

ARTÍCULO ORIGINAL

Fase preanalítica: «La solución está en nuestras manos»

Pre-analytical phase: «The solution is in our hands»

Sánchez Díaz Jesús Salvador,* Monares Zepeda Enrique,[‡]
Peniche Moguel Karla Gabriela,* Martínez Rodríguez Enrique Antonio,[§]
Martínez Aguilar Fernando Raúl,* Terán Soto Juan Miguel[¶]

Palabras clave:
Fase preanalítica,
fase analítica, fase
postanalítica.

Keywords:
Preanalytical phase,
analytical phase,
postanalytical phase.

* Departamento de Medicina Crítica, Hospital de Especialidades No. 14, IMSS, Unidad Médica de Alta Especialidad 189, Veracruz, México.

[‡] Departamento de Medicina Crítica, Centro Médico ABC, Ciudad de México, México.

[§] Departamento de Anestesiología, Centro Médico ABC, Ciudad de México, México.

[¶] Departamento de Anestesiología, Centro de Alta Especialidad «Dr. Rafael Lucio», Xalapa, México.

Correspondencia:
Enrique Monares Zepeda
E-mail: enrique_monares@hotmail.com

Recibido: 06/10/2021
Aceptado: 15/01/2022

RESUMEN

La fase preanalítica de la gasometría es la etapa en la cual se preparan los insumos, se toma y se transporta la muestra para su análisis (fase analítica) e interpretación (fase postanalítica). En los llamados «errores de laboratorio» una fracción significativa ocurre fuera del mismo. Del 100% de los errores que ocurren en los estudios de laboratorio, la fase preanalítica ocupa 75%, la analítica 4% y la postanalítica 21%. La fase preanalítica se caracteriza por cuatro pasos: 1) preparación, 2) toma de la muestra, 3) almacenamiento de la muestra y 4) transporte de la muestra, cada uno propenso a múltiples errores, debido a su «obviedad». La fase preanalítica es la más susceptible a presentar errores, los cuales se traducen en tiempo y dinero para las instituciones. Pero lo más importante es que estos errores ocasionan «molestias», complicaciones o acciones terapéuticas equivocadas en los pacientes.

ABSTRACT

The preanalytical phase of blood gas analysis is the stage in which the supplies are prepared, the sample is taken and transported for analysis (analytical phase) and interpretation (postanalytical phase). In the so-called «laboratory errors» a significant fraction occurs outside the laboratory. Of 100% of the errors that occur in laboratory studies, the preanalytical phase occupies 75%, the analytical 4% and the postanalytical 21%. The preanalytical phase is characterized by four steps: 1) preparation, 2) sample collection, 3) sample storage and 4) sample transport, each one prone to multiple errors, due to its «obviousness». The preanalytical phase is the most susceptible to errors, which translate into time and money for the institutions. But the most important thing is that these errors cause «discomfort», complications or wrong therapeutic actions in patients.

INTRODUCCIÓN

La fase preanalítica de la gasometría es la etapa en la cual se preparan los insumos, se toma y se transporta la muestra para su análisis (**fase analítica**) e interpretación (**fase postanalítica**). Los errores en la fase preanalítica repercuten en valores incorrectos en la fase analítica y en malas interpretaciones en la fase postanalítica. Cabe resaltar que en el análisis de los gases sanguíneos tener un resultado incorrecto es peor que no tenerlo.¹

Fases de la toma de muestra

La gasometría es una excelente herramienta para la evaluación en tiempo real del estado clínico del paciente.^{1,2} El proceso de los exámenes de laboratorio se describe como un «ciclo cerebro a cerebro», que inicia desde el momento en el que se concibe la solicitud y finaliza cuando el resultado es interpretado.³ Este proceso puede ser dividido en tres fases:⁴



