



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE MEDICINA HUMANA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA HUMANA



DETERMINACIÓN DE LA OXIMETRÍA DE PULSO PREDUCTAL EN RECIÉN NACIDOS POR CESÁREA DURANTE LOS PRIMEROS DIEZ MINUTOS DE VIDA EN EL HOSPITAL MIGUEL ÁNGEL MARISCAL LLERENA DE AYACUCHO 2021

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. KELLY KARINA CHAHUARES SALAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO CIRUJANO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por guiarme por el buen camino y darme fortaleza para lograr mis objetivos.

A mis queridos padres, Néstor y Edith por su apoyo incondicional desde que empecé con este sueño llamado Medicina Humana, sin ellos nada de esto hubiese sido posible. ¡Los amo!

A mi hermana Lizzeth Chahuares por ser mi compañera fiel y estar siempre a mi lado en los malos y buenos momentos, por su comprensión y palabras de aliento.

A José Enrique por ser mi motivación en esta etapa de mí vida, por su paciencia e inmenso amor incondicional.

Kelly Karina Chahuares Salas



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater Universidad Nacional del Altiplano de Puno, y a mi querida Facultad de Medicina Humana, por la formación profesional.

A mi Asesor de Tesis, Dr. Alfredo Mendiguri quien me brindó su apoyo incondicional para el desarrollo de este trabajo de tesis.

A mis maestros Dr. Luis Villalta, Dr. Dante Hanco y Dra. Blanca Llerena. Por brindarme sus consejos y mostrarme su buena disponibilidad para la corrección y culminación de este trabajo de tesis.

Agradezco de manera especial al PhD Bernardo Roque Huanca y familia, por el apoyo inmensurable que me brindaron en el transcurso de este objetivo.

Al Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena de Ayacucho, por la autorización para la ejecución del proyecto de tesis, al personal médico (Dra. Fanny Yataco), enfermo y técnico por el apoyo brindado.

Kelly Karina Chahuares Salas



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 10

ABSTRACT..... 11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 12

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13

1.2.1. Problema general 13

1.2.2. Problemas específicos..... 13

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 13

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 14

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 14

1.5.1. Objetivo general 14

1.5.2. Objetivos específicos 14

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 16

2.1.1. Ámbito internacional 16

2.1.2. A nivel nacional..... 22



2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. Aire Ambiental y Presión Atmosférica	23
2.2.2. Oxigenación intrauterina	23
2.2.3. Transición a la vida extrauterina	25
2.2.4. Saturación de oxígeno en recién nacidos.....	27
2.2.5. Oximetría de pulso en recién nacidos.....	29
2.2.6. Parto por cesárea.....	32
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁMBITO DE ESTUDIO	35
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
3.3.1. Criterios de inclusión:.....	38
3.3.2. Criterios de exclusión:	38
3.4. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	39
3.5. METODOLOGÍA	40
3.5.1. Determinación de la saturación de oxígeno (SpO ₂) en los primeros 10 minutos de vida del recién nacido	40
3.5.2. Determinación de la saturación de oxígeno (SpO ₂) según sexo del recién nacido	41
3.5.3. Determinación de la saturación de oxígeno (SpO ₂) según vía de parto (cesárea vs vaginal)	41
3.6. VARIABLES	41
3.6.1. Variables independientes.....	41
3.6.2. Variable dependiente	41



3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 41

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**4.1. SATURACIÓN DE OXÍGENO PRE-DUCTAL (SPO₂) DURANTE LOS
PRIMEROS 10 MINUTOS DE VIDA NEONATAL EN RECIÉN NACIDOS
POR CESÁREA..... 45**

**4.2. SATURACIÓN DE OXÍGENO (SPO₂) SEGÚN SEXO DEL RECIÉN
NACIDO 51**

**4.3. SATURACIÓN DE OXÍGENO (SPO₂) EN NACIDOS POR CESÁREA EN
COMPARACIÓN CON LOS NACIDOS POR PARTO VAGINAL..... 57**

V. CONCLUSIONES..... 61

VI. RECOMENDACIONES..... 62

VII. REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS 63

ANEXOS..... 77

ÁREA: Ciencias Biomédicas.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Ciencias Médicas Clínicas.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 11 de agosto del 2022.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Presión barométrica y presión parcial de oxígeno (PO_2), de la ciudad de Ayacucho con relación a las del nivel del mar (valores calculados) (62)....	36
Tabla 2	Distribución de la muestra de neonatos del Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena. Periodo Julio-diciembre del 2021 utilizados para el estudio.	37
Tabla 3	Saturación de oxígeno pre-ductal (SpO_2) en los primeros 10 minutos de vida del recién nacido en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena De Ayacucho” (2746 m de altitud).....	46
Tabla 4	Ilustra la cascada de la presión de los gases por efecto de la altitud.....	50
Tabla 5	SpO_2 al minuto 1,5 y 10 de vida, con respecto al género en neonatos nacidos por cesárea en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena De Ayacucho” (2746 m de altitud).....	52
Tabla 6.	Saturación de oxígeno pre-ductal (SpO_2) en recién nacidos por cesárea vs los nacidos por parto vaginal durante los primeros 10 minutos de vida del neonato.....	57
Tabla 7.	Saturación de oxígeno en diferentes minutos en altitudes bajas:.....	77



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Curva de Saturación de oxígeno pre-ductal en recién nacidos a término, durante los diez primeros minutos de vida en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena De Ayacucho” 2021..... 46
- Figura 2 SpO₂ al minuto 1,5 y 10 de vida, con respecto al género en neonatos nacidos por cesárea en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena De Ayacucho” (2746 m de altitud)..... 54
- Figura 3. Saturación de oxígeno pre-ductal (SpO₂) parto por cesárea vs. parto vaginal durante los primeros 10 minutos de vida del neonato..... 58



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- SpO₂: Saturación de oxígeno
- AAP: Academia Americana de Pediatría
- AHA: American Heart Association
- FiO₂: Fracción de oxígeno del aire inspirado
- Patm: Presión Atmosférica
- PO₂: Presión parcial de oxígeno
- HbO₂: Oxihemoglobina
- Hhb: Desoxihemoglobina
- Hb: Hemoglobina
- IVS: Espacio intervelloso
- PH₂O: Presión parcial del vapor de agua
- PaCO₂: Presión parcial alveolar del dióxido de carbono
- PiCO₂: Presión parcial del dióxido de carbono inspirado
- PaO₂: Presión parcial alveolar de oxígeno



RESUMEN

La saturación de oxígeno en la gran altitud es evidentemente menor en comparación a la del nivel mar; sin embargo, no se tienen establecidos los valores para su uso en la clínica de los neonatos. El trabajo tuvo por objetivo determinar la saturación de oxígeno preductal en los nacidos por cesárea durante los primeros diez minutos de vida. Se utilizó una muestra de 41 recién nacidos por cesárea: 21 varones ($3236 \pm 51.3g$) y 20 mujeres ($3185 \pm 40.2g$), clínicamente sanos, con una edad gestacional promedio ($38.7 \pm 1.4ss$), nacidos en el Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena de Ayacucho durante el periodo de julio a diciembre del año 2021. Las mediciones se realizaron mediante la oximetría de pulso, utilizando el oxímetro portátil ChoiceMed MD300m colocado en la muñeca derecha del neonato, registrando los valores minutos a minuto, hasta el minuto diez. Los datos fueron analizados a través de la prueba de comparación de medias, t Student, el análisis de varianza y la regresión lineal simple. Los resultados indican que la saturación de oxígeno (SpO_2) preductal en nacidos por cesárea a 2746 metros de altitud inicia con $63.9 \pm 13.4\%$ en el minuto 1, incrementa significativamente ($p < 0.05$) hasta $89.3 \pm 4.4\%$ en el minuto 10, con una tendencia polinómica, $y = 0.0698x^2 + 2.1339x + 61.597$ ($R^2 0.9955$), pero los valores son menores a los del nivel del mar (95%) para el minuto 10, similar entre varones ($88.5 \pm 4.4\%$) y mujeres ($90.2 \pm 4.3\%$) y menor a la del parto vaginal ($88.1 \pm 3.9\%$). A partir de los resultados se concluye que la saturación de oxígeno preductal en los nacidos por cesárea es relativamente menor a la del nivel del mar, similar entre sexos, y menor a la del parto vaginal, siendo necesario establecer valores propios para la gran altitud.

Palabras clave: altitud, cesárea, neonato, saturación de oxígeno.



ABSTRACT

Oxygen saturation at high altitude is obviously lower than at sea level; however, the values for its use in the clinic of neonates have not been established. The research objective was to determine the preductal oxygen saturation in those born by cesarean section during the first ten minutes of life. A sample of 41 newborns by cesarean section was used: 21 males ($3236 \pm 51.3g$) and 20 females ($3185 \pm 40.2g$), clinically healthy, with an average gestational age ($38.7 \pm 1.4ss$), born at Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena de Ayacucho during the period from July to December 2021. The measurements were made by pulse oximetry, using the ChoiceMed MD300m portable oximeter placed on the right wrist of the newborn, recording the values minute by minute, up to minute ten. Data were analyzed through the comparison of means test, Student's t test, analysis of variance and simple linear regression. The results indicate that the preductal oxygen saturation (SpO_2) in those born by cesarean section at 2746 meters of altitude starts with $63.9 \pm 13.4\%$ at minute 1, increases significantly ($p < 0.05$) to $89.3 \pm 4.4\%$ at minute 10, with a polynomial trend, $y=0.0698x^2+2.1339x+61.597$ ($R^2 0.9955$), but the values are lower than those of sea level (95%) for minute 10, similar between men ($88.5 \pm 4.4\%$) and women ($90.2 \pm 4.3\%$) and less than vaginal delivery ($88.1 \pm 3.9\%$). From the results, it is concluded that preductal oxygen saturation in those born by cesarean section is relatively lower than that of sea level, similar between sexes, and lower than that of vaginal delivery, being necessary to establish own values for the high altitude.

Keywords: altitude, cesarean section, neonate, oxygen saturation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La transición a la vida extrauterina, implica en el recién nacido (RN) una adaptación cardiorrespiratoria obligada y necesaria para su sobrevivencia. Ya que la respuesta fisiológica del feto es muy diferente en comparación al neonato, con diferencias estructurales y funcionales. El feto se encuentra bien acomodado al medio intrauterino que es hipoxémico, contrariamente a la del neonato. Debido a que “el retiro de la circulación placentaria genera el aumento de la resistencia vascular sistémica y la disminución de la resistencia vascular pulmonar, a causa del inicio de la respiración” (1). Por ello la medida de la oximetría de pulso es un procedimiento de vital importancia para el monitoreo de una buena adaptación, así como el uso correcto de la oxigenoterapia, a manera de prevenir daños celulares y tisulares que pasan inadvertidos causados por la hiperoxia e hipoxemia que puede ser nocivo para el neonato (2).

De la literatura revisada hasta el instante, son poco los estudios sobre oximetría en nacidos por cesárea, a término, sanos en altura durante los diez primeros minutos de vida, que establezcan los estándares para esa población.

El oxímetro de pulso mide de manera sensible los cambios producidos a nivel cardiopulmonar que ocurre en el transcurso de la adaptación del RN en el período posnatal y en otras situaciones clínicas, convirtiéndose en un elemento útil y práctico para la evaluación del neonato en la sala de partos y en las unidades neonatales, por ser un procedimiento simple, indoloro, para nada “invasivo que



mide la saturación periférica de oxígeno, por lo que su uso es sugerido en las guías de Reanimación Neonatal” (3), por la Academia Americana de Pediatría (AAP) y la Asociación Estadounidense del Corazón (AHA), quienes determinaron en el 2010 los objetivos de SpO₂ durante los primeros 10 minutos de vida posnatal, para poder establecer así la saturación arterial de oxígeno que debe mostrar un recién nacido en los primeros min de existencia.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la saturación de oxígeno preductal en neonatos nacidos por cesárea durante los primeros diez minutos de vida en el Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena de Ayacucho 2021?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo es la saturación de oxígeno en los recién nacidos por cesárea minuto a minuto, hasta los primeros 10 minutos?

¿Hay alguna diferencia en cuanto a la saturación de oxígeno (SpO₂) de acuerdo a sexos?

¿Cómo es la saturación de oxígeno (SpO₂) en nacidos por cesárea al compararlo con los nacidos por parto vaginal con los datos ya existentes en la literatura?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

H1: La saturación de la presión parcial de oxígeno (SpO₂) pre ductal en recién nacidos por cesárea es adecuada (mayor o igual al 90%) a los 10 minutos de vida.

H0: El aumento de saturación de oxígeno en los nacidos por cesárea será más lento en comparación a los recién nacidos por parto vaginal.



1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

“En la transición normal de los recién nacidos la SpO₂ asciende de manera progresiva con aire ambiental” (4); “habiéndose documentado en varios estudios que lleva más de 5 minutos para que un recién nacido en transición posnatal normal alcance un nivel de SpO₂ ≥ 85% y a los 10 minutos 90% o más posteriormente” (4).

“El comportamiento de la SpO₂ en función del tiempo, durante los primeros minutos posnatal, varía por diversos factores que pueden influir, como el lugar de nacimiento, el parto a nivel del mar o en altura” (5); “el tipo de parto (vaginal o cesárea), el nivel de vitalidad o el sexo del recién nacido. Sin embargo, la mayoría de los estudios han sido realizados a nivel del mar, donde la presión barométrica es mayor” (5) y “los valores de referencia normales son extrapolados de series americanas y europeas” (3). A nuestro medio.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Determinar la oximetría de pulso preductal en neonatos nacidos por cesárea durante los primeros diez minutos de vida en el Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena de Ayacucho 2021

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la saturación de oxígeno (SpO₂) minuto a minuto, hasta el minuto 10.
- Determinar la saturación de oxígeno (SpO₂) de acuerdo a sexo.



- Determinar la saturación de oxígeno (SpO_2) en nacidos por cesárea y compararlo con los nacidos por parto vaginal con los datos ya existentes en la literatura.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Ámbito internacional

Bancalari et al. (2019) (6) en Santiago de Chile observaron la SpO₂ posductal en nacidos a término sanos, durante la primera hora de vida. En 324 recién nacidos por cesárea o vía vaginal, efectuado a nivel del mar, de los cuales 164 nacieron por cesárea y 160 vía vaginal. La SpO₂ aumentó progresivamente desde el 1 minuto (58,7%) hasta el 10 minuto (94,5%). Los que nacieron por vía vaginal presentaron una SpO₂ mayor con respecto a los nacidos por cesárea, en el décimo minuto posnatal.

