

# Conceptualización de la anemia y la importancia de los métodos no invasivos para detectarla oportunamente en estudiantes

Efrain A. González

Universidad de Lasalle Bajío, Campo campestre.

## Resumen

En este artículo se define la anemia, la relación que existe con la hemoglobina y los nutrientes que generan se desarrolle esta enfermedad, síntomas, efectos, ¿cuál es la población más afectada por la enfermedad? (enfoque a estudiantes en base a la relación con el bajo desempeño), los instrumentos que determinan el grado de anemia, posteriormente se busca evaluar si es posible detectar el grado de anemia empleando métodos no invasivos como es el procesamiento digital de imágenes.

## Abstract

This article defines what anemia is, the relationship that exists with hemoglobin and the nutrients that generate this disease, symptoms, effects, what is the population most affected by the disease? (Focus on students based on the relationship with low performance), the instruments that determine the degree of anemia, subsequently it is sought to evaluate if it is possible to detect the degree of anemia using non-invasive methods such as digital image processing.

**Palabras clave:** Anemia, método no invasivo, procesamiento digital de imágenes, inteligencia artificial.

**Keywords:** Anemia, non-invasive method, digital image processing, artificial intelligence.

## 1. INTRODUCCION

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), la anemia representa un gran problema de salud en muchos lugares del mundo afectando a 1620 millones de personas, los niños y las mujeres en edad fértil son los grupos más vulnerables de presentarla. Representando un importante problema de salud, principalmente en los países subdesarrollados. El nutriente con más frecuencia implicado en las anemias nutricionales tanto en los países en vías de desarrollo como industrializados, es el hierro seguido de los folatos y de vitamina B12. (Carrero, 2018).

En México, las Encuestas Nacionales de Salud y Nutrición (Ensanut) 2006 y 2012 evidenciaron una reducción en la prevalencia nacional en las mujeres no embarazadas (15.5 a 11.6%, respectivamente).

Sin embargo, en 2016 esto se incrementó a 18.3% a nivel nacional y en 22.5 % en el tercil socioeconómico más bajo.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la magnitud de la anemia en México sigue siendo un problema de salud pública que requiere atención (Mejía, 2021).

De acuerdo a (Gonzalez, 2018), la OMS en 1968 define la “anemia nutricional” como la condición en el cual la hemoglobina (Hb) en la sangre es menor que lo normal como resultado de la deficiencia de uno o más de los nutrientes esenciales (hierro, folato, vitamina B12).

La OMS ha establecido que cuando 40 % o más de una población presenta una enfermedad se considera como un problema grave de salud pública, tabla 1.

**Tabla 1.** Prevalencia de anemia y número de personas afectadas en el mundo.

| Grupo                   | Prevalencia anemia (%) | IC95%     | Afectados (millones) | IC95%     |
|-------------------------|------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| • Menores de 5 años     | 47,4                   | 45,7-49,1 | 293                  | 283-303   |
| • Niños en edad escolar | 25,4                   | 19,9-30,9 | 305                  | 238-371   |
| • Embarazadas           | 41,8                   | 39,9-43,8 | 56                   | 54-59     |
| • No embarazadas        | 30,2                   | 28,7-31,6 | 468                  | 446-491   |
| • Varones               | 12,7                   | 8,6-16,9  | 260                  | 175-345   |
| • Adulto mayor          | 23,9                   | 18,3-29,4 | 164                  | 126-202   |
| Total                   | 24,8                   | 22,9-26,7 | 1620                 | 1500-1740 |

Fuente: McLean y col. (2009), basado en datos del sistema de información nutricional de OMS para los años 1993-2005.

(de Pediatría, 2017) define la anemia como `disminución de la masa de glóbulos rojos y/o de la concentración de hemoglobina por debajo del segundo desvío estándar respecto de la media para edad y sexo´ (se debe tener en cuenta que, sobre la base de esta definición, se diagnosticarán como anémicos un 2,5% de niños normales). En la tabla 2 se muestran los valores normales a distintas edades. Para poblaciones que viven en la altura, se debe calcular que la concentración normal de hemoglobina aumenta en 1,52 g/dL por cada 1000 m que se ascienden sobre el nivel del mar (s.n.m.).

**Tabla 2.** Valores normales de hemoglobina y hematocritos durante infancia y adolescencia (de Pediatría, 2017).

| Edad            | Hemoglobina (g/dL) | Hematocrito (%) |
|-----------------|--------------------|-----------------|
| De 6 a 23 meses | 12,5 (11,0)        | 37 (33)         |
| De 2 a 4 años   | 12,5 (11,0)        | 38 (34)         |
| De 5 a 7 años   | 13,0 (11,5)        | 39 (35)         |
| De 8 a 11 años  | 13,5 (12,0)        | 40 (36)         |
| De 12 a 14 años |                    |                 |
| Mujer           | 13,5 (12,0)        | 41 (36)         |
| Varón           | 14,0 (12,5)        | 43 (37)         |
| De 15 a 17 años |                    |                 |
| Mujer           | 14,0 (12,0)        | 41 (36)         |
| Varón           | 15,0 (13,0)        | 46 (38)         |
| Adulto          |                    |                 |
| Mujer           | 14,0 (12,0)        | 42 (37)         |
| Varón           | 16,0 (14,0)        | 47 (40)         |

Los valores entre paréntesis expresan el límite inferior normal (media - 2 DE).  
DE: desvío estándar.

