



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

Utilidad de las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina
para el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas en la
provincia de Chimborazo – Riobamba

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

Autores:

Tapia Jácome Priscila Mikaela
Iglesias Vera Axel Alexander

Tutor:

Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Tapia Jácome Priscila Mikaela, con cédula de identidad 0605078013 e Iglesias Vera Axel Alexander con cédula de identidad 2350559304, autores del trabajo de investigación titulado: Utilidad de las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina para el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas en la provincia de Chimborazo - Riobamba, 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, 14 de Julio del 2025.



Priscila Mikaela Tapia Jácome

C.I: 0605078013



Axel Alexander Iglesias Vera

C.I: 2350559304

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: Utilidad de las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina para el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas en la provincia de Chimborazo - Riobamba, bajo la autoría de Tapia Jácome Priscila Mikaela e Iglesias Vera Axel Alexander; 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 14 días del mes de Julio de 2025.



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 Utilidad de las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina para el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas en la provincia de Chimborazo - Riobamba, presentado por Priscila Mikaela Tapia Jácome, con cédula de identidad número 0605078013 y Axel Alexander Iglesias Vera, con cédula de identidad número 2350559304, 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 24 de octubre del 2025.

Mgs. Aida Mercedes Balladares Saltos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Eliana Elizabeth Martinez Durán
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



MsC. Félix Atair Falconi Ontaneda
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **Tapia Jácome Priscila Mikaela** con CC: **0605078013**, estudiante de la Carrera **Laboratorio Clínico**, Facultad de **Ciencias de la Salud**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"Utilidad de las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina para el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas en la provincia de Chimborazo – Riobamba"**, cumple con el 9%, 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, 30 de septiembre de 2025



Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez
TUTOR



CERTIFICACIÓN

Que, **Iglesias Vera Axel Alexander** con CC: **2350559304**, estudiante de la Carrera **Laboratorio Clínico**, Facultad de Ciencias de la Salud; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"Utilidad de las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina para el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas en la provincia de Chimborazo – Riobamba"**, cumple con el 9%, 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, 30 de septiembre de 2025



Mgs. Carlos Iván Peñafiel Méndez
TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Gracias por enseñarme, con su ejemplo, que la constancia, el trabajo honesto y la fe son claves para alcanzar cualquier meta. A mi abuela, por su sabiduría, fortaleza y cariño que han sido guía en los momentos más importantes. A mis hermanos, por su compañía constante y por estar siempre dispuestos a tenderme la mano. A mi sobrina, cuya alegría e inocencia han sido una fuente de motivación y esperanza. Este logro representa no solo el cierre de una etapa académica, sino también el fruto de un camino lleno de desafíos, aprendizajes y crecimiento personal, en el que cada uno de ustedes ha tenido un papel fundamental. Este logro lo comparto con cada uno de ustedes.

Priscila Mikaela Tapia Jácome

A mi madre, por su amor inquebrantable, su fortaleza inagotable y por estar siempre a mi lado con palabras de aliento, abrazos sinceros y una fe que nunca titubeó. Gracias por ser mi guía, mi impulso y mi mayor ejemplo de entrega y sacrificio. A mi familia, por acompañarme con comprensión, paciencia y apoyo durante todo este proceso. Cada gesto, palabra y muestra de cariño ha sido una motivación constante para no rendirme y dar lo mejor de mí. A mi hermano, que ahora descansa en el cielo, gracias por ser luz en mi vida. Tu recuerdo me acompaña cada día y tu ausencia se convirtió en fuerza. Este logro también es tuyo, y lo dedico con todo mi corazón a tu memoria.

Axel Alexander Iglesias Vera

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi sincero agradecimiento en primer lugar a la Universidad Nacional de Chimborazo, por ser el espacio donde construí los cimientos de mi carrera, gracias a su calidad educativa y valores institucionales. A mis docentes, quienes con su dedicación, sabiduría y pasión por la enseñanza moldearon mi perspectiva académica y profesional. Cada clase, consejo y retroalimentación fue un regalo que hoy valoro profundamente. Un agradecimiento especial a mi tutor de tesis, Mgs. Ivan Peñafiel, por su acompañamiento excepcional durante este proceso. A mi compañero de tesis, Axel Iglesias, por ser más que un colega: un aliado en los momentos de desafío, un crítico constructivo y, sobre todo, un amigo. Este logro lleva su huella.

Priscila Mikaela Tapia Jácome

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a la carrera de Laboratorio Clínico, les expreso mi sincero agradecimiento por brindarme una formación académica integral, orientada a la excelencia y al compromiso con la salud pública. Agradezco de manera especial a todos mis docentes, por su dedicación, exigencia y vocación de enseñanza, que dejaron una huella significativa en mi proceso de aprendizaje. Asimismo, reconozco el acompañamiento del Mgs. Iván Peñafiel Méndez, tutor de esta tesis, por su orientación y aportes durante el desarrollo de este trabajo investigativo. A mi compañera de tesis Priscila Tapia, por trabajar arduamente en este proyecto, demostrando su compromiso, responsabilidad y dedicación constante en cada etapa.

Axel Alexander Iglesias Vera

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	19
Embarazo en la adolescencia.....	19
Cambios fisiológicos durante el embarazo	20
Aspectos de vulnerabilidad	20
Anemia y relevancia en el embarazo adolescente	22
Hematopoyesis	23
Diferenciación de las células hemáticas.....	24
Sangre y sus funciones	25
Principales funciones	26
Clasificación de las anemias	26
Diagnóstico de laboratorio.....	27
Biometría hemática: Células Rojas	27
Recuento de glóbulos rojos.....	28
Hemoglobina.....	28
Hematocrito.....	28
Índices Eritrocitarios.....	29
Perfil bioquímico para el diagnóstico de déficit de hierro	29
Hierro	30
Ferritina.....	30
Transferrina.....	31
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variabilidad y asociación de parámetros hematológicos en el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas.....	37
Tabla 2. Parámetros bioquímicos (hierro, ferritina, transferrina y PCR) y su asociación con el diagnóstico diferencial de anemias en adolescentes embarazadas de Chimborazo – Riobamba.....	42
Tabla 3. Análisis estadístico de parámetros hematológicos y bioquímicos utilizados en la determinación de anemia por déficit de hierro en el embarazo adolescente.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cambios fisiológicos durante el embarazo, síntomas y signos asociados.	59
Anexo 2. Desarrollo de la hematopoyesis prenatal y posnatal.	60
Anexo 3. Esquema de la hematopoyesis.	60
Anexo 4. Clasificación morfológica de las anemias	61
Anexo 5. Clasificación etiopatogénica de las anemias.	62
Anexo 6. Toma de muestra sanguínea venosa para análisis de parámetros hematológicos y bioquímicos	63
Anexo 7. Manual de usuario BF- 600/ BF-6960	63
Anexo 8. Flujograma de pruebas de laboratorio y valores de referencia de la hemoglobina para el manejo de pacientes embarazadas.	64
Anexo 9. Manual de usuario PKL PPC 125	64
Anexo 10 . Inserto para determinación de Hierro	65
Anexo 11. Inserto para la determinación de ferritina.	66

RESUMEN

La anemia es una de las complicaciones hematológicas más frecuentes durante el embarazo, especialmente en adolescentes por la doble demanda nutricional. Su diagnóstico temprano es clave para reducir riesgos materno-fetales, requiriendo la integración de parámetros hematológicos y bioquímicos para una interpretación precisa. El estudio tuvo como objetivo evaluar la utilidad de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina en adolescentes embarazadas de Riobamba, provincia de Chimborazo. Se realizó un estudio cuantitativo, no experimental, relacional, transversal y retrospectivo. La población incluyó 66 adolescentes embarazadas, de las cuales se seleccionó una muestra de 21 gestantes mediante muestreo por conveniencia. Las muestras se procesaron con técnicas automatizadas de citometría de flujo e inmunoturbidimetría. El 19% presentó anemia, con dos casos correspondientes a un patrón microcítico e hipocrómico, característico de déficit de hierro. La hemoglobina y el hematocrito mostraron alta variabilidad por factores fisiológicos del embarazo, mientras que los índices de los glóbulos rojos demostraron mayor estabilidad y utilidad en la caracterización morfológica. En el perfil bioquímico, el 28,5% presentó alteraciones, con un 9,5% confirmado como anemia por déficit de hierro mediante ferropenia, hipoferritinemia e hipertransferrinemia. El análisis estadístico evidenció significancia en hemoglobina, hematocrito, volumen de los glóbulos rojos y hemoglobina de los glóbulos, marginalidad en transferrina y ausencia en la concentración media de hemoglobina. Estos resultados confirman que hemoglobina y hematocrito son indicadores confiables para detectar anemia, mientras que los índices eritrocitarios permiten precisar su origen por déficit de hierro. La evaluación conjunta de hierro, ferritina y parámetros hematológicos optimiza el diagnóstico, proporcionando un perfil integral de anemia en adolescentes embarazadas.

Palabras clave: Anemia ferropénica, adolescentes embarazadas, hemoglobina, ferritina, diagnóstico, Riobamba.

ABSTRACT

Anemia is one of the most common hematological complications during pregnancy, especially in adolescents due to their double nutritional demands. Early diagnosis is key to reducing maternal-fetal risks and requires integrating hematological and biochemical parameters for accurate interpretation. The study aimed to evaluate the usefulness of hematocrit, hemoglobin, iron, and ferritin in pregnant adolescents in Riobamba, Chimborazo province. A quantitative, non-experimental, relational, cross-sectional, and retrospective study was conducted. The population included 66 pregnant adolescents, from which a convenience sample of 21 pregnant women was selected. The samples were processed using automated flow cytometry and immunoturbidimetry techniques. 19% presented with anemia, with 2 cases showing a microcytic and hypochromic pattern, characteristic of iron deficiency. Hemoglobin and hematocrit showed high variability due to physiological factors of pregnancy, whereas red blood cell indices showed greater stability and were more useful for morphological characterization. In the biochemical profile, 28.5% presented alterations, of which 9.5% were confirmed as iron deficiency anemia based on iron deficiency, hypoferritinemia, and hypertransferrinemia. Statistical analysis showed significance for hemoglobin, hematocrit, red blood cell volume, and hemoglobin in red blood cells; marginality for transferrin; and absence for mean hemoglobin concentration. These results confirm that hemoglobin and hematocrit are reliable indicators of anemia, while erythrocyte indices can help determine its cause as iron deficiency. The joint evaluation of iron, ferritin, and hematological parameters optimizes diagnosis, providing a comprehensive profile of anemia in pregnant adolescents.

Keywords: Iron deficiency anemia, pregnant adolescents, hemoglobin, ferritin, diagnosis, Riobamba.



Reviewed by:

Mgs. Hugo Romero

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0603156258

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la anemia como una disminución en el conteo de glóbulos rojos y la concentración de hemoglobina, esta condición varía en torno al sexo, edad, estado de gestación e inclusive a la altura. Se considera una problemática de alto impacto en la población mundial debido a las implicaciones en la calidad de vida y el bienestar general, afectando principalmente a los grupos vulnerable¹.

La adolescencia es un periodo de crecimiento comprendido entre los 10 a 19 años, conforme a los lineamientos de la OMS; un desarrollo acelerado y la falta de: madurez, desinformación y carente educación sexual en su formación son factores que posibilitan a una maternidad y/o paternidad precoz².

El embarazo adolescente representa un problema sanitario de alcance generalizado cuyas causas son ampliamente reconocidas y cuyas consecuencias son significativas tanto para la sociedad como para el bienestar de las jóvenes, incluyendo: riesgo de muerte perinatal, puerperio, preeclampsia, eclampsia, hemorragias y problemas psicológicos. Su inicio prematuro en la vida sexual y la falta de conocimiento sobre la planificación familiar hace que se mantenga en un constante aumento pese a las campañas de educación integral sobre estos temas^{3,4}.

La anemia es una de las patologías con mayor prevalencia durante la etapa del desarrollo fetal intrauterino y en las mujeres en etapa de desarrollo físico y reproductivo el riesgo es aún mayor, debido al requerimiento de hierro ingerido para satisfacer el crecimiento de la madre y el feto. Por lo tanto, puede generar resultados adversos como: retraso en el desarrollo, bajo peso al nacer, hemorragia postparto, restricción del crecimiento intrauterino y síndromes de mala absorción^{5,6}.

El origen multifactorial de esta enfermedad es ampliamente conocido, abarcando causas nutricionales, sociodemográficas, factores gestacionales, la falta de seguimiento prenatal, intervalo corto entre periodos prenatales y la multiparidad. Es clave implementar estrategias para mejorar las condiciones de las mujeres gestantes, debido al riesgo significativo que enfrentan tanto ellas como el feto durante el proceso de gestación. El control prenatal debe ser obligatorio en cada semestre para detectar y tratar esta condición, minimizando sus consecuencias⁷.

Conforme a los resultados expuestos por Safiri et al. se reporta una condición hematológica caracterizada por la disminución de los niveles normales de hemoglobina con una prevalencia a escala global del 18,98%. Las regiones más afectadas incluyen el norte de África presenta la mayor carga con un 67,6 % y el Sudeste Asiático, con un 65,5 %. En términos generales, esta condición afecta con mayor frecuencia a países con bajos niveles de desarrollo, destacándose Zambia con 49.327,1 casos por cada 100.000 habitantes⁸.

Específicamente, el déficit de hierro con repercusión hematológica en mujeres embarazadas difiere ampliamente de una nación a otra. Para Safiri et al. Pakistán lidera con una

prevalencia del 66,0%, seguido de Egipto 51,3%, Indonesia 46,2% e Irán 28,5%. Por otro lado Kebede et al. mencionan en su investigación a otros países afectados como: Bangladesh 27,0%, Ghana 16,03% y China 13,9%. Estos datos reflejan una carga desigual de la enfermedad, influenciada por factores como la desnutrición, la deficiencia de hierro en la dieta y el acceso limitado a suplementos prenatales^{8,9}.

Diversas agencias de las Naciones Unidas, entre ellas la FAO, el FIDA, la OPS, el PMA y UNICEF en su informe de estadísticas y tendencias establecen que En América Latina y el Caribe, dicha alteración hematológica afectó al 17,2% de las mujeres de 15 a 49 años en 2019. La prevalencia varió dentro de la región, con Sudamérica registrando un 17,3%, Mesoamérica un 14,6% y el Caribe alcanzando el 29,2%, situándose cerca del promedio global. Entre los países con mayor prevalencia destacan Haití 47,7%, Guyana 31,7% y República Dominicana 26,4%, mientras que las tasas más bajas se observaron en Chile 8,7% y Guatemala¹⁰.

Según los resultados obtenidos por Murillo et al. en Ecuador, la anemia afecta al 15% de las gestantes, de acuerdo con datos obtenidos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT). Sin embargo, en adolescentes embarazadas la prevalencia de esta alteración es mayor y varía acorde a la región y el nivel socioeconómico. En lo expuesto por Ortiz et al. en Guayaquil se reportó que el 78% de este grupo vulnerable presentaban una alteración hematológica asociada a un déficit de hierro, de las cuales el 29% evidenciaban niveles moderados. Factores como el bajo nivel educativo, la pobreza y la falta de controles prenatales contribuyen a esta problemática^{5,11}.

En Riobamba, un estudio realizado en el 2023 por Ortiz et al. en el Hospital Provincial General Docente identificó que la prevalencia de esta alteración hematológica en gestantes menores de 20 años era del 18%. En la misma investigación, se obtuvo un 36% de casos donde las pacientes no acudían por razones personales a las consultas médicas paulatinas pese a que las entidades públicas cumplían con la aplicación de la Guía de Práctica Clínica del Ministerio de Salud Pública (MSP). Un factor relevante fue la falta del seguimiento del control prenatal de varias participantes, lo que limitó la detección oportuna de la anemia y postergó el tratamiento correspondiente⁵.

Dentro del capítulo I se enmarcaron los antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos, lo cual permitió enmarcar la investigación y situar al lector en el contexto del estudio.

En el Capítulo II se desarrolla el marco teórico que sustenta la investigación. En este apartado se revisan aspectos esenciales de la sangre, su proceso de formación y las funciones que cumple en el organismo. Además, se explica la dinámica del embarazo en la adolescencia, los cambios fisiológicos que conlleva y la importancia de la anemia en esta etapa, resaltando sus tipos y los factores de riesgo asociados. Finalmente, se describen los principales procedimientos de diagnóstico en laboratorio, entre ellos la biometría hemática y la valoración de parámetros bioquímicos como hierro, ferritina y transferrina, claves para identificar oportunamente deficiencias de hierro.

La metodología empleada para la elaboración de la investigación se expone en el Capítulo III, donde se detallan el enfoque de la investigación, el nivel, el diseño, el corte, la descripción de la población y muestra, métodos y técnicas de recolección de la información, y las consideraciones éticas y procedimiento.

Finalmente, el capítulo IV y V reflejan los resultados obtenidos acompañado del análisis respectivo y la discusión de cada una de la tablas estructuradas, que dan pie a conclusiones y recomendaciones obtenidas del estudio. Además, se identifican los hallazgos al contexto del problema planteado, reforando la coherencia del estudio.

