



Proceso de adaptación en recién nacidos a 2850 metros de altura y 2200 metros en las primeras dos horas de vida: Un estudio observacional multicéntrico.

Adaptation process in newborns at 2850 meters high and 2200 meters in the first two hours of life: A multicenter observational study.

Janina Tatiana Ullauri Betancourt ^{ID 1*}, Jenny Paola Zurita Guerra ^{ID 1}, Huáscar Gabriel Contreras Pierola ^{ID 1}

1. Departamento de Postgrado de Pediatría, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

Recibido: Junio 9, 2023

Aceptado: Julio 28, 2023

Publicado: Agosto 28, 2023

Editor: Dr. Francisco Xavier Jijón Letort.

Membrete bibliográfico:

Ullauri J, Zurita J, Contreras H. Proceso de adaptación en recién nacidos a 2850 metros de altura y 2200 metros en las primeras dos horas de vida: Un estudio observacional multicéntrico. Revista Ecuatoriana de Pediatría 2023;24(2):90-100.

DOI: <https://doi.org/10.52011/216>

SOCIEDAD ECUATORIANA DE PEDIATRÍA

e-ISSN: 2737-6494



Copyright 2023, Janina Tatiana Ullauri Betancourt, Jenny Paola Zurita Guerra, Huáscar Gabriel Contreras Pierola. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), which permits non-commercial use and redistribution provided the source, and the original author are cited.

Resumen

Introducción: El tránsito desde la vida intrauterina enfrenta al recién nacido a factores que ponen a prueba su capacidad de adaptación. Quito se ubica a 2850 m.s.n.m., con baja presión barométrica y una consecuente reducción de la presión parcial de oxígeno, provocando un período de adaptación más prolongado. El objetivo del presente estudio fue comparar el proceso adaptativo del recién nacido a 2850 metros de altura (Hospital Metropolitano) y a 2200 metros (Hospital de los Valles) en las primeras dos horas de vida.

Métodos: Estudio observacional, analítico, transversal, con datos de 591 pacientes. Se expresaron las variables cuantitativas con estadísticas de dispersión, las cualitativas con frecuencias, la correlación con Chi² y OR, con valor-P <0.05 para significancia estadística (IC de 95 %). Se calculó regresión logística para establecer relación entre variables.

Resultados: Las constantes vitales mostraron diferencias de acuerdo a la altura (2850 vs 2220 msnm), frecuencia cardíaca (146 vs 144 lpm), frecuencia respiratoria (54 vs 56 rpm) y SatO₂ (89 vs 90 %). El 85.6% de los recién nacidos a 2850 msnm requirió oxígeno, el 79.8 % de estos fue por más de dos horas P < 0.05 (OR 4.7 IC95% 1.333-16.770). El 52.6 % eran masculinos, 56.9 % nacidos a término temprano con Apgar de 8 al primer minuto (80 %) y de 9 al minuto 5 (94.8 %).

Conclusiones: El proceso de adaptación a la vida extrauterina es más prolongado en recién nacidos a mayor altura, con diferencias en las constantes vitales y mayor requerimiento en la administración de oxígeno.

Palabras claves: DeCS: Asfisia Neonatal, Altitud, Parto, Recién Nacido, Saturación de Oxígeno.

* Autor para correspondencia.

Abstract

Introduction: The transition from intrauterine life confronts the newborn with factors that test their ability to adapt. Quito is located at 2,850 meters above sea level, with low barometric pressure and a consequent reduction in the partial pressure of oxygen, causing a more extended adaptation period. The objective of this study was to compare the adaptive process of the newborn at 2,850 meters (Metropolitan Hospital) and 2,200 meters (Hospital de los Valles) in the first two hours of life.

Methods: Observational, analytical, cross-sectional study with data from 591 patients. Quantitative variables were expressed with dispersion statistics, qualitative variables with frequencies, correlation with Chi2 and OR, with P-value <0.05 for statistical significance (95% CI). Logistic regression was calculated to establish a relationship between variables.

Results: Vital signs showed differences according to height (2850 vs. 2220 masl), heart rate (146 vs.144 bpm), respiratory rate (54 vs. 56 rpm), and SatO₂ (89 vs. 90%). 85.6% of newborns at 2850 masl required oxygen; 79.8% of these were for more than two hours P < 0.05 (OR 4.7 IC95% 1.333-16.770). 52.6% were male, 56.9% were born at early term with an Apgar score of 8 at 1 minute (80%) and nine at minute 5 (94.8%).

Conclusions: The adaptation process to extrauterine life is longer in newborns at higher altitudes, with differences in vital signs and a more significant requirement for oxygen administration.

Keywords:

MESH: Asphyxia Neonatorum; Altitude; Parturition; Infant, Newborn; Oxygen Saturation.