Citar como: Sánchez DJS, Monares ZE, Peniche MKG, Martínez REA, Martínez AFR, Terán SJM. Fase preanalítica: «La solución está en nuestras manos». Rev Mex Patol Clin Med Lab. 2021; 68 (3): 118-122. <https://dx.doi.org/10.35366/105029>

1. Fase preanalítica
2. Fase analítica
3. Fase postanalítica

Como mencionamos previamente, la fase preanalítica consiste en la preparación previa a la toma, almacenamiento y transporte de la muestra, es decir, son todas las acciones que se realizan antes de la inserción de la muestra en el gasómetro. La fase analítica incluye las reacciones químicas que ocurren en la plataforma de análisis, o sea, en el gasómetro. Por último, la fase postanalítica incluye todos los eventos que ocurren después de que se genera el resultado de la prueba, principalmente la interpretación.⁵

El término «preanalítica» surge por primera vez en la década de los 70, ya que se hizo evidente que existían factores ajenos a los analíticos que podían afectar los resultados.⁶ En los llamados «errores de laboratorio» una fracción significativa ocurre fuera del mismo y se definen como: «cualquier defecto desde la solicitud de los exámenes hasta el informe de los resultados y la interpretación».⁷ Se ha reportado que de 100% de los errores que ocurren en los estudios de laboratorio, la fase

preanalítica ocupa 75%, la analítica 4% y la postanalítica 21% (*Figura 1*).⁸

No sólo se tiene un diagnóstico erróneo al realizar una inadecuada fase preanalítica, también aumentan los costos, el tiempo y los recursos necesarios para la atención hospitalaria. Tan solo en Estados Unidos de América (EUA) el costo promedio por error preanalítico en el caso de los pacientes críticos es de 162.18 USD, estos costos representan entre 0.23 y 1.2% de los costos operativos totales del hospital, es decir, 1'199,122 dólares por año. Por si esto fuera poco, las horas perdidas por estos errores es de aproximadamente 24,027 horas totales en un año.⁹

La fase preanalítica se caracteriza por cuatro pasos,¹⁰ cada uno propenso a múltiples errores, debido a su «obviedad». A continuación se abordarán cada uno por separado:

Paso 1: preparación previa. Este paso quizás es donde más errores podemos cometer y a su vez podríamos evitar. Comenzamos con el tipo de jeringa a utilizar, la principal diferencia entre vidrio versus plástico, éstas