Durante el periodo prenatal, existe un requerimiento adicional de hierro y ácido fólico para satisfacer las necesidades nutricionales de la madre y del feto en desarrollo. Ambos tienen que absorber mucho más de este mineral del que pierde el cuerpo y corren un riesgo considerable de desarrollar deficiencia en circunstancias dietéticas ordinarias. Este déficit puede dificultar el crecimiento y desarrollo de niños y en los jóvenes en proceso de maduración física y reproductiva, lo que lleva a la disminución de los parámetros antropométricos, alteraciones cognitivas e incluso anomalías del comportamiento⁶.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 21, capítulo 3, de la Ley Orgánica de Salud del Ecuador: “El Estado reconoce a la mortalidad materna, al embarazo en adolescentes y al aborto en condiciones de riesgo como problemas de salud pública; y, garantiza el acceso a los servicios públicos de salud sin costo para las usuarias de conformidad con lo que dispone la Ley de Maternidad Gratuita y Atención a la Infancia”¹². Este artículo subraya la necesidad de fomentar la detección temprana de enfermedades y programas de atención que respondan de forma oportuna y garanticen una atención rápida y adecuada.

En el laboratorio clínico, la medición de hemoglobina, hematocrito, ferritina y transferrina es fundamental para la detección y clasificación de la anemia. Estos parámetros rutinarios permiten identificar con rapidez el estado hematológico y diferenciar entre anemias microcíticas, normocíticas e hipocrómicas. Su accesibilidad y bajo costo los convierten en herramientas de primera línea para el tamizaje poblacional, mientras que la relación entre hemoglobina, hematocrito e índices eritrocitarios refuerza su utilidad diagnóstica en la orientación de intervenciones terapéuticas¹³.

La aparición de la anemia durante la gestación en mujeres menores de 20 años constituye un problema de gran relevancia y un desafío crítico, ya que estas pacientes necesitan un acompañamiento clínico continuo con controles prenatales que incluyen exámenes de laboratorio para evitar complicaciones severas, por lo tanto ¿Qué utilidad presentan las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina para la identificación y clasificación de la anemia en adolescentes embarazadas de la provincia de Chimborazo – Riobamba?.

La alteración de los valores normales de hemoglobina en mujeres gestantes en edad temprana representa una condición de alta relevancia por sus múltiples implicaciones clínicas y sociales, resaltando el hecho de que las consecuencias en este grupo vulnerable trascienden

el ámbito individual, ya que no solo afectan a la madre, sino que también pueden comprometer el adecuado desarrollo del feto.

Se evidencio un vacío de estudios en la ciudad de Riobamba que examinen con detalle el estado nutricional y los biomarcadores hematológicos en las gestantes jóvenes, lo cual representa una barrera para aplicar estrategias eficaces de prevención y diagnostico oportuno de la anemia⁵. En este escenario las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina resultan crucial para identificar alteraciones a tiempo, mejorar la atención clínica y elaborar políticas públicas de salud en beneficio de la salud materno fetal de esta región.

Las principales beneficiarias de esta investigación fueron las jóvenes embarazadas menores a 19 años y la comunidad de la ciudad de Riobamba, quienes se favorecieron con los análisis, resultados y diagnóstico certero y temprano de esta afección. Así mismo los profesionales del área clínica pueden beneficiarse, al disponer de información actualizada y precisa sobre las herramientas diagnósticas más utilizadas para la identificación de esta condición.

La presente investigación contribuye a la comprensión del diagnóstico de alteraciones de la masa eritrocitaria en gestantes adolescentes, mediante el empleo de pruebas hematológicas como el hematocrito, hemoglobina, índices hematimétricos y parámetros bioquímicos. Asimismo , permitió reconocer limitaciones de conocimiento en el ámbito local de Riobamba, proporcionando un punto de partida para futuras investigaciones que ayuden a profundizar este tema.

El objetivo principal de este estudio fue investigar la utilidad de las pruebas de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina para el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas en la provincia de Chimborazo – Riobamba. Para dar cumplimiento al mismo, se plantearon los siguientes objetivos específicos.

- Destacar la variabilidad de los valores de hematocrito, hemoglobina e índices hematimétricos en adolescentes embarazadas en la provincia de Chimborazo – Riobamba, comparando su eficacia como marcador de diagnóstico de anemias.
- Interpretar los resultados de las pruebas de laboratorio: hierro, ferritina y transferrina para anemias en adolescentes embarazadas de la provincia de Chimborazo – Riobamba, determinando la contribución de cada parámetro como diagnóstico diferencial.
- Distinguir la utilidad de las pruebas aplicadas en sangre para la detección de anemia por déficit de hierro en adolescentes embarazadas de la provincia de Chimborazo – Riobamba, con el fin de establecer el perfil específico de anemia.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Embarazo en la adolescencia

Conforme lo señalado por la ONU, la adolescencia es una etapa crucial en el desarrollo humano que ocurre entre la niñez y la adultez, aproximadamente entre los 10 y 19 años. Durante este periodo se producen cambios significativos a nivel físico, emocional, cognitivo y social, los cuales tienen un impacto directo en la conducta, la construcción de la identidad y la forma en que el individuo se relaciona con su entorno^{14,15}.

A nivel biológico, estos cambios están marcados por la pubertad, un proceso desencadenado por alteraciones hormonales como el aumento de estrógenos en las mujeres y de testosterona en los varones, que conducen a la madurez sexual. Esta etapa implica el desarrollo de caracteres sexuales secundarios y la consolidación de un cuerpo reproductivamente funcional, evidenciado por la primera emisión seminal en los varones y la menarquia en las mujeres. Junto con estos aspectos fisiológicos, emergen el deseo y los impulsos sexuales, componentes que suelen representar unos de los aspectos más complejos de asimilar emocionalmente^{16,17}.

Aunque la pubertad indica el comienzo de la capacidad biológica para la reproducción, en la mayoría de los jóvenes este proceso no se encuentra en sincronía con el desarrollo emocional, cognitivo o social necesario para comprender plenamente las implicaciones de mantener una vida sexual activa. El despertar de la sexualidad en esta etapa constituye un fenómeno complejo determinado por múltiples factores como la cultura, la educación, el entorno familiar y social. Estos elementos configuran las conductas y las formas en que las personas en etapa de maduración experimenten su sexualidad, atravesadas por construcciones sociales como los roles de género, estereotipos y mitos culturales^{18,19}.

El inicio precoz de la vida sexual suele ocurrir en contextos donde los individuos en desarrollo carecen de educación sexual integral, lo que puede derivar de una comprensión limitada o errónea de los conceptos fundamentales como las consecuencias de sus actos. Esta situación se ve agravada por la desinformación y la falta de acceso a métodos anticonceptivos, incrementando la vulnerabilidad de los jóvenes, siendo la gestación no planificada y las infecciones de transmisión sexual ejemplos representativos de ello. En este sentido, la interrupción del desarrollo puberal debido a la maternidad o paternidad temprana puede generar repercusiones significativas en la vida familiar, escolar y social^{18,20}.

La OMS reconoce que la maternidad temprana, en edades puberales o en los primeros años posteriores a la menarquia, representa un desafío social de alcance mundial. Esta situación altera considerablemente la trayectoria de muchas adolescentes afectando su salud física y su estado emocional. A ello se suman las complicaciones y riesgos que recaen sobre la madre y el neonato. Además, conlleva complicaciones y riesgos para la madre y el neonato, tanto a corto como a largo plazo. Se estima que más del 80% son gestaciones no planificadas o no deseadas, siendo en su mayoría consecuencia de una relación sexual sin el uso de métodos anticonceptivos^{3,21,22}.

La inmadurez biológica de las adolescentes, junto a la carencia de controles prenatales aumentan considerablemente la probabilidad de desarrollar complicaciones materno-fetales en las que se destacan: la hipertensión gestacional, anemia ferropénica, infecciones del tracto urinario o de transmisión sexual, las cuales podrían alterar la normalidad del estado gestacional e impactar en la condición general del recién nacido. En este sentido, también podrían manifestarse los partos prematuros, el bajo peso de los neonatos, malformaciones relacionadas con el cierre del tubo neuronal, además del ingreso a cuidados intensivos que son más frecuentes en madres jóvenes en comparación a mujeres de edad avanzada^{22,23}.

Cambios fisiológicos durante el embarazo

El embarazo constituye una etapa compleja que conlleva una serie de cambios anatómicos y fisiológicos en los diferentes sistemas orgánicos, así como alteraciones metabólicas y modificaciones mecánicas en el cuerpo de la gestante, con la finalidad de crear un entorno favorable para el desarrollo y protección del feto. Dichos cambios van desde la reubicación de ciertos órganos hasta la creación de estructuras especializadas para sostener la vida intrauterina. Estos ajustes afectan a la mayoría de los sistemas: endocrino, respiratorio, cardiovascular, digestivo, nefro-urológico, musculoesquelético, hematológico y nervioso, que son esenciales para soportar las exigencias del desarrollo fetal^{24,25}.

Esta condición temporal en las mujeres representa una carga física y psicológica considerable, debido a que el organismo debe adaptarse a las demandas continuas que implica la situación obstétrica activa. La intensidad y la manifestación de estas modificaciones están influenciadas por diversos factores entre ellos la edad materna, el historial obstétrico, el estado nutricional y presencia de enfermedades preexistentes, dichos cambios se producen de manera gradual pero constante durante el proceso de gestación y suponen un incremento en los procesos fisiológicos del organismo materno^{24,25}.

Durante la gestación, el sistema circulatorio experimenta un incremento en la producción de la serie roja, estimulado por la acción de la eritropoyetina. En cuanto al sistema respiratorio se observa un aumento en el volumen corriente y en consecuencia, del consumo de oxígeno generando una hiperventilación fisiológica. A nivel renal, se presenta un aumento de la tasa de filtrado glomerular causando una disminución de los niveles séricos de creatinina y urea, por otro lado el peristaltismo del sistema digestivo disminuye (Ver Anexo 1)^{24,25}.

Aspectos de vulnerabilidad

En la etapa gestacional se pueden presentar factores de riesgo para el desarrollo de diversas enfermedades o complicaciones. La anemia en el embarazo comprende una de las afecciones más recurrentes en jóvenes gestantes, teniendo un origen dado por diferentes causas que la producen. Los factores que conducen al desarrollo de este problema de salud pueden agruparse en nutricionales, socioeconómicos, ambientales y políticos, dentro de los cuales resaltan principalmente pobre ingreso económico, núcleo familiar conflictivo, escolaridad incompleta, plan alimenticio deficiente y control prenatal (CP) tardío o inadecuado, etc²⁶.

La situación sociodemográfica del país de origen también es un factor que incrementa la incidencia de esta enfermedad debido a las dificultades gubernamentales a las que el país entero se enfrenta. Los países con recursos limitados o escasos tienen alta tasa de desnutrición o nutrición insatisfactoria, infecciones parasitarias recurrentes de importancia y nivel de pobreza elevado, que predispone a la embarazada a contraer la enfermedad al no contar con políticas de gobierno que permitan cubrir las necesidades mínimas nutricionales, control prenatal apropiado en centros de salud públicos, etc^{27,28}.

Los factores socioeconómicos presentan gran relevancia, entre ellos los más resaltantes es un grado de escolaridad deficiente y un nivel socioeconómico bajo. Estos factores que generalmente son consecuencia el uno del otro, forman parte de un problema grave en la sociedad, el cual puede derivar en rechazo y discriminación hacia la madre, impidiendo oportunidades de progreso, autoeducación, apreciación de riesgos a los que se expone la madre junto con el neonato y descuido de la salud^{27,28}.

Las madres con educación que supera la secundaria se asocia a una menor posibilidad del desarrollo de la afección porque la educación mitiga la exposición a factores de riesgo. Esto explica porque comúnmente las mujeres con educación superior de calidad cuentan con mejores ingresos que les permiten tener un dieta nutritiva que cubre los requerimientos nutricionales, acuden a los CP cada mes y se aseguran de tomar los suplementos necesarios que permitan el óptimo desarrollo del feto²⁹.

A consecuencia del desconocimiento, descuido o falta de apoyo hacia las madres, otro de los factores más recurrentes es el CP iniciado en el tercer trimestre, la demora en el seguimiento médico impide la identificación y el diagnóstico temprano para prevenir complicaciones graves durante el embarazo, el parto y el puerperio. El efecto dominó de la falta de atención prenatal desde el primer trimestre es que, debido a la falta de CP tempranos, la anemia al inicio de estado de gravidez no será detectada y en consecuencia se presentará en el tercer trimestre con un mayor grado de peligrosidad^{27,28}.

La reincidencia de esta causa se ve influenciada por el desconocimiento de la importancia de controles regulares e iniciados a las 12 semanas de gestación. El monitoreo en cada trimestre permite asegurar que los requerimientos nutricionales sean satisfechos, en el primer trimestre se da el mayor requerimiento de nutrientes y almacenamiento de hierro y a medida que avanza esta etapa, en el segundo trimestre y el tercer trimestre la necesidad del mineral incrementará aún más debido a que el feto y la placenta aumentan de tamaño y crecen significativamente³⁰.

Por otra parte, el estado civil también es un factor de importancia debido a que las jóvenes que se encuentran casadas o viven en unión libre con su pareja, generalmente no reciben el apoyo que otras madres solteras bajo el cuidado de sus padres, por lo que no pueden llevar un adecuado plan alimenticio, ambiente en adecuadas condiciones y seguimiento médico^{27,31}.

Sin embargo, esta no es la realidad en todos los casos, dado que existe una gran cantidad de casos en los que se encuentran vinculadas con buenas parejas que les proporcionan mejores condiciones de vida. Es así como este es un factor que varía de acuerdo con la cultura y a la zona geográfica donde la realidad de la adolescente dependerá del predominio del machismo y la pobreza^{27,31}.

Cabe señalar que la deficiencia no aparece únicamente durante la etapa gestacional, existe la posibilidad de que la madre adolescente presente el problema de salud antes de concebir por factores pregestacionales como insuficiente ingesta de hierro y micronutrientes para compensar la utilización de los mismo para el crecimiento y la pérdida de sangre en la menstruación^{27,31}.

Controlar el estado de nutrición de la gestante antes y durante el periodo gestacional es un factor esencial para prevenir y controlar oportunamente anemia y otras afecciones. Es así que los factores de riesgo nutricionales se ven frenados por una dieta alta en consumo de hierro, fruta y vegetales de alta calidad nutricional con la debida constancia para satisfacer las necesidades de la futura madre^{27,31}.

Dentro de los nutrientes con los que deben ser suplementadas las madres se encuentra el ácido fólico y vitamina B12, los cuales deben ser controlados durante toda la situación obstétrica activa y asegurar que la concentraciones en el organismo sean las adecuadas. La deficiencia de estos nutrientes es un factor de riesgo para el desarrollo de anemia megaloblástica, en la cual los glóbulos rojos van a ser producidos anormalmente y puede llegar a complicar el embarazo²⁶.

Otras causas que pueden comprometer el estado anémico comprenden el intervalo entre embarazos y la multiparidad, afectando significativamente los niveles de hierro en las mujeres durante el periodo gestacional, produciendo que se complique con cada gestación consecutiva³⁸.

Las mujeres con un intervalo de espera menor a dos años entre cada proceso de gestación en los cuales ha alimentado al bebé mediante lactancia materna constituyen un factor importante para anemia ferropénica. Se requieren más de dos años para que los depósitos de hierro y otros micronutrientes sean recuperados después del estado de gravidez, por lo que la siguiente concepción requerirá de mayor cuidado³⁹.

Anemia y relevancia en el embarazo adolescente

En el trabajo titulado “Actualización del diagnóstico diferencial de anemias”, elaborado por Delgado et al; se define como un trastorno hematológico que se caracteriza por la disminución de los valores de la masa eritrocitaria y de la hemoglobina, lo que perjudica al proceso fisiológico del transporte de oxígeno hacia los tejidos del cuerpo. Su origen es multifactorial, por lo que su identificación demanda un diagnóstico completo, que considere pruebas hematológicas como el hemograma, una revisión minuciosa de la historia clínica del paciente y en casos particulares estudios genéticos³².

La OMS comprende a esta condición hematológica como una problemática de alta magnitud a escala mundial, con especialmente prevalencia en niños pequeños, mujeres en edad fértil, embarazadas y las púerperas. Conforme a la información epidemiológica emitida por este organismo, esta patología presenta una prevalencias del 20% en niños entre 6 y 59 meses, del 37% de las embarazadas y del 30% en las mujeres de entre 15 y 49 años. Ante esta situación, la OMS enfatiza la necesidad de establecer un diagnóstico fijo y la aplicación de medidas preventivas eficaces, dada la alta prevalencia y sus implicaciones clínicas¹.

En el periodo puberal, los índices de mortalidad y morbilidad materna incrementan significativamente debido a factores biológicos representativos de esta etapa de la vida, como lo es la inmadurez de las gónadas sexuales. Esta condición demanda altos requerimientos nutricionales que, de no ser cubiertos adecuadamente, pueden comprometer tanto el desarrollo fetal como al crecimiento materno³³.

El déficit nutricional es una condición frecuente en gestantes en edad puberal, la cual se relaciona a un déficit de ganancia de peso durante la gestación, lo que incrementa el riesgo de complicaciones perinatales. La problemática se intensifica cuando el estado de gravidez ocurre en una etapa próxima al inicio de la menarquia, ya que en estos casos son más probables las deficiencias nutricionales. Una de las principales consecuencias es la anemia ferropénica que se relaciona directamente con el bajo consumo de hierro, durante este proceso se recomienda una alimentación balanceada y nutritiva con un alto aporte energético^{34,35}.

La vulnerabilidad en esta etapa conlleva a dificultades graves, tales como peligro de aborto espontáneo, ruptura prematura de membranas, preeclampsia, eclampsia, prematuridad o infecciones uterinas. La alteración de la masa eritrocitaria y de los niveles de hemoglobina se asocian a diversas complicaciones durante el parto, induciendo a una hemorragia de difícil control, mayor riesgo de parto prematuro, bajo peso del recién nacido, incremento en la susceptibilidad a infecciones, así como una disminución de la capacidad física de la madre, pudiendo afectar la interacción madre-hijo^{31,34}.

