

ARTÍCULO ORIGINAL

DESEMPEÑO DEL PROCESO PREANALÍTICO DEL ANÁLISIS DE GASES SANGUÍNEO EN UN HOSPITAL PEDIÁTRICO EN LIMA, PERÚ, 2018

Víctor J. Arellano-Núñez^{1,a}

FILIACIÓN:

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú^a Tecnólogo médico. Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica

ORCID:

Víctor Julio Arellano Núñez 

RESUMEN

Objetivo: Describir el desempeño del proceso preanalítico durante el análisis de gases sanguíneos (AGS) en el INSN-2018. **Materiales y métodos:** Se desarrolló un estudio observacional, descriptivo y transversal que identificó puntos críticos durante en el análisis en solicitudes de 2428 pacientes aplicando la métrica sigma (σ). **Resultados:** El 62 % presenta errores preanalíticos en el AGS, 93 % corresponde a jeringas y 7 % a capilares. En jeringas, los errores son relativos a solicitudes ilegibles (13,3 %), reescritas (2,4 %) y temporales (1,1 %); y en la muestra, por presencia de coágulos (1,6 %), burbujas (12,3 %), jeringas sin tapón (56,1 %) y al escaso volumen (12,6 %). En capilares, los errores relativos fueron solicitudes ilegibles (10,8 %), reescritas (8,8 %) y temporales (3,1 %); y en la muestra fue la burbuja (1,3 %). Los servicios críticos presentan mayor error preanalítico en jeringas (72 %) y capilares (67 %) que otros servicios. Por otro lado, los volúmenes menores a 0,4 mL se consideraron inaceptables según los valores sigma. **Conclusiones:** Se evidenció que existe una alta tasa de errores preanalíticos, provenientes de las unidades críticas, donde las muestras tomadas de jeringas presentaron los mayores problemas. A nivel hospitalario se recomienda, implementar políticas de calidad enfocadas en la fase preanalítica y comprar dispositivos adecuados para la recolección de la muestra para el AGS.

Palabras clave: Errores diagnósticos, Análisis de los gases de la sangre, Errores preanalíticos, Pediatría. (Fuente: DeCS BIREME).

PERFORMANCE OF THE PREANALYTICAL PROCESS OF BLOOD GAS ANALYSIS IN A PEDIATRIC HOSPITAL IN LIMA, 2018

ABSTRACT

Objective: To describe the performance of the preanalytical process during blood gas analysis (BGA) at the INSN-2018. **Materials and methods:** An observational, descriptive, and cross-sectional study was developed, and it identified critical points during the analysis in requests from 2428 patients by applying the sigma (σ) metric. **Results:** 62% presented preanalytical errors in the BGA, 93% of the cases corresponded to syringes and 7% to capillaries. In syringes, relative errors are illegible request (13.3%), rewritten (2.4%), and temporary (1.1%). In samples, relative errors are clot (1.6%), bubble (12.3%), without plug (56.1%), and little volume (12.6%). In capillaries, relative errors are illegible request (10.8%), rewritten (8.8%), and temporary (3.1%). In samples, relative error is the bubble (1.3%). Critical services have greater preanalytical error in syringes (72%) and capillaries (67%) than other services. Also, volumes less than 0.4 mL were considered unacceptable according to the sigma values. **Conclusions:** It was found that there is a high rate of preanalytical errors, coming from critical units, where samples taken from syringes presented the greatest problems. At the hospital it is recommended to implement quality policies focused on the pre-analytical phase and to purchase appropriate devices for sample collection for BGA.

Keywords: Diagnostic errors, Blood gas analysis, Preanalytical errors, Pediatrics (Source: MeSH NLM)

Citar como:

Arellano-Núñez VJ. Desempeño del proceso preanalítico del análisis de gases sanguíneos en un hospital pediátrico en Lima, Perú, 2018. Rev Pediatr Espec. 2023(2):68-75. Doi: 10.58597/rpe.v2i2.60

Correspondencia:

Nombres y Apellidos: Víctor Julio Arellano Núñez
Correo: victor.are4@gmail.com

Recibido: 18/08/2023

Aprobado: 30/11/2023

Publicado: 07/12/2023



Esta es una publicación con licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

INTRODUCCIÓN

Los exámenes solicitados a laboratorio permiten entre el 60 y el 70 % de las decisiones dentro del ambiente clínico, las cuales repercuten en la hospitalización, el alta y la prescripción médica.¹ En 1999, el Institute of Medicine (OIM) de los Estados Unidos publicó un informe que evidenció una tasa alta de errores clínicos.² Estos pueden ocurrir entre el 0,35 % y el 12,9 % de casos, según el grado de automatización y gestión de cada centro establecimiento de salud.³⁻⁶ Los errores se pueden dividir de acuerdo al momento en el que ocurren, a las fases postanalítica, analítica y preanalítica, siendo esta última la de mayor prevalencia.³⁻⁶