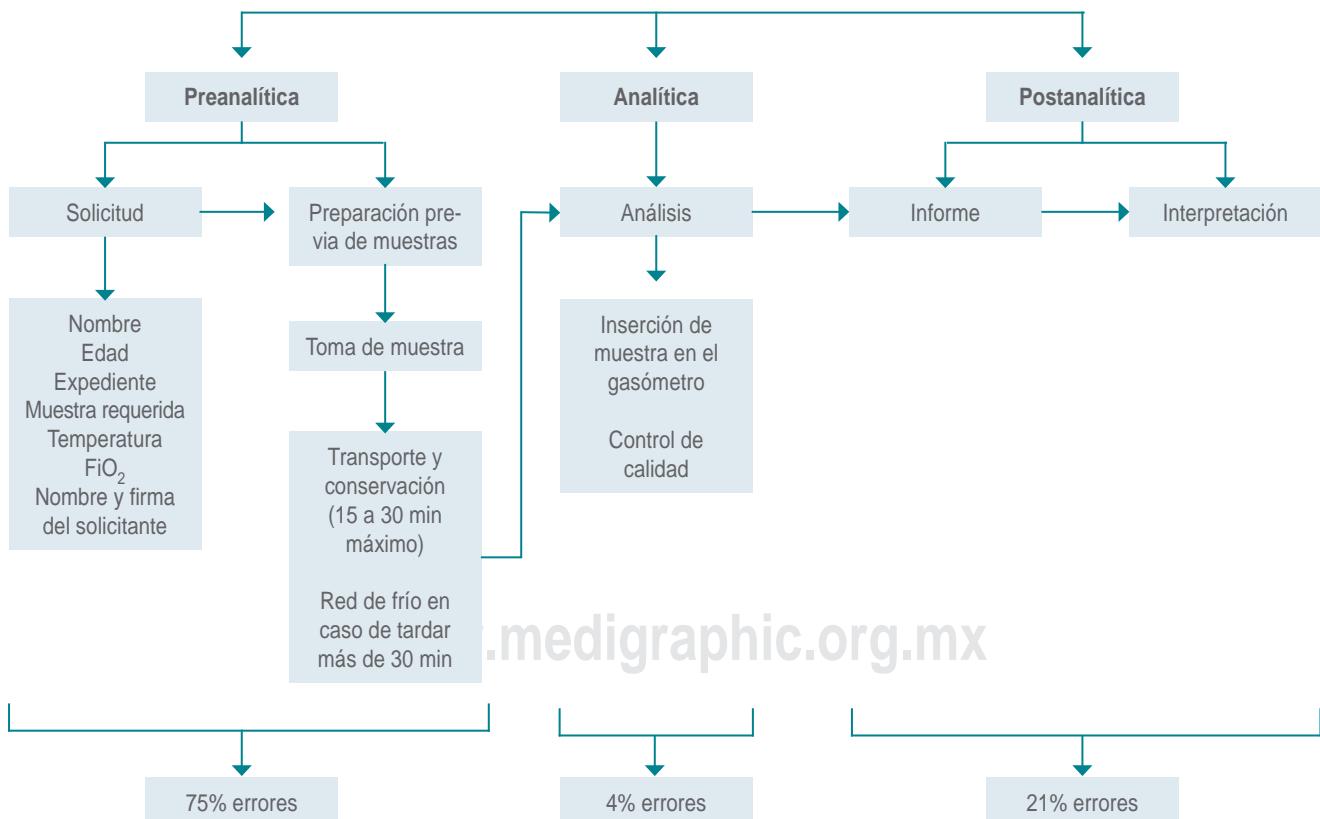


Figura 1: Toma de la muestra de gasometría y porcentaje de error.

Tabla 1: Técnica para obtener gasometrías.

Muestra arterial	Muestra venosa
<ol style="list-style-type: none"> 1. Explicar al paciente 2. Realizar prueba de Allen modificada 3. Realice higiene del sitio de punción 4. Siga las instrucciones para utilizar la jeringa (preheparinizada o líquida) 5. Sosteniendo la jeringa y la aguja como un «dardo», use el dedo índice para ubicar nuevamente el pulso e inserte la aguja en un ángulo de 45 grados hasta llenar la jeringa 6. Retire la aguja y aplique presión (> 5 min) 7. Expulse las burbujas de aire, sostenga la muestra entre las manos para realizar una mezcla homogénea con el anticoagulante (en los primeros 60 s) 8. Procese la muestra 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explicar al paciente 2. Valorar sitio ideal de punción: fosa antecubital, arco venoso dorsal 3. Realice higiene del sitio de punción 4. Siga las instrucciones para utilizar la jeringa (preheparinizada o líquida) 5. Colocar torniquete sólo para identificar la vena y aflojarlo (< 1 min), evitar golpear la vena a puncionar, inserte la aguja hasta llenar la jeringa 6. Retire la aguja y aplique presión (1 min) 7. Expulse las burbujas de aire, sostenga la muestra entre las manos para realizar una mezcla homogénea con el anticoagulante (en los primeros 60 s) 8. Procese la muestra

