

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE MEDICINA

ESPECIALIZACIÓN EN PEDIATRÍA

**DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE SATURACIÓN DE OXÍGENO
NORMAL PARA RECIÉN NACIDOS A TÉRMINO ASINTOMÁTICOS DE 24 A 48
HORAS DE VIDA, EN LA ALTURA DE LA CIUDAD DE QUITO EN EL HOSPITAL
GINECO-OBSTÉTRICO PEDIÁTRICO LUZ ELENA ARIZMENDI DURANTE EL
PERÍODO 2023.**

AUTOR: DR. DAVID ERNESTO GARCES ALMEIDA

DRA. DANIELA MARÍA VÁSQUEZ RAMOS

DIRECTOR ACADÉMICO: DR. GABRIEL HUASCAR CONTRERAS

DIRECTOR METODOLÓGICO: DRA. MARÍA LUCILA CARRASCO GUERRA

QUITO, 2023

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por bendecirnos con esta maravillosa profesión, en la que podemos cuidar de la salud de los pequeñitos de estatura, pero gigantes de corazón, los niños, quienes con una sola sonrisa alimentan nuestras almas y nos impulsan a ser buenas personas y excelentes profesionales.

Agradecemos al Hospital Gineco Obstetrico Nueva Aurora, recinto de nuestro trabajo, quienes nos abrieron sus puertas desde estudiantes de este posgrado, aportándonos científicamente, gran parte de los conocimientos que nos hace los profesionales actuales.

Agradecemos al Dr. Gabriel Contreras, coordinador del Posgrado de Pediatría, y director de nuestro trabajo de tesis, a la Dra. María Lucila Carrasco, directora metodológica, y al Dr. Mario Rubio, tercer lector, quienes nos han guiado durante estos años, y ahora nos han ayudado a sacar adelante este trabajo de investigación que esperamos sea el inicio de un proyecto mayor, y tenga la relevancia del caso a nivel nacional, para posteriores trabajos.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado para mi mamá quien me introdujo en el mundo de la pediatría, y ha sido quien me ha guiado, y me ha transmitido sus conocimientos para llegar a ser un mejor profesional.

Dedicado a mi papá quien me enseñó la disciplina y la responsabilidad, con lo que he podido dar una atención de calidad y calidez a todos los pacientes.

Dedicado a mi hermana Isa, con todo el amor en su corazón, me ha alimentado mi lado humano, y me ha inspirado a ser una persona mucho mejor, y a tener metas muy altas.

David

Dedico este trabajo a mis padres quienes con su esfuerzo y amor me han guiado a lo largo de la vida, empujandome a lograr cada uno de mis objetivos.

A mis abuelos quienes con su amor y sabiduría me enseñaron a seguir adelante, a creer en mi de la misma forma que lo hacían ellos y que ahora desde el cielo me siguen guiando.

A mi hermana que ha estado en cada paso de este camino, quien con sus palabras de aliento y ejemplo me ha impulsado a nunca decaer.

A mi esposo que me ha dado su amor y apoyo incondicional desde el primer día, ayudandome a superar cada dificultad se ha puesto en el camino.

Daniela

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE GRÁFICOS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I	10
INTRODUCCIÓN	10
1.1. Justificación	11
1.2. Planteamiento del problema	13
1.3. Pregunta de investigación	15
1.4. Objetivos de investigación	16
1.4.1. Objetivo general	16
1.5. Hipótesis	16
CAPÍTULO II	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes de la investigación	17
CAPÍTULO III	35
MATERIALES Y MÉTODO	35
CAPITULO IV	36
RESULTADOS Y ANÁLISIS	36
CAPÍTULO V	37

DISCUSIÓN	37
CAPÍTULO VI	37
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	42
Tabla 2 Saturación de oxígeno pre y postductal en recién nacidos a término asintomáticos entre las 24 y 48 horas de vida.	45
Tabla 3 Descripción de datos demográficos	47
Tabla 4 Análisis de peso	47
Tabla 5 Frecuencia edad gestacional	48
Tabla 6 Frecuencia edad gestacional y saturación preductal	48
Tabla 7 Frecuencia edad gestacional y saturación postductal	49
Tabla 8 Descripción de presión de la arteria pulmonar en pacientes que se realizaron ecocardiograma	50
Tabla 9 Correlación saturación y sexo.	50
Tabla 10 Correlación APGAR y saturación de oxígeno	57

LISTA DE ILUSTRACIONES

Gráfico 1 Curva de disociación de la oxihemoglobina	13
Gráfico 2 Flujograma de requerimiento de ecocardiograma	46
Gráfico 3 Correlación entre peso vs saturación preductal	51
Gráfico 4 Correlación entre peso vs saturación postductal	52
Gráfico 5 Correlación entre edad materna vs saturación preductal	53
Gráfico 6 Correlación entre edad materna vs saturación postductal	54
Gráfico 7 Correlación entre edad gestacional vs saturación preductal	55
Gráfico 8 Correlación entre edad gestacional vs saturación postductal	56
Gráfico 9 Correlación entre APGAR al minuto vs saturación preductal	57
Gráfico 10 Correlación entre APGAR a los 5 minutos vs saturación preductal	58
Gráfico 11 Correlación entre APGAR al minuto vs saturación postductal	59
Gráfico 12 Correlación entre APGAR a los 5 minutos vs saturación postductal	60
Gráfico 13 Correlación presión arteria pulmonar vs saturación preductal	61
Gráfico 14 Correlación presión arteria pulmonar vs saturación postductal	62

LISTA DE ABREVIATURAS

AaPO₂ = Gradiente alveolo arterial de oxígeno

AIEPI = Atención integrada a enfermedades prevalentes de la infancia

CaO₂ = contenido arterial de oxígeno

CO₂ = Dióxido de carbono

COHB = carboxihemoglobina

DE = Desviación estándar

DPG = 2-3 difosfoglicerato

FC = frecuencia cardiaca

FiO₂ = Fracción inspirada de oxígenos

GC = gasto cardiaco

Hb = hemoglobina

HbA = hemoglobina del adulto

HbF = hemoglobina fetal

HbO₂ = hemoglobina saturada de oxígeno

HbO₂ = hemoglobina saturada de oxígeno

IO = índice de oxigenación

m.s.n.m. = Nivel del mar

MetHB = metahemoglobina

O₂ = Oxígeno

PaO₂ = Presión arterial de oxígeno

PiO₂ = presión inspiatoria de oxígeno

PO₂ = Presión parcial de oxígeno

SatO₂ = Saturación de oxígeno

SaO₂ = Saturación arterial de oxígeno

SHb = sulfohemoglobina

tcSaO₂ = saturación transcutánea de oxígeno arterial

RESUMEN

Los valores estandarizados de saturación de oxígeno normal para neonatos fluctúan dependiendo de la edad, pero se estima que luego de los diez primeros minutos debería ser alrededor del 90%, con una posterior estabilización de la misma a partir de las 24 horas. Sin embargo, estos valores se han estimado desde estudios realizados a nivel del mar. **Objetivo:** Determinar los valores de saturación de oxígeno normal para recién nacidos a término asintomáticos de 24 a 48 horas de vida a la altura de la ciudad de Quito, que se encuentren en alojamiento conjunto del Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora” en el período 2023. **Materiales y métodos:** Estudio descriptivo transversal observacional, para determinar los valores de saturación normal en recién nacidos a término asintomáticos a 2850 m.s.n.m. Se tomó una muestra de 421 pacientes, a los cuales se les midió con el saturar Masimo Rad-97. Se comprobó la normalidad de los datos a través de la prueba Kolmogorov Smirnov. Para la estadística descriptiva de variables cualitativas se calculó porcentajes y frecuencias de características demográficas. En las variables cuantitativas se analizó las medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y medidas de dispersión (desviación estándar y rangos intercuartílicos). De esta forma se obtuvo el promedio de saturación y los rangos mínimos y máximos establecidos para este grupo. **Resultados:** La saturación de oxígeno para recién nacidos a término dentro de las 24 a 48 horas de vida tuvo una media a nivel preductal de 92.6% con DE 2.5. A nivel postductal una media de 93% con DE 2.5. Se realizó ecocardiograma a 25 pacientes dentro de los cuales se encontró la presencia de ductus arterioso, mas no se encontraron cardiopatías congénitas críticas. El rango de pesos fue entre 1860 gramos y 4645 gramos. Edad materna entre 14 y 45 años. Apgar al minuto entre 7 y 9, a los 5 minutos entre 8 y 9. Edad gestacional más frecuente fue de 39 semanas (30.8%). En los pacientes que se realizó el ecocardiograma se reportó una presión de la arteria pulmonar dentro de valores normales. **Conclusiones:** La media de saturación de oxígeno a 2 850 metros sobre el nivel del mar es de 92.6% preductal y 93% postductal, los cuales son más bajos que los reportados a nivel del mar (94%).

Palabras clave: Saturación de oxígeno, Cardiopatías congénitas críticas, ecocardiograma, metros sobre el nivel del mar, recién nacidos a término.

ABSTRACT

Standardized values of normal oxygen saturation for neonates fluctuate depending on age, but it is estimated that after the first ten minutes it should be around 90%, with a subsequent stabilization of the same after 24 hours. However, these values have been estimated from studies carried out at sea level. **Objective:** Determine the normal oxygen saturation values for asymptomatic full-term newborns 24 to 48 hours old in the city of Quito, who are in the rooming-in system at the Obstetric-Gynecology Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora” Hospital in the period 2023. **Materials and methods:** Descriptive cross-sectional observational study, to determine normal saturation values in asymptomatic full-term newborns at 2850 meters above sea level. 421 were measured with the oxygen saturator Masimo Rad-97. The normality of the data was checked using the Kolmogorov Smirnov test. For the descriptive statistics of qualitative variables, percentages and frequencies of demographic characteristics were calculated. In the quantitative variables, measures of central tendency (mean, median, mode) and measures of dispersion (standard deviation and interquartile ranges) were analyzed. In this way, the average saturation and the minimum and maximum ranges established for this group were obtained. **Results:** Oxygen saturation for term newborns within 24 to 48 hours of life had a mean at the preductal level of 92.6% with SD 2.5. At the postductal level an average of 93% with SD 2.5. An echocardiogram was performed on 25 patients, among whom the presence of ductus arteriosus was found, but no critical congenital heart diseases were found. The weight range was between 1860 grams and 4645 grams. Maternal age between 14 and 45 years. Apgar at minute between 7 and 9, at 5 minutes between 8 and 9. The most common gestational age was 39 weeks (30.8%). In the patients who underwent the echocardiogram, pulmonary artery pressure was reported within normal values. **Conclusions:** The mean oxygen saturation at 2,850 meters above sea level is 92.6% preductal and 93% postductal, which are lower than those reported at sea level (94%).

Palabras clave: Oxygen saturation, Critical congenital heart disease, echocardiogram, meters above sea level, full-term newborns.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El feto al momento del nacimiento debe realizar la transición de la vida intrauterina a la extrauterina, enfrentando una serie de acontecimientos fisiológicos importantes para su adaptación y supervivencia. En este punto, se marcan parámetros fisiológicos en el nuevo individuo que dependen de varios factores entre los cuales destacaremos el ambiente geográfico, muy particularmente cuando se trata de la altitud; estas diferencias cobran gran relevancia en el Ecuador. Quito se encuentra a una altitud de 2 850 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), a esta altura la presión parcial de oxígeno (PO₂) inspirado está disminuida como resultado de la baja presión barométrica, lo que conlleva un período de adaptación más prolongado en neonatos que nacen en esta ciudad. Para la vida extrauterina la expansión pulmonar se da como resultado de las primeras respiraciones. Y se produce además la apertura del lecho vascular pulmonar lo que caracteriza la fisiología del sistema circulatorio a esta edad. Todos estos procesos fisiológicos deben garantizar un aumento de la presión sistémica y una marcada elevación del oxígeno (O₂) en la sangre arterial para un correcto funcionamiento y adaptabilidad en la vida extrauterina (1).

Para que la hemoglobina (Hb) mantenga una saturación de oxígeno (SatO₂) en parámetros normales y llegue a los tejidos para que estos mantengan sus necesidades metabólicas, se requiere de un contenido de arterial de oxígeno (CaO₂) y de un débito cardíaco, adecuado. La oxigenación requiere de condiciones fisiológicas generales como son: temperatura corporal, volemia, Hb, presión arterial, perfusión periférica y medio interno adecuados (1).

En el recién nacido a término, la concentración de hemoglobina fetal (HbF) es de un 75%, mientras que la hemoglobina del adulto (HbA) es del 25%. La principal diferencia entre estas es su afinidad por el O₂, siendo mayor en el caso de la HbF, lo cual provoca que aún con valores muy bajos de presión arterial de oxígeno (PaO₂) se mantenga esta Hb con una saturación alta de O₂. Gracias a que el difosfoglicerato interacciona con la HbA, facilita la liberación de O₂ al disminuir su afinidad por el mismo, asegurando una adecuada oxigenación tisular, a pesar, de que la HbF no tiene una interacción con este fosfato orgánico (2).

Una concentración adecuada de O₂ en sangre en el recién nacido promueve un correcto funcionamiento. Los valores estandarizados de saturación normal para neonatos fluctúan dependiendo de la edad, pero se estima que luego de los diez primeros minutos esta debería estar alrededor de los 90%. Valores menores a estos porcentajes son tomados como anormales y obligan al personal médico a descartar patologías respiratorias y cardiovasculares principalmente. Varios estudios en recién nacidos de poblaciones de altura han descrito valores normales de saturación menores al 90% (3).

Debido a que, en el recién nacido, el ductus arterioso se encuentra en proceso de cierre fisiológico, la SatO₂ en la sala de partos se toma en la mano derecha (preductal), mientras que a partir de las 24 horas de vida, en la cual en los recién nacidos a término ya se inicia este cierre, se debe medir la SatO₂ a nivel pre y postductal, ya que en el caso de existir una variación entre estas dos, se puede tratar de una cardiopatía congénita y/o hipertensión pulmonar (3).

Este estudio se desarrolló en Quito, en Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora”, con el objetivo de determinar los valores de SatO₂ normal para recién nacidos a término asintomáticos de 24 a 48 horas de vida a los 2 850 m.s.n.m. Para ello se estableció un rango mínimo y máximo de SatO₂ en los recién nacidos sanos que se encuentren en el alojamiento conjunto con un tiempo de nacido entre 24 a 48 horas. La SatO₂ se medirá con un oxímetro, (saturador Masimo Rad-97.) tomando la SatO₂ pre y postductal, lo que nos permitirá obtener los valores normales SatO₂ para recién nacidos a término sanos, a la altura de la ciudad de Quito entre las 24 y 48 horas de vida a partir de los valores de SatO₂ obtenidos. Describimos las características demográficas y clínicas de los recién nacidos ingresados en el estudio.

1.1. Justificación

La medición de la SatO₂ de la Hb arterial a través de la oximetría de pulso es un método no invasivo rápido y eficiente. Los oxímetros de pulso funcionan mediante la espectrofotometría, tomando en cuenta que la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina transmiten diferentes longitudes de onda, permitiendo diferencias en la absorción de luz roja y luz infrarroja. Estas diferencias son captadas por los sensores del oxímetro, con lo que nos refleja el porcentaje de SatO₂ de la hemoglobina arterial (4).

La SatO₂ tiene una relación directa con la tensión parcial de oxígeno del ambiente y con la tensión arterial de oxígeno. Así, la curva de disociación de O₂/Hb describe la reversibilidad de la

unión entre el O₂ y la Hb. Esta curva tiene una forma sigmoidea, en la cual a bajos niveles de PO₂ (hipoxemia) se evidencia una curva pronunciada ya que con pequeños cambios en la PO₂ generan grandes cambios en la SatO₂. Sin embargo, ante niveles de PO₂ superiores de 60mmHg, que corresponde a normoxemia, la curva se aplana ya que no genera mayores cambios en la SatO₂ (5).

Existen factores que pueden alterar la afinidad de la Hb por el O₂, siendo así, al tener una mayor afinidad, la curva se desplaza hacia la izquierda, mientras que con menor afinidad se desplaza hacia la derecha, teniendo además factores que pueden alterar la afinidad de la Hb por el O₂, como el pH, la presión parcial de CO₂, la temperatura y el 2,3-difosfoglicerato (Gráfico 1) (4).

Los factores que desplazan la curva hacia la derecha son la hipercapnia, la concentración normal (ligero desplazamiento) o elevada de 2,3-difosfoglicerato y acidosis. Mientras que los factores que desplazan la curva hacia la izquierda son hipocapnia, concentración disminuida de 2,3-difosfoglicerato y alcalosis. La temperatura también puede afectar la curva pero estos son menos relevantes en situaciones comunes (5).

El punto en el que la oxihemoglobina se encuentra saturada al 50% para una determinada Po₂ se lo conoce como P₅₀. Esta PO₂ puede modificarse según el grado de desplazamiento de la curva (6).