El análisis de gases sanguíneos (AGS) se realiza comúnmente en pacientes que se encuentran en estado crítico y proporciona datos importantes sobre la oxigenación, la ventilación y el equilibrio iónico en el torrente sanguíneo. Existe poca evidencia hospitalaria sobre el número de errores en el AGS en muchos contextos.^{7, 8} Se sabe que los errores en la recolección de las muestras asociados a la contaminación o dilución por líquidos de perfusión o aumento de heparina producen la alteración en la presión parcial de dióxido de carbono (pCO₂), en la presión parcial de oxígeno (pO₂) y en los electrolitos,⁸⁻¹¹ aunque la hemólisis también puede ser un factor que altere los electrolitos, pO₂ y pCO₂.^{12, 13} En cuanto a la manera en que deben recolectarse las muestras, debe evitarse la presencia de burbujas mediante una recolección anaeróbica para no alterar los valores de pO₂.^{14, 15} También se conoce que las muestras con coágulos provocan retrasos en la obtención resultados, por tanto, estas deberían rechazarse.¹⁶ Otro aspecto a considerar es el monitoreo del tiempo, porque representa el estado estacionario del paciente, esto implica tener mayor celeridad en la recolección y el procesamiento de la muestra para el AGS, debido a que los tiempos prolongados podrían alterar las medidas de pCO₂ y pO₂.¹⁶⁻¹⁸

El problema en torno a los errores preanalíticos no exime a los pacientes pediátricos. Muchos errores clínicos se dan por cuestiones anatómicas de este tipo de pacientes, como la dificultad del acceso arterial, lo que aumenta la probabilidad de obtener muestras con poco volumen e influye en la dilución de la muestra,^{11, 19} inclusive en encontrar muestras con hemólisis y/o coágulos. Un reporte de América Latina sostiene que los errores preanalíticos ocurren entre el 0,18 % y el 4,04 %, ²⁰⁻²⁴ Gracias al mayor uso de sistemas de información de laboratorios (LIS, por sus siglas en inglés), es posible evidenciar este tipo de errores en América Latina.^{22, 25-27} Sin embargo, los países en desarrollo presentan aún LIS básicos, bajos controles de calidad y el registro básicamente sigue siendo manual.^{6, 20, 21, 24}

Hay investigaciones que reportan valores de errores preanalíticos menores del 2 %, pero no consideran variables de la fase preanalítica, como las burbujas, los coágulos, el tiempo de respuesta, etc., en las muestras, lo que causaría valores infraestimados en la frecuencia.^{7, 8, 28} En el Perú, no se encontraron estudios de errores preanalíticos para el AGS, esto podría deberse a que los LIS no están disponibles públicamente. En el Instituto Nacional de Salud del Niño (INSN), el laboratorio de emergencia lleva a cabo el proceso de recolección de muestras para los AGS con jeringas con heparina líquida, lo cual requiere preparación previa. Los AGS son consideradas pruebas urgentes en este establecimiento, de ahí la necesidad de analizar la frecuencia de ocurrencia de errores en aquellos servicios que atienden pacientes críticos o de emergencia. Por tanto, este estudio evaluó la frecuencia de errores preanalíticos en el AGS en el INSN en 2018.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y tipo de estudio

Estudio descriptivo de corte transversal y prospectivo. Se registró la información de todas las solicitudes para AGS con sus respectivas muestras en 2018, en el Laboratorio de Emergencia del INSN-Breña de Lima, Perú.

Población y muestra

La muestra no probabilística estuvo conformada por 2428 registros de solicitudes para AGS con las respectivas muestras de pacientes pediátricos. Las muestras de AGS provinieron de diferentes servicios del hospital, obtenidas por el médico o la enfermera de turno.

Criterios de elegibilidad

Solo se analizaron los errores preanalíticos de aquellas solicitudes provenientes de las unidades críticas, como UCI, unidades de atención postoperatoria (UPO), emergencias, servicio de neonatología, cardiología, gastroenterología, neurocirugía, medicina interna (medicina A, B, C y D), hospitalización (neumología, anestesiología, neurología, endocrinología, infectología, cirugía general, urología, tórax cardiovascular y centro quirúrgico, genética y paciente del Fondo Intangible Solidario de Salud) y servicios ambulatorios (nefrología, pediatría). También hubo solicitudes de otros centros hospitalarios.

Procedimientos de estudio

Para el desarrollo del presente estudio, se contó con la aceptación de los responsables y del personal del laboratorio y del comité metodológico y de ética del INSN. Posteriormente, se informó y capacitó al personal sobre el llenado de datos objetivos y la importancia del estudio. Se registró la información de forma manual, durante la recepción de la solicitud con la respectiva muestra del AGS al servicio de laboratorio de emergencia del INSN.