Dada la alta frecuencia y consecuencias materno-infantil de la aparición de este problema médico, el Ministerio de Salud Pública en el año 2014 desarrolló una Guía de Práctica Clínica de diagnóstico y tratamiento de la anemia en el embarazo. Para poder diagnosticarla se recurre a la realización de tamizaje en el laboratorio, en donde se debe cumplir lo siguiente: Hemoglobina (Hb) en sangre <11g/dL, hematocrito (Hto) <33%, nivel de hierro sérico <15 mg/L para determinar deficiencia de riesgo y <30 mg/L para indicar tratamiento y nivel de ferritina sérica menor de 10 a 15 µg/L como confirmación de anemia³⁶.

Hematopoyesis

Moraleda.J, en su trabajo, define a la hematopoyesis como el proceso biológico encargado de la creación y renovación continua de las tres líneas celulares: serie roja, blanca y plaquetaria. Dado que estas células tienen un tiempo de vida relativamente corto, su producción debe mantenerse de forma constante y ajustarse a las necesidades biológicas del

organismo. Los eritrocitos viven aproximadamente 120 días, las plaquetas entre 8 a 10 días, mientras que la vida media de los leucocitos varía en función a su estirpe. Por ejemplo, los granulocitos permanecen en el torrente sanguíneo entre 8 a 10 horas antes de migrar a los tejidos, donde sobreviven entre 1 a 2 días³⁷.

Este proceso de renovación se logra gracias a la presencia de células progenitoras hematopoyéticas, que poseen un notable potencial de autorrenovación y diferenciación. Estas responden a estímulos y señales del microambiente en el que se encuentran, lo que las guía hacia distintos tipos celulares con características y funciones específicas de cada órgano. Su generación diaria es notable, dado que se producen cerca de 2.500 millones de eritrocitos y plaquetas por cada kilogramo de peso corporal, además se producen aproximadamente 1.000 millones de leucocitos por kilogramo. La capacidad de regeneración garantiza el equilibrio y el correcto funcionamiento del sistema circulatorio³⁸.

En el ser humano la hematopoyesis ocurre en distintas localizaciones anatómicas durante el desarrollo embrionario. Las células precursoras pueden clasificarse de la siguiente manera³⁷: Según el tejido de origen: Células madre embrionarias o adultas. Según el potencial de diferenciación: Totipotenciales, pluripotenciales, multipotenciales o unipotenciales. En base a esta clasificación las células totipotenciales tienen la capacidad de generar tejidos extraembrionarios como un organismos completo. Por otro lado, las pluripotenciales pueden dar origen a células derivadas de cualquiera de las capas embrionarias: ectodermo, endodermo y mesodermo³⁹.

La producción de células sanguíneas inicia en el saco vitelino durante las primeras semanas de desarrollo fetal, donde las células madre forman islotes sanguíneos. Entre el segundo y el séptimo mes de gestación, el hígado se convierte en el principal órgano hematopoyético, seguido en menor grado el bazo, los ganglios linfáticos y el timo. A partir del séptimo mes, la médula ósea (MO) ubicada entre las trabéculas óseas, asume esta función y se convierte en el principal órgano hematopoyético hasta el nacimiento. A partir de ese momento, la MO es la única fuente de producción de células sanguíneas en condiciones normales, lo que indica que las células madre pueden desplazarse (Ver Anexo 2.)^{37,38}.

Diferenciación de las células hemáticas

La generación de las células sanguíneas se produce de forma ordenada y en múltiples etapas que se determinan gracias a la influencia del ambiente de la médula ósea. En el modelo jerárquico, se explica el proceso de la hematopoyesis, la célula madre hematopoyética se encuentra en la cúspide, estas son quiescentes pero tienen la capacidad de autorrenovarse indefinidamente. Tras la estimulación del microentorno las células madre hematopoyéticas se activan, iniciando un ciclo celular que permite la proliferación y diferenciación escalonadamente en un complejo proceso de expansión y maduración, identificando los siguientes tipos (Ver Anexo 3)^{37,39}.

- Unidades formadoras de colonias linfoides y mieloides (UFC-LM): Poseen capacidad de autorrenovación y diferenciación hacia linajes celulares linfoides y mieloides.
- Unidades formadoras de colonias granulocíticas, eritroides, monocíticas y megacariocíticas (UFC-GEMM): La restricción de linaje se limita al linaje mieloide, mientras que las células progenitoras L-CFU (unidad formadora de colonias linfoides) se limitan a diferenciarse en el linaje linfoide. Ambos tipos de células tienen una capacidad de autorrenovación relativamente baja.
- Células progenitoras ya comprometidas en su diferenciación a cada una de las líneas celulares específicas, eritroide (BFU-E, del inglés burst forming unit-erythroid), granulomonocítica (UFC-GM) o megacariocítica (UFC-Meg).
- Células precursoras: Se identifican por su morfología al ser observadas al microscopio, como los mieloblastos, promonocitos, eritroblastos, megacariocitos, entre otros.
- Células maduras: Las cuales no tienen capacidad de división y son funcionalmente activas (leucocitos, hematíes y plaquetas).

Con la progresión de las células madre hacia progenitores multipotentes, oligopotentes y de linaje comprometido, las células madre adquieren mayor capacidad para proliferar y dar origen a múltiples células comprometidas y diferenciadas a partir de una única célula madre. Además, a medida que avanzan en este proceso, las células madre experimentan cambios morfológicos notables que representan su etapa de maduración^{37,38}.

Inicialmente, parecen inmaduras con un núcleo muy grande y nucleolos prominentes, antes de que el núcleo se condense, los nucleolos desaparezcan y el citoplasma se expanda hacia el final de este proceso de diferenciación. Aunque este proceso promueve la creación de una célula o células diferenciadas a partir de una célula madre, el microambiente medular determina en última instancia cómo se diferenciará una célula a través de factores de crecimiento hematopoyético y señales de células estromales, promoviendo así su desarrollo hacia un linaje^{37,38}.

Sangre y sus funciones

La sangre es un tejido conectivo especializado y complejo, caracterizado por su estado líquido y constante movimiento dentro del cuerpo formando parte del sistema circulatorio. Su color puede variar de rojo brillante a un rojo oscuro en dependencia de la disposición del oxígeno y se encuentra contenido en arterias, venas y vasos sanguíneos. Este fluido está compuesto por una parte denominada plasma, donde se hayan suspendidas una variedad de células sanguíneas denominados elementos figurados: los glóbulos rojos, también llamados eritrocitos o hematíes; los glóbulos blancos o leucocitos y las plaquetas conocidas como trombocitos^{40,41}.

El cuerpo de un adulto contiene 5 litros aproximadamente de este fluido biológico, el cual está compuesto por dos partes principales: el plasma y el suero. La primer fracción representa

el 55% del volumen sanguíneo y el 5% del peso corporal total, su principal componente es el agua que constituye alrededor del 90%, donde se hayan disueltas diversas sustancias: proteínas plasmáticas, electrolitos, nutrientes, gases disueltos, hormonas, productos del metabolismo, enzimas y factores de coagulación. Por otro lado, el suero es la fracción líquida que resulta tras el proceso de coagulación sanguínea, que se caracteriza por la ausencia de los factores de coagulación^{37,40}.

Principales funciones

Transporte de oxígeno y nutrientes: en el interior de los eritrocitos se haya una proteína denomina hemoglobina y es la responsable del transporte del oxígeno desde los pulmones hacia los demás tejidos^{37,41}.

Eliminación de dióxido de carbono y productos de desecho: el dióxido de carbono es transportado de retorno a los pulmones en forma de bicarbonato o unido a la hemoglobina, donde será eliminado por el proceso de respiración. La sangre permite la remoción de sustancias producto del metabolismo y actividad celular, otros desechos como la urea y la creatinina son transportados hacia órganos excretores como los riñones y el hígado para su eliminación^{37,41}.

Clasificación de las anemias

De acuerdo con los descrito por Delgado et al., estas pueden clasificarse, de forma general en dos grupos: la primera, basada en el Volumen Corpuscular Medio (VCM) de los glóbulos rojos que circulan en el torrente sanguíneo, distinguiéndose así en microcíticas, macrocíticas o normocíticas; y la segunda, acorde a la capacidad de repuesta eritropoyética de la medula ósea, como regenerativas o arregenerativas³².

La primera clasificación basada en el tamaño eritrocitario se basa en el VCM que mide el volumen de cada eritrocito y en el diámetro de estos. Las microcíticas se caracterizan por presentar eritrocitos con un diámetro celular inferior a 6 µm y un VCM menor a 80 fL. A diferencia de eso, las macrocíticas se definen por la presencia de hematíes de un tamaño igual o superior a 8-9 µm, y por presentar un VCM igual o superior a 100 fL. Sin embargo, ciertas alteraciones pueden manifestarse con eritrocitos de tamaño promedio (Ver Anexo 4)^{32,37}

La segunda clasificación alude a la respuesta de la medula ósea y nos permite distinguir entre las anemias arregenerativas y regenerativas. Este primer grupo también denominado centrales, se caracterizan por la incapacidad que presenta la medula para aumentar la producción de los eritrocitos en situaciones de déficit. Esta modificación suele asociarse a condiciones como la aplasia medular, los efectos tóxicos de cierto grupo de medicamentos o al déficit de factores esenciales para la maduración de los eritroblastos^{32,37}.

Por su parte, las regenerativas o también llamadas periféricas se producen cuando existe una actividad medular aumentada ante una pérdida o destrucción acelerada de los hematíes,

como en el caso de hemorragias o hemolisis. Esta alteración se manifiesta con un incremento en la producción de eritroblastos y un aumento del recuento de reticulocitos en sangre periférica. El equilibrio fisiológico entre la producción, maduración y eliminación de los glóbulos rojos es un factor clave para mantener una masa eritrocitaria optima, cuando dicho equilibrio se rompe se desarrolla una anemia (Ver Anexo 5)^{32,37}.

Diagnóstico de laboratorio

En la anemia, las manifestaciones clínicas no son específicas a menos que la misma avance hasta volverse severa. Dentro de los signos y síntomas comunes se presenta la fatiga, frialdad de la piel, irritabilidad, sudoración, cefalea y disnea. Estos síntomas generales por si solos no confirman el diagnóstico, por lo que es esencial la realización de pruebas de laboratorio específicas para determinación de la afección³⁵.

Dentro de las pruebas para el diagnóstico por laboratorio de anemia se encuentra la cuantificación de hemoglobina y hematocrito en sangre total como análisis primario acompañado de biometría hemática completa, donde el análisis de la serie roja es esencial para determinar el tipo de anemia. Dentro de los parámetros bioquímicos, se utiliza el análisis de hierro, ferritina y transferrina en suero con el propósito de diagnosticar dicha alteración por deficiencia de hierro, donde además se tomará en cuenta el historial médico del paciente en busca de hemoglobinopatías conocidas³⁴.

Biometría hemática: Células Rojas

El recuento sanguíneo completo (RSC) es uno de los perfiles de laboratorio más utilizados dentro de la medicina debido a que brinda información acerca de las dimensiones y porcentaje de células presentes en el tejido sanguíneo. Dentro del hemograma se contempla el análisis de las tres células más importantes en la sangre: glóbulos rojos, glóbulos blanco y plaquetas⁴².

Los parámetros básicos de una biometría hemática son recuento de glóbulos rojos (GR), hematocrito, hemoglobina, índices eritrocitarios obtenidos a partir de cálculo, recuento de glóbulos blancos con fórmula leucocitaria y recuento de plaquetas. Dentro del perfil anémico, los parámetros que deben ser interpretados con mayor relevancia serán los correspondientes a las células rojas debido a la fisiopatología de la afección⁴².

En la actualidad, las mediciones de todos estos parámetros son ejecutados a través de equipos hematológicos automatizados los cuales proporcionan resultados claros y preciso. Se utiliza una pequeña cantidad de sangre total venosa, arterial o capilar, la misma será analizada en un tiempo aproximado de 1 minuto y con una probabilidad de error menor al 1% (Ver Anexo 6). La confirmación de resultados anormales requiere de métodos manuales⁴³.

Los dispositivos automatizados están contruidos por varios métodos, para la medición de glóbulos rojos y plaquetas se hace uso de la impedancia electrónica, donde una corriente constante de energía se verá interrumpida por el paso de las células hemáticas y producirá

una señal de pulso. La magnitud de la emisión es directamente proporcional al tamaño y volumen de cada célula mientras que el número de señales corresponderá al número de células de un solo tipo. Por otra parte, la hemoglobina se obtiene mediante cálculo o métodos colorimétricos con compuestos sin cianógeno. El recuento de glóbulos blancos y la fórmula diferencial son analizados por citometría de flujo (Ver Anexo 7)⁴³.

Recuento de glóbulos rojos

El recuento de eritrocitos (RBC) busca establecer la cantidad de células rojas que se hallan en sangre periférica por unidad de volumen de tejido sanguíneo, siendo expresada en millones por microlitro (μL). El RBC se encuentra conexo con la hemoglobina y hematocrito, por lo que resulta útil para la determinación de la anemia, sin embargo este no comprende un parámetro que deba ser utilizado de manera individual, debido a que, de acuerdo con el tipo de trastorno hematológico, la concentración puede estar disminuida o normal, por lo que no comprende un valor estándar cuando se presenta la alteración⁴³.

Hemoglobina

La hemoglobina (Hb) es una proteína que se halla en el citoplasma de las células rojas la cual contribuye con la perfusión de los tejidos, siendo esta una de sus funciones principales, por lo que se considera el marcador por excelencia para el diagnóstico de anemia. Los límites inferiores aceptables en adultos son de 13 g/dL para varones y 12 g/dL para féminas que no se hayan en estado de gravidez, debido a que la concentración de hemoglobina presenta diferentes valores de referencia para el manejo de esta población vulnerable (Ver Anexo 8). Cabe recalcar que las concentraciones varían de acuerdo con el sexo, edad y etnia, por lo que cada zona geográfica presenta sus propios valores^{37,44,45}.

La medición de hemoglobina automatizada en los equipos de cuarta, quinta y sexta generación se realiza utilizando métodos colorimétricos, donde la intensidad dependerá de la capacidad de unión de la Hb con el oxígeno o el monóxido de carbono, proporcionando un resultado directamente proporcional. Los equipos más actuales comprenden mayor fiabilidad en sus resultados por la medición directa que emplean, evitando la utilización de fórmulas que otorgan resultado con un margen de error significativo^{43,46}.

Las mediciones se ejecutan comúnmente con el método de cianuro de hemoglobina (HiCN), compuesto que ha perdido su utilidad por la presencia de cianuro de potasio en su composición. Pese a que la concentración de este compuesto peligroso es baja, se optan por reemplazarlo por azida sódica o lauril sulfato sódico, compuestos tóxicos que deben manejarse con cuidado pero que representan menor peligro que el HiCN y son de excelencia para los sistemas automatizados⁴⁶.

Hematocrito

El hematocrito (Hto) o volumen celular empaquetado, representa el porcentaje que ocupan los eritrocitos en la masa sanguínea total. En los dispositivos automatizados, la

concentración se obtiene a partir de la relación entre RBC y el volumen corpuscular medio, cálculo que el equipo realiza por sí mismo. Los valores de referencia dependen de la edad y el sexo, sobre todo en menores de 17 años^{44,47}.

El Hto generalmente es utilizado como una prueba primaria y sencilla para la determinación de anemias, sin embargo este parámetro no es específico dado que puede verse alterado por diversos factores fisiológicos y patológicos, donde se incluye el embarazo o enfermedades crónicas como la cirrosis. El volumen plasmático en una persona anémica puede verse aumentado por hemoconcentración, generando porcentajes falsamente normales de Hto o falsamente disminuido por hemodilución³⁷.

Índices Eritrocitarios

Los índices de glóbulos rojos comprenden al Volumen Corpuscular Medio (VCM), Hemoglobina Corpuscular Media (HCM) y Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM), los cuales indican el tamaño y concentración de hemoglobina en los glóbulos rojos y se derivan del Hto, Hb y RBC. Estos parámetros son utilizados ampliamente para la clasificación de anemia y otras afecciones en la sangre como consecuencia de carencias nutricionales, alteraciones genéticas, trastornos por medicamentos, entre otros⁴⁸.

El VCM comprende el valor del tamaño promedio de los eritrocitos, cuando el tamaño de dichas células se encuentra disminuido se denomina microcitosis, característica de anemia por déficit de hierro y talasemias. Por el contrario, si se encuentra incrementado se denomina macrocitosis, asociado fuertemente con deficiencia de ácido fólico o vitamina B12⁴⁸.

El HCM indica el promedio de hemoglobina que se encuentra contenido por eritrocito. Se relaciona estrechamente con el VCM, dado que su disminución también se da en anemias microcíticas, siendo de gran sensibilidad en anemia de etiología por deficiencia de hierro. El CHCM actualmente no se utiliza como diagnóstico, pero si es empleado como control de calidad, su función es indicar la concentración de Hb en cada glóbulo rojo. En las anemias carenciales de hierro, puede mantenerse sin alteración en fases tempranas, con una disminución progresiva conforme progresa el déficit⁴⁹.

Perfil bioquímico para el diagnóstico de déficit de hierro

Para el análisis del perfil bioquímico asociado al diagnóstico de déficit de hierro, se utilizó el equipo automatizado PKL PPC 125, el cual está diseñado para medir de forma precisa, distintos componentes en suero, entre ellos hierro, ferritina y transferrina. Este instrumento opera mediante técnicas espectrofotométricas e inmunturbidimétricas. Lo que facilita obtener resultados confiables sobre el metabolismo del hierro (Ver Anexo 9).

