

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA HUMANA**



**TESIS**

**“SATURACIÓN DE OXÍGENO EN NIÑOS Y NIÑAS SANOS DE 6 - 11 AÑOS A  
3500 METROS DE ALTITUD EN HUALGAYOC, 2023”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO CIRUJANO**

**AUTOR:**

**BACH. ELIANA OLENKA TEODOMIRA TIRADO ORRILLO**

**ASESOR:**

**ROBERTO PELAYO MOSQUEIRA MORENO**

**MÉDICO CIRUJANO CON LA ESPECIALIDAD EN PEDIATRÍA**

**MAESTRO EN GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE LA SALUD**

**ORCID: 0000-0002-6252-1448**

**Cajamarca, Perú**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: Eliana Olenka Teodomira Tirado Orrillo  
DNI: 70572924  
Escuela Profesional: Medicina Humana
2. Asesor: M.C. Mg. Roberto Pelayo Mosqueira Moreno  
Facultad/ Unidad UNC: Facultad de Medicina
3. Grado Académico o título Profesional: Título de Médico Cirujano
4. Tipo de Investigación: Tesis
5. Título de Trabajo de Investigación: **"SATURACIÓN DE OXÍGENO EN NIÑOS Y NIÑAS SANOS DE 6 A 11 AÑOS A 3500 METROS DE ALTITUD EN HUALGAYOC, 2023"**
6. Fecha de Evaluación: 12/03/2024
7. Software Antiplagio : TURNITIN
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24%
9. Código Documento: oid: 3117: 339591205
10. Resultado de la Evaluación de Similitud: **APROBADO**

Cajamarca, 13 de Marzo del 2024



## **DEDICATORIA**

A mis padres, Mariela y William, cuyo respaldo inquebrantable ha sido mi sustento fundamental a lo largo de todos estos años de formación. Su incondicional apoyo ha sido la fuente inagotable de fortaleza que me ha permitido perseverar y avanzar, incluso en los momentos más desafiantes. Este éxito es, sin lugar a dudas, compartido con ellos, quienes han creído en mí desde el principio, impulsándome a alcanzar mis metas que quizás, de otra manera, no hubiera imaginado posibles.

A mis hermanos Winy, Maricarmen, Alejandro y Sahari quienes siempre han confiado en mí y me han motivado continuamente a seguir esforzándome. Su presencia ha sido un rayo de luz en mis días más difíciles, brindándome alegría cuando más la necesitaba.

A mi sobrina Patricia, quien me inspira a ser mejor, a superarme y avanzar en la vida, asimismo, ansío convertirme en un modelo ejemplar para ella.

## **AGRADECIMIENTOS**

Un profundo agradecimiento a Dios por bendecirme y darme fuerza para superar cada obstáculo, y así poder lograr cumplir esta meta importante en mi vida.

A mis padres, hermanos y demás familiares, quienes constituyen el pilar esencial en mi vida. Su apoyo desinteresado y amor constante son el cimiento sólido que ha guiado mi camino.

A mi mejor amigo y compañero, quien alegra mis días y me impulsa a ser mejor, quien me brinda su amor incondicional y comprensión infinita.

A todos los docentes y maestros de la Facultad de Medicina de la UNC quienes impartieron sus conocimientos con generosidad, guiándome y transmitiendo no solo datos académicos, sino también la pasión por la disciplina, dejando una huella imborrable en mi trayectoria académica.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.1. Planteamiento del problema .....	10
1.2. Formulación del problema .....	11
1.3. Justificación del problema.....	11
1.4. Objetivos de la Investigación .....	12
1.4.1. Objetivo general .....	12
1.4.2. Objetivos específicos .....	12
1.5. Limitaciones de la investigación .....	13
1.6. Consideraciones éticas .....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.2. Bases teóricas .....	20
2.3. Términos Básicos.....	31
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	32
3.1. Hipótesis .....	32
3.2. Operacionalización de variables .....	32
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	34
4.1. Material y métodos.....	34
4.2. Consideraciones éticas .....	37
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	38
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN.....	42
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.....	45
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES .....	46
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
CAPÍTULO X: ANEXOS .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01.</b> <i>Valores de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</i> .....	38
<b>Tabla 02.</b> <i>Variación de los valores de saturación de oxígeno por sexo en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</i> .....	38
<b>Tabla 03.</b> <i>Variación de los valores de saturación de oxígeno por edad en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</i> .....	39
<b>Tabla 04.</b> <i>El valor más frecuente de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</i> .....	39
<b>Tabla 05.</b> <i>Variación de saturación de oxígeno de niños y niñas sanos de Hualgayoc y estudios desarrollados a nivel del mar, según valores reportados por la OMS.</i> .....	40
<b>Tabla 06.</b> <i>Diferencia de valores de saturación de oxígeno en el primer y segundo minuto entre niños y niñas sanos a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</i> .....	40
<b>Tabla 07.</b> <i>Valores de frecuencia respiratoria en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</i> .....	41
<b>Tabla 08.</b> <i>Valores de frecuencia cardíaca en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</i> .....	41

## RESUMEN

**Introducción:** La medición de saturación de oxígeno en el ser humano es fundamental, puesto que permite el adecuado funcionamiento de las células de tejidos y sistemas del organismo, misma que puede variar de acuerdo a la altitud sobre el nivel del mar en el que se encuentre el individuo.

**Objetivo:** Determinar los valores de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

**Material y métodos:** Se tuvo como muestra a 159 niños y niñas de 6 a 11 años de Hualgayoc, tomando en cuenta criterios de inclusión y exclusión, se usó una ficha de recolección de datos, fue un estudio de tipo descriptivo, observacional, prospectivo – transversal.

**Resultados:** El promedio de saturación de oxígeno fue de 93.5%, con un mínimo de 87.5% y un máximo de 96%, la saturación en niñas fue de 93.5%, con un mínimo de 88.5% y máximo de 98.5% y en niños un promedio de 91%, con un mínimo de 87.5% y máximo de 94.5%. Respecto a la edad los niños de 6 años tuvieron SpO<sub>2</sub> de 91%, los de 7 años de 91.5%, 8 años 92%, 9 y 10 años de 91% y los de 11 años de 92%. El valor más frecuente de saturación de oxígeno fue de 93.5%, en cuanto a la variación de saturación de oxígeno fue mínima entre 1.5 a 5.5% en comparación con los parámetros de la OMS que es semejante con tendencia a ser menor. La frecuencia respiratoria promedio fue de 22 rpm y la frecuencia cardiaca de 99 lpm.

**Conclusión:** Los valores de saturación de oxígeno en niños y niñas de 6 a 11 años a 3500 msnm se mantienen en valores dentro de parámetros normales de altitudes más bajas, no observándose variaciones significativas.

**Palabras clave:** Altitud, Saturación de Oxígeno, Frecuencia Cardiaca, Frecuencia Respiratoria.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** The measurement of oxygen saturation in humans is essential, since it allows the proper functioning of the cells of tissues and systems of the body, which can vary according to the altitude above sea level in which the individual is located.

**Objective:** Determine the oxygen saturation values in healthy boys and girls aged 6 - 11 years at 3500 meters altitude in Hualgayoc in the period February 2023 - February 2024.

**Material and methods:** 159 boys and girls from 6 to 11 years old from Hualgayoc were taken as a sample, taking into account inclusion and exclusion criteria, a data collection form was used, it was a descriptive, observational, prospective-cross-sectional study.

**Results:** The average oxygen saturation was 93.5%, with a minimum of 87.5% and a maximum of 96%, the saturation in girls was 93.5%, with a minimum of 88.5% and maximum of 98.5% and in boys a average of 91%, with a minimum of 87.5% and maximum of 94.5%. Regarding age, 6-year-old children had SpO<sub>2</sub> of 91%, 7-year-olds 91.5%, 8-year-olds 92%, 9 and 10-year-olds 91%, and 11-year-olds 92%. The most frequent value of oxygen saturation was 93.5%, while the variation in oxygen saturation was minimal between 1.5 to 5.5% compared to the WHO parameters, which is similar with a tendency to be lower. The average respiratory rate was 22 rpm and the heart rate was 99 bpm.

**Conclusion:** Oxygen saturation values in boys and girls aged 6 to 11 years at 3500 meters above sea level remain within normal parameters at lower altitudes, with no significant variations observed.

**Keywords:** Altitude, Oxygen Saturation, Heart Rate, Respiratory Rate.



## INTRODUCCIÓN

El oxígeno es un gas incoloro, insípido y poco soluble en el agua, elemento fundamental para el correcto funcionamiento de las células del cuerpo, el aire que se respira posee 21% de oxígeno siendo así que el ser humano puede recibir hasta un 100% de oxígeno; se estipula una vez que el oxígeno se ha diseminado desde los alveolos hacia la sangre pulmonar, se transporta hasta los capilares de tejidos periféricos combinándose casi en su totalidad con la hemoglobina (1).

Es importante señalar que la presencia de hemoglobina en los eritrocitos permite que la sangre pueda transportar hasta 100 veces más oxígeno, a nivel celular el oxígeno posee una reacción con diversos nutrientes y forma grandes cantidades de dióxido de carbono, ingresa a los capilares tisulares para ser transportado nuevamente hacia los pulmones para finalmente combinarse con la sangre y sustancias químicas que pueden aumentar de 15 a 20 veces el transporte del CO<sub>2</sub> (2).

La saturación de oxígeno es un determinante fisiológico que indica la entrega de oxígeno tisular, ofreciendo información sobre la oxigenación y estado del ser humano, siendo fundamental en la toma de decisiones (3).

Mediante la oximetría de pulso se obtiene la saturación arterial de oxígeno y la frecuencia cardiaca del individuo, este proceso es simple, no invasivo, fácil de usar y de bajo costo, se emplea un equipo denominado oxímetro, el cual mide los cambios cardiopulmonares (4)

A medida que se asciende sobre el nivel del mar, la cantidad de oxígeno disminuye, esto ocurre debido a la disminución de la presión barométrica. La saturación de oxígeno en niños que viven en zonas con mayor altitud varía interindividualmente a una misma altura dada, esta cambia respecto a la edad y también se encuentran diferencias según el rango de altura, por lo general la saturación aumenta con la edad (5).

Se estima que más de 100 millones de individuos radican en altitudes mayores de 2500 msnm y múltiples poblaciones en más de 3500 msnm, para adaptarse a estas alturas ha tomado largos periodos de tiempo mediante cambios anatómicos y fisiológicos tanto del corazón y la circulación pulmonar, la altitud de 2500 a 3500 msnm se considera alta, en donde se sienten ciertos efectos en ejercicio (6).

Es necesario determinar los valores y probables variaciones de saturación de oxígeno en la población infantil que habita a gran altura, puesto que, según la teoría la saturación varía según las edades, además de no solamente estudiar en niños sanos, sino en aquellos niños que padecen de anemia y cuál sería el plan de mejora o estrategias a tomar para mejorar el cuadro de saturación de oxígeno evitando la hipoxia en estos individuos.

La finalidad de la presente investigación es dar a conocer los valores de la saturación de oxígenos en niños que habitan en una altitud de 3500 msnm, como lo es la provincia de Hualgayoc perteneciente al departamento de Cajamarca, esto permitirá contribuir con la toma de decisiones, planteamiento de estrategias para la mejora de la salud de estos niños, disminuyendo la morbilidad y mortalidad a causa de complicaciones respiratorias.

# CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

## 1.1.Planteamiento del problema

El oxígeno es vital para la vida y su transporte en el cuerpo humano depende de un complejo proceso que involucra la interacción entre el aire que respiramos, los alvéolos pulmonares, la sangre y la hemoglobina. La cantidad de oxígeno disponible para los tejidos depende de la cantidad de hemoglobina, su saturación con oxígeno y, en menor medida, del oxígeno disuelto en la sangre. (7).

El estado de oxigenación del paciente puede mostrar una presión parcial de oxígeno reducida y/o una saturación de oxígeno disminuida en la sangre arterial y, en este caso, se denomina hipoxemia (8). La hipoxemia en niños se ha asociado con un aumento de la mortalidad y es una complicación frecuente en casos de neumonía, bronquiolitis, asma y otras enfermedades graves como la sepsis (9). El reconocimiento de la hipoxemia en los niños con enfermedades respiratorias contribuye al diagnóstico, es crucial en el manejo del paciente y ayuda a determinar el pronóstico (10).

La hipoxemia es una complicación común en las enfermedades de las vías respiratorias inferiores en pacientes pediátricos y es un fuerte factor de riesgo de muerte. Las infecciones más comunes son la neumonía y la bronquiolitis, que representan la mayoría de los casos de hipoxemia en niños de países en desarrollo (11). La hipoxemia se asocia con un mayor riesgo de fracaso del tratamiento y muerte en niños en países con recursos limitados, un efecto que se exagera en altitudes elevadas (12).

