es regularizar la proliferación celular en ensayos inmunohistoquímicos y como pronóstico en el diagnóstico de neoplasias³⁴.

BI-RADS

Breast Imaging-Reporting and Data System se traduce como el Sistema de Datos e Informes de Imágenes Mamarias, es una clasificación estándar que fue desarrollado por el Colegio Americano de Radiología (ACR) para unificar la descripción de los hallazgos en estudios de biopsias, estratificar la malignidad y orientar la conducta clínica. Actúa como filtro diagnóstico previo, porque define qué lesiones requieren procedimientos invasivos. Por ende, las muestras citológicas que llegan al laboratorio proceden de lesiones clasificadas como BI-RADS 4, lesiones sospechosas y BI-RADS 5, altamente sugerentes de malignidad, categorías que cumple un rol clave en la confirmación o exclusión de neoplasia (Ver Anexo 2)³⁵.

TI-RADS

Thyroid Imaging, Reporting and Data System, leído en español como el Sistema de Informe y Clasificación de Imagen Tiroidea, es un esquema estandarizado basado en la ecografía para ordenar los nódulos tiroideos según su nivel de malignidad. Valora características ecográficas específicas y asigna categorías progresivas de TR1 a TR5, que expresan un aumento gradual del riesgo. Permite tomar una decisión estructurada y coherente entre la imagen ecográfica y el estudio citopatológico (Ver Anexo 3)³⁶.

Coloraciones de rutina

Se basan en el estudio morfológico básico de las células donde reconocen sus características nucleares y citoplasmáticas ofreciendo un diagnóstico oportuno. El PAP es la que más se relaciona con la difusión en el tamizaje cervical, permite detectar y reconocer los detalles y atipias. Rebolj et al. indican a la citología líquida que tiene mejor sensibilidad encontrando L-SIL en relación con la citología convencional. Estas cuestiones relacionadas con el posterior procesamiento nos otorgan diagnósticos más exactos y rápidos, haciendo que afiancemos su eficacia en la práctica clínica³⁷.

Giemsa

Utiliza el colorante de azul neutro compuesto por un colorante ácido, la Eosina, y un básico, el MB, que es metacromático, tiene la propiedad de dar a ciertos elementos una tonalidad distinta a su propio color; un baño de ácido acético permite eliminar el exceso de azul y revelar los distintos compuestos tisulares cuyo color varía en función de las moléculas fijadas por el colorante. Entre sus aplicaciones en muestra se incluyen los frotis de sangre periférica, médula ósea, PAAF, frotis parasitológicos y cortes histológicos, existiendo como una de las herramientas claves en el área de hematología para identificar células sanguíneas y microbiología en parásitos. (Ver Anexo 4)³¹.

Wright

Fue desarrollada por el médico estadounidense James Homer Wright en 1902, modificada de la tinción de Romanowsky, es una técnica muy útil para distinguir fácilmente a organismos sanguíneos por ejemplo en frotis de sangre periférica, médulas óseas, extensiones de capas leucocitarias y muestras de líquidos corporales siendo esencial para diferenciar células sanguíneas, diagnosticar anemias, leucemias y parásitos sanguíneos. Se obtienen mediante la mezcla de colorantes, un básico como el MB y un ácido como la Eosina. Así los componentes ácidos de la célula incluyen al núcleo, el ARN citoplasmático y los gránulos se tiñen de azul o violeta, los elementos básicos como son la hemoglobina y los gránulos eosinófilos se tiñen de rojo o de naranja²⁰.

May Grünwald Giemsa (MGG)

May Grünwald es ácida mientras que Giemsa es una tinción compuesta de MB y Eosina. No se activan en medios alcohólicos, actúan selectivamente solo cuando se liberan en una

solución acuosa tamponada, esta liberación induce la precipitación de las tinciones neutras. El MB tiñe de azul los núcleos, las estructuras de ADN, ARN, cromatina, las granulaciones basófilas; no obstante, la Eosina colorea el citoplasma de las células de rosado o anaranjada a su vez las proteínas del citoplasma. Ayuda para teñir muestras de frotis de sangre periférica, médula ósea, además muestras citológicas como por ejemplo aspirados y líquidos corporales³⁸.

Gram

En bacteriología es una herramienta que distingue diferentes tipos de bacterias de acuerdo con el color, morfología y grupo. En 1884, el Doctor Christian Gram desarrolló esto para los componentes estructurales que presentan las bacterias para clasificarlas en Gram positivas y Gram negativas, de acuerdo con la composición de la pared. La pared bacteriana, corresponde a la estructura que da la forma a la célula donde protege de lisis osmótica, acción de sustancias tóxicas es el lugar sobre el cual actúan varios antibióticos. Se aplica principalmente en esputo, orina, líquido cefalorraquídeo (LCR), exudados de heridas, sangre y citología vaginal para identificar infecciones y guiar el tratamiento (Ver Anexo 5)^{23,39}.

Hematoxilina & Eosina (HE)

Es comúnmente usada en citología e histología sobre muestras de tejidos fijados y parafinados, así como las biopsias, cortes quirúrgicos igualmente cortes por congelación. Se usa un colorante básico, Hematoxilina asimismo otro ácido tal como la Eosina para diferenciar las estructuras. Antes de proceder a la tinción, se parte de cortes de parafina donde se lleva a cabo unos tratamientos previos sobre las secciones del desparafinado incluso la hidratación, puesto que estos son hidrosolubles. Además, la Eosina puede generar tres tonos que diferencian los glóbulos rojos en naranja-rojizo oscuro, el músculo liso en un rosa brillante, en cambio el colágeno en rosa claro (Ver Anexo 6)^{26,40}.

Papanicolaou (PAP)

La detección temprana del carcinoma de cuello uterino brinda información sobre el estado hormonal, es orientativa al diagnóstico de infecciones cervicovaginales. La importancia de su detección y tratamiento radica en que pueden evitarse complicaciones posteriores, como enfermedad pélvica inflamatoria, ruptura prematura de membranas, abortos, sepsis del recién nacido o esterilidad. Aunque es más común en citología ginecológica, se utiliza también en

muestras de orina, líquido pleural, líquido amniótico y otras secreciones corporales (Ver Anexo 7)¹².

Coloraciones especiales

Mestanza et al.⁴¹ indica la importancia de estos métodos para identificar objetos específicos, sustancias orgánicas o inorgánicas, así como microorganismos, y también incluyen las reacciones químicas. Son muy diferentes de las coloraciones corriente tipo HE en las que las reacciones no están en función de la presencia de alguna estructura molecular o un tipo de sustancia. Su utilidad radica más en evidenciar moléculas o grupos moleculares con el fin de analizar su distribución in situ^{41,42}.

Azul de Metileno (MB)

Es un derivado de la fenotiazina de color azul cuando que se disuelve en agua. Se utiliza en la coloración del ácido nucleico ya que tiene la capacidad en unirse al ADN y al ARN. Debido a que el MB actúa como un colorante catiónico, el cual crea enlaces electrostáticos con fracciones negativamente cargadas, donde se aplica como sonda redox e intercalador en el diseño de sensores basados en ADN y aptámeros. Este minimiza la interferencia cuando los ácidos nucleicos se trasladan a las membranas de hibridación para su transferencia⁴³.

La administración del MB presenta una farmacocinética compleja debido a la distribución multifásica en varios sitios tisulares junto con una lenta tasa terminal de desaparición. Se excreta sin control mediante la orina entre 4 y 24 horas después de la dosificación. El peso molecular permite su fácil y rápida difusión en el tejido, por lo que se utiliza ampliamente en procedimientos intraoperatorios. La accesibilidad de visualizar el azul oscuro con los ojos sin ayuda de la cirugía facilita el mapeo del ganglio centinela. No obstante, se requiere altas concentraciones de este para visualizar el color. Así mismo se ha aplicado a la detección de tumores neuroendocrinos como el insulinoma. Es aplicado en su mayoría en muestras de frotis celulares, hisopados y orina (Ver Anexo 8)⁴³.

Riu

La tinción de Liu o Riu es una técnica de Romanowsky modificada que se inventó en 1953 por el profesor Chen-Hui Liu para frotis hematológicos. Sus componentes son el Liu A y Liu B, todo el procedimiento es sencillo y consiste en sólo 2 minutos. Es conveniente en los

servicios de diagnóstico in situ y se ha utilizado ampliamente en Taiwán y China. En 1981, el profesor Chang publicó el primer artículo sobre la PAAF tiroidea en una revista médica taiwanesa y atrajo la atención de los médicos⁴⁴.

Además, publicó una serie de artículos sobre la presentación citológica de enfermedades tiroideas no neoplásicas, como la tiroiditis de Hashimoto, tiroiditis supurativa aguda, y tiroiditis granulomatosa, así como carcinomas de tiroides, como el carcinoma papilar y carcinoma anaplásico en el mismo diario. Estas experiencias de la práctica local empezaron a publicar artículos en revistas internacionales en 1989. En 1995, publicó el primer atlas en color de citología tiroidea y paratiroidea utilizando la coloración ya mencionada escrita en chino. En resumen se aplica en muestras de frotis de sangre periférica, médula ósea y muestras de PAAF⁴⁴.

Tinta china

Los nombres que se conocen son tinta india o tinción negativa, una técnica con iones negativos que se identifican las capsulas transparentes de diversos microorganismos comúnmente de *Cryptococcus neoformans*. En un enfoque simple y efectivo visualiza las estructuras exteriores de hongos, se tiñe el fondo en este proceso mientras que el microorganismo se muestra como una mancha transparente contra el fondo oscuro. La meningitis criptocócica se presenta en pacientes inmunodeprimidos como los VIH y cuando se detectan levaduras con linfocitos al realizar un recuento de células o examinar un Gram. En conclusión, su aplicación principal en muestras clínicas para diagnóstico de meningitis, tales como LCR, exudados, aspirados o fluidos biológicos para confirmar la presencia de cápsulas en bacterias o levaduras (Ver Anexo 9)⁴⁵.

Ácido Peryódico de Schiff (PAS)

Es una reacción que se aplica comúnmente en histoquímica, la cual utiliza ácido peryódico de Schiff o leucofucsina, colorante incoloro, que se torna rojo estable al contacto con los grupos aldehídos. Se implementa en los laboratorios dentro de los preparados para microscopía óptica, permitiendo diferenciar los componentes celulares que contienen hidratos de carbono, por ejemplo: membranas celulares, células caliciformes en la mucosa del intestino y fibras reticulares⁴⁶.

PAS con Diastasa (PAS-D)

Al resaltar la pared celular rica en carbohidratos la PAS-D es especial y probada para la investigación de micosis superficiales. Identifica sustancias como glucógeno, glicógeno y proteoglicanos. En la histología la diastasa se aplica sobre un corte de tejido antes de teñir con PAS dirigiendo así el glucógeno presente en las células y así diferencia el glucógeno de las otras sustancias como mucinas de los senos paranasales, epitelio respiratorio, glándulas salivales o componentes fúngicos. Se basa en la reacción química entre el ácido periódico y grupos aldehídos, que se visualizan al añadir el reactivo de Schiff resultando en una coloración magenta⁴⁷.

Ziehl Neelsen (ZN)

Es diferencial que identifica bacterias que cuentan con la propiedad fisicoquímica de ser bacilos ácidos alcoholos resistentes (BAAR); y no son reactivas con la fucsina básica, se aplica en orina, biopsias de ganglios linfáticos, esputo, lavado broncoalveolar o aspirado traqueal para diagnosticar TB. Un ejemplo lo constituye el género *Mycobacterium*, la pared de estas es constituida por péptidoglicano unido mediante enlaces covalentes a un polímero de ácidos micólicos que se asocian a unidades de azúcar como galactosa-arabinosa. A este tipo de macromoléculas se les ha asignado el nombre general de arabinogalactano, el cual debido al tamaño y al efecto estérico le confiere carácter hidrofóbico (Ver Anexo 10)⁴¹.