Para tratar el sesgo de medición y obtener mayor precisión en el análisis, se preparó al personal del laboratorio de emergencia sobre el registro de errores preanalíticos. Asimismo, se realizó un piloto para consensuar y estandarizar los indicadores por medir. Posteriormente, se capacitó al equipo de recolección de datos y se procedió a iniciar la investigación. La ejecución se desarrolló en el Laboratorio de Emergencia del INSN (Lima-Breña), el cual realiza aproximadamente 800 AGS al mes y cuenta con dos equipos Rapidlab 1265 (en el área de bioquímica y en el laboratorio de UCI), ambos operativos las 24 horas. Las muestras para los AGS fueron enviadas y recibidas en jeringas de 1 mL (no preheparinizadas) cuyo anticoagulante líquido fue la heparina sódica de 5000 UI/mL. La ejecución tuvo una duración de doce semanas.

Los errores preanalíticos de los AGS se definieron sobre la base de la literatura científica y en consenso con el personal: los errores observados en las solicitudes fueron la ilegibilidad y la reescritura de nombres y/o números de historia clínica y solicitud temporal; los errores identificados en la muestra fueron la falta de tapón (existe contacto de la muestra con el aire), presencia de burbujas, coágulos, hemólisis y calcio iónico no dosable (el equipo de AGS no brinda un resultado de calcio iónico, por encontrarse debajo del límite de detección, 0,2 mmol/L, cuya causa potencial es el escaso volumen de muestra que incrementa la concentración de heparina o la contaminación de la muestra con algún líquido). Los rechazos se registraron en un cuaderno. La información sobre edad y sexo se obtuvo del sistema informático de admisión

(Admisión.Ink), con ello, se clasificó el grupo etario según la OMS.²⁹ La evaluación de la calidad según las frecuencias de errores preanalíticos se realizó con la métrica sigma (σ). Esta es una herramienta cuyo uso se ha universalizado en los laboratorios y se basa en el conteo de defectos con el objetivo de minimizarlos. La interpretación de la métrica se basa en el valor sigma encontrado; a mayor nivel sigma, menor es la tasa de errores preanalíticos o denota mayor eficiencia en el procesamiento de las muestras. Se calificó como inaceptable (1 σ), marginal (2 σ), pobre (3 σ), bueno (4 σ), muy bueno (5 σ) y excelente (6 σ); una frecuencia pobre se consideró valor mínimo aceptable (mayor a 3 σ).^{28, 30}

Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico Stata versión 17 y se trabajó con un nivel de confianza del 95 %. Los datos se describieron mediante el reporte de frecuencias absolutas, relativas y acumuladas. Para la representación de los datos, se utilizaron tablas de frecuencia, gráficos de barras y diagramas de Pareto. La métrica sigma se calculó con los parámetros TE α (error total permitido), desviación o sesgo observado (rendimiento, evaluación del método y experimento de linealidad) y CV (coeficiente de variación). Se usó la siguiente fórmula para su cálculo:

$$\Sigma\sigma = (TE\alpha - \text{desviación}) / CV$$

Aspectos éticos

Este estudio fue revisado por el Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI) del INSN con el código TO-06/2017.

RESULTADOS

Se analizaron 2428 muestras de pacientes pediátricos, de los cuales el 55,8 % (n = 1356) eran varones. A un grupo de muestras, pertenecientes a recién nacidos, no se le registró el sexo ni la edad. La mayoría de las solicitudes eran de lactantes y de niños en edad escolar. El tipo de dispositivo mayormente utilizado para tomar las muestras fue la jeringa (81,4 %) en pacientes críticos y en estado de urgencia. Hubo un alto porcentaje de errores en el desempeño del proceso preanalítico (61,9 %) (Tabla 1). Las solicitudes con jeringa fueron más prevalentes en lactantes y en el servicio de unidades críticas; las solicitudes con capilares, en grupo de edad escolar y en servicios ambulatorios (Tabla 2).

Cuando se evaluaron los errores preanalíticos en los AGS (Tabla 3) con jeringas, el grueso de errores fueron las muestras sin tapón (56,1 %), seguido de las solicitudes ilegibles, las muestras con insuficiente volumen y muestras con burbujas. En relación con el dispositivo capilar, se evidenció que la mayoría se correspondió a solicitudes ilegibles, reescritas principalmente. Los valores sigma, por lo general, calificaron como inaceptables ($\sigma < 3$) a los errores con mayor frecuencia en los casos de las jeringas; de igual forma en los capilares. Sobre esta base, se ordenaron los errores preanalíticos según su prevalencia, tanto para jeringas (Figura 1) como para capilares (Figura 2), lo cual expresa la necesidad de trabajar en la disminución de dichos errores dentro del Laboratorio de Emergencia del INSN-Breña.

Los errores preanalíticos relacionados con el escaso volumen de la muestra se expresaron con el calcio iónico no dosable y a su vez con el exceso de heparina, pero este último no se midió. Del total de muestras con jeringa, solo el 3,7 % mostró problemas de calcio iónico no dosable. De este total, aquellos volúmenes >4 mL evidenciaron las mayores prevalencias de errores preanalíticos ($\sigma < 3$) (Tabla 4).