El hierro es un micronutriente esencial que participa en diversas actividades biológicas, como el transporte de oxígeno a través de la hemoglobina, el cual es un mecanismo presente en todos los organismos aerobios. Por lo tanto, es imprescindible mantener los niveles adecuados de hierro corporal. La deficiencia, se manifiesta principalmente como anemia (Valadez, 2020).

El hierro es uno de los minerales más abundantes en la tierra y se encuentra en numerosos alimentos tanto animales como vegetales, es esencial para la vida, sin embargo, tanto su deficiencia es perniciosa como su exceso que es motivo de preocupación por su efecto negativo en la salud (se sabe que la sobrecarga de hierro es una importante carga de morbilidad y de reducción de la esperanza de vida).

Si se tiene en cuenta la disponibilidad de hierro en los alimentos, nace la pregunta de cómo regula el organismo no verse sometido a una sobrecarga de hierro que pueda afectar su salud. Para evitar estar sometido a la disponibilidad de hierro de los alimentos no se excreta por vía urinaria y, por lo tanto, se recicla y las pérdidas,

mayormente por descamación de células intestinales, son pequeñas y determinan que requiera una reposición en adultos de 1 mg/día. El conocimiento de los mecanismos que regulan la homeostasis de hierro recién ha podido ser entendido a profundidad gracias al descubrimiento en el año 2000 de la hepcidina, hormona producida en el hígado y que es en la actualidad la “hormona maestra” que regula la homeostasis de hierro. De acuerdo a la necesidad de hierro, el nivel de hepcidina disminuye o se incrementa.

Entre las diversas funciones del hierro se encuentra el de formar parte en la síntesis de la proteína heme, componente importante de la hemoglobina (Hb). El 70 % del hierro del organismo humano se encuentra en la Hb. Por esto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda la medición de Hb como una forma de diagnosticar anemia por deficiencia de hierro, y define, a su vez, puntos de cortes de la Hb para el diagnóstico de anemia (Gonzalez, 2018).

El valor de 11 g/dL como punto de corte de hemoglobina para definir anemia ha sido definido desde 1969 por la OMS, aunque no queda claro cuáles han sido los criterios para dicha decisión. Lamentablemente, la Hb no es un marcador directo del estatus del hierro, debido a que sus niveles normales varían por la edad, el sexo, la altitud geográfica, por el embarazo, por la hemodilución y por la hemoconcentración. Igualmente, sus valores también se afectan por el hábito de fumar o por cocinar con combustible de biomasa (leña, champa, bosta). Más aún, la concentración de Hb se puede afectar por procesos inflamatorios (anemia inflamatoria) infecciosos y no infecciosos, por deficiencia de vitamina B12 (anemia perniciosa) o por otras vitaminas y micronutrientes (vitamina A, folatos, riboflavina, cobre), o por alteraciones genéticas (talasemia), sin que esto signifique un agotamiento de las reservas de hierro.

La OMS reconoce que la Hb no es un marcador directo del estatus de hierro, pero lo sigue recomendando por lo simple y universal de su medición y basado en la asunción que el mayor porcentaje de anemia se debe a deficiencia de hierro. La simple medición de Hb es utilizada en casi todos los países del mundo (Gonzalez, 2018).

La deficiencia de hierro es una enfermedad sistémica que afecta a múltiples órganos y tejidos, lo que hace que sus manifestaciones clínicas puedan ser muy variadas. La anemia es la forma más frecuente de presentación de la enfermedad y la de mayor facilidad para el diagnóstico, ya que se manifiesta con una serie de signos inespecíficos y síntomas generales (Tabla 3).

La presencia o ausencia de manifestaciones clínicas está, muchas veces, relacionada con el tiempo de duración de la enfermedad: se observa que, cuando la patología es de larga data, la mayoría de ellas no está presente o lo está en forma muy atenuada. Las manifestaciones no hematológicas pueden ser causadas por la anemia o, simplemente, por la deficiencia de hierro de por sí, sin necesidad de que se produzca anemia. Tienen la característica de que algunas pueden ser transitorias y reversibles, mientras que otras son permanentes e irreversibles, a pesar del tratamiento si se producen en etapas precoces de la vida. Si bien, en la actualidad, se acepta que muchas de ellas son, indudablemente, causadas por la deficiencia de hierro, pues hay evidencia científica concluyente que así lo confirma, otras siguen aún siendo motivo de controversia y análisis, ya que no existe todavía evidencia confirmatoria del rol de la deficiencia de hierro en su patogénesis (Tabla 4). (de Pediatras, 2017).