Introducción

El nacimiento es el proceso que le permite al feto realizar su tránsito desde la vida intrauterina a una vida independiente, enfrentándose a una serie de acontecimientos fisiológicos que prueban los elementos que le permitirán la capacidad de adaptarse de manera sana. Quito se encuentra a una altitud de 2 850 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), a esta altura hay una presión barométrica más baja y, por tanto, también se registra una reducción de la presión parcial de oxígeno inspirado, que va a provocar un período de adaptación más prolongado [1].

En el embarazo a término, la adaptación a la vida extrauterina transcurre con eficacia. Sin embargo, esta adaptación suele ser compleja y ha sido poco evaluada, en especial, en lo que respecta a cuatro elementos primordiales: la respiración, circulación y la termorregulación, entre otros. Las modificaciones circulatorias que se presenta luego del nacimiento, dependen de manera enfática del proceso respiratorio,

con la expansión pulmonar se produce la apertura del lecho vascular pulmonar que lleva a la caída de las resistencias pulmonares, produciendo un aumento de la presión sistémica y una marcada elevación del O₂ en la sangre arterial [2].

Los recién nacidos registran características fisiológicas dependiendo del ambiente, en especial cuando se trata de baja y elevada altitud; en este sentido, esas diferencias tienen una gran relevancia en el Ecuador, puesto que las ciudades más importantes se encuentran por encima de los 2500 metros, donde se observan frecuencias elevadas de trastornos como policitemia, acidosis respiratoria e hipoxemia entre los recién nacidos. La configuración a gran altitud intensifica los cambios fisiológicos en los parámetros hematológicos y de gases en sangre arterial [3].

El proceso de transición desde la vida intrauterina a la vida extrauterina puede desarrollarse sin mayores o ninguna dificultad en un 90 % de los recién nacidos, pudiendo presentar poca o ninguna necesidad de asistencia respiratoria para regular su adaptación. Por

lo tanto, al menos un 9 % de los recién nacidos necesitan algún tipo de asistencia y un 1 % reanimación avanzada [4].

El presente trabajo se realizó con la finalidad de comparar el proceso adaptativo del recién nacido en dos hospitales que se encontraran a diferentes niveles de altitud, tomando en cuenta 2 850 metros y a 2 200 metros de altura evaluando constantes vitales en las primeras dos horas de vida, por lo que establecieron las características de un grupo de recién nacidos admitidos en el Hospital Metropolitano y Hospital de los Valles ubicados en la ciudad de Quito durante el período de abril de 2021 a marzo 2022.

Materiales y métodos

Tipo de Estudio

El presente estudio es observacional, analítico, con observación transversal.

Escenario

El presente estudio se realizó en el Hospital Metropolitano (Hospital privado) ubicado a 2 850 metros de altura, en la parroquia Belisario Quevedo, Av. Mariana de Jesús s/n, Quito. Y en el Hospital de los Valles (Hospital privado) Ubicado a 2 200 metros de altura en la parroquia de Cumbayá, Av. Interoceánica km 12.5 y, Av. Florencia 1 2 y, Quito -Ecuador. El período de estudio fue el 1 de abril del 2021 al 31 de marzo del 2022.

Universo y muestra

El Universo fue constituido por todos los pacientes admitidos en la Unidad de Neonatología de las instituciones participantes en el período de estudio. Dentro de las estadísticas de cada hospital se mencionó un total 657 nacimientos anuales en el hospital Metropolitano y 241 nacimientos en el hospital de los Valles. Se sumaron las dos poblaciones para obtener un solo universo con un total de 898 recién nacidos, con el cual se realizó el cálculo de la muestra.

Muestra: Para el cálculo de la muestra se utilizó la fórmula correspondiente a población finita, la misma que se describe a continuación:

N = Tamaño de la población.

e = Desviación estándar de la población 0.5 (constante)

Z = Nivel de confianza 95 % = 1.96 e = Error muestral 0,05 $n = N Z^2 e^2 / N - 1 + Z^2$

$n = 898 - 0,521,9620,052898 - 1 + 0,521,962$

$n = 269.4$

Tamaño muestral total calculado: 270 pacientes.

Para asegurar un número suficiente de muestra se decidió sumar un 15 % de pérdidas en cada uno de los grupos. Por tanto, el tamaño muestral final calculado para cada uno de los grupos fue de 156 pacientes, con un total de muestra de 312 pacientes para el estudio. Sin embargo, se obtuvieron más pacientes debido a que se realizó un muestreo por conveniencia, ingresando a todos aquellos que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos, obteniendo una muestra final de 591 pacientes.