Tabla 1. Características generales de la muestra (n=2428)

Variable	n (%)
Sexo‡	
Masculino	1356 (55,8)
Femenino	1032 (42,5)
Grupos de edad‡	
Lactante	970 (39,9)
Escolar	638 (26,2)
Pre escolar	373 (15,3)
Adolescente	282 (11,6)
Recién nacido	140 (5,7)
Tipo de dispositivo	
Jeringa	1976 (81,4)
Capilar	452 (18,6)
Error preanalítico	
Sí	1492 (61,9)
No	936 (38,1)

‡ Variable cuyo conteo es menor al tamaño de la muestra

DISCUSIÓN

Este estudio obtuvo una alta prevalencia de errores preanalíticos en los AGS. Un hallazgo relevante fue determinar el volumen mínimo con una frecuencia adecuada para el AGS en jeringas de 1 mL, ya que esto no se había evaluado en otras investigaciones.^{7, 28} Los estudios sugieren recolectar muestras en jeringas de 3 mL a 1 mL para niños/adultos, como mínimo, y de 0,5 mL para neonatos/bebes, es decir, entre el 16 y el 33 % de la capacidad de la jeringa, respectivamente.³¹ El presente análisis mostró que los volúmenes iguales o menores a 0,3 mL son escasos, similar a lo que mencionan Tovo et al.⁸ Debe considerarse que este volumen es útil cuando el calcio iónico está diluido y quelado por la heparina; sin embargo, los errores de solo dilución no fueron analizados en esta investigación, lo cual evidenciaría una potencial infraestimación del error por escaso volumen. Los errores preanalíticos más prevalentes con jeringas fueron las muestras sin tapón y solicitudes ilegibles. La muestra sin tapón vulnera el estado anaeróbico del AGS, debido al contacto con el aire, lo que altera la pO₂. Otros errores son considerados marginales. Gil et al., en este aspecto, encontraron valores más bajos de errores, probablemente por presentar mejores controles de calidad en el lugar de evaluación.²¹ La OMS considera que es importante identificar los errores, ya que está en juego la eficacia del tratamiento o el tiempo de espera del paciente.^{32, 33}

Tabla 2. Frecuencias de solicitudes para AGS en jeringa y capilar según grupos de edad y servicio solicitante (n=2428)

Variable	Tipo de dispositivo n (%)	
	Jeringa (n=1976)	Capilar (n=452)
Grupos de edad ‡		
Lactante	870 (44)	100 (22,1)
Escolar	485 (24,5)	153 (33,8)
Pre escolar	255 (12,9)	118 (26,1)
Adolescente	205 (10,4)	77 (17)
Recién nacido	138 (7)	2 (0,4)
Servicio		
Unidades críticas	1377 (69,7)	4 (1)
Ambulatorio	324 (16,4)	372 (82)
Hospitalización	176 (8,9)	64 (14)
Medicina interna	99 (5)	12 (3)

‡ La muestra en un dispositivo puede presentar más de un error pre analítico

Tabla 3. Frecuencia de los tipos de errores pre analíticos y métrica sigma (n=2428)

	Tipo de dispositivo n (%)			
	Jeringa (n=1976)	σ	Capilar (n=452)	σ
Muestra sin tapón	1108 (56,1)	1,34		
Solicitud ilegible	263 (13,3)	2,61	49 (10,8)	2,73
Muestra con volumen insuficiente	249 (12,6)	2,65		
Muestra con burbuja	243 (12,3)	2,66	6 (1,3)	3,72
Solicitud reescrita	47 (2,4)	3,47	40 (8,8)	2,85
Muestra coagulada	32 (1,6)	3,67		
Solicitud temporal	22 (1,1)	3,79	14 (3,1)	3,36
Muestra con hemólisis	1 (0,1)	4,58		
Otros	10 (0,5)	4,07		