últimas son parcialmente permeables a los gases y esto puede aumentar a temperaturas bajas.¹¹ Lo recomendable es utilizar jeringas de plástico preheparinizadas, las cuales cumplen con los siguientes requisitos: herméticas, desechables, autorrellenables, con émbolos ajustados y heparina seca;¹² sin embargo, no siempre contamos con éstas y se utiliza la jeringa de «insulina» (100 UI = 1 mL). El tamaño de la aguja es importante, es decir, a menor calibre, mayor hemólisis debido al aumento de flujo y a la fricción que se genera.^{4,13} La hemólisis ocasiona incremento de los niveles séricos de potasio, fósforo, magnesio, urea, creatinina y hierro.¹⁴ Otras medidas «habituales» que se emplean y causan mayor hemólisis son: punción por jeringa y trasvase a un tubo de vacío,¹⁵ no dejar evaporar el alcohol utilizado como antiséptico,¹⁶ punción a través de hematomas.¹⁷ Quizás el tipo y la cantidad de anticoagulante a utilizar es el más obviado, está lleno de «costumbres». Las jeringas preheparinizadas contienen heparina seca de litio balanceada con calcio aplicado por aspersión, lo que disminuye el riesgo de dilución y alteración de la muestra, al no contar con ellas se dispone de precargar heparina sódica líquida en jeringas de «insulina»; sin embargo, ¿cuánta heparina se debe utilizar? La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda de 8 a 12 UI/mL,¹⁸ si se utiliza heparina sódica líquida de 1,000 UI/mL para una jeringa de 1 mL, deberíamos utilizar 0.012 mL, máximo 0.04 mL, al no poder cuantificar de manera exacta, se recomienda sólo «impregnar» la jeringa y «vaciarla» completamente, si se excede de esto los cambios gasométricos son: pH 0 a -0.004, presión arterial de dióxido de carbono (PaCO_2) -2 mmHg, exceso de base estándar (EBefc) 0 a -1.2 mmol/L, bicarbonato estándar (HCO_3^-std) 0 a -1.2 mmol/L.¹⁹

Paso 2: toma de la muestra. En cuanto a la toma arterial, debemos cumplir ciertos criterios para la selección del sitio a puncionar: flujo sanguíneo colateral, tamaño y accesibilidad. La arteria radial es el sitio más utilizado para punción, es de fácil acceso y usualmente tiene una adecuada circulación colateral otorgada por la arteria cubital, en comparación con la braquial o femoral. La técnica se explica por pasos en la *Tabla 1*.²⁰

Otra interrogante muy frecuente es: ¿qué cantidad de sangre debe llevar la jeringa? Hedberg y colaboradores determinaron los cambios comparando jeringas de 3 versus 1.8 mL (cambio de pCO_2 -0.4%, pO_2 -3.9%, HCO_3^-std 0.4%, EBefc -7.8%, lactato -0.6%), 1.5 mL (pCO_2 0.5%, pO_2 -8.6%, HCO_3^-std 0.8%, EBefc -8.7%, lactato -1.4%) y 1 mL (pCO_2 1.3%, pO_2 -13.5%, HCO_3^-std 1.2%, EBefc -11.3%, lactato -0.8%), concluyendo que la muestra mínima de volumen a obtener debe ser 1.8 mL.^{21,22}

Paso 3: almacenamiento de la muestra. Otra de las «costumbres» en los hospitales es refrigerar o «almacenar en hielo» la muestra, esto era habitual en la época de las jeringas de vidrio, pues no se contaba con gasómetro cerca y había que almacenarlas; sin embargo, con las jeringas de plástico cuando se enfrián de 0-4 °C, las moléculas del plástico se contraen, abriendo poros más grandes, igualando las presiones de gases atmosféricas con la muestra.²³ ¿De cuánto tiempo dispongo entre la toma de la muestra y su procesamiento? Se recomienda que las muestras tomadas en jeringas de plástico no se «refrigeren», sino que deben mantenerse a temperatura ambiente y analizarse durante los primeros 30 minutos posterior a obtenerlas.²² Otro problema importante es la presencia de «aire» dentro de la muestra, por lo que

antes del siguiente paso se deben eliminar todas las burbujas de aire antes de los tres minutos de obtenida la muestra.²⁴