En el mundo, las enfermedades respiratorias afectan gravemente, siendo la neumonía la principal causa de mortalidad infantil. Las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (IRAS) ocuparon el primer lugar en cuanto a morbilidad en las consultas externas de los establecimientos de salud del Ministerio de Salud (MINS) del Perú durante el año 2015. Estas infecciones representaron un significativo 16,7% del total de atenciones brindadas. En el año 2019, en cuanto a IRAS, hubo un incremento del 5% en relación al año anterior, en el periodo 2020 disminuyó el 30% en relación al año 2019, para el 2021 los episodios disminuyeron significativamente en 73% y en el año 2022 se incrementaron en 282% en comparación al año 2021 (13). En Cajamarca en el 2018 las infecciones de las vías respiratorias ocuparon el 4º lugar en prevalencia en niños de 5 –

14 años, siendo una importante causa de morbilidad en esta población (14). Ante esta realidad, el uso de oximetría de pulso es importante y recomendada.

La oximetría de pulso proporciona información sobre el estado de oxigenación del paciente y es un método confiable, simple, seguro, preciso y de bajo costo relativo para monitorear al paciente en comparación con métodos costosos y que requieren mucha mano de obra (10)

Hay pocos estudios sobre los valores de Saturación de Oxígeno realizados en ciudades entre 3000 - 40000 msnm. Con el fin de contribuir a la mejor comprensión sobre los valores de Saturación de Oxígeno en niños sanos que viven en grandes altitudes, este trabajo de investigación fue diseñado para describir el rango de valores de SpO2 medido con un oxímetro de pulso en niños sanos entre 6 mes y 11 años de edad que viven a 3500 msnm.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son los valores de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024?

## **1.3. Justificación del problema**

La disminución en la presión atmosférica causa un descenso en la presión parcial del oxígeno generando hipoxia; ante estos cambios el organismo activa sistemas de compensación para mantener la homeostasis. Así mismo, debido al ambiente hipobárico e hipóxico existe una disminución de la saturación de oxígeno en la sangre arterial, por lo que el suministro de oxígeno a los tejidos se ve comprometido.

En entornos con recursos limitados, como en las provincias de la región de Cajamarca, el diagnóstico y tratamiento para enfermedades respiratorias se basan en los umbrales de saturación de oxígeno recomendados por la OMS. Sin embargo, es posible que estos valores no sean aplicables en todas las altitudes, es por este motivo que esta investigación posee gran importancia.

Al estudiar la variación de la saturación de oxígeno, se llegará a un acercamiento real del contexto fisiológico del habitante de altura, la presente investigación busca acercarse a esta realidad, un tanto olvidada para la atención de los niños y niñas, siendo los más

vulnerable a enfermedades respiratorias con una tasa de morbilidad y mortalidad elevada.

Con este trabajo, se intenta determinar los valores de Saturación de Oxígeno por sexo y edad a una altitud de 3500msnm. Los resultados brindarán datos básicos sobre el comportamiento de la saturación de oxígeno en la población pediátrica a 3500msnm, los cuales serán fundamentales al momento de evaluar y tomar decisiones médicas teniendo en cuenta los valores de referencia, ya que a nivel del mar saturaciones inferiores a 95 % imponen manejo médico inmediato.

La presente investigación podría ayudar a ahondar o plantear nuevas investigaciones a gran altura en nuestra región y el resto del país.

#### **1.4.Objetivos de la Investigación**

##### **1.4.1. Objetivo general**

- Determinar los valores de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar la variación de los valores de saturación de oxígeno por sexo y edad en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.
- Establecer el valor más frecuente de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.
- Comparar la variación de saturación de oxígeno entre niños y niñas sanos de Hualgayoc y estudios desarrollados a nivel del mar, según valores reportados por la OMS.
- Delimitar los valores de frecuencia respiratoria en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

- Precisar los valores de frecuencia cardiaca en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

### **1.5.Limitaciones de la investigación**

No se consideraron a los niños cuyos padres no firmaron el consentimiento informado. Entre otra de las limitaciones se encontró el difícil acceso a la evaluación en niños menores. Además, hubo niños que no asistieron a la Institución Educativa el día propuesto de la recolección de datos.

### **1.6.Consideraciones éticas**

Se aseguró la obtención del consentimiento informado de los padres o tutores legales de los niños y niñas que participaron en la investigación. Además, se garantizó la privacidad de los participantes y se mantuvo en total confidencialidad la información recopilada.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### **Internacionales**

Lang M. et al (15), realizaron un estudio observacional descriptivo retrospectivo, cuyo objetivo fue evaluar las respuestas fisiológicas cardiorrespiratorias y de ejercicio submáximo en reposo en condiciones naturales de altura por medio de la prueba de caminata de seis minutos e identificar los signos y síntomas asociados con la aparición del mal agudo de montaña después de la exposición aguda a la altura en niños y adolescentes en el 2021. Cuarenta y dos niños y adolescentes, 18 niños y 24 niñas de 11 a 15 años, participaron de este estudio, el cual se realizó a nivel del mar (Antofagasta) y durante las primeras 42 h en altura (Caspana, 3330 msnm). Se registró el puntaje de Lake Louise (LLS) para evaluar la evolución de los síntomas del mal agudo de montaña. Se realizaron pruebas de ejercicio submáximo a nivel del mar y en altura. Los parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca, la presión arterial sistólica y diastólica, la frecuencia respiratoria y la saturación de oxígeno arterial se midieron en reposo y después de finalizar la prueba de esfuerzo en las dos altitudes. Encontraron que, en la exposición aguda en altura, los participantes mostraron niveles más bajos de saturación de oxígeno arterial en reposo y después de la prueba sub máxima en comparación con a nivel del mar. La frecuencia cardíaca en reposo, la frecuencia respiratoria y la presión arterial diastólica presentaron valores superiores en la altura ( $p < 0,01$ ). Además, los valores de frecuencia cardíaca, presión arterial diastólica y disnea aumentaron antes, durante y después del ejercicio en altura ( $p < 0,01$ ). El rendimiento del ejercicio submáximo disminuyó en altura ( $p < 0,001$ ). La incidencia de mal agudo de montaña en altura varió de 9,5% a 19%, con síntomas leves a moderados. Concluyeron que la exposición aguda a la altura en niños y adolescentes produce un aumento de los parámetros cardiorrespiratorios basales y una disminución de la saturación arterial de oxígeno.

McCollum E. et al (16), realizaron un estudio observacional prospectivo con 1470 niños de 3 a 35 meses de edad en tres sub distritos del distrito de Syhlet (Bangladesh) ubicados entre 17 y 23 msnm en el año 2021. Su objetivo fue medir la  $SpO_2$  de los niños usando un oxímetro de pulso Masimo Rad-5 con un sensor de envoltura. Usaron estadísticas de

resumen estándar para evaluar la distribución de SpO<sub>2</sub>, incluso si la distribución difería por edad o sexo. Consideraron los percentiles 2,5, 5 y 10 de SpO<sub>2</sub> como posibles umbrales más bajos para la hipoxemia. Encontraron que la mediana de SpO<sub>2</sub> fue del 98 % (RIC 96 %–99 %), y los percentiles 2,5, 5 y 10 de la SpO<sub>2</sub> fueron del 91 %, 92 % y 94 %. Ningún niño tuvo una SpO<sub>2</sub> <90%. Los niños de 3 a 11 meses tuvieron una mediana de SpO<sub>2</sub> más baja (97 %) que los de 12 a 23 meses (98 %) y los de 24 a 35 meses (98 %) (p=0,039). La distribución de SpO<sub>2</sub> no difirió por sexo (p=0,959). Concluyeron que el umbral de SpO<sub>2</sub> para hipoxemia derivado del percentil 2,5, 5 o 10 de niños sanos es superior a <90 %. Si se adopta un umbral superior a <90% en los algoritmos de atención de LMIC, la toma de decisiones utilizando SpO<sub>2</sub> también debe considerar el estado clínico del niño para minimizar la clasificación errónea de niños sanos como hipoxémicos. Los niños más pequeños en países de bajos y medianos ingresos de menor altitud pueden requerir un umbral diferente para la hipoxemia que los niños mayores.

Crocker M. et al (12), realizaron un estudio transversal para conocer los efectos de la gran altitud sobre la frecuencia respiratoria y los valores de referencia de saturación de oxígeno en lactantes y niños menores de 2 años sanos en cuatro países en el 2020, el objetivo fue determinar los valores medios de FR y SpO<sub>2</sub> por edad y ubicación para niños sanos en cada país, utilizando el oxímetro de pulso Masimo Rad-97. El estudio se desarrolló con 1570 niños, 404 participantes eran de India (altitud 1–919 m), 389 eran de Guatemala (1036–2017 m), 341 de Ruanda (1449–1644 m) y 436 de Perú (3827–4348 m), la muestra fue por conveniencia. Se recogieron 3 medidas de SpO<sub>2</sub> consecutivas a los 60, 90 y 120s y 2 mediciones de FR consecutivas. Se utilizó la SpO<sub>2</sub> media y la FR media para estimar los percentiles uniformes por edad y sitio. Se calculó los percentiles para FR (50, 90 y 95) y SpO<sub>2</sub> (5, 10 y 50) por edad y sitio utilizando el modelo de regresión final de GAMLSS. Encontraron que la FR media fue más alto en Perú, seguido de Ruanda, Guatemala e India, siguiendo con la elevación (de mayor a menor). La FR media fue de 31,9 respiraciones por minuto en la India, 41,5 respiraciones por minuto en Guatemala, 44,0 respiraciones por minuto en Ruanda y 48,0 respiraciones por minuto en Perú. La SpO<sub>2</sub> media fue del 98,3 % en India, del 97,3 % en Guatemala, del 96,2 % en Ruanda y del 89,7 % en Perú. Concluyeron que las curvas del percentil 95 para FR y las curvas del percentil 5 para SpO<sub>2</sub> por edad siguieron un patrón general de aumento de FR y disminución de SpO<sub>2</sub> con el aumento de la altitud y que los umbrales definidos por la



OMS dan como resultado una clasificación errónea de una gran proporción de niños sanos en esta muestra con taquipnea o hipoxemia, particularmente en altitudes elevadas.

Oren M. et al (17), realizaron un análisis de cohorte, cuyo objetivo fue explorar la relación entre la saturación de oxígeno neonatal y la presión arterial a los 6-7 años de edad en una cohorte de recién nacidos extremadamente prematuros en el año 2020. Se incluyeron para el análisis 387 niños con datos de saturación de oxígeno y mediciones de PA en edad escolar. Los bebés de menos de 28 semanas de gestación se asignaron a un objetivo de saturación de oxígeno más alto o más bajo. Los datos del oxímetro fueron monitoreados durante todo el período neonatal. Se observó un subconjunto de sobrevivientes a los 6 años. La PA se midió y comparó por asignación de grupo, saturaciones alcanzadas y tiempo de hipoxemia (saturaciones <80%). Encontraron que no hubo diferencia en la PA sistólica o diastólica entre los grupos asignados, la mediana de la saturación de oxígeno semanal alcanzada no se asoció con la PA, la mayor duración de la hipoxemia durante la primera semana de edad se asoció con una PA sistólica más alta. Concluyeron que ni la saturación de oxígeno objetivo ni la mediana real en este estudio se asociaron con la PA en la edad escolar. La mayor duración de la hipoxemia en la primera semana postnatal se asoció con una PA sistólica más alta a los 6-7 años de edad.

Tüshaus L. et al (18), realizaron un ensayo controlado aleatorizado desarrollado por la Plataforma de Investigación en Salud de Suiza y Perú en la región de Cajamarca en la sierra norte de Perú ubicada en las provincias de San Marcos y Cajabamba para evaluar el rendimiento y la plausibilidad de un modelo informático en el 2019, se evaluó retrospectivamente contra un conjunto de datos recopilados prospectivamente, un conjunto de datos publicado previamente y otro modelo estadístico con umbral. El modelo informático describe la vía del oxígeno a lo largo de los compartimentos cardiorrespiratorios del cuerpo, implementa la cascada de oxígeno descrita por West y utiliza ecuaciones fisiológicas para explicar cómo la presión parcial de oxígeno y las concentraciones de oxígeno están interrelacionadas entre el gas alveolar y la sangre periférica. El objetivo fue proporcionar una mejor comprensión de la SpO<sub>2</sub> con valores en altitudes superiores a 2.000 msnm para niños sanos. Se inscribieron un total de 297 niños con edades entre 6 y 36 meses, 251 niños que vivían ente 2000 y 2999 msnm, y 46 niños que vivían ente 3000 y 3999 msnm. Se encontró que la SpO<sub>2</sub> media a 2000msnm fue de 97.2, a 2500msnm de 96.0, a 3000msnm de 94.5, a 36000msnm de 92.7 y a

3900msnm de 88.4 mientras que en los datos del modelo informático adaptados a la altitud fueron a 2000msnm fue de 95, a 2500msnm de 94, a 3000msnm de 92.8, a 3500msnm de 91.4 y a 4000msnm de 89.6. Se concluyó que el rango de la SpO<sub>2</sub> saludable propuesto por el modelo informático coincide con los datos empíricos registrados de la población pediátrica.