Criterios de inclusión

- Recién nacido a término (RNT) (37 – 41 semanas y 6 días) determinado por la escala de Capurro.
- Recién nacido a término por parto o cesárea sin complicaciones.
- APGAR de nacimiento entre 7-10 puntos al 1er minuto y a los 5 minutos de nacido.
- Examen físico normal y peso adecuado para la edad gestacional.
- No sufrimiento fetal agudo.
- Sin malformaciones congénitas establecidas al nacimiento.
- Sin problemas neuromusculares que alteren la mecánica ventilatoria.
- Madres que vivan en la ciudad del estudio al menos durante 6 meses y que estén sanas.
- Temperatura normal al nacimiento (36.5 - 37.5)

Criterios de exclusión:

- Recién nacido con anomalías congénitas (cardiopatías congénitas) o malformaciones anatómicas de la caja torácica.
- Recién nacido de madres con patología obstétrica previa como toxemia gravídica, diabetes, anemia, insuficiencia placentaria, hemorragias del tercer trimestre.
- Embarazo múltiple.
- Recién nacido menor de 37 semanas y mayores de 42 semanas de gestación.
- APGAR menor a 7 puntos al minuto.
- Temperatura menor a 36.5° C.
- Madres procedentes de otra ciudad cuya altura sobre el nivel del mar sea inferior a la estudiada.

Procedimiento de recolección de la información

Una vez aceptada la investigación en cada hospital y con la aprobación del Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador se procedió a solicitar a la directiva de cada hospital, la información registrada en el sistema informático GEMA, de cada historia clínica digital de los recién nacidos desde 1 de abril del 2021 hasta 31 de marzo del 2022.

Se obtuvieron los datos anonimizados de la historia clínica de los recién nacidos (formulario 016-2010 Atención Inmediata Al Recién Nacido – MSP y signos vitales de enfermería) (Anexo 1, 2, 3) que cumplieran con los criterios de inclusión. Estos datos se anotaron en una base de recolección de datos (Hoja EXCEL), la información anonimizada se organizó de acuerdo a un código único asignado a cada neonato. La recolección de datos cumplió con la “Ley Orgánica de Protección de Datos Personales”, publicada en el Registro Oficial del 26 de mayo de 2021, en cuyo Artículo 2., sobre el Ámbito de aplicación material, “La presente ley se aplicará al tratamiento de datos personales contenidos en cualquier tipo de soporte automatizados o no, así como a toda modalidad de uso posterior. La ley no será aplicable a: c) Datos

anonimizados, en tanto no sea posible identificar a su titular.....”.

Por tanto, en consideración el antecedente legal descrito, el procedimiento de recolección se describe a continuación:

- Los datos fueron entregados por los responsables de archivo de los hospitales participantes | tutor académico, quien custodiará dicha información hasta el final del estudio. La información entregada fue anonimizada por el personal de expedientes clínicos de los dos hospitales, previa autorización del departamento de docencia de cada hospital. Toda la información anonimizada, entregada por los responsables de cada hospital, fue depositada en una base de recolección de datos en la cual se identificó a cada paciente con el código proporcionado por el hospital.

Variables

Se registraron las siguientes variables de estudio:

1. Constantes vitales (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno) (dependiente).
2. Altura del lugar de nacimiento (independiente).
3. Requerimiento de Oxigenoterapia (dependiente).
4. Apgar (interviniente).
5. Edad gestacional (interviniente).
6. Sexo (confusora).
7. Tipo de parto (confusora)

Plan de análisis de resultados

Mediante una base de datos en programa Excel versión 2010 se procedió a depurar la información obtenida de la hoja de recolección de datos, posteriormente se le exportó al programa SPSS V25 para el análisis estadístico respectivo (IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.).

Para determinar la normalidad de los datos se usó la prueba de Kolmogorov Smirnov, las variables cuantitativas como la altitud del lugar de nacimiento, la

adaptación del recién nacido (basada en las constantes vitales frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, saturación), requerimiento de oxigenoterapia se expresaron en promedio y desviación estándar. Las variables cualitativas como el sexo y el tipo de parto se reportaron en porcentajes dependiendo de la normalidad de los datos.

Para la estadística inferencial, en variables cualitativas, tales como las características del proceso adaptativo de oxígeno en recién nacidos, se utilizó Chi cuadrado y para variables cuantitativas (diferencia de altitud) se calculó la T de student para dos grupos independientes (paramétrica) o U de Mann Whitney (no paramétrica). Para determinar significancia estadística se consideró un IC del 95 % y una $P < 0.05$. Para las variables confusoras se realizó un análisis de regresión logística multivariante, para estimar los efectos de las variables confusoras como el sexo y tipo de parto.

Procedimiento para garantizar Aspectos Éticos

Una vez que se dio a conocer el propósito de la investigación y previa autorización, la información recolectada se utilizó únicamente para el análisis y desarrollo de la investigación. Las historias clínicas se obtuvieron de manera confidencial y no fueron revelados a personas ajenas a este proyecto.

Sesgos

Para evitar posibles sesgos de entrevistador, de información y de memoria, el investigador principal mantuvo en todo momento los datos con una guía y registros aprobados en el protocolo de investigación. Se evitó el sesgo de observación y selección aplicando los criterios de selección de participantes. Se registraron todas las variables clínicas y paraclínicas del período anterior. Dos investigadores analizaron de forma independiente cada registro por duplicado y las variables fueron registradas en la base de datos una vez verificada su concordancia.