**Tabla 3.** Sintomatología de la anemia

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| SINTOMAS GENERALES            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Palidez de piel y mucosa</li> <li>2. Decaimiento</li> <li>3. Anorexia</li> </ol>  |
| MANIFESTACIONES CIRCULATORIAS | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Taquicardia</li> <li>2. Hipotensión arterial</li> </ol>   |
| MANIFESTACIONES NEURONALES    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cefalea</li> <li>2. Sensación de mareo y vértigo</li> <li>3. Visión nublada</li> <li>4. Disminución de la capacidad de concentración</li> <li>5. Cansancio precoz</li> <li>6. Dolor muscular</li> </ol> |
| MANIFESTACIONES RESPIRATORIAS | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disnea</li> </ol>   |
| OTRAS MANIFESTACIONES         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hipersensibilidad al frío</li> <li>2. Nauseas</li> </ol>  |

**Tabla 4.** Manifestaciones no hematológicas de la deficiencia de hierro

|  |  |
|--|--|
| Trastorno en los cuales la deficiencia de hierro como factor casual                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trastornos psicomotores y cognitivos.</li> <li>2. Trastornos de tolerancia al esfuerzo de rendimiento laboral.</li> <li>3. Trastornos gastrointestinales.</li> <li>4. Alteración de tejidos epiteliales</li> <li>5. Trastornos óseos</li> <li>6. Habito de pica</li> <li>7. Predisposición a intoxicación plúmbica.</li> </ol> |
| Trastorno en los cuales la deficiencia de hierro como factor casual es controvertida | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retardo del crecimiento corporal</li> <li>2. Trastornos de inmunidad y resistencia a infecciones</li> <li>3. Espasmo del sollozo</li> <li>4. Predisposición a accidente cardiovascular isquémico.</li> </ol>   |

Por otro lado, la exploración de la anemia como factor predictor de diversas patologías infecciosas ha ido ganando fuerza en los últimos años. En pacientes con neumonía bacteriana (Mujica-Coopman et al., 2015), es considerada un factor independiente de mortalidad a 90 días, asociándose con el desarrollo de lesión renal aguda, y deterioro de la función respiratoria. Así mismo, la asociación entre las alteraciones en las líneas celulares sanguíneas y la infección por SARS-CoV-2 depende de factores como la edad, sexo, comorbilidades y estado inmunológico, los cuales determinan en gran medida el curso clínico y mortalidad de la enfermedad por COVID-19.

Pese a que existe diferencia con respecto a la metodología y características de la población entre los estudios, el porcentaje de anemia varía desde el 24,7% al 48 % de pacientes con diagnóstico de COVID-19 (Araya et al., 2021). La anemia puede presentarse junto a trombocitopenia y neutrofilia en pacientes mayores de 56 años (Araya et al., 2021). En este sentido, la asociación entre anemia y la gravedad o mortalidad del COVID-19 predispone más a los pacientes a desarrollar desenlaces clínicos negativos como la necesidad de VMI en UCI y muerte en pacientes con enfermedad grave por COVID-19 (Quintero, 2021).

## 2. CAUSAS DE LA ANEMIA

Entre las causas de la anemia son variables; entre estas se incluyen: pobre ingesta dietaria de macro y micronutrientes, excesiva pérdida de sangre, la destrucción de los eritrocitos y el incremento de los

requerimientos durante ciertos estadios de la vida. Los nutrientes más frecuentemente involucrados en su etiología son: el hierro, el ácido fólico y la vitamina B12. Recientemente, se han señalado otros nutrientes como el ácido ascórbico, piridoxina y vitamina A, cuya deficiencia coadyuva la condición de anemia.

La deficiencia de hierro es el trastorno nutricional de mayor prevalencia y la causa más frecuente de anemia en el mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo como los de América Latina. Otros factores como edad, sexo, niveles de ingesta y pérdidas hemáticas, generan poblaciones más susceptibles a la deficiencia de hierro. La adolescencia representa un grupo de riesgo para adquirir anemia por deficiencia de hierro. Ellos necesitan hierro para el crecimiento y desarrollo de los tejidos corporales, así como para satisfacer la demanda adicional ligada a la menstruación.

### **Anemia ferropénica según la norma técnica de minsa.**

Se define anemia como “disminución de la masa de glóbulos rojos o de la concentración de Hemoglobina por debajo del segundo desvío estándar respecto a la media para edad y sexo” (tener en cuenta que, sobre la base de esta definición, se diagnosticarán como anémicos un 2,5% de niños normales). La causa más frecuente de anemia en el mundo es la deficiencia de hierro. Su incidencia en países en vías de desarrollo Es 2,5 veces mayor que en países desarrollados.

### **Causas de anemia ferropénica**

El estado nutricional de hierro de una persona depende del balance determinado por la interacción entre contenido en la dieta, biodisponibilidad, pérdidas y requerimientos por crecimiento.