Andrade V. et al (10), realizaron un estudio transversal, de base poblacional, con el propósito de describir el rango de valores de SpO<sub>2</sub> medidos con un oxímetro de pulso en niños sanos entre 1 mes y 12 años de edad residentes de la ciudad de Quito, Ecuador, ubicado a 2 810 msnm durante el año de 2018. Se incluyeron 1 378 niños, se realizó un muestreo no probabilístico, utilizando pruebas no paramétricas para comparar las diferencias en los valores de SpO<sub>2</sub> por edad y sexo, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las diferencias en las medianas de SpO<sub>2</sub> por grupos de edad, la prueba U de Mann-Whitney para comparar las medianas entre hombres y mujeres. Se aceptó la significación estadística con  $p < 0,05$  y se diseñaron líneas suaves para los percentiles 2,5 y 5 de SpO<sub>2</sub> mediante el método Spline. Se encontró que los valores generales más bajos y más altos de SpO<sub>2</sub> fueron 87% y 99%, no se encontraron diferencias significativas en los valores medianos de SpO<sub>2</sub> entre edades. Se concluyó que la curva de percentiles de SpO<sub>2</sub> podría contribuir como un rango saludable para la evaluación clínica de los niños que residen en esta altitud.

### **Nacionales**

Janampa, S. (19), realizó un estudio observacional, transversal y prospectivo con el objetivo de determinar el valor del rango normal de saturación de oxígeno en mayores de 18 años, cuantificado mediante oximetría de pulso, en la ciudad de Arequipa (2,429 m.s.n.m.) durante el 2022. Se obtuvo una muestra por muestreo aleatorio simple, consiguiendo 420 habitantes. Las características sociodemográficas fueron recogidas en una ficha de recolección de datos, la actividad física y el hábito de fumar se midieron con el cuestionario elaborado y validado por Quisurco J. Se utilizaron pruebas de estadística descriptiva para el análisis de datos, contando con el consentimiento informado de cada persona. Encontró que la edad media fue de  $35.8 \pm 14.260$ , la saturación de oxígeno promedio fue de  $95.3\% \pm 2.055\%$ . La saturación de oxígeno se redujo a mayor edad ( $p=0.00$ ), no hubo una relación significativa con el sexo ( $p=0.063$ ), fue mayor en los habitantes de la sierra ( $p=0.00$ ), en los que tuvieron una actividad física

adecuada ( $p=0.00$ ) y en los que no tuvieron hábito de fumar ( $p=0.00$ ). Concluyó que la saturación de oxígeno promedio en personas mayores de 18 años, de la ciudad de Arequipa fue de  $95.3\% \pm 2.055$ .

Escobar C. (20), realizó una investigación de tipo descriptivo, observacional, prospectivo de corte transversal, en 94 mujeres en edad fértil sanas, se evaluó la saturación de oxígeno ( $SpO_2$ ), a través de la oximetría de pulso en el año 2021. Con el objetivo de determinar el nivel de saturación de oxígeno en mujeres en edad fértil a más de 3600msnm, Castrovirreyna – Huancavelica. Encontró que el promedio de la  $SpO_2$  fue del 91.7%, el mínimo 88% y el máximo 97%, ( $ET = 0.19$ ). Entre de los 3600 a 4010msnm, se comprobó una variabilidad mínima, del 90% a 3956mnsnm al 92% a los 3830 msnm. Las gestantes mostraron en promedio una  $SpO_2$  del 91.5%, y mínimo 90% y máximo 93%; en las no gestantes el promedio fue de 91.7% presentando como mínimo 88% y máxima 97%. según la paridad se observa una variación de 90.67% a 92.1%. Concluyó que la saturación de oxígeno en mujeres en edad fértil a grandes alturas entre 3600 y 4010 msnm, es del 91.7%, cifra inferior a nivel del mar. se requiere hondar más en el estudio.

Calvo J. y Baca I. (21), realizaron un estudio descriptivo, observacional, transversal, prospectivo en los distritos de Urubamba (A) (2890 msnm), Ancahuasi (B) (3420 msnm), Chinchero (C) (3740 msnm) y Ocoruro (D) (4120 msnm) de la región Cuzco, con una población de 571 niños entre 3 y 8 en el año 2019. Para el análisis de datos estadísticos se utilizó SPSS v 25, la realización de gráficos se utilizó Excel Windows. En análisis univariado se realizó medición por frecuencia, media, mediana, valor mínimo y máximo. Para el análisis de asociación, se utilizó chi cuadrado de Pearson con nivel de significancia al 95% . Para comparación entre las altitudes estudiadas se realizó la prueba de hipótesis, con un intervalo de confianza al 99%. Encontraron que la  $SpO_2$  según altitud (%): niños de 3 a 5 años: A=94,2; B=91,2; C=90,2; D=86,4. Niños de 6 a 8 años: A=93,5; B=92,4; C=89,9; D=86,8. Frecuencia cardiaca: niños de 3 a 5 años (lpm): A=98; B=106; C=98; D=101. Niños de 6 a 8 años: A=90; B=86; C=93; D=85. Frecuencia respiratoria (rpm): Niños de 3 a 5 años: A=27; B=30; C=27; D=27. De 6 a 8 años: A=23; B=24; C=24; D=23. En el análisis de correlación entre  $SO_2$  y altitud se encontró un valor chi en niños de 3 a 5 años: 236,890 con  $p<0,05$  y en niños de 6 a 8 años: 163,286 con un  $p<0,05$ . Al realizar la diferencia de medias entre las poblaciones en  $SO_2$ : entre A y B, B y C, C y D se halló  $Z>1,96$ . Concluyeron que la  $SpO_2$  varía según la altitud, existiendo

una relación inversa. En cuanto a la frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria no existe correlación con la altitud manteniendo sus valores según los parámetros estandarizados.

Rojas J. et al (22), realizaron un estudio descriptivo transversal que describe las mediciones de SpO<sub>2</sub> de 6289 sujetos sanos de 1 a 80 años de edad en 15 lugares desde el nivel del mar hasta la habitación humana permanente más alta ubicada en un área remota a 5100 m en Puno, Perú, (La Rinconada) en el 2018. La SpO<sub>2</sub> se midió con un pulsioxímetro (Nellcor 560, Hayward, California, EE. UU.), con sensores adecuados al peso del sujeto. Las mediciones de SpO<sub>2</sub> se registraron cada 10s para un total de seis mediciones y se utilizó el promedio. Los datos de SpO<sub>2</sub> se ingresaron en Microsoft Excel y se analizaron y graficaron usando Stata. Los percentiles de SpO<sub>2</sub> se calcularon con el método LMS de Cole y Green y se ajustaron con LMSChartMaker Light V.2.3. Estos valores luego se usaron para ilustrar los percentiles 2,5, 10, 25, 50, 75, 90 y 97,5 para SpO<sub>2</sub> para cada grupo de edad según la altitud de residencia. Se encontró la mediana para todas las mediciones de SpO<sub>2</sub> en cada altitud (metro) fueron respectivamente: 99 (98–99) a 154 m; 99 (98–99) a 562 m; 98 (97–99) a 1400 m; 97 (96–98) a 2000 m; 97 (96–99) a 2335 m; 96 (95–97) a 2500 m; 95 (94–96) a 2880 m; (92–95) a 3250 m; 92 (90–93) a 3600 m; 90 (88–91) a 3950 m; 87 (85–89) a 4100 m; 87 (85–89) a 4338 m; 87 (85–89) a 4500 m; 85 (83–88) a 4715 m; 81 (78–84) a 5100 m. Concluyeron que los datos proporcionan un rango de referencia para las mediciones esperadas de SpO<sub>2</sub> en personas de 1 a 80 años desde el nivel del mar hasta la ciudad más alta del mundo. Demostraron la reducción del SpO<sub>2</sub> con la altitud, efecto que fue más evidente a altitudes superiores a 2500 m. Al igual que una mayor variabilidad en el rango de mediciones de SpO<sub>2</sub> en altitudes más altas.

## **2.2. Bases teóricas**

### **FISIOLOGÍA RESPIRATORIA EN EL NIÑO**

La respiración es un proceso vital con dos objetivos principales: proporcionar oxígeno a los tejidos para la energía celular y desechar el dióxido de carbono. Implica la coordinación de sistemas y órganos como el nervioso, respiratorio, circulatorio y otros. El aparato respiratorio desempeña un papel clave, facilitando el intercambio de gases entre la sangre y la atmósfera, así como otras funciones. La ventilación, impulsada por los músculos respiratorios, cambia el volumen pulmonar y crea una diferencia de presión, permitiendo la entrada de aire en los pulmones (23).

#### **Ventilación alveolar**

El volumen minuto, que es la suma total de aire que se introduce o sale del cuerpo en un minuto, se divide en ventilación alveolar y espacio muerto. La ventilación alveolar es el volumen de aire que ingresa a los alveolos y participa en el intercambio gaseoso. Por otro lado, el espacio muerto fisiológico comprende el espacio muerto anatómico y alveolar. La eficacia de la ventilación alveolar depende de la ventilación minuto, la frecuencia respiratoria y el espacio muerto (23).

#### **Difusión alveolo-capilar**

El transporte de aire se realiza por convección, impulsado por un gradiente de presión. En las últimas etapas, el trayecto entre el conducto alveolar y la interfase alveolo-capilar es mínima, facilitando la difusión de oxígeno y dióxido de carbono. Esto depende de factores como la naturaleza del gas, el gradiente de presión, la superficie de contacto, la distancia entre las paredes alveolar y capilar, y el tiempo de contacto (23).

#### **Circulación pulmonar**

Opera con un pequeño gradiente de presión y una resistencia vascular menor que la circulación sistémica. La distribución de la circulación pulmonar no es uniforme debido a la gravedad, siendo el flujo sanguíneo superior en las bases pulmonares en posición vertical y aumentando en los vértices cuando el niño está acostado.

Relación ventilación-perfusión (V/P). Influye en la concentración de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre arterial. Cuando la ventilación y la perfusión son iguales, la relación V/P es 1. Las áreas con relación  $V/P = 0$  se denominan cortocircuito pulmonar, mientras que

las áreas con  $V/P = \infty$  se llaman espacio muerto alveolar. La relación V/P pulmonar global es normalmente 0.85, pero existen variaciones regionales, siendo mayor en los vértices que en la base (23).

## **Oxigenación**

Se refiere a la cantidad de oxígeno que se encuentra en la sangre y depende de la concentración de hemoglobina (Hb), la saturación de oxígeno (SatO<sub>2</sub>) y la presión parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>). El contenido arterial de oxígeno (CaO<sub>2</sub>) es la suma del oxígeno disuelto en plasma y el oxígeno unido a la hemoglobina.

- Oxígeno disuelto en el plasma: Es una pequeña parte del oxígeno en la sangre y depende de la PaO<sub>2</sub> y el coeficiente de solubilidad del oxígeno. La PaO<sub>2</sub> está influenciada por la ventilación, la relación ventilación/perfusión, y la PO<sub>2</sub> de la sangre venosa (PvO<sub>2</sub>).
- Oxígeno unido a la hemoglobina: es la mayor parte, la cantidad depende de la concentración de hemoglobina, la capacidad de unión al oxígeno y su saturación. La saturación de la hemoglobina (SatO<sub>2</sub>) se ve afectada por la PaO<sub>2</sub> y sigue una curva de disociación sigmoidea. La cantidad de oxígeno transportado por la hemoglobina depende de su concentración, su capacidad de unión al oxígeno y su saturación

Factores como la concentración de 2,3-difosfoglicerato, pH, PCO<sub>2</sub>, temperatura, y presencia de hemoglobinas anormales o sustancias como monóxido de carbono y metahemoglobina pueden influir en la oxigenación (23).

## **Transporte, extracción y consumo de oxígeno**

El transporte de oxígeno es la cantidad de oxígeno que la sangre lleva a los tejidos en un minuto y se calcula multiplicando el gasto cardiaco por el contenido arterial de oxígeno. El índice de transporte de oxígeno normal es de 500-600 mL/min/m<sup>2</sup>.

La extracción de oxígeno es el porcentaje de oxígeno trasladado por la sangre que es extraído por los tejidos, sus valores normales son alrededor del 25% (0,25); incrementa en estados de bajo gasto cardiaco y/o hipermetabolismo, y disminuye cuando el gasto cardiaco es elevado y/o el metabolismo tisular está reducido.

El consumo de oxígeno es la suma de oxígeno que el organismo utiliza y se reduce a agua por minuto, cuyo valor normal es de 120-180 mL O<sub>2</sub>/min/m<sup>2</sup>. Un aumento en el consumo

de oxígeno conduce a una disminución en el contenido venoso de oxígeno y un aumento de la PCO<sub>2</sub> venosa, lo que requiere un aumento en el trabajo pulmonar para mantener la oxigenación (23).

### **PCO<sub>2</sub> arterial y transporte de CO<sub>2</sub>**

La PaCO<sub>2</sub> (presión parcial de dióxido de carbono en la sangre arterial) está regulada por varios factores, incluyendo la ventilación, la relación ventilación-perfusión y la producción de CO<sub>2</sub>. La PaCO<sub>2</sub> es directamente proporcional a la producción de CO<sub>2</sub> e inversamente proporcional a la ventilación alveolar.

En cuanto al transporte de CO<sub>2</sub> en la sangre, este se lleva a cabo en tres formas: bicarbonato (80-90%), CO<sub>2</sub> disuelto en el plasma y compuestos carbamino. Estos mecanismos de transporte contribuyen a mantener el equilibrio ácido-base y asegurar la eliminación eficiente del CO<sub>2</sub> en los pulmones (23).