En el caso del hierro sérico, se aplicó un método colorimétrico utilizando Cromazurol B; al reaccionar con bromuro de cetil-trimetilamonio, se forma un complejo de color cuya intensidad, medida a 620 nm, se relaciona directamente con la concentración de hierro en la

muestra. Para determinar los niveles de ferritina y transferrina, se recurrió al método inmunturbidimétrico.

En el caso de la ferritina, se emplearon partículas de látex recubiertas con anticuerpos específicos, que al aglutinarse generan un aumento en la absorbancia proporcional a su concentración. De manera similar, la transferrina fue cuantificada a través de la formación de complejos inmunes con un antisuero específico, lo que produce un incremento en la turbidez medido espectrofotométricamente.

Hierro

Es un oligoelemento esencial para el organismos, necesario para las funciones como el transporte de oxígeno a través de la hemoglobina, producción de energía en las mitocondrias, adecuado funcionamiento del sistema inmunológico, síntesis de mioglobina y numerosas enzimas. La mayor parte del hierro >70% se encuentra en los glóbulos rojos, específicamente en la hemoglobina, lo que resalta su papel en la oxigenación de los tejidos. Durante etapas como el embarazo, cuando la demanda de oxígeno y nutrientes aumenta, los requerimientos de hierro también se incrementan notablemente⁵⁰ (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El hierro es esencial para la formación de glóbulos rojos porque permite la síntesis de hemoglobina, proteína encargada de transportar oxígeno a los tejidos. Su regulación depende principalmente de la hormona hepcidina, que controla la absorción intestinal y la liberación desde los depósitos corporales. Cuando la médula ósea incrementa la producción de eritrocitos, la hepcidina disminuye y el hierro se moviliza con mayor facilidad, garantizando así la adecuada fabricación de hemoglobina y la correcta maduración celular⁵¹.

La estrecha relación entre hierro y eritropoyesis se refleja en que la mayor parte del hierro diario proviene del reciclaje de eritrocitos envejecidos, mientras que una fracción menor se obtiene de la dieta. Durante la maduración, los eritroblastos captan hierro gracias a receptores específicos de transferrina, lo que asegura su desarrollo normal. Cuando este proceso falla, como en la anemia ferropénica, se reduce tanto la producción como la calidad de los glóbulos rojos, afectando su capacidad de oxigenar al organismo⁵¹.

Desde la práctica clínica, evaluar el hierro corporal es fundamental, ya que su deficiencia es una de las principales causas de anemia, sobre todo en gestantes, afectando al desarrollo fetal y aumentando el riesgo de parto prematuro. El cuerpo regula el hierro a través de su absorción intestinal mediante la hormona hepcidina. Esta disminuye cuando hay necesidad de más hierro, facilitando su absorción y movilización, Por lo tanto, conocer los niveles de hierro ayuda a prevenir complicaciones tanto maternas como fetales⁵⁰.

Ferritina

Es una proteína intracelular que se encarga de almacenar el hierro dentro de las células, manteniéndolo disponible para cuando el organismo lo necesite. Aunque se encuentran en

diferentes órganos como el hígado o el bazo, sus niveles en sangre son un buen reflejo del total de reservas de hierro. Por esta razón la cuantificación de ferritina sérica se considera una herramienta confiable para detectar una posible deficiencia de este micronutriente^{52,53}.

La ferritina no solo cumple la función de depósito, sino que también participa activamente en la regulación del metabolismo del hierro. Cuando el organismo requiere más hierro, por ejemplo, durante una mayor producción de glóbulos rojos, la ferritina libera gradualmente este mineral para que sea utilizado en la síntesis de hemoglobina. Este equilibrio evita tanto la deficiencia como la toxicidad, ya que el hierro libre en exceso puede generar radicales libres dañinos para las células⁵⁴.

El metabolismo de la ferritina se encuentra estrechamente vinculado con el ciclo vital de los eritrocitos. Durante la eritropoyesis, el hierro almacenado en ferritina es movilizado hacia la médula ósea, donde los eritroblastos lo incorporan mediante receptores de transferrina para formar hemoglobina. Sin este aporte constante, la maduración eritrocitaria se ve comprometida, lo que se traduce en glóbulos rojos pequeños y con menor capacidad de transporte de oxígeno, rasgo característico de la anemia ferropénica⁵⁴.

Alteraciones en la ferritina pueden presentarse en distintos escenarios clínicos. Niveles elevados suelen observarse en procesos inflamatorios, infecciones crónicas, hepatopatías o neoplasias, donde se produce un “bloqueo del hierro” que impide su adecuada utilización. En contraste, valores persistentemente bajos reflejan un agotamiento progresivo de las reservas, situación frecuente en adolescentes, mujeres en edad fértil y gestantes, quienes tienen una mayor demanda de hierro y un riesgo elevado de anemia⁵⁴.

En el contexto clínico, valores bajos de esta proteína indican una disminución en las reservas de hierro(<30 µg/L en adultos), incluso antes de que aparezca la anemia permitiendo actuar de forma preventiva. Sin embargo, su interpretación debe hacerse con precaución, ya que la ferritina puede elevarse en por procesos inflamatorios enmascarando una deficiencia real. Durante el embarazo, niveles bajos de ferritina están relacionados con riesgo de desarrollar anemia ferropénica y complicaciones durante la gestación^{52,53} (Ver Anexo 11).

Transferrina

La transferrina es una glucoproteína producida principalmente en el hígado, cuya función es transportar el hierro en el plasma sanguíneo y entregarlo a los tejidos que lo necesitan. Su estructura le permite unir dos átomos de hierro en forma férrica (Fe^{3+}) y mantenerlos solubles, evitando que el metal circule libre y genere daño oxidativo. Gracias a este mecanismo, la transferrina asegura que el hierro se mantenga biodisponible y pueda ser utilizado en procesos vitales, entre ellos la formación de hemoglobina en los eritrocitos⁵²⁻⁵⁴.

En el metabolismo del hierro, la transferrina actúa como intermediaria clave. El hierro absorbido en el intestino se une a esta proteína y es conducido hacia la médula ósea, donde los precursores eritroides lo captan a través de receptores específicos (TfR1 y TfR2). Una vez dentro de la célula, el hierro es liberado para incorporarse en la síntesis de hemoglobina.

Este proceso asegura un suministro constante a los glóbulos rojos en formación, lo que resulta esencial para mantener un adecuado transporte de oxígeno en todo el organismo⁵²⁻⁵⁴.

La importancia fisiológica de la transferrina radica en que regula el equilibrio entre el hierro disponible y las demandas celulares. Cuando las reservas de hierro disminuyen, la concentración de transferrina tiende a aumentar como respuesta compensatoria del organismo para captar más hierro circulante. En cambio, en situaciones de sobrecarga, como hemocromatosis o transfusiones repetidas, su saturación puede elevarse notablemente. Estos cambios reflejan la estrecha relación entre los niveles de transferrina y el estado general del metabolismo férrico⁵²⁻⁵⁴.

Desde el laboratorio clínico, la evaluación de la transferrina y su saturación constituye una herramienta diagnóstica fundamental. Valores bajos de saturación suelen indicar deficiencia de hierro y riesgo de anemia ferropénica, mientras que niveles elevados pueden asociarse a sobrecarga de hierro o alteraciones hepáticas. Interpretada junto con parámetros como ferritina, hemoglobina y hematocrito, ofrece una visión más completa del estado del hierro corporal. Por ello, la medición de transferrina es clave para orientar un diagnóstico oportuno y establecer estrategias de tratamiento en poblaciones vulnerables, como mujeres embarazadas o adolescentes⁵²⁻⁵⁴.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Enfoque

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo, sustentado en el análisis de datos numéricos obtenidos a partir de pruebas hematológicas y bioquímicas aplicadas a adolescentes embarazadas en la provincia de Chimborazo, Riobamba. Este enfoque permitió una evaluación objetiva y sistemática de los parámetros de hematocrito, hemoglobina, hierro y ferritina, con el propósito de determinar su utilidad como marcadores en el diagnóstico de anemia.

Tipo de investigación

Según el nivel

Este estudio fue relacional, dado que permitió comprender la asociación entre los resultados alterados del perfil hematológico y férrico para inferir posibles diagnósticos de anemia en la población gestante adolescente.

Según el diseño

El presente estudio se desarrolló bajo un diseño de investigación de campo no experimental, ya que no se manipuló o controló ninguna variable. Se observaron y analizaron de manera objetiva las relaciones entre los niveles de hematocrito, hemoglobina, hierro, ferritina y el diagnóstico presuntivo de trastornos hematológicos en gestantes en edad temprana. La recolección de datos se realizó manteniendo las condiciones naturales en las que sucedió el fenómeno, lo que permitió evaluar la relación entre las variables sin alterar el contexto natural.

Según el corte

Se aplicó un corte transversal, lo que significa que los datos analizados se obtuvieron en un único momento temporal, permitiendo caracterizar el estado anémico de las participantes en base a los resultados de laboratorio obtenidos.

Según la cronología de los hechos

De carácter retrospectivo, lo que implica que los datos se obtuvieron de registros clínicos previos disponibles en las instituciones del sector público así como de la información documentada durante el desarrollo del semillero de investigación.

Población de estudio y tamaño de muestra

Población

La población objetivo estuvo conformada por 66 adolescentes embarazadas residentes en la ciudad de Riobamba, que fueron atendidas en instituciones públicas durante el año 2024.

Muestreo

La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia.

Muestra

La muestra se constituyó por 21 gestantes en edad puberal atendidas en los establecimientos de la zonal 3, que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión establecidos por los investigadores. Esta selección permitió garantizar la representatividad necesaria para dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

- Adolescentes gestantes comprendidas entre los 13 y 19 años al momento de la recolección de las muestras y aplicación de las encuestas.
- Pacientes con residencia permanente en la ciudad de Riobamba.
- Participantes que otorgaron su consentimiento informado y asentimiento en menores de 18 años de forma voluntaria.
- Participantes que se encuentren cursando cualquier trimestre de embarazo.

Criterios de exclusión

- Pacientes con residencia fuera del cantón Riobamba, específicamente en otros cantones de la provincia de Chimborazo.
- Pacientes que asistieron pero que declinaron su participación en el estudio o que se negaron a firmar el consentimiento informado.
- Gestantes que no concluyeron el proceso de gestación y no registraron controles prenatales.

Técnicas de recolección de datos

En el estudio se utilizaron bases de datos preexistentes que fueron generadas durante investigaciones previas del semillero de investigación perteneciente a la Universidad Nacional del Chimborazo. Los registros fueron obtenidos mediante visitas domiciliarias a pacientes que recibían atención de salud pública. Durante las visitas se registraron datos sociodemográficos y se obtuvo el consentimiento informado junto con la muestra biológica respectiva.

Las muestras se procesaron en el laboratorio de investigación de la carrera de Laboratorio Clínico, utilizando los equipos automatizados: la biometría hemática se realizó mediante citometría de flujo en el Analizador Hematológico DIRUI BF-6900 CRP, mientras que los parámetros bioquímicos (hierro, ferritina y transferrina) fueron determinados por inmunoturbidimetría, utilizando el equipo PKL PPC 125.

Método de análisis y procesamiento de datos

Los datos fueron depurados y organizados en una nueva base de datos de utilidad para los investigadores elaborada en Microsoft Excel, que integró variables demográficas, clínicas y bioquímicas. A continuación, se ejecutó el análisis estadístico descriptivo y diferencial, aplicado en el software SPSS versión 28 con el fin de responder a los objetivos planteados en la investigación.

Consideraciones éticas

El proyecto de investigación “Ferrocínética en adolescentes embarazadas atendidas en el Hospital Provincial General Docente Riobamba-Ecuador” del que se deriva el presente trabajo de titulación, fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos (CEISH) de la Universidad UTE con el código CEISH-2021-011.

Hipótesis Nula (H0)

La incorporación de índices hematimétricos y pruebas bioquímicas como hierro y ferritina no aporta una mejora significativa en la precisión diagnóstica de la anemia en adolescentes embarazadas en comparación con el uso de hemoglobina y hematocrito.

Hipótesis Alternativa (H1)

La incorporación de índices hematimétricos y pruebas bioquímicas como hierro y ferritina sí aporta una mejora significativa en la precisión diagnóstica de la anemia en adolescentes embarazadas en comparación con el uso de hemoglobina y hematocrito.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo presenta de forma estructurada los hallazgos obtenidos a partir del análisis de los parámetros hematológicos y bioquímicos aplicados a la muestra conformada por 21 gestantes en edad puberal, atendidas en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. Los datos se organizaron en tablas que integran variables clínicas como la hemoglobina, hematocrito, VCM, HCM, hierro, ferritina, transferrina y proteína C reactiva, así como factores socioeconómicos relevantes.

Estos indicadores permitieron clasificar los distintos tipos de anemia identificados en las participantes, diferenciando entre casos de origen ferropénico, inflamatorio, mixto y resultados dentro de los rangos normales según el perfil de cada paciente. La interpretación de los datos se realizó considerando los valores de referencia presentes en la Guía de Práctica Clínica del MSP, además de los rangos de referencia manejados por la red de Salud.

Perfil hematológico en adolescentes embarazadas

La siguiente tabla presenta los valores de recuento de glóbulos rojos, hematocrito, hemoglobina e índices hematimétricos obtenidos en adolescentes embarazadas de Riobamba, incluyendo medidas estadísticas y porcentaje de alteraciones, con el fin de evidenciar la variabilidad de los resultados.

Tabla 1. Variabilidad y asociación de parámetros hematológicos en el diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas.

ID	RBC (x10⁶ ul) VR: 4 - 6	Hb (g/dl) VR: ≥ 11,0	Hto (%) VR: ≥ 33	VCM (fl) VR: 80 - 100	HCM (pg) VR: 27 – 31	CHCM (g/dl) VR: 30 - 36	Interpretación
1	4,79	14,5	41,8	87,2	30,3	34,7	Sin alteraciones
2	4,06	12,2	35,8	88,1	30,1	34,1	Sin alteraciones
3	4,30	12,2	36,9	85,7	28,4	33,1	Sin alteraciones
4	4,10	12,1	35,4	86,3	29,5	34,2	Sin alteraciones
5	4,15	11,7	35,2	84,7	28,2	33,2	Sin alteraciones
6	4,62	13,5	39,4	85,2	29,2	34,3	Sin alteraciones
7	4,38	13,6	38,6	88,1	31,0	35,2	Sin alteraciones
8	4,24	13,2	38,0	89,7	31,0	34,7	Sin alteraciones
9	4,07	12,2	36,6	89,9	30,0	33,3	Sin alteraciones
10	4,33	13,2	38,5	88,8	30,4	34,3	Sin alteraciones
11	4,37	13,3	38,3	87,6	30,5	34,7	Sin alteraciones
12	4,36	13,1	39,8	88,9	29,9	33,8	Sin alteraciones
13	4,44	12,2	35,8	80,6	27,4	33,9	Sin alteración
14	3,36 ↓	10,0 ↓	29,9 ↓	89,0	29,8	33,4	Anemia
15	3,57 ↓	10,5 ↓	32,6 ↓	91,4	29,5	32,2	Anemia
16	3,65 ↓	9,8 ↓	29,0 ↓	79,4 ↓	26,8 ↓	32,6	Anemia microcítica hipocrómica

17	3,49 ↓	9,2 ↓	27,8 ↓	79,6 ↓	26,3 ↓	33,0	Anemia microcítica hipocrómica
18	3,63 ↓	11,2	33,3	91,8	30,7	33,6	Eritropenia
19	4,68	15,2	43,5	92,9	32,5 ↑	34,9	Hipercromía
20	4,12	13,2	38,2	92,8	32,0 ↑	34,6	Hipercromía
21	4,94	13,3	39,3	79,6 ↓	27,0	33,8	Microcitosis
Media	4,17	12,35	36,37	87,01	29,55	33,8	-
DE	0,43	1,54	4,04	4,24	1,67	0,8	-
Valor Mínimo	3,36	9,20	27,80	79,40	26,30	32,2	-
Valor Máximo	4,94	15,20	43,50	92,90	32,50	35,2	-
% casos alterados	23,8 %	19 %	19 %	14,3 %	19 %	0 %	38 %
CV %	10,31 %	12,47 %	11,1 %	4,87 %	5,64 %	2,3 %	-

Nota. RBC: Recuento de glóbulos rojos; Hb: Hemoglobina; Hto: Hematocrito; VCM: Volumen corpuscular medio; HCM: Hemoglobina Corpuscular; CHCM: Hemoglobina Corpuscular Media; DE: Desviación Estándar; CV: Coeficiente de variación.

Análisis e interpretación

La Tabla 1 representa los resultados obtenidos del perfil hematológico de 21 jóvenes embarazadas. De todos los casos, cuatro (IDs 14, 15, 16, 17) indicaron signos de anemia, con concentraciones de Hb y Hto por debajo de los valores de referencia ($Hb < 11 \text{ g/dL}$, $Hto < 33\%$), en dos casos la anemia se acompaña de microcitosis ($VCM < 80 \text{ fL}$) e hipocromía ($HCM < 27 \text{ pg}$), sugiriendo una posible anemia causada por falta de hierro.

Por el contrario, en 13 participantes (caso 1 al 13) se identificaron parámetros hemáticos dentro de los umbrales normales. Se dieron situaciones de interés, como en el caso 18 que indicó eritropenia ($3,63 \text{ mill/mm}^3$) posiblemente asociada a hemodilución fisiológica del embarazo. Los casos 19 y 20 presentaron hipercromía aislada ($HCM > 32\text{pg}$) que puede deberse a interferencias o variaciones analíticas. El caso 21 reflejó microcitosis aislada ($VCM 79,6 \text{ fL}$) con hemoglobina llegando al límite inferior, este hecho podría relacionarse con alteración en la eritropoyesis producida por el hierro, donde los índices eritrocitarios se alteran antes de que se produzca la anemia.

