

## ESTADO ÁCIDO-BASE EN OBSTETRICIA CRÍTICA Y ALTITUD

## ACID-BASE STATUS IN CRITICAL CARE OBSTETRICS AT ALTITUDE

Viruez-Soto Antonio<sup>1</sup>, Vera-Carrasco Oscar<sup>2</sup>

1. Médico Intensivista con Alta Especialidad en Medicina Crítica en Obstetricia
2. Médico especialista en Medicina Crítica y Terapia Intensiva, Docente Emérito de la Facultad de Medicina de la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz (Bolivia)

Los autores niegan conflictos de intereses.

**Autor responsable de correspondencia:** Dr. Antonio Viruez Soto, Celular 591+78804139, Av. Juan Pablo II, El Alto, La Paz (Bolivia), Teléfono 22864070, antonioviruez@hotmail.com

RECIBIDO: 05/12/2022

ACEPTADO: 09/08/2023

## RESUMEN

**OBJETIVO:** Describir el estado ácido base en pacientes obstétricas críticamente enfermas a muy alta altitud, al momento de su ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos.

**MATERIAL Y MÉTODO:** Estudio descriptivo transversal. Se incluyen todas las pacientes obstétricas internadas en la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos del Hospital del Norte de la ciudad de El Alto, La Paz a 4150 metros sobre el nivel del mar, ingresadas en el periodo Enero 2019-Enero 2022.

**RESULTADOS:** Se ingresaron 79 pacientes, con media de edad de 29 años (desviación estándar 8.06 años), 52 casos (66%) por preeclampsia severa, 14 casos (18%) por hemorragia obstétrica, 8 casos (10%) por sepsis obstétrica y 5 (6%) por diagnósticos diversos como taquicardia supraventricular e intoxicaciones, existieron 8 pacientes fallecidas (10% de mortalidad) destacando la sepsis obstétrica con mayor fallecimiento y mayor tiempo de internación.

**CONCLUSIÓN:** Los cambios fisiológicos propios del embarazo, la convierten en una paciente de riesgo, identificando la diferencia de iones fuertes aparente y abreviada como posibles factores pronóstico en la paciente obstétrica en estado crítico.

**PALABRAS CLAVE:** Estado acido-base, obstetricia crítica, gran altitud.

## ABSTRACT

**OBJECTIVE:** To describe the acid base status in critically ill obstetric patients at very high altitude, at the time of admission to the Intensive Care Unit.

**METHODOLOGY:** Retrospective descriptive study. All obstetric patients admitted to the Adult Intensive Care Unit of the Hospital del Norte in the city of El Alto, La Paz at 4150 meters above sea level, in the period January 2019-January 2022, are included.

**RESULTS:** 79 patients were admitted, with a mean age of 29 years (standard deviation 8.06 years), 52 cases (66%) due to severe preeclampsia, 14 cases (18%) due to obstetric hemorrhage, 8 cases (10%) due to obstetric sepsis. and 5 (6%) due to various diagnoses such as supraventricular tachycardia and poisoning, there were 8 deceased patients (10% mortality), highlighting obstetric sepsis with the highest death rate and longest hospital stay.

**DISCUSSION:** The physiological changes during pregnancy make her a risk patient, identifying the apparent and abbreviated strong ion difference as possible prognostic factors in the critically ill obstetric patient.

**KEY WORDS:** Acid-base state, critical obstetrics, high altitude.

## INTRODUCCIÓN

Se considera que una población se encuentra en la altitud cuando está por encima de los 1500

metros sobre el nivel del mar (msnm).<sup>1</sup> En el Cuadro N° 1, se evidencia la clasificación actual de los niveles de altitud.<sup>2</sup>

**Cuadro N° 1. Clasificación actual de los Niveles de Altitud**

CLASIFICACIÓN	BAJA ALTITUD	ALTITUD INTERMEDIA	ALTA ALTITUD	MUY ALTA ALTITUD	ALTITUD EXTREMA	ZONA MUERTA
METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR	0 – 1499	1500-2499	2500-3499	3500-5800	5800-7999	Mayor a 8000

En particular, los valores definidos como normales de la gasometría arterial en el embarazo normoevolutivo a muy alta altitud en la ciudad de El Alto a 4150 metros sobre el nivel del mar (msnm) se expresan en el Cuadro N° 2.