Resultados

Participantes

Fueron 591 pacientes ingresados al estudio. Un total de 418 recién nacidos a 2850 msnm (Grupo 1), 173 a 2220 msnm (Grupo 2)

Características generales de la población

La edad gestacional registró una media de 38.5 (DE \pm 0.876) semanas, con un mínimo de 37 y máximo 41.1. La mayor frecuencia se evidenció en el grupo a término temprano con 56.9 % (n= 336) pacientes y sexo masculino con 52.6 % (n= 311).

En el primer minuto, el Apgar registró una media de 7.95 (DE \pm 0.456) puntos, con un valor mínimo de 7 y un valor máximo de 9. La mayor frecuencia fue de 8 puntos en el 80 % (n= 473) de los casos. En el minuto 5 el Apgar registró una media de 9.01 (DE \pm 0.26) puntos con un valor mínimo de 7 y un valor máximo de 10. El 25.8 % (n= 153) de los pacientes que necesitaron administración de oxígeno, de los cuales, los que requirieron de 1 a 3 litros, fueron los más frecuentes con 47.1 % (n= 72) y en un tiempo mayor a dos horas con el 61.4 % (n= 94) pacientes (Tabla 1).

El registro de las constantes vitales desglosadas según altura evidenció que la frecuencia cardíaca fue mayor a 2850 msnm en los 30 minutos, 1 hora y 2 horas, con una media de 146.05 (DE \pm 13.15), 141.2 (DE \pm 13.39) y 137.78 (DE \pm 11.96), respectivamente, en todos los casos el descenso de las cifras registradas fue progresivo desde la primera medida hasta las dos horas. Respecto a la frecuencia respiratoria, a los 30 minutos fue mayor a 2200 msnm con una media de 56.32 rpm (DE \pm 5.447), en la primera hora con 54,62 (DE \pm 4.322) y a las dos horas fue ligeramente mayor a los 2220 msnm con 53.57 (DE \pm 3.973). En cuanto a la saturación de oxígeno, siempre fue más elevada en los recién nacidos a 2220 msnm, registrando a los 30 minutos 90.08 % (DE \pm 8.966), a la hora 93.6 % (DE \pm 2.676) y a las dos horas de vida 93,4 % (DE \pm 2.104). (Tabla 2).

Tabla 1. Características sociodemográficas y clínicas de pacientes participantes del estudio

Características	Frecuencia	(%)
Edad gestacional		
37-38.6 SG	336	56.9
39-40.6 SG	253	42.8
41-41.6 SG	2	0.3
Sexo		
Mujer	280	47.4
Hombre	311	52.6
Apgar 1 minuto		
7	72	12.1
8	473	80.0
9	46	7.8
Apgar 5 minutos		
7	3	0.5
8	7	1.2
9	560	94.8
10	21	3.6
Requerimiento de oxígeno		
Si	153	25.8
No	438	74.1
Cantidad de oxígeno		
Menos de 1 litro	43	28.1
1-3 litros	72	47.1
Más de 4 litros	38	24.8
Duración de la administración de oxígeno		
< 2 horas	59	38.6
> 2 horas	94	61.4

Tabla 3. Asociación entre el requerimiento de oxígeno y la altura al nacimiento.

Rango de altura	Requerimiento de Oxígeno		Chi ²	P	OR	IC 95%
	Si N=153 (%)	No N=438 (%)				
G1 (2850 msnm)	131 (85.6%)	287 (65.5%)	22.1	<0.001	3.133	1.914-5.128
G2 (2220 msnm)	22 (14.4%)	151 (34.5%)				

Tabla 4. Asociación entre el tiempo de requerimiento de oxígeno y la altura al nacimiento.

Rango de altura	Requerimiento de Oxígeno		Chi ²	P	OR	IC 95%
	Menos de 2 h, N=59 (%)	Más de 2 h, N=94 (%)				
G1 (2850 msnm)	56 (94.9%)	75 (79.8%)	6.738	0.009	4.729	1.333-16.770
G2 (2220 msnm)	3 (5.1%)	19 (20.2%)				

Se constató que los recién nacidos a 2850 msnm registraron una media de uso de oxígeno de 9.58 horas, cifra mayor a la requerida por los recién nacidos a 2220 msnm registrada en 4.09 horas (Tabla 2).

Tabla 2. Frecuencia cardíaca y saturación de los participantes del estudio.

Variables		G1 (2850 msnm) N=418	G2 (2220 msnm) N=173
Frecuencia cardíaca (Lpm)	30 min	146 ± 13	144 ± 18
	60 min	141 ± 13	140 ± 17
	120 min	138 ± 12	136 ± 14
SatO ₂ (%)	30 min	89.2 ± 6.4	90.1 ± 9.0
	60 min	92.8 ± 2.5	93.6 ± 2.7
	120 min	93.3 ± 2.2	93.4 ± 2.1
Oxígeno	Horas de uso	9.58 ± 18.7	4.09 ± 6.02

Lpm: latidos por minuto

Análisis bivariado

Los pacientes nacidos a 2850 msnm requirieron oxígeno en el 85.6 % (n= 131) de casos, mientras que a los nacidos a los 2220 msnm se les administró a un total de 14.4 % (n= 22) pacientes. Entre estas variables se evidenció una asociación estadísticamente significativa con un valor de $P < 0.05$ (OR 3,133 IC 95 % 1.914-5.128) (Tabla 3).