Los resultados estadísticos descriptivos indican que el coeficiente de variación fue mayor en la hemoglobina (12,47%) y el hematocrito (11,1%), lo que indica una mayor dispersión entre la población de estudio en comparación con los índices hematimétricos.

La amplia variabilidad de la Hb y el Hto se manifiesta debido a la influencia de factores fisiológicos propios de la gestación, como la hemodilución y la variabilidad nutricional, mientras que el VCM y HCM mostraron menos variabilidad compatible con mejor estabilidad estadística y pertinencia en la identificación del tipo de anemia, más que en su detección inicial.

Respecto a los casos alterados, la Hb y el Hto indicaron un 19% de alteraciones, el VCM un 14,3% y el HCM un 19%, lo que indica que la Hb y el Hto son precisos como marcadores diagnóstico primario de anemia mientras que los índices hematimétricos aportan con un valor adicional al permitir precisar con exactitud si corresponde a un patrón de anemia microcítica-hipocrómica, característico de anemia ferropénica. Cabe señalar que en esta población de estudio, el CHCM no presentó casos alterados y tubo el CV (2,3%) más bajo, por lo que es un parámetro poco preciso como marcador diagnóstico.

Discusión

Los resultados obtenidos en la muestra de 21 adolescentes en estado de gestación en la ciudad de Riobamba reflejaron valores disminuidos de hemoglobina y hematocrito en un 19%, hallazgo cercano con la prevalencia del 18% encontrado por Ortíz et al. en su estudio realizado en el Hospital General Docente de Riobamba. La concomitancia sugiere que los parámetros hematológicos básicos siguen siendo herramientas de utilidad para la detección de anemia en jóvenes embarazadas comprendidas como población de riesgo⁵.

Sin embargo, otras investigaciones como la de Zumárraga et al., argumenta mediante la evidencia de una prevalencia del 49,6% en gestantes de la provincia de Ambato, que la Hb

puede verse elevada fisiológicamente en zonas altas como Chimborazo por hipoxia crónica, lo que puede enmascarar casos leves de anemia si se utilizan umbrales estándar que no hayan sido ajustados de acuerdo al contexto geográfico⁵⁵.

La dispersión encontrada en Hto y Hb concuerdan con lo planteado por Zumárraga et al., quienes explican que durante el embarazo, se da un proceso fisiológico de hemodilución que altera los parámetros nombrados y condicionan la interpretación. De igual manera, Ortiz et al., señala que la variabilidad de resultados en el embarazo puede acentuarse por deficiencias nutricionales donde se incluye el consumo inadecuado de hierro o el inicio tardío del CP.

En cuanto al RBC, se presentaron valores disminuidos en 5 casos, los cuales deben ser interpretados cuidadosamente debido a la posibilidad de que sea ocasionados por factores fisiológicos. Según Yefet et al., la hemodilución propia del embarazo disminuye las concentraciones de glóbulos rojos sin relacionarse con anemia, por lo que considerarlo como marcador único limita su uso. Desde otra perspectiva, Zumárraga et al. indica que, en poblaciones con altos casos de déficit nutricional, la eritropenia puede ser un signo temprano de alteración en la eritropoyesis. En añadidura, Ortiz et al. dice que el RBC no es determinante y debe ser combinado con la Hb y el Hto para obtener una mejor precisión diagnóstica, sobre todo porque la población tiene mayores demandas metabólicas^{5,55,56}.

En relación con los índices eritrocitarios, el estudio realizado encontró microcitosis e hipercromía en dos casos, los cuales orientan al posible diagnóstico de anemia ferropénica. Ortiz et al. indican que los índices permiten clasificar el tipo de anemia (ferropénica vs. megaloblástica) mediante patrones característicos, sin embargo, estos no predicen su gravedad porque tienen una débil correlación con la Hb. Por otra parte, Yefet et al. enfatiza que el VCM y HCM cuentan con un valor predictivo limitado ($AUC < 80\%$) para anemia previa al parto, enfatizando en la idea de que no deben usarse de forma aislada, en contraste, Zumárraga et al. indica que en entornos con recursos limitados, estos índices son críticos para orientar el diagnóstico cuando no se dispone de otras pruebas^{5,55,56}.

Las alteraciones parciales en los índices eritrocitarios que no cumplen con los criterios clásicos de anemia como lo es la eritropenia aislada y en otros casos la macrocitosis, podría ser alteraciones sugestivas de ajustes fisiológicos de la médula ósea frente a la demanda materna de hierro, según Vega-Sanchez et al. Añade que durante el embarazo los índices eritrocitarios pueden verse fuera del valor normal incluso en mujeres no anémicas por condiciones propias del embarazo. Caso contrario, Falvella et al. explica que debido a que los índices son calculados a partir de tres parámetros base, cualquier interferencia puede generar resultados ilegítimos, como lo son las aglutininas frías que alteran levemente el RBC y el Hto, produciendo un falso aumento aislado del VCM al momento del calculo^{57,58}.

La eficacia de los marcadores depende de su uso en conjunto y el contexto clínico. Ortiz et al. e Yefet et al. priorizan la Hb y el Hto por su sensibilidad, sobre todo en el segundo trimestre de embarazo donde incrementa su sensibilidad como predictor confiable de anemia. Zumárraga et al. destacan que, en áreas rurales, los índices eritrocitarios (VCM, HCM, CHCM) son herramientas accesibles para el tamizaje inicial del origen de la anemia.

Todos coinciden en que ningún parámetro hematológico es suficiente por sí solo, es necesario el análisis en conjunto de todo ellos para obtener una visión completa del estado anémico de las pacientes, especialmente por los cambios fisiológicos propios del estado de gestación y requerimientos nutricionales por la edad^{5,55,56}.

Parámetros bioquímicos en el diagnóstico diferencial de anemia y proceso inflamatorio

La siguiente tabla presenta los resultados de hierro, ferritina, transferrina y proteína C reactiva en adolescentes embarazadas de Riobamba, junto con su interpretación clínica, edad promedio y número de casos, permitiendo diferenciar entre anemia ferropénica, estados inflamatorios y estados mixtos.

Tabla 2. Parámetros bioquímicos (hierro, ferritina, transferrina y PCR) y su asociación con el diagnóstico diferencial de anemias en adolescentes embarazadas de Chimborazo – Riobamba.

Interpretación clínica	Promedio de edad	Hierro 30 - 145 Ug/dL	Ferritina 15 - 135 ng/mL	Transferrina 200 - 360 mg/dL	Proteína C reactiva 2 - 5 mg/L	Nº de casos
Sin anemia	17 años	Sin alteración	Sin alteración	Sin alteración	Sin alteración	15 (71,5 %)
Anemia ferropénica	18 años	Ferropenia	Hipoferritinemia	Hipertransferrinemia	Sin alteración	2 (9,5 %)
Estado inflamatorio	17 años	Normal o Ferropenia	Hiperferritinemia	Normal o Hipotransferrinemia	Elevada	2 (9,5 %)
Estado Mixto*	16 años	Ferropenia	Sin alteración	Normal o Hipertransferrinemia	Elevada	2 (9,5 %)

Nota. *El estado mixto comprende inflamación crónica o aguda e interferencias en el metabolismo del hierro.

Análisis e interpretación

La Tabla 2 muestra los parámetros bioquímicos de hierro, ferritina, transferrina y proteína C reactiva (PCR) en adolescentes embarazadas, agrupadas según la interpretación clínica. De las 21 participantes, 15 (71,5%) no presentaron alteraciones significativas en ninguno de los parámetros, reflejando el estable y adecuado estado hematológico en el que se encontraban en su etapa gestacional.

Sin embargo, se hallaron 2 gestantes (9,5%) que evidenciaban anemia ferropénica, la cual se identifica inicialmente con los índices hematimétricos y se confirma con la característica ferropenia sérica, hipoferritinemia y la respuesta compensatoria de una hipertransferrinemia, la cual en conjunto confirma una disminución real de los depósitos de hierro. La demanda de hierro en el embarazo adolescente no logra ser abastecida por la dieta o la suplementación insuficiente, por lo que los hallazgos en la población reflejan el impacto de los requerimientos nutricionales.

Asimismo, 2 casos (9,5 %) coincidieron con un estado inflamatorio, donde la ferritina se presenta elevada anormalmente acompañada de hierro sin alteraciones o disminuido, una transferrina normal o por debajo de los valores normales y una PCR elevada. El perfil corresponde a una respuesta de fase aguda por parte de la ferritina, la cual actúa como un reactante positivo que se eleva inexplicablemente, lo que puede enmascarar una ferropenia subyacente y complicar la interpretación clínica con posterior diagnóstico diferencial

Por último, se observaron 2 casos de coexistencia entre déficit de hierro y estado inflamatorio (9,5%) donde se da una ferropenia sin hipoferritinemia y marcadores inflamatorios elevados. Este patrón es de importancia clínica porque expone una interacción entre déficit nutricional e inflamación crónica o aguda, lo que podría complicar la interpretación bioquímica, así como la decisión terapéutica.

De manera general, más del 25% de la muestra presentó alteraciones relacionadas con el metabolismo del hierro o la presencia de procesos inflamatorios, de manera que lo identificado confirma la utilidad de la interpretación en conjunto de estas pruebas bioquímicas (hierro sérico, ferritina, transferrina) y el marcador de inflamación (PCR) con el hemograma convencional, debido a que permiten obtener un diagnóstico diferencial más preciso y detectar situaciones clínicas que podrían pasar desapercibidas si solamente se consideraran los parámetros de la biometría hemática.

Discusión

El análisis de los valores bioquímicos de hierro, ferritina, transferrina y PCR en la muestra estudiada indica que el 28,5% de las participantes presentaron alteraciones en la concentración de estas. Dentro de este porcentaje, un 9,5% de los casos corresponde a anemia por déficit de hierro, lo cual de acuerdo con Means, es la causa patológica más frecuente de anemia en el embarazo, sobre todo en adolescentes, donde los depósitos basales de hierro no son suficientes para responder a las demandas de este mineral en la gestación⁵⁰.

Means además sustenta la relación concomitante entre los resultados de ferropenia, hipoferritinemia e hipertransferrinemia obtenida en el estudio como el esquema bioquímico que refleja un verdadero agotamiento de las reservas de hierro, resaltando que la transferrina actúa como un marcador compensatorio temprano y sensible del déficit férrico. Así mismo, Lewkowitz y Tuuli destacan que la transferrina y la saturación de transferrina tienen gran utilidad como diferenciador diagnóstico de una verdadera deficiencia de hierro y ferritina falsamente elevada por la inflamación^{50,59}.

Por su parte, los casos donde se presentó ferritina elevada asociada a PCR fuera del rango normal implican la elevación artificial de la ferritina al comportarse como reactante de fase aguda y puede enmascarar un déficit de hierro subyacente si se lo mide de manera aislada, según Means. Lewkowitz y Tuuli señalan que para evitar que estos resultados conlleven a errores clínicos, se incluya a la PCR en la interpretación clínica, dado que los marcadores inflamatorios indican un aumento secundario al proceso inflamatorio y alertan de la necesidad de estudios adicionales para reconocer la causa inflamatoria^{50,59}.

Asimismo, los estados mixtos (9,5%) relejaron la coexistencia de metabolismo del hierro inadecuado y actividad inflamatoria, siendo un escenario clínico de difícil interpretación. De acuerdo con Means, la hepcidina se incrementa ante la presencia de inflamación, lo que genera el bloqueo de la liberación de hierro desde los enterocitos y macrófagos pese a la existencia de reservas, lo que genera una ferropenia funcional. Cantor et al señala que resulta ineficaz e innecesario iniciar tratamiento con hierro en esta situación de ferropenia falsa, debido a que no se reconoce la contribución del estado inflamatorio en las reservas de hierro^{50,52}.

Abordando otro aspecto relevante, Mei et al. determinaron que los umbrales fisiológico de la ferritina en el embarazo son superiores a los tradicionalmente utilizados (<15 ug/L), incluso proponiendo valores ajustados por trimestre (<25.8 µg/L en el primero, <18.3 µg/L en el segundo y <19.0 µg/L en el tercero). Esta información es vital, debido a que sugiere que algunos casos clasificados dentro de los valores normales en nuestra muestra de estudio podrían corresponder en realidad a estados de ferropenia insipientes o no detectados bajo parámetros clásicos⁶⁰.

Asociación estadística de pruebas de laboratorio con anemia ferropénica

La siguiente tabla presenta el análisis comparativo de parámetros hematológicos y bioquímicos en adolescentes embarazadas con y sin anemia ferropénica, mostrando medidas de tendencia central, como la media, desviación estándar y significancia estadística, con el fin de evidenciar su relación en la detección de este tipo de anemia.

Tabla 3. Análisis estadístico de parámetros hematológicos y bioquímicos utilizados en la determinación de anemia por déficit de hierro en el embarazo adolescente.

Parámetro	Media $\pm$ DE (No anémicas)	Media $\pm$ DE (Anémicas por ferropenia)	Valor p
Recuento de glóbulos rojos	4,3 $\pm$ 0,3 x10 ⁶ ul	3,5 $\pm$ 0,1 x10 ⁶ ul	0,045
Hemoglobina	12,8 $\pm$ 1 g/dl	9,5 $\pm$ 0,4 g/dl	0,029
Hematocrito	37,7 $\pm$ 2,6 %	28,4 $\pm$ 0,8 %	0,029
Volumen Corpuscular Medio	87,2 $\pm$ 4,3 fl	79,5 $\pm$ 0,1 fl	0,029
Hemoglobina Corpuscular Media	29,7 $\pm$ 1,7 pg	26,5 $\pm$ 0,3 pg	0,014
Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media	34 $\pm$ 0,6 g/dl	32,8 $\pm$ 0,2 g/dl	.*
Hierro	103,1 $\pm$ 34,1 ug/dL	35,5 $\pm$ 0,7 ug/dL	0,029
Ferritina	51,4 $\pm$ 123,2 ng/mL	7,2 $\pm$ 2,3 ng/mL	0,040
Transferrina	370,3 $\pm$ 107,1 mg/dL	404,3 $\pm$ 35,4 mg/dL	0,049

Nota: Valor p: Significancia estadística por método estadístico por prueba exacta de Fisher ($p = < 0.05$) entre pacientes con anemia y pruebas de laboratorio; *Sin resultado de significancia por ser datos lineales sin alteración.

Análisis e interpretación

En la Tabla 3 se puede evidenciar la diferencia marcada entre adolescentes embarazadas con y sin anemia ferropénica. En el grupo anémico, el RBC presentó valores menores ($3,5 \pm 0,1 \times 10^6/\mu\text{L}$) en comparación con el grupo que no presenta anemia ($4,3 \pm 0,3 \times 10^6/\mu\text{L}$). De igual manera, la hemoglobina mostró una disminución notable en anémicas ($9,5 \pm 0,4 \text{ g/dL}$) versus la no anémicas ($12,8 \pm 1 \text{ g/dL}$), compartiendo similitud con los resultados del parámetro hematocrito ($28,4 \pm 0,8 \%$ en anémicas vs. $37,7 \pm 2,6 \%$ no anémicas). Estos resultados demuestran las características típicas que permiten identificar anemia.

En relación con los índices eritrocitarios, el volumen corpuscular medio presentó resultados más bajos en gestantes con anemia ($79,5 \pm 0,1 \text{ fL}$) frente a las no anémicas ($87,2 \pm 4,3 \text{ fL}$),

la igual que la hemoglobina corpuscular media la cual también presentó disminución ($26,5 \pm 0,3$ pg anémicas vs. $29,7 \pm 1,7$ pg no anémicas). Caso contrario, la hemoglobina corpuscular media resultó con valores similares entre ambos grupos, lo que indica que no existe diferencia significativa en estos valores ($32,8 \pm 0,2$ g/dL anémicas vs. $34 \pm 0,6$ g/dL no anémicas).

En cuanto a los resultados bioquímicos se identificó una disminución importante de hierro sérico en las pacientes con anemia ($35,5 \pm 0,7$ µg/dL) en comparación con las no anémicas ($103,1 \pm 34,1$ µg/dL). De igual manera, la ferritina fue significativamente inferior en las gestantes anémicas ($7,2 \pm 2,3$ ng/mL) frente a las no anémicas ($51,4 \pm 123,2$ ng/mL). Sin embargo, la transferrina mostró un incremento en la población de pacientes anémicas por deficiencia de hierro ($404,3 \pm 35,4$ mg/dL) en comparación con las pacientes sin anemia ($370,3 \pm 107,1$ mg/dL).

Al analizar la significación estadística de cada parámetro en relación con el diagnóstico de anemia, se observó que el recuento eritrocitario ($p = 0,045$), la hemoglobina ($p = 0,029$) y el hematocrito ($p = 0,029$) presentaron asociación significativa, lo que muestra su utilidad como pruebas iniciales de tamizaje, sin embargo cabe destacar el RBC tiene una significación estadística baja, debido a los casos donde se presenta hemodilución fisiológica del embarazo. El VCM ($p = 0,029$) y la HCM ($p = 0,014$) también mostraron significación estadística, respaldando su valor en la caracterización morfológica de microcitosis e hipocromía propias de la anemia ferropénica.

En el ámbito bioquímico, tanto el hierro sérico ($p = 0,029$) como la ferritina ($p = 0,040$) resultaron estadísticamente significativos, consolidándolos como marcadores de confirmación de una sospecha de anemia ferropénica al mostrar la disminución de la disponibilidad y de las reservas de hierro en la mujer gestante. La transferrina por su parte presentó una baja significación ($p = 0,049$), lo que sugiere un rol complementario, pero no concluyente en la evaluación diagnóstica de la anemia ferropénica en esta muestra de estudio. En contraste, la CHCM no mostró relevancia estadística porque la misma no pudo ser calculada debido a que todos los resultados de las pacientes se encontraron dentro de los parámetros normales.