Diagnóstico. Debe basarse en:

a) Interrogatorio: • Tipo de dieta: déficit en la ingesta de alimentos ricos en hierro, exceso de carbohidratos y leche, etc. • Antecedentes de prematuridad, embarazos múltiples y déficit de hierro en la madre. • Antecedentes de patología perinatal. • Pérdidas de sangre: color de heces, epistaxis, disnea, hematuria, hemoptisis, etc. • Trastornos gastrointestinales: diarrea, esteatorrea, etc. • Procedencia geográfica: zonas de parasitosis (uncinariasis) endémicas. • Hábito de pica. • Trastornos cognitivos: 36 bajo rendimiento escolar, etc.

b) Examen físico: La deficiencia de hierro puede provocar alteraciones a casi todos los sistemas del organismo. La palidez cutáneo-mucosa es el signo principal; también se puede observar: retardo del desarrollo pondoestatural, esplenomegalia leve, telangiectasias, alteración de tejidos epiteliales (uñas, lengua) y alteraciones óseas. Además, se ha asociado a la anemia ferropénica con el espasmo del sollozo<sup>37-40</sup> y con elevada predisposición a desarrollar accidente cerebrovascular isquémico,<sup>41</sup> aunque estas asociaciones no han sido aun plenamente establecidas.

c) Estudios de laboratorio: • Hemograma: - Hemoglobina y hematócrito: disminuidos - Recuento de reticulocitos: normal. Si está aumentado, investigar pérdidas por hemorragia - posibilidad de otro diagnóstico. - Recuento de plaquetas: normal o elevado. - Recuento leucocitario: normal.

### Clasificación de anemia ferropénica

Son consecuencia de la respuesta del organismo a la hipoxia tisular y varían en función de la intensidad de la anemia, y está determinada por la cantidad de hemoglobina y la presencia de enfermedades. De este modo la anemia se clasifica en tres grados de intensidad:

- Anemia Leve (Hb 10-11.9 g/dl): suele ser asintomática, aunque puede aparecer disnea de esfuerzo o palpitaciones.
- Anemia Moderada (Hb 7.0-9.9 g/dl): existe un aumento en la intensidad de los síntomas cardiorrespiratorios, los cuales se van a presentar tanto en reposo como al llevar a cabo una actividad. Las manifestaciones clínicas son la disnea, fatiga y un considerable aumento de las palpitaciones.
- Anemia Severa (Hb < 7.0 g/dl): los síntomas que se observan en este tipo de anemia se denominan síndrome anémico (que incluye un sinnúmero de manifestaciones clínicas: palidez, ictericia y prurito debido a la hemólisis); ictericia conjuntival y esclerótica, vista borrosa; glositis; taquicardia, aumento de la tensión diferencial, soplos sistólicos, claudicación intermitente, angina; taquipnea, ortopnea, disnea de reposo; cefalea, vértigo, irritabilidad, depresión, deterioro de los procesos del pensamiento, anorexia, hepatomegalia, esplenomegalia, dificultad para la deglución, glositis; dolor óseo; sensibilidad al frío, letargo. Grupos poblacionales afectados.

Los grupos más vulnerables son las mujeres en edad reproductiva en especial las embarazadas, los niños y los adolescentes.

### 3. MÉTODOS CLÍNICOS PARA DETECCIÓN DE ANEMIA

Desde hace mucho tiempo, se han usado métodos clínicos para valorar la anemia, como el determinar la palidez de las mucosas y de las palmas de las manos. Esto se debe hacer particularmente en zonas remotas donde no hay acceso a pruebas de laboratorio y donde se deben detectar de alguna manera una anemia severa que requiera de una transfusión de sangre que le permita salvar la vida a un paciente.

#### Métodos para medición de hemoglobina

La medición de la concentración de hemoglobina que la OMS recomienda es a través del método de la cianometahemoglobina que se mide por espectrofotometría. Este método tiene como fundamento convertir toda la hemoglobina en cianometahemoglobina (HiCN). En 1968, el patrón HiCN de referencia fue considerado como “Patrón de Referencia Internacional” por la OMS.

Otro método, el de Sahli se basa en la hemólisis con una solución de ácido clorhídrico (HCl), que convierte a la hemoglobina en hematina. La solución obtenida se diluye hasta que su color se hace igual al de un cristal coloreado, cuya intensidad de color corresponde a una concentración conocida de hemoglobina, dada por un patrón colorimétrico. El método de Sahli tiene una sensibilidad de 86% (IC95%: 75%-94%) y una especificidad de 83% (IC95%: 68%-93%), comparado con el HemoCue® que muestra en las mismas muestras una sensibilidad de 85% (IC95%: 79%-90%) y una especificidad de 80% (CI95%: 76%-83%).

El método de sulfato de cobre, otro método para medir hemoglobina tuvo mejor sensibilidad, con un valor de 97% (IC95%: 88%-100% y una especificidad de 71% (IC95%: 55%-85%). Además de ello, presenta un menor costo que el método de HemoCue®, ya que una prueba con Sahli cuesta aproximadamente 0.25USD frente a 4 USD de la medición con HemoCue®.

Posteriormente se han ido implementando métodos que permiten el trabajo de campo como el sistema portátil HemoCue® que pueden usar sangre venosa o sangre capilar. En un estudio el método HemoCue® mostró una sensibilidad de 96,77% y una especificidad de 97,30%, con un índice Kappa de 0,932 ( $p < 0.001$ ) para el diagnóstico de anemia.

Las concentraciones de Hb capilar y venosa medidos por el HemoCue® Hb301 muestran pobre concordancia comparados con los resultados de los analizadores hematológicos automatizados, y con ello usando los diferentes métodos producen en una misma población diferencias significativas en las prevalencias de anemia.