Bhargava et al. (2018) (7) realizó un estudio transversal en 200 recién nacidos a término sanos, de los cuales fueron 100 nacidos por parto vaginal y 100 cesárea electiva en un centro de tercer nivel de atención. Concluyendo que los recién nacidos por parto vaginal tenían niveles de SpO₂ significativamente más altos y alcanzaron SpO₂ > 90 % más rápido que los nacidos por cesárea electiva.

Orozco y Pereira (2017) (5) en ciudad de México a 2240 metros, determinaron los cambios en la SpO₂ pre y posductal en la primera y a las 48 horas de vida extrauterina, incluyendo a 146 neonatos sanos, con peso adecuado, obtenidos por cesárea o vía vaginal, concluyendo que la vía de nacimiento no condiciona diferencias en la saturación de oxígeno en los neonatos.



Ramos et al. (2017) (8) en Bogotá, Colombia determinaron los valores normales de SpO₂ en los primeros 15 minutos de vida de los recién nacidos sanos a término y pretérmino. Se estudiaron a 295 neonatos, a una altura de 2640 metros. Concluyeron que los recién nacidos sanos alcanzan una media de oximetría de pulso de 90-92% hasta los quince minutos de vida, sugiriendo un proceso adaptativo más lento que los nacidos a nivel del mar.

Bancalari et al. (2016) (9) en su estudio observacional prospectivo en recién nacidos a término sanos, demostraron, que los niveles de SpO₂ en los recién nacidos por cesárea fueron más bajos en comparación con los nacidos por vía vaginal. El peso al nacer y la puntuación de Apgar se correlacionaron con la SpO₂ en los partos vaginales y por cesárea, respectivamente.

Zubarioglu et al. (2011) (10) en su trabajo “Oxygen saturation levels during the first minutes of life in healthy term neonates” tomaron oximetría de pulso preductal vs posductal durante los primeros quince minutos de vida, en 141 recién nacidos a término sanos, de los cuales 77 nacieron por cesárea. Los períodos de tiempo para alcanzar saturación de oxígeno $\geq 90\%$ fue prolongada en las medidas posductales y en los recién nacidos por cesárea. El género no tuvo efecto sobre la duración para alcanzar los niveles de SpO₂ del 90% tanto en el preductal como en el posductal.

Koch et al. (2011) (3) en Maracay Venezuela, registraron los valores normales de saturación de oxígeno durante la primera hora



postnatal en 50 recién nacidos por cesárea y 50 nacidos por vía vaginal, colocando el sensor de oxígeno en el pie derecho. A una altitud cercana a nivel del mar. Donde concluyeron que el ascenso de la SpO₂ fue más rápido en los neonatos obtenidos por cesárea (89.86%), con respecto a los nacidos por parto vaginal (88,54%) en los primeros 15 minutos de vida. Después de los 30 minutos el ascenso fue mayor en los neonatos nacidos por parto vaginal.

Agudelo y currea (2011) (11) en Bogotá, Colombia. En su trabajo “saturación pre-ductal y pos-ductal, medidas por oximetría de pulso, en la adaptación neonatal inmediata y su relación con el momento del pinzamiento del cordón umbilical” a 2600 metros sobre el nivel del mar. Incluyó en el estudio a 80 recién nacidos sanos de parto vaginal y cesárea. El estudio fue descriptivo. registrando los valores a los 1, 5, 10, 15 y 20 minutos. Los resultados de saturación preductal y posductal obtenidos para el primer minuto fue 61% y 40%; a los 5 minutos de 83% y 79%; a los 10 minutos de 89% y 87%; a los 15 minutos de 92% y 91%; a los 20 minutos de 94 y 92 % respectivamente. Al inicio, las saturaciones a nivel preductal son mayores que a nivel posductal. El tiempo en lograr las saturaciones en pasar 86 por ciento es igual para los 2 lados, hacia los Diez min.

Dawson et al. (2010) (12) en su estudio: “Defining the reference range for oxygen saturation for infants after birth” tuvo como población a 468 neonatos, a los que se les evaluó la saturación en la mano o muñeca derecha poco después del nacimiento a nivel del mar. Hubo 308 nacimientos a término y 160 prematuros. Ninguno recibió oxígeno durante el parto. A los 74 segundos del nacimiento se registró una lectura de



oximetría fiable. Los 15 niños prematuros tenían niveles de saturación más bajos que los niños a término. Las saturaciones al 1°, 5° y al 10° minuto de los bebés a término fueron del 68%, el 92% y el 96%, respectivamente.

Kattwinkel et al. (2010) (13) han demostrado que en la transición de un recién nacido a término puede tomar más de 10 minutos en adquirir una saturación de oxígeno de 90% a más. “Idealmente el estado de oxigenación del niño debe ser valorado utilizando un oxímetro de pulso y no el color de la piel, esto debido a que el color de la piel es un pobre indicador de la saturación de la oxihemoglobina, durante el periodo neonatal inmediato”.

Tapia et al. (2008) (14) en México, hizo su estudio a 2240 metros. Incluyó a 218 recién nacidos por parto vaginal, de los cuales 89 fueron a término y 128 pretérminos. Encontrando una saturación de 93.5% para los recién nacidos a término y de 92.9% para los pretérminos. Se concluyó que la saturación a dicha altitud se encuentra en promedio menor respecto a la hallada a nivel del mar.

Furzán y Luchón (2008) (15) en Caracas Venezuela, determinaron la saturación arterial de oxígeno en un estudio comparativo entre 30 nacidos por vía vaginal y 30 por cesárea, obtuvo un registro mediante un sensor de oximetría de pulso en la mano derecha, tomando registro desde el primer minuto hasta los 30 minutos. Concluyeron que la saturación promedio durante los 10 primeros minutos fue 6% más alta en los niños de parto vaginal que en los nacidos por cesárea. La transición hacia una



saturación de oxígeno posnatal normal requiere un lapso mayor de 6 minutos luego del parto vaginal y de 10 minutos en el nacido por cesárea.

Altuncu et al. (2008) (16) en su trabajo “Percentiles of oxygen saturations in healthy term newborns in the first minutes of life” en Turquía, tuvo por objetivo establecer valores referenciales de la saturación preductal de oxígeno en recién nacidos sanos, inmediatamente después del nacimiento. En el estudio participaron 200 bebés, 150 de los cuales nacieron por vía vaginal y 50 por cesárea. La mediana de los valores de SpO₂ en el 1°, 5° y 10° minuto fue del 71, 92 y 98 por ciento en los bebés nacidos por vía vaginal y del 70, 79 y 96 por ciento en los nacidos por cesárea. Se descubrió que el grupo de cesárea tenía niveles de saturación considerablemente más bajos. Además, el tiempo necesario para alcanzar el 90 por ciento de saturación era tres veces mayor en el grupo nacido por cesárea.

Por su parte Mariani et al. (2007) (17), en Buenos aires, Argentina. En su estudio “Pre-ductal and Post-ductal O₂ Saturation in Healthy Term Neonates after Birth”, evaluaron a 110 neonatos, próximos a nivel del mar. Donde los valores de saturación se midieron dentro de los primeros quince minutos postnatales. A los 5 minutos, la mediana de la saturación preductal era del 89%, y la mediana de la saturación posductal era del 81%. Los partos por cesárea presentaban un nivel de saturación más bajo. Además, descubrieron que la saturación de oxígeno de los neonatos sanos crece gradualmente y no suele alcanzar el 90% durante los primeros cinco minutos de vida.



Kamlin et al. (2006) (18), en Australia, tuvo como fin, describir el intervalo de la saturación preductal durante los 1eros min; de vida en el recientemente nacido. Colocando el sensor de oxígeno del saturómetro en la palma o muñeca derecha de los neonatos nacidos a término y pretérminos que no recibieron maniobras de reanimación o suplemento de oxígeno. La saturación fue registrada minuto a minuto. Un total de 175 recién nacidos fueron monitorizados. El promedio de la SpO₂ al min; fue de 63% (53-68%). Hubo un aumento progresivo de la saturación con una mediana del 90% a los 5 minutos (79% -91%). Concluyendo que, en los primeros cinco minutos de vida, la mayoría de los bebés tienen niveles de saturación de oxígeno inferiores al 90 por ciento. Esto debe tenerse en cuenta al tratar a los recién nacidos en la sala de partos con oxígeno suplementario.

Rabi et al. (2006) (4), en Canadá describieron la variación de la SpO₂ en RN sanos durante los 10 primeros minutos de vida, a nivel del mar, analizando un total de 115 neonatos. En promedio, los bebés nacidos por cesárea tuvieron una SpO₂ de 3% más baja que los nacidos por parto vaginal. También los nacidos por cesárea tardaron más en alcanzar una SpO₂ estable. Al minuto 8 de edad, la mediana de SpO₂ aumentó al 91 % en el grupo de parto vaginal y al 90 % en el grupo de cesárea.

O'Brien et al. (2000) (19), en Reino Unido, estudiaron la SpO₂ de 90 recién nacidos a lo largo de las primeras 24 horas de existencia, donde obtuvieron que la saturación media de oxígeno, dentro de las primeras 24 horas de vida fue de 98.3% con un valor mínimo de 88.7% y un valor



máximo de 100%. Concluyendo que los valores obtenidos son similares en comparación a los del primer mes de vida.

2.1.2. A nivel nacional

Roque J. (2019) (20) en Juliaca, estudió a 64 recién nacidos por vía vaginal a término, sanos de ambos sexos a 3828 metros, encontrando saturaciones promedio de 48,9% al primer minuto, 66.3% a los 5 minutos, y 85,2% a los 10 minutos. Concluyendo que la SpO₂ que inicialmente es baja se incrementa gradualmente, con valores menores a altitudes del nivel del mar.

Valero et al. (2009) (21) en Juliaca, estudió a 81 recién nacidos por vía vaginal a término, sanos de ambos sexos a 3828 metros, encontrando saturaciones promedio de 69.1% a los 5 minutos, 79.6% a los 15 minutos, 88% a los 30 minutos. Concluyendo que el período de adaptación de los recién nacidos a 3828 metros es más prolongado. Además, la SpO₂ que inicialmente es baja se estabiliza a partir de las 6 horas.

González et al. (2005) (22) comparó la saturación de oxígeno por oxímetro de pulso desde el primer minuto de vida extrauterina hasta las primeras 24 horas. “En dos altitudes diferentes (150 metros sobre el nivel del mar y a 4340 metros), encontrando que desde los 30 minutos en adelante ya se mantenía estable la saturación de oxígeno en ambos grupos de recién nacidos a término estudiados, pero con diferencia significativamente mayor a la identificada a nivel del mar (91.1% contra 87.5%)”.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Aire Ambiental y Presión Atmosférica

“El aire ambiental es una mezcla de gases que principalmente contiene nitrógeno 78% y oxígeno (O_2) 21% y otros gases como helio, argón, neón, etc.” (23). “La fracción de oxígeno del aire inspirado (FiO_2) es 21 %. La presión que el aire ejerce en cualquier punto de la tierra se denomina presión atmosférica (P_{atm}) y su valor es 760mmHg a nivel del mar” (23). “La presión atmosférica disminuye con la altitud mientras que la FiO_2 se mantiene constante. La presión parcial de oxígeno (PO_2) es la presión que ejerce el O_2 en el aire” (23). “La PO_2 se obtiene del producto de la presión atmosférica y la FiO_2 , su valor es 159mmHg a nivel del mar y al igual que la presión atmosférica decrece con la altitud” (23).

“Conforme la altitud se incrementa, la PO_2 y la SpO_2 disminuyen” (24). A ese estado “se denomina hipoxia hipobárica y es causa de la hipoxia alveolar e hipoxemia en las personas que habitan o ascienden a la altura. Varias respuestas inmediatas se ponen en marcha a la hipoxia, conocidas como mecanismos de adaptación” (24).

2.2.2. Oxigenación intrauterina

La presión parcial del gradiente de oxígeno entre la sangre materna, placentaria y fetal es la fuerza impulsora que regula el suministro de oxígeno al feto. Tanto la placenta como el embrión crecen y se diferencian en un ambiente relativamente bajo en oxígeno durante el primer trimestre. El flujo de sangre al espacio intervilloso (IVS) se establece por completo entre las semanas 11 y 12 de gestación. Coincidentemente, la tensión de



oxígeno dentro del IVS aumenta abruptamente de 18mmHg en la octava semana a 60mmHg a las 12 semanas (25) En la 2da mitad del embarazo, la presión parcial de oxígeno del IVS disminuye lentamente de los 60mmHg en la semana 12 de gestación a 45mmHg a término, lo que garantiza una oxigenación constante del feto (26).

El suministro limitado de oxígeno al feto requiere cambios adaptativos en la estructura de la placenta junto con cambios en el metabolismo fetal. La tasa metabólica relativamente baja del feto combinada con la termorregulación proporcionada por la madre conduce a una reducción importante en el consumo de oxígeno fetal en relación con el recién nacido (27).

Otro factor importante que contribuye a una oxigenación fetal adecuada es el aumento sostenido de la concentración de hemoglobina fetal a lo largo de la gestación. La hemoglobina fetal tiene una alta afinidad por el oxígeno a nivel placentario. Además, debido a la hemoglobina fetal y un nivel bajo de 2,3 difosfoglicerato, la curva de disociación de oxígeno se desplaza hacia la izquierda, lo que resulta en una mayor liberación de oxígeno a una PO_2 arterial más baja. En comparación con la hemoglobina adulta, facilitando la liberación de oxígeno en los tejidos periféricos (28). Sin embargo, el mecanismo más importante que asegura que la oxigenación fetal se mantenga dentro de los límites fisiológicos, comparables a los del recién nacido, es la alta perfusión de los órganos fetales. El alto gasto cardíaco fetal de 250 a 300 ml/kg/min se logra debido a la frecuencia cardíaca alta y la derivación central que permite que los ventrículos fetales trabajen en paralelo, en lugar de en serie como en la



circulación del RN. La derivación central redirige la sangre oxigenada al ventrículo izquierdo para su distribución preferencial al cerebro y el miocardio (29).

La afinidad por el oxígeno está modulada por el pH, el CO₂, la temperatura y el nivel de hemoglobina fetal (1).