En la muestra de adolescentes embarazadas de la ciudad de Riobamba se presenta una porcentaje de participantes con anemia ferropénica, determinada mediante la combinación de parámetros hematológicos y bioquímicos. La Hb y el Hto demuestran ser indicadores iniciales de la presencia de anemia mediante su disminución. Los índices eritrocitarios como el VCM y el HCM permiten determinar el origen de la anemia, en las participantes analizadas los valores reducidos caracterizan una anemia microcítica hipocrómica. Los resultados bajos de hierro y ferritina confirman la disminución de los depósitos de hierro y la transferrina elevada indica un incremento del transporte de hierro. La combinación de estos parámetros permite establecer el perfil de anemia presente en la muestra de estudio.

Los hallazgos rechazan la hipótesis nula y respaldan la hipótesis alternativa, la cual establece que la combinación de los parámetros hematológicos y bioquímicos permiten una

identificación más precisa de la anemia por déficit de hierro que el uso aislado de cada prueba.

Discusión

Los resultados de la Tabla 3 reafirman que el conjunto de parámetros hematológicos y bioquímicos conforman la estrategia más sólida para la identificación de anemia ferropénica en jóvenes embarazadas de Riobamba. De acuerdo con Obegau, los índices eritrocitarios, sobre todo el VCM y el HCM, presentan gran valor diagnóstico especialmente cuando se habla de contextos con recursos limitados, donde las pruebas bioquímicas no siempre están disponibles. El uso de estos índices permite sospechar deficiencia de hierro incluso antes de que el estado se vuelva más severo con respecto a la hemoglobina. La significancia estadística alta encontrada en todos estos parámetros permite reforzar el valor de cada uno como herramientas básicas para el diagnóstico, de bajo costo y amplia accesibilidad⁶¹.

Respecto al ámbito bioquímico, la disminución marcada del hierro sérico y la ferritina acompañadas de una alta significancia estadística forman parte de los estudios más fiables para determinar una verdadera deficiencia de hierro, lo que es coherente con lo detallado por Iolascon et al., quienes afirman que, de forma particular, la ferritina evidencia un agotamiento de las reservas de hierro pese a su susceptibilidad de variación frente a estados de inflamación. Además, los mismos autores afirman que en esta población vulnerable se debería emplear puntos de corte más altos ($\geq 30 \mu\text{g/L}$) debido a las características propias del embarazo y la alta necesidad nutricional para el desarrollo fetal⁵³.

Por otro lado, la transferrina presentó un incremento en el grupo anémico, lo cual es congruente con lo explicado por Iolascon et al., quienes fundamentan el incremento de la transferrina como una respuesta fisiológica del cuerpo ante un déficit por ferropenia, donde se incrementa la capacidad de transporte del mineral como método compensatorio de la disminución sería. En el estudio obtuvo el parámetro obtuvo una significancia estadística marginal, lo cual lo posiciona como marcador complementario más que determinante para la confirmación diagnóstica, lo que concuerda con Fonseca et al., quienes señalan que su utilidad puede verse limitada en condiciones de desregulación metabólica, por lo cual presenta baja especificidad y es necesario interpretarla en conjunto con ferritina y hierro^{53,62}.

En cuanto a la fisiopatología, los resultados cumplen con la secuencia de agotamiento progresivo de hierro descrita por Iolascon et al. y Fonseca et al., en primer lugar se presenta una disminución de ferritina sérica, posteriormente la saturación de transferrina y finalmente se desarrolla anemia microcítica e hipocrómica. Por lo que este patrón sustenta el uso de ferritina e hierro sérico como pruebas de confirmación, mientras que la Hb y Hto resultan más útiles en fases avanzadas^{53,62}.

Fonseca et al. en su estudio describe el papel emergente de nuevos biomarcadores, como el receptor soluble de transferrina o el contenido de hemoglobina reticulocitaria, los cuales son parámetros que han demostrado utilidad en casos donde la ferritina se ve afectada por procesos inflamatorios. Pese a que dichos marcadores no fueron incluidos en este estudio,

su incorporación en otras investigaciones e incluso en las pruebas de rutina a nivel provincial podría mejorar la precisión diagnóstica en esta población. No obstante, el uso de los parámetros convencionales (hemoglobina, hematocrito, VCM, HCM, hierro sérico y ferritina) interpretados en conjunto, son suficientes para establecer un perfil específico de anemia ferropénica⁶².

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de los parámetros hematológicos mostró que la Hb y el Hto constituyen indicadores primordiales en el estudio, con un 19% de adolescentes embarazadas presentando anemia. Sin embargo, las concentraciones pueden verse alteradas por factores fisiológicos propios del embarazo, como la hemodilución, así como por condiciones ambientales como la altitud. Es por ello que la incorporación de índices eritrocitarios como el VCM y el HCM permite identificar con mayor claridad las características morfológicas de la anemia, por lo que se obtiene una interpretación más completa y detallada del estado anémico de las pacientes.

En los parámetros bioquímicos, más de la mitad de las participantes presentaron valores dentro de los rangos normales, no obstante, un 28,5% mostró resultados alterados, de los cuales el 9,5% comprende anemia ferropénica. Es así que el hierro, la ferritina y la transferrina se consolidaron como herramientas puntuales en el diagnóstico diferencial de anemia y otra patología relacionadas con la inflamación. La ferritina por su parte se ubica como marcador de las reservas de hierro, pero limitada frente a la inflamación, mientras que la transferrina cumple un papel compensatorio cuando ocurre una ferropenia. Para distinguir entre diferencia real e hipoferremia funcional, el uso complementario de PCR permite identificar un estado inflamatorio latente y así ejecutar un abordaje integral.

El uso en conjunto de los parámetros hematológicos y bioquímicos son de gran utilidad para un diagnóstico certero de anemia ferropénica, dado que su compilación permite una mejora en la interpretación diagnóstica que el uso aislado de cada parámetro. La Hb y el hto mostraron alta significancia estadística ($p=0,029$), posicionándolos como marcadores rutinarios de alta eficacia. Asimismo, el VCM y el HCM evidenciaron microcitosis e hipocromía, con una significancia estadística relevante ($p=0,029$ y $p=0,014$) que los posiciona como marcadores confiables para la determinación etiológica. El hierro sérico ($p=0,029$) y la ferritina ($p=0,040$) actúan como pruebas confirmatorias de déficit de hierro, mientras que la transferrina ($p=0,049$) cumple un papel secundario de apoyo diagnóstico.

Recomendaciones

Además de los análisis hematológicos habituales, resulta útil complementar con un frotis de sangre periférica correctamente teñido, ya que esta técnica ofrece una visión directa de la forma y el tamaño de los glóbulos rojos. Los cambios morfológicos característicos de anemia por deficiencia de hierro podrán ser comprobados a partir de la microscopía y además permitirá distinguirla de otros tipos de anemia, permitiendo que el diagnóstico de diversos cuadros clínicos sea más certero, completo y adecuado.

El personal de salud debe recibir capacitaciones acerca de la interpretación adecuada de los parámetros como hierro, ferritina, transferrina y proteína C reactiva, para que así pueda realizar una interpretación adecuada del diagnóstico de anemia y distinguirla de otras alteraciones relacionadas. Además, sería adecuado que en la evaluación prenatal se apliquen algoritmos de todos los parámetros y sus alteraciones correspondientes para poder identificar

otro tipo de patología, clasificando cada una de ellas dentro de un esquema bien fundamentado. Así se logrará que las decisiones clínicas sean sustentadas en evidencia científica, corrigiendo errores en la suplementación inadecuada de hierro y minimizando los riesgos de un tratamiento insuficiente o excesivo, permitiendo un tratamiento adaptado a cada caso.

La población de adolescentes embarazadas requiere fortalecimiento en el control prenatal de cada ciclo de gestación, sobre todo en lo referente a la identificación de anemia ferropénica mediante el seguimiento constante de hemoglobina, hematocrito y ferritina, además de integrar estrategias de educación en alimentos ricos en hierro para mejorar el estado nutricional mediante su consumo. Con estas acciones sería posible detectar de manera temprana la deficiencia y disminuir complicaciones tanto para la madre como para el feto en la población de Chimborazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization (WHO). Anemia [Internet]. 2023 [cited 2025 Feb 6]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>
2. Ibarra P, Castro F, Cedeño J. Embarazo precoz: riesgos, consecuencias y prevención. *Rev Científica Dominio Las Ciencias* [Internet]. 2019;5(2):554–71. Available from: <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1107>
3. World Health Organization (WHO). Embarazo en la adolescencia [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 6]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-pregnancy>
4. Arias Rodríguez F, Plazarte Michilena M, Buitrón Ruiz M, Jurado Llosa S, Molina Román L, Naula López M, et al. Embarazo adolescente en Ecuador y américa latina: un grave problema de salud pública. *Rev del Inst Salud Pública Chile* [Internet]. 2023;7(2):2–9. Available from: <https://revista.ispch.gob.cl/index.php/RISP/article/view/181>
5. Ortiz Jiménez JM, Peñafiel Méndez CI, Díaz Parra AD, Chaguaro Ramírez WI. Diagnóstico de anemia en adolescentes embarazadas atendidas en el Hospital General Docente Riobamba mediante el uso de hematocrito, hemoglobina e índices eritrocitarios. *Anatomía Digit* [Internet]. 2023;6(4.3):960–74. Available from: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/AnatomiaDigital/article/view/2878>
6. Espitia FJ, Orozco L. Estrategias de tratamiento en anemia gestacional por deficit de hierro: revisión narrativa de la literatura. *Rev Colomb Hematol y Oncol* [Internet]. 2024;11(1):132–57. Available from: <https://revista.acho.info/index.php/acho/article/view/678>
7. Gaspar Alvarado SB, Luna Figuero AM, Carcelén Reluz CG. Anemia en madres adolescentes y su relación con el control prenatal. *Rev Cubana Pediatr* [Internet]. 2022;94(3):1–15. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/ped/v94n3/1561-3119-ped-94-03-e1931.pdf>
8. Safiri S, Kolahi AA, Noori M, Nejadghaderi SA, Karamzad N, Bragazzi NL, et al. Burden of anemia and its underlying causes in 204 countries and territories, 1990–2019: results from the Global Burden of Disease Study 2019. *J Hematol Oncol* [Internet]. 2021;14(1):1–16. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13045-021-01202-2>

9. Kebede SS, Asmelash D, Duguma T, Wudineh D, Alemayehu E, Gedefie A, et al. Global prevalence of iron deficiency anemia and its variation with different gestational age systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr Open Sci*. 2025;59:68–86.
10. FAO; FIDE; OPS;PMA;UNICEF. Anemia en mujeres entre 15 y 49 años. In: América Latina y el Caribe - Panorama Regional de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición Estadísticas y Tendencias [Internet]. Santiago; 2023. p. 30–3. Available from: <https://openknowledge.fao.org/items/8316173a-d391-4f2b-9350-d3156d97c685>
11. Murillo A, Baque G, Chancay C. Prevalencia de anemia en el embarazo tipos y consecuencias. *Dominio las Ciencias* [Internet]. 2021;7(3):549–62. Available from: <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2010>
12. Asamblea Nacional del Ecuador. Código Orgánico Integral Penal [Internet]. Quito-Ecuador; 2014. 197 p. Available from: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf
13. Zhang Z, Gao S, Dong M, Luo J, Xu C, Wen W, et al. Relationship between Red Blood Cell Indices (MCV, MCH, and MCHC) and Major Adverse Cardiovascular Events in Anemic and Nonanemic Patients with Acute Coronary Syndrome. *Dis Markers*. 2022;2022(Mcv).
14. World Health Organization (WHO). ¿Qué es la adolescencia? [Internet]. 2020. Available from: <https://www.unicef.org/uruguay/crianza/adolescencia/que-es-la-adolescencia>
15. Agarwal S, Srivastava R, Jindal M, Rastogi P. Study of adolescent stage and its impacts on adolescents. *Eur J Mol Clin Med* [Internet]. 2020;7(6):1369–75. Available from: https://www.researchgate.net/publication/362646945_Study_of_Adolescent_Stage_and_Its_Impacts_on_Adolescents?enrichId=rgreq-1771b7e48093275f9694662e12306b99-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM2MjY0Njk0NTtBUzoXMTQzMtI4MTA3ODgyODc5NUAxNjYwMjk2MTY5NzQx&el=1_x_3&
16. Pulido I, Robles S, Palenzuela S. Guía de adolescencia [Internet]. Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria, editor. España; 2024. 208 p. Available from: <https://www.semfyc.es/index.php/publicaciones/guia-de-adolescencia>
17. López JA, López MV. Personalidad en la adolescencia. *Form Contin la Soc Española Med la Adolesc* [Internet]. 2023;XI(3)(1):141–8. Available from:

- https://www.adolescere.es/revista/pdf/volumen-XI-n3-2023/2023-n3-141-148_De-interes-Personalidad-en-la-adolescencia.pdf
18. Barrios E, Areste E. Consentimiento sexual en la adolescencia . Influencia del consumo de la « nueva pornografía » en la toma de decisiones. *An Pediatría* [Internet]. 2025;102(4):1–12. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1695403325000268?via%3Dihub>
 19. Sánchez-Martínez N, Espinoza-Rivera I. Educación sexual integral , conductas sexuales de riesgo y embarazo adolescente en estudiantes de Oaxaca , México. *Horiz Sanit* [Internet]. 2024;23(2):417–30. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1695403325000268?via%3Dihub>
 20. Vara Salazar E, Villalobos A, Hubert C, Suárez López L. Conductas de riesgo asociadas con el inicio sexual temprano en adolescentes en México. *Salud Publica Mex* [Internet]. 2023;65(6):654–64. Available from: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/15062>
 21. UNFPA. Consecuencias socioeconómicas del embarazo en adolescencia en Ecuador. Implementación de la metodología para estimar el impacto socioeconómico del embarazo y la maternidad adolescentes en países de América Latina y el Caribe – Milena 1.0. Unicef [Internet]. 2020;31. Available from: <https://www.unicef.org/ecuador/media/5606/file/MILENA-Consecuencias-socioeconomicas-del-Embarazo-Adolescente-en-Ecuador.pdf.pdf>
 22. Gamarra-Choque P, Pante-Salas G. Embarazo en la adolescencia y los indicadores de salud materna y perinatal. *Rev Habanera Ciencias Médicas* [Internet]. 2022;21:1–6. Available from: <https://revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/4226>
 23. Mirama-Calderon L, Calle-Rueda D, Villafuerte-Arias P, Ganchozo-Peralta D. El embarazo y sus complicaciones en la madre adolescente. *Rev Cient la Investig y el Conoc* [Internet]. 2020;4(3):174–83. Available from: <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/861>
 24. Carrillo-Mora P, García-Franco A, Soto-Lara M, Rodríguez-Vásquez G, Pérez-Villalobos J, Martínez-Torres D. Cambios fisiológicos durante el embarazo normal. *Rev la Fac Med la UNAM* [Internet]. 2021;64:39–48. Available from: https://revistafacmed.com/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=1379:cambios-fisiolgicos-durante-el-embarazo&Itemid=79

25. Serdán-Ruiz D, Vásquez-Bone K, Yupa-Pallchisaca A. Cambios fisiológicos y anatómicos en el cuerpo de la mujer durante el embarazo. Universidad, Cienc y Tecnol [Internet]. 2023;27(119):29–40. Available from: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212023000200029&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1316-48212023000200029&lng=es&nrm=iso&tlng=es
26. José Espitia De La Hoz F, Orozco Santiago L. Prevalencia, caracterización y factores de riesgo de anemia gestacional en el Quindío, Colombia, 2018-2023. 2024;0225:2018–23. Available from: <https://doi.org/10.18597/rcog.4202>
27. Garbey Pierre Y, Batista Delgado Y, Alvarez Cortes J. Factores de riesgo de la anemia durante el embarazo. Rev Electrónica Medimay [Internet]. 2023;30(3):279–86. Available from: <https://revcmhabana.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/2318/pdf>
28. Wong MF, Jetly K, Ismail Bukhary NB bt, K. Krishnan V, Chandrakant JA, Tham SW. Risk Factors for Anemia in Adolescent Pregnancies: Evidence From the Lembah Pantai Urban Health District in Malaysia. Cureus [Internet]. 2024 Aug 29 [cited 2025 May 7];16(8):e68094. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11438543/>
29. Stephen G, Mgongo M, Hussein Hashim T, Katanga J, Stray-Pedersen B, Msuya SE. Anaemia in Pregnancy: Prevalence, Risk Factors, and Adverse Perinatal Outcomes in Northern Tanzania. Anemia [Internet]. 2018 [cited 2025 May 30];2018:1846280. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5954959/>
30. Lopes da Silva L, Jesus Macedo R, Ferreira da Rocha E, Campos Goncalves A, Bastos Pereira B. Anemia Ferropriva na Gravidez: Prevalência, Fatores de risco e Implicações para a saúde Materna e Fetal Iron deficiency Anemia in Pregancny: Prevalence, Risk factors and Implications for maternal and fetal health. Etiopia. Brazilian J Implantol Heal Sci [Internet]. 2024;6(6):153–63. Available from: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n6p153-163>
31. Hierrezuelo Rojas N, Jhonson Valenciano S, Hernández Magdariaga A, Rodríguez Consuegra F, Cordovi Hierrezuelo M, Neira Hierrezuelo N. Factores predictivos de anemia en gestantes de un área de salud. Arch Médico Camagüey [Internet]. 2023 Nov 29 [cited 2025 May 7];27(0):e9681. Available from: <https://revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/9681>
32. Delgado Macías S, Montenegro Martínez J, Pérez-Pujalte S. Actualización del diagnóstico diferencial de anemias. NPunto [Internet]. 2023;VI:29–51. Available