### **Hematocrito**

En lugares donde no es posible medir la concentración de hemoglobina se puede usar el hematocrito que resulta de la relación entre los cuerpos formes y el volumen plasmático. Este método es sencillo pues se basa en centrifugar un tubo o capilar donde se encuentra la muestra de sangre y se mide el porcentaje de cuerpos formes en relación al 100% de la muestra sanguínea.

Dado que el mayor porcentaje de la masa forme corresponde a los glóbulos rojos se considera el hematocrito un valor relacionado al conteo de glóbulos rojos y a la concentración de hemoglobina. El hematocrito se mide con el método del microhematocrito utilizando capilares heparinizados o no heparinizados y una microcentrífuga. El resultado se refiere al porcentaje de masa forme en relación al volumen total.

### **Escala de color de la hemoglobina de OMS**

La OMS ha desarrollado un método rápido y barato para la valoración de la hemoglobina en base a una escala de color. El método compara el color de una gota de sangre, dispuesta sobre papel absorbente, con una escala de color impresa donde se detallan diferentes valores. Usa un papel cromatográfico especial que permite la dispersión pareja de la muestra de sangre. La escala se encuentra impresa en diferentes colores que determinan diferentes valores de Hb.

## **4. MÉTODOS NO INVASIVOS DE MEDICIÓN DE HEMOGLOBINA**

Recientemente, se han desarrollado dispositivos portátiles que permiten medir simultáneamente la saturación de oxígeno del pulso y la hemoglobina por pulso como método no invasivo (Masimo pulse co-oximeters; Rad-7™ and Pronto-7™). Los resultados comparados con métodos standard no fueron muy favorables, mostrando menor precisión que el uso del hemocue 201+40.

En el Perú, el 30% de la población reside por encima de los 2000 metros de altura lo que equivale a una población de 10 millones de habitantes. En estas condiciones también se ha tratado de utilizar métodos no invasivos con la finalidad de detectar los casos de EE. Para ello se han utilizado un co-oxímetro (Pronto-7, Masimo Corporation) que permite valorar de manera no invasiva y simultánea la concentración de Hb y la saturación de

oxígeno del pulso. De manera comparativa se utilizó como gold standard la medición de hemoglobina en sangre a través de un analizador en el laboratorio. (Vázquez 2021).

Finalmente, en otras investigaciones han trabajado con imágenes de uñas de la mano de la investigación realizada por Sharma y Shrivastava (2015), donde se investigó que mediante el color y la textura de las uñas se pueden detectar enfermedades como la anemia y la diabetes. También está basada en Mannino, Myers, Tyburski, Caruso, Boudreaux, Leong, Clifford y Lam (2018), quienes afirman que es posible detectar la anemia mediante el análisis del color y los metadatos del lecho de las uñas y que tomar fotografías a la uña es más fácil, a diferencia de la conjuntiva, y tienen una baja variabilidad de tamaño y forma, a diferencia de los pliegues palmares (Heredia-Menor, 2021).

## 5. LOS ESTUDIANTES EN RELACIÓN CON LA ANEMIA

Los alimentos son el combustible del organismo, ya que estos se convierten en energía contribuyendo a realizar y culminar las actividades planificadas, sin embargo en la actualidad se ha observado que las malas conductas alimenticias han aumentado, esto debido a diversos factores, tales como tiempo, cultura, economía, educación y globalización, por ello se ha visto que todos los estudiantes a distintos niveles educativos tienen diversas afecciones de salud tanto físico, psicológico, intelectual y social que condicionan a que tengan deficiencia, exceso o desbalance en la ingesta de uno o varios nutrientes que requiere el organismo (Briones, 2021).

Se añade que las causas de la mala alimentación en los jóvenes es la falta de tiempo ya que al tener más responsabilidades descuidan el ámbito alimenticio al no comer a sus horas e ingerir alimentos chatarra. Otro de los factores que influye en los estudiantes es la economía; donde algunos son de un nivel económico bajos, por lo que a veces, no compran comida si no guardan su dinero para útiles de la escuela. (cortes, 2021)

La Organización Mundial de Salud (OMS, 2015) define a los hábitos alimentarios como “Un conjunto de conductas que tiene un individuo al momento de elegir y consumir sus productos alimenticios cumpliendo el requerimiento alimentario, así aportando la energía necesaria al organismo, para que ejecute las actividades cotidianas”. Además (OMS, 2016) enuncia que por malnutrición se entienden las carencias, los excesos o los desequilibrios de la ingesta de energía y/o nutrientes de una persona. (Kleinübing, 2021).

Las secuelas de la malnutrición y desnutrición provocan el retraso del crecimiento, trastornos bioquímicos y retraso del desarrollo.

## 6. RELACIÓN ENTRE LA NUTRICIÓN Y EL RENDIMIENTO ACADÉMICO

El rendimiento académico es el producto de los programas educativos o es la medida de las capacidades de cada individuo como consecuencia de un proceso de instrucción, que son expresados en calificaciones dentro de una escala convencional. Es decir, es el resultado cuantitativo que se obtiene del proceso de aprendizaje de los conocimientos adquiridos de las diferentes materias, conforme a las evaluaciones que realizan los profesores mediante pruebas y actividades complementarias (Kleinübing, 2021).