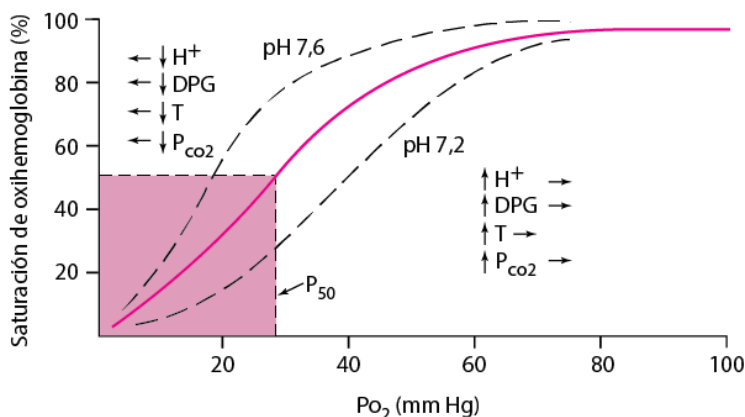


Gráfico 1 Curva de disociación de la oxihemoglobina

Es importante tomar en cuenta que existe una relación distinta de la P₅₀ de la Hb, entre las personas aclimatadas al nivel del mar con las que están a mayor altitud. Mientras que las provenientes de grandes altitudes su P₅₀ es similar en la altura que a nivel del mar. Por otro lado, los individuos provenientes de bajas altitudes al trasladarse a una mayor altitud la P₅₀ se

desplazará a la derecha, disminuyendo la afinidad por el O₂, esto se debe a la hiperventilación severa y alcalosis respiratoria provocada por la falta de climatización (5).

En un estudio realizado en Ecuador, en donde se analizaron recién nacidos fallecidos a los 28 días o menos de vida, lo cuales se encontraban a distintas altitudes, se identificó que a mayor altitud existen algunas deficiencias, una de estas, es la reducción del paso de O₂ desde la placenta hacia el feto, lo que puede llevar a recién nacidos con peso bajo, disminución del peso placentario, preeclampsia e hipertensión gestacional. Además, durante la transición a la vida extrauterina, debido a la altitud y la menor PO₂ ambiental, los recién nacidos pueden presentar desaturación de O₂ hasta por 1 semana en comparación con aquellos que nacen a nivel del mar o a menor altitud (7).

Estudios en poblaciones de altura han demostrado que el nivel de SatO₂ varía de acuerdo con la disminución de la presión (barométrica) parcial de oxígeno del lugar de nacimientos. Por ejemplo, en población chilena a 1000 m.s.n.m. se detecta un promedio de la SatO₂ del grupo analizado de 58,7% ± 11,6% (rango: 29-88%), para el primer minuto, aumentando gradualmente a 83% a los 5 min (46 a 100%), y posteriormente sobre 90% a los 8 min postparto (60 a 100%) (8). Asimismo, en población mexicana a 2240 m.s.n.m. se observa que, en recién nacidos a término mayores de 24 horas, sanos, se encontró que la SatO₂ mínima por oximetría de pulso fue del 88% y con una máxima de 99%, demostrando niveles más bajos que los reportados a nivel del mar (9). Durante el período de transición se ha encontrado que los recién nacidos requieren aproximadamente 10 minutos para llegar a saturación del 90% (10). Así mismo, existe un estudio publicado en Nueva York, en el año 2016, en el que se observó que la población que vive a menos de 500 m.s.n.m. no requiere una corrección de la SatO₂, sin embargo, hasta los 1500 m ya se observó una diferencia del 2% bajo los niveles considerados normales de SatO₂, tomando en esos casos como punto de corte, ya no 95-96%, sino, 94-95%. A pesar de esto, en el estudio refiere que no existe una muestra apropiada de habitantes en su estudio, que vivan sobre los 3000 m, por lo que no se podría realizar una recomendación sobre un punto de corte de la SatO₂ normal baja (11).

En el protocolo de Detección de Cardiopatías Congénitas por Oximetría de pulso, de La Paz, Bolivia (Documento preliminar, 2019), recomienda que los valores de SatO₂ de referencia para una altura de 3600 a 4000 m.s.n.m. es de 84-89% (12).

La oximetría trata de disminuir el riesgo de muertes por cardiopatías congénitas críticas en los neonatos. En este tamizaje, se relacionan los valores de SatO₂ en los primeros minutos de vida y

el riesgo de una posible cardiopatía. Con este tamizaje se ha mejorado el número de diagnósticos tempranos en recién nacidos con sospecha de cardiopatías congénitas, es así que en algunos estudios se reporta con un valor predictivo positivo de 7 veces superior al examen físico del neonato aun por examinadores expertos (13).

En nuestro país existe un Componente Normativo Neonatal del Ministerio de Salud Pública y el Consejo Nacional de Salud, que establece el “Protocolo de manejo de la recepción del recién nacido” y de “Reanimación del recién nacido” (14), además del Manual Integral de la Atención a la Niñez, y el AIEPI (Atención Integrada a Enfermedades Prevalentes de la Infancia) en donde se dictan las guías para el manejo de O₂ en la recepción y reanimación del recién nacido, en donde se toma en cuenta una saturación mayor o igual al 94%, sin embargo, esto se basa en estudios realizados a nivel del mar, y no se toma en cuenta las ubicaciones geográficas de mayor altura (15). Para mejorar la atención de salud y elevar el número de niños con diagnóstico temprano de cardiopatías congénitas, en especial de las críticas, debemos establecer un rango aplicable en nuestra población de SatO₂. Con esto, podemos tener más certeza en la sospecha para evitar falsos positivos y negativos que puedan ocasionar altas de niños enfermos y referencias muchas veces lejanas, complejas y peligrosas a centros en donde se cuente con el equipo necesario para descartar o confirmar estas patologías, sí como incorporar en el Protocolo el cribado cardiológico del recién nacido.

Dado que no existe un estudio en población ecuatoriana en donde se evalúen las diferencias entre el grado de saturación en recién nacidos en población de altura (2850 metros) y población nacida a nivel del mar, la presente investigación busca definir los valores normales de SatO₂ en recién nacidos a término entre poblaciones de altura y a nivel del mar. Si se determinan diferencias entre los grupos estudiados, se podrá definir un normograma para población de altura y que sea tomado en cuenta por el Ministerio de Salud. La definición de estos rangos normales de saturación tiene una importancia costo-efectiva importante dado que se reduciría la aplicación de ecocardiogramas para el diagnóstico de cardiopatías. Basados en Cullen y Guzmán (2014), y el Manual Integral de la Atención a la Niñez en el Ecuador (2018), se tomará en cuenta otro punto de corte de 90% de SatO₂ para la valoración cardiológica (15,16).

El presente estudio, se realizó con el pulsioxímetro marca Masimo Radical, debido a que en un estudio en el que se comparó con otras marcas de saturadores, este fue el que menor tasa de fallo tuvo, además de una sensibilidad del 95-100% y especificidad del 93-97%, ya que presenta una

buena captación de la saturación incluso en movimiento, volviéndolo ideal para la toma de la SatO₂ en recién nacidos (17).

1.2. Planteamiento del problema

En el recién nacido durante el parto se produce una transición fisiológica a la vida extrauterina. Uno de los cambios más importantes es el aumento de flujo al lecho vascular pulmonar y con esto el aumento de la SatO₂. Esta transición es compleja y puede durar varios minutos e incluso varias horas, los mismos que han sido estudiados principalmente a nivel del mar (18). Sin embargo, hay factores que pueden influir sobre estos cambios, como vitalidad al nacimiento, trastornos pulmonares, enfermedades cardíacas e incluso si ocurre a nivel de mar o en diferentes grados de altitud. En la fisiología cardiovascular del recién nacido, al interrumpir el paso de sangre materno fetal a través del cordón umbilical, la placenta deja de oxigenar al recién nacido produciendo un cambio de presiones intravasculares e intracardíacas.

A nivel mundial, se describen 140 millones de personas que viven sobre los 2500 metros de altura. Bajo estas condiciones, la presión atmosférica disminuye y proporcionalmente se afecta la PO₂ por lo que el individuo debe adaptarse para mantener sus niveles óptimos de O₂ (8). Valero et al., (2009) concluyen que el período de adaptación de los recién nacidos en la altura es más prolongado y que la frecuencia respiratoria, cardíaca y la SatO₂ se estabiliza en condiciones normales a las 6 horas de vida a diferencia de los recién nacidos a nivel del mar que el período de adaptación es más corto (19).

La SatO₂ u oximetría de pulso es un método que se basa en las diferencias de espectro de absorción de la luz en la Hb a diferentes grados o porcentaje de oxigenación. La confiabilidad de la oximetría de pulso ha mostrado una sensibilidad cercana al 100%, aunque una especificidad baja, ambas para detectar PaO₂ mayor de 90mmHg (10). Mientras la oximetría de pulso se utiliza como método para detectar cardiopatías críticas del recién nacido, el ecocardiograma puede confirmar o descartar la sospecha de cardiopatías tanto cianotizantes como no cianotizantes. Así, en el año 2011 la Academia Americana de Pediatría realizó una actualización sobre la incorporación de la evaluación de la oximetría de pulso en el recién nacido, encaminada a la detección temprana de cardiopatías congénitas críticas. Se determinó la inclusión de 12

condiciones patológicas cardiovasculares y no solo 7 como se propuso en el año 2009 relacionadas con hipoxemia:

1. Coartación de aorta
2. Doble vía salida de ventrículo derecho
3. Anomalia de Ebstein
4. Síndrome de corazón izquierdo hipoplásico
5. Interrupción de arco aórtico
6. Atresia pulmonar
7. Ventrículo único
8. Tetralogía de Fallot
9. Conexión anómala total de venas pulmonares
10. D-transposición de grandes arterias
11. Atresia tricúspidea
12. Tronco arterioso (20).

En este screening se valoró la oximetría de pulso en brazo derecho y cualquier pie, y se concluyó que:

1. Si es mayor 95% no tiene patología cardiaca crítica
2. Si es menor a 95% de debe repetir 3 veces más con lapso de una hora si persiste con menos de 95%.
3. Si la diferencia de oximetría entre la mano derecha y pie es mayor de 3% es posible que tenga una enfermedad cardiaca,
4. Si la SatO₂ es menor a 90% en cualquier valoración, es posible una enfermedad cardiaca y son sometidos a un ecocardiograma para descartar cardiopatía.

Se ha observado que en un 4% de partos vaginales y un 30% de las cesáreas, los neonatos se demoraron más de 10 minutos en saturar más de 95% (saturación media de 90%) (21). Adicionalmente, en un estudio en la ciudad de México (2240 m.s.n.m.) se encontró que en los recién nacidos a término mayores a 24 horas de vida extrauterina la saturación oscila entre 88% a 99% (9). En otro estudio se demuestra que el tiempo necesario para que la SatO₂ llegue hasta > 90% fue de 9.13 min (\pm 4.9), los niveles medios de saturación O₂ en estos pacientes fueron del 85,4% (\pm 6,0), 90,8% (\pm 4,9), 94,05% (\pm 3,8), 95,7% (\pm 3,4), 96,7% (\pm 2,54) y 97,4% (\pm 2,1) a los

5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos de la vida respectivamente (22). Por último, en población de altura se encuentra una alta incidencia de cardiopatía congénita en recién nacidos, 20 veces más alto que los valores reportados de las regiones de baja altitud (23). En el Ecuador, según el INEC más de 7 millones de personas viven en la altura en el año 2018 y se realizaron más de 290.000 partos a nivel nacional, en cuanto a las cardiopatías congénitas la Sociedad Ecuatoriana de Cardiología (24) reporta una incidencia es de 4 a 8 por cada 1000 recién nacidos vivos (16,25). A pesar de esta variación en los valores de saturación con poblaciones a nivel del mar y a diferentes altitudes (19,26), un valor bajo en niños nacidos en ciudades de altura podrían no ser indicadores propios de patologías. Es por lo tanto necesario definir los valores de SatO₂ en población neonatal sana a la altura de Quito, en donde hasta el momento no existe un estudio que establezca los rangos de normales de saturación. Considerando lo expuesto en estudios experimentales y observaciones en donde se demuestra daño oxidativo con suplementos de O₂ en pulmones, miocardio y riñón, así como un aumento de mortalidad y posiblemente cambios epigenéticos (22), la definición de rangos normales de SatO₂ en los primeros minutos de vida del neonato permitirá aplicar además un manejo óptimo del O₂ suplementario en este grupo etario. No existe un normograma definido para población de altura ecuatoriana en donde se establezcan valores normales de SatO₂ en neonatos durante las 24 a 48 horas de vida. Así, queremos demostrar la variación de SatO₂, en recién nacidos a término sanos, a la altitud de Quito 2850 m.s.n.m.

1.3. Pregunta de investigación

Con estos antecedentes, nosotros propusimos la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el rango de SatO₂ en recién nacidos a término asintomáticos de 24 a 48 horas de vida en la altura de Quito que se encuentren en alojamiento conjunto del Hospital Gineco-Obstétrico Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora” durante el período de 2023?

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo general

- Determinar los valores de SatO₂ normal para recién nacidos a término asintomáticos de 24 a 48 horas de vida a la altura de la ciudad de Quito, que se encuentren en alojamiento conjunto del Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora” en el período 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer el valor promedio y rangos máximo y mínimo de SatO₂ en recién nacidos sanos a la altura de la ciudad de Quito, entre las 24 y 48 horas de vida que se encuentren en alojamiento conjunto del Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora”, mediante la toma de SatO₂ pre y postductal con el saturador Masimo Rad-97.

- Descartar cardiopatías congénitas mediante ecocardiograma a recién nacidos a término asintomáticos de 24 a 48 horas de vida con SatO₂ menor del 90% y describir las cardiopatías más frecuentes en esta población.

- Describir las características demográficas y clínicas de los recién nacidos ingresados en el estudio, la edad gestacional, el sexo, el tipo de parto, la edad materna y la presión de arteria pulmonar en quienes tienen indicación para la realización de ecocardiograma.

1.5. Hipótesis

El valor de SatO₂ en la altura de Quito en recién nacidos a término asintomáticos de 24 a 48 horas de vida, que se encuentren en alojamiento conjunto del Hospital Gineco-Obstétrico Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora” durante el período de 2023, es menor que los valores establecidos actualmente como normales en la literatura internacional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En el mundo hoy, se estima que ciento cuarenta millones de personas viven a grandes alturas a más de 2500 m.s.n.m. La presión barométrica disminuye y la SatO₂ se hace menor a estas alturas, ocasionando una PO₂ baja. Pero el organismo humano hace una adaptación gradual a dicha altura que permite satisfacer las necesidades a distintas altitudes (27).

Todo recién nacido para mantenerse con vida, debe de manera inmediata experimentar cambios fisiológicos hemodinámicos y respiratorios luego del nacimiento. Una ventilación competente es determinante para una transición normal de la vida fetal a la vida extrauterina. Los estudios demuestran que las alturas superiores a 3800 m.s.n.m. conllevan a los recién nacidos a periodos de adaptación más prolongando, logrando una estabilidad en la SatO₂ a los 120 min con un valor promedio de 90,5 % para dicha altitud, la frecuencia respiratoria también se estabiliza hacia este tiempo con frecuencias de 54,6 respiraciones por minuto. La frecuencia cardiaca se hace estable a partir de los 180 minutos (27).

Con el Título “Periodo de adaptación en el recién nacido de altura en el Hospital Manuel Núñez Butrón, Puno Octubre y noviembre 2015”. Velázquez Rojas en el año 2016 presentó un estudio de corte observacional correlacional y longitudinal; donde concluye que a mayor altura se incrementa los valores de la frecuencia cardiaca y la respiratoria, sin embargo, disminuye la SatO₂ medida por oximetría de pulso. Además, plantea que no existe relación entre frecuencia cardiaca y SatO₂, así como tampoco encontró relación alguna entre frecuencia respiratoria y SatO₂ durante las primeras 12 horas de vida neonatal a más de 3800 m.s.n.m. El estudio también nos demostró que, a partir de las 6 horas de vida, los neonatos mostraron valores estables de frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria durante el periodo de adaptación del recién nacido en las alturas (1).

M. Vilca Apaza, estudió en el hospital Essalud, la SatO₂ de neonatos sanos, a una altura de 3827 m.s.n.m. haciendo uso del oxímetro de pulso. El estudio fue retrospectivos y observacional, la muestra fue de 115 recién nacidos, donde se demostró que la SatO₂ fue mayor en el sexo

masculino al compararlo con el recién nacido de sexo femenino, que la SatO₂ es mayor en aquellos neonatos que nacen a nivel del mar que los que nacen a mayor altura hacia los primeros 60 minutos de vida. Además, determina que la SatO₂ en el recién nacido a medida que el tiempo transcurre va en aumento, con un comportamiento de 72% de saturación mínima al minuto y 91% a los 60 minutos y desde tal momento se mantienen valores normales de SatO₂ con una adecuada adaptación del recién nacido. el estudio es publicado con el Título: “Saturación de oxígeno de los recién nacidos sanos, cuantificada mediante oximetría de pulso, en el, a 3827 m.s.n.m. Puno 2017 (28).

J. Roque Sumari realizó un estudio en el año 2019, el cual tituló: Determinación De La Oximetría De Pulso Preductal En Recién Nacidos A Término Durante Los Diez Primeros Minutos De Vida En El Hospital Carlos Monge Medrano De Juliaca, el estudio fue prospectivo, analítico, la muestra la conformaron 60 neonatos a término. Roque Sumari sugiere en su estudio que se establezcan valores de SatO₂ en neonatos sanos para estos niveles de altura ya que en su análisis prospectivo el promedio de SatO₂ en el minuto 10 a gran altura fue de 85.4 y concluye que la SatO₂ de los neonatos a esta altura es menor que los que nacen nivel de mar (29).