Del total de la muestra de pacientes, 153 requirieron oxígeno y entre estos, a 94 se les administró por más de 2 horas, en este grupo, los pacientes nacidos a 2850 msnm alcanzaron el 79.8 % (n= 75) de los casos, mientras que a los nacidos a los 2220 msnm se les administró durante este tiempo al 20.2 % (n= 19) de pacientes. Entre estas variables se evidenció una asociación estadísticamente significativa con un valor de $P < 0.05$ (OR 4.729 IC 95 % 1.333-16.77) (Tabla 4).

De acuerdo el estadístico Wald (tabla 5), las variables que mayor contribución aportan al modelo de predicción de uso de requerimiento de oxígeno, fueron

el Apgar a 1 y 5 minutos, la frecuencia cardíaca y la respiratoria a los 30 minutos, la frecuencia respiratoria a las 2 horas, la saturación de oxígeno a los 30 minutos, edad gestacional y la altura de 2850 msnm. De estas variables y con base a los resultados del valor de P , solo la saturación de oxígeno a los 30 minutos y la altura de 2850 msnm, permiten predecir el requerimiento de oxígeno durante la adaptación a la vida extrauterina; es decir, no se observó relación entre el sexo del recién nacido y el tipo de parto con la saturación de oxígeno.

Tabla 5. Modelo de regresión logística con las variables en la ecuación

	B	Error estándar	Wald	gl	Sig. (p)	Exp(B)
Parto(1)	0.464	0.467	0.985	1	0.321	1.590
Sexo(1)	0.017	0.315	0.003	1	0.957	1.017
Apgar 1 min	-1.078	0.802	1.806	1	0.179	0.340
Apgar 5 min			2.359	3	0.501	
FC 30 min	-0.013	0.012	1.088	1	0.297	0.987
FC 1 hora	0.000	0.013	0.000	1	0.990	1.000
FC 2 horas	0.004	0.014	0.087	1	0.769	1.004
FR 30 min	-0.054	0.037	2.160	1	0.142	0.947
FR 1 hora	0.047	0.047	0.995	1	0.318	1.048
FR 2 horas	-0.093	0.051	3.266	1	0.071	0.912
SatO2 30 min	0.443	0.041	118.141	1	<0.001	1.558
SatO2 1 hora	-0.062	0.063	0.955	1	0.328	0.940
SatO2 2 horas	-0.006	0.074	0.006	1	0.940	0.994
Rango EG			4.934	2	0.085	
Altura(1)	-2.335	0.499	21.901	1	<0.001	0.097
Constante	-6.269	27134.288	0.000	1	1.000	0.002

Discusión

Se comparó el proceso adaptativo de 591 recién nacidos en sus primeras dos horas de vida, de los cuales el 70.1 % fueron admitidos en el Hospital Metropolitano a 2 850 metros de altura y en el 29.3 % en el Hospital de los Valles ubicado a 2 200 metros en la ciudad de Quito durante el período de estudio.

En el total de la muestra, las constantes vitales presentaron una serie de variaciones de acuerdo al

tiempo en las que fueron cuantificadas, iniciando el registro de las mediciones desde los primeros 30 minutos de nacido, luego en la primera hora y segunda hora, esto de acuerdo a las investigaciones de autores como [5, 6], quienes afirman que los procesos adaptativos desde la vida intrauterina a la extrauterina, ocurren en los minutos consecutivos al parto, considerados como de vital importancia para la supervivencia. Además, en concordancia con [6] es

importante comprender como se desarrolla el proceso de esta transición, así como los cambios involucrados en ella, puesto que este análisis facilita el reconocimiento de pequeñas diferencias que se presenten que influyen de forma directa en el resultado final del nacimiento.

Se recabó información acerca de las constantes vitales como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y saturación de oxígeno, establecidas como las principales adaptaciones inmediatas a las que se expone el recién nacido, tomando en cuenta que una menor presión parcial de oxígeno en las zonas altas influye de forma negativa en este período de adaptación, según [7], [6] y [8].

Respecto a la frecuencia cardíaca, en este estudio la media más alta se registró en la primera media hora con 145,24 lpm, frecuencia respiratoria fue más elevada en los primeros 30 minutos con una media de 54,4 rpm, y en cuanto a la saturación de oxígeno se registraron cifras más altas a las dos horas de vida con una media de 93,4%, aspecto que concuerda con lo referido por [9] y [10], quienes aseguran que los principales cambios en la transición del nacimiento incluyen el incremento del gasto cardíaco y el aumento de la oxigenación.