Paso 4: transporte de la muestra. Utilizar sistemas de tubos neumáticos para el transporte conlleva fuerza gravitacional de 15 G (2.5 m/s), lo que ocasiona mayor hemólisis que cuando se transporta de forma manual (2 G).²⁵ Con ello se generan los siguientes cambios: pH -0.2%, presión venosa de oxígeno (PvO_2) -4.9%, saturación venosa de oxígeno (SvO_2) -4.9%, carboxihemoglobina (COHb) -11% y calcio -7.0%, además se han observado aumentos de $PvCO_2$ +4.1%, HCO_3^- std +1.4% y potasio +152%.²⁶

Ahora bien, piense usted lector, que se encuentra en su guardia, sala llena y solicita una gasometría, obvia los pasos previos y supone que es una muestra bien tomada, poniendo de referencia una gasometría «normal» (pH 7.4, $PaCO_2$ 40 mmHg, EBcf 0 mmol/L), sumando los errores de los cuatro pasos obtenemos lo siguiente (*Figura 2*).

Cuatro pasos, múltiples errores; una de las formas en la cual podríamos detectar estos cambios es tener la sospecha clínica, si su muestra no coincide con las características clínicas del paciente, aconsejo a usted obtener de nuevo la muestra de la mejor manera posible. No hay razón por la cual una muestra gasométrica deba esperar más de cinco minutos, por lo que debe procesarse de manera inmediata.

CONCLUSIÓN

La fase preanalítica es la más susceptible a presentar errores, los cuales se traducen en tiempo y dinero para las instituciones. Pero lo más importante es que estos errores ocasionan «molestias», complicaciones o acciones terapéuticas equivocadas en los pacientes. El conocimiento

1. Preparación	2. Toma
pH: -0.004 pCO_2 : -2 EB: -1.2	pH: -0.0007 pCO_2 : -0.52 EB: -1.7
3. Almacenamiento	4. Transporte
pH: -0.3 pCO_2 : -14.2 EB: -15.2	pH: -0.014 pCO_2 : 1.6 EB: 1.4

Figura 2: Suma de errores fase preanalítica.

y la capacitación del personal de salud involucrado debe ser constante para mejorar los resultados.