En Yunnan, China en el año 2019, Guo F y colaboradores realizaron un estudio multicéntrico, titulado Valores de umbral revisados para la SatO₂ neonatal en altitudes leves y moderadas. Se estudiaron a 41 097 neonatos asintomáticos, se clasificaron a los neonatos en tres grupos según la altitud de nacimiento, altitud baja (0-500 m.s.n.m.), leve (500-1500 m.s.n.m.) y moderada (1500-2500 m.s.n.m.). Se observó que cada aumento de 1000 metros en la altitud se asoció a una disminución del 1.54% en la SatO₂ media. Recomiendan que los puntos de corte para screening de cardiopatías congénitas o enfermedades pulmonares: $\leq 95\%$ (0 - 500 m.s.n.m.); $\leq 93\%$ (500 – 1500 m.s.n.m.) y $\leq 92\%$ (1500 – 2200 m.s.n.m.) (30).

Tian YP y colaboradores en su investigación con el título: La distribución y variación de la SatO₂ del pulso neonatal a diferentes altitudes. Analizó la distribución y variación de la SatO₂ neonatal en diferentes alturas en china. Utilizaron la base de datos del *Matinal Screening Project of NCDH*, se describió a 26 766 recién nacidos en diferentes altitudes utilizando el análisis de varianza unidireccional. Los autores concluyen que los diferentes valores de SatO₂ en los recién nacidos se asocian de manera negativa con las altitudes por lo que refieren que valores a nivel de mar no deberían ser aplicable a recién nacidos de altitudes más altas (31).

En Cusco en el año 2019 se estudió con el título: SatO₂, frecuencia cardíaca y respiratoria en recién nacidos a término en poblaciones de altura, fue un estudio observacional, prospectivo la muestra estudiada fue de 180 recién nacidos, el estudio concluyó que existe una estabilización de los valores de SatO₂, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria a partir de los 120 minutos en comparación con los estudios que se realizaron a bajas altitudes es más prolongado ya que en esos estudios se obtuvo una estabilización de la SatO₂, la frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria desde los 30 min de edad con una segunda fluctuación entre los 120 a 240 minutos, en este estudio también concluye que existe una adecuada correlación entre la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y la saturación SatO₂ (1).

M. Asas Jinde en el año 2020, llevó a cabo el estudio titulado: Comparación de cambios fisiológicos en neonatos a término, nacidos entre 2019-2020, en las zonas del Ecuador: 4 de baja altitud y 9 de gran altitud, se realizó un estudio tipo transversal, epidemiológico, descriptivo observacional con dos cohortes de pacientes, la información fue recopilada de las historias clínicas de los pacientes y se comparó los cambios fisiológicos de los neonatos. En sendas cohortes se tomaron recién nacidos a término y se presentaron los cambios fisiológicos de la transición a la vida extrauterina. Los nacidos a gran altura, evidenciaron, acidosis respiratoria poliglobulia, e hipoxemia superior a aquellos neonatos nacidos a nivel del mar, lo que indica intensos cambios fisiológicos en la biometría hemática y la gasometría arterial en los recién nacidos a término nacidos en la altitud con respecto a los recién nacidos cuya geografía les permite nacer a nivel del mar (32).

Guisbert Elescano en el año 2020, en el Hospital Ramiro Priale de Huancayo, estudió 109 neonatos. Con el título Rangos de SatO₂ en Recién Nacidos sanos a 3200 m.s.n.m. dicho estudio fue observacional prospectivo, se midió la SaO₂ preductal durante los 1, 2, 3, 4, 5, 10, 30 minutos y 2, 6 y 24 horas. Concluyendo que la SatO₂ en los recién nacidos a 3200 m.s.n.m. es menor que a nivel del mar y el tiempo de estabilización de SatO₂ es hasta 3 veces mayor en comparación a nivel del mar. Con el estudio se plantea el valor de saturación de 86% como punto de corte para tamizaje de cardiopatías congénitas a la altitud estudiada (33).

2.2 Saturación de oxígeno

La SatO₂ u oximetría de pulso es un método no invasivo y de bajo costo que permite determinar los niveles de O₂ en sangre. Los oxímetros de pulso funcionan al captar las ondas del espectro luminoso generadas por las hemoglobinas oxigenada y reducida. El sensor o sonda de O₂ está

compuesto por dos diodos emisores de luz, el uno para la generación de la luz roja y el otro un fotodiodo detector (34).

Los niveles de SatO₂ en recién nacidos a término están claramente establecidos en el estudio conocido como el normograma de Dowson, en donde se define que la SatO₂ en recién nacido a término es al primer minuto 68%, a los 5 minutos 92% y a los 10 minutos 97% (35). Para poblaciones de altura, estos valores son menores, en donde se tiene que recién nacidos a término el porcentaje de saturación a los 5 minutos de 69.1%, a los 15 minutos 79.7% y a los 30 minutos 88% (19,22).

2.3 Pulsioximetría

Es considerada una prueba no invasiva, cuyo fin es medir el O₂ en sangre arterial. La técnica consiste en colocar un sensor en la piel, como en un dedo o en un miembro, y utilizando luz de dos longitudes de onda diferentes la Hb oxigenada y la Hb desoxigenada. El resultado es un porcentaje de SatO₂ en la sangre, que es fácil de obtener, no invasivo y razonablemente preciso (36).

2.4 Saturación de Oxígeno

La saturación de oxígeno (SatO₂) se conoce como la cantidad de Hb que está saturada de O₂, la cual es medida en porcentaje, en relación al total de la Hb que hay en sangre. Es una medición que no genera invasión al paciente, y se la realiza a través de la oximetría de pulso. Esta medida brinda información acerca de la oxigenación que presenta la sangre, siendo una herramienta fundamental de uso en la monitorización en cualquier paciente, pero fundamental en las unidades neonatales (33,36).

Al nacer, en los primeros minutos y horas de vida fuera del útero aparecen una serie de cambios cardiovasculares y respiratorios que causan variaciones en la SatO₂ del neonato. Es de basto conocimiento en la literatura científica que la PO₂ disminuye a medida que aumenta la altitud que se encuentra el ser humano. Para entender cómo se comporta la SatO₂ en esta etapa de la vida, es necesario conocer la fisiología hematológica, respiratoria y cardiovascular que influye en la SatO₂; y además la adaptación cardíaca y pulmonar en el nacimiento, la oximetría de pulso en neonatos y cómo influye la altura sobre el nivel del mar (33).

2.5 Elementos fisiológicos determinantes en la saturación arterial de oxígeno.

2.5.1 Presión atmosférica y el aire ambiental

El aire ambiental se compone por una combinación de gases, en el cual se encuentran en mayor cantidad el O₂ y el nitrógeno. La fracción inspirada de O₂ (FiO₂) al aire ambiente es del 21 %. La presión que se ejerce por el aire en la tierra se conoce como presión atmosférica, esta es de 760 mmHg a 0 m.s.n.m., cuyo valor desciende con la altitud y la FiO₂ se mantiene del mismo valor. La PO₂ es la presión del O₂ en el aire. Esta se obtiene a partir de la presión atmosférica y la FiO₂, siendo 159 mmHg a 0 m.s.n.m. y esta disminuye con el aumento de la altitud (33).

2.5.2 Gradiente De Presión De Oxígeno

La PO₂ va disminuyendo de forma gradual desde que ingresa al organismo por la vía respiratoria superior hasta llegar a los alveolos dado por el cambio de composición del aire, específicamente por añadirse el vapor de agua, y se absorbe el O₂ a nivel del alveolo pasando a la sangre capilar e intercambiándose con el dióxido de carbono (CO₂) desde la sangre al pulmón. Esta PO₂ en la parte superior de la vía aérea se la conoce como presión inspiratoria de oxígeno (PiO₂), en el alveolo se denominará presión alveolar de oxígeno y a nivel arterial PaO₂, y sus valores a 0 m.s.n.m. son de 150, 100 y 90 mmHg respectivamente (33,37).

2.5.3 Sistema respiratorio

El sistema respiratorio tiene como función principal difundir el O₂ desde el aire ambiente hasta las unidades alvéolo-capilares y extraer el CO₂. Este O₂ absorbido, es el sustrato empleado en el metabolismo aeróbico en el organismo (37).

2.5.4 Oxigenación

La oxigenación es la difusión pasiva del O₂ desde el alveolo al capilar pulmonar, uniéndose a la Hb del glóbulo rojo y disolviéndose en el plasma. El gradiente alveolo arterial de oxígeno (AaPO₂) se conoce como la diferencia de presión entre el plasma y los alveolos, y su valor se encuentra entre de 5 y 20 mmHg, el cual va aumentando con la edad y al incrementar la FiO₂ (33).

2.6 Hipoxemia

Hablamos de hipoxemia cuando existen niveles disminuidos de O₂ a nivel arterial (SatO₂ o PaO₂ bajas), proceso que puede ser peligroso e incluso mortal. Ocurre por hipoventilación, afectación de la ventilación-perfusión, desviación a la derecha de las curvas de disociación de la Hb (entrega de O₂ a los tejidos), afectación de la función de la difusión y descenso de la PiO₂. Clínicamente lo más común es la cianosis en la hipoxemia. Nos referimos a cianosis central cuando existe una coloración azulada de las mucosas, incluida la lengua y se observa al tener Hb desoxigenada mayor a 5gr/dl de sangre. Los estudios demuestran que incluso en condiciones

óptimas, no se puede detectar signos de hipoxemia hasta que la saturación parcial de oxígeno no es inferior al 80% (33).

Que exista la hipoxemia, no significa que tengan que existir otros signos respiratorios, incluso con una correlación mala con la frecuencia respiratoria y cardíaca. Sin embargo, al realizar la pulsioximetría o una gasometría arterial, proporciona datos fidedignos acerca del intercambio gaseoso, por lo que se puede considerar en una enfermedad en su fase aguda, como un predictor de mortalidad (33,37).

Un valor establecido que nos permita diagnosticar hipoxemia no tenemos, pues no hay un valor límite preciso por el cual aparece la hipoxia tisular. Pero a 0 m.s.n.m. se considera una PaO₂ mayor a 80 mmHg como una valor normal (saturación parcial de oxígeno entre 95 y 100%), hipoxemia leve PaO₂ de 60-80mmHg (saturación parcial de oxígeno 90-94%), hipoxemia moderada PaO₂ de 40-60mmHg (saturación parcial de oxígeno 75-89%) e hipoxemia severa PaO₂ menor de 40mmHg (saturación parcial de oxígeno menos de 75%). En muchas instituciones de salud se inicia tratamiento con valores menores a 60mmHg o SatO₂ menor o igual 90%. En los niños la oxigenación muestra rangos mucho más altos. En la primera semana de vida a nivel del mar, la oximetría de pulso de oxígeno arterial (tcSaO₂) varía entre 91%, 93% y 96%, (alimentándose, dormido y despierto, respectivamente), demostrando que la SatO₂ se altera por las actividades del recién nacido, pudiendo disminuir y luego incrementarse gradualmente (33).

2.7 Hipoxia

Es la disminución de la cantidad de O₂ dentro de un órgano o tejido usado para el metabolismo aeróbico. La hipoxia celular se presenta por una disminución de O₂ a nivel arterial, ya sea por disminución de la perfusión, o por anemia severa, entre otras (33).

La hipoxia tisular puede conllevar a arresto cardíaco, lesión cerebral y muerte. El grado de tolerancia a esta falta de O₂ puede ser variable, 30 minutos posteriores a la hipoxia, se puede evidenciar una recuperación en el músculo esquelético; sin embargo, a neuronal después de estrés hipóxico de aproximadamente 4 a 6 minutos ocurre lesión irreversible, siendo el tejido más sensible, apareciendo cambios cuando la Saturación parcial de Oxígeno es menor a 80%. Esto demuestra que la hipoxia se debe tratar con O₂ de forma precoz, incluso antes que se descubra la causa primaria que lo desencadenó (33). Sin embargo, esta administración de O₂ complementario se la debe realizar de forma cuidadosa y con monitoreo continuo debido a que el exceso de O₂ complementario produce a nivel sistémico superóxidos y radicales libres, teniendo en cuenta

además que este exceso puede ocasionar cierre del ductus arterioso, lo cual puede ser perjudicial para recién nacidos con cardiopatía congénita crítica ductus dependiente produciendo descompensación hemodinámica que puede llegar a la muerte (38).

2.8 Medición de la Oxigenación

Se cuenta con distintos métodos para determinar si existe una alteración en la oxigenación y si esta no podría mantener un adecuado metabolismo en los tejidos periféricos (18).

- Saturación de Oxígeno (SatO₂): se considera una medida no invasiva del porcentaje de la hemoglobina saturada de oxígeno (HbO₂) a nivel capilar por medio de la pulsioximetría. Hablamos de una concordancia normal entre SatO₂ y saturación arterial de oxígeno (SaO₂), la cual se mide por gasometría arterial, cuando la SaO₂ es mayor a 90%, y se permite una diferencia de 2 a 3%, y esta correlación puede disminuir en pacientes con hipoxemia (33).
- Presión Arterial De Oxígeno (PaO₂): Es un valor que se mide por gasometría arterial, en el cual nos indica la PO₂ que se encuentra disuelta en el plasma (33).
- Relación PaO₂/FiO₂: se utiliza cuando existe un daño pulmonar y el paciente se encuentra bajo ventilación mecánica. Cuando se tiene una relación entre 300 a 500 mmHg se considera como normal, cuando es menor a 300mmHg hipoxemia leve y PaO₂/FiO₂ menor de 200 hipoxemia grave (33).
- Relación SatO₂/FiO₂: Al no tener disponibilidad de PaO₂, se analiza esta relación entre SatO₂/FiO₂. Los valores de SatO₂/FiO₂ de 315 equivale a una PaO₂/FiO₂ de 300 en niños. Esta determinación no es invasiva, lo que ha aumentado su uso (33).
- Índice de oxigenación (IO): Se usa muy a menudo en neonatos con hipertensión pulmonar persistente, para saber qué tan grave es la hipoxemia y saber en qué momento realizar las intervenciones, como puede ser la terapia con el óxido nítrico inhalado. Se considera insuficiencia respiratoria grave cuando la IO es mayor a 25 (33).

- Contenido Arterial De Oxígeno (CaO₂): es la cantidad total entre el O₂ que se une a la Hb y el O₂ disuelto en el plasma. El valor normal oscila entre 15 y 20 ml/dL. Solo un pequeño porcentaje de O₂ se encuentra disuelto en la sangre, la gran mayoría está unida a la Hb (98%). El O₂ disuelto es una pequeña parte de CaO₂, correspondiente al 1-2%, pero es de suma importancia en la difusión de O₂ en los tejidos. Su cálculo se aprecia con la siguiente fórmula: $CaO_2(mlO_2/dl) = (1,34 \times \text{concentración de Hb} \times SaO_2) + (0,0031 \times PaO_2)$ (33).

2.9 Fisiología cardiocirculatoria

La sangre venosa que proviene de los tejidos tiene una PO₂ de 40 mmHg y PCO₂ de 46 mmHg, esta regresa al corazón derecho por las venas cavas y es enviada a la circulación a nivel pulmonar, posteriormente la sangre se oxigena, teniendo valores de PaO₂ 90mmHg y PCO₂ 40mmHg, y regresa por las venas pulmonares al corazón izquierdo para ser bombeado a todo el organismo. El gasto cardíaco (GC) también influye en la entrega de O₂ a los tejidos, dependiendo del volumen sistólico y la frecuencia cardíaca (33).

2.9.1 Transporte de Oxígeno a los Tejidos

Se define como la cantidad de O₂ que va desde los pulmones hasta los tejidos. Se calcula mediante la fórmula Entrega de O₂ (ml/min) = CaO₂ x GC. Cuando disminuye este parámetro por una alteración en la perfusión o una CaO₂ disminuida, ya sea por anemia o hipoxemia, lo que lleva a hipoxia tisular. Esto está influenciado por la velocidad en la que el O₂ es utilizado por los tejidos y se conoce como consumo de O₂ (33).

2.10 Función Hematológica

2.10.1 Hemoglobina

La Hb entre sus funciones se encuentra el transporte de O₂ formando la oxihemoglobina (HbO₂). La Hb presenta una estructura cuaternaria, esta compuesta por dos pares de cadenas polipeptídicas llamadas globinas. La Hb en su 97% está formada por la HbA1 la cual posee 2 cadenas alfa y 2 beta. El 2% de esta, se compone por la HbA2 que se compone por 2 alfa y 2 delta. Y por último, el 1% restante se conforma por HbF (2 alfa y 2 gamma). La HbF aumenta en el embarazo y tiene más afinidad por el O₂; sus valores disminuyen alrededor de los 6 meses. Cada una de las globinas presenta un grupo hemo, constituido por un anillo de protoporfirina IX que contienen en su centro tiene un ion hierro en forma ferrosa, estos se encuentran unidos a los extremos nitrogenados de los anillos pirroles de la protoporfirina, y queda disponible un extremo

para la unión del O₂ y el otro para la globina, de esta manera, cada molécula de Hb se puede unir con cuatro moléculas de O₂. La desoxihemoglobina o Hb reducida tiene los extremos nitrogenados disponibles para la unión al O₂ libre. La carboxihemoglobina (COHb), metahemoglobina (MetHb) y sulfohemoglobina (SHb), que se las conoce como dishemoglobinas, no transportan nada de O₂ y se consideran menos del 3%. Cada gramo de Hb puede transportar 1.34 ml de O₂. Por cada 100 ml de sangre, podemos encontrar 15 gramos de Hb, la cual puede transportar 20.1 ml de O₂ (33).