El análisis de las constantes vitales relacionadas con la altura permitieron evidenciar que la frecuencia cardíaca fue mayor a 2850 msnm en los 30 minutos, 1 hora y 2 horas con una media de 146,05, 141,2 y 137,78 lpm respectivamente, en todos los casos el descenso de las cifras registradas fue progresivo desde la primera medida hasta las dos horas, en este sentido, la [11] y autores como [8], afirman que la frecuencia cardíaca neonatal de 100 lpm, puede ser considerada como el umbral para una transición neonatal inmediata exitosa a la vida extrauterina y sirve de guía para reanimación neonatal. Además, de acuerdo con [9] y [12], al recién nacido saludable le puede tomar varios minutos para que su frecuencia cardíaca alcance valores por encima de los 100 lpm.

Los pacientes de este estudio presentaron una frecuencia respiratoria mayor en los primeros 30 minutos de vida entre los que nacieron a 2200 msnm con una media de 56,32 rpm, para luego descender a 54,62 y 53,57 rpm, en las siguientes mediciones a la primera y segunda hora respectivamente, en estos periodos las mediciones de la frecuencia respiratoria se mantuvieron más bajas entre los nacidos a 2850 msnm con 53,6, 53,7 y 53,6 rpm respectivamente. De acuerdo a lo referido por la [14], el primer período de reactividad tiene una duración más prolongada en recién nacidos a mayor altura, lo cual se expresará en una respiración irregular relacionada con el desarrollo de hipoxia por la altura, de acuerdo a estos organismos, el período de transición tendrá diferencias significativas de acuerdo con la altura donde se realiza el nacimiento. Sin embargo en nuestro estudio se pudo evidenciar que la frecuencia respiratoria tuvo una mínima variación entre los dos grupos de estudio.

El registro de la saturación de oxígeno fue más elevada en todos los recién nacidos a 2220 msnm, con registros de 90,08 %, 93,6% y 93,4 %, progresivamente de acuerdo al tiempo de medición (30 minutos, 1 hora y 2 horas), mientras que a los 2850 msnm las mediciones fueron de 89,19 %, 92,81 % y 93,33 %, todas por debajo de los recién nacidos a menor altura. Este aspecto es mencionado por [3], quienes afirman que a mayor altura, los recién nacidos tienen mayor probabilidad de presentar hipoxemia, además, la configuración a gran altitud intensifica los cambios fisiológicos en los parámetros hematológicos y de gases en sangre arterial, por lo tanto, es común esperar que esta saturación registre cifras más bajas en comparación con los nacidos más cerca del nivel mar.

En estudios previos se ha descrito que a mayor altura se condiciona una menor presión parcial de oxígeno [7], que se ve reflejada en una disminución en la saturación. Respecto a valores medidos de saturación de oxígeno por encima de 90 % tienen mayor probabilidad de tener una adaptación extrauterina exitosa [6,9] y se ha descrito que el recién

nacido le toma entre 8 a 10 minutos en lograr una saturación estable sobre el 90 % [10].

En este estudio se evaluó la necesidad del requerimiento de oxígeno, de acuerdo a la altura del lugar del nacimiento durante las dos primeras horas de vida del recién nacido, al respecto, se evidenció una asociación significativa entre los requerimientos de la administración a los pacientes nacidos a 2850 msnm (85.6 %) de casos, en comparación con los nacidos a los 2220 msnm (14.4 %) de los pacientes. Estos resultados concuerdan con las afirmaciones de [1], quienes aseguran que la ciudad de Quito al estar ubicada a 2850 msnm, presenta una baja presión barométrica, lo que genera una reducción de la presión parcial de oxígeno inspirado, que va a provocar un período de adaptación más prolongado en el recién nacido. Al respecto, en un estudio previo [14], evidenció que la reanimación neonatal en nacidos a 2,240 metros haciendo uso de aire ambiente, es un procedimiento seguro, demostrando lo innecesario de la reanimación administrando oxígeno.

Se evidenció asociación significativa entre tiempo de administración de oxígeno y la altura del lugar de nacimiento, de manera específica, un grupo de 153 pacientes requirieron la administración de oxígeno y entre estos, los admitidos en instituciones a 2850 msnm registraron una media de uso de oxígeno de 9,58 horas, entre estos 75 pacientes recibieron oxígeno por más de dos horas, cifra mayor a la registrada por los recién nacidos a 2220 msnm con una media de 4,09 horas, de los cuales 19 pacientes los recibieron por más de dos horas, resultados que concuerdan con los señalamientos de [4], quien refiere que en el 90 % de los nacimientos, la transición de la vida intrauterina a la extrauterina puede desarrollarse sin ninguna dificultad, sin embargo, un grupo minoritario de pacientes, al menos un 9 %, necesitarán algún tipo de asistencia respiratoria para regular su adaptación.