- from: <https://www.npunto.es/content/src/pdf-articulo/65411d360f091art2.pdf>
33. Ministerio de Salud Pública. Atención integral a niñas y adolescentes embarazadas menores de 15 años de edad. Manual. MSP. 2022;
 34. Ministerio de Salud Publica del Ecuador. Salud de adolescentes Guía de supervisión. Guías Pract Clin [Internet]. 2014;1:1–92. Available from: https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/documentosDirecciones/dnn/archivos/guia_adolescencia_final_mayo_2014.pdf
 35. Ecuador M de SP de. Diagnóstico y tratamiento de la anemia en el embarazo. Guía de Práctica Clínica. [Internet]. Vol. 1, Ministerio de Salud Pública de Ecuador. 2014. Available from: https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/03/Diagnostico_y_tratamiento_de_la_anemia_en_el_embarazo.pdf
 36. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Guía de apoyo ciudadano a la mujer embarazada. Ecuador sin muertes Matern. 2015;
 37. Moraleda-Jiménez J, Blanquer-Blanquer M, Cabañas-Perianes V, Rafael-Duarte P. Pregrado de Hematología [Internet]. 5th ed. Sociedad Española de Hematología y Hemoterapia, editor. Vol. 5. Madrid; 2024. 849 p. Available from: https://hematoncologia.com/archivos/PDF-1.PREGRADO_HEMATOLOGIA.pdf
 38. Sánchez N, Minissale C, Martínez E, Malusardi C, Sciacaluga D. Células precursoras hematopoyéticas en sangre periférica. HEMATOLOGÍA [Internet]. 2024;28(2):1–4. Available from: <https://revistahematologia.com.ar/index.php/Revista/article/view/569/857>
 39. Liggett LA, Sankaran VG. Unraveling Hematopoiesis through the Lens of Genomics. CellPress [Internet]. 2020;182(6):1384–400. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867420310722>
 40. Kierszenbaum A, Tres L. Histología y Biología Celular: Introducción a la anatomía patológica [Internet]. 5th ed. ELSEVIER, editor. Barcelona, España; 2020. 6 p. Available from: https://www.edicionesjournal.com/Papel/9788491137733/Histología+Y+Biología+Celular+Ed+5?srsId=AfmBOooHJyi85CPsV7yX9XLULwmXwoehcx0nfPhSi80mPK2f-z_KIRAK
 41. Michael J, Sircar S. Fisiología Humana [Internet]. 1st ed. El Manual Moderno, editor. México, D. F.; 2012. 649 p. Available from: <https://www.untumbes.edu.pe/bmedicina/libros/Libros10/libro124.pdf>

42. Brihi J, Pathak S. Normal and Abnormal Complete Blood Count With Differential [Internet]. National Library of Medicine, (NHI). StatPearls Publishing; 2024 [cited 2025 May 29]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK604207/>
43. Celkan TT. What does a hemogram say to us? Turkish Arch Pediatr [Internet]. 2020 [cited 2025 May 29];55(2):103–16. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7344121/>
44. Erhabor O, Muhammad H, Muhammad K, Onwuchekwa C 5ta edicion. pd., Egenti N. Interpretation of Full Blood Count Parameters in Health and Disease. Haematol Int J [Internet]. 2021;5(1):1–25. Available from: <https://medwinpublishers.com/HIJ/interpretation-of-full-blood-count-parameters-in-health-and-disease.pdf>
45. Freeman AM, Morando DW. Anemia Screening. StatPearls [Internet]. 2025 Feb 17 [cited 2025 May 30]; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499905/>
46. Bain B, Bates I, Laffan M. Técnicas hematológicas básicas. Dadice y Lewis. Hematología Práctica. 2017. 30–32 p.
47. Guevara Tirado A. Hemoglobina como predictor del recuento de hematocrito y hematíes según edad y sexo en una población de Villa El Salvador en Lima-Perú. Horiz Médico. 2023;23(2):e1962.
48. Park M, Hwan Chang Y. Clinical Significance of Red Blood Cell Indices. In: Red Blood Cells - Properties and Functions [Internet]. IntechOpen; 2025 [cited 2025 Jul 15]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/1188392>
49. Sonali, Saloni, Ahlawat D, Prajapati T, kumar Singh A. Role of Red Cell indices in the diagnosis of diseases. Natl Conf Recent Trends Med Diagnostic Technol [Internet]. 2023;(November). Available from: <https://www.researchgate.net/publication/375496264>
50. Means RT. Iron Deficiency and Iron Deficiency Anemia: Implications and Impact in Pregnancy, Fetal Development, and Early Childhood Parameters. Hematol Adolesc Female [Internet]. 2020;12:185–94. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7071168/>
51. Correnti M, Gammella E, Cairo G, Recalcatti S. Iron Mining for Erythropoiesis. Int J Mol Sci [Internet]. 2022;23(10). Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7012465/pdf/1050260.pdf>
52. Cantor AG, Holmes R, Bougatsos C, Atchison C, Deloughery T, Chou R. Screening

- and Supplementation for Iron Deficiency and Iron Deficiency Anemia during Pregnancy: Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *Jama* [Internet]. 2024;332(11):914–28. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39163033/>
53. Iolascon A, Andolfo I, Russo R, Sanchez M, Busti F, Swinkels D, et al. Recommendations for diagnosis, treatment, and prevention of iron deficiency and iron deficiency anemia. *HemaSphere* [Internet]. 2024;8(7):1–16. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11247274/pdf/HEM3-8-e108.pdf>
 54. Lahtiharju T, Savola P, Lempiäinen A, Helin T, Joutsu-Korhonen L. Ferritin outperforms other biomarkers in predicting bone marrow iron stores in patients with hematologic disorders. *Blood Adv* [Internet]. 2025;9(7):1608–17. Available from: <https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2024014283>
 55. Zumárraga Espinosa VM, Sigcho Ajila JA, Escobar Suárez MT, Proaño Santamaria JL, Jiménez Carrillo DA. Determinar índices de hemoglobina y hematocrito en sangre periférica de mujeres embarazadas de la parroquia de santa rosa, Cantón Ambato. *LATAM Rev Latinoam Ciencias Soc y Humanidades* [Internet]. 2025;6(1):539–53. Available from: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i1.3357>
 56. Yefet E, Yossef A, Nachum Z. Prediction of anemia at delivery. *Sci Rep* [Internet]. 2021;11(1):1–7. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85622-7>
 57. Vega-Sánchez R, Tolentino-Dolores MC, Cerezo-Rodríguez B, Chehaibar-Besil G, Flores-Quijano ME. Erythropoiesis and red cell indices undergo adjustments during pregnancy in response to maternal body size but not inflammation. *Nutrients* [Internet]. 2020 Apr 1 [cited 2025 Sep 26];12(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32244712/>
 58. Falvella FS, Chibireva M, Panteghini M. Prospective validation of an automatic reflex test for identifying spurious elevations of mean corpuscular haemoglobin concentration due to the presence of cold agglutinins [Internet]. Vol. 81, *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. Scand J Clin Lab Invest; 2021 [cited 2025 Sep 26]. p. 598–600. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34346820/>
 59. Lewkowitz AK, Tuuli MG. Identifying and treating iron deficiency anemia in pregnancy. *Hematol (United States)* [Internet]. 2023 Dec 8 [cited 2025 Sep 28];2023(1):223–8. Available from: <https://dx.doi.org/10.1182/hematology.2023000474>

60. Mei Z, Addo OY, Jefferds MED, Flores-Ayala RC, Brittenham GM. Physiologically based trimester-specific serum ferritin thresholds for iron deficiency in US pregnant women. *Blood Adv* [Internet]. 2024 Jul 23 [cited 2025 Sep 28];8(14):3745–53. Available from: <https://dx.doi.org/10.1182/bloodadvances.2024013460>
61. Obeagu EI. Annals of Hematology & Oncology Anemia in Pregnancy : The Role of Red Cell Indices in Diagnosis and Monitoring. *Ann Hematol an Oncol* [Internet]. 2024;11(6). Available from: <https://austinpublishinggroup.com/hematology/fulltext/hematology-v111-id1469.pdf>
62. Fonseca Ó, Ramos AS, Gomes LTS, Gomes MS, Moreira AC. New Perspectives on Circulating Ferritin: Its Role in Health and Disease. *Molecules* [Internet]. 2023;28(23). Available from: <https://europepmc.org/article/MED/38067440>

ANEXOS

Anexo 1. Cambios fisiológicos durante el embarazo, síntomas y signos asociados.

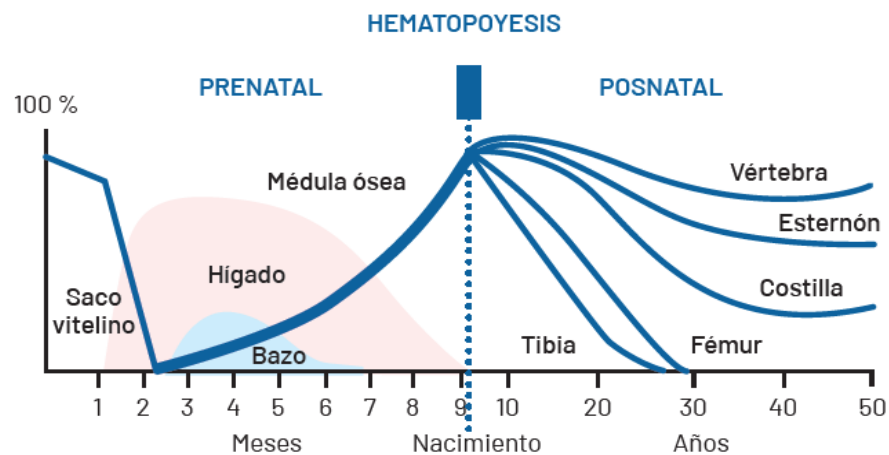
Aparato o sistema	Cambio fisiológico	Signos, síntomas o consecuencia relacionada	Comentarios
Cardiovascular	Relajación de músculo liso vascular/reducción de las resistencias vasculares periféricas	- Edema de miembros inferiores - Acentuación de venas varicosas en extremidades inferiores o hemorroides - Reducción de la tensión arterial media	- La dilatación venosa - Además de la hipercoagulabilidad, pueden favorecer el desarrollo de trombosis venosa en miembros inferiores
Cardiovascular/hematológico	Incremento del volumen plasmático y del gasto cardíaco	- Anemia fisiológica del embarazo por hemodilución (volumenes eritrocitarios normales) - Aumento de la frecuencia cardíaca - Tercer ruido de Korotkoff (S3).	En casos de deficiencia previa de hierro o falta de aporte puede presentarse anemia por deficiencia de hierro
Respiratorio	Ensanchamiento capilar en las mucosas nasal, orofaríngea y laríngea	Mayor producción de moco	Puede presentarse epistaxis
Respiratorio	Aumenta el volumen de reserva inspiratoria y disminuye la capacidad funcional residual, capacidad total; ascenso diafragmático	- Sensación de falta de aire (disnea), esta progresa conforme aumenta la presión abdominal sobre el tórax - Aumento de la frecuencia respiratoria	Los cambios de postura o realizar ejercicio leve pueden disminuir la sensación de disnea
Gastrointestinal	- Relajación del músculo liso del esófago y esfínter esofágico superior - Compresión gástrica	- Náuseas - Pirosis - Regurgitación - Estreñimiento - Distensión abdominal	- Considerar incremento en el riesgo de broncoaspiración en decúbito o en procedimientos anestésicos - Aumento del riesgo de colecistitis por estasis biliar
Hematológicos	- Estimulación de la medula ósea y aumento en los niveles de cortisol - Aumento en la síntesis de factores de la coagulación a nivel hepático por efecto de estrógenos	Leucocitosis; aumento de los factores VII, VIII, X, XII, factor de von Willebrand y del fibrinógeno; reducción del tiempo parcial de tromboplastina	El estado de hipercoagulación favorece los eventos trombóticos
Renal y urinario	- Aumento de la tasa de filtración glomerular por la expansión del volumen plasmático - Compresión del útero sobre la vejiga reduciendo su capacidad	- Poliuria - Poliaquiuria - Reducción de los niveles séricos de urea y creatinina - Proteinuria - Glucosuria	Se debe vigilar que los niveles de proteinuria no rebasen los 300 mg/24 horas
Renal y urinario	- Relajación de músculo liso ureteral - Compresión mecánica del uréter por el útero grávido	Hidronefrosis del embarazo	Existe predisposición al desarrollo de infección de vías urinarias
Endocrino/Metabólico	Aumento en los niveles de cortisol y de hormonas "diabetogénicas": lactógeno placentario, prolactina, cortisol, progesterona, etc.	- Producción y secreción de leche en glándulas mamarias - Aumento de los depósitos de grasa - Resistencia a la insulina - Aumento en los niveles de colesterol y triglicéridos	En mujeres con obesidad o resistencia previa a la insulina se favorece el desarrollo de diabetes gestacional

Recuperado

de:

https://revistafacmed.com/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=1379:cambios-fisiologicos-durante-el-embarazo&Itemid=79

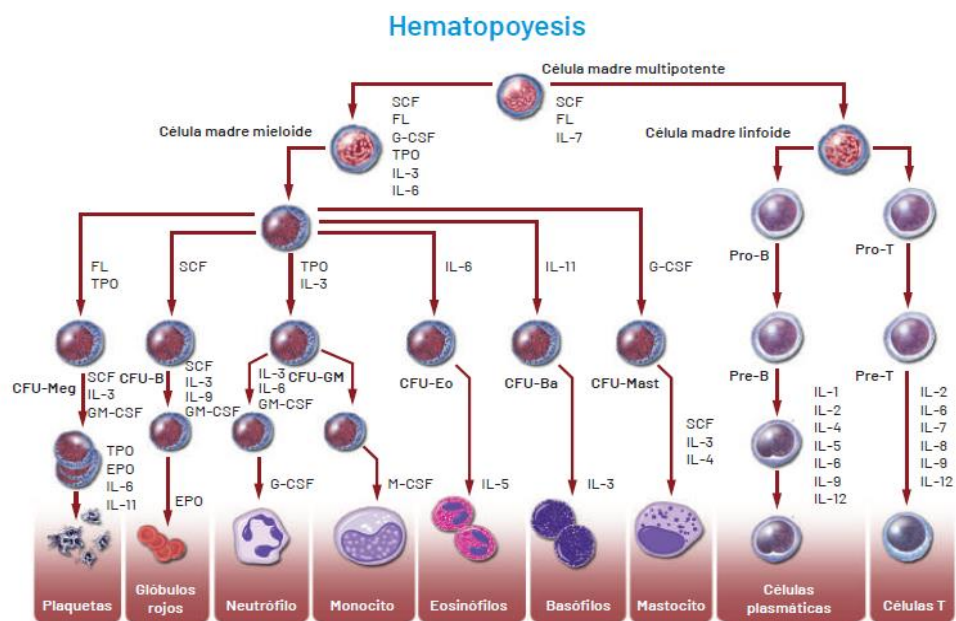
Anexo 2. Desarrollo de la hematopoyesis prenatal y posnatal.



Recuperado de:

https://hematoncologia.com/archivos/PDF-1.PREGRADO_HEMATOLOGIA.pdf

Anexo 3. Esquema de la hematopoyesis.