2.10.2 Curva de la Oxihemoglobina

En la literatura se conoce como la relación entre la PaO₂ y SaO₂, representada en una curva de aspecto sigmoideo; en la cual para llegar a una saturación de O₂ al 50%, la Hb necesita que la PaO₂ se encuentre en 27 mmHg conocida como P50. Al llegar a un valor de 60 mmHg, en este momento se llega a una SaO₂ de 90%; y es a partir de ahí que descensos pequeños de la PaO₂ causan descensos rápidos de la SaO₂ donde se inicia el descenso de la curva; es a partir de este momento en el que grandes incrementos de la PaO₂ van a producir mínimos aumentos de la SaO₂, es por esto que se la conoce como la meseta de la curva. Al tener una mayor afinidad de la Hb por el O₂ se produce un descenso de la P50, y con esto la curva presenta un desplazamiento hacia el lado izquierdo, lo que puede darse por la presencia de la HbF, mayor pH, menor CO₂, 2-3 difosfoglicerato (DPG). Desde el punto de vista fisiológico, esta desviación permite una mayor captación de O₂ pulmonar. Mientras que la desviación de la curva se da hacia la derecha genera una menor afinidad de la Hb por el O₂ y aumenta la P50, esto puede darse cuando disminuye el pH, y aumenta el CO₂ y el 2-3 difosfoglicerato (DPG). Esta desviación permite que el O₂ se libere de una forma más fácil hacia los tejidos periféricos (Efecto Bhor) (33).

2.11 Pulsioximetría

A principios de 1980, se introdujo la oximetría de pulso en la práctica clínica, la cual es considerada una herramienta de primera línea para la monitorización de los pacientes, por lo que incluso es ahora considerada como el quinto signo vital (18).

2.11.1 Oxímetro de pulso

El oxímetro de pulso es una sonda que contiene dos diodos emisores de luz (LEDs) y un fotodetector. Las luces LED tienen una emisión de luz a 660 nm (encontrándose en el espectro rojo) y a 940 nm (que se encuentra en el espectro infrarrojo). El fotodetector se posiciona de manera opuesta a los diodos lo que permite la medición de la absorción de luz por parte del tejido al cual se le colocó la sonda. El oxímetro de pulso funciona mediante un análisis espectral, en el

cual los componentes de una solución son llevados a valores cuantitativos según su absorción de luz. Los componentes en la sangre son la desoxihemoglobina y la oxihemoglobina (HbO₂). Estas pueden absorber luz roja e infrarroja, respectivamente. Las distintas longitudes de onda de los diodos le permiten al microprocesador diferenciar la HbO₂ y la desoxihemoglobina. La absorción de la luz varía con cada pulsación arterial y el grado de oxigenación. Al final, el nivel de oxigenación arterial se obtiene con el cálculo comparando los valores obtenidos de manera referencial en experimentación y esto se expresa en porcentaje (SatO₂). Así mismo, se puede detectar la frecuencia cardíaca, mediante la detección de las fluctuaciones de cada pulsación arterial. La SatO₂ es inexacta cuando se encuentra bajo del 70%, ya que no existen datos de referencia experimentales para las saturaciones bajas (33).

Mediante una correcta alineación del diodo y el fotodetector, se incrementa la exactitud del valor expresado en el oxímetro de pulso. La colocación del oxímetro de pulso debe ser en una ubicación de fácil acceso y cómodo para el paciente, como pueden ser las manos, muñecas o pies, teniendo en cuenta que estas tengan una adecuada perfusión. Estas sondas proporcionan pequeñas cantidades de calor, y al estar bajo presión pueden causar úlceras por presión o quemaduras, incluso se puede llegar a la necrosis y deformidad; lo que hace necesario su colocación con cuidado y ser cambiada a otros sitios fundamentalmente en los recién nacidos (33).

La precisión de esta monitorización se puede ser afectado por muchos factores como el movimiento y la temperatura del paciente, así como la luz ambiental, siendo estas las causas principales de SatO₂ baja de forma errónea (33).

El pulsioxímetro marca Masimo Rad 97 fue comparado con otras marcas de pulsioxímetros en el estudio “Rendimiento de tres oxímetros de pulso de nueva generación durante el movimiento y baja perfusión en voluntarios”, en donde se identificó que este presenta una menor tasa de fallo, además de una sensibilidad del 95-100% y especificidad del 93-97%, ya que presenta una buena captación de la saturación incluso en movimiento, volviéndolo ideal para la toma de la SatO₂ en recién nacidos (17).

2.11.2 Transición desde la vida intrauterina a la extrauterina

En el periodo fetal, la transferencia de O₂ se da a través de la sangre materna por medio de la placenta. Esta pasa a través del cordón umbilical e ingresa a la circulación sistémica para dar

preferencia al cerebro y corazón. La sangre debe atravesar varios cortocircuitos fisiológicos del feto como son: el conducto venoso de Arancio, el agujero oval y el conducto arterioso (14). Al momento del nacimiento, la reabsorción del líquido pulmonar, el clampeo del cordón umbilical y con ello la ausencia del flujo sanguíneo venoso umbilical, así como el cierre del agujero oval y del conducto arterioso, permite que se modifique la circulación pulmonar y en conjunto con el funcionamiento fisiológico del pulmón permiten la adaptación a la vida extrauterina. Una transición exitosa se puede considerar cuando pasan los siguientes eventos: la depuración adecuada del líquido alveolar, expansión pulmonar adecuada y los cambios circulatorios pertinentes con el cierre de los cortocircuitos de derecha a izquierda (21).

En el feto humano a las 35 semanas de gestación la PaO₂ es de 30 mm Hg (38) que es muy baja comparada a la de recién nacido que es de 95mmHg, sin embargo, hay estudios en la altura como el de Bolivia a 3600 metros de altura en donde se demostró que en sus recién nacidos son más bajos los valores de PaO₂ en promedio 85mmHg, esto debido a que la presión barométrica en la altitud disminuye la PO₂ y el organismo debe adaptarse a estas condiciones (21).

Pueden existir algunas dificultades durante esta transición, las cuales se puede dar en el 10% de los pacientes aproximadamente, esto se da por: falta de esfuerzo respiratorio, obstrucción de las vías respiratorias, deterioro de la función pulmonar, incremento de la presión de la circulación pulmonar o cardiopatías congénitas. En el caso de la presión de la arteria pulmonar, la altitud geográfica puede ser un factor predisponente de esta alteración en la adaptación a la vida extrauterina (21).

Cuando esta adaptación no se desarrolla en el individuo se tiene un escenario de hipoxemia. La hipoxemia es la disminución de los niveles de O₂ en sangre y la manifestación clínica es la coloración azulada de las membranas mucosas, en especial de la boca y la lengua y de las extremidades, especialmente del lecho ungueal y se presenta en recién nacidos con cardiopatías cianógenas usualmente desde los primeros minutos de vida (35). Puede además en cardiopatías complejas del recién nacido acompañarse de diferencias en la saturación entre la extremidad superior derecha (Preductal) y las extremidades inferiores (Postductal), lo que indica alteraciones en el flujo y la presión de la sangre a través del conducto arterioso en la dirección opuesta a la esperada (izquierda a derecha) (23).

2.12 Altitud y Neonatología

2.12.1 Altitud

De toda la población del mundo aproximadamente el 25% vive en altitudes mayores a los 500 m.s.n.m. y solo el 2% (cerca de los 140 millones de personas) residen en una altitud elevada, que se define cuando estamos por encima de los 2500 metros de altura en relación al nivel del mar, siendo las personas que viven en los Andes y en los Himalayas más estudiadas y las Montañas Rocosas (33).

La clasificación de la altitud se divide según la literatura revisada (39,40) en:

- Media altitud (1,500 a 2,500 m.s.n.m.)
- Elevada altitud (2,500 a 3,500 m.s.n.m.)
- Gran altitud (3,500 a 5,800 m.s.n.m.)
- Extrema altitud (mayor de 5,800 m.s.n.m.)

A medida que la altitud va en aumento, la presión de oxígeno y la SatO₂ disminuyen. Este fenómeno se conoce con el nombre de hipoxia hipobárica, y es una de las causas de hipoxemia en individuos que viven o se transportan hacia la altura. Lo cual pone en marcha los mecanismos de adaptación como respuesta inmediata a este cambio (33).

En la literatura se conoce como Mal de Monge cuando no se da una adaptación adecuada en las personas que asciende a la altura o cuando se produce una pérdida de la adaptación del nativo que vive en la altura. La SatO₂ se debe acomodar y ajustar a cada altitud, fundamentalmente si supera de los 2500 m.s.n.m. En Perú se publicó un estudio en el cual se mide la SatO₂ en grupos poblacionales con rangos de edades entre 1 y 80 años que se han aclimatado a la altitud, desde el nivel del mar hasta la localidad más alta en este país, correspondiente a los 5100 m.s.n.m. estos estudios han permitido definir percentiles de valores de SatO₂ para disímiles niveles de altura (33).

2.12.2 Transición Cardiopulmonar del recién nacido en la altitud.

La SatO₂ de los neonatos en altitudes no depende solo de la PO₂; en este parámetro influyen variables como la edad del bebé, estado de actividad del mismo, la frecuencia y patrón de respiración, cambios que puedan alterar la curva de disociación de la oxihemoglobina, la reactividad del lecho vascular pulmonar, etc (33).

En zonas de gran altura, el período de tiempo en el que ocurren los cambios cardiacos y respiratorios puede ser prolongados y variables, a esto le tenemos que añadir que la circulación pulmonar del recién nacido es muy sensible a la hipoxemia. Por encima de los 4000 metros de altura puede aparecer reversión de los patrones circulatorios de la vida fetal, conocidos como persistencia de la circulación fetal, ocurriendo una reactividad de los vasos pulmonares,

persistencia de las derivaciones circulatorias como el conducto arterioso y el foramen oval. En la arteria pulmonar la capa muscular se adelgaza mucho más lento que a nivel del mar, incluso nunca llega a tener valores normales, lo que hace que se incremente el riesgo de predisposición a la hipertensión pulmonar (33).

La hipertensión pulmonar tiene una evidente asociación con infecciones respiratorias bajas agudas en neonatos que se encuentran en adaptación al medio ambiente, fenómeno que influye en la gran mortalidad infantil a grandes alturas. Cuando los recién nacidos se encuentran a nivel del mar, pueden alcanzar una saturación entre 96 y 98% inmediatamente después del nacimiento, valores que tienden a disminuir discretamente en los primeros 7 días, para luego ir en aumento hasta alcanzar los valores entre 94 y 98%. Pueden presentarse disminuciones en la saturación de forma breve, y son poco frecuentes, en relación con la respiración periódica durante el sueño y menor edad, sin modificación significativa de la saturación media y logrando maduración y estabilización a los 6 meses de vida. En altitudes entre los 1600 y 4000 metros, se establecen valores entre 85 y 95% en los primeros 4 meses de vida. En los recién nacidos a grandes altitudes, hay aún mayores cambios, aquí la maduración del centro respiratorio y los patrones de respiración varían respecto al nivel del mar, con lo que aparece una respuesta bifásica en la ventilación (hiperventilación inicial y luego disminución de la ventilación) en respuesta a la hipoxia como estímulo a nivel de los quimiorreceptores carotídeos y vasculares. Existen algunas diferencias en los estudios realizados sobre el tema en cuestión; sin embargo, si hay consenso y relación lineal en que hay proporcional disminución de la saturación parcial de oxígeno con el incremento de la altitud (33).

2.12.3 Adaptación fisiológica en la altura

Este proceso de adaptación del individuo a la altura viene siendo motivo de estudio para los científicos desde hace años y está relacionado al descenso paulatino que tiene la presión barométrica y también la del O₂, el descenso de esta presión barométrica se considera la causa fisiológica de llegar a lugares con gran altitud y ocurra la hipoxia, esto siempre va a ocurrir a medida que disminuye la presión barométrica, también desciende la presión de oxígeno en la atmósfera, estando inferior al 21% de la presión barométrica total. En relación con la PCO₂ a grandes altitudes este se encuentra disminuida y a nivel del mar es de 40mmHg. A medida que aumenta la altitud la PCO₂ disminuye por la hiperventilación, causando alcalosis respiratoria (3).

La presión alveolar de oxígeno a nivel del mar es de 104mmHg, la cual comienza a descender a medida que se incrementa la altura, teniendo de referencia que, a 3048 metros de altura, esta presión desciende a 67mmHg (3).

Los mecanismos fisiológicos que son los responsables de la aclimatación a la presión baja de O₂ son:

- Aumentar la ventilación pulmonar.
- Aumentar la cantidad de eritrocitos.
- Aumentar la difusión pulmonar.
- Aumentar la vascularización de tejidos periféricos.
- Maximizar el uso del O₂ a presiones menores en las células.

Podemos encontrar una serie de cambios de compensación a nivel de las células como puede ser el aumento del número de mitocondrias celular, responsables de las reacciones oxidativas en la producción de energía celular (ATP), el aumento de la mioglobina que favorece mayor llegada de O₂ a los diferentes tejidos. Aparece un aumento en los tejidos el contenido de citocromo oxidasa (2,3,14).

Los procesos de adaptación que aparecen en los primeros minutos de vida son de vital importancia para sobrevivir en el medio extrauterino, fenómenos de más importancia aún si se encuentra en altitudes sustanciales, siendo la hipoxia hipobárica una de estas condiciones. Este proceso de adaptación, que puede ser muy sencillo de comprender, en su profundidad es intrincado y no se conoce en su totalidad, y es el que da inicio a las primeras respiraciones del neonato, el pinzamiento del cordón con el corte del flujo placentario, comenzando los cambios adaptativos sobretodo hemodinámicos y respiratorios (41).

Siendo así, en el estudio realizado por Saavedra y Vargas (2016) en Bolivia, en la ciudad de La Paz, a una altura de 3640 m.s.n.m. se encontró que la SatO₂ tomada por oximetría de pulso, fue menor que la SatO₂ a nivel del mar, siendo 86% a los 10 minutos, 88% a las 12 horas, 89% a las 24 horas, comparado con el promedio a nivel del mar el cual se encuentra en 97,2% (42,43).

Cuando se presenta la hipoxia suficientemente grave, esta puede conducir a la muerte, pero en estadios leves puede haber depresión de la actividad mental, incluso llegar al coma; disminución de la capacidad del trabajo del tejido muscular (3).

2.12.4 Adaptación inmediata neonatal

Posterior al parto, comienza un período crucial en relación a la habilidad innata del recién nacido para su supervivencia. Aquí encontramos una serie de períodos (3):

- El primer periodo de reactividad: ocurre en los primeros 30 minutos postparto, aquí la frecuencia cardiaca (FC) asciende de forma normal hasta los 180 latidos por minuto, para luego descender gradualmente hasta valores de 110 y 120 en los próximo 30 minutos; la frecuencia respiratoria llega hasta 60 a 80 respiraciones por minuto, incluso pudiendo ser irregular, hasta con aleteo nasal.
- Periodo de respuesta disminuida: ocurre en el período después de los 30 minutos hasta las dos horas, aquí la frecuencia cardiaca tiene una disminución hasta valores de 120 a los 140lpm, y la frecuencia respiratoria disminuye por debajo de 60 respiraciones por minuto, hay una etapa de tranquilidad relativa, con tendencia al sueño y estar más quieto.
- Segundo periodo de reactividad: El recién nacido presenta una mayor respuesta a los estímulos, con mayor actividad y va hasta las 8 horas (3).

2.13 Escala de Silverman

Esta escala es una herramienta creada en 1956 por el Dr. William Silverman y Dorothy Andersen, para realizar una valoración fácil y rápida para evaluar la dificultad respiratoria de los recién nacidos en una escala del 0 al 10, en donde conforme incrementa la puntuación significa una mayor dificultad respiratoria (44).

En esta escala se valora el aleteo nasal, quejido espiratorio, tiraje intercostal, retracción esternal y disociación toracoabdominal, con una puntuación de 0 a 3 puntos cada ítem. Con la sumatoria de los puntos podemos clasificar la dificultad respiratoria de la siguiente manera:

- 0 puntos: sin dificultad respiratoria
- 1 a 3 puntos: dificultad respiratoria leve
- 4 a 6 puntos: dificultad respiratoria moderada
- 7 a 10 puntos: dificultad respiratoria severa

Dependiendo del grado de dificultad respiratoria se decide el tratamiento que requiere el paciente. Entre los principales tratamientos que suelen requerir es el despejar las vías aéreas, colocar O₂ humidificado, mantenimiento de la temperatura, administración de líquidos y electrolitos, mantenimiento de la Hb, y en el caso de la dificultad severa se debe colocar a los pacientes en asistencia ventilatoria (44).