**Cuadro N° 2. Gasometría arterial en el embarazo normoevolutivo a muy alta altitud.**

Variable / Valor	Media	Desvío Estándar	Límite inferior	Límite superior
pH (mmhg)	7.452	0.02	7.432	7.472
PaO <sub>2</sub> (mmhg)	65.22	7.2	58.0	72.4
PaCO <sub>2</sub> (mmhg)	24.35	2.51	21.8	26.9
HCO <sub>3</sub> (mmol/L)	20.13	1.14	18.99	21.27
SatO <sub>2</sub> (%)	90.41	2.56	87.85	92.97
Lactato (mmol/L)	1.32	0.4	0.92	1.72

*pH: Potencial de hidrogeniones, pO<sub>2</sub>: Presión parcial arterial de oxígeno, pCO<sub>2</sub>: Presión parcial arterial de dióxido de carbono, HCO<sub>3</sub>: Bicarbonato sérico. SatO<sub>2</sub>: Saturación arterial de oxígeno en porcentaje.*

A comparación de residentes del nivel del mar, el valor de pH tiende a ser más alto, incluso alcalótico, durante el embarazo, esto debido a la hipoxia hipobárica así como al efecto estimulante respiratorio de la progesterona durante el embarazo, reconociéndose también valores más bajos de PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub> y SatpO<sub>2</sub>%.<sup>3</sup> Diversos estudios sobre la preeclampsia como causa más importante de morbimortalidad materna en el mundo caracterizada por el compromiso multisistémico que conduce al riesgo vital tanto materno y fetal, tomando en cuenta que hasta la fecha existen pocos indicadores bioquímicos de severidad, de hecho son pocos los estudios que reportan los cambios en el estado ácido base de la paciente preecláptica<sup>4</sup> sin embargo la aproximación de Stewart, la cual

se basa en un análisis físico-químico, demuestra que la preeclampsia severa a pesar de cursar muchas veces con un pH prácticamente normal, representa un estado de alcalosis hipoalbuminémica a comparación del embarazo "normal",<sup>5,6</sup> sobre todo, tomando en cuenta que en condiciones de alta demanda metabólica como es el embarazo existe un mayor consumo de oxígeno así como una mayor generación celular de hidrogeniones por lo que deben existir los mecanismos respectivos para contrarrestar dicha situación.<sup>7</sup> Otra situación a considerar son los casos con acidosis renal tubular distal (ARTD) y embarazo, refiriéndose el primero a un grupo de desórdenes tubulares que causan alteraciones en el equilibrio ácido-base y se caracterizan por una excreción deficiente urinaria de ácidos lo cual resulta en acidosis metabólica hiperclorémica con formación inapropiada de orina alcalina, la ARTD puede ser heredada, adquirida o idiopática. Mutaciones en tres diferentes genes han sido implicadas en la ARTD hereditaria autosómica recesiva o dominante, denominados SLC4A1, ATP6V1B1 y ATP6V0A4, los cuales codifican proteínas expresadas en las células acidosecretoras del ducto colector renal. La ARTD se caracteriza a su vez por acidosis metabólica con anion gap normal así como orina inapropiadamente alcalina, ambas causados por la capacidad reducida de los riñones para excretar amonio y ácidos. En las formas recesivas las manifestaciones clínicas usualmente ocurren durante la infancia temprana incluyendo falla en el desarrollo, deshidratación, nefrocalcinosis y raquitismo. En las formas dominantes, las manifestaciones típicamente ocurren en adultos jóvenes e incluyen nefrolitiasis, osteoporosis u osteomalacia. Otras complicaciones importantes se refieren a hipokalemia severa resultante en parálisis, rhabdomiolisis o arritmias potencialmente letales. El tratamiento de por vida incluye citrato

