

---

# Recomendaciones preanalíticas para la medición del equilibrio ácido-base y gases en sangre

Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular  
Comité Científico  
Comisión de Magnitudes Biológicas relacionadas con la Urgencia Médica  
Documento H. Fase 3. Versión 5

Preparado por:

X. Navarro Segarra, J. L. Marín Soria, A. Buño Soto, R. Díaz García, A. Galán Ortega, P. Guevara Ramírez, E. Guillén Campuzano, M. Muñoz Pérez, P. Oliver Sáez, N. del Río Barcenilla.

## ÍNDICE

---

1. Introducción
2. Objeto y campo de aplicación
3. Consideraciones preanalíticas y fuentes de error
  - 3.1. Contenedores
  - 3.2. Anticoagulantes
    - 3.2.1. Tipo
    - 3.2.2. Proporción
    - 3.2.3. Errores atribuibles al anticoagulante
  - 3.3. Muestra: obtención y tipos
    - 3.3.1. Sangre venosa
    - 3.3.2. Sangre arterial
    - 3.3.3. Sangre capilar “arterializada”
    - 3.3.4. Errores durante el procedimiento de obtención
  - 3.4. Manejo y conservación de la muestra
    - 3.4.1. Errores derivados de la conservación y transporte
4. Recomendaciones
5. Bibliografía

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Un aspecto crítico de la fisiología humana es la capacidad del organismo para preservar la homeostasis o equilibrio fisiológico. La importancia de la homeostasis de la concentración de hidrogeniones ( $H^+$ ) radica, entre otros procesos fundamentales para la vida, en su implicación directa o indirecta en múltiples reacciones celulares, en la conformación de las proteínas y en el intercambio de iones a través de las membranas celulares. Tanto una excesiva alcalinidad como una excesiva acidez son incompatibles con la vida por lo que el pH debe mantenerse en un estrecho margen (6,8 a 7,8), aún más estrecho cuando se trata de los valores considerados fisiológicos (7,35 a 7,45). No es fácil medir la concentración de hidrogeniones en los tejidos, pero los cambios que tienen lugar en éstos pueden interpretarse a través de las variaciones de pH que se producen en la sangre.

El pH del medio interno se mantiene estable gracias a los tampones o sistemas amortiguadores que existen en dicho medio, el más importante de todos ellos es el sistema formado por el ácido carbónico y el bicarbonato, ya que mediante la modificación de la ventilación pulmonar o de la reabsorción tubular renal pueden modificarse la  $pCO_2$  y la concentración de bicarbonato respectivamente.

Por otro lado, las variaciones de la ventilación pulmonar y del proceso de la respiración determinan variaciones en la presión parcial de los gases sanguíneos ( $pO_2$  y  $pCO_2$ ) que llevan implícitos cambios en el equilibrio ácido-base.

Existen diversos procesos nosológicos cuyo manejo puede beneficiarse de la medición del pH,  $pO_2$  y  $pCO_2$ . En general, esta práctica está justificada cuando se desea evaluar la capacidad de oxigenación del paciente, el buen funcionamiento de los procesos de ventilación pulmonar y respiración (intercambio de gases), el equilibrio ácido-base y controlar la oxigenoterapia.

Dado que la medición de estas magnitudes puede estar asociada a procesos patológicos que pueden comprometer de manera importante la vida del paciente y que en función de este resultado pueden iniciarse maniobras diagnósticas o terapéuticas invasivas para él, la calidad del resultado entregado es especialmente importante y por ello conviene conocer las causas potenciales de un resultado inexacto.

## 2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

---

Este documento establece recomendaciones para una correcta obtención, conservación, transporte y preparación de las muestras de sangre destinadas a la medición del pH, la  $pO_2$  y la  $pCO_2$ . De igual modo, se revisan las posibles fuentes de variabilidad o error originadas en la fase preanalítica que pueden afectar al resultado del análisis. No es objeto de este documento la revisión profunda de la técnica de extracción para los diferentes tipos de muestra.