2.2.3. Transición a la vida extrauterina

“La fisiología del feto es fundamentalmente diferente de la del recién nacido con distinciones tanto estructurales como funcionales. La transición de la vida intrauterina a la extrauterina requiere pasos rápidos, complejos y bien sincronizados para asegurar la supervivencia neonatal” (30).

Normalmente en el ambiente intrauterino “el feto presenta una baja resistencia vascular sistémica y una alta resistencia vascular pulmonar, pero con la primera respiración postnatal, la resistencia vascular pulmonar disminuye drásticamente” (31). Esto se debe a una combinación de una mayor exposición al oxígeno y a la propia respiración del RN (31). Cuando se pinza el cordón umbilical, se desconecta el lecho vascular de baja resistencia de la placenta, lo que provoca un aumento de la resistencia vascular sistémica del recién nacido.

Es así que, “durante el período intrauterino, el feto tiene saturación de oxígeno del 70%” (32), por lo que una oxigenación adecuada de los tejidos requiere la adaptación apropiada del sistema cardiovascular del RN, lo cual ocurre entre las 34 y las 38 sem de la vida fetal, con progresos esenciales en la estructura del sistema pulmonar que preparan al neonato para una adecuada supervivencia. “Uno de estos procedimientos es la



remoción del líquido alveolar hacia el intersticio, producida por el pasaje del canal del parto en 33% y posteriormente por el paso hacia el sistema vascular y linfático, por el cambio del sistema excretor de cloro al sistema absorbente de sodio” (15). “Este último ciclo es favorecido por el avance de la edad gestacional más allá de las 38 semanas y por el nacimiento vaginal o, al menos, por el trabajo de parto precedente a una cesárea” (15). Además, “las unidades, respiratorias terminales se convierten de sáculos alveolares a alvéolos maduros cilíndricos. Estos alvéolos con su representación poliédrica definitiva, demandan cantidades apropiadas de surfactante para su funcionamiento” (33); por lo que “es posible observar en algunos recién nacidos a término de cesáreas electivas, cuadros clínicos de distrés respiratorio leve, moderado o severo llegando inclusive a atelectasia pulmonar e insuficiencia respiratoria hipóxica” (33), en especial cuando se usan concentraciones elevadas de oxígeno o coexisten condiciones patológicas que generan deficiencia secundaria de surfactante, como son la asfixia, la mala ventilación pulmonar en la sala de partos, la hipotermia y la acidosis por una reanimación inadecuada.

El trabajo de parto induce la producción de hormonas fetales del estrés, incluidas catecolaminas, el cortisol y la vasopresina que ayudarían al feto a adaptarse al espacio extrauterino (34).

Este efecto beneficioso del trabajo de parto sobre la mecánica pulmonar del neonato ocurre a través de varios procesos. En el trabajo de parto, a través de las catecolaminas y prostaglandinas que lo inician, inducen la remoción intraparto del exceso de fluido alveolar que hay en el neonato, lo que facilita la respiración inicial a través de la estimulación



táctil y además favorece el establecimiento de un adecuado volumen pulmonar. Este proceso natural adaptativo no sucede o puede ocurrir tardíamente en el nacido por cesárea electiva (4), porque no se produjo la eliminación de líquido pulmonar en el canal del parto (33%).

2.2.4. Saturación de oxígeno en recién nacidos

“La SpO₂ se define como el porcentaje de la hemoglobina que se encuentra saturada de oxígeno respecto del total de hemoglobina en sangre arterial y se mide de forma no invasiva mediante oximetría de pulso” (35). “La oximetría proporciona información continua acerca del estado de oxigenación de la sangre y se emplea como herramienta fundamental de monitoreo en las unidades neonatales” (36).

Hasta 10 minutos después del nacimiento, los grados de oxígeno en la sangre de los bebés logran valores comparables a los de los adultos. La SpO₂ al nacer, medida por oximetría de pulso, es del 43 por ciento; y la saturación inicial de hemoglobina (Hb) es del 60 por ciento; ambas incrementan sucesivamente a lo largo de los primeros diez min de vida hasta alcanzar el 95 por ciento. La cianosis aparece cuando más de 5 g de hemoglobina se unen al dióxido de carbono; por lo tanto, su manifestación se anticipa en los primeros 10 minutos.

“El lugar de nacimiento (a nivel del mar o en altitud) y el modo de parto (vaginal o cesárea)” (9); pueden afectar a la SpO₂ en los primeros minutos tras el nacimiento (vaginal o cesárea), tipo de medición (análisis pre o posductal) o el estado del recién nacido (llanto, quietud o sueño) (9).



Debe notarse que en la mayoría de trabajos realizados no se encuentra ninguna diferencia estadísticamente importante entre los niveles de SpO₂ alcanzados por recién nacidos por diferentes modos de parto. Sin embargo, hay un retraso en el logro de más del 85% de SpO₂ en ambos grupos con un retraso promedio de 7 minutos sin ningún tipo de angustia posductal y un retraso de 5 minutos es normal en altitudes más altas (1). El exceso de oxígeno puede causar displasia broncopulmonar y retinopatía (13). La afinidad por el oxígeno está modulada por el pH, el CO₂, la temperatura y el nivel de hemoglobina fetal. No hubo tampoco diferencia en género y sexo. El tiempo de transición y adaptación es mayor en altitudes más altas y objetivo SpO₂ los niveles se alcanzan más tarde en altitudes elevadas (37).

La saturación de oxígeno es medida mediante la oximetría de pulso la cual desempeña un papel vital en la evaluación del recién nacido, que cambia de forma inmediata del entorno intrauterino al extrauterino (38). A medida que los valores de referencia para la oximetría de pulso durante los primeros minutos de vida están disponibles, los ajustes automáticos de FiO₂ son factibles y pueden ser muy útiles para el cuidado en la sala de partos así poder limitar la exposición al oxígeno (39).

Es así que en los últimos años ha crecido el interés por el uso de la pulsioximetría, para monitorizar la SpO₂ arterial preductal y la frecuencia cardíaca (FC) durante la transición neonatal y reanimación en la sala de partos, creando una discusión en curso sobre el uso de suplementos de oxígeno.



2.2.5. Oximetría de pulso en recién nacidos

“La oximetría de pulso es un método indirecto, simple y no invasivo que se utiliza para medir la saturación de oxígeno de la sangre capilar periférica, como alternativa al AGA” (40). La saturación de oxígeno “se define como el porcentaje de la hemoglobina que se encuentra saturada de oxígeno respecto del total de hemoglobina en sangre arterial” (4).

El número resultante indica “la saturación de oxígeno en la sangre arterial. Se pueden medir en varias regiones del cuerpo, como el pulpejo de los dedos, el dedo gordo del pie y el lóbulo de la oreja” (41). “Se mide en las palmas de las manos y las plantas de los neonatos y en las extremidades de los niños pequeños” (41). “En neonatos, la muñeca y el tobillo son los sitios alternativos para las mediciones en lugar de la palma o la planta de uso habitual” (41) “con una precisión de 95% a 97%” (42).

“Además, la oximetría de pulso proporciona resultados precisos de la frecuencia cardíaca y la amplitud del pulso, al captar las pulsaciones de sangre arterial que transmite valores lumínicos” (43).

La oximetría de pulso utiliza una metodología espectrofotométrica para medir la SpO_2 iluminando la piel y midiendo la absorción y la emisión de luz de la hemoglobina oxigenada (HbO_2) y de la hemoglobina desoxigenada (Hhb) usando dos extensiones de onda de luz: 940 nm para la luz infrarroja y 660 nm para la luz roja, porque estas longitudes de onda son utilizables fácilmente en los semiconductores. Esto coincide con el coeficiente de extinción, una característica física única para cada especie



molecular. El pulsioxímetro detecta la transmisión y reflexión de la luz roja e infrarroja por un lecho de tejido. Contiene 2 sensores con diodos emisores de luz, uno para la luz infrarroja y otro para la luz roja, así como un detector de fotodiodo. Para la medición del oxígeno, los diodos emisores de luz y los fotodiodos detectores se instalan en extremos contrarios de un tejido translúcido (yema del dedo, pabellón auricular, etc.)

“La oxihemoglobina absorbe más la luz infrarroja y permite el paso de la luz roja; por el contrario, la desoxihemoglobina absorbe más la luz roja y permite el paso de la luz infrarroja” (44). “La relación de absorbancia en estas longitudes de onda se calcula y calibra contra las mediciones directas de SpO_2 para establecer la medida de SpO_2 ” (44).

“La oximetría de pulso ofrece un método confiable y no invasivo para la valoración continua de la SpO_2 y de la frecuencia cardíaca” (45). “Aunque esta tecnología se emplea rutinariamente en las unidades de cuidados intensivos de neonatos” (46); “su aplicación sistemática en la sala de partos requiere que se disponga de información precisa sobre los valores normales de la SpO_2 del recién nacido sano en los primeros minutos de vida” (46). Los fetos normales suelen mantener una SpO_2 cercana al 60 por ciento, por lo que es plausible plantear la hipótesis de que, al menos al principio de la transición a la vida extrauterina, mientras logren la adaptación respiratoria posnatal, los neonatos sanos podrían mantener cifras de SpO_2 dentro de límites inferiores a los generalmente admitidos como normales. A este respecto, varios estudios han revelado que en los primeros 10 minutos de vida de un neonato sano, la SpO_2 aumenta gradualmente, y se necesitan al menos 5 minutos para que las saturaciones



de oxígeno se eleven por encima del 90% (8,48). Dada la mayor adaptación pulmonar neonatal asociada al parto por cesárea, además es plausible que el modo de parto pueda tener algún efecto sobre los valores de SpO₂ en el postoperatorio inmediato. En cuanto a estas posibles disparidades en la progresión de la SpO₂ entre los neonatos que nacen por cesárea y por parto vaginal, los datos disponibles son limitados. En algunos estudios recientes, se ha informado de que los recién nacidos por cesárea presentan niveles de SpO₂ bajos (47,48), mientras que en otro análisis no se ha informado tal discrepancia.

El hallazgo de un alza progresiva de la SpO₂ en los primeros cinco a diez minutos; después del nacimiento, ha sido adecuadamente valorado por diversos autores. House y cols., en un artículo de cien niños prematuros y de término, “reportaron promedios de SpO₂ preductal de 59%, 68%, 82% y 90% a los 1, 2, 5 y 15 minutos de vida, respectivamente, sin diferencias del progreso de la SpO₂ según la vía de nacimiento” (49).

Estudios clásicos utilizando pulsioximetría en sala de partos han documentado que se necesita más de 5 minutos; para que un recién nacido en proceso normal de transición posnatal pueda alcanzar una SpO₂ >80% y casi 10 minutos para alcanzar el 90% (50). En la actualidad el normograma de Dawson es el único y mejor disponible para una estimación apropiada de SpO₂, que resulta de la fusión de tres bases de datos separadas con un total de 468 recién nacidos con edad gestacional en edades comprendidas entre 25 y 42 semanas que no recibieron oxígeno al nacer, donde la mediana de tiempo para alcanzar SpO₂>90% fue de 7,9 minutos.



Sin embargo, los recién nacidos por cesárea necesitan aún más tiempo (4). Esta suposición no diferencia entre neonatos nacidos por cesárea electiva, parto y de emergencia, ni entre término, término temprano, prematuro tardío y restricción del crecimiento prematuro o intrauterino. Esto es relevante considerando que ha aumentado la incidencia en todo el mundo, de la cesárea electiva parto.

El oxígeno es un potente vasodilatador involucrado en la transición que se produce desde el nacimiento hasta la respiración. Se administra oxígeno suplementario para revertir y/o prevenir la hipoxia; sin embargo, el exceso de oxígeno puede ser tóxico debido a la formación de especies reactivas de oxígeno.

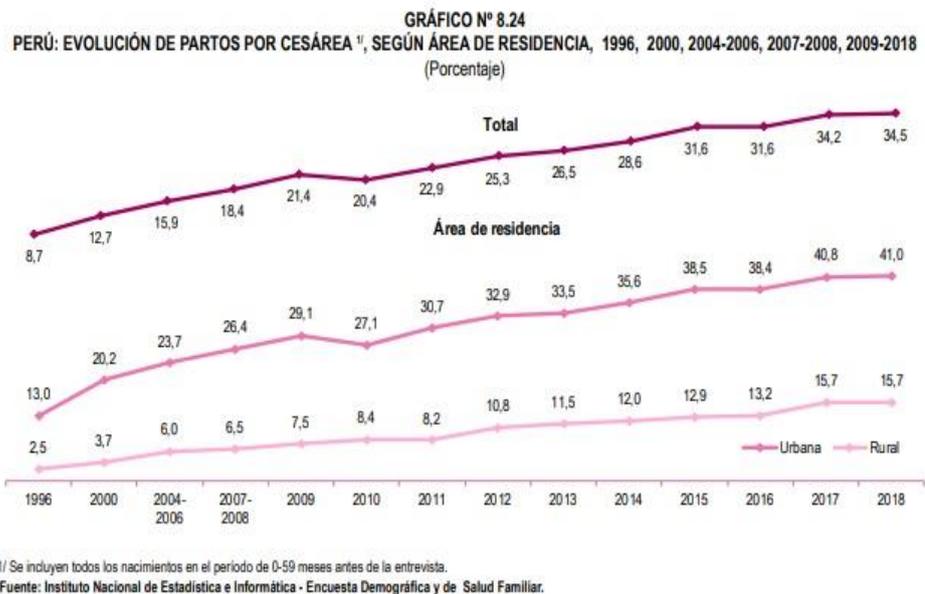
2.2.6. Parto por cesárea

La cesárea, intervención quirúrgica que consiste en la extracción del feto por vía abdominal a través de una incisión en el útero. El término “cesárea” proviene de distintas versiones. Julio César, emperador Romano habría nacido por cesárea. Otra, proviene de una ley romana denominada “Ley Regia o Ley César”, la que obligaba a cortar el abdomen y extraer al feto de toda mujer embarazada fallecida. Por último, se argumenta que el verbo latino “caedere” que significa cortar, simplemente se haya adaptado al nacimiento de un niño mediante un “corte” (51).

La tasa de partos por cesárea ha aumentado consistentemente en todo el mundo durante los últimos 50 años, alcanzando en la actualidad cifras del 30% de los nacimientos en comparación con un 5% en los años 60 (52), lo cual es variable entre diferentes regiones y países.

El nacimiento por cesárea, que se estima debe situarse entre 5% y 15% de todos los nacimientos como solución final a complicaciones del embarazo y parto, sin embargo, la incidencia continúa aumentando en el Perú (28).