En el rendimiento académico interviene factores como la personalidad, el nivel intelectual, las aptitudes, los hábitos de estudio, los intereses, la motivación, la relación profesor- alumno y la autoestima.



El Plan Mundial de Alimentos, junto con las Naciones Unidas, en un informe sobre el hambre en el mundo declaró que las carencias de micronutrientes pueden dificultar el aprendizaje. Según las investigaciones, no solo las personas que sufren anemia, sino también las que tienen carencias moderadas de hierro, pueden mostrar signos de cansancio y letargo, si esto sucede, disminuiría probablemente la capacidad de trabajo y desempeño en los afectados. (Kleinübing, 2021).

Revisando la literatura, los estudiantes de la UANCV (Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez) mostraron índices de bajo rendimiento académico, los docentes observaron que los estudiantes se desenvolvían con estilos de vida inadecuado para su salud, es decir, mostraban que se alimentaban muy poco, tenían pocas horas de sueño por asuntos de trabajo y estudio, y poca actividad física.

Las evidencias teóricas indican que a esta edad es poco probable que las jóvenes presenten anemia severa, puesto que su organismo genera altos niveles de hierro, se reconoce también que la vitamina A, la vitamina B2, las vitaminas B6, B12 y el Ácido Fólico intervienen en la formación de los glóbulos rojos en la médula ósea especialmente de las adolescentes. Los grados de asociación entre la anemia ferropénica con el rendimiento académico es baja, pero significativa. Este resultado se condice con las investigaciones de Charqui y Sánchez (2018), quien realizó una investigación con adolescentes de entre 15 y 17 años, para determinar el nivel de anemia que tienen los estudiantes, asimismo se solicitó las notas obtenidas por los alumnos seleccionados correspondientes al año escolar, según los resultados obtenidos el 14% de la población presenta anemia moderada, en cuanto a la evaluación de los alumnos el 25% presenta bajo rendimiento escolar. (Quispe, 2021).

Teni, Shiferaw y Asefa (2017) que, a pesar de ser bajo el índice de anemia en los estudiantes, si se relaciona con el rendimiento académico, donde se recomienda que es necesario realizar programas que propicien la su suplementación de hierro y ácido fólico para la mejora del rendimiento académico. Las adolescentes de 16 años de edad son las que más prevalencia de anemia presentaron, indicando como factor asociado a la anemia y bajo rendimiento el comer menos de tres veces al día. Los resultados de esta investigación demuestran que existe una relación significativa entre la anemia por deficiencia de hierro y el rendimiento académico, en el área de matemáticas se observa que un 51% de los estudiantes se ubican en un nivel previsto, el 23% y 12% se ubican en proceso y en inicio de su rendimiento académico respectivamente.

La relación entre la anemia ferropénica y el rendimiento académico es significativa en estudiantes de la institución educativa Aurelio Miroquezada 2018. (p-valor  $0,000 < 0,05$ ). Esto permite determinar que los estudiantes que, a mayor grado de anemia, el menor el desempeño académico de los estudiantes. Existe relación significativa entre la anemia ferropénica y área de matemática, demostrándose que el 43% de los estudiantes no logra superar el nivel previsto de rendimiento académico en el área. Existe relación significativa entre la anemia y el área de comunicación, y se demostró que el 28% se ubican por debajo del nivel previsto de rendimiento académico. El área de arte y educación física presento relación significativa y se observó una frecuencia del 38% de estudiantes que no logran superar el nivel previsto de rendimiento académico. (Cotrina Pandal, 2021)

Charqui y Sánchez (2018) en su investigación tratan sobre la repercusión de la anemia en el rendimiento académico en alumnos de secundaria del colegio nacional nuestra señora de Guadalupe, llegando a la conclusión de que si hay relación estadísticamente significativa entre la anemia y el rendimiento académico siendo la población de alumnos desaprobados mayor en niños con anemia (53%) y un 20% en pacientes sanos. (Maron, 2021).

## Consecuencias de un bajo rendimiento escolar

- Perder el año escolar.
- Analfabetismo.
- Discriminación y falta de auto estima.
- Incumplimiento de tareas.
- Problemas emocionales y defectos cognitivos.
- Dificultad para finalizar sus tareas.
- Bajo nivel de persistencia.
- Impulsividad.
- Escasa atención.
- No alcanzan las destrezas lingüísticas necesarias para desenvolverse en sociedad.
- Disminuye la posibilidad de alcanzar un empleo. (Saldívar, 2013)

## 7. METODOS NO INVASIVOS PARA DETECTAR ANEMIA

¿En base a las necesidades de eliminar o identificar prematuramente la anemia será posible mediante métodos no invasivos que sean accesibles para todas las personas del mundo identificar y eliminar este padecimiento?

La inteligencia artificial (Artificial Intelligence, o AI) es la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de máquinas, especialmente sistemas informáticos. Estos procesos incluyen el aprendizaje (la adquisición de información y reglas para el uso de la información), el razonamiento (usando las reglas para llegar a conclusiones aproximadas o definitivas) y la autocorrección. Las aplicaciones particulares de la AI incluyen sistemas expertos, reconocimiento de voz y visión artificial.