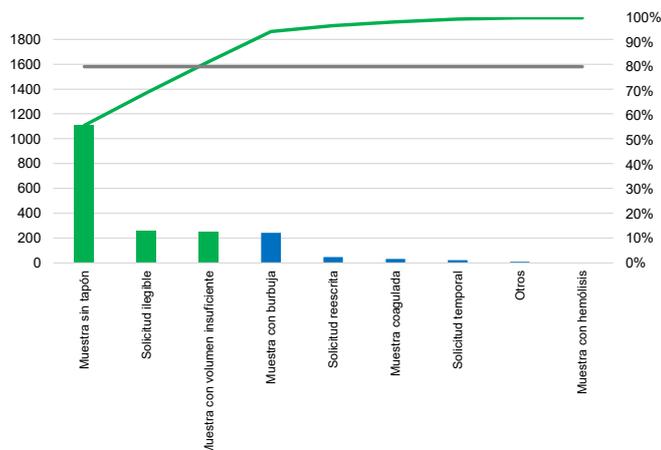


Figura 1. Diagrama de Pareto de errores preanalíticos del AGS en jeringas

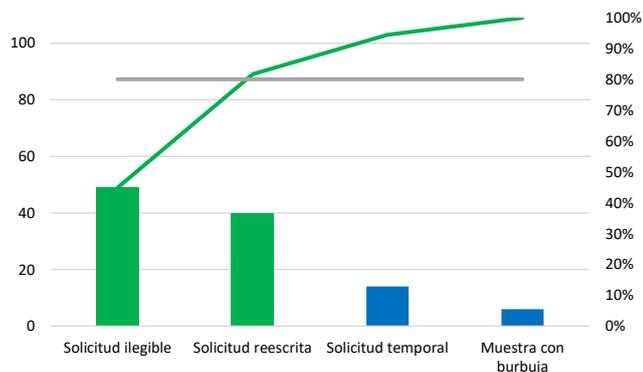


Figura 2. Diagrama de Pareto de errores preanalíticos del AGS en capilares

Los errores comunes detectados fueron las jeringas con hemólisis, el exceso de heparina y el tiempo de respuesta. En muchos casos, la hemólisis no se detectó por la dificultad óptica de una muestra completa de sangre; el exceso de heparina, por la falta de equipos que la puedan cuantificar. El exceso de heparina se relaciona con muestras con poco volumen y el calcio iónico no dosable. El tiempo de respuesta desde la recolección de la muestra hasta el procesamiento no pudo medirse, ya que, por lo general, el personal de recolección de muestras no registra la hora de la toma, aunque sí es relevante desde el punto de vista clínico.^{16, 34-36} En relación con los errores en los capilares, este estudio evidenció mayor prevalencia en las solicitudes ilegibles y reescritas; sin embargo, son errores marginales. Con respecto a los errores preanalíticos en las muestras en capilares, los estudios reportan que son frecuentes durante el aseguramiento de la zona de recolección a temperatura adecuada, la cantidad de punciones por paciente y en el efecto de dilución por ordeño del dedo.^{16, 36}

Tabla 4. Errores preanalíticos relacionados al volumen iónico no dosable

Calcio iónico no dosable	% (σ)
Volumen (mL)	
0,1	40 (1,76)
0,2	19,4 (2,36)
0,3	12,1 (2,67)
0,4	6 (3,05)
0,5	1,2 (3,75)
0,6	1,7 (3,62)
0,7	0,6 (4,01)

Unos autores^{3, 4, 6, 22, 23, 25, 28, 37, 38} reportaron bajas frecuencias de errores preanalíticos, otros reportaron frecuencias marginales.^{7, 20, 27, 39} Los estudios de Stark *et al.*,²⁵ Carraro *et al.*,⁴ Triachini *et al.*,²² y Salinas²⁷ evidenciaron el uso del LIS para medir los errores preanalíticos, y en otros estudios, el análisis se hizo manualmente (elaboración de la solicitud y toma de muestra). Wiwanitkit *et al.*³⁸ y Eliche *et al.*⁷ determinaron que los errores preanalíticos tuvieron una prevalencia del 0,1 % y 7,7 %, respectivamente, debido al control de calidad previo, pese a no contar con un LIS. Los estudios que no usan un LIS para reportar los errores preanalíticos o no implementan un sistema de gestión de calidad (SGC) tienen resultados con alta frecuencia de errores.^{21, 24, 40}

Esta investigación representa el tercer estudio que reporta frecuencias importantes de errores, al igual que Gil *et al.*²¹ y Jurado *et al.*,⁴⁰ en ambos casos, debido a la falta de diagnóstico, edad y sexo en la solicitud de análisis. Nuestro estudio no midió estos indicadores por considerar prioritario ante un proceso crítico la identificación del paciente y la calidad de la muestra. La investigación de Galban *et al.*²⁴ reportó un 51 % de errores preanalíticos en las áreas de bioquímica, hematología, coagulación e inmunología, lo cual fue semejante a lo obtenido en este estudio. Mientras que Eliche *et al.*⁷ encontraron que fue un 7,7 % en todas las áreas, baja frecuencia debida a la falta de medición de los errores en la solicitud. Además de otros trabajos cuyas frecuencias fueron muy bajas, como el de Galban *et al.*²⁴ (2,2 %), que evaluaron durante un periodo de 6 meses; Eliche *et al.*,⁷ 12 meses en jeringas heparinizadas y reportaron 2 % de errores; ante esto, Jayamani *et al.*²⁸ sugiere mejores controles de calidad.