Es así que en el Perú el año 2018, la proporción de nacimientos por cesárea fue de 34,5%. El área urbana (41,0%) presenta mayor porcentaje que el área rural, sin embargo, en comparación con el año 1996, el área rural pasó de 2,5% a 15,7%.



El porcentaje de nacimientos por cesárea se incrementó de 26,5% a 34,5% entre los años 2013 y 2018, un incremento en 8,0 puntos porcentuales. Asimismo, según edad de la madre al nacer el primer hijo/hija se presenta un mayor porcentaje en las mujeres entre 35 y 49 años de edad con 45,2 por ciento frente a un 23,7 por ciento en mujeres menores de veinte años.

Generalmente, se pide que el nacimiento debe ocurrir desde las 37sem hasta las 41sem 6/7; como la edad gestacional buena, a menos que



previamente se muestre un parto espontáneamente o surjan complicaciones “maternas o fetales que orienten a interrumpir el embarazo. Por más de 30 años el Comité Perinatal del ACOG ha instado a sus miembros a evitar totalmente los nacimientos electivos antes de las 39 semanas” (29), esto sumado a la evidencia que muestra que el parto por cesárea electiva afecta adversamente la saturación de oxígeno preductal durante la transición del nacimiento (53).

“Múltiples informes en la literatura documentan que la cesárea por si misma es un factor independiente de riesgo para el desarrollo de dificultad respiratoria en todas las edades gestacionales” (54), aproximando un 20 por ciento de todos los neonatos nacidos por esta vía. “Este riesgo aumenta considerablemente si la intervención ocurre antes de las 39 semanas, un estimado de 1,5 veces por cada semana decreciente por debajo de esa edad gestacional” (55).

“La frecuencia de complicaciones pulmonares también aumenta en casos de cesáreas electivas previas al inicio de trabajo de parto” (56); una incidencia de 30 por ciento, en contraste a 11,2 por ciento cuando hay trabajo de parto, independientemente de la edad gestacional.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

La labor se ejecutó en el “Hospital III Miguel Ángel Mariscal Llerena” de gestión estatal de la ciudad Ayacucho, Provincia de Huamanga, Dpto. de Ayacucho, entre los meses de julio y diciembre del año 2021, durante el internado médico dependiente del servicio de Ginecología y Obstetricia, además del servicio de Pediatría, previa autorización por la Dirección del Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena, el mismo que viabilizó contar con la logística (ingreso a las cesáreas, a la sala de atención inmediata, apoyo médico, enfermero y otros) para realizar el trabajo.

La ciudad de “Ayacucho se encuentra en la región Sur Central de los Andes, entre las coordenadas 13° 09' 26" de latitud Sur y 74° 13' 22" de longitud Oeste con relación al meridiano de Greenwich, a una altitud de 2746 m” (57); “limita por el norte con el departamento de Junín, por el este con los departamentos de Cusco y Apurímac, por el sur con el departamento de Arequipa, y por el oeste con los departamentos de Ica y Huancavelica” (58).

La ciudad de Huamanga, sede del Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena, ubicada a 2746 m de altitud (57), “en Ayacucho-Perú, está en el espacio considerado como de gran altitud” (59), donde la “presión atmosférica y la presión parcial de oxígeno (PO₂) varían en relación inversa con la altitud” (60).

$$y = 2E-06x^2 - 0.0811x + 752.78 \quad (R^2 = 0.9995) \text{ (ecuación polinómica).}$$

A partir de la ecuación, y considerando para Ayacucho una altitud de 2746 metros (57), la presión atmosférica estimada es de 545.2mmHg, la misma que representa el 71.73% de la presión del nivel del mar, con una cascada de 214.8mmHg. El aire atmosférico está conformado por 21% de oxígeno en volumen, (61) por lo que la presión parcial estimada de oxígeno (PO_2) en el aire de Ayacucho es de 114.5mmHg, con una cascada de 45.1mmHg, lo cual será un factor determinante en la saturación de oxígeno.

Tabla 1 Presión barométrica y presión parcial de oxígeno (PO_2), de la ciudad de Ayacucho con relación a las del nivel del mar (valores calculados) (62).

Presión atmosférica/ PO_2	Nivel del mar (0 m)	Ayacucho (2740 m)
Presión atmosférica, mm Hg	760	545.2
Presión parcial de O_2 (PO_2), mm Hg	160	114.5

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio fue de tipo analítico porque tiene más de dos variables, observacional sin grupo control porque no hubo manipulación de la variable, transversal porque la muestra se tomó en un solo momento durante de más de 10 minutos en los recién nacido en gran altitud (2746m).

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estuvo formada por 752 recién nacidos por cesárea, registrados durante el periodo de julio a diciembre del año 2021, la misma que representó el 49.2% de los nacimientos en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena” según los datos emitidos por la unidad de estadística e informática del hospital.

“La muestra estuvo conformada por 41 neonatos (unidades de análisis) entre varones y mujeres, sanos, nacidos por cesárea, a término (37 a 41 semanas 6/7), obtenida a través de muestreo no probabilístico por conveniencia” (63) “o consecutivo” (64), “más aplicable y de amplio uso en las investigaciones clínicas, dada la disponibilidad y la accesibilidad” (65), solo importa que la unidad de análisis “cumplan con los criterios de inclusión y exclusión. El procedimiento consistió en registrar a los pacientes según su disponibilidad, accesibilidad y proximidad, dentro del período de tiempo definido para el estudio, siendo por tanto un método rápido, económico y conveniente” (66).

“Los colaboradores se eligieron en forma progresiva en orden de visión de casos en el departamento de ginecología del hospital” (67). El procedimiento de muestreo terminó “cuando se alcanzó el límite de tiempo (saturación del tiempo). Los participantes fueron asignados en forma aleatoria a cada grupo de intervención (género y edad gestacional), para la medición de la saturación de oxígeno (SpO₂), según corresponda” (67).

Características	Varones	Mujeres	P valor
Número de recién nacidos	21	20	
Peso	3271.9 ± 583.5	3185.2 ± 402.0	0.73
Talla	49.7 ± 1.3	48.6 ± 2.7	0.11
Perímetro cefálico	35.7 ± 1.5	35.2 ± 1.7	0.34
Perímetro torácico	34.6 ± 2.7	34.0 ± 2.2	1.00

Tabla 2 Distribución de la muestra de neonatos del Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena. Periodo Julio-diciembre del 2021 utilizados para el estudio.



3.3.1. Criterios de inclusión:

- Progenitoras de acuerdo para el medir la SpO₂ en sus neonatos, antes aprobación informada o pedido expreso de parte para la prueba en su neonato.
- Neonato nacido por cesárea sin obstáculos de ambos sexos.
- Gestación a término (37 a 41 sem. 6/7), y pretérmino tardío (34 a 36 sem, 6/7) “determinado por el método de diagnóstico de Capurro” (68), con o sin contacto piel a piel.
- Apgar (del inglés appearance, pulse, grimace, activity, and respiration), que consta en las 5 pruebas para fiscalizar la salud de un bebé, cada una calificable en un rango de 0 a 2, siendo 2 la óptima puntuación; un Apgar de nacimiento mayor a 7 puntos al 1er min; y a los 5 min; de nacido.
- Peso adecuado para la edad gestacional y Examen físico normal.

3.3.2. Criterios de exclusión:

- Recién nacidos que hayan requerido maniobras iniciales de reanimación avanzada u oxígeno suplementario.
- Neonato con anomalías congénitas (cardiopatías congénitas) y/o comorbilidades.
- Malformaciones anatómicas de la caja torácica.
- Nacido de madre con patología obstétrica como toxemia gravídica, diabetes, anemia.



- Embarazo múltiple.
- Edad gestacional menor de 36 sem; o mayor de 42 sem.
- Sufrimiento fetal agudo.
- Problemas neuromusculares que alteren la mecánica ventilatoria.

3.4. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La información se recolectó mediante el ciclo de labor en el servicio de ginecología y obstetricia, y en el servicio de Pediatría del “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena”, como parte del internado médico ejecutado en el año 2021, mediante el registro de los valores de las variables de medición en neonatos incluidos en el estudio. El paso previo fue la identificación de las gestantes programadas para cesárea electiva en el servicio de obstetricia y las gestantes que requerían cesárea en la sala de emergencia del hospital. Haciéndoles el seguimiento hasta que completen todos los pre- quirúrgicos e ingresen a los criterios de inclusión.

En el caso de los RN, se realizó la evaluación primaria (aspirando la boca y fosas nasales siempre en cuando lo requiera, secando la cabeza y cuerpo con una toalla de algodón precalentada), determinación del APGAR al 1 y 5min (que debe ser >7), la coloración del líquido amniótico (que debe ser claro), pasándose al neonato a su madre para el contacto precoz piel con piel, en quirófano.

La información anotada en las fichas de recolección de datos fue el registro de la SpO₂ medida por un saturómetro neonatal de alta precisión (ChoiceMed MD300m) y de acuerdo al protocolo de atención del RN establecido



por la AHA. Luego los datos fueron enumerada y tabulados en el programa Microsoft Excel para los cálculos y análisis correspondientes.

3.5. METODOLOGÍA

3.5.1. Determinación de la saturación de oxígeno (SpO₂) en los primeros 10 minutos de vida del recién nacido

La SpO₂ se midió a través de “oximetría de pulso preductal”, en la muñeca derecha del RN, (69) prosiguiendo con la recomendación para el correcto medir desde el minuto 1 hasta el minuto 10. Registrando el valor de cada RN en ficha individual. Las mediciones se ejecutaron con el oxímetro de pulso portátil de marca (ChoiceMed MD300M, serie N° 100145), pantalla de color (TFT) de alta resolución, alarma visual y acústica, ajustable para SpO₂ y frecuencia cardíaca, de uso neonatal, procedente de Beijing, año 2015.

Las mediciones se realizaron previa revisión del manual de uso del aparato, entrenamiento, y con un mismo monitor para todos los neonatos en estudio, a fin de evitar errores de técnica y sesgos en los resultados. El procedimiento consistió, una vez recepcionado al neonato (realizado por el neonatólogo y personal de enfermería capacitado) es llevado a la servocuna donde se le procede a secar la muñeca derecha con una gasa precalentada, se le colocó el sensor por un tiempo ≥ 10 minutos. Los datos se registraron en las fichas respectivas, guiados de la pantalla del monitor.

Los resultados se expresaron en porcentajes de saturación, graficados mediante una línea de tendencia en modelo de regresión lineal polinómicas, con la correspondiente ecuación de predicción.



3.5.2. Determinación de la saturación de oxígeno (SpO₂) según sexo del recién nacido

El sexo estuvo conformado por hombre y mujeres, por inspección genital en el momento del parto; y el peso del neonato, se determinó mediante el registro gravimétrico con una balanza electrónica neonatal.

3.5.3. Determinación de la saturación de oxígeno (SpO₂) según vía de parto (cesárea vs vaginal)

La saturación de oxígeno preductal según vía de parto se determinó a través de la comparación de valores de parto por cesárea encontrados en la ciudad de Ayacucho (2746 m) con valores referenciales de parto vaginal disponibles en la bibliografía, los mismos que corresponden a diferentes altitudes próximas a la de Ayacucho (1640-4340 m), habiéndose localizado un total de 12 artículos relacionados al tema en estudio, durante los 10 primeros minutos de vida (Anexo 1, Tabla 7).

3.6. VARIABLES

3.6.1. Variables independientes

- Tiempo de saturación (1 a 10 minutos)
- Sexo

3.6.2. Variable dependiente

- Saturación de oxígeno preductal

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron expresados en estadísticos de tendencia central (promedio) y dispersión (desviación estándar). Los resultados de la saturación de



oxígeno (SpO_2) minuto a minuto, hasta el minuto 10, se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) en diseño completo al azar, segmentando los datos en tres grupos: minuto 1, 5 y 10, en forma genérica, incluido varones y mujeres, sujeto al siguiente modelo aditivo lineal, con un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} : variable respuesta (saturación de oxígeno).

μ : media general.

τ_i : variación entre grupos.

ε_{ij} : variación entre observaciones.

Además, los datos de la saturación minuto a minuto, en el transcurso de los Diez min. posnacimiento se examinaron a través de “regresión lineal simple y su correspondiente análisis de varianza (ANOVA), cuyos parámetros se analizaron mediante la prueba t, considerando el tiempo como la variable independiente y la saturación de oxígeno como la variable dependiente” (70); sometido al sucesivo tipo, “con un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$), donde $i = 1, 2, \dots, n$ y los errores ε_i son independientes y están distribuidos normalmente con media 0 y varianza σ^2 ”(70).

Donde:

y_i : variable respuesta, es decir, saturación de oxígeno (SpO_2).

x_1 : variable explicatoria (minutos).



β_0 : intercepto de la regresión.

β_1 : pendiente de la regresión.

ε_i : error de la regresión.

Los resultados comparativos de saturación de oxígeno (SpO₂) dependientes de sexo (varones y mujeres), se analizaron mediante la prueba de diferencia de medias, t Student, dada su robustez, (72) sujeta a prueba de hipótesis, con un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$).

H₀: $\mu_1 = \mu_2$

H₁: $\mu_1 \neq \mu_2$

Donde:

H₀: Hipótesis nula o la de no efecto.

H₁: Hipótesis alterna o la de sí efecto.

μ_1 : Saturación de oxígeno en varones.

μ_2 : Saturación de oxígeno en mujeres.

El valor t_c se valuó con la sucesiva fórmula, bajo la asunción de que las varianzas de la saturación de oxígeno entre varones y mujeres son homogéneas:

$$t_c = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_p^2 \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde: t_c , t calculada; \bar{x}_1 , media del grupo varones; \bar{x}_2 , media del grupo mujeres; S_p^2 , varianza ponderada; n_1 y n_2 , número de neonatos por grupo.

La varianza ponderada (S_p^2 : varianza común o varianza conjunta) se calculó, considerando las dos muestras mediante la siguiente fórmula:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde: S_p^2 , varianza común de las dos muestras; S_1^2 , varianza del grupo varones; S_2^2 , varianza del grupo mujeres; $n_1 + n_2 - 2$, grados de libertad.