## 3. CONSIDERACIONES PREANALÍTICAS Y FUENTES DE ERROR

---

Los resultados de los análisis de gases sanguíneos son susceptibles de sufrir diversos tipos de errores preanalíticos debido a una praxis incorrecta en su obtención y manipulación antes de su procesamiento o en su preparación en el mismo laboratorio. La responsabilidad de reducir la incidencia de errores preanalíticos recae fundamentalmente en el laboratorio, que debe suministrar procedimientos escritos detallando los requisitos de la muestra y su manipulación. Los procedimientos deben ser reunidos en un manual que debe estar disponible para el personal del laboratorio y en todas las áreas de recogida de muestras (enfermería, quirófano, etc.). Estos procedimientos deben incluir apartados sobre la verificación y preparación del paciente, la identificación y transporte de la muestra y sobre los factores

preanalíticos que la afectan de modo directo, como por ejemplo una anticoagulación inadecuada, la posible dilución por la heparina, la punción venosa en lugar de arterial, un lavado deficiente de la vía del catéter, contaminación con aire o la conservación incorrecta.

### 3.1. Contenedores

Se han evaluado y recomendado muchos tipos de recipientes. Uno de los primeros fue la jeringa de vidrio, que probablemente debe considerarse un recipiente de "referencia" con el que comparar la exactitud de otro tipo de recipientes (jeringas de plástico regulares, jeringas de plástico "especializadas" y los tubos capilares). El vidrio es un material inerte e impermeable a los gases, lo que convertiría a las jeringas de vidrio en el dispositivo óptimo para la obtención de la muestra si no fuera por sus diversas desventajas. Entre éstas destacan la necesidad de esterilizarlas adecuadamente si van a reutilizarse, la posibilidad de rotura y un coste inicial relativamente alto.

Los dispositivos usados mayoritariamente son las jeringas estándar de plástico (polipropileno) de 1 a 5 mL y las jeringas de plástico diseñadas específicamente para contener una muestra destinada a la medición de gases en sangre. Todas ellas eliminan la necesidad de esterilizar el dispositivo, son más baratas y relativamente irrompibles. Su principal desventaja técnica es el intercambio de gases a través del plástico (pues se trata de un material permeable) que puede representar un problema importante según el tipo de plástico, las presiones parciales de los gases del espécimen, la temperatura y el tiempo de conservación. Cuanto mayor es la diferencia existente entre la  $pO_2$  y  $pCO_2$  de la sangre y la del aire ambiental, mayor es la posibilidad de intercambio entre ambos medios (1,2).

Las jeringas de plástico diseñadas especialmente para el análisis de gases incorporan ventajas técnicas como el émbolo elevable, que se desplaza debido a la presión arterial y la heparinización previa del dispositivo, muchas veces con heparina cristalina que minimiza los errores por dilución pudiéndose obtener muestras de pequeño volumen de de manera fácil.

Otro tipo de recipiente aceptable para recoger y transportar la muestra son los tubos capilares especiales de vidrio heparinizados, siempre que se sellen convenientemente. Sin embargo, la variable proporción de sangre capilar que pueden contener, además de la dificultad que ofrecen para una óptima homogeneización (3), pueden conducir a errores de difícil estimación.

## 3.2. Anticoagulantes

### 3.2.1. Tipo

La medición de pH,  $pO_2$  y  $pCO_2$  debe efectuarse en sangre homogeneizada tratada con heparina (sódica o de litio) liofilizada o líquida, a una concentración de 1.000 UI/mL, al ser éste el anticoagulante de elección. Los oxalatos, citratos y el EDTA no son aceptables para estos fines. La heparina de mayor concentración (5.000 ó 10.000 UI/mL) no debería usarse ya que puede alterar el pH (dado su carácter ácido) y el calcio iónico (por su efecto quelante) (4). El pH de la heparina sódica estará aproximadamente entre 6 y 8 (5). En el caso de la heparina líquida la  $pCO_2$  y la  $pO_2$  suelen tener valores cercanos al aire ambiente ( $pCO_2=7,5$  mm Hg y  $pO_2=160$  mm Hg). Las jeringas que contienen heparina liofilizada (congelada y desecada) presentan notables ventajas: a) ahorro de tiempo, ya que no es necesario humidificar previamente el cuerpo de la jeringa con heparina líquida y b) no se plantean problemas de dilución por el exceso de anticoagulante.

### 3.2.2. Proporción

El volumen de heparina utilizado debe ser alrededor del 5% del volumen total de la muestra y nunca superior al 10%. Se ha demostrado que 200  $\mu$ L de heparina sódica o de litio (1.000 UI/mL) evitan la coagulación de 5 mL de sangre (alcanzando una concentración final de 40 UI/mL) sin afectar la medición de pH,  $pO_2$ ,  $pCO_2$  (18-21). En el caso del uso de jeringas convencionales donde la heparinización deba realizarla el usuario, puede ser recomendable lavar la jeringa con un chorro de heparina sódica o de litio (1.000 IU/mL) y vaciarla luego (lo que deja aproximadamente un volumen residual de 0,1 mL en una jeringa estándar de 2 mL). Esto permite la anticoagulación adecuada de una muestra de 2 a 4 mL de sangre y asegura que el anticoagulante no sea añadido en exceso pudiendo alterar el resultado (4, 7).