El 61.4 % de los recién nacidos de este estudio que requirieron oxígeno, lo recibieron por más de dos horas y un 24.8 % a razón de más de 4 litros por minuto, al

respecto, según lo referido por [15] y por los autores [16], la hiperoxia es un factor de riesgo para desarrollar estrés oxidativo que a su vez puede generar una respuesta inflamatoria a nivel alveolar con la consecuencia de un daño pulmonar a largo plazo, en este sentido, [17], advierte acerca de la disminución del uso innecesario de oxígeno, tanto por los efectos adversos del mismo como el impacto en el gasto de salud pública.

En cuanto al tema del requerimiento de oxígeno por este grupo de recién nacidos, [5], afirma que la suplementación de oxígeno se relaciona con una transición fallida o incompleta del recién nacido desde la vida intrauterina a la extrauterina.

De acuerdo a la regresión logística calculada, no se observó relación entre el sexo del recién nacido y el tipo de parto con la saturación de oxígeno, resultados que concuerdan con los hallazgos de [18], quienes refieren que en su investigación no se encontraron diferencias estadísticamente relevantes entre el sexo y el tipo de parto con respecto a la saturación de oxígeno o frecuencia cardíaca.

En el primer minuto el Apgar registró una media de 7.95 puntos, con un valor mínimo de 7 y en el minuto 5 el Apgar registró una media de 9.01 puntos con un valor mínimo de 7, de acuerdo con [19] estos valores pueden estimarse como tranquilizadores, mientras que una puntuación de 4 a 6 puede considerarse como moderadamente anormal y de 0 a 3 es baja tanto para nacido a término como también para el prematuro tardío, por lo tanto, todos los recién nacidos de este estudio entran dentro del rango normal y sin riesgo de mortalidad según [20].

Conclusiones

Respecto a la hipótesis planteada, se corrobora que el proceso adaptativo de los recién nacidos a 2850 metros de altura es más prolongado que el de los recién nacidos a 2 200 metros de altura en las primeras dos horas de vida, con diferencias en las constantes vitales y requerimientos de administración de oxígeno.

Abreviaturas

SG: Semanas de gestación.

Información suplementaria

No se declara materiales suplementarios.

Agradecimientos

No declarados.

Contribuciones de los autores

Janina Tatiana Ullauri Betancourt: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, redacción - borrador original.

Jenny Paola Zurita Guerra: Metodología, administración del proyecto, recursos, Software, supervisión, validación, visualización, redacción - revisión y edición.

Huáscar Gabriel Contreras Pierola: Metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización.

Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Financiamiento

Los autores del presente artículo financiaron los gastos de esta investigación.

Disponibilidad de datos y materiales

Los datos fueron recolectados de los archivos médicos, no están disponibles públicamente debido a la confidencialidad del paciente, pero están

Referencias

- Andrade V, Andrade F, Riofrio P, Nedel FB, Martin M, Romero-Sandoval N. Pulse oximetry curves in healthy children living at moderate altitude: a cross-sectional study from the Ecuadorian Andes. *BMC Pediatr*. 2020 Sep 18;20(1):440. doi: [10.1186/s12887-020-02334-z](https://doi.org/10.1186/s12887-020-02334-z). PMID: 32948159; PMCID: PMC7499919
- Bard H, Fouron JC, Grothe AM, Soukini MA, Cornet A. The adaptation of the fetal red cells of newborn lambs to extrauterine life: the role of 2,3-diphosphoglycerate and adult hemoglobin. *Pediatr Res*. 1976 Oct;10(10):823-5. doi: [10.1203/00006450-197610000-00002](https://doi.org/10.1203/00006450-197610000-00002). PMID: 972783.
- Asas-Jinde M, González-Andrade F. Newborns physiological differences in low- and high-altitude settings of Ecuador. *J Dev Orig Health Dis*. 2022 Aug;13(4):494-499. doi: [10.1017/S2040174421000532](https://doi.org/10.1017/S2040174421000532). Epub 2021 Sep 21. PMID: 34544515
- Guerrero M, Betancourt M. Proceso de cuidado de enfermería para pacientes pretérmino con patrón respiratorio ineficaz. [Tesis de especialidad]. Universidad Autónoma San Luis de Potosí. Repositorio UASLP 2018. [uaslp.mx/4627](https://repositorio.uaslp.mx/4627)
- Bruckner M, Schmölzer GM. Physiologic Changes during Neonatal Transition and the Influence of Respiratory Support. *Clin Perinatol*. 2021 Dec;48(4):697-709. doi: [10.1016/j.clp.2021.07.001](https://doi.org/10.1016/j.clp.2021.07.001). PMID: 34774204.
- Michel A, Lowe NK. The Successful Immediate Neonatal Transition to Extrauterine Life. *Biol Res Nurs*. 2017 May;19(3):287-294. doi: [10.1177/1099800416685178](https://doi.org/10.1177/1099800416685178). Epub 2017 Jan 12. PMID: 28076969.
- Contreras-Briceño F; Villaseca Y, Espinosa-Ramírez M; Villarroel G; Moscoso G; Chamorro M, et al. Razonamiento clínico en kinesioterapia mediante aprendizaje basado en casos. *ARS MEDICA Revista de Ciencias Médicas* 2020;45(2):19-27. doi: [10.11565/arsmed.v45i2.1648](https://doi.org/10.11565/arsmed.v45i2.1648).

disponibles a través del autor de correspondencia bajo una solicitud académica claramente justificada.