Los datos comparativos de saturación de oxígeno entre tipo de parto y momento posnatal, se evaluaron a través del análisis de varianza (ANOVA), en diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial 2 x 3, con dos tipos de parto (cesárea y vaginal), tres momentos de saturación (minuto 1, 5 y 10), sujeto al sucesivo tipo aditivo lineal fijo, con un grado de importancia del 5% ($\alpha = 0.05$), bajo la asunción de que los datos están normalmente distribuidas con su media y varianza (71).

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

para $i = 1, \dots, a$; $j = 1, \dots, b$; $k = 1, \dots, n$

Donde:

y_{ijk} : variable respuesta del sujeto.

μ : media general de la variable respuesta.

α_i : efecto principal asociado al tipo de parto.

β_j : efecto principal asociado al momento posnatal.

$(\alpha\beta)_{ij}$: interacción entre tipo de parto y momento posnatal.

ε_{ijk} : error aleatorio del modelo (observaciones).

Las medias se confrontaron a través del ensayo de Tukey, con un grado de importancia de 5% ($\alpha = 0.05$). “Las significancias se calcularon con el programa VassarStats de acceso libre” (72).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SATURACIÓN DE OXÍGENO PRE-DUCTAL (SPO₂) DURANTE LOS PRIMEROS 10 MINUTOS DE VIDA NEONATAL EN RECIÉN NACIDOS POR CESÁREA.

La saturación de oxígeno incrementa en forma progresiva, minuto a minuto, con un inicio relativamente bajo, $63.9 \pm 13.4\%$, hasta alcanzar un valor máximo de 89.3 ± 4.4 en el minuto 10 (Tabla 3), con un alza de 39.7% , o 2.82% en cada minuto, el mismo que fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$). El incremento de la saturación generó una tendencia polinómica, con un alto coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9955$), generando la siguiente ecuación:

$$y = 0.0698x^2 + 2.1339x + 61.597 \quad (R^2 = 0.9955)$$

El modelo es válido para el segmento comprendido entre los minutos 1 al 10, los mismos que son los más críticos debido a que en este período el neonato debe lograr una saturación de oxígeno mayor a 90% , a fin de garantizar su adaptación neonatal a la vida extrauterina, de manera que a partir de la ecuación se puede predecir la saturación de oxígeno en algún momento dentro de este tiempo. Así, por ejemplo, para el minuto 5 el neonato debe alcanzar una saturación de oxígeno de 74.01% , la misma que está por debajo del rango de valores normales “referenciado por la Asociación Americana del Corazón (AHA, American Heart Association) para los recién nacidos al quinto minuto ($80-85\%$)” (73).

Tabla 3 Saturación de oxígeno pre-ductal (SpO₂) en los primeros 10 minutos de vida del recién nacido en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena De Ayacucho” (2746 m de altitud).

Minuto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	P _{valor}
Promedio, %	63.9	66.8	68.0	70.8	73.8	76.3	81.0	83.6	86.7	89.3	<.0001
Desv. Est.	13.4	13.5	12.9	12.0	11.0	12.0	7.9	7.0	5.5	4.4	
C.V., %	21.0	20.1	18.9	17.0	14.9	15.7	9.8	8.4	6.4	4.9	

Nota: La significancia se obtuvo mediante el análisis de varianza con los datos de los minutos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Al minuto 10, la saturación de oxígeno pre-ductal (SpO₂) fue de 89.3±4.4%.

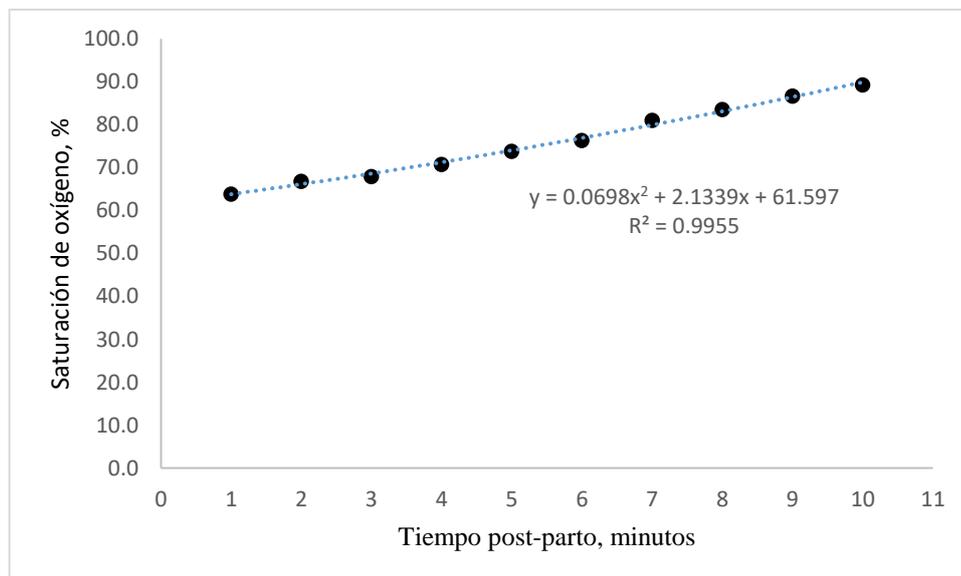


Figura 1. Curva de Saturación de oxígeno pre-ductal en recién nacidos a término, durante los diez primeros minutos de vida en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena De Ayacucho” 2021.



El oxígeno (O_2) cumple una función importante en la vida de un individuo, y mucho más aún en un neonato que debe garantizar la vida después del nacimiento, para un crecimiento y desarrollo adecuado en el futuro, puesto que debe impulsar el metabolismo energético aerobio, a fin de que su organismo pueda oxidar “los combustibles, tales como la glucosa y los ácidos grasos, para producir energía en forma de ATP y calor” (74). La oxigenación, por su parte, cumple una función importante en los cambios fisiológicos necesarios para una transición fetal a neonatal exitosa. La saturación periférica de oxígeno en el feto, a grado del mar, es de 50 a 60%, la misma que debe incrementar hasta 90 a 95% en los primeros minutos luego del nacimiento, en los RN sanos y con una adecuada respiración (69).

La altitud representa un factor importante que hace variar “los valores de saturación de oxígeno en la sangre. La presión atmosférica y la presión parcial de oxígeno inspirado caen en una relación lineal con la altitud” (75). Conforme incrementa la altitud, presión parcial de oxígeno (pO_2) y SpO_2 disminuyen, como consecuencia de una menor presión barométrica. A dicho estado se llama hipoxia hipobárica y es causada por la hipoxia alveolar e hipoxemia en los individuos que viven o remontan a la elevación. Una disminución en la presión del oxígeno inspirado baja la presión impulsora para el intercambio de gases en los pulmones y, asimismo, para la producción de energía.

Los datos comparativos entre Zabarioglu, Zanardo y Bancalari respecto a la saturación de oxígeno registrados en altitudes próximas al nivel del mar (10)(76)(6), con los datos observados en el presente trabajo, evidencian el efecto de la altitud. La Figura 2 muestra que, en altitudes próximas al nivel del mar, SpO_2 varía desde 66.3% en el minuto 1, hasta 93.55% en el minuto 10; en cambio, SpO_2

en Ayacucho (2746 m), SpO₂ fue menor en todos los minutos, desde 63.9% en el minuto 1, hasta 89.3% en el minuto 10, con un descenso de 4.26% en promedio por efecto de la altitud. Ambas relaciones generan una relación polinómica, con un alto coeficiente de determinación ($R^2 > 0.99$), concordante con reportes donde “la saturación de oxígeno disminuye con el incremento de la altitud tanto en neonatos” (77), niños (78) y adultos (79).

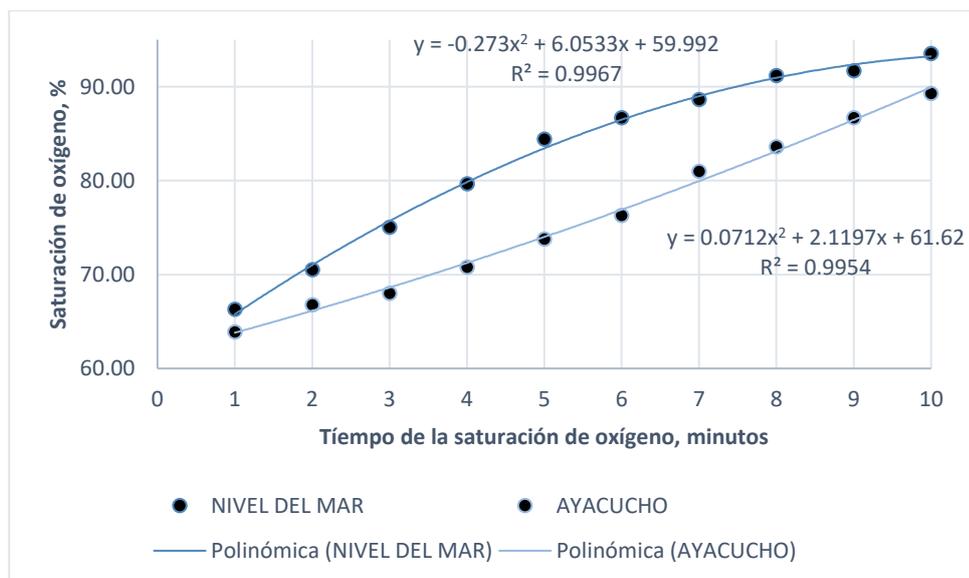


Figura 2. Comparativo de saturación de oxígeno preductal (SpO₂) en recién nacidos por cesárea en altitudes próximas al nivel del mar y 2746m (Ayacucho), en los primeros 10 minutos de vida.

$$y = -0.273x^2 + 6.0533x + 59.992 \quad (R^2 = 0.9967) \quad (\text{Ec. 1) Nivel del mar.}$$

$$y = 0.0712x^2 + 2.1197x + 61.62 \quad (R^2 = 0.9954) \quad (\text{Ec. 2) Ayacucho (2746 m).}$$

La altitud es un referente significativo para la saturación de oxígeno en el organismo, debido a que está relacionada con la presión barométrica del aire y con la pO₂, las mismas que tienen efectos directos sobre el intercambio gaseoso a nivel pulmonar (78). “A nivel del mar la presión atmosférica es de 760 mm Hg con una presión parcial de oxígeno de 159 mm Hg” (61), mientras que en Ayacucho (2746



m), la presión barométrica estimada del aire atmosférico fue de 545.2 mm Hg con una presión parcial de oxígeno 114.5 mm Hg, siendo la caída (cascada) de 45.1 mm Hg, lo cual es un factor que determina en la saturación de oxígeno (80).

Dawson et al. (2010) define el rango de referencia para la saturación de oxígeno para neonatos a partir de estudios en el Royal Women's Hospital (Melbourne, Australia) (41 m de altitud) y University Children's Hospital La Fe (Valencia, España) (15 m de altitud), con 5000 a 6000 nacimientos por año, estableció la saturación de oxígeno (12). A partir de mediciones hechas con 200 neonatos, entre varones y mujeres a término, nacidos por cesárea, estableció valores de 54% (rango de 40-70%) para el minuto 1, y 94% (rango de 91-98%) para el minuto 10, sin diferencia entre sexos, los mismos que son referentes universales para altitudes próximas al nivel del mar, los cuales son de muy poca utilidad para las grandes altitudes, donde evidentemente la saturación de oxígeno es menor, siendo necesario establecer valores referenciales para estos espacios.

El aire seco del nivel de mar tiene una presión atmosférica de 760 mm Hg y una presión parcial de oxígeno (pO_2) de 159.6 mm Hg; sin embargo, el aire inspirado que ingresa a la vía respiratoria no está totalmente seco, sino saturado con 100% de vapor de agua, gracias a las mucosas de las vías respiratorias altas que lo humedecen. A temperatura corporal ($37^\circ C$), la presión parcial del vapor de agua (PH_2O) es de 47 mm Hg, independiente de la altitud (81), por lo tanto, la presión del aire inspirado disminuye por efecto del vapor de agua; y en forma similar, disminuye también la presión parcial del oxígeno inspirado (PiO_2).

El fenómeno es tan similar en altitudes mayores donde la presión barométrica del aire baja por efecto de la altitud.

Tabla 4 ilustra la cascada de la presión de los gases por efecto de la altitud.

Nivel del mar	Gran altitud (Ayacucho)
$P_{\text{aire inspirado}} = 760 - 47 = 713 \text{ mm Hg}$	$P_{\text{aire inspirado}} = 545 - 47 = 498.2 \text{ mm Hg}$
$P_{iO_2} = 713 \times 0.21 = 149.73 \text{ mm Hg}$	$P_{iO_2} = 498.2 \times 0.21 = 104.62 \text{ mm Hg}$
$P_{AO_2} = (760 - 47) * 0.21 - \frac{40}{0.82}$ $= 100.95$	$P_{AO_2} = (545 - 47) * 0.21 - \frac{40}{0.82}$ $= 55.8$

Así, por ejemplo, la presión atmosférica calculada para Ayacucho es de 545.2mmHg, y la presión del aire inspirado es de 498.2mmHg, con un descenso de 47mmHg por efecto del vapor de agua presente en las vías respiratorias. La presión parcial de oxígeno experimenta el mismo fenómeno, disminuyendo en el aire inspirado (Tabla 4).

A nivel alveolar, la presión parcial del oxígeno inspirado (P_{iO_2}) continúa en descenso, debido al espacio muerto y la mezcla de gases inspirados y espirados (82). “La caída se puede explicar por la presión parcial alveolar del CO_2 (P_{ACO_2}). Como la presión parcial del dióxido de carbono inspirado (P_{iCO_2}) es cero, la P_{ACO_2} generalmente está en el rango de 40-45mmHg” (70), “causando el descenso de la presión parcial alveolar de oxígeno (P_{AO_2})”. La presión parcial de oxígeno a nivel alveolar (P_{AO_2}) se puede calcular mediante la siguiente ecuación” (70).

$$P_{AO_2} = (P_{\text{atm}} - P_{H_2O}) * F_{iO_2} - \frac{P_{ACO_2}}{RQ}$$

Donde: P_{atm} es la presión atmosférica del aire; P_{H_2O} , la presión parcial del vapor de agua en las vías respiratorias (47 mm Hg); F_{iO_2} , la fracción inspiratoria de



oxígeno (21%); P_{ACO_2} , presión parcial alveolar del CO_2 (40-45%); y RQ, el cociente respiratorio ($RQ = \frac{CO_2}{O_2}$) de las dietas humanas (0.82).