Kinyoun

La tinción acidorresistente es para la detección de casos, derivación y tratamiento de TB en muestras como esputo, lavado broncoalveolar, aspirado traqueal, LCR, líquido pleural, peritoneal o sinovial. El método Kinyoun es la versión fría de ZN, utiliza fucsina y fenol concentrado para la etapa primaria, se realiza mezclando fucsina básica disuelta en alcohol etílico y fenol disueltos en agua destilada, se dejan teñir durante 5 minutos a temperatura ambiente sin calentar. El agente decolorante es alcohol ácido que suele ser 3 % HCl + 95 % etanol se aplica durante 3 minutos. La contratinción, el MB, se deja teñir durante 4 minutos. Luego se examina con un aumento alto en seco de 400X y se confirman las estructuras acidorresistentes de 1000x bajo inmersión en aceite (Ver Anexo 11)⁴⁸.

Azul de Toluidina (BT)

También conocido como Cloruro de Tolonio es metacromático acidófilo que tiñe selectivamente los componentes ácidos del tejido, sulfatos, carboxilatos y radicales fosfatos. Tiene afinidad por los ácidos nucleicos y se une al material nuclear de los tejidos con un alto contenido de ADN y ARN. Es un miembro del grupo de las tiazinas y es parcialmente soluble al agua y al alcohol⁴⁹.

Tricrómica de Grocott Gömöri (GMS)

Se emplea en la visualización de los músculos, fibras de colágeno, tejidos conectivos, gametos, núcleos, neurofibrillas, neuroglía, colágeno y fibrillas intracelulares de queratina. También representa el aumento de la acumulación de colágeno asociada al tejido en funcionamiento que se confunde con el tejido cicatricial en el diagnóstico de esclerosis hepática, así para diferenciar las fibras musculares lisas y colágenos⁵⁰.

Rojo Congo (CR)

Se utiliza para teñir amiloides y cúmulos amorfos en secciones de histología. A pesar de su composición proteica variable, los compuestos amiloides están unidos por la formación de fibrillas beta. Se une a las fibrillas y forma un patrón regular de moléculas de colorante durante el proceso. La regularidad estructural del colorante bajo luz polarizada muestra una doble refracción de la luz mostrando una coloración verde (Ver Anexo 12)⁵¹.

Auramina Rodamina (AR)

Es de tipo histológico en la demostración de BAAR bajo un microscopio fluorescente y también conocida como colorante de AR de Truant, demostrando la anatomía de la célula de bacilo bacteriano en muestras como LCR, esputo, aspirados o lavado broncoalveolar. El fluorocromo, se combina con el ácido micólico en la pared celular de las bacterias, que posteriormente se fija mediante calor. Se utiliza un decolorante, alcohol ácido, para enjuagar los colorantes no teñidos⁵².

Control de calidad y estandarización

Un programa de control interno como los controles positivos/negativos en cada procedimiento de laboratorio, registro de lotes y trazabilidad de reactivos son imprescindibles para garantizar la reproducibilidad de tinciones citoquímicas; revisiones recientes describen estrategias modernas de control de calidad interno aplicables a

laboratorios clínicos para mantener resultados estables en el tiempo. La validación inicial de métodos y la verificación periódica como la comparación inter-laboratorio reducen discrepancias y son requisitos habituales en procesos de acreditación^{53,54}.

La estandarización a través de los procedimientos operativos escritos, existen capacitaciones continuas del personal y uso de equipos automatizados cuando son posibles, por lo cual facilita la comparabilidad entre centros y mejora la calidad diagnóstica. La literatura reciente resalta además la necesidad de adaptar programas de control a nuevas plataformas digitales con el propósito de asegurar que la conversión de imágenes no introduzca sesgos en la interpretación, eliminando así la mayoría de los errores ocasionados por el personal a cargo del área de tinciones, aunque las literaturas se conocen como un área de laboratorio pequeña pero que es muy importante para los resultados^{54,55}.

Protocolos de acreditación y guías internacionales

Para que los resultados de estos procedimientos sean aceptables clínicamente a nivel internacional, los laboratorios suelen basarse en normas como la ISO 15189 edición 2022 y en guías técnicas de organismos profesionales como al CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) y la CAP (College of American Pathologists). Estas normas establecen requisitos sobre la calidad, competencia técnica, trazabilidad, validación de métodos, documentación y muchas instituciones exigen este tipo de acreditación^{55,56}.

La implementación de un sistema de gestión de calidad completo con auditorías internas y externas, indicadores de desempeño y programas de mejora continua, facilita la adopción de nuevas metodologías y su validación clínica. Documentos de acreditación regionales y naciones proporcionan plantillas y requisitos específicos que ayudan a alinear prácticas del laboratorio con las expectativas regulatorias y bioseguridad; estas guías detallan aspectos críticos en la elaboración de los procedimientos, ya que los laboratorios fortalecen su capacidad de innovación sin comprometer la calidad diagnóstica^{55,57}.

Ventajas y limitaciones frente a técnicas moleculares e inmunohistoquímicas

Ofrecen ventajas prácticas como el bajo costo, rapidez, disponibilidad generalizada y la capacidad de evaluar morfología en contexto tisular; por eso siguen siendo útiles como pruebas de cribado y en entornos con recursos limitados. Además, ciertos hallazgos como

por ejemplo los depósitos de polisacáridos o lípidos donde proporcionan información concreta e inmediata que orienta el diagnóstico, aunque no sustituyen técnicas moleculares o inmunohistoquímica, su complementariedad diagnóstica las convierte en una herramienta clave para priorizar casos y decidir estudios posteriores de mayor complejidad^{58,59}.

Sin embargo, las técnicas moleculares y la proteómica como la espectrofometría de masas para tipificar amiloidosis superan a las tradicionales en especificidad y capacidad de identificación molecular, siendo críticas cuando el tipo molecular condiciona el manejo terapéutico. Estudios multicéntricos recientes muestran que se ha elevado la precisión diagnóstica en casos complejos y se consolida como estándar complementario cuando la tinción no es suficiente. Por tanto, la estrategia óptima es integrar procedimientos rutinarios y especiales con técnicas moleculares según sea el caso^{60,61}.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

Tipo de Investigación

Según el enfoque: cualitativo, se fundamentó en revisiones bibliográficas actualizadas sobre el tema planteado. Esta revisión permitió analizar y describir los conceptos clave, teorías y antecedentes relacionados con la temática en estudio, por lo que proporcionó una base sólida para el desarrollo del trabajo.

Según el nivel: es descriptivo puesto que se demostró los detalles de las tinciones citoquímicas que son aplicadas para las diferentes muestras biológicas en bases científicas actualizadas.

Diseño de Investigación

Documental y no experimental, dado que no se manipularon variables, sino que se basó en la revisión bibliográfica donde se observaron y analizaron los datos existentes en artículos científicos, páginas web y libros.

Según la secuencia temporal: corte transversal, este estudio se llevó a cabo mediante una sola medición de tiempo determinado que comprendió desde el 2015 al 2025.

Según la cronología de los hechos: tipo retrospectivo, la investigación analizó literatura y fuentes preexistentes de los últimos 10 años, únicamente se estudió y no se han desarrollado nuevos datos.

Técnicas de recolección de datos

Técnica: la observación se basó en revisar varias bases bibliográficas para recopilar y procesar la información de forma descriptiva.

Procesamiento: se enfocó en la obtención, revisión y análisis de las diferentes bases de investigación bibliográfica, para la recolección y tratamiento de la información descriptivamente en una matriz de Excel, donde filtramos las cada uno de los artículos según correspondían a las coloraciones de rutina y especiales.

Población de estudio y tamaño de muestra

Población

La población fue constituida por 50 documentos recuperados estos incluyeron artículos científicos, casos clínicos, tesis y capítulos de libros publicados en revistas especializadas y repositorios académicos. Las fuentes abordaron los fundamentos, aplicaciones, diagnóstico y comparación de coloraciones citoquímicas e histológicas. La búsqueda se realizó en Pubmed (23), Scopus (8), Wolters Kluwer (7), Elsevier (5), Scielo (2), tesis (3) y libros (2) en función a los objetivos.

Muestra

La muestra fue seleccionada fue con un muestreo no probabilístico por conveniencia, se constituyó por 31 fuentes bibliográficas que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. Se caracteriza por una alta calidad científica, 21 artículos provienen directamente de la base de datos de PubMed, destacando publicaciones de Cureus Journal of Medical, Diagnostic Pathology, Journal of Cytology, Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, Frontiers in Microbiology, Mycopathologia, Indian Journal of Dental, Journal of Cancer Research and Therapeutics, International Journal of Surgical Pathology, Journal of Dermatology, Scientific Reports, Bioscience Reports, Malawi Medical, Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services, BMC Medicine, Theranostics y StatPearls.

Complementariamente 7 artículos de revistas biomédicas de gran relevancia regional e internacional, entre las que se incluyeron el International Journal of Medical and Pharmaceutical Research, Biomédica, Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, Nova, Panacea Journal of Medical Sciences y Journal of Medical Science and Clinical Research.

Por último, 3 fuentes se obtuvieron de repositorios académicos y editoriales especializadas para fortalecer el marco teórico y técnico, incluyendo un reporte de caso de Wiley Online Library, un manual técnico de repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México y una tesis de grado del repositorio de la Universidad Nacional Federico Villareal. Cabe

mencionar que la conformación de esta se realizó una selección exhaustiva de la bibliografía inicial para garantizar la integridad de los datos.

Criterio de selección

Criterio de inclusión:

- Artículos científicos, tesis y manuales publicados entre los años 2015 hasta el 2025.
- Fuentes académicas que analicen fundamentos, rendimiento diagnóstico, ventajas, limitaciones de coloraciones citoquímicas.
- Artículos que evalúan la sensibilidad o especificidad del tema propuesto.
- Reportes de caso clínicos.
- Manuales técnicos de laboratorio.
- Estudios indexados y trabajos de grado de repositorios institucionales.

Criterio de exclusión:

- Documentos repetidos en las diferentes bases de datos.
- Artículos que no presentan datos sobre su metodología, utilidad o comparación de resultados.
- Publicaciones de revistas depredadoras.
- Documentos no accesibles de información.
- Artículos de coloraciones aplicadas a muestras no humanas.

Métodos de análisis y procesamiento de datos

Se realizó el análisis y síntesis de la información obtenida de diversas literaturas científicas, como artículos, libros y sitios web de organizaciones nacionales e internacionales relacionadas con el tema propuesto, aplicando un enfoque del método teórico.

Procesamiento: El análisis de contenidos y la interpretación de los resultados obtenidos en las búsquedas bibliográficas aportaron datos cualitativos.

Consideraciones Éticas

Al tratarse de una revisión bibliográfica no existen conflictos de interés y los resultados serán empleados con fines científicos y no maleficientes.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta de manera estructurada los hallazgos obtenidos a partir del análisis de las tinciones citoquímicas de rutina y especiales en diferentes muestras humanas con el objetivo de evaluar su utilidad diagnóstica y su capacidad para diferenciar los tipos celulares, estructuras subcelulares y componentes bioquímicos específicos.

Las tinciones citoquímicas son una herramienta fundamental en el diagnóstico médico, porque permite detectar la localización de enzimas, sustancias inorgánicas o alteraciones a nivel de las células. Los resultados obtenidos evidencia que cada técnica presenta una coloración característica que permite observar las posibles alteraciones morfológicas asociadas a procesos patológicos y no patológicos.

Tabla 1. Coloraciones citoquímicas de rutina y especiales en muestras humanas.