Recuperado de:

https://hematoncologia.com/archivos/PDF-1.PREGRADO_HEMATOLOGIA.pdf

Anexo 4. Clasificación morfológica de las anemias

Macrocíticas	
Megaloblásticas	No megaloblásticas
• Déficit de vitamina B₁₂: anemia perniciosa, malabsorción, etc. • Déficit de ácido fólico: nutricional, alcoholismo, etc. • Alteraciones hereditarias en la síntesis de ADN: aciduria orótica, etc. • Alteraciones en la síntesis de ADN producidas por fármacos: hidroxiurea, zidovudina, quimioterapia, etc.	• Eritropoyesis acelerada: – Anemias hemolíticas con reticulocitosis – Respuesta a hemorragia aguda o tratamiento con hematínicos con reticulocitosis • Superficie aumentada de la membrana: – Enfermedad hepática – Postesplenectomía • Causa no claramente establecida: – Hipotiroidismo – Anemias aplásicas (algunas)/síndromes mielodisplásicos (algunos)
Microcíticas	
Alteraciones en el metabolismo del hierro	Alteraciones en la síntesis de globina
• Anemia ferropénica: pérdidas crónicas de sangre, dieta inadecuada, etc. • Anemia de trastorno crónico • Atransferrinemia	Síndromes talasémicos
	Alteraciones en la síntesis de porfirinas y grupo hemo; anemia sideroblástica
	• Alteraciones en el metabolismo de la vitamina B₆ • Intoxicación por plomo • Déficits enzimáticos
Normocíticas	
• Anemia de las enfermedades crónicas (la mayoría) • Anemias hemolíticas (salvo reticulocitosis)	• Hemorragias agudas (salvo reticulocitosis) • Anemia aplásica (la mayoría) • Síndromes mielodisplásicos • Infiltración medular

Recuperado de:

https://hematoncologia.com/archivos/PDF-1.PREGRADO_HEMATOLOGIA.pdf

Anexo 5. Clasificación etiopatogénica de las anemias

Anemias arregenerativas o "centrales" (producción disminuida)		
Alteración en la célula madre (insuficiencia medular)	Cuantitativas	• Selectiva: eritroblastopenia pura • Global: aplasia medular
	Cualitativas	• Congénitas: diseritropoyesis congénita • Adquiridas: síndromes mielodisplásicos
Infiltración tumoral	Enfermedades hematológicas	
	Tumores sólidos	
Déficit y/o trastornos metabólicos de factores eritropoyéticos (anomalías madurativas)	Déficit de hierro	• Anemia ferropénica • Anemia de trastorno crónico (bloqueo macrofágico) • Anemia sideroblástica
	Déficit de ácido fólico o vitamina B ₁₂	• Anemia megaloblástica
	Hormonas que actúan como factores eritropoyéticos (eritropoyetina, hormonas tiroideas, andrógenos, corticoides)	
Anemias regenerativas o "periféricas" (destrucción aumentada o pérdidas)		
Hemorragias	Agudas	
Hemólisis	Intracorporales (anomalías intrínsecas)	• Membranopatías (esferocitosis, eliptocitosis, hemoglobinuria paroxística nocturna) • Enzimopatías (déficit de glucosa-6-fosfato-deshidrogenasa, piruvato cinasa, porfirias) • Hemoglobinopatías estructurales (drepanocitosis) o síndromes talasémicos
	Extracorporales (anomalías extrínsecas)	• Agentes tóxicos (físicos, químicos) • Agentes infecciosos (bacterias, parásitos) • Causas mecánicas (valvulopatías, prótesis valvulares, microangiopatías) • Inmunológicas (anticuerpos, fármacos) • Hiperesplenismo (activación del sistema mononuclear fagocítico)

Recuperado de:

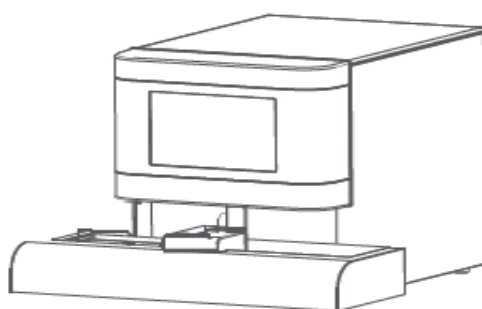
https://hematoncologia.com/archivos/PDF-1.PREGRADO_HEMATOLOGIA.pdf

Anexo 6. Toma de muestra sanguínea venosa para análisis de parámetros hematológicos y bioquímicos



Anexo 7. Manual de usuario BF- 600/ BF-6960

***Analizador Hematológico Automático
(BF-6900 / BF-6960)***

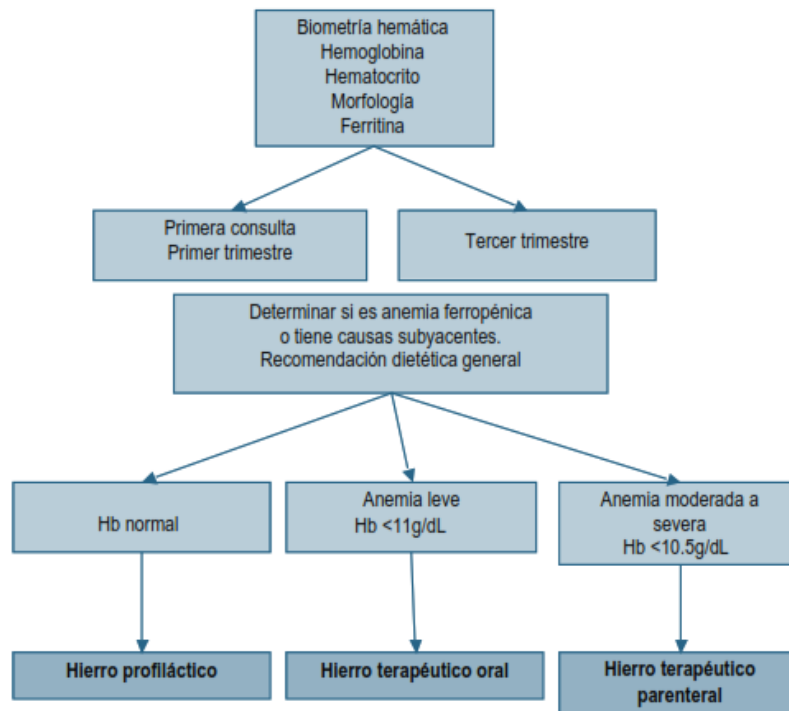


Manual do usuário

DIRUI INDUSTRIAL CO., LTD.

Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/649090077/BF-6900-6960-User-Manual-1039472-2020-04>

Anexo 8. Flujograma de pruebas de laboratorio y valores de referencia de la hemoglobina para el manejo de pacientes embarazadas.



Recuperado de: https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/03/Diagnostico_y_tratamiento_de_la_anemia_en_el_embarazo.pdf

Anexo 9. Manual de usuario PKL PPC 125

PKL®
POKLER ITALIA

MHLab

**Analizador Bioquímico
Automático PKL PPC 125**

Manual do Usuário

Recuperado de: <https://www.mr-healthcare.com/uploads/file/20190514/1557821770256257.pdf>

Anexo 10. Inserto para determinación de Hierro

HIERRO-CAB

MÉTODO CON CROMAZUROL B

Para la determinación "in vitro" de hierro en suero o plasma



PRINCIPIO

El hierro sérico, en presencia de Cromazurol B (CAB) y bromuro de cetiltrimetilamonio (CTMA), forma un complejo coloreado que se puede cuantificar espectrofotométricamente a 620 nm. La intensidad del color producido es proporcional a la concentración de hierro en la muestra.

UTILIDAD DIAGNÓSTICA

El hierro se encuentra distribuido en el organismo, mayoritariamente formando parte de la hemoglobina y de la mioglobina.

Valores bajos de hierro se encuentran en anemia por deficiencia de hierro y por enfermedades infecciosas. Se encuentran valores elevados de hierro en enfermedades hepáticas, hemocromatosis y en concentraciones elevadas de transferrina.

Una única prueba de laboratorio no permite establecer un diagnóstico. Los resultados se han de evaluar en el contexto de todos los datos clínicos y de laboratorio obtenidos.

REACTIVOS

Kit 2 x 100 mL (Ref. 99 11 83). Contiene:

A. 2 x 100 mL Reactivo CAB

B. 1 x 5 mL Estándar

Ref. 99 12 00

Ref. 99 02 90

PREPARACIÓN DEL REACTIVO DE TRABAJO

El reactivo y standard están listos para su uso.

COMPOSICIÓN DEL REACTIVO

Las concentraciones en la disolución reactiva son:

Tampón acetato pH 4,7	50 mM
CAB	0,16 mM
CTMA	2,5 mM
Cloruro de guanidinio	2,1 M
Conservantes y estabilizantes	

Estándar: Disolución acuosa de hierro equivalente a 200 µg/dL (35,8 µmol/L).

ADVERTENCIA

El estándar incluido en el kit ha sido ajustado para el lote del reactivo.

Si se desea, en lugar del estándar, puede utilizarse un calibrador tipo sérico (QCA Ref. 99 62 80).

CONSERVACIÓN Y ESTABILIDAD

Los componentes del kit mantenidos a temperatura ambiente ($\leq 25^{\circ}\text{C}$), son estables hasta la fecha de caducidad indicada en la etiqueta. Una vez abierto el reactivo es estable durante 6 semanas a temperatura ambiente ($\leq 25^{\circ}\text{C}$).

Indicaciones de alteración de los reactivos:

Presencia de partículas o turbidez. Blanco del reactivo de trabajo $> 0,600$.

MATERIAL NECESARIO NO SUMINISTRADO

Material común de laboratorio

Espectrofotómetro, analizador automático o fotómetro.

MUESTRA

Suero exento de hemólisis o plasma.

El hierro sérico es estable durante 7 días a $2 - 8^{\circ}\text{C}$.

PRECAUCIONES

Las indicaciones de seguridad se encuentran en la etiqueta de los productos.

Manipular con precaución.

Se aconseja consultar la ficha de datos de seguridad antes de la manipulación del reactivo.

La eliminación de residuos debe hacerse según la normativa local vigente.

CONTROL DE CALIDAD

Es recomendable la inclusión de sueros control, Seriscann Normal (Ref. 99 41 48) y Seriscann Anormal (Ref. 99 46 85), en cada proceso de medida para verificar los resultados.

Se aconseja que cada laboratorio establezca su propio programa de control de calidad y los procedimientos de corrección de las desviaciones en las medidas.

AUTOANALIZADORES

Adaptaciones a distintos analizadores automáticos, disponibles bajo demanda.

PROCEDIMIENTO

Técnica	BL mL	ST mL	PR mL
Muestra	--	--	0,05
Standard	--	0,05	--
Reactivo	1,00	1,00	1,00

Mezclar bien e incubar 10-15 min a temperatura ambiente ($20-25^{\circ}\text{C}$).

Lectura

Longitud de onda: 620 nm

Blanco: el contenido del tubo BL

Estabilidad del color: un mínimo de 90 min

CÁLCULOS

$$\frac{\text{Abs. PR}}{\text{Abs. ST}} \times 200 = \mu\text{g de hierro / dL}$$

Donde:

Abs. PR: Absorbancia de la muestra

Abs. ST: Absorbancia del estándar

Unidades SI

(µg/dL) $\times 0,1791 = \mu\text{mol/L}$

VALORES DE REFERENCIA

Hombres: 80 - 160 µg/dL

Mujeres: 37 - 145 µg/dL

Estos valores son orientativos. Se recomienda que cada laboratorio establezca sus propios valores de referencia.

PRESTACIONES. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Las características de funcionamiento de un producto dependen tanto del reactivo como del sistema de lectura empleado.

Los resultados siguientes se han obtenido de forma manual.

Sensibilidad, como límite de detección: 15 µg/dL

Linealidad: Hasta 500 µg/dL. Para concentraciones superiores, diluir la muestra con agua desionizada (1+1). Multiplicar el resultado final por 2.

Exactitud, como % de recuperación: 104,2%

Precisión en la serie, como CV%: 2,24%

Precisión entre series, como CV%: 1,10%

Veracidad. Los resultados obtenidos con el reactivo no presentan diferencias significativas al compararlo con el reactivo considerado de referencia.

Los datos detallados del estudio de las prestaciones del reactivo están disponibles bajo demanda.

INTERFERENCIAS

No utilizar muestras hemolizadas.

Las concentraciones de bilirrubina hasta 15 mg/dL y cobre hasta 500 µg/dL no interfieren en el test.

Debe evitarse la contaminación por hierro del material a utilizar, por lo que se recomienda el uso de material de plástico desechable.

Se desaconseja la introducción de pipetas en el frasco de reactivo, para evitar contaminaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Ihara, K., Hasegawa, S., Naito, K. (2003) Anal. Sci., 19, 265-268.

Tabacco, A., Moda, E., Tarli, P., Veri, P., (1961) Clin. Chim. Acta, 114, 287-290.

Brivio, G., Brega, A., Torelli, G., (1986) La Ricerca Clin. Lab. 16, 523-532.

QUÍMICA CLÍNICA APLICADA S.A.
Empresa Certificada ISO 9001 / ISO 13485
A 7 Km 1061 - P.O. Box 20 - E43870 AMPOSTA / SPAIN
Tel. ++ 34 (977) 70. 62. 30 Fax ++ 34 (977) 70. 30. 40
Revisión: 01.2017

PRO4_REG9_FECAB_6A



Recuperado de: https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/manual_sheet_chs_264_.pdf

Anexo 11. Inserto para la determinación de ferritina

FERRITINA

DETERMINACION CUANTITATIVA POR INMUNOTURBIDIMETRIA Para diagnóstico "in vitro"



Sumario

La Ferritina es la proteína de almacenamiento de hierro cuyo nivel sérico presenta una estrecha relación con la cantidad total de hierro en el cuerpo y es un buen indicador del hierro utilizable.

Por otra parte, se encuentran niveles elevados de Ferritina sin relación con el nivel de hierro almacenado en enfermedades hepáticas, procesos inflamatorios, algunos procesos cancerosos y en algunos casos de artritis reumatoide.

Además de su utilización como parámetro indicador en el metabolismo del hierro, la Ferritina sérica se utiliza como marcador tumoral, para control de la medicación y seguimiento de la evolución del tumor.

Principio

El reactivo de Ferritina consiste en una suspensión de partículas de látex sensibilizadas con anti-Ferritina humana. La aglutinación provocada por la presencia de Ferritina en el suero puede cuantificarse al determinar el aumento de absorción producida por la agregación de las partículas.

Reactivos y controles

a) Presentaciones

Kit 30 ml (Ref. 99 21 05). Contiene:

A. 1 x 20 ml Disol. Tampón.	Ref. 99 21 09
B. 1 x 10 ml Reactivo de Látex.	Ref. 99 21 07
C. 1 x 2 ml Standard.	Ref. 99 21 12

Kit 90 ml (Ref. 99 77 30). Contiene:

A. 1 x 60 ml Disol. Tampón.	Ref. 99 85 22
B. 1 x 30 ml Reactivo de Látex.	Ref. 99 80 55
C. 1 x 2 ml Standard.	Ref. 99 21 12

Kit Standards (Ref. 99 21 30). Contiene:

A. 6 x 1,0 ml	Ref. 99 21 35
---------------	---------------

Standard Ferritina de diferentes concentraciones entre 0 y 500 ng/ml.
Indicadas en la etiqueta del vial

Control Ferritina

1 x 1,0 ml Suero valorado.	Ref. 99 21 60
----------------------------	---------------

La concentración está indicada en la etiqueta del vial.

b) Composición

Reactivo de látex: Suspensión de partículas de poliestireno sensibilizadas con anti-Ferritina en un medio estabilizado y tamponado
Disolución tampón: Tampón fosfato sódico pH 6,5
Standard y Controles: "Pool" de sueros humanos con los conservantes adecuados

Precaución

Los sueros humanos utilizados en los standards y controles han resultado negativos en la reacción del HBsAg y HIV I/II. A pesar de ello, deberán manejarse con precaución. Por otra parte, todos los reactivos del kit contienen azida sódica al 0,09 % como conservante.
La eliminación de los residuos debe hacerse según la normativa legal vigente

Conservación y estabilidad

Los reactivos, standard y controles, mantenidos a 2-8°C son estables hasta la fecha de caducidad indicada en la etiqueta. No congelar.

Muestra

Sueros recientes sin turbideces ni aspecto lipémico. La ferritina sérica mantenida a 2 - 8°C es estable 5 días. Las muestras congeladas son estables 3 meses. Congelar y descongelar una sola vez.

Técnica (37°C)

1. Llevar los reactivos, y las muestras a temperatura ambiente. Homogeneizar el reactivo de látex
2. Pipetear en una cubeta de lectura:
0,6 ml Disolución tampón
0,3 ml Reactivo látex
Mezclar hasta total homogenización.
Añadir 0,1 ml de muestra, std ó control.
3. Mezclar bien, poner en marcha el cronómetro y leer inmediatamente la Abs. a 630 nm ó 700 nm. (Af)
4. Efectuar una nueva lectura a los 7 minutos de reacción. (Af)

Cálculos

Determinar la variación de Abs.:

$$\Delta A = A_f - A_i$$

para cada una de las muestras, std ó controles.

La concentración de ferritina en la muestra es:

$$\frac{\Delta A \text{ muestra}}{\Delta A \text{ standard}} \times \text{conc. STD.} = \text{ng Ferritina/ml}$$

Valores normales orientativos

Niños/Adolescentes:	15 – 120 ng/ml.
Hombres:	30 – 300 ng/ml.
Mujeres:	10 – 160 ng/ml.
Mujeres (post-menopáusicas)	30 – 300 ng/ml.

Prestaciones del producto. Características de funcionamiento

El reactivo está formulado para ser usado con analizadores automáticos. Linealidad: hasta 300 ng/ml. Este valor puede variar según el autoanalizador. Para una exacta cuantificación de la Ferritina en muestras con niveles superiores, se aconseja utilizar una curva de calibración obtenida con el Kit de standards.

Construir la curva de calibración representando el valor de ΔA frente a la correspondiente concentración del standard. Interpolando los resultados de las muestras séricas en la curva.

Las prestaciones analíticas pueden variar según el autoanalizador utilizado; se aconseja su determinación para cada instrumento en particular utilizado. Adaptaciones a distintos autoanalizadores automáticos, disponibles bajo demanda.

Control de calidad

Se aconseja incluir en cada serie de determinaciones el control positivo de referencia 99 21 60

Limitaciones del método. Interferencias.

Tener la precaución de homogeneizar bien el reactivo de látex antes de su utilización.

Las muestras lipémicas o turbias no pueden utilizarse a menos que se clarifiquen por centrifugación.

Muestras con valores de Abs. superiores al último valor de la curva estándar deben diluirse y determinar de nuevo la Ferritina en la muestra diluida.

No se presenta efecto prozona hasta concentraciones superiores a 10000 ng/ml.

No se presenta interferencia por Bilirubina hasta 427 $\mu\text{mol/L}$ ni por Hemoglobina hasta 15 g/L.

Bibliografía

- Bernard, A. Lauwerys, R.; 1984, J. Immunol. Methods. 71: 141 – 147.
Cook, J. D.; et al. 1974, Am. J. Clin. Nutr. 27: 681–687.
Milman, N. et al. 1994, Eur. J. Haematol. 53: 16 – 20
Worwood, M. 1990, Blood Reviews, 4: 259 - 269

QUÍMICA CLÍNICA APLICADA S.A.
Empresa Certificada ISO 9001 / ISO 13485
A7 Km 1081 – P.O. Box 20 - E43870 AMPOSTA / SPAIN
Tel. ++ 34 (977) 70. 62. 30 Fax ++ 34 (977) 70. 30. 40
Revisión: Octubre 2011

PRO4_REG9_FERR