A partir de la ecuación, la presión parcial alveolar del oxígeno en la gran altitud (Ayacucho) es de solo 55.8 mm Hg, con un descenso del 44.7% con enlace a la del grado mar, lo cual explicaría la menor saturación de oxígeno registrada en la presente investigación, siendo esa menor presión parcial alveolar de oxígeno (P_{AO_2}), la pequeña fuerza motriz que impulsa la difusión del oxígeno mediante las membranas alveolares y las paredes capilares pulmonares, hacia el flujo sanguíneo arteriolar y los eritrocitos para su transporte por todo el cuerpo hacia los tejidos periféricos. A nivel celular y mitocondrial la presión parcial de oxígeno continúa en descenso llegando muy poco oxígeno (3.1%) para su uso en la oxidación de los combustibles y la generación de energía en forma de ATP y calor (74).

4.2. SATURACIÓN DE OXÍGENO (SpO_2) SEGÚN SEXO DEL RECIÉN NACIDO

La saturación de oxígeno (SpO_2) al minuto 10, en relación a ambos sexos, son similares. En la Tabla 5, se muestra el término medio de la saturación al minuto 10. Tanto en el sexo femenino que fue $90.2 \pm 4.3\%$, como en el masculino $88.5 \pm 4.4\%$. En relación con el peso inadecuado (<2999 gramos), para el sexo femenino el promedio fue $92.2 \pm 2.8\%$ y para el masculino el promedio fue $87.6 \pm 2.6\%$, dando un promedio general de SpO_2 al 10 minuto para el peso inadecuado $89.5 \pm 3.5\%$. Y para el peso adecuado (>3000 gramos), se observó en el sexo femenino $89.5 \pm 4.6\%$, y para el sexo masculino un promedio de $89.1 \pm 5.1\%$,

con un promedio general de SpO₂ al 10 minuto de $89.2 \pm 4.8\%$. Los mismos que no fueron estadísticamente significativos ($p = 0.1775$).

Tabla 5 SpO₂ al minuto 1,5 y 10 de vida, con respecto al género en neonatos nacidos por cesárea en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena De Ayacucho” (2746 m de altitud).

	Mujeres (20)	Varones (21)	P
Minuto	3185 ± 40.2	3236 ± 51.3	0.7282
1	65.2 ± 13.0	62.6 ± 13.9	0.5454
5	75.05 ± 11.1	72.7 ± 11.0	0.4942
10	90.2 ± 4.3	88.5 ± 4.4	0.2412
P	0.2442		
P	<.0001	<0.0001	0.9802

El peso de nacimiento es similar, si bien se presenta diferencia aritmética entre mujeres ($3185 \pm 402g$) y varones ($3236 \pm 513g$), al análisis estadístico fueron similares, con un promedio de $3211 \pm 118.8g$ y con un límite de confianza ($\alpha < 0.05$).

En forma similar con relación a la saturación no existe diferencia estadística entre sexos, por lo que se ha establecido un valor central a través de límites de confianza para el minuto 1 ($63.9 \pm 3.48\%$), minuto 5 ($73.8 \pm 2.85\%$) y minuto 10 ($89.3 \pm 1.14\%$). La no significancia en el peso y en la saturación puede atribuirse a la alta dispersión entre los valores, 14.2% para los pesos, 21.0% al 1 minuto, 14.9% al 5 minuto, 4.9% al minuto 10. Con una tendencia a la estabilización al minuto 10. Es evidente que la saturación al minuto 1 muestra una alta variabilidad (21.0%), la misma que al minuto 5 disminuye llegando a la estabilidad al minuto 10 (4.9%), se describió que la saturación es menor al primer



minuto, debido a los cambios fisiológicos en la función respiratoria y hemodinámica, que se inician predominantemente con la respiración al nacer y el pinzamiento del cordón umbilical. Esto desencadena una mengua significativa de la resistencia vascular pulmonar, aumentando en consecuencia el flujo sanguíneo pulmonar y el retorno venoso cardíaco. Los cambios resultantes en la circulación sistémica y pulmonar influyen en el flujo sanguíneo a través del agujero oval y del conducto arterioso. Esto eventualmente conduce al cierre de estas estructuras y la separación de las circulaciones pulmonar y sistémica a la presión alta de la arteria pulmonar y al cortocircuito de derecho a izquierdo mediante el conducto arterioso para los recién nacidos que nacen a término (83),(84). Lo que conlleva a una creciente progresiva de la saturación conforme pasan los minutos.

Los períodos de tiempo para alcanzar una SpO₂ el nivel $\geq 90\%$ en relación con la diferencia de género se observa en la Figura 2. En términos de género, la saturación de oxígeno preductal alcanzó niveles $\geq 90\%$ a los 10 min en las niñas, mientras que a los 10 minutos los niños alcanzaron un promedio de 88.5% SpO₂.

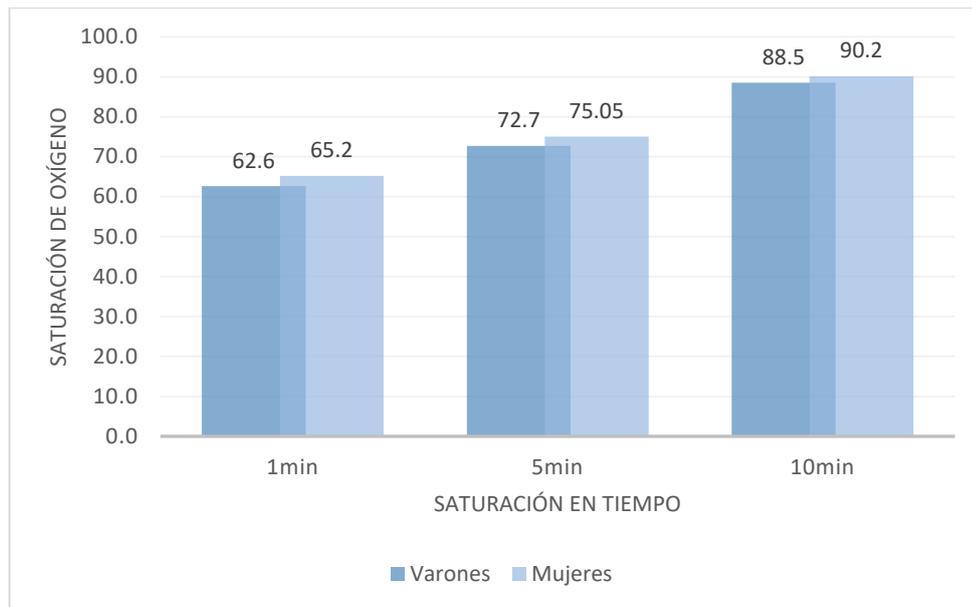


Figura 2 SpO₂ al minuto 1,5 y 10 de vida, con respecto al género en neonatos nacidos por cesárea en el “Hospital Miguel Ángel Mariscal Llerena De Ayacucho” (2746 m de altitud).

Zubarioglu et al. (2011) (10) analizó 141 recién nacidos entre ellos 71 fueron mujeres y 70 fueron varones, donde demuestra la saturación de oxígeno preductal alcanzó niveles $\geq 90\%$ a los $7,53 \pm 2,88$ min entre los niños varones, mientras que el mismo valor fue de $7,58 \pm 2,91$ min para las niñas. No hubo variación estadística importante entre el valor ($P > 0,05$). Lo que concierne con lo que se encuentra en el actual documento.

Hay tendencia a saturar más en mujeres en comparación con el género masculino, se sabe que los hombres están en desventaja en términos de muchos resultados de salud, en particular los resultados cardiovasculares y respiratorios, ya que se informa una madurez pulmonar avanzada en aproximadamente 1 semana en las niñas durante los últimos 2 meses del embarazo. Además, los fetos masculinos están expuestos a niveles más altos de andrógenos y sustancias inhibitoras de Müller, que afectan negativamente la producción de surfactante. El



uso ahora rutinario de corticosteroides prenatales y surfactante posnatal se ha asociado con una mejora sustancial en la supervivencia (85).

Fisiológicamente, los cambios más significativos en el período neonatal se encuentran en la vía del flujo sanguíneo intracardiaco y pulmonar. Inmediatamente después del nacimiento, los pulmones pasan de estar llenos de líquido a estar llenos de aire. El flujo sanguíneo pulmonar aumenta y el foramen oval y el conducto arterioso se cierran, lo que evita la derivación de sangre. El sistema respiratorio debe responder a un rápido aumento en la tasa metabólica y un cambiar gradual en la presión parcial de oxígeno desde el período fetal hasta el posnatal, mientras continúa con los pasos finales de maduración estructural de la unidad de intercambio de gases alveolar. El oxígeno tiene que ver bastante en la ordenación de esta secuencia de eventos.

La oxigenación posnatal requiere una etapa de ajuste de unos pocos minutos después del parto para obtener grados de oxígeno internamente del rango corriente. La poca saturación posnatal inicial se debe a la perseverancia del cortocircuito derecho a izquierdo a través del conducto arterioso y el foramen oval. El aumento de la SpO₂, después de quince a treinta minutos a los valores adultos probablemente corresponde al bloqueo práctico de la comunicación ductal y auricular (9).

La literatura revisada por lo general refiere valores a saturar >90% al minuto, indicando que la saturación del 85% implica riesgo de muerte. Sin embargo, los valores encontrados en la gran altitud están muy por debajo del valor referencial que a grado del mar.



Estos niños con 85% de saturación, según los valores referenciales deberían estar teóricamente 2 a 3 veces muertos, o con oxigenoterapia, puesto que estos valores son incompatibles con la vida, sin embargo, estos recién nacidos con 85% de saturación han estado más saludables de los que se puede imaginar.

Siefkes (2022)(86) Algunas literaturas procedentes de países bajos consideraron saturaciones 90-95% lo cual coincide con la altitud que es imposible lograr.

Al cotejar la edad gestacional, Apgar al 1er y 5º minuto y género del RN, no se hallaron diferencias estadísticamente importantes según la vía de parto. A considerar de que varias patologías cardiorrespiratorias son de mayor prevalencia en el género masculino, la mayoría de los estudios que han evaluado SpO₂ Pre y posductal en los primeros minutos posnatal, no han reportado que ocurre con la SpO₂ respecto al género del RN, excepto lo publicado por el grupo de autores de Turquía, que no demostraron diferencias de género en la saturación de oxígeno tanto en RN de término como de pretérmino. Esta observación concuerda con lo encontrado en el presente trabajo, donde no se demostraron diferencias significativas tanto para la SpO₂, como para la FC (6)

La saturación de oxígeno media al minuto 10 para todos los RN fue del 89.3 % (DE 4,4). Los niveles medios fueron ligeramente más bajos en los niños que en las niñas, pero no existió una diferencia significativa de género cuando se corrigió por el peso.

4.3. SATURACIÓN DE OXÍGENO (SPO₂) EN NACIDOS POR CESÁREA EN COMPARACIÓN CON LOS NACIDOS POR PARTO VAGINAL

Tabla 6. Saturación de oxígeno pre-ductal (SpO₂) en recién nacidos por cesárea vs los nacidos por parto vaginal durante los primeros 10 minutos de vida del neonato.

Minutos posnacimiento	Parto por cesárea (Ayacucho)	Parto vaginal (Varias fuentes) *	P	VxT
	(2746m)	(1640-4340m)		
1	63.9 ± 13.4	68.3 ± 10.9	0.0436	
5	73.8 ± 11.0	82.1 ± 7.0		
10	89.3 ± 4.4	88.1 ± 3.9		
P	<.0001			0.1177

Nota: cesárea (n = 41); parto vaginal (n = 12, promedios generales, Tabla 7); VxT: interacción vía de parto (cesárea y vaginal) y tiempo posnacimiento (minutos). *La saturación de oxígeno de parto vaginal corresponde a datos referenciales disponibles en la bibliografía (Anexo 1).

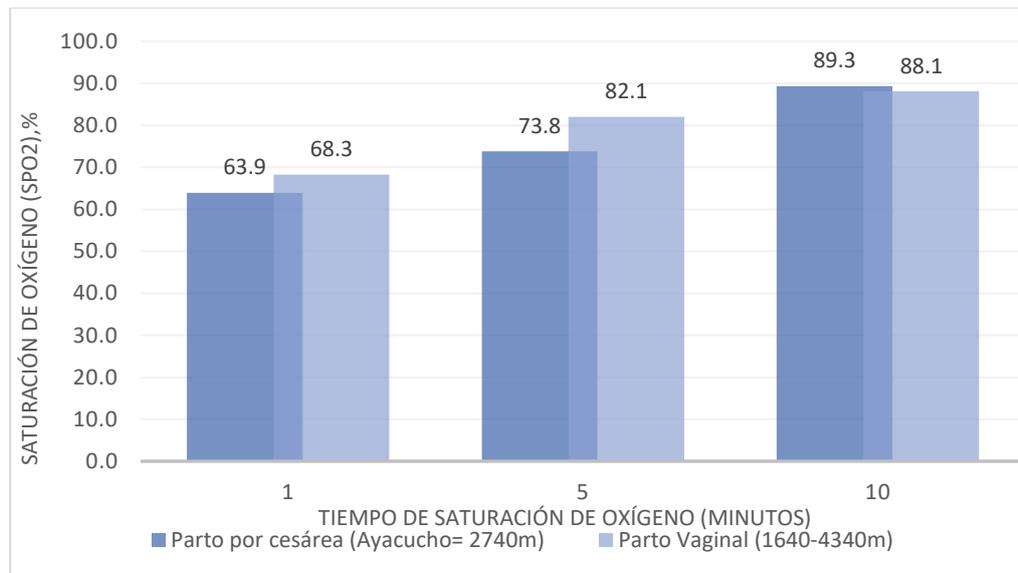


Figura 3. Saturación de oxígeno pre-ductal (SpO_2) parto por cesárea vs. parto vaginal durante los primeros 10 minutos de vida del neonato.

La saturación de oxígeno de los neonatos nacidos por cesárea es diferente a la de los que nacen por parto vaginal ($p < 0.05$), indicando que los que nacen por cesárea saturan menos que los que nacen por parto vaginal, sobre todo en el minuto 5 ($82.1 \pm 7.0\%$ vs $73.8 \pm 11.0\%$), siendo similares en los minutos 1 y 10. Un comparativo de la saturación en el minuto 1 evidencia valores diferentes ($63.9 \pm 13.4\%$ vs $68.3 \pm 10.9\%$, respectivamente), con una diferencia de 4.4% a favor de los nacidos por parto vaginal; sin embargo al análisis estadístico fueron similares. La saturación en el minuto 10 muestra la misma tendencia ($89.3 \pm 4.4\%$ vs $88.1 \pm 3.9\%$). A nivel general, los que nacen por parto vaginal saturaron mejor que los que nacen por cesárea.