Autores	Número de pacientes	Muestras		Patologías	Coloraciones					
		Citológicas	Histológicas		Rutina	S	E	Especiales	S	E
Arteta et al. ⁶²	737	BAL	-	Tuberculosis	HE	40 %	90 %	ZN	51 %	100 %
Ranjan et al. ⁶³	26	BAL LCR	-	Infecciones Fúngicas Invasivas	HE	68 %	82 %	PAS	82 %	88 %
								GMS	89 %	91 %
Vincent et al. ⁶⁴	26	BAL LCR	-	Infecciones Fúngicas Invasivas	HE	68 %	82 %	PAS	82 %	88 %
								GMS	89 %	91 %
Heaton et al. ⁶⁵	66	-	TF, TA, Músculo, BC, Hueso, Heridas	Infecciones Fúngicas Invasivas	HE	56 %	84 %	PAS	56 %	98 %
								GMS	85 %	98 %
Chang et al. ⁶⁶	4327	IC	SLN	Cáncer de mama	HE	85 %	99 %	Riu	83 %	99 %
					PAP	83 %	99 %			
Jacob et al. ⁶⁷	60	-	BE BI	Cáncer Oral	HE	88 %	82 %	PAS	75 %	81 %
Yadav et al. ⁶⁸	45	-	BG	Gastritis por <i>Helicobacter pylori</i>	Giemsa	78 %	100 %	Giménez	89 %	100 %
					HE	78 %	100 %	PAS	82 %	87 %
Manur et al. ⁶⁹	20	Frotis Orales	-	Cuerpos de Barr	PAP	97 %	98 %	MB	96 %	94 %

Prafulla et al. ⁷⁰	153	PAAF de Ganglios Linfáticos	-	Linfadenitis Tuberculosa	PAP	97 %	92 %	ZN	57 %	99 %
Kumaraswamy et al. ⁷¹	62	Frotis Orales	-	Candidiasis Oral	PAP	86 %	33 %	PAS	100 %	67 %
Kumbi et al. ⁷²	291	PAAF de Ganglios Linfáticos	-	Linfadenitis Tuberculosa	Giemsa	83 %	95 %	ZN	73 %	97 %
Song et al. ⁷³	82	-	BC	Amiloidosis	HE	28 %	75 %	CV	30 %	88 %
								CR	100 %	75 %
Vega, H ⁷⁴	27	-	BC	Mastocitosis Cutánea	HE	100 %	88 %	BT	100 %	90 %

Nota. **AB:** Azul Alcían; **AL:** Amiloidosis; **BAL:** Lavado broncoalveolar; **BC:** Biopsias Cutáneas; **BE:** Biopsias Escisionales; **BG:** Biopsias Gástricas; **BI:** Biopsias incisionales; **BT:** Azul de Toluidina; **CR:** Rojo Congo; **CV:** Cristal Violeta; **E:** Especificidad; **GMS:** Tricrómica Gomori-Grocott; **HE:** Hematoxilina & Eosina; **IC:** Citología de Impronta; **LCR:** Líquido Cefalorraquídeo; **MB:** Azul de Metileno; **PAP:** Papanicolaou; **PAS:** Ácido Periódico de Schiff; **PAS-D:** PAS-Diastasa; **PAAF:** Punción Aspiración con Aguja Fina; **S:** Sensibilidad; **SLN:** Biopsia del Ganglio Linfático Centinela; **TA:** Tejido Adiposo; **TF:** Tejido Fibroconectivo; **ZN:** Ziehl Neelsen.

Análisis e interpretación

En la Tabla 1 se presentó el desempeño de las coloraciones citoquímicas de rutina y especiales en muestras humanas, evidenciando la utilidad diagnóstica según la patología evaluada. La HE y PAP, mostraron sensibilidades y especificidades altas, siendo eficaces para una evaluación general. No obstante, en las especiales ZN, PAS, GMS y CR tuvieron valores superiores especialmente en infecciones bacterianas, fúngicas y enfermedades por depósito.

Discusión

En los resultados analizados se evidenciaron que las coloraciones citoquímicas son esenciales en el estudio de patologías humanas, en citología e histología, debido a su accesibilidad, bajo costo y elevado valor analítico, cuando se seleccionan de manera apropiada. Autores como Chang et al., Manur et al y Prafulla et al. coinciden en que los métodos de rutina, como HE y PAP, constituyen el primer nivel de evaluación, porque permiten apreciar la morfología celular y la presencia de alteraciones generales; no obstante, su capacidad de detección disminuye cuando se requiere reconocer de forma precisa agentes o sustancias específicas, lo que explica los valores intermedios observados en procesos infecciosos^{23,66,69,70}.

En este sentido, estudios como los de Arteta et al. y Prafulla et al. demuestran que si bien la HE es útil para sospechar cuadros inflamatorios compatibles con tuberculosis, la confirmación del hallazgo se alcanza por medio del ZN, debido a su principio químico basado en la resistencia de ácido alcohol de las micobacterias, lo que justifica su elevada capacidad de exclusión de falsos positivos. De manera similar, Ranjan et al., Vincent et al. y Heaton et al. coinciden en señalar que las infecciones fúngicas invasivas requieren de procedimientos especiales como PAS y GMS, estas reaccionan con los polisacáridos de la pared fúngica, incrementando de forma significativa la capacidad de detección y reduciendo el riesgo de resultados erróneos^{62-65,70}.

Por otra parte, en afecciones oncológicas, autores como Chang et al. y Jacob et al. destacan el alto rendimiento para la detección de cambios neoplásicos, especialmente cuando se

combinan procedimientos citológicos como la citología de impronta o el estudio de biopsias, donde la evolución nuclear y citoplasmática resulta determinante. Sin embargo, la incorporación de procedimientos complementarios como PAS permite una mejor caracterización tisular, lo cual adquiere relevancia para el análisis diferencial y la orientación terapéutica. Así mismo, en afecciones bacterianas específicas como *Helicobacter pylori*, los trabajos de Yadav et al. evidencian que Giemsa y Giménez superan a la HE, por su afinidad se visualizan con mayor capacidad de detección y confirmación⁶⁶⁻⁶⁸.

La relevancia de estos enfoques radica en que su adecuada aplicación permite optimizar el proceso de confirmación de hallazgos sin recurrir de forma inmediata a métodos más complejos y onerosos, como la inmunohistoquímica o los estudios moleculares, lo cual resulta especialmente importante en laboratorios clínicos con recursos limitados.

Los estudios de Song et al. y Vega confirman que el CR y BT son indispensables para el estudio de enfermedades por depósito y proliferación celular, por su fundamento químico específico aseguran una caracterización precisa. En síntesis, resalta que la selección adecuada de uno de estos procedimientos y la sustentación del conocimiento técnico del profesional es determinante para mejorar la calidad del análisis y contribuir de manera significativa al manejo clínico del paciente^{73,74}.

Tabla 2. Aplicaciones de coloraciones citoquímicas para presencia de patógenos en muestras humanas.

Autores	Población	País	Procedimientos		Aplicaciones	Patógenos	Coloraciones					
			Citológicas	Histológicas			Rutina	S	E	Especiales	S	E
Becerra et al. ⁷⁵	11	Estados Unidos	-	BC	Infecciones bacterianas	<i>P. aeruginosa</i> <i>S. aureus</i>	HE Gram	40 % 65 %	70 % 90 %	Gram modificado	85 %	90 %
Chisale et al. ⁴⁵	265	África	PL para LCR	-	Meningitis criptocócica	<i>Cryptococcus spp.</i>	Gram	50 %	96 %	Tinta China	75 %	100 %
Ghartimagar et al. ⁷⁶	1	Nepal	PAAF de LPLSD	-	Aspergilosis	<i>Aspergillus spp.</i>	Giemsa	50 %	90 %	ZN	85 %	95 %
Kumbi et al. ⁷²	291	Etiopía	PAAF de lesión extrapulmonar	-	Linfadenitis tuberculosa	BAAR	Giemsa	83 %	95 %	ZN	73 %	97 %
Lakshmi et al. ⁷⁷	200	India	-	Bx de SP, MX, EXO, ENI, ECLE	Mucormicosis	COVID-19	HE	35 %	80 %	PAS GMS	65 % 98 %	90 % 95 %
Sharma et al. ⁷⁸	100	India	PAAF del ganglio linfático	-	Linfadenitis tuberculosa	BAAR	HE	30 %	75 %	ZN AR	65 % 85 %	96 % 90 %
Sharma et al. ⁷⁹	200	India	PAAF de lesiones de la glándula tiroides	-	Tuberculosis	BAAR	MGG HE	55 % 40 %	90 % 80 %	ZN	75 %	95 %
Singh et al. ⁸⁰	77	India	-	Bx de CCN, MSM, TC y BC	Mucormicosis	COVID-19	HE	88 %	100 %	PAS GMS	70 % 92 %	90 % 95 %

Tapia et al. ⁸¹	908	Perú	-	Bx de lesión pulmonar y extrapulmonar	Tuberculosis	BAAR	Gram	50 %	85 %	ZN	65 %	95 %
										AR	85 %	90 %
Xing et al. ⁸²	285	China	BAL	-	Neumonía	<i>Pneumocystis jirovecii</i>	Giemsa	55 %	85 %	GMS	98 %	95 %
										ZN	70 %	95 %
Zaidi et al. ⁸³	1835	India	BAL	-	Enfermedades infecciosas específicas	BAAR, NP, AP, MCR, CI, PCP, AC, LC	MGG	70 %	85 %	PAS	80 %	95 %
										ZN	75 %	100 %
										PAP	65 %	90 %

Nota. AC: Actinomyces; AR: Auramina Rodamina; BAAR: Bacilos Ácido Alcohol Resistentes; BAL: Lavado broncoalveolar; Bx: Biopsia; BT: Biopsia de tejido; BC: Biopsias cutáneas; BCN: Botón corneal; BC: Botón corneal; CCN: Costra de la cavidad nasal; CI: Candidiasis; CM: Meningitis criptocócica; EXO: Exenteración orbitaria; ENI: Escisión intracraneal; ECLE: Escisión cutánea de lesiones; E: Especificidad; GMS: Gomori-Grocott; HE: Hematoxilina & Eosina; LPLSD: Lesión pulmonar del lóbulo superior derecho LC: Leishmaniasis; MSM: Muestra del seno maxilar; MX: Maxilectomía; MGG: May Grunwald Giemsa; NP: Nocardiosis pulmonar; PL: Punción lumbar; PAAF: Citología por aspiración con aguja fina; PAS: Ácido periódico de Schiff; PCP: Pneumocystis; PCR: Reacción en cadena de la polimerasa; SP: Senos paranasales; S: Sensibilidad; TC: Tejido de cerebro; ZN: Ziehl Neelsen.

Análisis e interpretación

En la Tabla 2 se consolidan como herramientas esenciales al reconocer patógenos en especímenes biológicos, destacando su utilidad según el tipo de muestra y el posible patógeno. Esquemas como HE y Gram sobresalen en la detección de infecciones bacterianas debido a su adecuada sensibilidad y especificidad, resaltando los estudios realizados en Estados Unidos, India y Perú adecuadas la evaluación de procesos infecciosos.

Respecto a procesos oportunistas el uso de Tinta China, PAS, GMS y Giemsa resultó eficaz en el hallazgo de hongos como *Cryptococcus*, *Aspergillus*, *Mucor* y *Pneumocystis jirovecii*, alcanzando una especificidad superior al 90 % en investigaciones desarrolladas en África, Nepal, India y China. El protocolo de ZN fue el más ejecutado al localizar *Mycobacterium tuberculosis* en ejemplares pulmonares y extrapulmonares en países con alta carga de tuberculosis como India, Etiopía y Perú.

Discusión

Estudios realizados en Estados Unidos como el de Becerra et al. evidencian que HE y Gram mantienen su vigencia al precisar infecciones bacterianas, ya que permiten evaluar la estructura del ejemplar y la presencia de microorganismos con una especificidad cercana al 90 %. Por otra parte, Chisale et al. resalta la importancia de la Tinta China en LCR al detectar *Cryptococcus spp* en África. Con una especificidad del 100 %, demostrando que a pesar de la sencillez de ciertos protocolos estos ofrecen resultados de alto impacto clínico^{45,75}.

También, Ghartimagar et al. en Nepal coinciden con los autores mencionados con anterioridad al demostrar que Giemsa y ZN permiten localizar hongos filamentosos como *Aspergillus spp.* en aspirados con alta especificidad. En conjunto, estos investigadores sostienen que la elección del procedimiento depende del patógeno probable en donde estas herramientas aunque económicas y rápidas, desempeñan un rol crucial en las pautas iniciales de detección⁷⁶.