de potasio y/o bicarbonato de sodio para prevenir el retardo de crecimiento en niños, formación de litos y progresión de nefrocalcinosis. Se ha reportado que mujeres con insuficiencia renal crónica tienen mayores riesgos de complicaciones durante el embarazo y por ello el monitoreo interdisciplinario es esencial en esta población vulnerable. De cualquier manera, las personas que tubulopatías como la ARTD usualmente tienen un filtrado glomerular conservado por lo que no se consideran generalmente como pacientes con insuficiencia renal crónica. En la paciente embarazada, la alcalosis respiratoria con la elevación subsecuente de la excreción renal de bicarbonato es la elevación ácido-base más común durante el embarazo, la cual es muy bien tolerada por la madre y el feto bajo condiciones normales, de cualquier manera la acidosis materna puede asociarse a efectos desfavorables en el feto si no es corregida ya que en primer lugar, la entrega de oxígeno por la placenta puede verse atenuada debido a la vasoconstricción de los vasos uterinos, causando distres fetal, en segundo lugar la acidosis metabólica materna puede deteriorar el crecimiento óseo fetal.<sup>8</sup> La homeostasis y el estado ácido-base materno lógicamente repercute sobre el estado ácido base fetal/neonatal ya que revisiones recientes demuestran que la acidosis fetal definida como un pH menor a 7.20 se asocia entre 2 y 4 veces a morbilidad y mortalidad fetal.<sup>9</sup> Resulta interesante que una de las medidas más frecuentes, la administración de oxígeno suplementario a la madre, no produce ninguna alteración en el estado ácido base fetal al momento de la interrupción del embarazo.<sup>10</sup> Así como el cambio de posición a decúbito lateral izquierdo a 15° a comparación del decúbito dorsal tampoco ofrece ventajas en el estado ácido base fetal durante la cesárea en madres saludables con anestesia espinal con embarazo a término siempre y cuando se mantenga una presión arterial sistólica alcanzada ya sea mediante una carga con cristaloides o infusión con fenilefrina, sin embargo no se deben generalizar estos hallazgos a todas las situaciones de emergencia.<sup>11,12</sup> De igual forma el clampeo diferido (1-3 minutos) luego del nacimiento no conlleva diferencias en el estado ácido base neonatal.<sup>13</sup> Un hecho a destacar, por otro lado, es que el Flujo

Doppler fetal si se asocia a la presentación de acidosis fetal/neonatal.<sup>14</sup> En 1980, Peter Stewart desarrolló su propia teoría de estado ácido-base destacando que dicho equilibrio no solamente depende del dióxido de carbono (pCO<sub>2</sub>) como el componente respiratorio y del bicarbonato como el componente metabólico, sino también de los electrólitos que son variables independientes de este equilibrio, en dicha teoría, se debe tomar en cuenta no solamente al pCO<sub>2</sub> sino también la concentración de ácidos débiles no volátiles (A<sub>TOT</sub>) representados por la concentración de albúmina y sobre todo la diferencia de iones fuertes (DIF). Esta última es la diferencia entre cationes y aniones fuertes (la teoría considera al hidrogenión como catión débil y al bicarbonato como un dependiente de otras variables), que en la práctica se calcula mediante la DIF aparente = (Na+K+Ca+Mg) – (Cl-lactato) = 40-42mEq/L, sin embargo, también se puede calcular la DIF aparente abreviada = Na+K-Cl = 34-39mEq/L. El aumento de la DIF causa alcalosis y su disminución acidosis, por lo que, por ejemplo, la corrección de acidosis con bicarbonato de sodio no sería útil por la adición de bicarbonato sino por la adición de sodio para recuperar la DIF normal.<sup>15-17</sup> El objetivo del presente estudio es describir el estado ácido-base incluyendo la diferencia de iones fuertes, en pacientes obstétricas críticamente enfermas al momento del ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos del Hospital del Norte de la ciudad de El Alto, La Paz (Bolivia) a 4 150 metros sobre el nivel del mar y su relación con la evolución.