Los nacidos por cesárea, si bien a los minutos 1 y 5 saturaron menos (63.9% y 73.8% , respectivamente) con relación a los nacidos por parto vaginal (68.3% y 82.1% , respectivamente), estos se recuperaron rápidamente en el minuto 10 (89.3%), hasta alcanzar valores similares que los que nacen por parto



vaginal, con un ascenso de 40% frente al 29% del parto vaginal, evidenciando algún mecanismo fisiológico que les permitió lograr la compensación.

El trabajo de parto es considerado como una condición intensa y estresante, tanto para la madre como para el feto que incrementa las concentraciones de norepinefrina y epinefrina, así como un incremento de la frecuencia respiratoria, mientras que el parto por cesárea es un procedimiento menos estresante y asociado con una inflamación menos intensa, aunque con un período de respuesta inflamatoria más prolongada (87).

La fisiología del parto por cesárea difiere considerablemente con respecto a la del parto vaginal (88). En el parto vaginal, el trabajo de parto es un factor estresante, con una alta liberación de catecolaminas por la médula suprarrenal (norepinefrina, epinefrina y dopamina), cortisol por la corteza suprarrenal, y por otros tejidos del sistema nervioso simpático, las mismas que son importantes en la adaptación a la vida extrauterina al incrementar la presión arterial del neonato y una disminución de la resistencia vascular pulmonar, posibilitando una mejor reabsorción del líquido pulmonar y una mejor saturación de oxígeno; en cambio, en el parto por cesárea el neonato experimenta una insuficiencia suprarrenal relativa, al producir menores cantidades de estas hormonas (37).

La producción de cortisol incrementa a las 32-36 semanas de gestación, con un pico alto justo después del parto (89), lo cual activa a las hormonas tiroideas, que a su vez activan a los canales de sodio que reabsorben el líquido pulmonar que ayudan a una mejor oxigenación del recién nacido por parto



vaginal, mientras que en los nacidos en parto prematuro o por cesárea, los niveles de cortisol son más bajos, con una menor saturación de oxígeno(37).

Los resultados están de acuerdo con otros trabajos donde los que nacen por cesárea tuvieron valores de SpO₂ más bajos con relación a los nacidos por parto vaginal, con un mayor tiempo para alcanzar valores de SpO₂ superiores al 85%. (4). Altuncu et al.(16) encontró la misma tendencia donde los niveles de SpO₂ en los minutos 1, 5 y 10 fueron 71, 92 y 98% en los que nacen por parto vaginal y 70, 79 y 96% en los de parto por cesárea, respectivamente. La época requerida para lograr SpO₂ > 90% fue 3 veces mayor en los partos por cesárea. Orozco et al (2017)(5) comparó la saturación de oxígeno cuando nace y a las 48 horas, de los que nacieron por cesárea y parto vaginal, a una altitud de 2421m, concluyendo que los recién nacidos por cesárea requieren alrededor de 2 minutos adicional que los que nacen por parto vaginal para obtener una tasa de saturación de 90%.

Dimich e Isobe no hallaron variaciones importantes en la SpO₂ entre los que nacieron en parto vaginal y por cesárea (90) , indicando que en ambos modos de parto los valores son los mismos, sin alcanzar el 90% en los primeros 5 minutos de vida;(91) mientras que otros encontraron resultados inversos, donde la saturación de oxígeno en “los nacidos por cesárea fue mayor que en los nacidos por parto vaginal” (92)



V. CONCLUSIONES

La saturación de oxígeno preductal (SpO_2) en nacidos por cesárea a 2746 metros de altitud inicia con $63.9 \pm 13.4\%$ en el minuto 1, incrementa en forma progresiva hasta $89.3 \pm 4.4\%$ en el minuto 10. Estos valores son menores con relación a los del nivel del mar.

La saturación de oxígeno preductal en el minuto 10 de los nacidos por cesárea a 2746 metros de altitud, no varía significativamente con relación al sexo.

La saturación de oxígeno preductal durante los primeros diez minutos de vida neonatal fue menor en los recién nacidos por cesárea a 2746m de altitud, con relación a los nacidos por vía vaginal, aunque solo en el minuto 1 y 5, porque al minuto 10 estos valores son casi equivalentes.



VI. RECOMENDACIONES

Realizar más mediciones de SpO₂ para los RN por cesárea, con muestras más grandes y en diferentes hospitales, para crear un consenso más sólido sobre la saturación real de los nacidos por cesárea a diferentes altitudes.

Realizar otros estudios de investigación comparativos de la SpO₂ preductal entre nacidos por cesárea y parto vaginal en la misma altitud.

Implementar a los hospitales con un mismo oxímetro de pulso neonatal para la obtención más consistente de datos.

Recomendar al gobierno regional en coordinación con senami y dirección regional de salud tener cifras locales de la presión barométrica.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Morton S, Brodsky D. Fetal Physiology and the Transition to Extrauterine Life. *Clinic Perinatology*. 2016;43(3):395–407.
2. Perrone S, Bracciali C, di Virgilio N, Buonocore G. Oxygen Use in Neonatal Care: A Two-edged Sword. *Frontiers in Pediatrics*. 2017 Jan 9;4(143).
Disponible en: www.frontiersin.org
3. Koch Katherine, Lovera Manuel, Álvarez Patricia. Saturación de oxígeno en recién nacidos a término sanos en la primera hora de vida. Hospital central de Maracay. Mayo-setiembre 2011 Venezuela. *Revista Pediatría Electrónica Universidad de Chile*. 2011.
4. Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal N. Oxygen saturation trends immediately after birth. *J Pediatr*. 2006 May [cited 2022 Apr 18];148(5):590–5894.
Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16737866/>
5. Orozco Gutiérrez A, Pereira Díaz A, Marcelo Orozco S. Diferencias entre la saturación de oxígeno al nacer y las 48 horas en neonatos a término reanimados con y sin oxígeno. *Acta médica grupo ángeles*. 2017 Oct [cited 2022 Apr 18];15(4). Disponible en: www.medigraphic.com/actamedica
6. Bancalari A, Araneda H, Echeverria P, Marinovic A, Manríquez C. Saturación arterial de oxígeno y frecuencia cardíaca en recién nacidos de término sanos durante la primera hora post nacimiento. *Revista Chilena de Pediatría*. 2019 Jul 1;90(4):384–91.
7. Bhargava R, Mathur M, Patodia J. Oxygen saturation trends in normal healthy term newborns: Normal vaginal delivery vs. Elective cesarean



- section. *Journal of Perinatal Medicine*. 2018 Feb 23 [cited 2022 Apr 16];46(2):191–5. Disponible en: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/jpm-2016-0373/html>
8. Ramos R Nicolás Ignacio, Pinzón Segura María Camila, Hernández Espitia Lina María, Toro Ávila Daniel Andrés, Villamizar Guerrero Viviana Andrea, Segura Jurado Carolina, et al. Saturación de oxígeno en unidades de recién nacidos a 2640 metros sobre el nivel del mar. *Revista Latinoamericana de Perinatología*. 2017.
 9. Bancalari A, Araneda H, Echeverría P, Alvear M, Romero L. Arterial oxygen saturation and heart rate after birth in newborns with and without maternal bonding. *Pediatrics International*. 2016 Oct 1;58(10):993–7.
 10. Zubarioglu U, Uslu S, Can E, Bülbül A, Nuhoglu A. Oxygen saturation levels during the first minutes of life in healthy term neonates. *Tohoku J Exp Med*. 2011;224(4):273–9.
 11. Agudelo Perez SI, Currea Guerrero S. Saturación pre-ductal y pos-ductal, medidas por oximetría de pulso, en la adaptación neonatal inmediata y su relación con el momento del pinzamiento del cordón umbilical. [Bogotá]: Universidad nacional de Colombia; 2011.
 12. Dawson JA, Kamlin COF, Vento M, Wong C, Cole TJ, Donath SM, et al. Defining the reference range for oxygen saturation for infants after birth. *Pediatrics*. 2010 Jun;125(6).
 13. Kattwinkel J, Perlman JM, Aziz K, Colby C, Fairchild K, Gallagher J, et al. Neonatal resuscitation: 2010 American Heart Association guidelines for



- cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Vol. 126, Pediatrics. American Academy of Pediatrics; 2010.
14. Tapia Rombo CA, Rosales Cervantes IGM, Saucedo Zavala VJ, Ballesteros del Olmo Julio César, Sánchez García L, Santos Vera I. Saturación periférica de oxígeno por oximetría de pulso en recién nacidos clínicamente sanos a la altitud de la Ciudad de México (2240 m). 2008 Feb;144(3). Disponible en: www.anmm.org.mx
 15. Furzán JA, Luchón C. Saturación de oxígeno en el período posnatal inmediato en neonatos nacidos por parto vaginal e intervención cesárea. Archivos venezolanos de puericultura y pediatría. 2008 [cited 2022 Apr 15];71:86–90. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06492008000300005
 16. Altuncu E, Ozek E, Bilgen H, Topuzoglu A, Kavuncuoglu S. Percentiles of oxygen saturations in healthy term newborns in the first minutes of life. Eur J Pediatr. 2008.
 17. Mariani G, Dik PB, Ezquer A, Aguirre A, Esteban ML, Perez C, et al. Pre-ductal and Post-ductal O2 Saturation in Healthy Term Neonates after Birth. Journal of Pediatrics. 2007 Apr;150(4):418–21.
 18. Kamlin C, O'Donnell C, Davis P, Morley C. Oxygen saturation in healthy infants immediately after birth. Original Articles. 2006;148.
 19. O'Brien LM, Stebbens VA, Poets CF, Heycock EG, Southall DP. Oxygen saturation during the first 24 hours of life. Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition. 2000;83(1).



20. Roque Manuel. DETERMINACIÓN DE LA OXIMETRÍA DE PULSO PREDUCTAL EN NEONATOS SANOS A TÉRMINO DURANTE LOS DIEZ PRIMEROS MINUTOS DE VIDA EN EL HOSPITAL CARLOS MONGE MEDRANO. 2019.
21. Valero Ramos WR, Hanco Zirena I, Coronel Bejar M, Dueñas Castillo JR. Características del período de adaptación del recién nacido en la altura. Acta Médica Peruana. 2009;
22. Gonzales GF, Salirrosas A. Arterial oxygen saturation in healthy newborns delivered at term in Cerro de Pasco (4340 m) and Lima (150 m). Reproductive biology and endocrinology. 2005;3–46. Disponible en: <http://www.rbej.com/content/3/1/46>
23. Patiño Restrepo JFDRE celis. Gases sanguíneos fisiología de la respiración e insuficiencia respiratoria aguda. 7°. Panamericana, editor. 2017.
24. Peñaloza D. Effects of high-altitude exposure on the pulmonary circulation. Revista Española de Cardiología. 2012;65(12):1075–8.
25. Pringle KG, Kind KL, Sferruzzi-Perri AN, Thompson JG, Roberts CT. Beyond oxygen: complex regulation and activity of hypoxia inducible factors in pregnancy. Human Reproduction Update. 2010 Jul 1 [cited 2022 Apr 22];16(4):415–31. Disponible en: <https://academic.oup.com/humupd/article/16/4/415/797098>
26. Schneider H. Oxigenación de la unidad placentario-fetal en humanos. Respirar Fisiol Neurobiol. 2011;51–8.



27. Singer D. Adaptación metabólica a la hipoxia: un costo y beneficio de ser pequeño. *Respirar Fisiol Neurobiol.* 2004;215–28.
28. Instituto nacional de Estadística e Informática. Salud materna. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. 2020 [cited 2022 Jul 10]; Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/cap007%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/cap007%20(1).pdf)
29. The american college of obstetricians and gynecologists. *Acog practice bulletin.* 2009;
30. Morton SU, Brodsky D. Fetal Physiology and the Transition to Extrauterine Life. Vol. 43, *Clinics in Perinatology.* W.B. Saunders; 2016. p. 395–407.
31. Teitel DF IHRA. Cambios en la circulación pulmonar durante eventos relacionados con el parto. *Pediatría Res* 27 :372–8. 1990.
32. Verklan Terese M., Padhye Nikhil S, Turne Natasha C. Oxygen saturation levels in the first 30 minutes of life. *Advances in Neonatal Care.* 2008;8:231–6.
33. Roth-Kleiner M, Wagner BP, Bachmann D, Pfenninger J. Respiratory distress syndrome in near-term babies after caesarean section. 2003.
34. Bergqvist LL, Katz-Salamon M, Hertegård S, Anand KJS, Lagercrantz H. Mode of delivery modulates physiological and behavioral responses to neonatal pain. *Journal of Perinatology.* 2009;29(1):44–50.
35. Nitzan M, Romem A, Koppel R. Pulse oximetry: Fundamentals and technology update. Vol. 7, *Medical Devices: Evidence and research.* Dove Medical Press Ltd; 2014. p. 231–9.