Kumbi et al. y Sharma et al. concuerdan en el valor de ZN en PAAF para la identificación de *Mycobacterium tuberculosis*, puesto que posee una sensibilidad del 30 % al 55 % y una

especificidad superior al 90 %, lo que la vuelve imprescindible en países como Etiopía e India. De igual manera, Lakshmi et al.⁷⁴ destacan la relevancia de procesos especiales como PAS y GMS en la detección de mucormicosis, donde alcanzan una especificidad del 95 %-98 %, superando a los métodos convencionales. La comparación muestra que, mientras ZN es fundamental ante BAAR, PAS y GMS resultan vitales frente a hongos invasivos, incrementando la precisión de la labor analítica basada en la morfología^{72,77,78}.

Singh et al. y Tapia et al. indican en sus análisis del Perú como la India que Gram y ZN conservan su utilidad frente a tuberculosis con una especificidad superior al 90 %. Sin embargo, Xing et al. y Zaidi et al. amplían el enfoque al mostrar que el funcionamiento de Giemsa, MGG, PAP, PAS, GMS y ZN facilitan el hallazgo de diversos patógenos respiratorios, incluyendo *Pneumocystis jirovecii*, con una especificidad de hasta el 100 %. Adicionalmente, el empleo combinado de diversos protocolos optimiza la exactitud analítica y la diferenciación etiológica, confirmando su papel central en el estudio integral de infecciones pulmonares⁸⁰⁻⁸³.

Tabla 3. Ventajas, desventajas y limitaciones de las tinciones citoquímicas en muestras tumorales.

Autores	Categoría Sospechosa	Procedimiento	Tipo de coloración		Ventajas	Desventajas	Limitaciones
			Rutina	Especial			
Munjaj et al. ⁸⁴	BI-RADS 1-2	PAAF	PAP	-	<ul style="list-style-type: none"> • Claridad nuclear • Definición citoplasmática • Correlación morfológica • Visualiza células epiteliales normales, fibroblastos, macrófagos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependencia técnica • Sensibilidad moderada 	<ul style="list-style-type: none"> • Lesiones pequeñas • Variabilidad operatoria
Hagag et al. ⁸⁵	TI-RADS 1-2	PAAF	PAP	-	<ul style="list-style-type: none"> • Valor pronóstico • Índice proliferativo • Estratificación tumoral • Detecta células foliculares normales 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado • Procesamiento complejo 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad muestral • Acceso restringido
Yang et al. ⁸⁶	BI-RADS 5-6	CNB	HE	-	<ul style="list-style-type: none"> • Arquitectura tisular • Reproducibilidad diagnóstica • Evaluación global 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja sensibilidad molecular • Información limitada 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras reducidas • Uso complementario

					<ul style="list-style-type: none"> • Distingue carcinoma ductal/lobulillar 		
Wan et al. ⁸⁷	TI-RADS 4-5	PAAF	-	CR	<ul style="list-style-type: none"> • Visualiza amiloide • Alta especificidad • Distingue carcinoma papilar tiroideo 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación selectiva • Técnica especializada 	<ul style="list-style-type: none"> • Tumores específicos • Interpretación cualitativa
Seminati et al. ⁸⁸	TI-RADS 3	PAAF	Giemsa	-	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez diagnóstica • Bajo costo • Aplicación rutinaria • Distingue hiperplasia folicular 	<ul style="list-style-type: none"> • Definición nuclear limitada • Variabilidad cromática 	<ul style="list-style-type: none"> • Lesiones foliculares • Experiencia requerida
Zhang et al. ⁸⁹	TI-RADS 5-6	PAAF	-	ICC	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmación diagnóstica • Alta especificidad • Distingue carcinoma papilar tiroideo 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad limitada • Anticuerpos específicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Patología concreta • Infraestructura avanzada
Chen et al. ⁹⁰	BI-RADS 3	PAAF	PAP	-	<ul style="list-style-type: none"> • Correlación citológica • Evaluación celular • Apoyo diagnóstico • Distingue células epiteliales 	<ul style="list-style-type: none"> • Falsos negativos • Dependencia operativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Tumores pequeños • Muestro insuficiente

					hiperplásicas sin atipia		
Wang et al. ⁹¹	TI-RADS 3	PAAF	HE	-	<ul style="list-style-type: none"> • Visualización de mucinas • Apoyo histoquímico • Distingue hiperplasia folicular 	<ul style="list-style-type: none"> • Especificidad baja • Uso secundario 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación subjetiva • Complementariedad obligatoria

Nota. BI-RADS: Sistema de datos e informes de imágenes mamarias; **BI-RADS 0:** Incompleto; **BI-RADS 1:** Negativo (mama normal); **BI-RADS 2:** Hallazgos benignos (0 % riesgo); **BI-RADS 3:** Hallazgos probablemente benignos (seguimiento corto, <2 % riesgo); **BI-RADS 4:** Lesiones sospechosas (se recomienda biopsia, 2 % - 95 % riesgo); **BI-RADS 4A:** Baja sospecha (2-10 %); **BI-RADS 4B:** Sospecha moderada (10-50 %); **BI-RADS 4C:** Alta sospecha (50-95 %); **BI-RADS 5:** Altamente sugerente de malignidad (≥95 % riesgo); **BI-RADS 6:** Malignidad confirmada por biopsia; **CNB:** Biopsia con Aguja Gruesa; **CR:** Rojo Congo; **HE:** Hematoxilina & Eosina; **ICC:** Inmunocitoquímica de calcitonina; **PAAF:** Punción Aspiración con Aguja Fina; **PAP:** Coloración Papanicolaou; **TI-RADS:** Sistema de datos e informes de imágenes de tiroides; **TI-RADS 1:** Glándula tiroidea normal; **TI-RADS 2:** Nódulos benignos (0 % riesgo); **TI-RADS 3:** Nódulos probablemente benignos (riesgo <5 %); **TI-RADS 4:** Nódulos sospechosos (5 % - 80 % riesgo); **TI-RADS 5:** Nódulos probablemente malignos (riesgo >85 %); **TI-RADS 6:** Malignidad confirmada.

Análisis e interpretación

En la Tabla 3 se describió las ventajas, desventajas y limitaciones de las coloraciones utilizadas en muestras tumorales organizadas según los sistemas de BI-RADS y TI-RADS, destacando su importancia de acuerdo con el grado de malignidad. El PAP y Giemsa es el tamizaje inicial siguiendo los protocolos con PAAF y CNB siendo eficaces en categorías de bajo riesgo como lesiones sospechosas, con énfasis en el núcleo, relación núcleo-citoplasma y contexto celular.

Además, la confirmación diagnóstica en categorías de alto riesgo como BI-RADS 5-6 y TI-RADS 4-5, el uso de CR e ICC resulta eficaz para superar las limitaciones de sensibilidad molecular de las tinciones de rutina. El PAP es el más representativo para la evaluación celular global, mientras que las complementarias permiten identificar depósitos de amiloide o marcadores específicos en carcinomas, a pesar de su costo y requerimientos técnicos.

Discusión

Munjal et al. y Chen et al. evidenciaron que la coloración PAP mantiene su vigencia como el estándar de oro para la selección inicial en muestras mamarias y tiroideas obtenidas por PAAF, porque permite evaluar el núcleo y relación núcleo-citoplasma con una adecuada correlación morfológica. No obstante, coinciden en que su principal limitación radica en la dependencia técnica e igualmente en la posibilidad de falsos negativos en tumores pequeños, lo que subraya la necesidad de un operador experimentado para minimizar la variabilidad diagnóstica en categorías intermedias como BI-RADS 3^{84,90}.

Por otro lado, Seminati et al. resaltó la importancia de Giemsa en la práctica rutinaria de tiroides en TI-RADS 3, destacando su ventaja en rapidez y bajo costo para detectar hiperplasia folicular en muestras por PAAF. No obstante, advierten que su limitación en la definición nuclear obliga a su uso combinado con otras técnicas para asegurar la precisión. Hagag et al. refuerzan este punto, aunque PAP ofrece un alto valor pronóstico en la estratificación tumoral, su procesamiento complejo puede ser una desventaja frente a métodos más rápidos si no se cuenta con la infraestructura adecuada^{85,88}.

En contraste, para el manejo de muestras de alta sospecha, Wan et al. y Zhang et al. comparten en que la selección de las coloraciones es imperativa. Wan et al. demuestran que el CR es insustituible ante la sospecha de carcinoma medular de tiroides, TI-RADS 4-5, por su alta especificidad en la detección de amiloide, una ventaja que las tinciones de rutina no poseen. Similarmente, Zhang et al. validan la ICC como la herramienta de elección para confirmar malignidades en TI-RADS 5-6, superando la limitación de la morfología pura mediante la detección de anticuerpos específicos^{87,89}.

Yang et al. y Wang et al. sostienen que la HE aporta una ventaja crucial en la evaluación de la arquitectura tisular en CNB de alto grado como BI-RADS 5-6, permitiendo diferenciar carcinomas ductales de lobulillares. En suma, la selección del método no es aislada, sino escalonada, se prioriza PAP, HE y Giemsa por sus ventajas morfológicas en el tamizaje, mientras que se seleccionan CR o ICC para superar las limitaciones de especificidad en diagnósticos oncológicos confirmatorios^{86,91}.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

A través de las revisiones bibliográficas se confirma que la Hematoxilina & Eosina y Papanicolaou son los pilares de la evaluación morfológica general, mientras que las tinciones especiales como Ziehl Neelsen, Ácido Periódico de Schiff y Tricrómica de Grocott Gömöri resultan insustituibles para confirmar agentes infecciosos específicos como la tuberculosis y micosis. Su vigencia se sustenta en su accesibilidad y alta confiabilidad analítica. Por lo tanto, la correcta elección del método citoquímico optimiza el diagnóstico clínico, validando la importancia y aplicación actual de estas en el análisis de muestras humanas.

En el análisis de los datos se distinguió la presencia de agentes infecciosos en muestras humanas con valores de sensibilidad y especificidad elevados. En infecciones bacterianas, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* tuvieron sensibilidades del 40 % - 65 % con Gram y Hematoxilina & Eosina en especificidades del 85 % - 90 % tanto para biopsias cutáneas como muestras respiratorias. En procesos micóticos, *Cryptococcus spp.* en líquido cefalorraquídeo tuvo un desempeño del 75 % y 100 % en los dos parámetros con Tinta China, mientras que *Pneumocystis jirovecii* se observó valores entre 65 % - 85 % de la sensibilidad teniendo valores superiores de especificidad del 95 % en aspirados, tejidos y lavados broncoalveolares. Así mismo, *Mycobacterium tuberculosis* presentó resultados mayores al 90 % con Ziehl Neelsen especialmente en regiones de alta prevalencia.