### 3.2.3. Errores atribuibles al anticoagulante

El efecto interferente del anticoagulante sobre la muestra de sangre puede producirse por quelación o por dilución si se usa un preparado líquido añadido en exceso en jeringas corrientes no heparinizadas. Los fenómenos de interferencia son particularmente probables cuando el volumen de muestra es muy bajo respecto al de anticoagulante, situación frecuente en la realización de gasometrías por diversos motivos.

La interferencia por dilución debida al exceso de heparina produce una disminución de la  $pCO_2$  en la muestra al equilibrarse los gases de la muestra con los de un líquido con una composición similar al aire ambiental (este efecto se puede observar con diluciones superiores al 10%). La concentración de bicarbonato y exceso de base (parámetros calculados a partir de la  $pCO_2$ ) también se verán afectados. El pH es muy resistente a este efecto de dilución (incluso con diluciones del 50%) y la  $pO_2$  puede incrementarse si la dilución es alta (35-50%) (18-21).

Otra fuente de error preanalítico es la deficiente dosificación de heparina (en jeringas no heparinizadas por el fabricante). Como efecto, se producirá la coagulación de la muestra que dejará de ser homogénea y, por tanto, adecuada para su fin. La presencia de coágulos dará lugar a mediciones inexactas por el paso de microcoágulos al sistema analítico que interfirieron el contacto del electrodo con la muestra. Por otro lado, los microcoágulos pueden inutilizar el sistema, demorando la atención urgente de otros pacientes.

La interferencia por quelación producirá una disminución de la concentración del ión calcio si los centros de enlace de la heparina no están convenientemente saturados o tamponados con este ión (heparinas equilibradas con electrolitos) (2,11).

El incremento de la presión osmótica del plasma al añadir una sustancia seca que no atraviesa las membranas (como la heparina), produce una disminución del agua intraeritrocitaria con la posible disminución del VCM y aumento de la CHCM (12).

## 3.3 Muestra: obtención y tipos

Deben seguirse todas aquellas recomendaciones dirigidas a la práctica segura de los diferentes tipos de punción, así como aquellas maniobras dirigidas a impedir daños colaterales sobre el paciente. En el proceso de recogida de la muestra, debe prestarse especial atención a los procedimientos básicos de identificación del paciente, identificación de la procedencia del espécimen (arterial, venosa o capilar) y, por supuesto, el seguimiento de una correcta técnica extractora (1,3,4,8).

Debe explicarse correctamente al paciente el fin de la prueba, la no necesidad de restringir la ingestión de alimentos o líquidos y,

durante la extracción, la posibilidad de aparición de dolor pulsátil en el caso de la punción arterial, así como la necesidad de respirar normalmente (1,3,8). El paciente debe estar en un estado de equilibrio ventilatorio antes y durante la extracción para asegurar que la muestra es representativa del estado del paciente. Debe evitarse, por tanto, la ansiedad y el dolor. El paciente que respira espontáneamente debe mantenerse en reposo durante 15 min. y en caso de respiración asistida u oxigenoterapia no deben introducirse cambios al menos 30 minutos antes de la extracción. Debe escogerse el decúbito supino que asegura una correcta y homogénea ventilación pulmonar.

### 3.3.1 Sangre venosa

Las muestras de sangre venosa se recomiendan para valorar el estado del equilibrio ácido-base del paciente y no son válidas para conocer el estado de oxigenación del mismo (9).

En algunos casos se utilizan, de forma adicional a la muestra arterial, muestras venosas mixtas extraídas a partir de un catéter de Swan-Ganz (arteria pulmonar) para evaluar la  $pO_2$ , saturación de  $O_2$ , la diferencia arterio-venosa de la concentración de  $O_2$  en sangre venosa mixta, la función pulmonar (shunt) y el consumo de oxígeno.

### 3.3.2. Sangre arterial

La sangre arterial resulta el espécimen preferido para el estudio de los gases sanguíneos y equilibrio ácido-base. Las arterias son conductos en los que, en esencia, no se produce intercambio gaseoso y por lo tanto una muestra arterial tiene el mismo pH,  $pCO_2$  y  $pO_2$  que la sangre del ventrículo del que procede. Así pues, refleja de forma precisa la fisiología ácido-básica y el estado de oxigenación del organismo, derivado de la fisiología pulmonar.