2.14 Tamizaje cardiológico

En el 2015 los Centros de Control y Prevención de enfermedades y la Academia Americana de Pediatría, así como en el Manual Integral de la Atención a la Niñez, de Ecuador (15), actualizaron el screening de detección del recién nacido para Defectos cardíacos congénitos (16,45), en donde se dan pautas claras de cómo realizar el tamizaje de SatO₂ tomando la SatO₂ de extremidad derecha y de extremidades inferiores, si es más de 94% no hay patología, si es menos de 94% se debe repetir 3 veces con lapso de una hora y de persistir se considera positivo, y si es menor de 90% igualmente se considera positivo y deben realizar un ecocardiograma para descartar una cardiopatía congénita. Para detectar si un recién nacido carece de patología cardíaca estructural, deberíamos realizar un ecocardiograma. Ante este escenario, el medicamento más usado en las salas de neonatología a la hora de reanimar un recién nacido no debería ser el O₂, el cual en muchas ocasiones se lo utiliza para disminuir o evitar la hipoxemia sin tomar en cuenta los efectos adversos que la hiperoxia demostradamente causa en este grupo especialmente susceptible por los cambios que se encuentra atravesando. Existen cada vez más datos experimentales, así como evidencia de estudios en recién nacidos que reciben reanimación, que incluso una breve exposición a un exceso de O₂ durante la reanimación y después de ella puede determinar resultados adversos. En teoría, el uso de menores concentraciones de O₂ ayudaría a reducir sustancialmente el estrés oxidativo y así minimizar las consecuencias perjudiciales de los radicales libres de O₂ (35).

En el caso de mantenerse la hipoxemia en el recién nacido, es necesario iniciar estudios para establecer la causa de base la cual, puede en muchos casos ser multifactorial. Para esto, el pediatra y/o neonatólogo hace uso de varias herramientas diagnósticas como el screening para tamizaje de cardiopatías complejas, rayos X de tórax y el ecocardiograma. Los estudios deben realizarse al mismo tiempo que se toman medidas terapéuticas dependiendo del grado de saturación del paciente (46).

En Argentina en un estudio publicado en el año 2022 con una muestra tomada en el periodo 2009 - 2018 se obtuvo una prevalencia de cardiopatías congénitas críticas de 11,46 por cada 10 000 nacidos vivos. El estudio además estima que hasta un 30% de recién nacidos con cardiopatías congénitas críticas son dados de alta sin diagnóstico y que su mortalidad llega hasta el 50%, por lo que un diagnóstico tardío de esta asociado a una mayor tasa de mortalidad, lo que se puede disminuir de manera importante con el tamizaje cardiológico. Por otro lado, se puede realizar un diagnóstico prenatal mediante ecografía fetal entre las 20 a 24 semanas de gestación, pero aún mantiene un bajo porcentaje de detección, por lo que es indispensable promover capacitación de

profesionales para la detección de cardiopatías congénitas críticas por ecografía fetal y de esta manera poder derivar de manera oportuna a maternidades de mayor complejidad (47).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología

Estudio descriptivo transversal observacional, para determinar los valores de saturación normal en recién nacidos a término asintomáticos a 2850 m.s.n.m. Los datos fueron tomados de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión del estudio.

3.2 Población de estudio

Para el estudio se incluyeron los recién nacidos a término sanos, que se encontraban en alojamiento conjunto en el Hospital Luz Elena Arismendi Nueva Aurora en la ciudad de Quito y que cumplieron con los criterios de inclusión descritos, durante el período Mayo – Julio 2023.

3.3 Tamaño Muestral

Se trabajó con una muestra de 351 pacientes más un 20% (70.2 pacientes) calculado para pérdidas, dándonos un total de 421 pacientes, el mismo que fue calculado en base a la estadística propia del hospital por un período de 12 meses (período enero a diciembre 2022) en los cuales se atendieron un total de 5030 recién nacidos vivos que fueron dirigidos al área de alojamiento conjunto, y tomando en cuenta la tasa de prematuros indicada por la OMS que puede llegar hasta el 18% (48), además en un estudio realizado en Perú (49), se obtuvo una tasa de nacimientos postérmino del 2,8%, al analizar estos datos, en nuestro caso se tendrían aproximadamente 3983 recién nacidos vivos a término en el lapso de un año. La fórmula (50) que se utilizó es la siguiente con un nivel de confianza de 95 y un error del 5%

$$n = Z_{\alpha}^2 \frac{N \times p \times q}{i^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

p: Prevalencia del evento de estudio

q: 1-p

Z_{α} : nivel de confianza deseado

I: Tolerancia error 5%

3.4 Lugar

Hospital Gineco-Obstétrico Pediátrico Luz Elena Arizmendi, institución pública, Quitumbe Ñan S/N y calle S47D

3.5 Criterios de inclusión

Recién nacido a término (37 a 41.6 semanas de edad gestacional)

Score de Silverman de 0 puntos

Paciente en alojamiento conjunto del HGONA

3.6 Criterios de exclusión.

Recién nacido pretérmino (menor de 36,6 semanas de edad gestacional)

Recién nacido postérmino (mayor de 42 semanas de edad gestacional)

Score de Silverman de 1 a 10 puntos

Paciente que requiera ingreso a neonatología

Paciente que presente malformaciones congénitas

3.7 Variables

Punto de corte de SatO₂ pre y post ductal (variable dependiente)

Edad gestacional

Peso al nacer

Sexo

Tipo de parto

Presión sistólica de la arteria pulmonar (en quienes tienen indicación de ecocardiograma)

3.8 Procedimiento de recolección de información

Mediante el uso del saturador de O₂ Masimo Rad-97, el cual, según el manual del fabricante (Masimo) el equipo no requiere calibración por parte del usuario. Los valores de

validación del equipo son los siguientes: sensibilidad del 95-100% y especificidad del 93-97% (17).

Nos acercamos personalmente a las madres que se encontraban en Alojamiento conjunto y se entregó la información pertinente sobre el estudio, se procedió a recabar la información para el cumplimiento de criterios de inclusión y exclusión, y una vez que se identificó el paciente, se realizó la firma del consentimiento informado (Anexo 1) por parte de los padres mayores de edad o representante legal. En el caso de los padres menores de edad, se sumó la firma el asentimiento informado y consentimiento informado por parte de los representantes legales de la madre, cumpliendo las normas de buenas prácticas clínicas de investigación. Los datos del paciente se manejaron bajo códigos, protegiendo información sensible.

A los pacientes se les realizó la toma de oximetría de pulso preductal (mano derecha) y postductal (pie izquierdo) entre las 24 y 48 horas de vida y se registró en la hoja de recolección de datos (Ver Anexo 2).

La edad gestacional, peso al nacer, sexo, tipo de parto, antecedente familiar de cardiopatía congénita, y los datos obtenidos con la saturación, se registraron en el formato estipulado (Anexo 2).

La SatO₂ fue medida mediante el oxímetro de pulso marca Masimo Rad-97.

A los pacientes con saturación menor al 90% se les realizó un ecocardiograma, para la investigación de las patologías cardiacas, siguiendo los protocolos de Tamiz de cardiopatías congénitas críticas (16), y el Manual Integral de la Atención a la Niñez en el Ecuador, 2018 (15).

El ecocardiograma fue realizado por el Cardiólogo Pediatra del Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arizmendi Nueva Aurora. Los valores obtenidos de la presión de la arteria pulmonar por el ecocardiograma fueron ingresados en plataforma Z-Scores Cardiac Structures – Detroit Data para ser analizados.

3.9 Plan de análisis

Toda la data obtenida fue depositada en la hoja de recolección de datos. Posteriormente para realizar la depuración de la información, se ingresó en una hoja de Excel, versión Microsoft 365, finalmente para el análisis estadístico se importó al programa IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences) statistics versión 25. Se comprobó la normalidad de los datos a través de la prueba Kolmogorov Smirnov. Para la estadística descriptiva de variables cualitativas se calculó porcentajes y frecuencias de características demográficas. En las variables cuantitativas se analizó

las medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y medidas de dispersión (desviación estándar y rangos intercuartílicos). De esta forma se obtuvo el promedio de saturación y los rangos mínimos y máximos establecidos para este grupo.

3.10 Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Tipo
Punto de corte de SatO ₂	Cantidad de O ₂ medida en % diluida en sangre	%	Porcentaje	0-100	Cuantitativa dependiente
Edad gestacional	Edad en semanas de gestación en base a la FUM confiable o en su defecto a una evaluación física al nacimiento (Capurro)	Semanas	Semanas de gestación	37-41,6	Cuantitativa independiente
Peso al nacer	Peso en gramos al momento del nacimiento	Gramos	Gramos	2000-4000	Cuantitativa independiente
Sexo	Condición orgánica que distingue a los individuos según el genotipo	Adimension al	1= Masculino 2= Femenino	Masculino Femenino	Cualitativa independiente

Tipo de parto	Vía por la cual se termina el embarazo	Adimension al	1= Parto vaginal 2= Cesárea	Parto vaginal Cesárea	Cualitativa independiente
Presión sistólica de la arteria pulmonar	Por ecocardiografía se realiza la estimación de la presión pulmonar sistólica, que es equivalente a la presión sistólica del ventrículo derecho, se utiliza la velocidad máxima del flujo de insuficiencia tricúspidea y la presión en la aurícula derecha que, a su vez, se estima basándose en el grado de dilatación de la vena cava inferior.	---	Milímetros de mercurio	Normal Hipertensi ón pulmonar	Cualitativa dependiente

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se realizó la toma de oximetría de pulso preductal (mano derecha) y postductal (pie izquierdo) entre las 24 y 48 horas de vida en recién nacidos a término asintomáticos que se encontraban en alojamiento conjunto del Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi Nueva Aurora, en el período 2023. Obteniendo 435 pacientes.

4.1 Análisis descriptivo

4.1.1 Establecer el valor promedio y rangos máximo y mínimo de SatO₂ en recién nacidos sanos a la altura de la ciudad de Quito, entre las 24 y 48 horas de vida que se encuentren en alojamiento conjunto del Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora”, mediante la toma de SatO₂ pre y postductal con el saturador Masimo Rad-97.

De una muestra de 435 pacientes ingresados en el estudio la SatO₂ preductal tuvo una media de 92.6%, con una desviación estándar de 2.5, teniendo un rango que va desde el 80% hasta el 98%, mientras que la saturación postductal tuvo una media de 93.0% con una desviación estándar, al igual que la preductal, de 2.5, teniendo como rangos mínimo y máximo de 84% y 98% respectivamente (ver Tabla 2).

Tabla 2 Saturación de oxígeno pre y postductal en recién nacidos a término asintomáticos entre las 24 y 48 horas de vida.

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
SO ₂ preductal	92,6	2,5	80,0	98,0
SO ₂ postductal	93,0	2,5	84,0	98,0

4.1.2 Descartar cardiopatías congénitas mediante ecocardiograma a recién nacidos a término asintomáticos de 24 a 48 horas de vida con SatO₂ menor del 90% y describir las cardiopatías más frecuentes en esta población.

De una muestra de 435 pacientes se obtuvo una SatO₂ menor del 90% en 25 pacientes, es decir el 5,74%, de estos pacientes el 88% (22) tuvieron un resultado de ecocardiograma normal mientras que en el 12% (3) se encontró ductus arterioso permeable. (Gráfico 2)

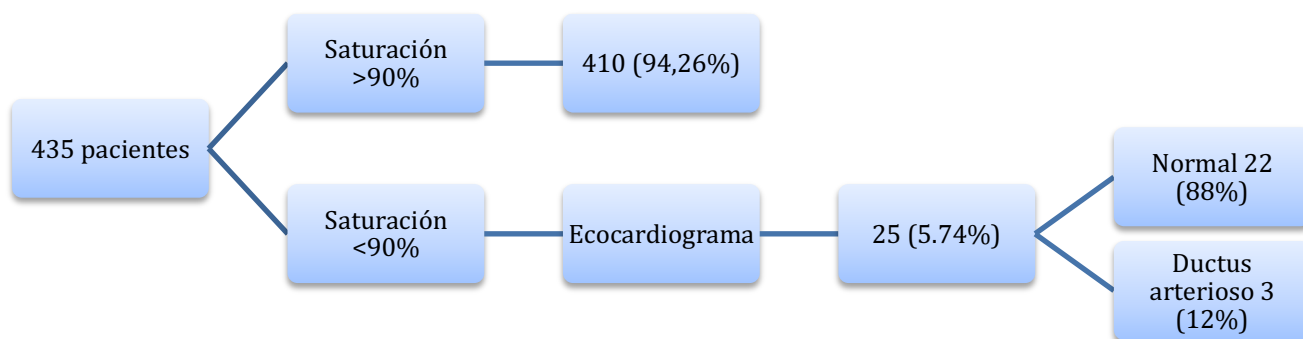


Gráfico 2 Flujo de requerimiento de ecocardiograma

4.1.3 Describir las características demográficas y clínicas de los recién nacidos ingresados en el estudio, la edad gestacional, el sexo, el tipo de parto, la edad materna

y la presión de arteria pulmonar en quienes tienen indicación para la realización de ecocardiograma.

En base a la tabla 3 se puede identificar que del total de pacientes obtenidos en el estudio se cuenta una población dispersa, en cuanto al peso de los pacientes se obtuvo un rango de 1860 gramos hasta 4645 gramos con un promedio de 3052 gramos. Con respecto a la edad materna existe un rango entre 14 a 45 años, con un promedio de 26.9 años. Por otro lado, en la valoración de APGAR al minuto se obtuvo un rango entre 7 y 9 puntos, con una media de 8.08 y desviación estándar de 0.39. Mientras que a los 5 minutos se obtuvo un rango entre 8 y 9 puntos, con una media de 8.98 y desviación estándar de 0.13.

Tabla 3 Descripción de datos demográficos

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Peso	1860	4645	3052,05	434,776
Edad materna	14,0	45,0	26,897	7,0157
APGAR 1	7,0	9,0	8,083	0,3871
APGAR 5	8,0	9,0	8,984	0,1260

Dentro de la muestra obtenida el peso (Tabla 4), 41 pacientes tuvieron peso bajo al nacer con un 9.42%, 336 pacientes con peso adecuado al nacer, es decir, el 77.24%, y 58 pacientes con peso elevado al nacer un 13,34% (tabla 4).

Tabla 4 Análisis de peso

	N	%
Peso bajo al nacimiento	41	9,42%
Peso adecuado al nacimiento	336	77,24%
Peso elevado al nacimiento	58	13,34%
Total	435	100%

Dentro del análisis de la edad gestacional de los recién nacidos, se obtuvo pacientes entre 37 y 41 semanas de gestación, teniendo principalmente pacientes de 37 semanas (n=107, 24.6%) y 39 semanas (n=134, 30.8%), mientras que el grupo que menos se obtuvo fue de 41 semanas con el 5.3% (n=23) (Ver tabla 5).

Tabla 5 Frecuencia edad gestacional

		N	%
Edad gestacional	37 semanas de gestación	107	24,6%
	38 semanas de gestación	98	22,5%
	39 semanas de gestación	134	30,8%
	40 semanas de gestación	73	16,8%
	41 semanas de gestación	23	5,3%

En la tabla 6 se describen las medias, desviación y los valores mínimos y máximos de SatO₂ preductal observando que la media más alta es de 93.3% en niños que tuvieron una edad gestacional de 37 semanas (DE 2.2) con un mínimo de 80% en las 38 semanas y un valor máximo de 98%.

Tabla 6 Frecuencia edad gestacional y saturación preductal

				SO ₂ preductal			
				Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad gestacional	37	semanas	de	93,3	2,2	84,0	97,0
		gestación					
	38	semanas	de	92,7	2,7	80,0	98,0
	gestación						
	39	semanas	de	92,1	2,4	83,0	97,0
	gestación						

40	semanas	de	92,6	2,7	84,0	98,0
gestación						
41	semanas	de	91,7	2,9	85,0	97,0
gestación						

En la tabla 7 se describen las medias, desviación y los valores mínimos y máximos de SatO2 postductal observando que la media más alta es de 93.4% en niños que tuvieron una edad gestacional de 37 semanas (DE 2.2) con un mínimo de 84% en las 38 y 39 semanas y un valor máximo de 98%.

Tabla 7 Frecuencia edad gestacional y saturación postductal

				SO2 postductal			
				Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Edad gestacional	37	semanas	de	93,4	2,2	86,0	98,0
gestación							
	38	semanas	de	93,3	2,5	84,0	98,0
gestación							
	39	semanas	de	92,5	2,4	84,0	98,0
gestación							
	40	semanas	de	93,0	2,8	85,0	98,0
gestación							
	41	semanas	de	91,9	2,5	87,0	97,0
gestación							

Del total de pacientes del estudio, se realizaron ecocardiograma a un total de 25 pacientes (5,74%), a los cuales se les realizó la medición estimada de la presión de arteria pulmonar, en donde se obtuvo valores entre 16 y 37mmHg, con una media de 24.32mmHg y una desviación estándar de 4.04mmHg. (Ver tabla 8)

Tabla 8 Descripción de presión de la arteria pulmonar en pacientes que se realizaron ecocardiograma

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Presión Arteria Pulmonar	25	16	37	24,32	4,039

4.2 Análisis correlacional

4.2.1 Correlación entre sexo y saturación de oxígeno

Correlacionando el sexo de los pacientes con la saturación encontramos que la saturación media es más alta en mujeres tanto para la saturación preductal como postductal, sin encontrarse una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) como se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9 Correlación saturación y sexo.