En los resultados se visualizó las alteraciones celulares mediante la selección sustentada de las tinciones citoquímicas en función del grado de sospecha tumoral. Papanicolaou y Hematoxilina & Eosina, tuvieron elevada sensibilidad y especificidad en la evaluación de la arquitectura celular. Así mismo, métodos como Rojo Congo es mucho mejor para depósitos de amiloide y la Inmunocitoquímica afirma como la opción de mayor especificidad en corroborar atipias complejas. Finalmente, el Papanicolaou se seleccionó como la más utilizada y aplicada dentro de Anatomía Patológica en procesos oncológicos, debido a su versatilidad, disponibilidad y amplio respaldo científico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Singh I, Weston A, Kundur A, Dobie G. Introduction. Haematol Case Stud with Blood Cell Morphol Pathophysiol [Internet]. el 1 de enero de 2017 [citado el 16 de junio de 2025];1–8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128119112000015>
2. Garrido G, Cornejo M, López V. Colorantes para laboratorios de ciencias básicas [Internet]. 1a ed. Ediciones Cuautitlán, editor. Cuautitlán: FESUNAM; 2021. Disponible en: https://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/Manual_Colorantes.pdf
3. Aratani Y. Myeloperoxidase: Its role for host defense, inflammation, and neutrophil function. Arch Biochem Biophys [Internet]. febrero de 2018;640:47–52. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003986117307725>
4. Ghebreyesus T. Global Tuberculosis Report [Internet]. 1a ed. OMS, editor. New York: OMS; 2022. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/363752/9789240061729-eng.pdf?sequence=1>
5. Wang Z, Wang T, Yang J, Wang W, Zhang L, Su X, et al. Diagnostic Yield and Performance of a Large Population-Based Cervical Cancer Screening Program in High-Risk Rural China. J Cancer [Internet]. 2020;11(13):4000–6. Disponible en: <http://www.jcancer.org/v11p4000.htm>
6. Rodríguez Y, Geomara L, Sánchez, Satán Esthefanny D, Méndez Peñafiel CI. Tinciones para determinación de sustancia amiloidea y carbohidratos en tejidos humanos [Internet]. Repositorio Digital UNACH. Universidad Nacional de Chimborazo; 2023. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11043>
7. Instituto Nacional del Cáncer. Muchas mujeres están atrasadas con los exámenes de detección de cáncer de cuello uterino [Internet]. NIH. 2022. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/noticias/temas-y-relatos-blog/2022/aumenta-retraso-examenes-deteccion-cancer-cuello-uterino>
8. Parry N. Azul de toluidina: una tinción histológica para mastocitos [Internet]. BiteSizeBio. 2025. Disponible en: <https://bitesizebio.com/19048/toluidine-blue-a-histology-stain-for-mast-cells-and-other-things>
9. Murillo Bacilio M del R, Palta González AM, Patiño Murillo GE, Campoverde Merchán EDFX. Prueba diagnóstica entre la citología, biopsia por congelación e

- histopatología en el diagnóstico del Nódulo Tiroideo en pacientes atendidos en Solca desde el año 2009 – 2017. *Oncol* [Internet]. el 31 de diciembre de 2020;30(3):204–14. Disponible en: <https://roe-solca.ec/index.php/johs/article/view/490>
10. Ministerio de Salud Pública. Boletín Epidemiológico [Internet]. MSP. 2023. Disponible en: https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2025/01/boletin_iaas_2022-2023_final.pdf
 11. Instituto Nacional del Cáncer. Detección del cáncer de cuello uterino [Internet]. NIH. 2025. p. 1. Disponible en: https://progressreport.cancer.gov/detection/cervical_cancer
 12. Carrión Ordoñez JI, Soto Brito Y, Pupo Antúnez M, Loja Chango R. Infección por Virus del Papiloma Humano y citología cérvico-vaginal en mujeres indígenas del Cañar, Ecuador. *Bionatura* [Internet]. el 15 de agosto de 2019;4(3):934–8. Disponible en: <https://www.revistabionatura.com/2019.04.03.10.html>
 13. Goldblum J, Lamps L, McKenney J, Myers J. *Rosai and Ackerman's Surgical* [Internet]. 11a ed. Elsevier Inc., editor. Philadelphia: Elsevier Inc.; 2018. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/#!/browse/book/3-s2.0-C20131134983>
 14. Ruales J, Checa F. La atención del cáncer en el Ecuador: pasado, presente y futuro. *Rev Fac Ciencias Médicas* [Internet]. 2018;43(1). Disponible en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/06/1005245/5-la-atencion-del-cancer-en-el-ecuador-pasado-presente-y-futuro.pdf>
 15. Iwasa J, Marshall W. *Biología Celular y Molecular*. 8a ed. McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A., editor. BOOKSMEDICOS.ORG; 2019.
 16. Asamblea Constituyente. Constitución de la República del Ecuador [Internet]. 1a ed. Asamblea Constituyente, editor. Ciudad Alfaro: Lexis; 2008 [citado el 2 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.lexis.com.ec/biblioteca/constitucion-republica-ecuador>
 17. Vite Aranda JL. La Célula. *Vida Científica Boletín Científico la Esc Prep No 4* [Internet]. el 5 de julio de 2024;12(24):32–4. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/12878>
 18. Saladin KS. *Anatomía y Fisiología. La unidad entre forma y función*. 6a ed. Mc Graw Hill Interamericana, editor. México, D.F.: Mc Graw Hill Interamericana; 2013.
 19. Gurina T, Simms L. *Histología, Tinción* [Internet]. StatPearls. 2023. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557663/>

20. González E, Díaz A, Gómez D, Rivera F, De la Cruz M. Manual de Tinciones Citoquímicas Especiales en Hematología [Internet]. 1a ed. Xalapa: Centro Estatal de Cancerología “Dr. Miguel Dorantes Mesa”; 2019. Disponible en: <https://cms.ifcc.org/media/478752/manual-de-tinciones-citoquimicas-especiales.pdf>
21. Prieto J. Capítulo1. Color en Medicina. Historia [Internet]. Esfera Salud. 2021. Disponible en: <https://esferasalud.com/actualidad-sanitaria/color-en-medicina-historia>
22. Gurina TS, Lary S. Histology, Staining. Treasure Isl StatPearls Publ [Internet]. 2023; Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557663/>
23. Corrales Ramírez LC, Caycedo Lozano L. Principios físicoquímicos de los colorantes utilizados en microbiología Principios físicoquímicos de los colorantes. Nova [Internet]. el 10 de febrero de 2020;18(33):1–28. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/3701>
24. Mohandas R, Ramani P, Sherlin H, Gheena S, Ramasubramanian A, Don K, et al. Organic stains used in histopathology - A systematic review. Drug Invent Today [Internet]. 2019;11(2). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332012218_Organic_stains_used_in_histo_pathology_-_A_systematic_review
25. DC fine Chemical. Tinciones básicas de laboratorio [Internet]. Blog. 2022. p. 1–5. Disponible en: <https://www.dcfinechemicals.com/es/blog/tinciones-basicas-de-laboratorio/>
26. Rahmawati T, Apriyadi Y, Mamay. Utilization of 1% of Methylene Blue in Staining Histopathological Preparations at Anatomic Pathology Laboratory. Indones J Med Lab Sci Technol [Internet]. el 27 de agosto de 2020;2(2):93–100. Disponible en: <https://journal2.unusa.ac.id/index.php/IJMLST/article/view/1563>
27. Hospital Universitario La Paz. Citología [Internet]. Salud Madrid. 2023. Disponible en: [https://www.comunidad.madrid/hospital/lapaz/profesionales/servicios-centrales/citologia-exfoliativa-puncion-aspiracion#:~:text=Los tipos más comunes de,ascítico%2C pleural y pericárdico\).](https://www.comunidad.madrid/hospital/lapaz/profesionales/servicios-centrales/citologia-exfoliativa-puncion-aspiracion#:~:text=Los tipos más comunes de,ascítico%2C pleural y pericárdico).)
28. Deepthi B, Prayaga AK, Rukmangadha N. Comparison of Modified Ultrafast Giemsa Stain with the Standard May Grunwald Giemsa Stain in FNAC of Various Organs. J Cytol [Internet]. octubre de 2022;39(4):174–9. Disponible en: https://journals.lww.com/10.4103/joc.joc_43_22

29. Balaji L, Ramanan L, Nandhagopal M, Subramaniam J. Examining Diagnostic Efficacy: GeneXpert Versus Traditional Staining Techniques With Culture in the Diagnosis of Tuberculosis. *Cureus* [Internet]. el 2 de julio de 2024; Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/244265-examining-diagnostic-efficacy-genexpert-versus-traditional-staining-techniques-with-culture-in-the-diagnosis-of-tuberculosis>
30. Zaporojan N, Negrean RA, Hodişan R, Zaporojan C, Csep A, Zaha DC. Evolution of Laboratory Diagnosis of Tuberculosis. *Clin Pract* [Internet]. el 23 de febrero de 2024;14(2):388–416. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2039-7283/14/2/30>
31. Alturkistani HA, Tashkandi FM, Mohammedsaleh ZM. Histological Stains: A Literature Review and Case Study. *Glob J Health Sci* [Internet]. el 25 de junio de 2015;8(3):72. Disponible en: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/gjhs/article/view/48521>
32. Adhya AK, Kar M, Mohanty R. Touch Imprint Cytology: A Rapid and Accurate Method for Diagnosis of Oral Cancer. *Acta Cytol* [Internet]. 2019;63(5):411–6. Disponible en: <https://karger.com/article/doi/10.1159/000500006>
33. Kato T, Higuchi Y, Oshima M, Endo F, Sato F, Sugihara S, et al. Efficacy of Touch Imprint Cytology in Intraoperative Diagnosis of Invasive Mucinous Adenocarcinoma of the Lung: A Case Report and Literature Review. *Clin Pract* [Internet]. el 29 de enero de 2024;14(1):242–9. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2039-7283/14/1/19>
34. Castro-Ortega A, Muela-Campos D, Soto-Barreras U, Bologna-Molina R. Expresión Inmunohistoquímica de Ki-67 en Lesión Central de Células Gigantes. *Int J Odontostomatol* [Internet]. junio de 2019;13(2):150–6. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2019000200150&lng=en&nrm=iso&tlng=en
35. Chetlen A, Niell BL, Brown A, Baskies AM, Battaglia T, Chen A, et al. ACR Appropriateness Criteria® Breast Implant Evaluation: 2023 Update. *J Am Coll Radiol* [Internet]. noviembre de 2023;20(11):S329–50. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S154614402300618X>
36. Ali SZ, Baloch ZW, Cochand-Priollet B, Schmitt FC, Vielh P, VanderLaan PA. The 2023 Bethesda System for Reporting Thyroid Cytopathology. *Thyroid*® [Internet]. el 8 de julio de 2023;33(9):1039–44. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1089/thy.2023.0141>

37. Rebolj M, Rask J, van Ballegooijen M, Kirschner B, Rozemeijer K, Bonde J, et al. Cervical histology after routine ThinPrep or SurePath liquid-based cytology and computer-assisted reading in Denmark. *Br J Cancer* [Internet]. el 8 de noviembre de 2015;113(9):1259–74. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/bjc2015339>
38. Usón-Gracia A, Fernández N, Hernández J. Manual del técnico de anatomía patológica y citodiagnóstico [Internet]. 1a ed. Ábrego J, editor. Zaragoza: Amazing Books S.L.; 2022. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=A7apEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&dq=citoquímica+en+anatomía+patológica&ots=HBAsJbFs1J&sig=VQoGfdEt9N9nF0WxZqJS6IbJnsY#v=onepage&q=citoquímica+en+anatomía+patológica&f=false>
39. Torres Arroyo EL, Gracia Herrera L, Thorrens Romero E, Villegas Gracia R. Manual de introducción a la microbiología [Internet]. Universidad de Córdoba. 2022. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/3c7a549c-596d-4758-aa81-0f1bd2c361f6>
40. Simancas-Escorcía V, Leal-Betancur J, Díaz-Caballero A, Orozco-Páez J. Comparación de métodos histoquímicos para el análisis histológico de muestras de encía humana. *Rev Cuba Estomatol* [Internet]. 2021;58(4):3596. Disponible en: <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/3596>
41. Mestanza R. Frecuencia de las tinciones histoquímicas de PAS, Grocott y Ziehl-Neelsen utilizadas para la identificación de microorganismos, realizadas en el Servicio de Anatomía Patológica del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo en el año 2015 [Internet]. Universidad Central del Ecuador; 2016. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/47fe0785-77eb-4a06-acd6-9c6a2ac2da7b/content>
42. Doan C. Tinciones especiales: ¿cuál, cómo y por qué? Parte II: Tejido conjuntivo. *Rev Leica* [Internet]. 2025; Disponible en: <https://www.leicabiosystems.com/es/knowledge-pathway/special-stains-which-one-how-and-why-part-ii-connective-tissue/>
43. Nedu M-E, Tertis M, Cristea C, Georgescu AV. Comparative Study Regarding the Properties of Methylene Blue and Proflavine and Their Optimal Concentrations for In Vitro and In Vivo Applications. *Diagnostics* [Internet]. el 15 de abril de 2020;10(4):223. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4418/10/4/223>
44. Hang J-F, Hsu C-Y, Lai C-R. Thyroid Fine-Needle Aspiration in Taiwan: The History