Este estudio difiere a otros porque consideró muestras con burbujas, sin tapón y los errores en la solicitud, lo que probablemente esté sobrestimando los valores en comparación con otros estudios. Respecto de las muestras con coágulo, el AGS reportó mayores frecuencias a las de otros estudios,^{7, 23, 28} debido a que estos evaluaron jeringas heparinizadas en la población general. Otro error encontrado en esta investigación fue en la hemólisis, el estudio de Hawking et al. describió que la frecuencia de hemólisis es inversamente proporcional al volumen recolectado.¹² En este estudio, solo se halló un caso de hemólisis, este valor podría subestimarse porque la muestra se procesó y descartó inmediatamente, mas no se centrifugó ni calculó el índice hemolítico.

Con relación a los errores por servicios, Triachini *et al.*²² reportaron 3,3 % de errores en la atención domiciliaria, Dalpatbhai *et al.*³⁹ reportaron 18 % en la atención ambulatoria, otros estudios arrojaron valores similares.^{7, 24-26, 39} Estas cifras son diferentes a las encontradas en este estudio, quizá porque son estudios realizados en hospitales que reciben a la población en general y no pediátrica,^{3-5, 21-25, 37, 42, 43} solo Galban et al. evidenciaron estudiar la misma problemática en población materna infantil.²⁴ Hay que agregar que este estudio encontró que los errores en la solicitud (ilegible y reescrita) fueron comunes en capilares, a diferencia de lo reportado por Dundar *et al.*²³ donde hubo un porcentaje alto de errores con la calidad de la muestra. Esto evidencia la necesidad de implementar mejoras en la calidad del servicio en los establecimientos de salud.

Este estudio evidencia una problemática que puede atravesar muchos centros hospitalarios con relación al AGS, pese a las limitaciones en el análisis; se recomienda implementar políticas de calidad enfocadas en la fase preanalítica y comprar dispositivos adecuados para recolectar muestras para los AGS. Para el laboratorio de emergencia, se recomienda implementar un plan de gestión de riesgos, identificando aquellos según su frecuencia y gravedad de cada indicador. En este sentido, este estudio muestra los errores a los que hay que prestar mayor atención y las frecuencias de errores preanalíticos calculadas servirán de guía para ello. Además, el laboratorio debe formar un equipo de calidad, integrado por personal de recepción, procesamiento de las muestras de AGS y por un grupo de calidad. Asimismo, se deben comunicar las acciones correctivas a los profesionales involucrados para garantizar la efectividad de las acciones. Por otro lado, se recomienda analizar y mejorar la técnica para eliminar el exceso de heparina y asegurar una recolección anaeróbica de muestras para los AGS; registrar en la solicitud de AGS la hora de recolección de la muestra y participar en la elaboración de documentos para la toma de muestra de AGS. Es importante recomendar nuevos estudios que evalúen el volumen de sangre recolectado entre la concentración, tipos y volumen de heparina en jeringas de 1 mL y de otros volúmenes.

CONCLUSIÓN

Los errores preanalíticos en el AGS se presentaron frecuentemente y hubo una mayor cantidad en las unidades críticas. En relación con los tipos de dispositivos usados, las jeringas presentaron las mayores frecuencias con énfasis en las muestras sin tapón; y en los capilares, por solicitudes ilegibles. Además, los puntos críticos identificados que requieren mejora en la fase preanalítica de AGS fueron las muestras sin tapón, con burbujas, solicitudes ilegibles y reescritas, principalmente, las cuales deben monitorearse a fin de no complicar la necesidad de información sobre el estado de oxigenación de un paciente.

Agradecimientos

Agradecer a mis padres, hermanos, amigos y profesores que contribuyeron a formarme como persona, académico e investigador. Agradecer al Lic. Mario Salinas (INSN) y Lic. Ricardo Rodríguez (UNMSM) por su apoyo en la ejecución del estudio. Así mismo, agradecer a mí maestro, Dr. Pedro Ortiz, por guiar mi destino. Así mismo, doy gracias a cada científico que dedico parte de su vida en esclarecer los conceptos fisicoquímicos del medio interno, la oxigenación y ventilación.

Conflictos de interés: Los resultados de este estudio formaron parte de un trabajo de investigación para obtener un grado académico. Los autores declaran no presentar ningún conflicto de interés.