	Sexo RN	N (%)	Media	Desv. Desviación	P
SO ₂ preductal	Hombre	223 (51,26%)	92,50	2,780	0,606
	Mujer	212 (48,74%)	92,63	2,224	0,604
SO ₂ postductal	Hombre	223 (51,26%)	92,85	2,683	0,347
	Mujer	212 (48,74%)	93,07	2,241	0,345

4.2.2 Correlación entre peso al nacimiento y saturación de oxígeno

Al hacer la correlación de Pearson en base a peso y saturación preductal y postductal se observó una relación negativa débil, tanto en la saturación preductal ($r = -0.242$), como en la postductal ($r = -0.197$), indicando que a mayor peso menor SatO₂, los resultados fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$). (Gráfico 3 y 4). Por otro lado, se obtuvo un coeficiente de determinación en saturación preductal de 5,9%, y postductal 3.9%.

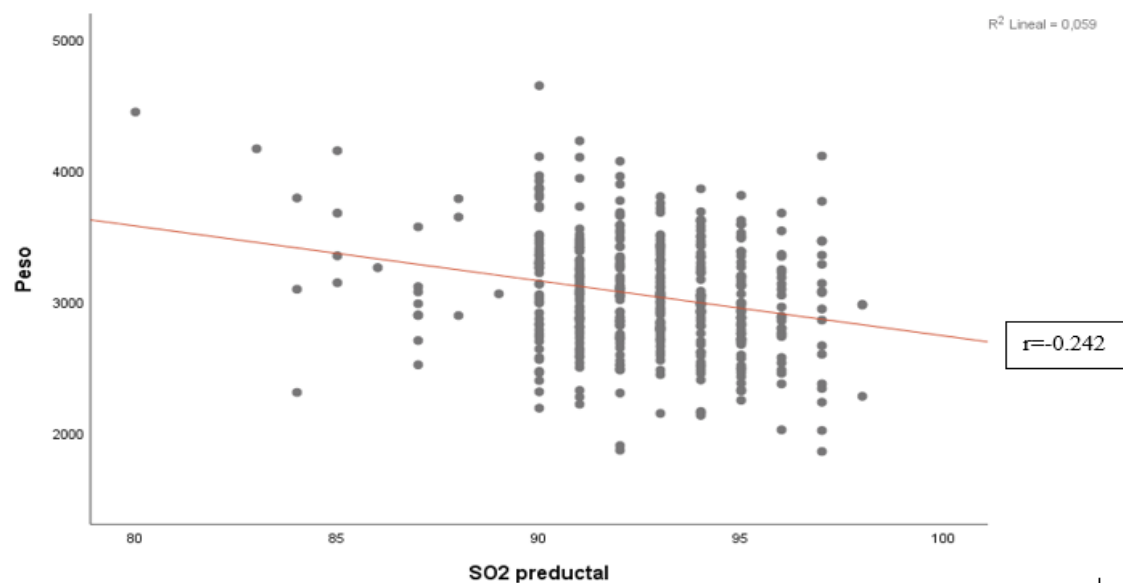


Gráfico 3 Correlación entre peso vs saturación preductal. Correlación leve negativa estadísticamente significativa ($r=-0.242$; $p=0.000$). Coeficiente de determinación 5.9%

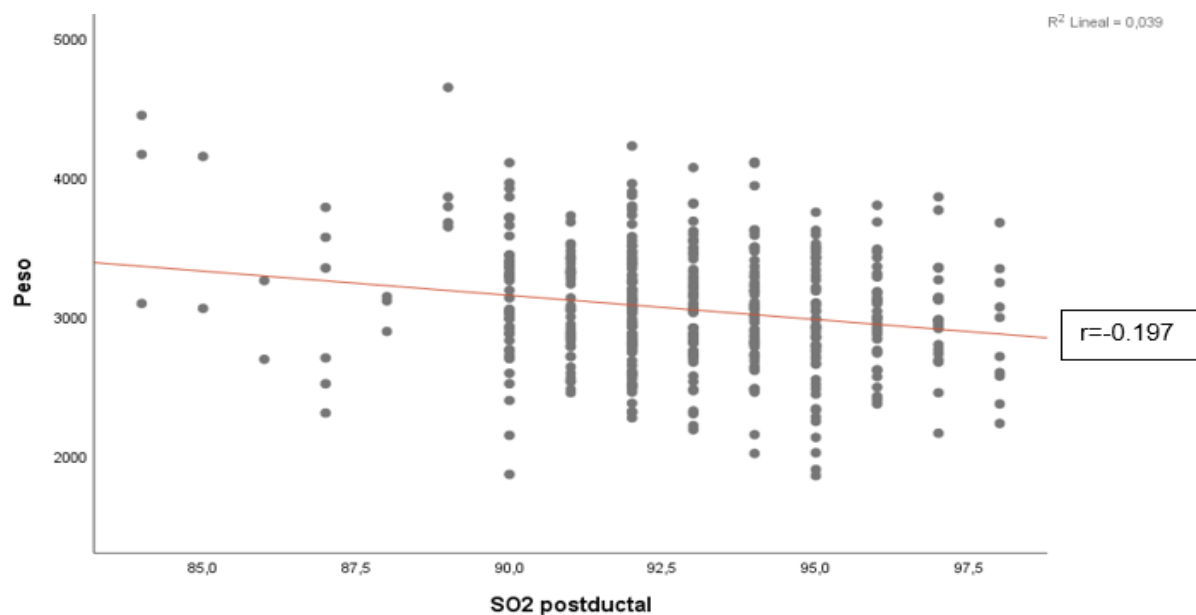


Gráfico 4 Correlación entre peso vs saturación postductal. Correlación leve negativa estadísticamente significativa ($r=-0.197$; $p=0.000$). Coeficiente de determinación 3.9%

4.2.3 Correlación entre edad materna y saturación de oxígeno

Al hacer la correlación de Pearson en base a edad materna y saturación preductal y postductal se observó una relación negativa, tanto en la saturación preductal ($r=-0.45$), como en la posductal ($r=-0.86$), teniendo esta última una relación más fuerte. Esto nos indica que a mayor edad materna menor SatO₂, sin embargo, los resultados no fueron estadísticamente significativos ($p>0.05$). (Gráfico 5 y 6). Por otro lado, se obtuvo un coeficiente de determinación en saturación preductal de 0.2%, y postductal 3.9%.

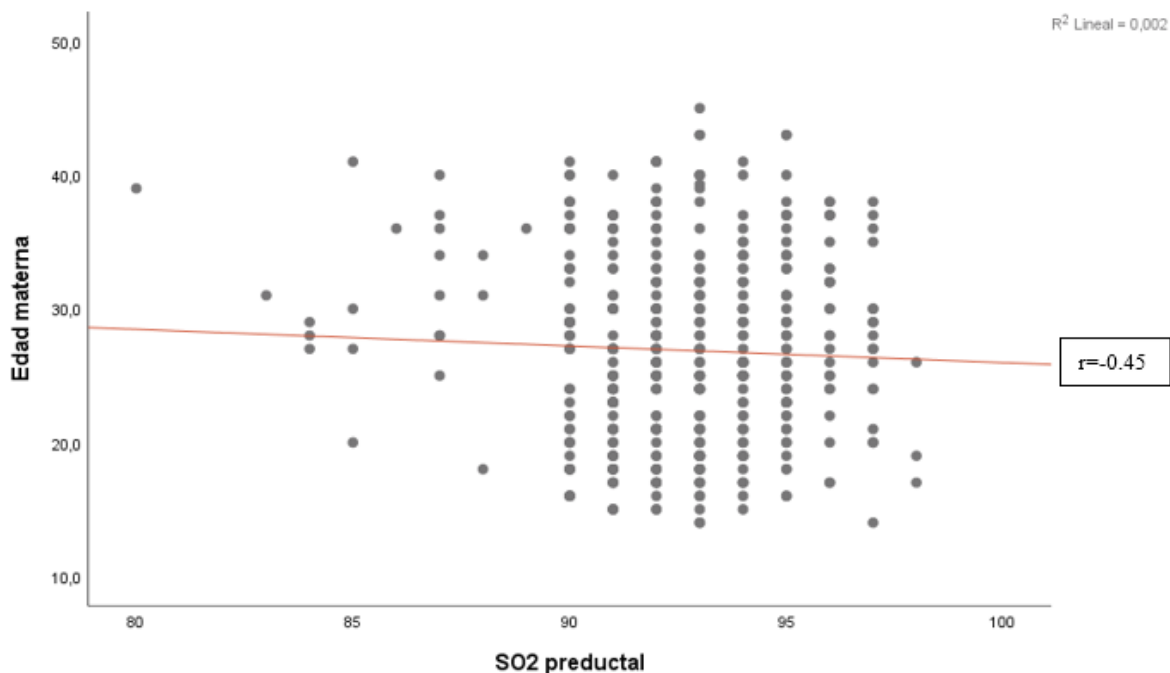


Gráfico 5 Correlación entre edad materna vs saturación preductal, Correlación leve negativa no estadísticamente significativa ($r=-0.45$; $p=0.352$). Coeficiente de determinación 0.2%

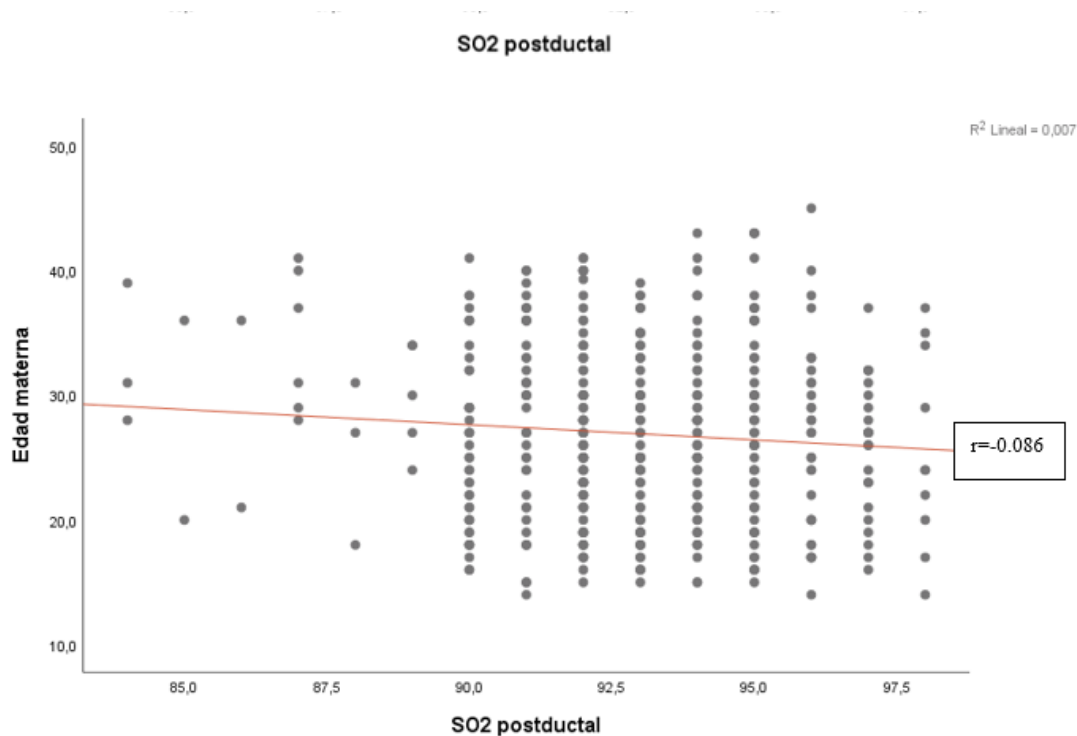


Gráfico 6 Correlación entre edad materna vs saturación postductal. Correlación leve negativa no estadísticamente significativa ($r=-0.086$; $p=0.073$). Coeficiente de determinación 0.7%

4.2.4 Correlación entre edad gestacional y saturación de oxígeno

Al hacer la correlación de Pearson en base a edad gestacional y saturación preductal y postductal se observó una relación negativa débil, tanto en la saturación preductal ($r=-0.149$), como en la postductal ($r=-0.139$). Esto nos indica que a mayor edad gestacional menor SatO₂, sin embargo, los resultados fueron estadísticamente significativos ($p<0.05$). (Gráfico 7 y 8). Por otro lado, se obtuvo un coeficiente de determinación en saturación preductal de 2.6%, y postductal 2.4%.

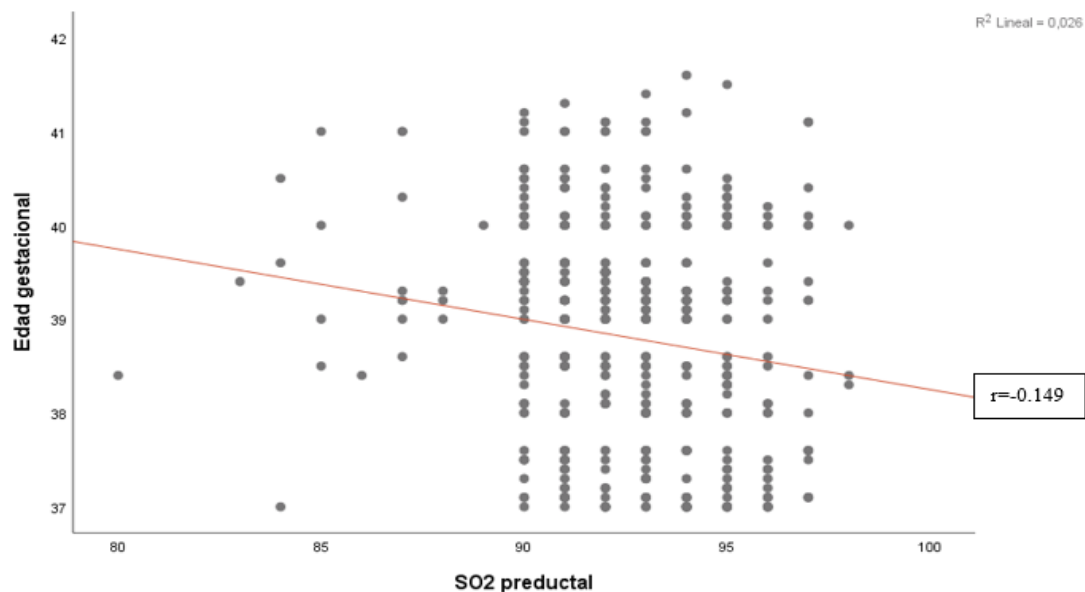


Gráfico 7 Correlación entre edad gestacional vs saturación preductal. Correlación leve negativa estadísticamente significativa ($r=-0.149$; $p=0.002$). Coeficiente de determinación 2.6%

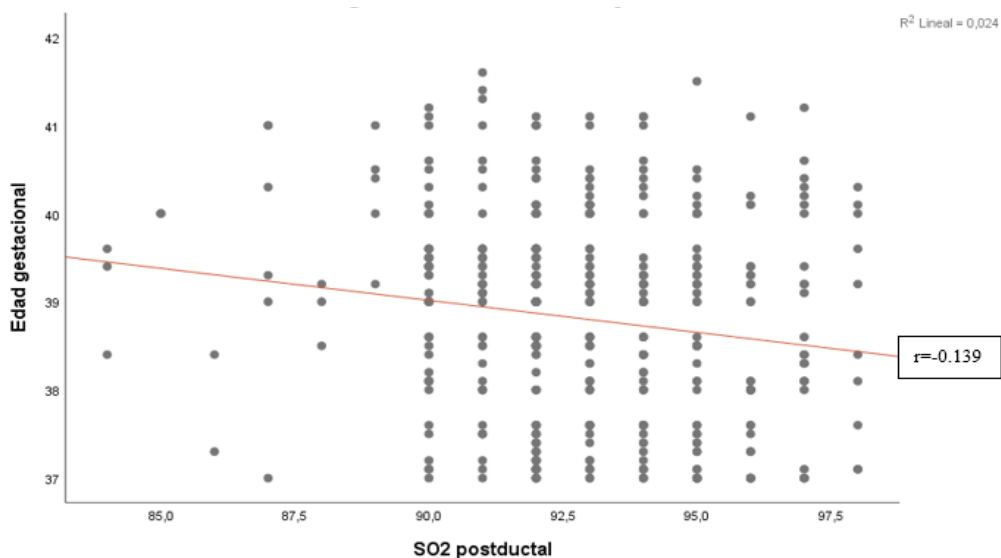


Gráfico 8 Correlación entre edad gestacional vs saturación postductal. Correlación leve negativa estadísticamente significativa ($r=-0.139$; $p=0.004$). Coeficiente de determinación 2.4%