Declaraciones**Aprobación de comité de ética y consentimiento para participar**

Se contó con la aprobación del Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y las directivas de cada hospital participante. El consentimiento de participación fue firmado por los tutores de los participantes.

Consentimiento de publicación

No requerido cuando no se publican imágenes, radiografías y estudios específicos de pacientes.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Información de los autores

No declarada.

- Rondón E, Ordoñez M, Ccorahua M, Paucar L, Rodríguez M, Atamari N. Saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca y respiratoria en recién nacidos a término en poblaciones de altura. *Rev Cubana Pediatr*. 2019;91(3):1-11. SciELO: [S0034](https://doi.org/10.1016/j.clp.2016.04.001)
- Morton SU, Brodsky D. Fetal Physiology and the Transition to Extrauterine Life. *Clin Perinatol*. 2016 Sep;43(3):395-407. doi: [10.1016/j.clp.2016.04.001](https://doi.org/10.1016/j.clp.2016.04.001). Epub 2016 Jun 11. PMID: 27524443; PMCID: PMC4987541.
- van Vonderden JJ, Roest AA, Siew ML, Walther FJ, Hooper SB, te Pas AB. Measuring physiological changes during the transition to life after birth. *Neonatology*. 2014;105(3):230-42. doi: [10.1159/000356704](https://doi.org/10.1159/000356704). Epub 2014 Feb 6. PMID: 24504011.
- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN; AMERICAN COLLEGE OF OBSTETRICIANS AND GYNECOLOGISTS COMMITTEE ON OBSTETRIC PRACTICE. The Apgar Score. *Pediatrics*. 2015 Oct;136(4):819-22. doi: [10.1542/peds.2015-2651](https://doi.org/10.1542/peds.2015-2651). PMID: 26416932.
- Hooper SB, Te Pas AB, Kitchen MJ. Respiratory transition in the newborn: a three-phase process. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2016 May;101(3):F266-71. doi: [10.1136/archdischild-2013-305704](https://doi.org/10.1136/archdischild-2013-305704). Epub 2015 Nov 5. PMID: 26542877.
- OPS/OMS. Guía para el manejo integral del recién nacido grave. Guatemala, 2015. ISBN: 978-598-17-1. [iris.paho](https://iris.paho.org/)
- Orozco A, Pereira A, Orozco S. Diferencias entre la saturación de oxígeno al nacer y las 48 horas en neonatos a término reanimados con y sin oxígeno. *Acta méd. Grupo Ángeles* 2017;15(4):264-268. SciELO: [S1870](https://doi.org/10.11565/arsmed.v45i2.1648)
- Vento M. Oxigenoterapia en el recién nacido. *Anales de Pediatría Continuada*, 2014;12(2):68-73.

16. Sharma D, Sharma P, Shastri S. Golden 60 minutes of newborn's life: Part 2: Term neonate. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2017 Nov;30(22):2728-2733. doi: [10.1080/14767058.2016.1261399](https://doi.org/10.1080/14767058.2016.1261399). Epub 2016 Nov 29. PMID: 27844484.

17. Guarderas M, Raza D, González P. Gasto público en salud en Ecuador: ¿cumplimos con los compromisos internacionales? (Tema Central). Tesis, Universidad Andina Simón Bolívar, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7944>.

18. Bancalari A, Araneda H, Echeverría P, Marinovic A, Manríquez C. Saturación arterial de oxígeno y frecuencia cardíaca en recién nacidos de término sanos durante la primera hora post nacimiento. *Rev. chil. pediatr.* 2019;90(4):384-391.

Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062019000400384&lng=es. <http://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i4.964>.

19. Cnattingius S, Johansson S, Razaz N. Apgar Score and Risk of Neonatal Death among Preterm Infants. *N Engl J Med.* 2020 Jul 2;383(1):49-57. doi: [10.1056/NEJMoa1915075](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1915075). PMID: 32609981.

20. Nozar María Fernanda, Tarigo Josefina, Fiol Verónica. Factores asociados con bajo puntaje de Apgar en la maternidad del Centro Hospitalario Pereira Rossell. *Anfamed.* 2019 Jun;6(1):63-84. Epub 01-Jun-2019. doi: [10.25184/anfamed2019v6n1a1](https://doi.org/10.25184/anfamed2019v6n1a1).

DOI: Digital Object Identifier. PMID: PubMed Identifier. SU: Short URL.

Nota del Editor

La Revista Ecuatoriana de Pediatría permanece neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.