### **Liberación y captación de oxígeno y carbónico en pulmones y tejidos periféricos**

En los pulmones, donde la presión parcial de oxígeno es alta y la presión parcial de dióxido de carbono es baja, se produce la captación de oxígeno y liberación de dióxido de carbono. En este entorno, la curva de disociación de la hemoglobina está desviada hacia la izquierda debido a la alta PO<sub>2</sub>, lo que incrementa la afinidad de la Hb por el oxígeno. El proceso es el siguiente:

- La alta PO<sub>2</sub> permite que la hemoglobina se sature con oxígeno. El oxígeno se fusiona a la Hb formando oxihemoglobina. Al unirse al oxígeno, la Hb libera protones (H<sup>+</sup>), que se combinan con el bicarbonato (CO<sub>3</sub>H) para formar ácido carbónico (CO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>).
- El ácido carbónico se disocia en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O).
- Simultáneamente, el CO<sub>2</sub> se libera de los grupos amino de la hemoglobina y difunde del eritrocito al plasma. El CO<sub>2</sub> difunde desde el plasma hacia los alvéolos y se elimina durante la exhalación.

En los tejidos periféricos, donde la PO<sub>2</sub> es baja y la PCO<sub>2</sub> es alta, ocurre el proceso inverso:

- La baja PO<sub>2</sub> disminuye la saturación de oxígeno en la Hb y aumenta la liberación de oxígeno. El CO<sub>2</sub> producido en los tejidos se disuelve en el plasma y luego difunde al eritrocito. La anhidrasa carbónica en el eritrocito cataliza la reacción del CO<sub>2</sub> con agua, formando ácido carbónico (CO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>).

- El ácido carbónico se disocia en bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ). El bicarbonato se transporta rápidamente al plasma, y se intercambia por iones de cloro. La liberación de iones de hidrógeno desvía la curva de disociación de la hemoglobina hacia la derecha, disminuyendo su afinidad por el oxígeno y facilitando la liberación de oxígeno a los tejidos.

Este sistema de transporte y liberación de  $\text{O}_2$  y dióxido de carbono garantiza un intercambio eficiente de gases en los pulmones y los tejidos periféricos, manteniendo así el equilibrio ácido-base y proporcionando el oxígeno necesario para las funciones celulares (23).

Las células de los tejidos extraen oxígeno de la sangre para realizar sus funciones metabólicas, en condiciones normales, el consumo de oxígeno es de aproximadamente 250 ml por minuto. Esto es, si no hay intercambio de oxígeno en el pulmón, solo hay suficiente oxígeno depositado en la sangre para alrededor de 3 minutos (solo el 75% del oxígeno transportado por la hemoglobina está disponible para los tejidos).

### **FRECUENCIA RESPIRATORIA**

Es un indicador crucial de la salud respiratoria de un niño y su evaluación es esencial en la práctica clínica, varía con la edad y la actividad. En bebés y niños pequeños, puede variar significativamente, y se calcula mejor contando durante 60 segundos completos. La actividad del niño puede afectar la frecuencia respiratoria, por lo que se prefiere realizar la evaluación cuando el paciente está dormido o en reposo.

Esta puede obtenerse mediante diferentes métodos, como la auscultación, palpación o la observación directa de los movimientos de la pared torácica. En niños, la observación de los movimientos torácicos se prefiere a la auscultación, ya que esta última puede estimular al niño y dar lecturas falsas de la frecuencia.

El rango normal de frecuencia respiratoria varía según la edad del niño. (ANEXO 1). Superar el límite superior normal puede indicar enfermedad respiratoria, trastorno metabólico, infección, fiebre alta o enfermedad cardíaca subyacente. Aun cuando la fiebre puede aumentar la frecuencia respiratoria, la relación con la temperatura y la frecuencia respiratoria no es lineal. No se puede establecer una regla simple para su uso en decisiones clínicas, y se debe considerar la evaluación clínica completa (24).



## **SATURACIÓN DE OXÍGENO**

Los glóbulos rojos contienen hemoglobina. Cada molécula de hemoglobina puede transportar hasta cuatro moléculas de oxígeno, y se considera "saturada" cuando todos los sitios de unión llevan oxígeno. Una saturación del 100% indica que todos los sitios de unión de la molécula de hemoglobina están ocupados por oxígeno. La saturación arterial de oxígeno en un individuo sano con pulmones normales, respirando aire a nivel del mar, generalmente está entre el 95% y el 100%. Los extremos de altitud afectarán estos números (25).

La sangre arterial, con alta saturación, se ve de color rojo brillante, mientras que la sangre venosa, con menor saturación, se ve de color rojo oscuro. La cianosis, se observa cuando la saturación de oxígeno es baja y solo es visible cuando la concentración de hemoglobina desoxigenada es superior a 5 g/dl. Un paciente severamente anémico puede no parecer cianótico incluso cuando está extremadamente hipóxico ya que hay muy poca hemoglobina circulando a través de los tejidos (26).

### **Saturación de hemoglobina**

La perfusión tisular, la cantidad de hemoglobina y la saturación de oxígeno con la hemoglobina son factores clave que afectan la liberación total de oxígeno a las células. Si todas las moléculas hem se unen con las moléculas de oxígeno, la hemoglobina se encuentra totalmente saturada (100%). La amplia afinidad del hem por el oxígeno causa una saturación muy próxima al total en la sangre arterial en personas sanas, comúnmente es del 97%.

El contenido arterial de O<sub>2</sub> es directamente proporcional a la hemoglobina y la saturación fraccional de O<sub>2</sub>Hb. La O<sub>2</sub>Hb y la PaO<sub>2</sub> se relacionan a través la curva de disociación de la oxihemoglobina.

### **Curva de disociación de oxihemoglobina:**

Muestra la relación entre la presión parcial de oxígeno y la saturación de oxígeno, la forma sigmoidea de la curva refleja la interacción cooperativa entre la hemoglobina y las moléculas de oxígeno. En los pulmones, el oxígeno a alta presión parcial impulsa la saturación de oxígeno en la hemoglobina. Cuando la saturación cae por debajo del 90%, la presión parcial de oxígeno disminuye rápidamente, afectando el suministro de oxígeno a los tejidos (25).

El aspecto más importante de la curva de disociación de oxígeno es que, cuando la lectura del oxímetro cae por debajo del 90 %, la presión parcial de oxígeno en la sangre cae muy rápidamente y el suministro de oxígeno a los tejidos se reduce y puede provocar un paro cardíaco (25). (ANEXO 2) Este conocimiento es fundamental para comprender la oxigenación y su monitorización en la atención médica.

## **FISIOLOGÍA DE LA ALTITUD**

La presión parcial de oxígeno (PO<sub>2</sub>) es esencial para el proceso de difusión de oxígeno a lo largo de la cascada de oxígeno (disminución progresiva del oxígeno desde el aire atmosférico hasta su utilización mitocondrial). La cascada incluye la transferencia de oxígeno desde el aire alveolar a través de las vías respiratorias, su difusión a través de los alvéolos hacia la sangre y su transporte principalmente unido a la hemoglobina (26).

La presión parcial de oxígeno en el aire inspirado (PIO<sub>2</sub>) se calcula mediante la ecuación  $PIO_2 = FIO_2 \times (P_b - 47 \text{ mmHg})$ , donde FIO<sub>2</sub> es la fracción de oxígeno en el aire inspirado, P<sub>b</sub> es la presión barométrica y 47 mmHg es la presión de vapor de agua a 37°C. La presión barométrica varía con la altitud y otros factores climáticos, afectando directamente al PIO<sub>2</sub> y, por ende, a la cascada de oxígeno (25).

A medida que la altitud aumenta, la presión barométrica y la oxigenación disminuyen de manera curvilínea. A elevaciones más altas, la reducción de la presión barométrica afecta la disponibilidad de oxígeno y el gradiente de presión entre el aire inspirado y los tejidos se reduce, lo que puede llevar a la hipoxia tisular. Este fenómeno se conoce como hipoxia hipobárica y es la causa inicial de la Hipoxia por Altitud Intermedia (HAI) (25).

Es importante destacar que, aunque la altitud es el factor más significativo que afecta la presión barométrica, otros factores como la temperatura, la latitud y las condiciones climáticas también pueden influir en la presión barométrica y, por lo tanto, en la oxigenación en elevaciones superiores a aproximadamente 2800 m.

Por lo que, la altitud y los factores climáticos afectan directamente la presión barométrica, el PIO<sub>2</sub> y la cascada de oxígeno, siendo relevantes en situaciones donde la demanda de oxígeno es alta, como durante actividades deportivas o laborales en elevaciones elevadas. La comprensión de estos conceptos es crucial para abordar la hipoxia asociada a la altitud y tomar medidas adecuadas para prevenir o tratar la hipoxia tisular (25).

La altitud se clasifica en: a) Media altitud de 1,500 a 2,500 msnm b) Elevada altitud de 2,500 a 3,500 msnm c) Gran altitud de 3,500 a 5,800 msnm y d) Extrema altitud encima de 5,800 msnm. Comúnmente las manifestaciones se evidencian sobre de los 2,500 msnm y los casos graves relacionados a edema agudo de pulmón y cerebro se presentan por encima de los 3,500 msnm (26).

### **Adaptaciones fisiológicas en la altitud.**

En el Mundo hay 385 millones de personas viven sobre los 1,500 msnm, 140 millones por encima de 2,500 msnm. De estos, 80 millones se encuentran en Asia y 35 millones en los Andes. En el Perú habitan 10 millones sobre de los 2,500 msnm (26).

Las personas que nacen y viven en altitudes elevadas están expuestas a la hipoxia hipobárica crónica, caracterizada por una disminución de la presión barométrica y, por ende, de la presión inspirada de oxígeno. A elevaciones superiores a 2,500 msnm, la presión barométrica y la presión inspirada de oxígeno disminuyen, lo que resulta en hipoxia alveolar e hipoxemia. A pesar de estas condiciones, las personas que viven en altitud han desarrollado adaptaciones fisiológicas que les permiten vivir de manera saludable en este entorno (27).

Una de las respuestas adaptativas es la vasoconstricción pulmonar hipóxica, que eleva moderadamente la presión arterial pulmonar y la del ventrículo derecho. Esto contribuye a un mejor equilibrio en la relación ventilación/perfusión pulmonar (V/Q) y aumenta la capacidad de difusión pulmonar. Estas adaptaciones se traducen en un menor gradiente alveoloarterial de oxígeno ( $Aa = 3$  a  $5$  mmHg) en comparación con los individuos que viven a nivel del mar (27).

La hipoxemia estimula la eritropoyesis, resultando en niveles incrementados de eritrocitos y hemoglobina, lo que mejora la capacidad de transporte de oxígeno. Además, muestran menor ventilación/minuto y una respuesta atenuada de los quimiorreceptores periféricos (carotídeos y aórticos) a la presión arterial de oxígeno ( $PaO_2$ ) y al dióxido de carbono ( $PaCO_2$ ) en comparación con individuos que viven a nivel del mar. Esto contribuye a la génesis de la hipercapnia secundaria a la hipoxemia (27).

La adaptación de la caja torácica en la altitud también se observa, con un aumento en el diámetro anteroposterior del tórax y en los volúmenes pulmonares, incluyendo una mayor capacidad vital forzada y una disminución en la capacidad residual funcional (28).

Es importante destacar que el entorno en altitudes elevadas también presenta diferencias en temperatura, humedad, viento y radiación solar, lo que contribuye al modo de vida y las adaptaciones de los habitantes de la altitud. Estas adaptaciones son esenciales para asegurar un adecuado intercambio gaseoso y mantener la salud en un entorno con menor presión de oxígeno (28).

## **OXIMETRÍA DE PULSO**

La oximetría de pulso, o pulsioximetría, es un método no invasivo que de manera indirecta calcula el porcentaje de saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) trasladado por la hemoglobina en la sangre de una persona. El dispositivo médico empleado en la pulsioximetría se conoce como oxímetro de pulso o pulsioxímetro y es mundialmente aprobado como el estándar para detectar y monitorear la hipoxemia, un nivel de oxígeno en la sangre inferior a lo normal (29).

La saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) hace referencia a que proporción (%) de la capacidad total de la hemoglobina está ocupada por oxígeno (1). Esto es el porcentaje de saturación de oxígeno unido a la hemoglobina en la sangre arterial y cuando se mide por un oxímetro de pulso, este valor se denomina SpO<sub>2</sub>. La presión parcial de oxígeno disuelto en la sangre arterial se denomina PaO<sub>2</sub> (29).

### **Historia**

Inicios de la oximetría:

- 1862: Félix Hoppe Seyler define la hemoglobina y distingue la sangre oxigenada de la no oxigenada.
- 1864: George Stokes descubre que la hemoglobina transporta oxígeno.
- 1869: Bunsen y Kirchoff construyen el primer espectroscopio.
- 1876: Karl von Vierordt utiliza el espectroscopio para medir el oxígeno mediante la transmisión de luz.