## MATERIAL Y MÉTODO

Estudio descriptivo de corte transversal en el cual se incluyeron 79 pacientes obstétricas en estado crítico (Cuadro N° 3) durante el periodo Enero 2019-enero 2022, internadas a la Unidad de Cuidados Críticos Adultos (Unidad Polivalente) del Hospital del Norte, primer Hospital de Tercer Nivel de complejidad de atención de la ciudad de El Alto, La Paz (Bolivia) a 4 150 metros sobre el nivel del mar con presión barométrica de 453mmHg, registrándose las variables respectivas al momento del ingreso de la paciente así como la toma de gasometría arterial radial, se utilizaron jeringas exclusivas para toma de muestra de gasometría Care Fusion, las muestras fueron

procesadas en equipo Radiometer ABL800 Flex (Bronshoj, Dinamarca). Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva y creación

de una base de datos en el programa Excel v16. El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética Hospitalario.

**Cuadro N° 3. Características de las pacientes incluidas en el estudio.**

DIAGNÓSTICO	NÚMERO Y PORCENTAJE	MEDIA DE EDAD (años)	VALOR MÍNIMO (años)	VALOR MÁXIMO (años)	RANGO ESTADÍSTICO (años)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (años)
Total	79 (100%)	29	14	49	35	± 8.06
Preeclampsia severa	52 (66%)	25	14	49	35	± 6.37
Hemorragia obstétrica	14 (18%)	30	24	37	13	± 12.94
Sepsis obstétrica	8 (10%)	26	22	36	14	± 8.45
Otros diagnósticos*	5 (6%)	27	21	33	12	± 9.34

\*Contempla: Taquicardia supraventricular, intoxicaciones, broncoespasmo severo, hipertensión arterial descompensada.

## RESULTADOS

En el Cuadro 4, se evidencia la mortalidad y tiempo de estancia en horas en general y por patología. En los Cuadros 5 y 6 se expresan

los valores relativos al estado ácido base tanto de las pacientes fallecidas, las pacientes que sobrevivieron así como por subgrupos según patología.

**Cuadro N° 4. Evolución de las pacientes en general y según diagnóstico.**

GRUPO / VARIABLE	PACIENTES FALLECIDAS (porcentaje)	MEDIA DE ESTANCIA INTERNACIÓN UTI (horas)	VALOR MÍNIMO (horas)	VALOR MÁXIMO (horas)	RANGO (horas)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (horas)
TOTAL	8 (10%)	102	12	624	612	+/- 104.29
PREECLAMPSIA	4 (8%)	74	12	264	252	+/- 49.08
HEMORRAGIA	1 (7%)	135	12	624	612	+/- 160.50
SEPSIS	3 (37%)	222	48	504	456	+/- 169.58
OTROS	0%	67	24	120	96	+/- 35.60

**Cuadro N° 5. Estado ácido-base al ingreso y evolución.**

GRUPO / VARIABLE	pH	pO <sub>2</sub> (mmHg)	pCO <sub>2</sub> (mmHg)	HCO <sub>3</sub> (mmol/L)	SatO <sub>2</sub> %	Sodio (mEq/L)	Potasio (mEq/L)	Cloro (mEq/L)	Magnesio (mmol/L)	Calcio Total (mmol/L)	Albúmina (g/dL)	Lactato (mmol/L)	Anion Gap	Anion Gap c	DIF aparente	DIF aparente (abreviado)
TOTAL	7.35	58.37	24.20	15.47	91.19	140.95	3.86	104.61	1.46	2.02	3.44	4.85	24.73	24.87	38.84	40.21
SUPERVIVIENTES	7.38	59.75	24.59	16.15	92.68	141.89	3.77	103.44	1.49	1.99	3.58	4.35	26.07	26.175	41.35	42.22
FALLECIDAS	7.11	46.13	20.75	9.38	78.00	132.63	4.68	115.00	1.14	2.14	2.21	9.23	12.93	13.75	16.36	22.30

Dónde: pH: Potencial de hidrogeniones, pO<sub>2</sub>: Presión parcial arterial de oxígeno, pCO<sub>2</sub>: Presión parcial arterial de dióxido de carbono, HCO<sub>3</sub>: Bicarbonato sérico. SatO<sub>2</sub>%: Saturación arterial de oxígeno en porcentaje, DIF: Diferencia de iones fuertes, Anion Gap c: Anion Gap corregido según valor de albúmina por fórmula de Figge = Anion Gap + [(4-albúmina sérica)x0.25].