4.2.5 Correlación entre APGAR y saturación de oxígeno

Al hacer la correlación de Pearson en base al APGAR y saturación preductal se puede observar que existe una correlación directa leve con el APGAR al minuto ($r=0.058$, $P=0,225$), con el APGAR a los 5 minutos se encuentra una correlación negativa ($r=-0.12$, $P=0.8$) y esto no es estadísticamente significativo. En cuanto al APGAR y saturación postductal se puede observar que existe una correlación directa leve significativa con el APGAR al minuto ($r=0.119$, $P=0,013$), con el APGAR a los 5 minutos se encuentra una correlación positiva alta ($r=0.706$, $P=0.000$) siendo esto estadísticamente significativo. (Ver tabla 10 y gráficos 9, 10, 11, 12)

Tabla 10 Correlación APGAR y saturación de oxígeno

		APGAR 1	APGAR 5
SO2 preductal	Correlación de Pearson	,058	-,012
	Sig. (bilateral)	,225	,800
	N	435	435
SO2 postductal	Correlación de Pearson	,119*	,706**
	Sig. (bilateral)	,013	,000
	N	435	435

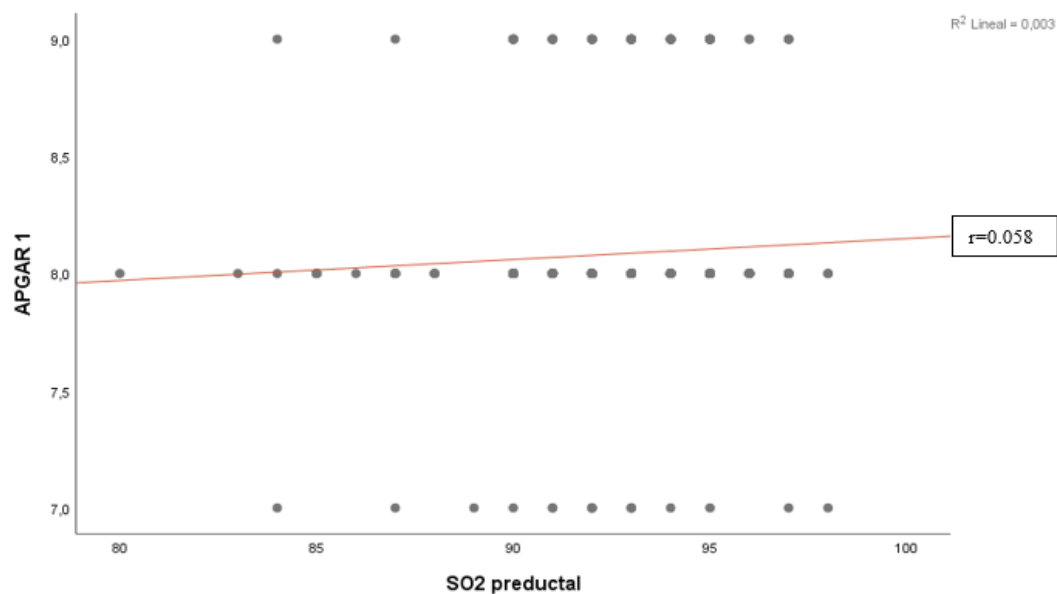


Gráfico 9 Correlación entre APGAR al minuto vs saturación preductal, Correlación leve positiva estadísticamente no significativa ($r=0.058$; $p=0.225$). Coeficiente de determinación 0.3%

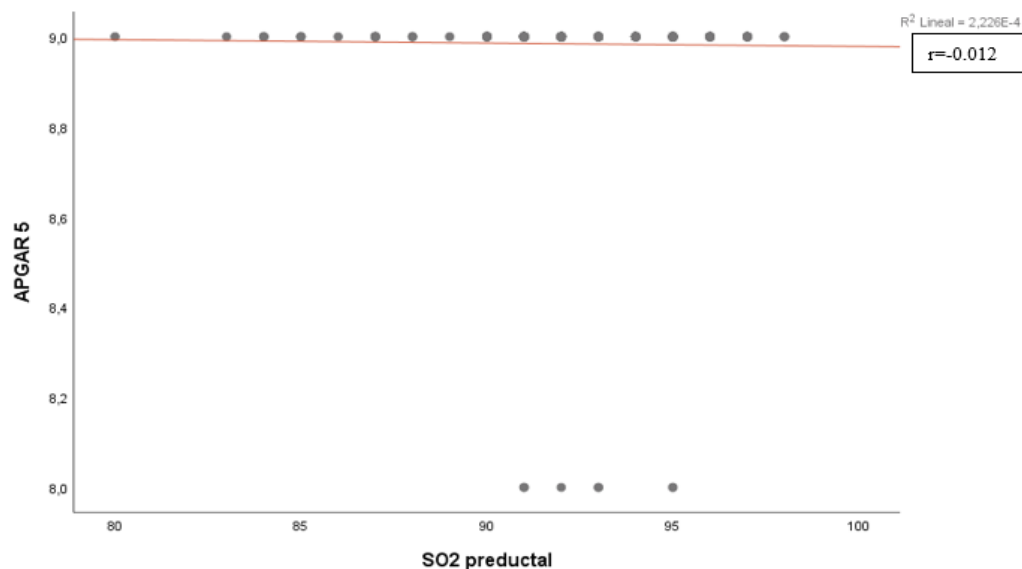


Gráfico 10 Correlación entre APGAR a los 5 minutos vs saturación preductal. Correlación leve negativa estadísticamente no significativa ($r=-0.012$; $p=0.800$). Coeficiente de determinación 0.0002%

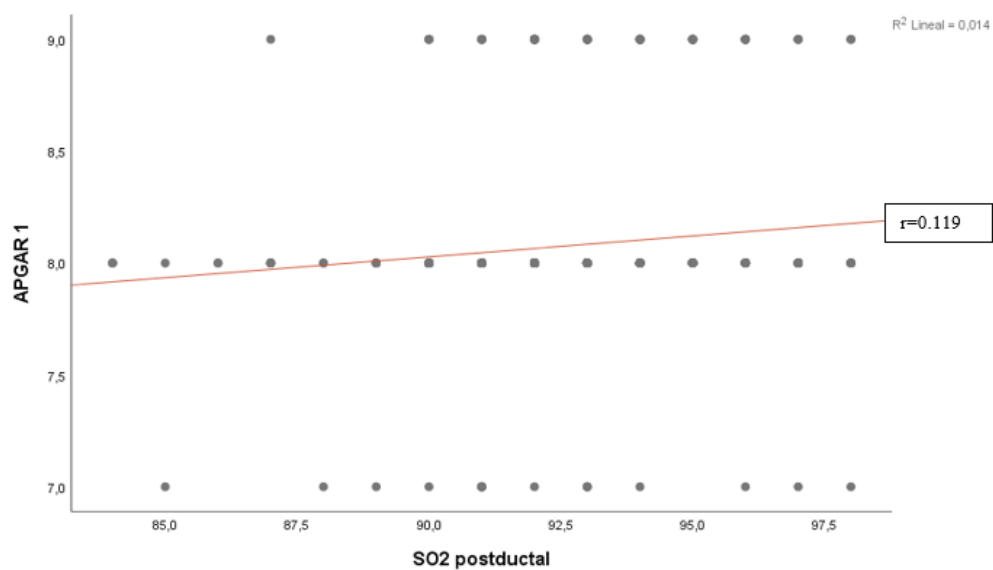


Gráfico 11 Correlación entre APGAR al minuto vs saturación postductal. Correlación leve positiva estadísticamente significativa ($r=0.119$; $p=0.013$). Coeficiente de determinación 1.4%

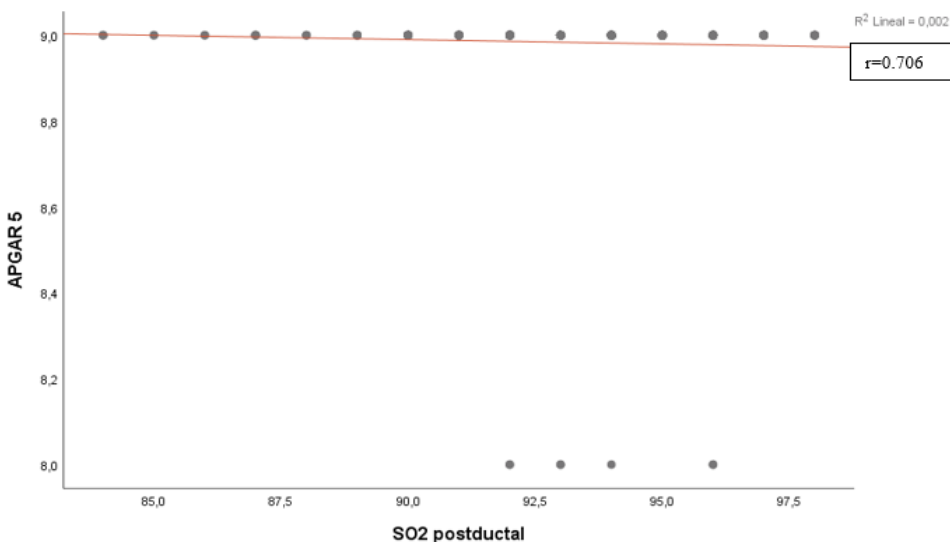


Gráfico 12 Correlación entre APGAR a los 5 minutos vs saturación postductal. Correlación fuerte positiva estadísticamente significativa ($r=0.706$; $p=0.000$). Coeficiente de determinación 0.02%

4.2.6 Correlación entre presión arteria pulmonar y saturación de oxígeno

De los 435 pacientes ingresados en el estudio, se identificaron 25 que cumplieron con criterios para la realización de ecocardiograma, durante el procedimiento se midió la presión de la arteria pulmonar cuyo resultado fue normal, sin reportarse alteraciones en ningún paciente. La correlación de Pearson entre SatO2 y presión de arteria pulmonar reporta una correlación leve negativa tanto en saturación preductal como postductal ($r=-0.131$; $r= -0.351$ respectivamente), los resultados no fueron significativos ($p>0.05$).

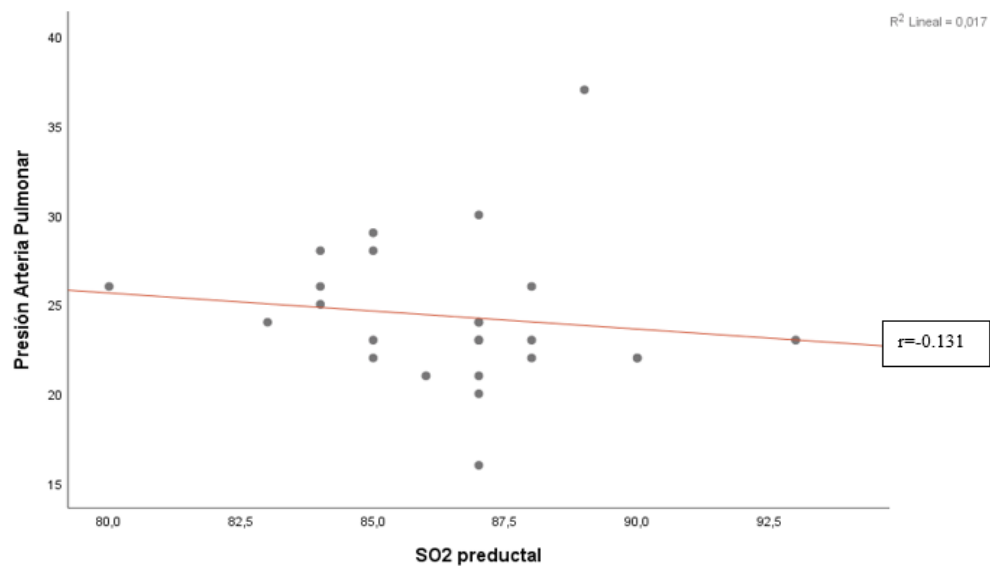


Gráfico 13 Correlación presión arteria pulmonar vs saturación preductal. Correlación leve negativa no estadísticamente significativa ($r = -0.131$; $p = 0.533$). Coeficiente de determinación 1.7%

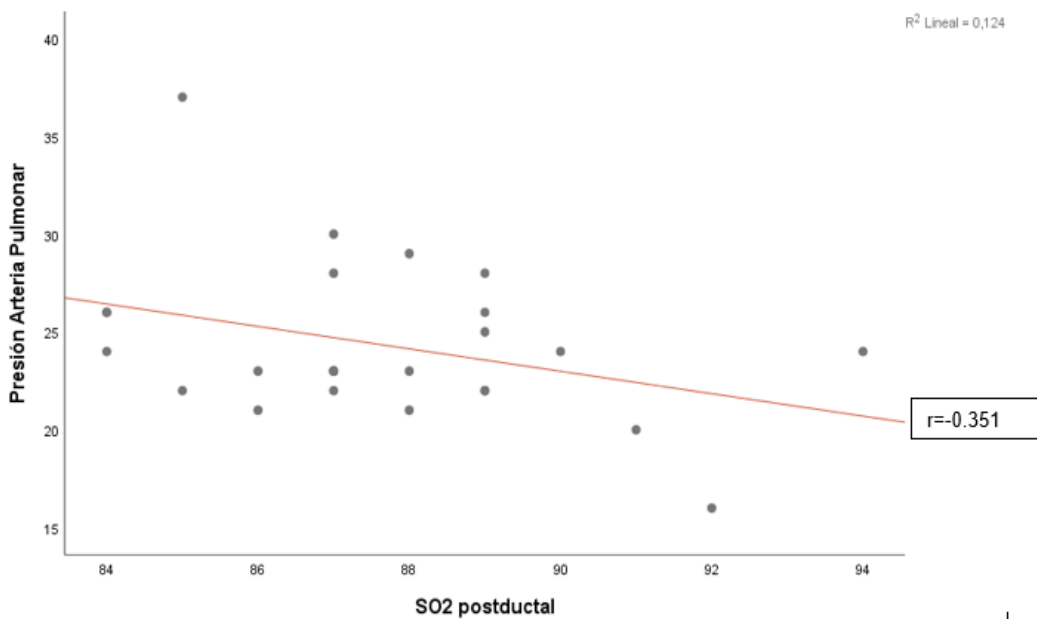


Gráfico 14 Correlación presión arteria pulmonar vs saturación postductal. Correlación leve negativa no estadísticamente significativa ($r=-0.351$; $p=0.085$). Coeficiente de determinación 12.4%.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Se realizó la toma de SatO₂ a 435 recién nacidos a término, asintomáticos que se encontraban en alojamiento conjunto del Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi “Nueva Aurora” entre las 24 y 48 horas de vida con el fin de determinar los valores de SatO₂ normal en la altura de la ciudad de Quito (2850 m.s.n.m.).

El estudio se realizó con el saturador de O₂ Masimo Rad 97, el cual según el estudio publicado por Shah, (2011) tiene mayor sensibilidad y especificidad que otros saturadores de nueva generación en condiciones de movimiento y baja perfusión (17), lo cual permitió tener valores de SatO₂ confiables.

En el estudio se encontró que la SatO₂ a nivel preductal tuvo una media de 92,6% (DE 2.5) y a nivel postductal una media de 93% (DE 2.5), lo que indicó que los valores normales bajos son de hasta 90,1% preductal y 90,5% postductal, como en el estudio publicado en el año 2018 en la ciudad de México por Arroyo Cabrales et al., quienes determinaron que el valor de O₂ normal bajo, es de 88% a una altura de 2240 m.s.n.m. (9), siendo este valor similar a los encontrados en la presente investigación.

Se debe tomar en cuenta que en el Manual Integral de la Atención a la Niñez en el Ecuador publicado en el año 2018 (15) se toma como punto de corte el valor mínimo de 90%, mientras que en el AIEPI se toma como punto de corte el valor mínimo de 92%, aunque ambos están basados en el estudio realizado por Cullen y Guzmán del año 2014, en el que se indica un corte con el valor de 90%. En estos manuales se utiliza este valor para un tamizaje positivo directo, y un tamizaje completamente negativo con SatO₂ mayor a 94%.

Comparando con los resultados del nuestro estudio el punto de corte de SatO₂ normal baja en la altura de la ciudad de Quito puede llegar hasta 87,6% en saturación preductal y 88% en saturación postductal. Estos valores son similares a la normativa boliviana del 2019 en la que se indica que con una SatO₂ menor de 84% preductal o postductal se debe iniciar estudios para

descartar cardiopatías congénitas críticas, esta normativa se indica para una altura entre 3600 y 4000 m.s.n.m.

Al tomar en cuenta la SatO₂ menor de 90% como indican los manuales ecuatorianos para el inicio de un estudio de cardiopatías congénitas críticas, se realizó un ecocardiograma a 25 pacientes, es decir el 5.74% de la muestra, de los cuales el 88% (22 pacientes) tuvo un resultado normal y en el 12% (3 pacientes) restante se encontraron persistencia del ductus arterioso, correspondiendo al 0.68% de la muestra total (3/435 pacientes). No se reportaron cardiopatías congénitas críticas. El resultado obtenido concuerda con lo indicado por la Sociedad Ecuatoriana de Cardiología, quienes mencionan que la incidencia de cardiopatías congénitas es de 4 a 8 por cada 1000 recién nacidos vivos (24).

Durante la recolección de datos se incluyeron datos demográficos para poder analizar a la población en su contexto. Rango edad madre, sexo del niño, población similar entre hombres y mujeres con predominio.