Desarrollo de la oximetría:

- 1935: Karl Matthes crea el primer oxímetro auricular.
- 1942: Glen Millikan desarrolla un método óptico para medir la saturación de oxígeno en pilotos.
- 1949: Earl Wood modifica el oxímetro de Millikan, aumentando su precisión (30).

Nacimiento de la oximetría moderna:

- 1964: Shaw crea el primer oxímetro auricular autocalibrable.
- 1975: Takuo Aoyagi diseña el primer oxímetro auricular comercial.
- 1980: William New desarrolla y distribuye el oxímetro de pulso.

### **Principios y los componentes:**

La oximetría de pulso es un método que utiliza espectrofotometría para estimar la saturación arterial de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) a través de la medición de la absorbancia de luz por medio de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada en la sangre arterial periférica.

### **Ley de Beer-Lambert:**

La oximetría de pulso se basa en una variante de la ley de Beer-Lambert, que establece que la absorbancia de la luz a través de un disolvente que contiene un soluto absorbente es proporcional al producto de la concentración del soluto, la longitud del camino de la luz y un coeficiente de extinción. En el caso de la oximetría de pulso, se mide la absorbancia en dos longitudes de onda diferentes para detectar la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina.

Sondas: constan de dos diodos emisores de luz y un fotodetector.

- Emisores: Emiten luz a longitudes de onda específicas. La desoxihemoglobina absorbe la luz en la banda roja del espectro (600 a 750 nm), mientras que la oxihemoglobina lo hace en la banda infrarroja (850 a 1000 nm). Por lo tanto, se utilizan emisores de 660 nm y 940 nm para una detección óptima.
- Detector: También conocido como sensor, detecta la absorbancia de la luz que pasa por medio del tejido. Se procesan estos valores para determinar la saturación arterial de oxígeno.

Las sondas se colocan comúnmente en la cara anterior y posterior de los dedos de las manos, los pies o los lóbulos de las orejas. También se pueden utilizar otros sitios, como el ala nasal, en bebés se pueden colocar en palmas, pies, brazos, mejillas, lengua, pene, nariz, o tabique nasal (31).

### **Valores normales de SpO<sub>2</sub>**

Todos los pacientes deben tener una SpO<sub>2</sub> del 95 % o superior, con excepción de los bebés prematuros que reciben oxigenoterapia en la UCI neonatal deben tener una SpO<sub>2</sub> entre 89-

94% para evitar toxicidad a la retina (24). Según la OMS y la revista española de Pediatría Integral, los valores normales en niños sanos a nivel del mar, medidos mediante pulsioximetría varían entre el 95 y 99% (32).

### **Interferencias**

La validez y confiabilidad de las mediciones de los oxímetros de pulso convencionales, puede verse afectada por diversas circunstancias:

- El movimiento: esta es la más común, especialmente en niños pequeños o recién nacidos, puede afectar las mediciones. Durante el movimiento, la longitud de la óptica se modifica, superando la señal real, lo que constituye una limitación física para la oximetría de pulso.
- Baja perfusión: La magnitud de la señal disponible para el oxímetro de pulso depende de la perfusión entre el diodo emisor de luz (DEL) y el sensor. Una disminución en la perfusión puede hacer que la magnitud de la señal se aproxime al nivel de ruido del sistema, lo que permite que el ruido supere a la señal fisiológica.
- Pigmentación de la piel y pintura de uñas: la piel oscura potencialmente tendría errores con lecturas de SpO<sub>2</sub> menores de 80% y el esmalte de uñas, capta la luz a 660 nm o 940 nm pueden obstaculizar con la capacidad del oxímetro de pulso para interpretar la SaO<sub>2</sub>.
- Interferencia electromagnética: Energía electromagnética externa de dispositivos como tomógrafos, electrocauterios, y celulares puede afectar las lecturas y provocar sobrecalentamiento del sensor.
- Interferencia de la luz ambiental, alteran la función de los fotodetectores.
- Variantes de Hemoglobinas:
  - Carboxihemoglobina (COHb), Su presencia sobreestima los valores de oxigenación arterial, ya que absorbe la luz roja de manera similar a la oxi-hemoglobina.
  - Metahemoglobina, especialmente en intoxicaciones o ciertos tratamientos médicos, puede causar alteraciones en la lectura, ya que absorbe la luz de manera similar a la oxi-hemoglobina.

No se espera interferencia significativa por policitemia, Hb fetal o anemia con Hb > 5g/dl y función cardiovascular preservada, pero en enfermedad de células falciformes las lecturas pueden ser poco confiables (34).

## Aplicaciones de la oximetría de pulso en pediatría

- **Cuidados neonatales:** La oximetría de pulso es crucial en neonatos para evitar hiperoxia, que puede causar retinopatía y aumentar el riesgo de displasia broncopulmonar. También ayuda a monitorear intervalos de hipoxemia relacionados a bajo gasto cardíaco, evitando daño cerebral, renal y enterocolitis necrosante.
- **Reanimación neonatal:** Se utiliza para monitorear la saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) en neonatos en los que se anticipe la reanimación, proporcionando ventilación a presión positiva, en casos de cianosis persistente y durante la administración de oxígeno suplementario.
- **Cribado de cardiopatías congénitas:** La oximetría de pulso se emplea en el descarte de cardiopatías congénitas en recién nacidos, realizándose preferentemente en el segundo día de vida o antes del alta de la maternidad.
- **Tamizaje de hipoxemia en servicios de emergencia:** Se recomienda niños con probable neumonía, bronquiolitis, dificultad respiratoria, cianosis, choque, coma, convulsiones o deshidratación grave (35). (ANEXO 3)
- **Monitoreo en el perioperatorio:** En iniciativas como el Global Oximetry Project, la oximetría se promueve como una práctica estándar durante la anestesia, presentando una lista de revisión para una cirugía segura, dentro de las preguntas se encuentra como una condición imprescindible si se colocó el oxímetro de pulso y si funciona.
- **Enfermedades respiratorias:** Facilita la identificación de niños que requieren hospitalización debido a hipoxemia, como en casos de neumonía, asma, y bronquiolitis. La oximetría también se utiliza para estimar la necesidad de oxígeno en base a los niveles de SpO<sub>2</sub> recomendados por la AAP.

Por otro lado, la SpO<sub>2</sub> no es un indicador fidedigno en enfermedades con obstrucción proximal como la laringitis, aspiración de cuerpo extraño y disfunción de cuerdas vocales, debido a que la hipoxemia en estos casos se atribuye a hipoventilación que aumenta la PaCO<sub>2</sub> (la oximetría no brinda información de la concentración de dióxido de carbono en sangre). Cuando estos pacientes reciben oxígeno la SpO<sub>2</sub> se normaliza a pesar de la hipercarbnia, por esto es mejor controlar la frecuencia respiratoria, esfuerzo respiratorio y estado de conciencia para monitorear la ventilación en los casos señalados anteriormente (34).

### 2.3. Términos Básicos

- **Saturación de Oxígeno:** Parámetro empleado para indicar la proporción de hemoglobina oxigenada con respecto al total presente en el organismo de un ser vivo (35).
- **Oximetría de Pulso:** técnica no invasiva para cuantificar de forma continua y prolongada la saturación arterial de oxígeno en la hemoglobina ( $\text{SatO}_2$ ) a través de la colocación de un sensor en la piel (consta de un transductor formado por dos piezas: emisor de luz y fotodetector). Se realiza con un instrumento llamado pulsioxímetro (34).
- **Altitud:** Medida vertical que representa la longitud entre un punto específico en la superficie terrestre o en la atmósfera y el nivel medio del mar (36).
- **Presión atmosférica:** La fuerza ejercida por la atmósfera que envuelve la Tierra sobre todos los objetos que entran en contacto con ella se conoce como presión atmosférica. Esta presión varía en función de la altitud; a mayor altitud, la presión atmosférica disminuye. De hecho, se estima que un aumento de 1,000 metros en altitud se traduce aproximadamente en una reducción de la presión atmosférica de alrededor de 100 hPa (36).
- **Frecuencia Respiratoria:** La cantidad de ciclos respiratorios que tienen lugar en un minuto, es decir, el número de inspiraciones seguidas de una espiración que se pueden contar en un período de sesenta segundos (37).
- **Frecuencia Cardíaca:** Se refiere a la frecuencia cardíaca, que es la cantidad de veces que el corazón se contrae en un minuto, expresada en latidos por minuto (37).



## CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### 3.1. Hipótesis

La hipótesis es implícita por ser un estudio descriptivo.

### 3.2. Operacionalización de variables

- Variables independientes: Saturación de oxígeno, Altitud

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	ESCALA	INDICADOR
Altitud	Elevación o altura sobre el nivel del mar	La variable altitud se expresará según la altitud en la que se encuentra el distrito	Cuantitativa	De Intervalo	Metros sobre el nivel del mar
Saturación de oxígeno	Medida de la cantidad de oxígeno disponible en el torrente sanguíneo	La variable Saturación de Oxígeno se mide con el niño sentado, directamente por el pulsioxímetro, 2 mediciones separadas por 1 min	Cuantitativa	De Razón	Porcentaje de saturación de oxígeno (%)
Frecuencia respiratoria	Es la cantidad de ciclos respiratorios que se da en un minuto	La variable frecuencia respiratoria con el niño en reposo por 10 minutos, se mide directamente mediante la auscultación en respiraciones por minuto	Cuantitativa	De Razón	Número de ciclos respiratorios contados en un minuto mediante auscultación

Frecuencia cardiaca	Es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto	La variable frecuencia cardiaca con el niño en reposo previo de 10 minutos, se mide directamente mediante la auscultación en latidos por minuto	Cuantitativa	De Razón	Número de latidos contados en un minuto mediante auscultación
Edad	Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.	La variable edad se obtendrá de acuerdo al registro oficial.	Cuantitativa	De razón	Años cumplidos
Sexo	Condición orgánica que distingue a los varones de las mujeres.	La variable sexo se consignará de acuerdo al registro oficial	Cualitativa	Nominal	Sexo al que corresponda

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Material y métodos

#### 4.1.1. Tipo y Nivel de Investigación:

- Según la intervención del investigador: el estudio fue observacional porque la investigadora no controla las variables de estudio.
- Según el alcance: fue descriptivo
- Según el número de mediciones de las variables de estudio: transversal, pues midió la variable una sola vez; no se hizo seguimiento ni se pudo medir la mejora o efecto de un factor.
- Según el momento de la recolección de datos: prospectivo puesto que, la recolección de datos se realizó conforme se avanzó el trabajo de investigación.

#### 4.1.2. Población y Muestra

##### Población

La población estudiada estuvo constituida por todos los niños y niñas sanos de 6 – 11 años del distrito de Hualgayoc, que según la Unidad de Gestión Educativa Local fue de 268 niños.

##### Muestra

##### Tamaño de muestra

Para el tamaño muestral, se tomó como referencia la población estimada del distrito de Hualgayoc, siendo la población total de niños y niñas sanos de 6 – 11 años de 268.

Contemplando que la población del estudio estuvo determinada cuantitativamente, y que además presentó una distribución normal, el tamaño de la muestra se estableció utilizando una fórmula estadística para definición de muestras en poblaciones finitas, según la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{\epsilon^2 * N - 1 + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

n= número de muestra

$N$ = población total

$Z\alpha$  = desviación estándar

$p$ = probabilidad de éxito

$q$ =  $1-p$

$\epsilon$ = error máximo admisible

Nivel de confianza: 95%

Margen de error: 5%

Entonces se aplicó:  $n=268$

Total, de muestra: 159

- **Método de muestreo**

Se realizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia.

#### **4.1.3. Criterios de inclusión y exclusión**

##### **Criterios de inclusión**

- Niños y niñas que tuvieron entre 6 a 11 años de edad.
- Residencia de al menos 2 meses en la provincia de Hualgayoc, en una altitud de 3500 msnm.
- Autorización firmada por los padres o tutores.

##### **Criterios de exclusión**

- Niños que tuvieron patologías congénitas cardiorrespiratorias.
- Niños que al momento tuvieron un proceso infeccioso.
- Niños con hospitalizaciones previas en los últimos 6 meses.
- Niños que tuvieron tratamiento antibiótico o con inhaladores.
- Niños con desnutrición u obesidad.
- Fumadores pasivos: presencia de un fumador intradomiciliario por lo menos 1 hora al día, 3 días a la semana.

#### **4.1.4. Fuentes e instrumento de recolección de datos**

Se realizó la validación de la ficha de recolección de datos por 03 expertos en el área de pediatría y neumología del Hospital Regional Docente de Cajamarca (ANEXO 5)

Se solicitó el permiso al director de la institución educativa N° 82679 “Noé Salvador Zúñiga Gálvez” (ANEXO 6)

Se brindó una charla de información a los padres de familia, donde se les pidió que firmen el consentimiento informado (ANEXO 7), en el cual se plasmó el deseo y aprobación de participar en el presente estudio. También se pidió que llenen una encuesta para poder tener conocimiento del estado de salud del niño (35) (ANEXO 8). Se realizó los viajes a la Institución Educativa en las fechas y horas acordadas.