36. McVea S, McGowan M, Rao B. How to use saturation monitoring in newborns. *Archives of Disease in Childhood: Education and Practice Edition*. 2019 Feb 1;104(1):35–42.
37. Morton SU, Brodsky D. *Fetal Physiology and the Transition to Extrauterine Life*. Vol. 43, *Clinics in Perinatology*. W.B. Saunders; 2016. p. 395–407.
38. Suwattanaphim S, Yodavuhd S, Puangsa-Art Msc S. Time duration of oxygen adaptation immediately after birth; monitoring by pulse oximeter in perinatal period of the infants at charoenkrung pracharak hospital. Vol. 98, *J Med Assoc Thai*. 2015.
39. Hummler H, Fuchs H, Schmid M. Automated adjustments of inspired fraction of oxygen to avoid hypoxemia and hyperoxemia in neonates - A systematic review on clinical studies. Vol. 226, *Klinische Padiatrie*. Georg Thieme Verlag; 2014. p. 204–10.
40. Niknafs P NEBBBM. Can we Replace Arterial Blood Gas Analysis by Pulse Oximetry in Neonates with Respiratory Distress Syndrome, who are Treated According to INSURE . 2015.
41. Phattraprayoon N SSDMRR. Accuracy of pulse oximeter readings from probe placement on newborn wrist and ankle. 2011;
42. Pamela Shiao S-YK Ou C-N JP. LA. VALIDATION OF OXYGEN SATURATION MONITORING IN NEONATES. *Am J Crit Care*. 2007;
43. Kamlin COF DJOCMCDSSJ et al. Accuracy of Pulse Oximetry Measurement of Heart Rate of Newborn Infants in the Delivery Room. . *J Pediatr*. 2008;



44. Jubran A. Pulse oximetry. *Crit Care*. 2015;1–7.
45. Uslu S ZUSSDMBABE et al. Factors Affecting the Target Oxygen Saturation in the First Minutes of Life in Preterm Infants. *J of Tropical Pediatr* . 2016;1–8.
46. Rüegger Christoph, Bucher Hans Ulrich, Mieth Romaine Arlettaz. Pulse oximetry in the newborn: Is the left hand pre- or post-ductal? *BMC Pediatrics*. 2010 [cited 2022 Aug 3];10(35). Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1471-2431/10/35>
47. Saugstad OD. Editorials: Oxygen saturations immediately after birth. *J Pediatr*. 2006;148:569-70.
48. Gautam S AA. Oxygen saturation trends in newborn after birth. *J Evol Med Dent Sci*. 2015.
49. Odudu LA EBECEEOMECEV et al. Pre- and Post-ductal Oxygen Saturation among Apparently Healthy Low Birth Weight Neonates. *Niger Postgrad Med J*. 2008;224–9.
50. Carrasco M, Martell M, Estol PC. 8 3 2 Carrasco, Martell, and Estol *The Journal of Pediatrics*. 1997.
51. Schnapp carlos s, Sepúlveda eduardo s, Robert jorge andrés. Operación cesárea. clínica los andes. 2014;
52. José M Belizán, Althabe Fernando, Barros Fernando C, Alexander Sophie. Rates and implications of caesarean sections in Latin America: ecological study. *Bmj*. 1999;319.



53. Zanardo V, Dal Cengio V, Parotto M, Cavallin F, Trevisanuto D. Elective caesarean delivery adversely affects preductal oxygen saturation during birth transition. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*. 2016 Jul 1;101(4):F339–43.
54. Ramachandrappa A, Jain L. Elective Cesarean Section: Its Impact on Neonatal Respiratory Outcome. Vol. 35, *Clinics in Perinatology*. 2008. p. 373–93.
55. Morrison JJ. Neonatal respiratory morbidity and mode of delivery at term: influence of timing of elective caesarean section. Vol. 102, *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*. 1995.
56. Halesa KA, Morganb MA, Thurnaua GR. International Federation of Gynecology and Obstetrics Influence of labor and route of delivery on the frequency of respiratory morbidity in term neonates*. Vol. 43, *Int J Gynecol Obstet*. 1993.
57. Municipalidad Provincial de Ayacucho. Evaluación del plan de desarrollo concertado del distrito de Ayacucho 2013-2021. 2017.
58. COSTA APONTE Francisco, MORÁN FLORES Gaspar. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA AYACUCHO. 2018.
59. Paralikar S, Paralikar J. High-altitude medicine. Vol. 14, *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2010. p. 6–12.
60. West JB. Prediction of barometric pressures at high altitudes with the use of model atmospheres. Vol. 81, *J. Appl. Physiol*. San Diego, La Jolla, California; 1996.



61. Schlesinger WH, Bernhardt ES. The Atmosphere. In: Biogeochemistry. Elsevier; 2020. p. 51–97. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128146088000037>
62. Omnicalculator. Air Pressure at Altitude Calculator. 2020.
63. Cash P, Isaksson O, Maier A, Summers J. Sampling in design research: Eight key considerations. *Design Studies*. 2022 Jan 1;78.
64. Elfil M, Negida A. Sampling methods in Clinical Research; an Educational Review. 2017;5(1):1–3.
65. Mathieson BK. “ Happy Trials to You ” Making Sense of Biostatistics : Types of Nonprobability Sampling. *Journal of Clinical Research Best Practices*. 2014;10(10):1–2.
66. Taherdoost H. Sampling Methods in Research Methodology; How to Choose a Sampling Technique for Research. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*. 2016;5(HAL Id: hal-02546796):18–27.
67. Suresh K, Thomas S V, Suresh G. Design, data analysis and sampling techniques for clinical research. *Ann Indian Acad Neurol*. 2011;14:287–90.
68. Capurro H, Konichezky S, Fonseca D, Caldeyro Barcia R. A simplified method for diagnosis of gestational age in the newborn infant. *J Pediatr*. 1978 [cited 2022 Aug 3];93(1):120–2. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/650322/>



69. Lara-Cantón I, Badurdeen S, Dekker J, Davis P, Roberts C, te Pas A, et al. Oxygen saturation and heart rate in healthy term and late preterm infants with delayed cord clamping. *Pediatric Research*. Springer Nature; 2022.
70. Sharma S, Burns B. Alveolar Gas Equation complete Alveolar Gas Equation. 2018. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/323573789>
71. Eze FC, Adimonye FO, Urama KU. On Two Tests for Main Effects in A Balanced Two-way Interactive Model. *Mathematical Theory and Modeling*. 2018;4(10):83–90.
72. Lowry R. VassarStats: Website for Statistical Computation. Vassar College, NY USA. 2019.
73. Aziz K, Lee HC, Escobedo MB, Hoover A v., Kamath-Rayne BD, Kapadia VS, et al. Part 5: Neonatal Resuscitation: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2020 Oct 20;142(16 2):S524–50.
74. Wilson DF, Wilson DF. First published October 10. *J Appl Physiol*. 2013;115:1583–8. Disponible en: <http://www.jappl.org>
75. Peacock AJ. ABC of oxygen Oxygen at high altitude. Disponible en: www.bmj.com
76. Zanardo V, Dal Cengio V, Parotto M, Cavallin F, Trevisanuto D. Elective caesarean delivery adversely affects productal oxygen saturation during birth transition. *Archives of Disease in Childhood: Fetal and Neonatal Edition*. 2016 Jul 1;101(4):F339–43.



77. Wang B, Zhang J, Wu YZ, Lu ZH, Wang N, Yu Z bin. Reference Interval for Pulse Oxygen Saturation in Neonates at Different Altitudes: A Systematic Review. Vol. 9, *Frontiers in Pediatrics*. Frontiers Media S.A.; 2021.
78. Crocker ME, Hossen S, Goodman D, Simkovich SM, Kirby M, Thompson LM, et al. Effects of high altitude on respiratory rate and oxygen saturation reference values in healthy infants and children younger than 2 years in four countries: a cross-sectional study. *The Lancet Global Health*. 2020 Mar 1 [cited 2022 Aug 3];8(3):362–73. Disponible en: www.thelancet.com/lancetgh Vol 8 March 2020
79. Rojas-Camayo J, Mejia CR, Callacondo D, Dawson JA, Posso M, Galvan CA, et al. Reference values for oxygen saturation from sea level to the highest human habitation in the Andes in acclimatised persons. *Thorax*. 2018 Aug 1;73(8):776–8.
80. Brown JPR, Grocott MPW. Humans at altitude: Physiology and pathophysiology. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care and Pain*. 2013;13(1):17–22.
81. West JB. Acclimatization and tolerance to extreme altitude. *Journal of Wilderness Medicine*. 1993;4(1):17–26.
82. Möller W, Celik G, Feng S, Bartenstein P, Meyer G, Eickelberg O, et al. Nasal high flow clears anatomical dead space in upper airway models. *J Appl Physiol*. 2015;118:1525–32. Disponible en: <http://www.jappl.org>



83. Uslu S, Zubarioglu U, Sozeri S, Dursun M, Bulbul A, Bas EK, et al. Factors affecting the target oxygen saturation in the first minutes of life in preterm infants. *Journal of Tropical Pediatrics*. 2017 Aug 1;63(4):286–93.
84. van Vonderen JJ, Roest AAW, Siew ML, Walther FJ, Hooper SB, te Pas AB. Measuring physiological changes during the transition to life after birth. Vol. 105, *Neonatology*. S. Karger AG; 2014. p. 230–42.
85. Peacock JL, Marston L, Marlow N, Calvert SA, Greenough A. Neonatal and infant outcome in boys and girls born very prematurely. 2012.
86. Siefkes H, Sunderji S, Vaughn J, Sankaran D, Vali P, Vadlaputi P, et al. Factors to Consider to Study Preductal Oxygen Saturation Targets in Neonatal Pulmonary Hypertension. Vol. 9, *Children*. MDPI; 2022.
87. Ronca AE, Ronan PJ, Abel RA, Renner KJ, Alberts JR. Effects of labor contractions on catecholamine release and breathing frequency in newborn rats. *Behavioral Neuroscience*. 2006 Dec;120(6):1308–14.
88. Kiriakopoulos N, Grigoriadis S, Maziotis E, Philippou A, Rapani A, Giannelou P, et al. Investigating stress response during vaginal delivery and elective cesarean section through assessment of levels of cortisol, interleukin 6 (IL-6), growth hormone (GH) and insulin-like growth factor 1 (IGF-1). *Journal of Clinical Medicine*. 2019 Aug 1;8(8).
89. Masumoto K, Tagawa N, Kobayashi Y, Kusuda S. Cortisol production in preterm infants with or without late-onset adrenal insufficiency of prematurity: A prospective observational study. *Pediatrics and Neonatology*. 2019 Oct 1;60(5):504–11.



90. Dimich I, Singh PP, Adell A, Hendler M, Sonnenklar N, Jhaveri M. Evaluation of oxygen saturation monitoring by pulse oximetry in neonates in the delivery system. Canadian journal of anaesthesia. 1991 Nov;38(8):985–8.
91. Beşkardeş A, et al. Saturación de oxígeno de recién nacidos a término sanos durante los primeros 30 minutos de vida. *Pediatr Int.* 2013.
92. Mahato SK, Chaudhary N, Lama S, Agarwal KN, Bhatia BD. Relationship of oxygen saturation with neonatal and maternal factors in vaginal and cesarean deliveries. *Journal of the Nepal Medical Association.* 2015;53(199):186–9.
93. Guisbert Elescano SI. RANGOS DE SATURACIÓN DE OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS SANOS A 3200 METROS DE ALTITUD. Huancayo; 2020.
94. Habib HS. Oxygen saturation trends in the first hour of life in healthy full-term neonates born at moderate altitude. *Pakistan Journal of Medical Sciences.* 2013;29(4):903–6.
95. Vilca Apaza Marizol. SATURACIÓN DE OXÍGENO DE LOS RECIÉN NACIDOS SANOS, CUANTIFICADA MEDIANTE OXIMETRÍA DE PULSO, EN EL HOSPITAL III ES SALUD, A 3827 M.S.N.M. PUNO 2017. Puno; 2018.
96. Hurtado A, Gonzales GF. Pulse oxygen saturation in healthy newborns at term in Cusco, Peru. *International Journal of Gynecology and Obstetrics.* 2006;95(2):155–6.



97. Castro Yesenia, González Fabricio. Medición de la saturación de oxígeno durante la recepción neonatal, con el fin de establecer parámetros estándar de saturación en el Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi. Quito; 2018.
98. Vidalón Hidalgo David Makoto. SATURACIÓN DE OXÍGENO DE LOS RECIÉN NACIDOS A TÉRMINO SANOS CUANTIFICADO POR OXIMETRÍA DE PULSO EN EL HOSPITAL REGIONAL ZACARÍAS CORREA VALDIVIA, A UNA ALTITUD DE 3860 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, DE SETIEMBRE A NOVIEMBRE DEL AÑO 2016. 2017.
99. Benítez Noyola Blanca Esmeralda. “Oximetría de pulso durante los primeros diez minutos de vida en recién nacidos sanos con y sin contacto piel con piel”. ECCA. Universidad Autónoma de San Luis Potosí; 2020.
100. Cusimayta Soto Rolando. Saturación de oxígeno en los primeros 15 minutos de vida en recién nacido pretérminos tardío a 3440 msnm, Hospital Antonio Lorena Cusco-2016. 2016;

ANEXOS

Tabla 7. Saturación de oxígeno en diferentes minutos en altitudes bajas:

N ^o	Oxímetro de pulso utilizado para las mediciones	Saturación SpO ₂ , %			Lugar del estudio Ciudad (País)	Altitud (m)	Presión, mm Hg		Fuente
		1	5	10			Aire	PO ₂	
1	Masimo SET® Rad-8	64.7	80.5	86.9	Huancayo (Perú)	3200	512.6	107.9	Guisbert Elescano (2020) (93)
2	Digioxipoxi PO920	68.0	81.0	83.5	Taif (Saudi Arabia)	1640	623.4	131.0	Habib (2013) (94)
3	ChoiceMed MD300M	48.9	66.3	85.2	Juliaca (Perú)	3824	473.0	99.5	Roque Manuel (2019) (20)
4	NELLCOR N-20	76.0	92.0	94.0	Cerro de pasco (Perú)	4340	442.2	93.0	Gonzales & Salirrosas (2005) (22)
5	Masimo rad 5	72.0	80.0	86.0	Puno (Perú)	3827	472.8	99.5	Vilca Marizol (2017) (95)
6	Internal Electrical CE 0123	93.1	93.0	93.1	Ciudad de México (México)	2240	578.7	121.7	Tapia Rombo et al, (2008) (14)
7	Nellcor OC-3	72.6	82.4	85.4	Cusco (Perú)	3400	499.6	105.1	Hurtado & Gonzales (2006) (201)(96)
8	Massimo rad 5v	59.0	83.0	89.0	Bogotá (Colombia)	2640	550.3	115.6	Ramos R Nicolás Ignacio et al., (2017) (8)
9	Masimo Radical	65.0	85.0	90.0	Quito (Ecuador)	2800	539.3	113.3	Castro Yesenia & González



									Fabricio (2018) (97)
10	Avant TM 9700de NONINR	67. 0	75. 5	81. 8	Huancaveli na, Perú	386 0	470. 8	99.0	Vidalón David (2017) (98)
11	Masimo Radical 7	74. 0	84. 0	92. 0	San Luis de Potosí (México)	182 4	609. 4	128. 0	Benítez Noyola Blanca Esmeralda (2020)(99)
12	Masimo Radical	59. 0	82. 0	90. 0	Cusco (Perú)	344 0	497. 1	104. 5	Cusimayta Soto Rolando (2016) (100)
	Promedio	68. 3	82. 1	88. 1					
	Desv. Estándar	10. 9	7.0	3.9					
	Coef. Variabil., %	16. 0	8.5	4.4					