Dentro de nuestro estudio se analizaron 435 recién nacidos de los cuales fueron 223 (51,26%) hombres y 212 mujeres (48,74%). Los cuales oscilan en un rango de peso entre 1860 gramos y 4645 gramos, con una media de 3052,05 gramos (DE 434.78) de los cuales 41(9.42%) con peso bajo al nacimiento, 336 (77.24%) peso adecuado al nacimiento y 58(13,34%) peso elevado al nacimiento. Estos pacientes fueron provenientes de madres entre 14 y 45 años con una media de 26.897 años (DE 7.016). Estos recién nacidos tuvieron una valoración de Apgar al minuto entre 7 y 9, con una media de 8.083 (DE 0.39) mientras que a los cinco minutos entre 8 y 9, con una media de 8.98 (DE 0.12).

De los datos demográficos descritos se realizaron análisis correlacionales, de los cuales no todos arrojaron datos estadísticamente significativos.

En el análisis inferencial se encontró una correlación positiva leve estadísticamente significativa entre el Apgar y la saturación postductal al minuto ($r=0.119$; $p=0.013$) y los 5 minutos ($r=0.706$; $p=0.000$).

Se obtuvo datos de pacientes nacidos entre las 37 y 41 semanas de edad gestacional donde se identificó a nivel preductal que la media más alta de SatO₂ fue de 93.3% a las 37 semanas de edad gestacional, mientras que la media más baja fue de 91.7% a las 41 semanas. A nivel postductal se identificaron similares características. En la literatura reportada no se identificaron diferencias de la SatO₂ en relación con la edad gestacional.

En nuestro estudio al realizar la correlación entre SatO₂ y sexo no se observó una diferencia estadísticamente significativa entre hombres y mujeres, sin embargo, presentan tanto a nivel preductal como postductal valores ligeramente mayores en mujeres. En el estudio publicado por Vilca Apaza en el año 2018 en el cual se estudiaron a 115 recién nacidos sanos, tampoco se encontraron resultados estadísticamente significativos al comparar sexo y SatO₂ en la primera hora de vida, sin embargo, en este estudio se concluye que los recién nacidos de sexo masculino tuvieron niveles de saturación de oxígeno mayores a nivel del mar (28).

En el análisis correlacional del peso y la SatO₂ se obtuvo una correlación negativa débil estadísticamente significativa tanto en preductal como en postductal, indicándonos que a mayor peso mayor saturación de oxígeno.

En cuestión a los datos encontrados al estimar la presión de la arteria pulmonar mediante ecocardiograma encontramos un rango de valores entre 16 y 37mmHg con una media de 24.32mmHg (DE 4.04). Se realizó el análisis correlacional entre esta y la SatO₂ donde no se obtuvo una relación estadísticamente significativa, pero si se identificó una tendencia a que la presión de la arteria pulmonar es inversamente proporcional a la SatO₂. Se debe tomar en cuenta que la muestra de pacientes a los que se les realizó el ecocardiograma fue de 25 pacientes (5.74% de la muestra total estudiada).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La saturación de oxígeno para recién nacidos a término dentro de las 24 a 48 horas de vida tuvo una media a nivel preductal de 92.6% con DE 2.5, con un rango entre 80% y 98%. A nivel postductal una media de 93% con DE 2.5, con un rango entre 84% y 98%. Estableciendo un valor normal bajo a nivel preductal de 90.1% y a nivel postductal de 91.5%.
- De los pacientes que cumplieron con criterios para realizarse ecocardiograma (25 pacientes) el 88% presentaron ecocardiograma normal mientras que en los 3 restantes se encontraron ductus arterioso. El hecho de no identificar patologías cardíacas críticas no anula la probabilidad de existencia de estas ya que su prevalencia es 11,46 por cada 10 000 nacidos vivos.
- Las características demográficas principales se evidencio un rango de pesos entre 1860 gramos y 4645 gramos con una media de 3052.05 gramos, teniendo un peso adecuado al nacimiento del 77.24%, peso bajo al nacimiento de 9.42% y peso elevado al nacimiento 13.34%. Edad materna entre 14 y 45 años con una media de 26.9 años. Apgar al minuto entre 7 y 9, a los 5 minutos entre 8 y 9. Las edades gestacionales más frecuentes fueron de 39 semanas (30.8%) y 37 semanas (24.6%). Y en los pacientes que se realizó el ecocardiograma se reportó una presión de la arteria pulmonar entre 16 y 37mmHg, con una media de 24.32%.
- Al correlacionar la SatO2 con las características demográficas descritas se encontró.
 - Mayor peso al nacimiento menor SatO2 con relación negativa débil.
 - Mayor edad gestacional menor SatO2 con relación negativa débil.
 - Con respecto a la correlación apagar y SatO2, a nivel preductal no se obtuvo resultados estadísticamente significativos, sin embargo, a nivel postductal se presenta una correlación directa leve al minuto y alta a los 5 minutos. Llegando a la conclusión que mayor puntaje de Apgar mayor SatO2 a nivel postductal.

- Se realizó el análisis correlacional entre la presión de la arteria pulmonar y la SatO₂ obteniendo una relación no estadísticamente significativa, pero se identificó una tendencia inversamente proporcional entre las dos variables.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de la toma de saturación preductal y postductal a todos los recién nacidos a término, asintomáticos en el área de alojamiento conjunto.
- Realizar la toma de saturación de oxígeno a recién nacidos en el área de alojamiento conjunto con equipos adecuados para la edad de los pacientes y capaces de proveer resultados adecuados por la posible baja perfusión y movimiento.
- Por la baja prevalencia de cardiopatías congénitas críticas se recomienda ampliar el estudio para poder identificar estas patologías.
- Ampliar el estudio a varias regiones del país que se encuentre a distintas altitudes.
- Se recomienda que en las ciudades a nivel del mar, se use la bibliografía utilizada en este estudio, sin embargo, en las ciudades de mayor altitud se recomienda el uso de los datos encontrados en nuestro estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. León Paulino EYL. Adaptación del Recién Nacido en la Altura a 4380 msnm en el Hospital Regional Daniel Alcides Carrión - Pasco [Internet]. [PERU]: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN; 2023. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2922>
2. Ullauri Betancourt J, Zurita Guerra J. Comparación en el proceso de adaptación en recién nacidos a 2850 metros de altura y 2200 metros en las primeras dos horas de vida admitidos en el servicio de neonatología del Hospital Metropolitano y Hospital de los Valles ubicados en la ciudad de Quito durante el período abril 2021 a marzo 2022 [Internet]. Repositorio de Tesis de Grado y Postgrado de Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2023. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/21389>
3. Palomino Quispe K. Niveles de saturación de oxígeno, en recién nacidos sanos del centro de salud San Juan Bautista a 2761 m.s.n.m. [Internet]. [Ayacucho]: Repositorio Institucional UNSCH; 2022. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5181>
4. Mejía Salas H, Mayra Mejía Suárez S. Oximetría de pulso. *Rev Soc Bol Ped.* 2012;51(2):149-4.
5. Ortiz-Prado E, Natah S, Srinivasan S, Dunn JF. A method for measuring brain partial pressure of oxygen in unanesthetized unrestrained subjects: the effect of acute and chronic hypoxia on brain tissue PO₂. *J Neurosci Methods.* 30 de noviembre de 2010;193(2):217-25.
6. Manual MSD versión para profesionales [Internet]. [citado 12 de noviembre de 2023]. Figure: Curva de disociación de la oxihemoglobina. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/multimedia/figure/curva-de-disociaci%C3%B3n-de-la-oxihemoglobina>
7. Dueñas-Espín I, Armijos-Acurio L, Espín E, Espinosa-Herrera F, Jimbo R, León-Cáceres Á, et al. Is a higher altitude associated with shorter survival among at-risk neonates? *PLoS ONE.* 2021;16(7 July):6-13.
8. Bancalari A, Araneda H, Echeverría P, Marinovic A, Manríquez C. Arterial oxygen saturation and heart rate in term newborn in the first hour after birth. *Rev Chil Pediatr.* 2019;90(4):384-91.
9. Arroyo Cabrales LM, Bernal Zamudio A, Fernández Carrocera LA, Romero Maldonado S. Valores de saturación periférica de oxígeno por oximetría de pulso en recién nacidos de término sin patología respiratoria. *Perinatol Reprod Humana.* 2017;31(4):209-17.
10. Verklan MT, Padhye NS, Turner NC. Oxygen saturation levels in the first 30 minutes of life. *Adv Neonatal Care.* 2008;8(4):231-6.
11. Hoffman JIE. Is Pulse Oximetry Useful for Screening Neonates for Critical Congenital Heart Disease at High Altitudes? *Pediatr Cardiol.* 2016;37(5):812-7.
12. López DraMCR, Salas DrJA, Murillo LicE. Detección de Cardiopatías Congénitas por Oximetría de pulso. 2019;1-20.
13. Narvey M, Wong KK, Fournier A. La saturométrie pour mieux dépister la cardiopathie congénitale grave chez les nouveau-nés. *Paediatr Child Health Can.* 2017;22(8):494-503.
14. Bernardez-Zapata FJ, Moreno-Rey C. Valores normales de gases en la vena del cordón umbilical durante el postparto y postcesárea inmediato en fetos de término normales. *Ginecol Obstet Mex.* 2014;82(3):170-6.
15. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Atención integral a la Niñez. Manual. Dir Nac Normatización MSP. 2018;13-23.

16. Cullen Benítez PJ, Guzmán Cisneros B. Tamiz de cardiopatías congénitas críticas. Recomendaciones actuales. *Acta Médica Grupo Ángeles*. 2014;12(1):24-9.
17. Shah N, Ragaswamy HB, Govindugari K, Estanol L. Performance of three new-generation pulse oximeters during motion and low perfusion in volunteers. *J Clin Anesth*. 2012;24(5):385-91.
18. Jiménez-Carbajal MG, Pérez DL, Luna CPF. Relevance of the detection of complex congenital heart disease by screening with pulse oximetry in apparently healthy newborns in health establishments. *Arch Cardiol Mex*. 2018;88(4):298-305.
19. Ronny W, Ramos V, Zirena IH, Bejar MC. Características del período de adaptación del recién nacido en la altura. *Acta Med Per*. 2009;26(3):151-5.
20. Suárez-Ayala DV, Morcillo-bastidas KL, Vallejo-Mondragón EL, Valencia-salazar AI, Madrid-Pinilla AJ. Conocimiento y aplicación del tamizaje neonatal de cardiopatías congénitas críticas mediante el uso de oximetría de pulso. *Rev Colomb Cardiol*. 2016;23(6):553-9.
21. Fernandes C. UpToDate. 2021 [citado 8 de noviembre de 2022]. Transición fisiológica de la vida intrauterina a la extrauterina - UpToDate. Disponible en: https://www.uptodate.com/contents/physiologic-transition-from-intrauterine-to-extrauterine-life?search=circulacion%20fetal&source=search_result&selectedTitle=1~122&usage_type=default&display_rank=1#H5
22. Bhargava R, Mathur M, Patodia J. Oxygen saturation trends in normal healthy term newborns: Normal vaginal delivery vs. Elective cesarean section. *J Perinat Med*. 2018;46(2):191-5.
23. Sola A, Golombek SG. Early detection with pulse oximetry of hypoxemic neonatal conditions. Development of the IX clinical consensus statement of the ibero-American society of neonatology (SIBEN). *Int J Neonatal Screen*. 2018;4(1).
24. cardionacional. Día mundial de las cardiopatías congénitas [Internet]. Sociedad Ecuatoriana de Cardiología. 2022 [citado 5 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.scardioec.org/dia-mundial-de-las-cardiopatias-congenitas/>
25. Ramírez-escobar M, Betancurt-serrano J, Ramírez-cheyne J, Madrid-pinilla AJ, Torresmu J. La pulsioximetría como herramienta para la tamización de cardiopatías congénitas críticas. Una revisión narrativa. *Rev Colomb Cardiol*. 2019;26(1):33-42.
26. 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;125(6).
27. Rondón-Abuhadba EA, Ordoñez-Linares ME, Ccorahua-Rios MS, Paucar-Tito L, Rodríguez-Camino MC, Quispe-Sancho A, et al. Saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y respiratoria en recién nacidos a término en poblaciones de altura. *Rev Cuba Pediatría*.
28. Vilca Apaza M. 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. [Internet]. [Puno]: Universidad Nacional Del Altiplano; 2017. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6472>
29. Roque Sumari J. Determinación De La Oximetría De Pulso Preductal En Recién Nacidos A Término Durante Los Diez Primeros Minutos De Vida En El Hospital Carlos Monge Medrano De Juliaca [Internet]. [Puno]: Universidad Nacional Del Altiplano De Puno; 2019. Disponible en: <https://vriunap.pe/repositor/docs/d00005162-Borr.pdf>
30. Guo F, Tang S, Guo T, Bartell S, Detrano R. Revised threshold values for neonatal oxygen saturation at mild and moderate altitudes. *Acta Paediatr*. febrero de 2020;109(2):321-6.

31. Tian YP, Hu XJ, Ma XJ, Gu Q, Ge XL, Yang M, et al. The distribution and variance of neonatal pulse oxygen saturation at different altitudes. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 25 de mayo de 2021;101(19):1410-4.
32. Asas Jinde M. Comparación de cambios fisiológicos en neonatos a término, nacidos entre 2019-2020, en las zonas del Ecuador: 4 de baja altitud y 9 de gran altitud. [Quito]: Universidad San Francisco de Quito; 2020.
33. Guisbert Elescano SI. Rangos de saturación de oxígeno en recién nacidos sanos a 3200 metros de altitud. 2020 [citado 23 de julio de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/8620>
34. Sola A, Chow L, Rogido M. Oximetría de pulso en la asistencia neonatal en 2005. Revisión de los conocimientos actuales. *An Pediatría*. 2005;62(3):266-81.
35. Shankaran S. Current status of hypothermia for hypoxemic ischemia of the newborn. *Indian J Pediatr*. 2014;81(6):578-84.
36. Sánchez Luna M, Perez Muñozuri A, Couce Pico M. Cribado de cardiopatías congénitas críticas en el periodo neonatal. Actualización de la recomendación de la Sociedad Española de Neonatología. *An Pediatría*. 2021;88(2).
37. Arthur T. Measures of oxygenation and mechanisms of hypoxemia - UpToDate [Internet]. 2022 [citado 23 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/measures-of-oxygenation-and-mechanisms-of-hypoxemia>
38. Domínguez E. Cardiopatías congénitas en el recién nacido. 1 de agosto de 2019 [citado 23 de julio de 2023]; Disponible en: <https://rii.austral.edu.ar/handle/123456789/1047>
39. Tinoco-Solórzano A, Estrada VHN, Vélez-Páez JL, Franco DM, Soto AV, Villacorta-Córdova F, et al. MEDICINA INTENSIVA EN LA ALTITUD. REVISIÓN DE ALCANCE.
40. Lang M. Presión arterial y altitud: respuestas fisiológicas y manejo clínico [Internet]. 2021 [citado 23 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.medwave.cl/revisiones/revisionclinica/8194.html>
41. Saliba E, Lopez E, Storme L, Tourneux P, Favrais G. Fisiología del feto y del recién nacido. Adaptación a la vida extrauterina. *EMC - Pediatría*. 2018;53(2):1-29.
42. Saavedra Marcos F, Martha Vargas Mamani L. Influencia De La Altura Sobre La Saturacion De Oxigeno En Recien Nacidos Sanos Influence of High-Altitude Over Oxygen Saturation in Healthy Newborns. *Rev Médica*. 2016;23(No. 1):14-8.
43. Levesque BM, Pollack P, Griffin BE, Nielsen HC. Pulse oximetry: what's normal in the newborn nursery? *Pediatr Pulmonol*. noviembre de 2000;30(5):406-12.
44. Rodríguez Molina JA, Chong Cevallos PJ, Tixe Peralta JC, Leyton Acuña RA. Escala de Silverman en la dificultad respiratoria neonatal. *RECIMUNDO Rev Científica Investig El Conoc*. 2019;3(3):113-27.
45. Martin GR, Ewer AK, Gaviglio A Ms, Lcgc, Hom LA, Saarinen A Ma, Sontag M Phd, et al. Updated strategies for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics*. 2020;146(1).
46. Glidewell J, Grosse SD, Riehle-Colarusso T, Pinto N, Hudson J, Daskalov R, et al. Actions in Support of Newborn Screening for Critical Congenital Heart Disease — United States, 2011–2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2019;68(5):107-11.
47. Groisman B, Barbero P, Liascovich R, Brun P, Bidondo MP, Groisman B, et al. Detección de cardiopatías congénitas críticas en recién nacidos en Argentina a través del sistema nacional de vigilancia de anomalías congénitas (RENAC). *Arch Argent Pediatría*. febrero de 2022;120(1):11-20.

48. Organización Mundial de la Salud. OMS. 2022 [citado 17 de marzo de 2023]. Nacimientos prematuros. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/preterm-birth>
49. Ticona M, Huanco D. Morbimortalidad del recién nacido a término precoz en el hospital Hipólito Unanue de Tacna durante los años 2000 a 2014. *Acta Médica Peru.* 2017;34(1):41-9.
50. Cvetković Vega A, Maguiña JL, Soto A, Lama-Valdivia J, Correa López LE. Cross-sectional studies. *Rev Fac Med Humana.* 2021;21(1):164-70.

ANEXOS

Matriz de recolección de la información