La IA ha llegado a superar la capacidad de deducción y observación humana, este avance tecnológico ha basado su desarrollo en emular nuestra manera de aprendizaje en múltiples áreas, como el procesamiento de imágenes y reconocimiento de características específicas.

En imagen médica han existido importantes avances ya que la cantidad de información, el almacenamiento y la creación de bases de datos con imágenes requieren de análisis que sean rápidos y eficientes que permitan a los médicos tomar las mejores decisiones con respecto a un paciente. (Raschio, 2021).

### Tipos de inteligencia artificial.

La AI débil, también conocida como AI estrecha, es un sistema de AI que está diseñado y entrenado para una tarea en particular. Los asistentes personales virtuales, como Siri de Apple, son una forma de débil de AI. La AI fuerte, también conocida como inteligencia general artificial, es un sistema de AI con habilidades cognitivas humanas generalizadas, de modo que cuando se le presenta una tarea desconocida, tiene suficiente inteligencia para encontrar una solución. (Rosas, 2021).

## 8. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Actualmente, es la base de una creciente variedad de aplicaciones que incluyen diagnóstico médica, percepción remota, exploración espacial, visión por computadora. “Las técnicas de procesamiento de imágenes se utilizan para mejorar la apariencia visual de las imágenes para un observador y para preparar convenientemente el contenido fotográfico de cara a la percepción por parte de máquinas”.

De forma ilustrativa, Heinerth (Macas, 2020) menciona las etapas o lógica algorítmica de procesamiento digital de imágenes que desarrollo en su proyecto:

1. Adquisición (captura de imágenes a través de sensor del dispositivo usado: cámara).
2. Preprocesamiento (adecuación y caracterización de la imagen obtenida).
3. Segmentación (región determinada o puntos de interés filtrados según patrones).
4. Descripción (selección de rasgos y valores diferenciadores).
5. Reconocimiento (etiquetado de los objetos según los datos descritos).
6. Interpretación (grupo de valores que se consideran para la toma de decisiones).

## 9. RESULTADOS

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), la anemia representa un gran problema de salud en muchos lugares del mundo sin embargo los esfuerzos por erradicarla son muy limitados, se puede decir que son casi nulos, no dando la importancia a la salud de las personas de bajos recursos.

La anemia es una enfermedad que se le da la mínima relevancia comparada con otras enfermedades como es el cáncer, sida u obesidad. se desarrolla mediante una deficiente alimentación, principalmente se le relaciona con bajos niveles de hierro (generación de glóbulos rojos), puede afectar a hombres y mujeres de todas las edades, en este trabajo enfocaremos el análisis a los estudiantes. Se ha investigado que la anemia en los estudiantes afecta en su desarrollo físico y mental (bajo rendimiento y aprovechamiento escolar).

Existe una gran controversia para saber si la hemoglobina juega un papel importante en la detección de la anemia. Aunque la ONU define que la medición del hierro es un indicador directo de la anemia, no es un marcador directo del estatus del hierro, debido a que sus niveles normales varían por la edad, el sexo, la altitud geográfica, por el embarazo, etcétera.

Los análisis para determinar presencia de anemia y el grado de que se va desarrollando se realizan empleando métodos clínicos que analizan la concentración de la hemoglobina, llevan tiempo y no están al alcance de comunidades o grupos marginados.

En un alto grado de las personas que lo padecen se pueden revertir sus efectos, para tal fin se busca detectar la anemia de forma temprana empleando métodos no invasivos eficientes a través del procesamiento digital de imágenes y uso de inteligencia artificial, los cuales han tenido grandes avances y buenos resultados en el procesamiento de señales médicas.

## 10. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Está comprobado que a nivel mundial los gobiernos no desean eliminar el problema de la anemia ya que es una enfermedad que comparación con otras presenta baja mortalidad, pero si afecta en rendimiento y salud a una gran cantidad de personas del mundo, por tal razón es de suma importancia su detección y erradicación temprana para no sufrir efectos irreversibles.

De la misma manera la literatura y estudios está enfocada en las personas mayormente afectadas como es el caso de mujeres embarazadas y niños, sin embargo, si queremos mejorar la situación económica de México debemos hacer énfasis en cuidar a nuestros estudiantes que son el futuro del país, quienes generaran tecnología y más empleos. Por esto la importancia de analizar, cuidar y prevenir esta enfermedad.

Si es posible diagnosticar el grado de anemia en estudiantes empleando métodos de procesamiento digital de imágenes no invasivos y esto es gracias a los diversos síntomas que presenta la enfermedad, como son ojos amarillos, menor coloración en los glóbulos rojos, presencia de uñas con manchas, manchas en cara, etcétera. Sin embargo, se deberá profundizar en la selección correcta del método de procesamiento de señales en base a los resultados deseados.

Para futuro trabajo se realizará investigación para elaborar un equipo que sea capaz de identificar y la anemia, así como una plataforma electrónica que permita detectar rápidamente el grado de anemia y acciones que permitan eliminar la afectación al grupo vulnerable de niños menores y personas embarazadas.