- and Current Practice. *J Pathol Transl Med* [Internet]. el 15 de noviembre de 2017;51(6):560–4. Disponible en: <http://jpatholtm.org/journal/view.php?doi=10.4132/jptm.2017.09.20>
45. Chisale M. A comparative evaluation of three methods for the rapid diagnosis of cryptococcal meningitis (CM) among HIV-infected patients in Northern Malawi. *Malawi Med J* [Internet]. el 31 de marzo de 2020;32(1):3–7. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7366160/>
46. Ghelichli M, Rajabi A, Mirsaeedi N, Mohammadi M, Sohrabi S, Darabi N. Accuracy of special histochemical staining methods in diagnosis of oral pathology: A systematic review and meta-analysis. *Dent Res J (Isfahan)* [Internet]. mayo de 2024;21(1). Disponible en: https://journals.lww.com/10.4103/drj.drj_284_23
47. Wang MZ, Guo R, Lehman JS. Correlation between histopathologic features and likelihood of identifying superficial dermatophytosis with periodic acid Schiff-diastase staining: a cohort study. *J Cutan Pathol* [Internet]. el 15 de febrero de 2017;44(2):152–7. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cup.12865>
48. Prakoeswa FRS, Rumondor BB, Prakoeswa CRS. Acid-Fast Staining Revisited, a Dated but Versatile Means of Diagnosis. *Open Microbiol J* [Internet]. el 17 de agosto de 2022;16(1). Disponible en: <https://openmicrobiologyjournal.com/VOLUME/16/ELOCATOR/e187428582206081/>
49. Gokul Sridharan AAS. Azul de toluidina: una revisión de su química y utilidad clínica. *Natl Libr Med* [Internet]. 2020;16:251–5. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3424943/>
50. Histo-Line. Tricrómico de Masson-Goldner - kit. Kit siete React para la tinción fibras musculares y colágeno [Internet]. 2021; Disponible en: <https://www.histoline.com/es/01mgt100t>
51. Bernal Morera KM, Yepes Henao VM. Manual de procedimientos en el laboratorio de técnica histológica: Procesamiento de Tejidos, Inclusión y Corte [Internet]. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS. 2021. Disponible en: <https://repositorio.fucsalud.edu.co/entities/publication/131d6dc2-4565-4e62-b0ab-eaa4a8106617>
52. Mokobi F. Auramine- Rhodamine Staining [Internet]. *Microbe Notes*. 2022.

- Disponibile en: <https://microbenotes.com/auramine-rhodamine-staining/>
53. Gruber L, Hausch A, Mueller T. Internal Quality Controls in the Medical Laboratory: A Narrative Review of the Basic Principles of an Appropriate Quality Control Plan. *Diagnostics* [Internet]. el 5 de octubre de 2024;14(19):2223. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4418/14/19/2223>
 54. Ardon O, Labasin M, Friedlander M, Manzo A, Corsale L, Ntiamoah P, et al. Quality Management System in Clinical Digital Pathology Operations at a Tertiary Cancer Center. *Lab Investig* [Internet]. noviembre de 2023;103(11):100246. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023683723001897>
 55. International Standard Medical Laboratories. Requirements for quality and competence [Internet]. Vol. 4. 2022. p. 72. Disponible en: <https://www.iso.org/>
 56. Schneider F, Maurer C, Friedberg RC. International Organization for Standardization (ISO) 15189. *Ann Lab Med* [Internet]. el 1 de septiembre de 2017;37(5):365–70. Disponible en: <http://annlabmed.org/journal/view.html?doi=10.3343/alm.2017.37.5.365>
 57. College of Physicians and Surgeons of British Columbia. Diagnostic Accreditation Program ACCREDITATION STANDARDS Laboratory Medicine [Internet]. Diagnostic Accreditation Program College of Physicians and Surgeons of British Columbia. 2025. Disponible en: <https://www.cpsbc.ca/files/pdf/DAP-AS-Laboratory-Medicine-V2.0.1.pdf>
 58. Gümüş E, Özen H. Glycogen storage diseases: An update. *World J Gastroenterol* [Internet]. el 7 de julio de 2023;29(25):3932–63. Disponible en: <https://www.wjgnet.com/1007-9327/full/v29/i25/3932.htm>
 59. Soon GST, Torbenson M. The Liver and Glycogen: In Sickness and in Health. *Int J Mol Sci* [Internet]. el 24 de marzo de 2023;24(7):6133. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/24/7/6133>
 60. Hill MM, Dasari S, Mollee P, Merlini G, Costello CE, Hazenberg BPC, et al. The Clinical Impact of Proteomics in Amyloid Typing. *Mayo Clin Proc* [Internet]. mayo de 2021;96(5):1122–7. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025619620314580>
 61. Colombat M, Gaspard M, Camus M, Dalloux-Chioccioli J, Delas A, Poullot E, et al. Mass spectrometry-based proteomics in clinical practice amyloid typing: state-of-the-art from a French nationwide cohort. *Haematologica* [Internet]. el 4 de agosto de

- 2022;107(12):2983–7. Disponible en:
<https://haematologica.org/article/view/haematol.2022.281431>
62. Arteta AA, Arias LF, Cadavid CE. Coloración de Ziehl-Neelsen en el laboratorio de patología : rendimiento y contribución al diagnóstico de micobacterias en el lavado broncoalveolar. *Biomed* [Internet]. 2022;42(3):460–9. Disponible en:
<https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/6347>
63. Ranjan R, Singh A, Patel B. Diagnostic Accuracy of Histopathology versus Microbiological Methods in Fungal Infections : A Systematic Review of H & E , PAS , and GMS Staining Compared with Culture and PCR. *Int J Med Pharm Res* [Internet]. 2025;6(5):1482–90. Disponible en: <https://ijmpr.in/article/diagnostic-accuracy-of-histopathology-versus-microbiological-methods-in-fungal-infections-a-systematic-review-of-h-e-pas-and-gms-staining-compared-with-culture-and-pcr-1345/>
64. Vincent S, Kaur S, Soni MK. Evaluation of H & E , PAS , and GMS Stains Compared with Culture and PCR in Fungal Infection Diagnosis : A Systematic Review. *Int J Med Pharm Res* [Internet]. 2025;6(5):1491–9. Disponible en:
<https://ijmpr.in/article/evaluation-of-h-e-pas-and-gms-stains-compared-with-culture-and-pcr-in-fungal-infection-diagnosis-a-systematic-review-1346/>
65. Heaton SM, Weintrob AC, Downing K, Keenan B, Aggarwal D, Shaikh F, et al. Histopathological techniques for the diagnosis of combat-related invasive fungal wound infections. *BMC Clin Pathol* [Internet]. 2016;16:11. Disponible en:
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4937573/#Abs1>
66. Chang Y-C, Tzen C-Y. Intraoperative Sentinel Lymph Node Imprint Cytology Diagnosis in Breast Cancer Patients by General Surgical Pathologists. *J Cytol* [Internet]. enero de 2022;39(1):20–5. Disponible en:
https://journals.lww.com/10.4103/JOC.JOC_41_21
67. Jacob G, Thomas DC, Jo S, Vijayan AK, Mohan A, Mohan SM. Comparative Analysis of Different Staining Techniques for Diagnosing Oral Cancer in Tissue Sections. *J Pharm Bioallied Sci* [Internet]. 2025;17(Suppl 2). Disponible en:
https://journals.lww.com/jpbs/fulltext/2025/06002/comparative_analysis_of_different_staining.78.aspx
68. Yadav R, Sagar M. Comparison of Different Histological Staining Methods for Detection of Helicobacter pylori Infection in Gastric Biopsy. *Cureus* [Internet]. julio de 2022;14(7). Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9411074/>

69. Manur R, Lamzabi I. Amyloidosis diagnosed in cytology specimen of pleural effusion: A case report. *Diagn Cytopathol* [Internet]. el 27 de junio de 2018;46(6):522–4. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29280335/>
70. Prafulla YD, Reddy S, Shashidhar Y. Comparison of pap stained smears by using auto fluorescence method with ziehl-neelsen method for detection of acid fast bacilli (AFB). *Panacea J Med Sci* [Internet]. 2023;13(3):676–80. Disponible en: <https://pjms.in/archive/volume/13/issue/3/article/11129/pdf>
71. Kumaraswamy Naik LR, Shetty P, Krishna Prasad MS, Karnaker VK, Shroff SE, Madathil LP. Fluorescence of Candida in diagnosis of oral candidiasis. *Indian J Dent Res* [Internet]. 2016;27(6):618–22. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28169259/>
72. Kumbi H, Ali MM, Abate A. Performance of fine needle aspiration cytology and Ziehl-Neelsen staining technique in the diagnosis of tuberculosis lymphadenitis. *Springer Nat* [Internet]. 2024;24(633):1–4. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38918686/>
73. Song H, Cheng Y, Wang X, Hong X, Guo Z, Li H, et al. The evaluation of Congo red staining combined with fluorescence microscopy in the diagnosis of primary cutaneous amyloidosis. *J Dermatol* [Internet]. 2025;52(2):281–90. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11807360/>
74. Vega H. Utilidad de la Tinción de Azul de Toluidina para el diagnóstico de mastocitosis cutánea en el Policlínico San Carlos Lima, 2022 [Internet]. Universidad Nacional Federico Villarreal. Universidad Nacional Federico Villarreal; 2022. Disponible en: https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/8555/UNFV_FTM_Vega_Anglas_Hernán_Vladimir_Titulo_profesional_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y
75. Becerra SC, Roy DC, Sanchez CJ, Christy RJ, Burmeister DM. An optimized staining technique for the detection of Gram positive and Gram negative bacteria within tissue. *BMC Res Notes* [Internet]. 2016;1–10. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4828829/pdf/13104_2016_Article_1902.pdf
76. Ghartimagar D, Shrestha MK, Ghosh A, Upreti D. Fine-needle aspiration cytology diagnosis of aspergilloma – A case report. *Clin Case Reports* [Internet]. el 12 de mayo

- de 2022;10(5). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ccr3.5826>
77. Lakshmi IS, Kumari BS, Devojee M, Malini KP, Sunethri P, Somalwar SB, et al. Histopathological Study of Mucormycosis in Post COVID-19 Patients and Factors Affecting it in a Tertiary Care Hospital. *Int J Surg Pathol* [Internet]. 2023;31(1):56–63. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9177820/pdf/10.1177_10668969221099626.pdf
 78. Sharma KC. Ziehl Neelsen and Auramine Rhodamine staining: A comparative evaluation from North India. *J Med Sci Clin Res* [Internet]. el 29 de junio de 2020;08(06). Disponible en: http://jmscr.igmpublication.org/v8-i6/117_jmscr.pdf
 79. Sharma R, Verma N, Kaushal V, Sharma D, Sharma D. Diagnostic accuracy of fine-needle aspiration cytology of thyroid gland lesions: A study of 200 cases in Himalayan belt. *J Cancer Res Ther* [Internet]. 2017;13(3):451–5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28862208/>
 80. Singh GR, Azad S, Kumari M, Kumari S, Kumar S, Ahmed A. A Retrospective Observational Study on the Comparison of Different Diagnostic Modalities of Post-COVID Mucormycosis. *Cureus* [Internet]. 2023;15(July 2021). Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10725520/>
 81. Tapia-Sequeiros G, Hueda-Zavaleta M, Gómez de la Torre JC, Hernandez-Vargas A, Barletta-Carrillo C, Flores C, et al. Diagnostic performance of Ziehl-Neelsen staining and Auramine-Rhodamine staining techniques in the detection of pulmonary and extrapulmonary tuberculosis. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. el 19 de marzo de 2025;37–45. Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/14062>
 82. Xing F, Deng C, Luo Z, Zou S, Liu M, Ye H, et al. Rapid Diagnosis of *Pneumocystis jirovecii* Pneumonia and Respiratory Tract Colonization by Next - Generation Sequencing. *Mycopathologia* [Internet]. 2024;189(3):1–18. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11070382/>
 83. Zaidi A, Kaur H, Gupta P, Gupta N, Srinivasan R, Dey P, et al. Role of bronchoalveolar lavage in diagnosing pulmonary infections and malignancies: Experience from a tertiary care center. *Diagn Cytopathol* [Internet]. el 8 de diciembre de 2020;48(12):1290–9. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/dc.24574>