REFERENCIAS

- Bloom BM, Grundlingh J, Bestwick JP, Harris T. The role of venous blood gas in the emergency department: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Emerg Med.* 2014; 21 (2): 81-88.
- Casagranda I. Point-of-care testing in critical care: the clinician's point of view. *Clin Chem Lab Med.* 2010; 48 (7): 931-934.
- Plebani M, Laposata M, Lundberg GD. The brain-to-brain loop concept for laboratory testing 40 years after its introduction. *Am J Clin Pathol.* 2011; 136 (6): 829-833.
- Baird G. Preanalytical considerations in blood gas analysis. *Biochem Med (Zagreb).* 2013; 23 (1): 19-27.
- Cortés-Telles A, Gochicoa-Rangel LG, Pérez-Padilla R, Torre-Bouscoulet L. Gasometría arterial ambulatoria. Recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax.* 2017; 76 (1): 44-50.
- Guder WG. History of the preanalytical phase: a personal view. *Biochem Med (Zagreb).* 2014; 24 (1): 25-30.
- Bonini P, Plebani M, Ceriotti F, Rubboli F. Errors in laboratory medicine. *Clin Chem.* 2002; 48 (5): 691-698.
- Kumar A, Kushwah S, Sahay S. Effect of extra amount of heparin in syringe and its effect on arterial blood gas analysis. *EJPMR.* 2015; 2 (6): 290-293.
- Green SF. The cost of poor blood specimen quality and errors in preanalytical processes. *Clin Biochem.* 2013; 46 (13-14): 1175-1179.
- NCCLS. Procedures for the collection of diagnostic blood specimens by venipuncture; approved standard. 5th edition. USA: NCCLS; 2003.
- Rodríguez-Fraga O, Navarro-Segarra X, Galán-Ortega A, Rodríguez-Cantalejo F, Gómez-Rioja R, Altimira-Queral L et al. Recomendaciones preanalíticas para la medición del equilibrio ácido-base y los gases en sangre. Recomendación (2018). *Rev Lab Clin.* 2019; 12 (4): e66-e74.
- Sánchez JS, Martínez EA, Peniche KG, Monares E, Del Carpio L, Pérez OR et al. Equilibrio ácido base en el adulto mayor. *Rev Nefrol Dial Traspl.* 2019; 39 (3): 213-223.
- Burnett RW, Covington AK, Fogh-Andersen N, Külpmann WR, Maas AH, Müller-Plathe O et al. International Federation of Clinical Chemistry (IFCC). Scientific Division. Committee on pH, blood gases and electrolytes. Approved IFCC recommendations on whole blood sampling, transport and storage for simultaneous determination of pH, blood gases and electrolytes. *Eur J Clin Chem Clin Biochem.* 1995; 33 (4): 247-253.
- Kennedy C, Angermuller S, King R, Noviello S, Walker J, Warden J et al. A comparison of hemolysis rates using intravenous catheters versus venipuncture tubes for obtaining blood samples. *J Emerg Nurs.* 1996; 22 (6): 566-569.
- WHO guidelines on drawing blood: Best practices in phlebotomy. Arterial blood sampling. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2010.
- Lippi G, Salvaggio GL, Montagnana M, Brocco G, Guidi GC. Influence of hemolysis on routine clinical chemistry testing. *Clin Chem Lab Med.* 2006; 44 (3): 311-316.
- Fang L, Fang SH, Chung YH, Chien ST. Collecting factors related to the haemolysis of blood specimens. *J Clin Nurs.* 2008; 17 (17): 2343-2351.
- Ogiso T, Iwaki M, Yamamoto M. Hemolysis induced by benzyl alcohol and effect of the alcohol on erythrocyte membrane. *Chem Pharm Bull (Tokyo).* 1983; 31 (7): 2404-2415.
- Tamechika Y, Iwatani Y, Tohyama K, Ichihara K. Insufficient filling of vacuum tubes as a cause of microhemolysis and elevated serum

- lactate dehydrogenase levels. Use of a data-mining technique in evaluation of questionable laboratory test results. *Clin Chem Lab Med.* 2006; 44 (5): 657-661.
20. World Health Organization (WHO). Use of anticoagulants in diagnostic laboratory investigations. WHO/DIL/LAB/99.1-Rev.2. Geneva: WHO; 2002.
21. Clinical and Laboratory Standards Institute. Blood gas and pH analysis and related measurements; Approved Guideline. 2nd edition. CLSI document C46-A2. Pennsylvania, USA: Clinical and Laboratory Standards Institute Wayne; 2009.
22. Hedberg P, Majava A, Kiviluoma K, Ohtonen P. Potential preanalytical errors in whole-blood analysis: effect of syringe sample volume on blood gas, electrolyte and lactate values. *Scand J Clin Lab Invest.* 2009; 69 (5): 585-591.
23. Recomendaciones de la Sociedad Brasileña de Patología Clínica/ Medicina Laboratorial para la extracción de sangre venosa. 2^a edición. Brasil: Editorial Manole Ltda; 2009.
24. Dukic L, Kopicinovic LM, Dorotic A, Barsic I. Blood gas testing and related measurements: National recommendations on behalf of the Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine. *Biochem Med (Zagreb).* 2016; 26 (3): 318-336.
25. Schmidt C, Müller-Plathe O. Stability of pO₂, pCO₂ and pH in heparinized whole blood samples: influence of storage temperature with regard to leukocyte count and syringe material. *Eur J Clin Chem Clin Biochem.* 1992; 30 (11): 767-773.
26. 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): 923-927.