Cuadro N° 6. Estado acido-base al ingreso y evolución, por patología.

SUBGRUPO / VARIABLE	pH	pO2 (mmHg)	pCO2 (mmHg)	HCO3 (mmol/L)	SatO2%	Sodio (mEq/L)	Potasio (mEq/L)	Cloro (mEq/L)	Magnesio (mmol/L)	Calcio Total (mmol/L)	Albumina (g/dL)	Lactato (mmol/L)	Anion Gap	Anion Gap c	DIF aparente	DIF aparente (abreviado)
PRE-ECLAMPSIA	7.36	58.73	24.19	15.63	91.44	141.17	3.85	104.67	1.45	2.01	3.49	4.81	24.72	24.84	39.00	40.35
HEMORRAGIA OBSTÉTRICA	7.30	60.00	24.42	16.25	91.83	141.33	3.81	102.67	1.47	2.04	3.45	5.08	26.22	26.35	40.91	42.48
SEPSIS OBSTÉTRICA	7.27	54.00	24.38	11.38	87.38	141.38	3.71	109.75	1.38	2.03	2.96	5.26	23.96	24.22	33.48	35.34
OTROS DIAGNÓSTICOS	7.35	59.2	23.8	16	93	139	3.66	100	1.48	1.96	3.64	4.12	26.66	26.69	41.99	42.66

**Dónde:** pH: Potencial de hidrogeniones, pO2: Presión parcial arterial de oxígeno, pCO2: Presión parcial arterial de dióxido de carbono, HCO3: Bicarbonato sérico. SatO2%: Saturación arterial de oxígeno en porcentaje, DIF: Diferencia de iones fuertes, Anion Gap c: Anion Gap corregido según valor de albúmina por fórmula de Figge = Anion Gap + [(4-albúmina sérica)x0.25)].

## DISCUSIÓN

Los cambios fisiológicos propios del embarazo, desde la proteinuria denominada fisiológica, la predisposición a acidosis renal y la alcalosis respiratoria, más aún en condiciones de altitud, la convierten en una paciente de riesgo, en la cual se deben tomar muchas consideraciones debiendo monitorizarse también el equilibrio acido-base desde diferentes enfoques para ofrecer una mejor garantía de bienestar materno-fetal.

## CONCLUSIÓN

Se debe considerar el cálculo de la diferencia de iones fuertes, entre los cationes fuertes (sodio, potasio, calcio y magnesio) y los aniones fuertes (cloro y lactato), ya que el aumento se asocia a alcalosis así como la disminución se asocia a acidosis (no hay estadística que demuestre), actuando como factores pronóstico en la paciente obstétrica en estado crítico, haciéndose más evidente este desequilibrio en la sepsis obstétrica.