84. Munjal P, Singh M, Bhatt VR, Gautam R, Ankita, Singh G, et al. The Impact of International Academy of Cytology Yokohama System in Breast Fine-Needle Aspiration Biopsy Cytology and its Correlation With BI-RADS: A 6-Year Single-Institutional Experience. *J Cytol* [Internet]. abril de 2025;42(2):88–94. Disponible en: https://journals.lww.com/10.4103/joc.joc_25_24
85. Hagag HM, Ismail KA, Bakhuraysah MM, Nagi A, Hasan A, Ahmed Ali SA, et al. The diagnostic utility of the ultrasound TIRADS and Bethesda System of reporting thyroid cytology in thyroid nodule smaller than 4.0 cm: A retrospective analysis. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. el 25 de julio de 2025;104(30):e43264. Disponible en: <https://journals.lww.com/10.1097/MD.00000000000043264>
86. Yang Y, Liu Z, Huang J, Sun X, Ao J, Zheng B, et al. Histological diagnosis of unprocessed breast core-needle biopsy via stimulated Raman scattering microscopy and multi-instance learning. *Theranostics* [Internet]. 2023;13(4):1342–54. Disponible en: <https://www.thno.org/v13p1342.htm>
87. Wan Q, Sun L, Gan L, Liu J. The role of ultrasound in diagnosing 2mm medullary thyroid carcinoma with cervical lymph node metastasis: a case report. *Front Oncol* [Internet]. el 26 de septiembre de 2025;15. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fonc.2025.1588295/full>
88. Seminati D, Capitoli G, Leni D, Fior D, Vacirca F, Di Bella C, et al. Use of Diagnostic Criteria from ACR and EU-TIRADS Systems to Improve the Performance of Cytology in Thyroid Nodule Triage. *Cancers (Basel)* [Internet]. el 29 de octubre de 2021;13(21):5439. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6694/13/21/5439>
89. Zhang Y, Ye B-B, Wang H-X, Liu B-J, Liu Y-Y, Wei Q, et al. Can ACR TI-RADS predict the malignant risk of medullary thyroid cancer? *J Clin Transl Endocrinol* [Internet]. marzo de 2025;39:100380. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214623724000516>
90. Chen Z, Salibay C, Elatre W, Naritoku WY, Ma Y, Martin SE, et al. Performance of breast fine needle aspiration as an initial diagnostic tool: A large academic hospital experience. *Cytopathology* [Internet]. el 9 de noviembre de 2022;33(6):707–15. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cyt.13171>
91. Wang F, Zhao D, Xu W, Liu Y, Sun H, Lu S, et al. Blood leukocytes as a non-invasive diagnostic tool for thyroid nodules: a prospective cohort study. *BMC Med* [Internet]. el 2 de abril de 2024;22(1):147. Disponible en:

- <https://bmcmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-024-03368-1>
92. Villacis P. Punción con aspiración de aguja fina ecodirigida [Internet]. ORL Group Ecuador. 2022. p. 1. Disponible en: <https://www.orlgroupecuador.com/puncion-con-aspiracion-de-aguja-fina/>
 93. Torres M. Interpretación radiológica en patología humana [Internet]. SERAM. 2016. Disponible en: https://www.sedim.es/wp-content/uploads/2015/01/Capítulo_2_Interpretación.compressed.pdf
 94. Jaramillo Estrada DM, Zumba Guerrero AC. Clasificación TI-RADS para diagnóstico y clasificación de los nódulos tiroideos. Más Vita [Internet]. el 10 de diciembre de 2020;2(4):80–7. Disponible en: <https://acvenisproh.com/revistas/index.php/masvita/article/view/161>
 95. Luciaahdz. Tinción con Giemsa [Internet]. Luciayahematologia.wordpress. 2019. Disponible en: <https://luciayahematologia.wordpress.com/2019/10/20/tincion-con-giemsa/>
 96. Cuevas I. Tinción Gram [Internet]. Linkedin. 2023. Disponible en: https://es.linkedin.com/posts/isabelcuevasperez_la-tinción-de-gram-es-un-procedimiento-de-activity-6978234193084329984-ATaD
 97. Megías M, Molist P, Pombal M. Técnicas Histológicas Tinción [Internet]. Vigo U, editor. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología.; 2024. 29 p. Disponible en: <https://atlashistologia.webs.uvigo.es/pdfs-descargas/tecnicas-tincion.pdf>
 98. Valencia G. Tecnica convencional de Coloración Papanicolaou [Internet]. Slideshare. 2020. p. 11. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/tecnica-convencional-de-coloracion-papanicolaou-pdf/275058528>
 99. Gonzales J. Esquema de Tinción Simple - Azul de Metileno [Internet]. Scribd. 2022. p. 1. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/760148657/Esquema-de-Tincion-Simple-Azul-de-metileno>
 100. Patiño F. Tinción de cápsula [Internet]. uDocz. 2018. Disponible en: <https://www.udocz.com/apuntes/745775/practica-8>
 101. Catherine C. Ziehl-Neelsen Technique [Internet]. BioRender Template. 2026. Disponible en: <https://www.biorender.com/template/ziehl-neelsen-technique-afb-staining>
 102. Gonzáles R, Cuevas B, Cortés M, Sánchez M. Las tinciones básicas en el laboratorio

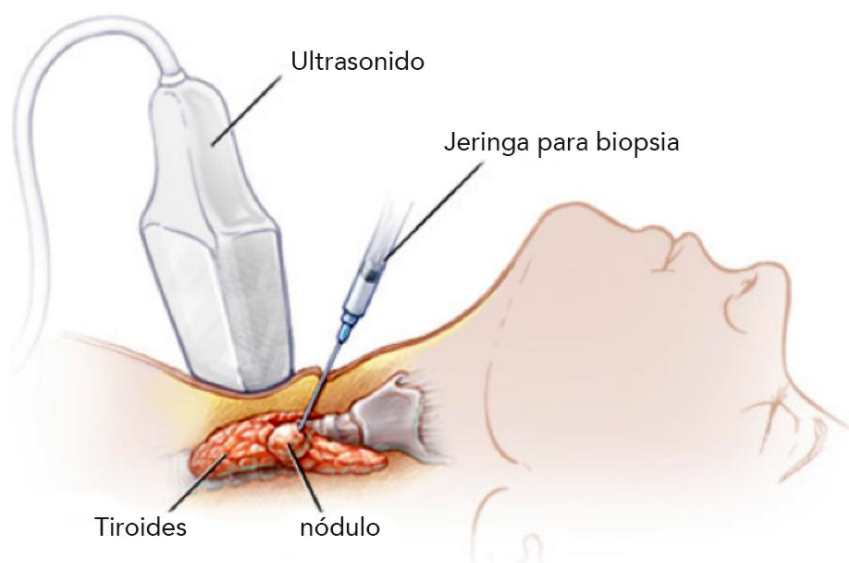
de microbiología: Un enfoque gráfico [Internet]. Universida. Guitérrez A, editor. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2020. 238 p. Disponible en: [https://www.zaragoza.unam.mx/wp-](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Tinciones.pdf)

[content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Tinciones.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Tinciones.pdf)

103. Ramos J. Tinciones Selectivas: Diagrama y Procedimientos en Microbiología S1E4 3QM [Internet]. studocu. 2023. p. 2. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-politecnico-nacional/microbiologia/tinciones-selectivas-diagrama/70338664>

ANEXOS

Anexo 1. Biopsia por Punción con Aguja Fina.



Fuente: Villacis, P. 2022⁹². Recuperado de: <https://www.orlgroupecuador.com/puncion-con-aspiracion-de-aguja-fina/>

Anexo 2. Categorías de sospecha del BI-RADS.

CATEGORÍA	PROBABILIDAD DE CARCINOMA	RECOMENDACIÓN
BI-RADS® 0	No determinada	Completar estudio
BI-RADS® 1	No incrementada	Evaluación a intervalo normal
BI-RADS® 2	No incrementada	Evaluación a intervalo normal
BI-RADS® 3	≤2%	Seguimiento a corto plazo
BI-RADS® 4	3%-94%	Estudio histológico
BI-RADS® 5	≥95%	Estudio histológico
BI-RADS® 6	100%	Estadificación y planificación terapéutica

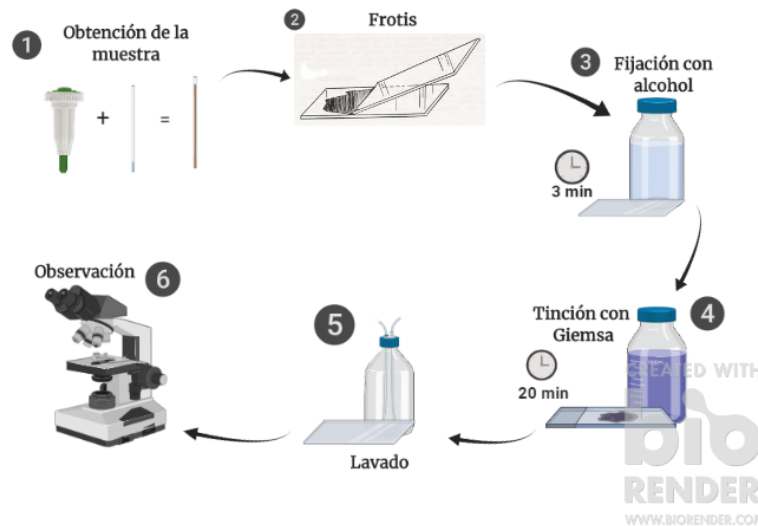
Fuente: Torres M, 2016⁹³. Recuperado de: https://www.sedim.es/wp-content/uploads/2015/01/Cap%C3%ADtulo_2_Interpretaci%C3%B3n.compressed.pdf

Anexo 3. Clasificación TI-RADS.

Clasificación	Hallazgo y Conducta
TIRADS 1	Glándula tiroidea normal
TIRADS 2	Condición benigna 0% de malignidad
TIRADS 3	Nódulo probablemente benigno < 5% de malignidad
TIRADS 4	Nódulo sospechoso 5-80% de malignidad
TIRADS 4A	5-10% de malignidad
TIRADS 4B	10-80% de malignidad
TIRADS 5	Nódulo probablemente maligno > 80% de malignidad
TIRADS 6	Incluye diagnóstico de malignidad por biopsia

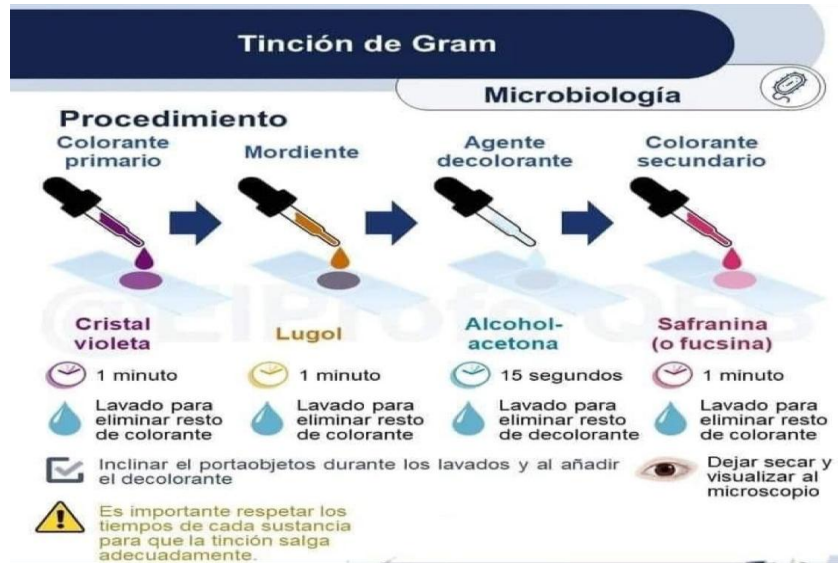
Fuente: Jaramillo D, 2020⁹⁴. Recuperado de: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2022/06/1373018/161-texto-del-articulo-562-1-10-20210107.pdf>

Anexo 4. Procedimiento de la Tinción Giemsa.