#### **Procedimiento de recolección de datos**

Se realizó la aplicación del estudio utilizando la ficha de registro de datos (21) (ANEXO 9) a la totalidad de niños que asistieron a clases el día de la visita a su Institución Educativa. Se inició por los niños de menor edad, con la ayuda de la maestra de aula y psicóloga se logró que los niños reposen en sillas durante 10 minutos.

Se procedió a colocar el oxímetro de pulso ChoiceMMed modelo MD300C52 de uso pediátrico en el segundo dedo de la mano izquierda descansando en un espacio sólido en este caso en los escritorios, se solicitó a los niños que no realicen ningún tipo de movimiento, y se registraron dos mediciones, con intervalo de descanso de un minuto entre ellas. Antes de la toma, se verificó que el niño y la niña estuvieran sin esmalte de uñas ni lesiones de piel visibles en el dedo a tomar la muestra, en reposo, despiertos, sentados cómodamente evitando cualquier movimiento, llanto o situación que pueda modificar el registro.

Simultáneamente, se procedió a la auscultación del tórax del niño, registrando en primera instancia la frecuencia respiratoria y luego la frecuencia cardíaca, ambos parámetros en un minuto.

Posteriormente, se organizó virtualmente la base de datos y se procedió a desarrollar los cálculos estadísticos propuestos.

#### **4.1.5. Técnicas de procesamiento de la información y análisis de datos.**

Para el análisis de datos estadísticos se utilizó IBM SPSS Statistics versión 27.

En el análisis se realizó la medición de las variables por medidas frecuencia, mediana, valor mínimo y valor máximo, así como también porcentajes en valores absolutos y con decimales según lo que ameritó, tanto para la caracterización de la población como para las variables incluyendo percentiles en estos casos saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y altitud.

## **4.2. Consideraciones éticas**

El proyecto de investigación se realizó de acuerdo con los principios éticos para la investigación médica en seres humanos, de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y Deontología del Colegio Médico del Perú, teniendo como norma, seguir los 4 principios fundamentales. Se obtuvo el consentimiento informado de los padres o tutores legales de todos los niños y niñas involucrados en el trabajo de investigación. Asimismo, se mantuvo la privacidad de los participantes, resguardando en total confidencialidad la información que se recolectó.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

**Tabla 01.** Valores de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

Medidas	SpO2 a 3500 msnm
Mínimo	87.5%
Máximo	96%
Media	93.5%

Fuente: base de datos de SPSS

**Tabla 02.** Variación de los valores de saturación de oxígeno por sexo en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

Medidas	SpO2 en niños	SpO2 en niñas
Mínimo	88.5%	87.5%
Máximo	98.5%	94.5%
Media	93.5%	91.0%

Fuente: base de datos de SPSS

**Tabla 03.** Variación de los valores de saturación de oxígeno por edad en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

<b>Medidas</b>	<b>SpO2 en 6 años</b>	<b>SpO2 en 7 años</b>	<b>SpO2 en 8 años</b>	<b>SpO2 en 9 años</b>	<b>SpO2 en 10 años</b>	<b>SpO2 en 11 años</b>
Mínimo	91.5%	88.5%	88.5%	88.0%	88.5%	87.5%
Máximo	94.0%	98.5%	95.5%	94.5%	94.5%	95.5%
Media	91.0%	91.5%	92.0%	91.0%	91.0%	92%

Fuente: base de datos de SPSS

**Tabla 04.** El valor más frecuente de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

<b>Saturación de Oxígeno</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
SpO2 = 87.5%	2	1,3
SpO2 = 88.5%	6	3,8
SpO2 = 89.5%	13	8,2
SpO2 = 90.5%	11	6,9
SpO2 = 91.5%	20	12,6
SpO2 = 92.5%	10	6,3
SpO2 = 93.5%	21	13,2
SpO2 = 94%	1	0,6
SpO2 = 94.5%	8	5,0
SpO2 = 95.5%	5	3,1
SpO2 = 98.5%	1	0,6
SpO2 = 88%	1	0,6
SpO2 = 89%	4	2,5
SpO2 = 90%	9	5,7
SpO2 = 91%	16	10,1
SpO2 = 92%	15	9,4



SpO2 = 93%	8	5,0
SpO2 = 94%	4	2,5
SpO2 = 95%	3	1,9
SpO2 = 96%	1	0,6
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>100,0</b>

Fuente: base de datos de SPSS

*Tabla 05. Variación de saturación de oxígeno de niños y niñas sanos de Hualgayoc y estudios desarrollados a nivel del mar, según valores reportados por la OMS.*

<b>Medidas</b>	<b>SpO2 en niños y niñas</b>	<b>SpO2 (OMS)</b>
Mínimo	87.5%	
Máximo	96.0%	95 a 99%
Media	93.5%	

Fuente: base de datos de SPSS

*Tabla 06. Diferencia de valores de saturación de oxígeno en el primer y segundo minuto entre niños y niñas sanos a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.*

<b>Medidas</b>	<b>SpO2 (1° toma)</b>	<b>SpO2 (2° toma)</b>
Mínimo	88.0%	88.0%
Máximo	98.0%	99.0%
Media	91.0%	92.0 %

Fuente: base de datos de SPSS

**Tabla 07.** Valores de frecuencia respiratoria en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

---

<b>Medidas</b>	<b>Frecuencia Respiratoria</b>
Mínimo	16 rpm
Máximo	27 rpm
Media	22 rpm

---

Fuente: base de datos de SPSS

**Tabla 08.** Valores de frecuencia cardiaca en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.

---

<b>Medidas</b>	<b>Frecuencia Cardiaca</b>
Mínimo	63 lpm
Máximo	112 lpm
Media	99 lpm

---

Fuente: base de datos de SPSS

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

Entre los valores de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 – 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023-febrero 2024, se encontró que en promedio es de 93.5% disminuyendo hasta 87.5% y llegando a un máximo de 96%. Dichos resultados se asemejan al estudio de Tüshaus L. et al. (18) quienes encontraron que la SpO<sub>2</sub> entre 3000 a 3600 msnm fue de 94.5% a 92.7%. Andrade V. et al. (10) en su estudio demostraron que el valor mínimo de SpO<sub>2</sub> fue de 87.0% y un máximo de 99%. Janampa S (19), en su investigación encontró que la saturación osciló entre 93.3% y 98.3%, Escobar C (20), en su estudio encontró que la SpO<sub>2</sub> osciló entre 88% a 97% con un promedio de 92%. Calvo J. y Baca I (21), demostraron que la saturación promedio osciló entre 93.5% a 86.8% y Rojas J. et al, encontraron que la SpO<sub>2</sub> según la altitud de 3250 a 3600 msnm fue entre 90.0% a 95.0%.

Según la teoría a mayor altitud la saturación de oxígeno disminuye, considerándose así que a partir de los 2500 msnm la SpO<sub>2</sub> se decrece de una manera muy importante encontrándose entre 86% a 92%, por lo que concuerda con los resultados encontrados en dicho estudio, en donde una parte de los niños y niñas tuvieron SpO<sub>2</sub> de hasta 87.5%, mientras que otros se mantuvieron en valores normales en comparación con altitudes más bajas, pese a que 3500 msnm se considera una gran altura en pediatría y en donde la saturación del individuo suele disminuir, los niños no tuvieron reducción significativa de SpO<sub>2</sub>.

Respecto al objetivo específico 1 se identificó los valores de saturación de oxígeno por sexo y edad en niños y niñas sanos de 6 a 11 años a 3500 metros de altitud, cuyos resultados indicaron que el promedio de saturación en niños fue de 93.5% y en niñas 91.0%, habiendo una variación de 2.5% los niños poseen una saturación mayor que las niñas. En cuanto a la edad en niños de 6 años la SpO<sub>2</sub> fue de 93%, de 7 años 93.5% incrementando en 0.5%, en niños de 8 años disminuye en 1.5%, en niños de 9 y 10 años disminuyó en 1% y en niños de 11 años incrementó en 0.5%. Andrade V. et al. (10) encontraron que no hubo diferencia significativa de la SpO<sub>2</sub> respecto a la edad. Janampa S (19), en su investigación encontró que la saturación de oxígeno disminuyó a mayor edad, además que no hubo diferencia significativa en la variación respecto al sexo. Calvo J. y Baca I (21), demostraron en su estudio que los niños de 6 a 8 años tuvieron SpO<sub>2</sub> de 93.5%, 92.4%, 89.9% y 86.8%.

Estos resultados reflejan que los valores y parámetros estandarizados por diversas fuentes de información incluso la Organización Mundial de la Salud se asemejan con lo encontrado. Tal como se demostró en los resultados que entre varones y mujeres no hubo variación significativa y respecto a la edad la variación fue mínima, por lo que se afirma que la saturación en niños de 6 a 11 años de edad se mantiene dentro de sus rangos establecidos.

En cuanto al objetivo específico 2, se estableció el valor más frecuente de saturación de oxígeno en niñas y niños sanos de 6 a 11 años que viven a 3500 msnm, siendo este de 93.5%. dichos resultados concuerdan con el estudio de Andrade V. et al (10), mismos que encontraron que la SpO2 en promedio fue de 93.0%, Janampa S (19), demostró que la saturación promedio fue de 95.3%.

En cuanto a los resultados encontrados se puede mencionar que los niños de Hualgayoc al encontrarse en altitud de 3500 msnm poseen una saturación de oxígeno dentro de los parámetros esperados según la clasificación de altura en msnm.

Según el objetivo específico 3, la variación de saturación de oxígeno de niños y niñas sanos y los estudios desarrollados a nivel del mar, según valores reportados por la OMS, se tiene que la variación es del 1.5% al 5.5%. En comparación con la SpO2 estandarizada por la OMS el valor promedio encontrado es menor a lo establecido, sin embargo, se consideran normales, puesto que a más altura la SpO2 tiende a disminuir.

Con referencia al objetivo específico 4, la frecuencia respiratoria en niños y niñas sanos de 6 a 11 años a 3500 msnm en promedio es de 22 rpm, disminuyendo hasta 16 rpm y alcanzando valores de 27rpm. Dichos resultados se asemejan al estudio de Lang M. et al (15), quienes indicaron que las personas expuestas a mayor a altitud la frecuencia respiratoria incrementa y Calvo J. y Baca I (21) encontraron que la frecuencia respiratoria fue de 23 a 24 rpm. Concluyendo que no este parámetro se mantuvo de acorde a lo estandarizado.

También se menciona que los individuos al encontrarse en altitudes mayores, la frecuencia respiratoria incrementa; sin embargo, en los niños de Hualgayoc expuestos a alturas de 3500 msnm este parámetro se mantuvo dentro de rangos normales como es 22 rpm.

Finalmente, respecto al objetivo específico 5, la frecuencia cardíaca en niños y niñas de 6 a 11 años a 3500 metros de altitud en promedio es de 99 lpm, disminuyendo hasta 63 lpm y alcanzando un máximo de 112 lpm. Asemejándose al estudio de Lang M. et al (15), quienes en su estudio hallaron que a más altitud mayores son los parámetros cardíacos y Calvo J. y

Baca I. (21) indicaron en su investigación que la frecuencia cardiaca osciló entre 90 a 93 lpm. Por lo tanto, este parámetro se mantuvo de acorde a lo estandarizado.

Se indica que cuando el individuo se encuentra a mayor altitud la saturación de oxígeno va variar con tendencia a disminuir, por ende, se genera cambios fisiológicos en todos los órganos y sistemas del individuo, como lo es la frecuencia cardiaca que va incrementarse, tal como se observa en dicha investigación, que el promedio de la frecuencia cardiaca en niños fue de 99 lpm incluso una cierta cantidad de individuos llegaron hasta 112 lpm.

Ante todo, lo mencionado que no se encontró variación significativa tanto de la saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria, se tiene que reconocer que los niños de tan corta edad pueden entrar en sugestión emocional al observar al personal de salud, al equipo para medir la saturación de oxígeno (pulsioxímetro), ese temor hizo que se tome hasta más de una vez los parámetros fisiológicos hasta que puedan mantener la tranquilidad y el hecho de usar el pulsioxímetro hizo que los niños tuviesen una frecuencia cardiaca hasta de 112 lpm en algunos de los casos, pese a ser niños completamente sanos y probablemente al haber este tipo de cambios la saturación de oxígeno pudo variar mínimamente.

Por otro lado, cabe mencionar que el tamaño muestral de la investigación pudo haber sido más grande, a diferencia de los antecedentes antes mencionados que tuvieron muestras que incluso triplicaron a la misma, considerando esta una deficiencia ya que faltaría evidencia para definir con mayor precisión los valores de saturación de oxígeno en dicha población y así obtener diferencias significativas.

También es importante mencionar que, pese a que los niños de 6 a 11 años de edad de Hualgayoc poseen valores de saturación dentro de los parámetros normales respecto a altitudes más bajas, siendo allí a 3500 msnm, padecen de diversas enfermedades respiratorias que incluso pueden conllevar a la muerte.