## REFERENCIAS

- [1] Carrero, C. M., Oróstegui, M. A., Escorcía, L. R., & Arrieta, D. B. (2018). Anemia infantil: desarrollo cognitivo y rendimiento académico. *Archivos Venezolanos de farmacología y terapéutica*, 37(4), 411-426.
- [2] Cotrina Pandal, W. A. (2021). *Anemia por deficiencia de Hierro y rendimiento académico en estudiantes del nivel secundaria de la IEN "Aurelio Miroquezada"*, 2019.
- [3] Cortés, L. C. (2021). La alimentación saludable en los alumnos. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 9(17), 9-12.
- [4] de Pediatría, S. A., & Subcomisiones, C. (2017). Deficiencia de hierro y anemia ferropénica. Guía para su prevención, diagnóstico y tratamiento. *Arch Argent Pediatr*, 115(4), 68-82.
- [5] Gonzales, G. F., Olavegoya, P., Vásquez-Velásquez, C., & Alarcón-Yaquetto, D. E. (2018). Anemia en niños menores de cinco años. ¿Estamos usando el criterio diagnóstico correcto?. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna*, 31(3), 92-103.
- [6] Heredia-Menor, K. A., & Mamani-Ticona, W. (2021). Comparación de técnicas basadas en visión computacional y machine learning para la detección temprana de anemia a partir del análisis de uñas.
- [7] Kleinübing, M. E. (2021). Factores nutricionales asociados al bajo rendimiento escolar presentes en niños que asisten a los comedores comunitarios de la localidad de Puerto Rico-Misiones.
- [8] Llerena-Izquierdo, J., & Merino-Lazo, M. (2021). Aplicación móvil de control nutricional para prevención de la anemia ferropénica en la mujer gestante. *Revista InGenio*, 4(1), 17-26.
- [9] Macas, H. G. R. (2020). Algoritmo de reconocimiento de personas mediante procesamiento digital de imágenes usando MATLAB. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(8), 1240-1252.
- [10] Maron Flores, M. L. (2021). *Anemia y el rendimiento académico en estudiantes del primer grado de la IEP. "Sagrado Corazon de Jesus" Ilave*, 2019.
- [11] Mejía-Rodríguez, F., Mundo-Rosas, V., Rodríguez-Ramírez, S., Hernández, M., García-Guerra, A., Rangel-Baltazar, E., ... & Shamah-Levy, T. (2021). Alta prevalencia de anemia en mujeres mexicanas en pobreza, Ensanut 100k. *salud pública de México*, 61, 841-851.
- [12] Quintero, E. T., Collazos, E., Sarmiento, J. C., & Pimentel, J. (2021). Anemia como predictor de severidad en la COVID-19: una revisión exploratoria. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 61, 26-34.

- [13] Quispe, H., & Castillo, E. (2021). Anemia ferropénica y su relación con el rendimiento académico en estudiantes universitarias. *Revista Innova Educación*, 3(1), 208-214.
- [14] Ramírez Álvarez, D. Y., Meriño Pompa, Y., & Naranjo Vázquez, S. Y. (2021). Importancia del uso de las plantas medicinales para el tratamiento de la anemia ferropénica.
- [15] Raschio, E., Contreras, C., Allende, F., & Maturana, P. (2021). Inteligencia artificial: Desarrollo de algoritmos de clasificación y segmentación en radiografía de tórax. *Revista chilena de radiología*, 27(1), 8-16.
- [16] Santos Pérez, O., Mondejar Rodríguez, J., & Morciego Esquivel, H. (2019). Programa de capacitación para la gestión de accesibilidad y movilidad en centros históricos. *Arquitectura e Ingeniería*. Briones Vidaurre, V. E., & Flores Carrasco, R. J. (2021). HÁBITOS ALIMENTICIOS Y RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES DEL 4° Y 5° GRADO DE PRIMARIA DE LA IEP JOSÉ MARÍA ESCRIVÁ DE BALAGUER.
- [17] Rosas Morán, J. A. (2021). Análisis de imágenes digitales en la cuantificación y detección de alteraciones morfológicas de glóbulos rojos. UPEC.
- [18] Tao, Z., Xu, J., Chen, W., Yang, Z., Xu, X., Liu, L., ... & Liu, J. (2021). Anemia is associated with severe illness in COVID-19: a retrospective cohort study. *Journal of medical virology*, 93(3), 1478-1488.
- [19] Valadez-Rodríguez, J. A., Herrera-Rodríguez, S. E., & García-Márquez, E. (2020). Nanopartículas de hierro como tratamiento y prevención contra la anemia ferropénica. *Salud Jalisco*, 6(3), 210-218.
- [20] Vásquez-Velásquez, C., Aguilar-Cruces, L., López-Cuba, J. L., Paredes-Quiliche, T., Guevara-Ríos, E., Rubín-de-Celis-Massa, V., ... & Gonzales-Rengifo, G. (2019). ¿La medición de hemoglobina es más costo-efectiva que el uso del hemograma automatizado? *Revista Peruana de Investigación Materno Perinatal*, 8(2), 27-39.

Correo de autor: [antonioeagm@gmail.com](mailto:antonioeagm@gmail.com)