## REFERENCIAS

1. Tinoco-Solórzano A, Nieto-Estrada VH, Vélez-Páez JL, Molano-Franco D, Viruez-Soto A, Villacorta-Córdova F y col. Medicina intensiva en la altitud. Revisión de alcance. *Revista de Medicina Intensiva y Cuidados Críticos* 2020;13(4):218-25. DOI: <https://10.37463/intens-samay/0024>.
2. Viruez-Soto A, Viscarra-Machaca Z, Ticona-Flores R, Jiménez-Torres F, Alí-Yucra N, Thompson-Maldonado S y col. Cuidado Intensivo COVID-19 a Muy Alta Altitud. *Rev Med La Paz* 2021;27(2):35-41.
3. Viruez-Soto A, Jiménez-Torres F, Sirpa-Choquehuanca V, Casas-Mamani R, Cala-Cahuaya J, Maceda Alejandra, Vera-Carrasco O. Gasometría arterial en embarazo a muy alta altitud. *Revista "Cuadernos"* 2021;62(1):51-6.
4. Ortner CM, Combrink B, Allie S, Story D, Landau R, Cain K. Strong ion and weak acid analysis in severe preeclampsia: potential clinical significance. *British Journal of Anaesthesia* 2015;115(2):275-84. <https://doi.org/10.1093/bja/aev221>.
5. Luppá PB, Martin J, Deetjen P. Blood gas analysis and disorders of acid-base balance – including analytical methods. *Point-of-Care Testing* 2018;129-143. DOI: 10.1007/978-3-662-54497-6\_14
6. Hofmeyr R, Matjila M, Dyer R. Preeclampsia in 2017: Obstetric and Anaesthesia Management. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 2017;31(1):125-38. DOI: 10.1016/j.bpa.2016.12.002.
7. Toffaletti JG, Rackley CR. Monitoring Oxygen Status. *Advances in Clinical Chemistry* 2016;77:103-24. <https://doi.org/10.1016/bs.acc.2016.06.003>.

8. Seeger H, Salfeld P, Eisel R, Wagner CA, Mohebbi N. Complicated pregnancies in inherited distal renal tubular acidosis: importance of acid-base balance. *J Nephrol* 2017;30:455-60. <https://doi.org/10.1007/s40620-016-0370-x>.
9. Sanjay-Nag D, Prasad-Samaddar D, Chatterjee A, Kumar H, Dembla A. Vasopressors in obstetric anesthesia: A current perspective. *World J Clin Cases* 2015;163(1):58-64. DOI: 10.12998/wjcc.v3.i1.58.
10. Qian G, Xu X, Chen L, Xia S, Wang A, Chuai Y, Jiang W. The effect of maternal low flow oxygen administration during the second stage of labour on umbilical cord artery pH: a randomised controlled trial. *BJOG* 2017;124:678-65. <https://doi.org/10.1097/01.aoa.0000527049.99455.cf>.
11. Lee AJ, Landau R, Mattingly JL, Meenan MM, Corradini B, Wang S, et al. Left Lateral Table Tilt for Elective Cesarean Delivery under Spinal Anesthesia Has No Effect on Neonatal Acid-Base Status. *Anesthesiology* 2017;1-9. doi.org/10.1097/ALN.0000000000001737
12. Strouch ZY, Dakik CG, White WD, Habib AS. Anesthetic technique for cesarean delivery and neonatal acid-base status: a retrospective database analysis. *International Journal of Obstetric Anesthesia* 2015;24:22-9. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2014.11.002>.
13. De-Paco C, Herrera J, Garcia C, Corbalán S, Arteaga A, Pertegal M y col. Effects of delayed cord clamping on the third stage of labour, maternal haematological parameters and acid-base status in fetuses at term. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* 2016;207:153-6. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2016.10.031>.
14. Morales-Roselló, Khalil A, Morlando M, Bhide A, Papageorghiou A, Thilaganathan B. Poor neonatal acid-base status in term fetuses with low cerebroplacental ratio. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2015;45:156-61. <https://doi.org/10.1002/uog.14647>.
15. Häubi C, Moreno-Santillán A, Díaz de León-Ponce MA, Briones-Vega CG, Meneses-Calderón J, Orenday-Aréchiga ME, Torres-Pérez J, Briones-Garduño JC. Teoría ácido-básico de Stewart, un nuevo paradigma en medicina crítica. *Revista Mexicana de Anestesiología* 2006;29(4):240-4.
16. Rocktaeschel J, Morimatsu H, Uchino S, Goldsmith D, Poustie S, Story D, et al. Acid-base status of critically ill patients with acute renal failure: analysis based on Stewart-Figge methodology 2003;7(4):R60-R66.
17. Morgan TJ. The Stewart Approach – One Clinician’s Perspective. *Clin Biochem Rev* 2009;30:41-54.