La extracción puede realizarse bien por punción directa de la arteria o a partir de un catéter arterial. El lugar preferido para la punción suele ser la arteria radial. Para asegurarse de la existencia de un correcto flujo colateral por la arteria cubital se utiliza la maniobra de Allen modificada (1) que, con un procedimiento simple, permite evaluar la existencia de dicho flujo. Otros lugares de punción, cuando la arteria radial no es adecuada, son la humeral, la pedía y la femoral como última opción.

### 3.3.3. Sangre capilar arterializada

La sangre capilar, cuidadosamente recogida, puede manejarse de manera muy semejante a la sangre arterial contando, además, con la ventaja de requerir sólo pequeñas cantidades de ésta para la determinación. El uso de sangre capilar para la medición de gases y del equilibrio ácido base puede ser necesario cuando la punción arterial es muy difícil o está contraindicada (recién nacidos, personas obesas, quemados, pacientes en síncope, etc.). La muestra deberá ser sangre capilar "arterializada", para ello debe conseguirse una vasodilatación local por masaje y calentamiento del lecho capilar con agua a una temperatura  $\leq 42^\circ C$  durante 10 a 15 minutos (3,4).

### 3.3.4. Errores durante el procedimiento de obtención

Una mala praxis en la obtención de la muestra de sangre venosa puede hacer que esa muestra sólo refleje el equilibrio ácido-base de una extremidad y no del organismo en su totalidad. En el caso de obtención de una muestra de origen venoso, al ser una extracción destinada a la medición del equilibrio ácido-base, debe tenerse especial precaución con el uso del torniquete. La oclusión producida debe minimizarse, de lo contrario la anoxia hística producirá alteraciones en las magnitudes medidas (acidemia, incremento del

lactato) (2,4,9). Es preferible, por lo tanto, la extracción de muestras capilares y arteriales para obtener resultados sistémicos del equilibrio ácido-base y de las presiones parciales de los gases en sangre.

Si se usan catéteres permanentes o cánulas para la toma de muestras, debe ponerse especial atención en que el fluido o las soluciones de lavado se eliminen completamente del sistema. La contaminación de la muestra con líquido procedente de una perfusión determinará la disminución de los valores de la  $pCO_2$  y la obtención de valores de  $pO_2$  cercanos a los 150 mm Hg al equilibrarse los gases de la muestra con los del líquido en perfusión, cuyas presiones son cercanas al aire ambiental (10).

La sangre debe recogerse en condiciones anaerobias para impedir el intercambio de gases con el aire circundante y debe sellarse el contenedor para asegurar el mantenimiento de la anaerobiosis. En ningún caso la muestra debe quedar sellada por una aguja sino por un tapón o mecanismo diseñado específicamente para sellar la muestra, mantener la anaerobiosis y evitar cualquier riesgo biológico potencial. Puesto que el aire ambiente contiene una  $pCO_2$  prácticamente nula y una  $pO_2$  de alrededor de 150 mm Hg, la presencia de aire en la muestra tenderá a reducir la  $pCO_2$  (produciendo un aumento en el pH) y a aumentar o disminuir la  $pO_2$  equilibrando la muestra con el aire ambiente (10). Por lo tanto, sea cual sea el origen de la muestra, deberá impedirse la formación de burbujas que representan una fuente de error en la medición de los gases sanguíneos al alterar las presiones parciales de éstos en la muestra. Este efecto es mayor cuanto mayor es la superficie de contacto aire/sangre (burbujas pequeñas y múltiples) y se manifiesta sobre todo en la  $pO_2$  (11).

Cuando se toman muestras capilares arterializadas, la primera gota se debe eliminar pues ésta es rica en fluido extracelular y puede ser una causa de mediciones erróneas al alterar la concentración de ciertos electrolitos como el potasio o producir interferencias por dilución. Además, debe dejarse fluir la sangre siguiente en un capilar heparinizado sin exprimir, pues de hacerlo se produce un vertido de productos a partir del componente intra y extracelular que pueden alterar el valor de diversas magnitudes.