Financiamiento: Autofinanciado

Contribuciones de autoría. VAN: Participó en la idea original de investigación, metodología, recolección de los datos, análisis estadístico, redacción, revisión de la versión final del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Forsman RW. Why is the laboratory an afterthought for managed care organizations?. *Clin Chem.* 1996;42(5):813-6. PMID: 8653920.
- Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America. *To Err is Human: Building a Safer Health System.* Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000. Doi: 10.17226/9728.
- Abdollahi A, Saffar H, Saffar H. Types and frequency of errors during different phases of testing at a clinical medical laboratory of a teaching hospital in Tehran, Iran. *N Am J Med Sci.* 2014;6(5):224-8. Doi: 10.4103/1947-2714.132941.
- Carraro P, Plebani M. Errors in a stat laboratory: Types and frequencies 10 years later. *Clin Chem.* 2007;53(7):1338-42. Doi: 10.1373/clinchem.2007.088344.
- Wiwanitkit V. Types and frequency of preanalytical mistakes in the first Thai ISO 9002:1994 certified clinical laboratory, a 6 - month monitoring. *BMC Clin Pathol.* 2001;1(1):5. Doi: 10.1186/1472-6890-1-5.
- Angüiano N, Perales M, Díaz C, Cázares R, Pérez F, Llaca J. Errores en el laboratorio clínico; evaluación de tipos y frecuencias. *Elsevier.* 2013;12(54):187-92.
- Eliche M, Contreras H, Paino S, Campos G. Evaluación de incidencias preanalíticas en un laboratorio de urgencias. *SEDIGLAC.* 2010;14-5.
- Tovo A, Parsehian S Der, Briozzo G. El laboratorio de urgencia en la detección de errores preanalíticos. 2008;27(2):79-84.
- Landt M, Hortin GL, Smith CH, McClellan A, Scott MG. Interference in Ionized Calcium Measurements by Heparin Salts. *Clin Chem.* 1994;40(4):565-70. PMID: 8149611.
- Chaneac M, Kindermans C. Preanalytical errors in ionized calcium measurements induced by the use of liquid heparin. *Ann Clin Biochem.* 1991;28:167-73. Doi: 10.1177/000456329102800208.
- Hutchison AS, Ralston SH, Dryburgh FJ, Small M, Fogelman I. Too much heparin: possible analysis source of error in blood gas. *Br Med J.* 1983;287(6399):1131-2. Doi: 10.1136/bmj.287.6399.1131.
- Hawking R. Measurement of Whole-Blood Potassium-Is It Clinically Safe?. *Clin Chem.* 2003;2105(12):2105-6. Doi: 10.1373/clinchem.2003.027227.
- Hawkins R. Managing the pre- and post-analytical phases of the total testing process. *Ann Lab Med.* 2012;32(1):5-16. Doi: 10.3343/alm.2012.32.1.5.
- Lu JY, Kao JT, Chien TI, Lee TF, Tsai KS. Effects of air bubbles and tube transportation on blood oxygen tension in arterial blood gas analysis. *J Formos Med Assoc.* 2003;102(4):246-9. PMID: 12833188.
- Biswas CK, Ramos JM, Agroyannis B, Kerr DN. Blood gas analysis: effect of air bubbles in syringe and delay in estimation. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1982;284(6320):923-7. doi: 10.1136/bmj.284.6320.923.
- Navarro X, Guillén E, Pérez MM, Sáez PO, Barcenilla NR. Recomendaciones preanalíticas para la medición del equilibrio ácido-base y gases en sangre. *SEQC.* 2009;12(4):18-22. Doi: 10.1016/j.labcli.2018.12.001.
- Lian JX. La gasometría en sangre arterial como método de optimización de la ventilación mecánica. *Nursing.* 2014;31(2):54-60. Doi: 10.1016/j.nursi.2014.04.018.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. *Blood gas and pH analysis and Related Measurements; Approved Guideline-Second Edition.* A guideline for global application developed through the Clinical and Laboratory Standards Institute consensus process. Estados Unidos: CLSI; 2009.
- Küme T, Şişman AR, Solak A, Tuğlu B, Cinkooğlu B, Coker C. The effects of different syringe volume, needle size and sample volume on blood gas analysis in syringes washed with heparin. *Biochem Med (Zagreb).* 2012;22(2):189-201. PMID: 22838185.
- Olivera, Cristiane.Talma F. Analysis of the pre-analytical phase in a private pathology laboratory of Maringá city-PR, Brazil. *J Bras Patol Med Lab.* 2016;52(2):78-83. Doi:10.5935/1676-2444.20160016.
- Gil P, Franco M, Galbán G. Evaluación de errores preanalíticos en el laboratorio de planta del HIGA O. Alende de Mar del Plata. *Acta Bioquím Clín Latinoam.* 2016; 50(3):463-8.
- Triachini F, Flores S, Shcolnik W, Da Silva S, Andrade L, Olivera V, et al. The use of indicators in the pre-analytical phase as a laboratory management tool. *J Bras Patol Med Lab.* 2014;50(2):100-4. Doi:10.5935/1676-2444.20140002.
- Dundar C, Bahadır O. Preanalytical errors in clinical biochemistry laboratory and relationship with hospital departments and staff: A record-based study. *J Patient Saf.* 2023;19(4):239-242. Doi: 10.1097/PTS.0000000000001115.
- Galban G, Misino S, Wekken M, Tomassini L, Suarez M. Investigación Errores Pre-analíticos (EPA) en el Laboratorio de Guardia del Hospital Interzonal Especializado Materno Infantil (HIEMI) de la Ciudad de Mar del Plata. *Rev Bioanálisis.* 2007;18-21.
- Stark A, Jones BA, Chapman D, Well K, Krajenta R, Meier FA, Zarbo RJ. Clinical laboratory specimen rejection-association with the site of patient care and patients' characteristics: findings from a single health care organization. *Arch Pathol Lab Med.* 2007;131(4):588-92. Doi: 10.5858/2007-131-588-CLSRWT.
- Alcantara JC, Alharbi B, Almotairi Y, Alam MJ, Muddathir ARM, Alshaghдали K. Analysis of preanalytical errors in a clinical chemistry laboratory: A 2-year study. *Medicine (Baltimore).* 2022;101(27):e29853. Doi: 10.1097/MD.00000000000029853.
- Salinas M, López-Garrigós M, Yago M, Ortuño M, Carratala A, Aguado C, et al. Evaluación de la calidad en el laboratorio en la fase preanalítica: un estudio multicéntrico. *Rev Calid Asist.* 2011;26(4):264-8. Doi: 10.1016/j.cali.2011.03.008.
- Jayamani J, Janardan CC, Appan SV, Kathamuthu K, Ahmed ME. A Practical Tool for Risk Management in Clinical Laboratories. *Cureus.* 2022;14(12):e32774. Doi: 10.7759/cureus.32774.
- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. *Comprimidos dispersables: Suministros y logística.* OMS. New York: UNICEF; 2017. Serie de informes técnicos.
- Ricósa C, Pericha C, Álvarez V, Biosca C, Doménecha MV, Jiménez CV, et al. Aplicación del modelo Seis-Sigma en la mejora de la calidad analítica del laboratorio clínico. *Rev Lab Clínico.* 2019;2(1):2-7. Doi: 10.1016/j.labcli.2008.10.003.
- Ministerio de Salud. *Guía de procedimientos para toma de muestras de gases arteriales.* Informe del Hospital Arzobispo Loayza. Lima: Minsa; 2021.
- Arias L, Portilla L, Castaño J. Aplicación de Six Sigma en las organizaciones. 2008;14(38):265-70.