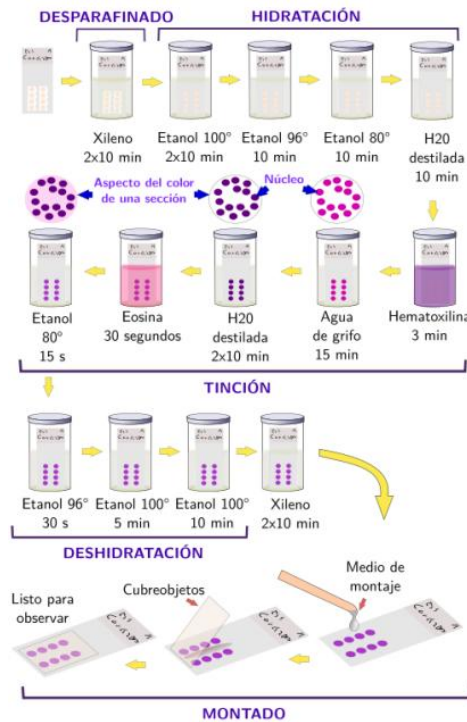
Fuente: Luciaahdz, 2019⁹⁵. Recuperado de: <https://luciyalahematologia.wordpress.com/2019/10/20/tincion-con-giemsa/>

Anexo 5. Procedimiento de la Tinción Gram.



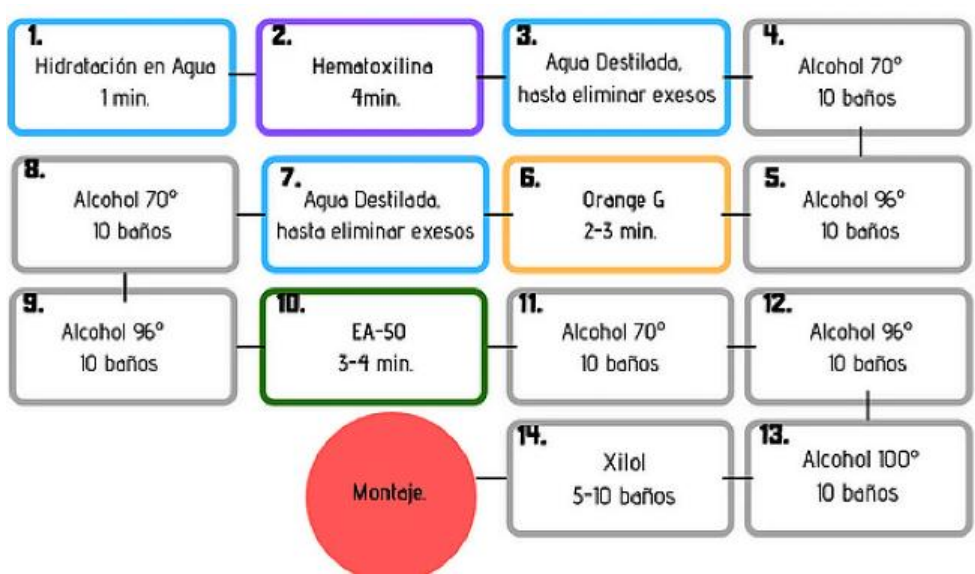
Fuente: Cuevas I, 2023⁹⁶. Recuperado de: https://es.linkedin.com/posts/isabelcuevasperez_la-tincion-de-gram-es-un-procedimiento-de-activity-6978234193084329984-ATaD

Anexo 6. Procedimiento de la Tinción Hematoxilina & Eosina.



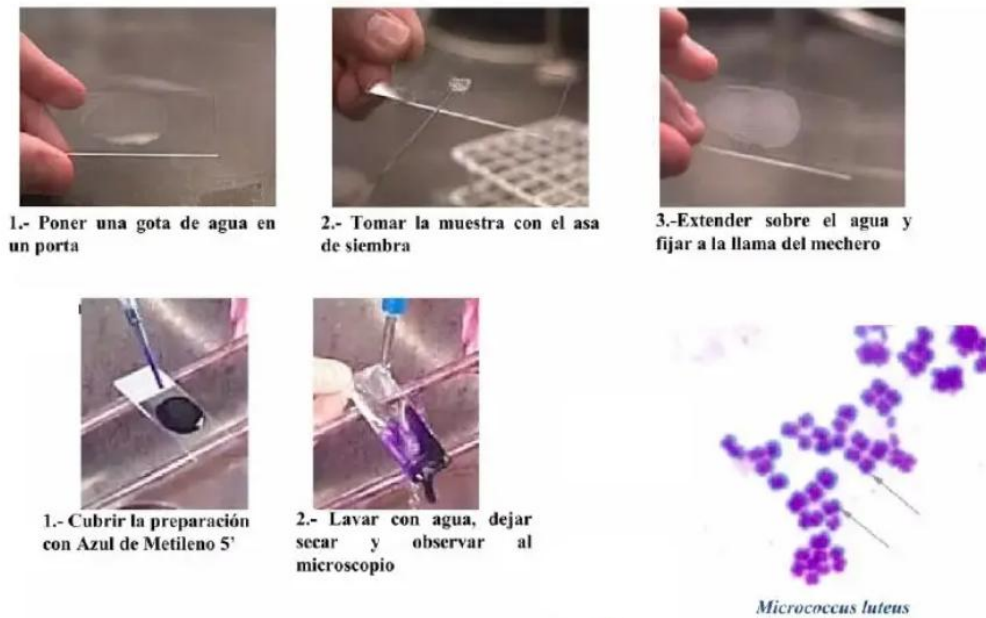
Fuente: Megías M. et al. 2024⁹⁷. Recuperado de: <https://atlashistologia.webs.uvigo.es/pdfs-descargas/tecnicas-tincion.pdf>

Anexo 7. Procedimiento de la Tinción Papanicolaou.



Fuente: Valencia A. 2020⁹⁸. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/slideshow/tecnica-conventional-de-coloracion-papanicolaou-pdf/275058528>

Anexo 8. Procedimiento de la Tinción Azul de Metileno.



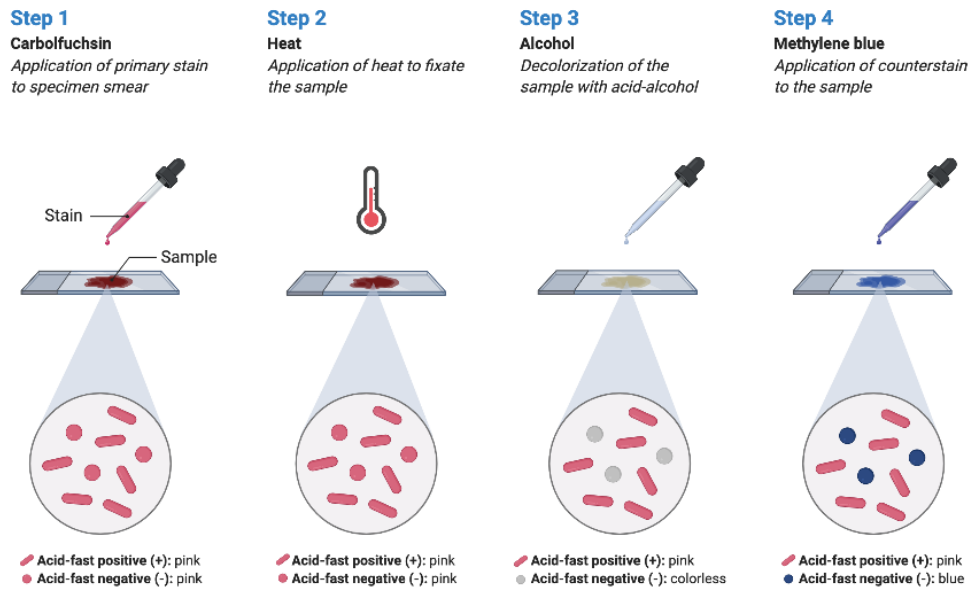
Fuente: Gonzales J. 2022⁹⁹. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/760148657/Esquema-de-Tincion-Simple-Azul-de-metileno>

Anexo 9. Procedimiento de Tinta China.



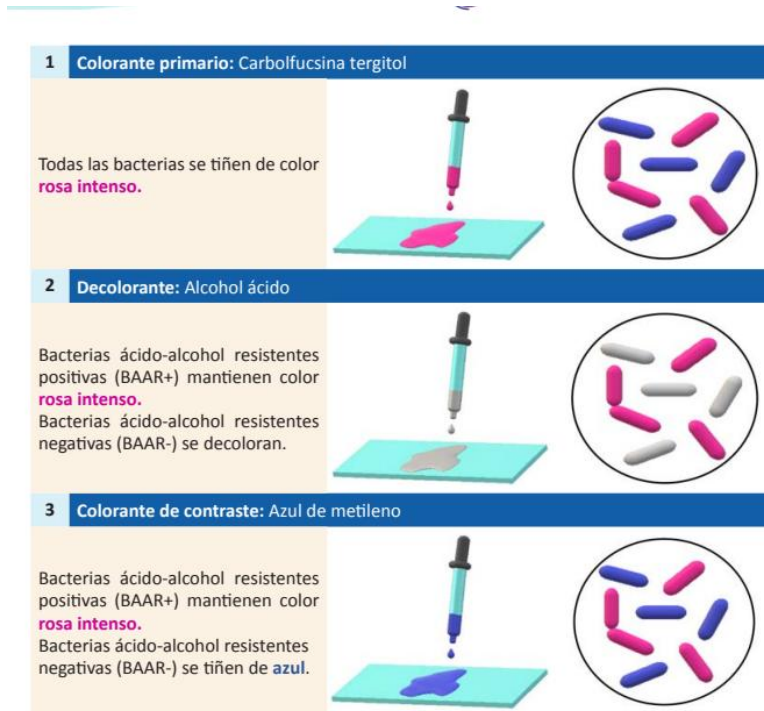
Fuente: Patiño F, 2019¹⁰⁰. Recuperado de: <https://www.udocz.com/apuntes/745775/practica-8>

Anexo 10. Procedimiento de la Tinción Ziehl Neelsen.



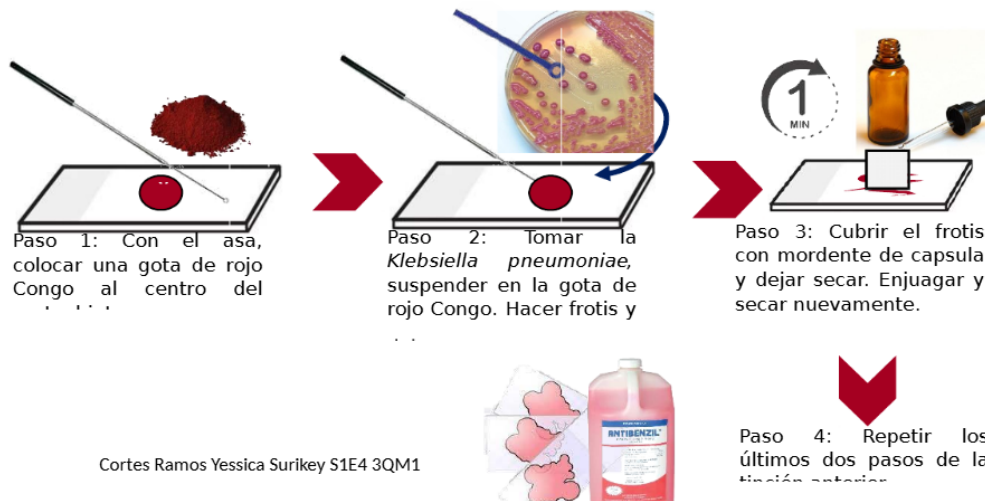
Fuente: Catherine C, 2026¹⁰¹. Recuperado de: <https://www.biorender.com/template/ziehl-neelsen-technique-afb-staining>

Anexo 11. Procedimiento de la Tinción Kinyoun.



Fuente: Gonzales R. et al. 2020¹⁰². Recuperado de: <https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Tinciones.pdf>

Anexo 12. Procedimiento de la Tinción Rojo Congo.



Fuente: Ramos Y, 2023¹⁰³. Recuperado de: <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-politecnico-nacional/microbiologia/tinciones-selectivas-diagrama/70338664>