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

- Se determinó que los valores de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 a 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023-febrero 2024 fueron con un mínimo de 87.5% y un máximo de 96%.
- La variación de los valores de saturación de oxígeno por sexo y edad en niños y niñas sanos de 6 a 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc, no fue significativa, encontrando en niños un promedio de 93.5% y en niñas 91.0%; mientras que por edad se mantuvo respecto a los parámetros estandarizados.
- El valor más frecuente de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 a 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc fue de 93.5%.
- La variación de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de Hualgayoc y estudios desarrollados a nivel del mar, según valores reportados por la OMS fue mínima de 1.5% a 5.5% asemejándose según el parámetro que estandariza la OMS.
- Los valores de frecuencia respiratoria en niños y niñas sanos de 6 a 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc fueron de 22 rpm.
- Los valores de frecuencia cardiaca en niños y niñas sanos de 6 a 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc fueron de 99 lpm.

## **CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES**

- Debido a que la saturación de oxígeno es importante para verificar el buen funcionamiento del organismo humano y sirve de apoyo al diagnóstico en la práctica clínica diaria, es importante que se tomen medidas y estrategias para la implementación de algún protocolo a nivel nacional acerca de la saturación de oxígeno en altitud de 3500 msnm en niños de 6 a 11 años de edad.
- Desarrollar capacitaciones constantes a los profesionales de la salud sobre la toma correcta de la saturación de oxígeno, mediante la pulsioximetría, en especial en la población pediátrica en donde se puede encontrar situaciones que pueden afectar la interpretación de valores de la SpO<sub>2</sub>.
- Considerar los parámetros fisiológicos de la frecuencia cardíaca y respiratoria respecto a la saturación de oxígeno, para tener en cuenta si existe o no variaciones significativas en estudios con grandes poblaciones que puede ser a nivel de toda la provincia de Hualgayoc.
- Unir esfuerzos institucionales en salud y otros de la región Cajamarca para realizar investigaciones con un tamaño muestral más grande en relación a la SpO<sub>2</sub> en niños de 6 a 11 años de edad expuestos a diferentes altitudes con objeto de seguimiento y estandarización de la SpO<sub>2</sub> en estas edades, esto con la finalidad de ampliar los conocimientos y facilitar la práctica basada en la evidencia.

## CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Stembridge M, Williams AM, Gasho C, Dawkins TG, Drane A, Villafuerte FC, et al. The overlooked significance of plasma volume for successful adaptation to high altitude in Sherpa and Andean natives. Proc Natl Acad Sci U S A [Internet]. [citado 7 de marzo de 2024]. 2019; 16177-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6697886>
2. Guyton & Hall. Tratado de fisiología médica - Edición 14 - By John E. Hall, PhD; Edited by John E. Hall, PhD Elsevier Inspection Copies [Internet]. [citado 7 de marzo de 2024]. 2021. Disponible en: <https://inspectioncopy.elsevier.com/book/details/9788413820132>
3. Bancalari A, Araneda H, Echeverría P, Marinovic A, Manriquez C. Saturación arterial de oxígeno y frecuencia cardíaca en recién nacidos de término sanos durante la primera hora post nacimiento. Rev Chil Pediatr [Internet]. [citado 6 de marzo de 2024]. 2019; 90(4):384. Disponible en: <http://www.revistachilenadepediatria.cl/index.php/rchped/article/view/964>
4. Arroyo L, Bernal A, Fernández L, Romero S. Valores de saturación periférica de oxígeno por oximetría de pulso en recién nacidos de término sin patología respiratoria. Rev. Perinatol Reprod Hum [internet]. [citado 6 de marzo de 2024]. 2024; 31 (4): 209-217. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-perinatologia-reproduccion-humana-144>
5. Castro-Rodríguez JA, Ucrós S. Neumología de altura: saturación de oxígeno, edema pulmonar y pruebas de función pulmonar. Neumología Pediátrica [Internet]. [citado 7 de marzo de 2024]. 2023; 18(2):37-9. Disponible en: <https://www.neumologia-pediatria.cl>
6. Santos-Martínez LE, Gómez-Tejada RA, Murillo-Jauregui CX, Hoyos-Paladines RA, Poyares-Jardim CV, Orozco-Levi M. Exposición crónica a la altura. Características clínicas y diagnóstico. Arch Cardiol Mex [Internet]. [citado 7 de marzo de 2024]. 2021; 91(4):500-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8641469/>
7. MINSALUD; OMS;OPS. Uso e Interpretación de la Oximetría de Pulso. Convenio 519. 2016 Agosto.



8. Van Meter A, Williams U, Zavala A, Kee J, Rebello E, Tsai J, et al. Latido a latido: una mirada mesurada a la historia de la oximetría de pulso. PubMed. 2017 Enero; 03(1).
9. Rami Subhi R, Adamson M, Campbell H, Weber M, Smith K, Duke T, et al. La prevalencia de hipoxemia entre niños enfermos en países en desarrollo: una revisión sistemática. PubMed. 2009 Abril; 09(4).
10. Andrade V, Andrade F, Riofrio P, Nedel F, Martin M. Curvas de oximetría de pulso en niños sanos que viven en altitudes moderadas: un estudio transversal de los Andes ecuatorianos. BMC Pediatrics. 2020; 20(440).
11. World Health Organization. Oxygen therapy for children. National Library of Medicine. 2016.
12. Crocker M, Hossen S, Goodman D, Simkovich S, Kirby M, Thompson L, et al. Efectos de la gran altitud sobre la frecuencia respiratoria y los valores de referencia de saturación de oxígeno en lactantes y niños menores de 2 años sanos en cuatro países: un estudio transversal. PubMed. 2020 Marzo; 08(3).
13. Tasayco Huaman P, Robles Justiniano V, Baldoceda Ortiz FA, Pelaez Flores AR. BOLETIN EPIDEMIOLOGICO ABRIL -2022. Limas: MINSA, Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades; 2022 Abril.
14. MINSA. CARGA DE ENFERMEDAD REGIÓN CAJAMARCA. Cajamarca: Ministerio de Salud del Perú, Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades; 2020 Diciembre.
15. Lang M, Vizcaíno Muñoz G, Jopia P, Silva Urra J, Viscor G. Respuestas fisiológicas en reposo y ejercicio a gran altura en niños y adolescentes de tierras bajas. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. 2021 Octubre; 11(10).
16. McCollum E, King C, Ahmed S, Hanif AAM, Roy A, Islam AA, et al. Definición de hipoxemia a partir de mediciones de saturación de oxígeno con oxímetro de pulso en niños sanos a baja altitud en Bangladesh: un estudio observacional. British Medical Journal. 2021 Octubre; 8(1).
17. Oren M, Lanus V, Vohr B, Hintz S, Do B, Das A, et al. Saturaciones de oxígeno neonatal y presión arterial en edad escolar en niños nacidos extremadamente prematuros: un estudio de cohorte. PubMed. 2020 Junio; 40(6).

18. Tushaus L, Moreo M, Zhang J, Hartinger SM, Mausezahl D, Karen W. Modelo adaptado a la altitud impulsado fisiológicamente para la interpretación de la saturación de oxígeno pediátrica en altitudes superiores a 2000 msnm. PubMed. 2019 Septiembre; 1(127)
19. Janampa Barrantes SM. Repositorio UNSA. [Online].; 2022 [cited 2023 Marzo 11]. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14212>.
20. Escobar Gonzalo CS. Saturación de Oxígeno en Mujeres en Edad Fértil a más de 3600 msnm, Castrovirreyna – Huancavelica. DSPACE. 2021 Mayo.
21. Baca Calderón I. & Calvo Aragón J. Parámetros fisiológicos en niños sanos de 3 a 8 años a una altitud mayor a 2500 msnm en la región Cusco, 2019. [Online].; 2019 [cited 2023 Marzo 02]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3042885>
22. Rojas J, Mejia C, Callacondo D, Dawson J, Posso M, Galvan C, et al. Valores de referencia para la saturación de oxígeno desde el nivel del mar hasta el nivel humano más alto habitación en los Andes en personas aclimatadas. British Medical Journal. 2018; 73(8).
23. Gonzalez Pérez- Yarza E. La respiración: del pulmón a la célula. Sociedad Española de Neumología pediátrica. Madrid [internet]. [citado 20 de mayo de 2023]. 2007; Disponible en: <https://neumoped.org/wp-content/uploads/2019/02/La-funci%C3%B3n-Pulmonar-en-el-ni%C3%B1o.-Principios-y-Aplicaciones.pdf>
24. Drutz JE, White-Satcher D, MD , MPH. UpToDate. [Online].; 2023 [cited 2023 Marzo 12]. Available from: <https://www.uptodate.com/contents/the-pediatric-physical-examination-general-principles-and-standard-measurements?search=Normal>.
25. World Health Organization. Pulse Oximetry Training Manual. WHO Library. 2011.
26. Julieta L, Emerson C, Teddy Q, Carlos VJ, Daniela P, Felipe ML, et al. Variaciones fenotípicas relacionadas a respuestas hipóxicas entre andinos a distintas altitudes. Rev Med La Paz [internet]. [citado 4 de marzo de 2023]. 2023; 29 (1): 1-7. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rmcmlp/v29n1/1726-8958-rmcmlp-29-01-20.pdf>

27. Norma Técnica de Salud N° 179. MINSA/DGIESP-2021. Manejo de personas afectadas por COVID-19 en los Servicios de Hospitalización. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2682760/Norma%20T%C3%A9cnica%20de%20Salud%20N%C2%BA%20179-MINSA-DGIESP-2021.pdf>
28. Santos Martínez LE, Gómez Tejada A, Murillo Jauregui CX, Hoyos-Paladines RA, Poyares-Jardim CV, Orozco Leví M. Exposición crónica a la altura. Características clínicas y diagnósticas. PubMed. 2021; 91(4).
29. Organización Panamericana de la Salud. Aspectos técnicos y regulatorios sobre el uso de oxímetros de pulso en el monitoreo de pacientes con COVID-19. OPS. 2020 Agosto.
30. Collins V. Vigilancia del estado fisiológico del paciente anesteciado. Nueva Editorial Interamericana. 1983; 52(55).
31. López-Herranz P. Oximetría de pulso: A la vanguardia en la monitorización no invasiva de la oxigenación. Revista Medica del Hospital General de México. 2003 Septiembre; 66(3).
32. Brabin G, García T, García Salido A. OXIGENOTERAPIA. PEDIATRÍA INTEGRAL. 2021 Febrero; 25(01).
33. Ortiz F, Aldrich T, Nagel R, Benjamin L. Accuracy of pulse oximetry in sickle cell disease. Am J Respir Crit Care Med. 1999; 159.
34. Mejía Salas H, Suárez M, Mayra. Oximetría de pulso. Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría. 2012; 51(2).
35. Alarcó Pérez, Jorge. Medida del nivel de saturación de oxígeno en sangre: desarrollo de un pulsioxímetro de bajo coste y comparativa con otros sistemas existentes Archivo digital E.T.S.I. Telecomunicación (UPM). Madrid; [internet]. [citado 5 de marzo de 2023]. 2015. Disponible en: <https://oa.upm.es/cgi/export/37288/>
36. Equipos y Laboratorio de Colombia. Generalidades De La Presión Atmosférica, Barométrica Y Altitud. Colombia [internet]. [citado 5 de marzo de 2023]. 2011. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/generalidades-de-la-presion-atmosferica-barometrica-y-altitud>
37. Clínica Universidad de Navarra. Diccionario Médico. España [internet]. [citado 5 de marzo de 2023]. 2014. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico>

38. Instituto de Evaluación de Tecnologías en Salud e Investigación. GUÍA PRÁCTICA CLÍNICA: PARA EL MANEJO DE COVID-19 EN NIÑOS. IETSI EsSalud. 2022 Enero.
39. Novillo Allauca JA, Mata Jiménez AG. Repositorio de Tesis y Grado y Posgrado - Pontificia Universidad Católica del Ecuador. [Online].; 2015 [cited 2023 Marzo 02]. Available from: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9058>.

## CAPÍTULO X: ANEXOS

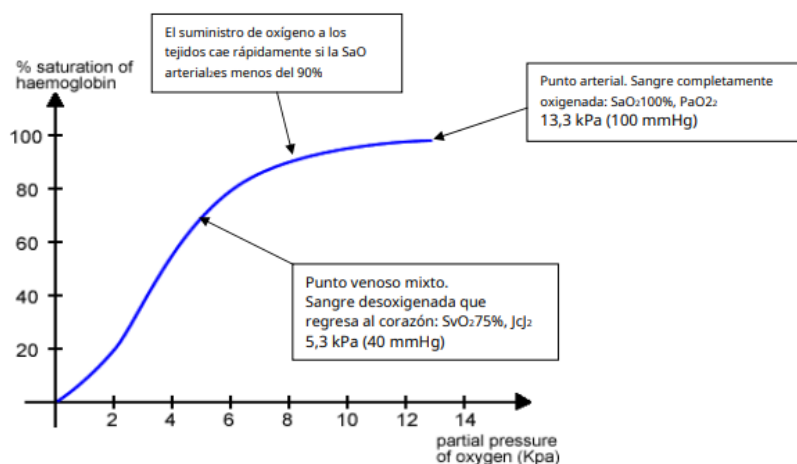
**ANEXO N° 1:** Límite inferior, rango normal y límite superior de frecuencia respiratoria y cardíaca pediátricos por edad.