33. Organización de las Naciones Unidas. OMS presenta nueve soluciones para salvar vidas de pacientes. Ginebra: OMS. 2007.
34. Baird G. Preanalytical considerations in blood gas analysis. *Biochem Medica*. 2013;23(1):149–27. Doi: 10.11613/BM.2013.005
35. Robert W. Burnett, Ehrmeyer SS, Moran RF, Kessel AL Van. Blood Gas and pH Analysis and Related Measurements; Approved Guideline. NCCLS document C46-A. CLSI C46-A. 2001;21(14):9–16.
36. Mollard J. Précautions préanalytiques et matériel de prélèvement pour l'analyse des gaz du sang. *Ann Biol Clin*. 2000;58(4):472–83.
37. Bonini P, Plebani M, Ceriotti F, Rubboli F. Errors in laboratory medicine. *Clin Chem*. 2002;48(5):691–8. Doi: 10.1093/clinchem/48.5.691.
38. Wiwanitkit V. Glass syringes are better than plastic for preserving arterial blood gas for oxygen partial pressure determination: an explanation based on nanomaterial composition. *Int J Nanomedicine*. 2006;1(2):223–4. Doi: 10.2147/nano.2006.1.2.223.
39. Dalpatbhai H, Maheshchandra N, Sundarbhai V, Ramavataram DVSS. A Study of Pre-Analytical Errors in a Hospital Based Clinical Biochemistry Laboratory. *Int J Clin Biochem Res*. 2015;13(2):380-6. doi: 10.18231/2394-6377.2016.0008.
40. Jurado R, Braos JL, Nogueras RM, Morales RR, Carretero L, Sotomayora MV. La gestión por procesos en el laboratorio clínico como herramienta para disminuir los errores preanalíticos. *Rev del Lab Clin*. 2012;5(2):57–67. Doi: 10.1016/j.labcli.2011.06.001
41. Coffin CM, Hamilton MS, Pysher TJ, Bach P, Ashwood E, Schweiger J, Monahan D, Perry D, Rogers BB, Brugnara C, Rutledge J, Weiss R, Ash O, Hill H, Meikle W, Roberts W, Geaghan S. Pediatric laboratory medicine: current challenges and future opportunities. *Am J Clin Pathol*. 2002 May;117(5):683-90. Doi: 10.1309/NYA1-V9KQ-NVF8-MA8M.
42. Graber M, Gordon R, Franklin N. Reducing diagnostic errors in medicine: what's the goal? *Acad Med*. 2002;77(10):981-92. Doi: 10.1097/00001888-200210000-00009.
43. West J, Atherton J, Costelloe SJ, Pourmahram G, Stretton A, Cornes M. Preanalytical errors in medical laboratories: a review of the available methodologies of data collection and analysis. *Ann Clin Biochem*. 2017;54(1):14-19. Doi: 10.1177/0004563216669384.