Edad	Frecuencia respiratoria (respiraciones/minuto)			Frecuencia cardíaca (latidos/minuto)		
	Límite inferior (percentil 1)	Rango normal (percentil 10 al 90)	Límite superior (percentil 99)	Límite inferior (percentil 1)	Rango normal (percentil 10 al 90)	Límite superior (percentil 99)
0 a 3 meses	25	34 a 57	66	107	123 a 164	181
3 a <6 meses	24	33 a 55	64	104	120 a 159	175
6 a <9 meses	23	31 a 52	61	98	114 a 152	168
9 a <12 meses	22	30 a 50	58	93	109 a 145	161
12 a <18 meses	21	28 a 46	53	88	103 a 140	156
18 a <24 meses	19	25 a 40	46	82	98 a 135	149
2 a <3 años	18	22 a 34	38	76	92 a 128	142
3 a <4 años	17	21 al 29	33	70	86 a 123	136
4 a <6 años	17	20 a 27	29	sesenta y cinco	81 a 117	131
6 a <8 años	dieciséis	18 a 24	27	59	74 a 111	123
8 a <12 años	14	16 al 22	25	52	67 a 103	115
12 a <15 años	12	15 al 21	23	47	62 a 96	108
15 a 18 años	11	13 a 19	22	43	58 a 92	104

\* Las frecuencias respiratoria y cardíaca proporcionadas se basan en mediciones realizadas en bebés y niños despiertos y sanos en reposo. Se deben tener en cuenta muchos hallazgos clínicos además de la medición de los signos vitales reales al determinar si un signo vital específico es normal en un paciente individual. Los valores de frecuencia cardíaca o respiratoria que se encuentran dentro de los límites normales para la edad aún pueden representar hallazgos anormales causados por una enfermedad subyacente en un bebé o niño en particular.

Fuente: Fleming S, Thompson M, Stevens R, et al. Rangos normales de frecuencia cardíaca y respiratoria en niños desde el nacimiento hasta los 18 años: una revisión sistemática de estudios observacionales. Lanceta 2011; 377:1011.

**ANEXO N° 2:** Curva de Disociación de la hemoglobina



Fuente: World Health Organization. Pulse Oximetry Training Manual. WHO Library. 2011.

**ANEXO N° 3:** Valores de Saturación de Oxígeno como indicador de hipoxemia de acuerdo a la altitud (28)

Altitud	SatO2 de referencia como indicador de hipoxemia
Nivel del mar	≤ 93%
1000 a < 3000 msnm	≤ 92%
3000 a < 3400 msnm	≤ 88%
3400 a < 3600 msnm	≤ 87%
3600 a < 3900 msnm	≤ 84%
3900 a más msnm	≤ 83%

Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Aspectos técnicos y regulatorios sobre el uso de oxímetros de pulso en el monitoreo de pacientes con COVID-19. OPS. 2020 Agosto.

**ANEXO 4: Juicio De Expertos**



**Universidad Nacional de Cajamarca**

“Norte de la Universidad Peruana”  
 Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962  
 FACULTAD DE MEDICINA HUMANA  
 Escuela Académico Profesional de Medicina Humana  
 CAJAMARCA-PERU



**JUICIO DE EXPERTOS**

**Proyecto de Investigación: “SATURACIÓN DE OXÍGENO EN NIÑOS Y NIÑAS SANOS DE 6 - 11 AÑOS A 3500 METROS DE ALTITUD EN HUALGAYOC, 2023”**

Dr. ...., se presenta a usted el instrumento de recolección de datos del proyecto de investigación para su revisión y sugerencias. Agradeceré se sirva a marcar con aspa su respuesta de acuerdo a lo que considere conveniente, así como también proporcionar sus valiosos aportes y observaciones. A continuación, la lista de cotejo con los criterios para su consideración.

CRITERIOS Y/O ITEMS	SI	NO	OBSERVACIONES
1. El instrumento responde al planteamiento del problema			
2. El instrumento responde a los objetivos a investigar			
3. Las preguntas planteadas miden el problema planteado			
4. La estructura que presenta el documento es secuencial			
5. El diseño del instrumento facilita el análisis y procesamiento de datos			
6. Las preguntas son claras			
7. El número de ítems es adecuado			
8. La redacción es buena			
9. Eliminaría algún ítem en el instrumento			
10. Agregaría algún ítem en el instrumento			

Sugerencias:.....  
 .....

Firma:

**ANEXO N° 5:** Carta de solicitud de permiso de aplicación de proyecto de tesis



**Universidad Nacional de Cajamarca**

“Norte de la Universidad Peruana”

*Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962*

**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**

Escuela Académico Profesional de Medicina Humana

CAJAMARCA-PERU



**CARTA DE SOLICITUD DE PERMISO DE APLICACIÓN DE PROYECTO DE TESIS**

Cajamarca, mayo de 2023

Profesor(a)

Directora de la Institución Educativa

Asunto: Solicitud de permiso de aplicación de instrumento de recolección de datos para proyecto de tesis y evaluación de niños.

Reciba mi cordial y atento saludo, me dirijo a usted para solicitar permiso para recolección de datos para el proyecto de tesis titulado “Saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc, 2023”. Así mismo se le entregara los resultados obtenidos en la evaluación realizada a cada niño.

En espera de su aceptación, le anticipamos nuestro agradecimiento.

Atentamente,

---

Estudiante de Medicina Humana de la UNC

Eliana Olenka Teodomira Tirado Orrillo

DNI: 70572924



ANEXO N° 6: Consentimiento informado para el padre de familia



## Universidad Nacional de Cajamarca

“Norte de la Universidad Peruana”

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE MEDICINA HUMANA

Escuela Académico Profesional de Medicina Humana

CAJAMARCA-PERU



---

### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL PADRE DE FAMILIA

Fecha:

Yo don/doña: \_\_\_\_\_, soy padre / madre / tutor del niño \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ años de edad, estudiante de la Institución Educativa \_\_\_\_\_. La estudiante de Medicina de la Universidad Nacional de Cajamarca, Eliana Olenka Teodomira Tirado Orrillo ha invitado a participar de un proyecto que lleva por título “Saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc, 2023”.

Manifiesto que estoy conforme con la intervención que se me ha propuesto. He leído y comprendido la información que se me dio, he podido aclarar todas mis dudas. Por eso he tomado he tomado consiente y libremente la decisión de autorizarlo. También sé que puedo retirar mi consentimiento cuando lo estime oportuno.

SI NO. Autorizo a que se realicen las acciones respectivas que son la toma en mi niño de frecuencia respiratoria frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno.

SI NO. Autorizo la conservación y utilización de los datos personales y los resultados correspondientes de mi menor hijo

SI NO. Autorizo la utilización de pruebas estadísticas de los datos obtenidos con fines docentes o de difusión del conocimiento científico.

---

Nombre, firma y/o huella dactilar del  
Padre/Madre/tutor legal

ANEXO N° 7: Encuesta para padres de familia (39)



## Universidad Nacional de Cajamarca

“Norte de la Universidad Peruana”

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE MEDICINA HUMANA

Escuela Académico Profesional de Medicina Humana

CAJAMARCA-PERU



### ENCUESTA

Buenos días/tardes queridas padres de familia. Yo, Eliana Olenka Teodomira Tirado Orrillo (948391069), estudiante de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Cajamarca, estoy realizando esta encuesta para conocer el estado de salud de sus hijos y la cual nos permitirá realizar un proceso de selección para nuestro estudio de investigación. Su contribución puede ser muy importante y les agradece anticipadamente su valiosa colaboración. Le garantizamos el absoluto anonimato y secreto de sus respuestas en el más estricto cumplimiento de las Leyes sobre secreto estadístico y protección de datos personales.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN \_\_\_\_\_

DATOS DEL(A) NIÑO(A):

NOMBRE: \_\_\_\_\_

EDAD: \_\_\_\_\_ AÑOS      SEXO: HOMBRE \_\_\_\_\_ MUJER \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN ACTUAL: \_\_\_\_\_

FECHA DE NACIMIENTO: \_\_\_\_\_

NOMBRE DE INSTITUCION: \_\_\_\_\_

GRADO ESCOLAR QUE CURSA: \_\_\_\_\_

DATOS DEL TUTOR O PADRE

NOMBRE: \_\_\_\_\_

EDAD: \_\_\_\_\_ AÑOS      ESPECÍFIQUE PARENTESCO: \_\_\_\_\_

ESCOLARIDAD: \_\_\_\_\_      ESTADO CIVIL: \_\_\_\_\_

1. Su hijo/a ¿Cuánto tiempo tiene viviendo en la dirección que especifico anteriormente?  
\_\_\_\_\_
2. Cuando su hijo/a nació, ¿se quedó en el hospital después de que su madre fue dada de alta?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

3. ¿Su hijo/a ha presentado gripe en el último mes?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

4. ¿Su hijo/a ha estado hospitalizado/a por enfermedad torácica o del pecho (respiratoria) en último año?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

5. ¿Su hijo/a se encuentra en tratamiento con antibióticos, broncodilatadores y/o antitusígeno (gotas, jarabes, pastillas, inyecciones, durante el último mes)?

¿Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ cuál? \_\_\_\_\_

6. ¿Su hijo/a ha sido hospitalizado en el período neonatal inmediato por problemas respiratorios.

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

7. ¿Su hijo/a se escucha congestionado del pecho o saca flemas, gargajos del pecho en el último mes?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

8. ¿Su hijo/a tuvo alguna enfermedad torácica o de su pecho grave en el último mes?

¿Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ cuál? \_\_\_\_\_

9. ¿Su hijo/a ¿Durante el último año el (la) niño(a) ha tenido alguna enfermedad torácica o de su pecho que ha impedido su actividad usual por algunos días?

¿Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ cuál? \_\_\_\_\_

10. ¿Alguna vez su médico mencionó que su hijo/a ha tenido una reacción alérgica?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

11. ¿Fuma alguien dentro de la casa?

¿Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ Cuantos cigarrillos fuma dentro de la casa? \_\_\_\_\_

12. ¿Las personas con las que comparte su habitación fuman cigarros?

¿Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ Cuantos cigarrillos fuma? \_\_\_\_\_

13. Su hijo/a ha recibido transfusiones sanguíneas en los últimos 6 meses?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

14. Su hijo/a realiza ejercicio constante o algún deporte todos los días?

¿Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_ cuál? \_\_\_\_\_

**ANEXO N° 8:** Ficha de recolección de datos.



# Universidad Nacional de Cajamarca

“Norte de la Universidad Peruana”

*Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962*

**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**

Escuela Académico Profesional de Medicina Humana

CAJAMARCA-PERU



---

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

N°: \_\_\_\_\_

### DATOS PERSONALES

1. Altitud: \_\_\_\_\_ msnm
2. Sexo: ( ) Masculino ( ) Femenino
3. Edad: \_\_\_\_\_ años

### PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

4. Saturación de Oxígeno (primera toma): \_\_\_\_\_%
5. Saturación de Oxígeno (segunda toma): \_\_\_\_\_%
6. Promedio de la Saturación de Oxígeno: \_\_\_\_\_%
7. Frecuencia Respiratoria: \_\_\_\_\_ rpm
8. Frecuencia Cardíaca: \_\_\_\_\_ lpm

**ANEXO N° 9:** Matriz de Consistencia

“Saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc, 2023”

PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuáles son los valores de saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024?	<p><b>General</b></p> <p>-Determinar los valores de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>-Identificar la variación de los valores de saturación de oxígeno por sexo y edad en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</p> <p>-Establecer el valor más frecuente de la saturación de oxígeno en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de</p>	<p><b>Variable independiente:</b> Altitud</p> <p><b>Variables dependientes:</b></p> <p>-Saturación de oxígeno</p> <p>-Frecuencia Respiratoria</p> <p>-Frecuencia Cardiaca</p>	<p>-Metros sobre el nivel del mar</p> <p>-Porcentaje de Saturación de oxígeno</p> <p>-Número de ciclos respiratorios contados en un minuto mediante auscultación</p> <p>-Número de latidos contados en un minuto mediante auscultación</p>	<p><b>Tipo y nivel de la investigación:</b></p> <p>Observacional, descriptivo, transversal, prospectivo</p> <p><b>Diseño de la Investigación:</b></p> <p>No experimental-observacional.</p> <p><b>Población:</b></p> <p>Todos los niños sanos de 6 – 11 años de la provincia de Hualgayoc, que según REUNIS es de 1586 niños.</p> <p><b>Muestra:</b> 310 niños y niñas que hayan cumplido los criterios de inclusión y criterios de exclusión.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b></p> <p>Técnica: oximetría de pulso</p> <p>Instrumento: ficha de observación</p>

	<p>altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</p> <p>-Comparar la variación de saturación de oxígeno entre niños y niñas sanos de Hualgayoc y estudios desarrollados a nivel del mar, según valores reportados por la OMS.</p> <p>-Delimitar los valores de frecuencia respiratoria en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024.</p> <p>-Precisar los valores de frecuencia cardiaca en niños y niñas sanos de 6 - 11 años a 3500 metros de altitud en Hualgayoc en el periodo de febrero 2023 – febrero 2024</p>			<p><b>Análisis de datos:</b></p> <p>Estadística descriptiva medidas de tendencia central, haciendo uso Microsoft Excel 2013 y SPSS.</p>
--	--	--	--	---