## 3.4. Manejo y conservación de la muestra

Idealmente, la muestra destinada a la medición de pH,  $pO_2$ ,  $pCO_2$  debe procesarse inmediatamente tras su extracción. Cuando esto no es posible, deben contemplarse las siguientes recomendaciones generales, destinadas a paliar las desviaciones en los resultados debidas al proceso de conservación (6,13):

- Las muestras en jeringas de plástico destinadas a la medición de pH y gases en sangre deben medirse dentro de los 30 minutos tras su extracción. La conservación de la jeringa de plástico en agua-hielo producirá cambios en las presiones parciales de los gases sanguíneos (sobre todo en la  $pO_2$ ), debido a un aumento del gradiente entre la muestra y el aire exterior al producirse una disminución relativa del  $O_2$  en la muestra debido al enfriamiento (aumenta la solubilidad del  $O_2$  y aumenta la afinidad de la hemoglobina por el  $O_2$ ). Por lo tanto, si el análisis se puede realizar en un plazo de 30 minutos es mejor la conservación a temperatura ambiente.

- Si no puede garantizarse la medición en los 30 minutos siguientes a la obtención de la muestra, ésta debe recogerse en recipiente de cristal y almacenarse en agua-hielo ( $0-4^\circ C$ ) hasta su análisis. Los resultados son estables durante al menos una hora.

- La sangre que se obtiene para el estudio del gradiente alveolo-arterial o de "shunt" debe analizarse dentro de los cinco minutos que suceden a su extracción independientemente de la temperatura de conservación.

• Debería utilizarse la jeringa de vidrio conservada en agua-hielo cuando el paciente presente leucocitosis o trombocitosis, ya que para ralentizar el consumo de oxígeno por estas células, debe enfriarse la muestra con los condicionantes explicados en el primer punto. De no existir la posibilidad de jeringa de vidrio puede usarse la de plástico analizando la muestra inmediatamente.

Para la medición de la  $pO_2$ ,  $pCO_2$  y del equilibrio ácido-base, es necesario que las muestras sean homogeneizadas cuidadosamente antes de las mediciones para evitar la sedimentación. La homogeneización debe ser más intensa cuando la muestra se ha sometido a enfriamiento. Las muestras en capilares de vidrio deberán volver a mezclarse moviendo la barrita de metal desde un extremo a otro del tubo durante unos 10 segundos. Las jeringas de vidrio o plástico deberán invertirse 10 veces y luego agitarse mediante giros sobre los dos ejes del recipiente de la muestra durante 60 segundos. Durante el mezclado no debería formarse ninguna burbuja o espacio muerto (4).

Para detectar y evitar la presencia de coágulos deben despreciarse de 100 a 200  $\mu$ L de la jeringa. La existencia de coágulos puede dar lugar a mediciones inexactas al interferir sobre el electrodo directamente. Además, al despreciar estas primeras gotas se purga la sangre en la jeringa evitando la introducción de burbujas de aire en el instrumento.

#### 3.4.1. Errores derivados de la conservación y transporte

Las muestras obtenidas para la medición de la presión parcial de gases en la sangre y equilibrio ácido-base pueden afectarse durante la conservación y transporte debido a los siguientes procesos (2, 11, 13):

a) Metabolismo de las células de la sangre: la glicólisis, principalmente en los eritrocitos, ocasiona la formación de lactato y cambios en el pH, bicarbonato y exceso de base hacia el intervalo de la acidosis metabólica. El consumo de oxígeno por los leucocitos (0,1 mL de oxígeno de 100 mL de sangre en 10 min. a temperatura corporal) y plaquetas disminuye la  $pO_2$  y aumenta la  $pCO_2$ . La caída en  $pO_2$  se acelera si en la muestra original la  $pO_2$  estaba elevada. Los procesos metabólicos pueden reducirse enfriando la muestra (10).

b) Intercambio de gases: Como se ha mencionado, los materiales plásticos no son absolutamente impermeables a los gases, mientras que los capilares y jeringas de vidrio permanecen sin alteraciones en los gases durante al menos una hora si se conservan en hielo-agua. En las jeringas de plástico, se producen cambios después de pocos minutos de obtenida la muestra en la  $pO_2$  (incrementos mayoritariamente). Se ha podido demostrar que la entrada de  $O_2$  a la jeringa de plástico es mayor cuando se refrigera la muestra que cuando permanece a temperatura ambiente. Este fenómeno no afecta a las jeringas o capilares de cristal (2, 13, 14, 15).

c) Sedimentación celular: se ha demostrado variabilidad de la medida en las magnitudes pH,  $pO_2$  y  $pCO_2$  cuando se compara la fracción rica en células con la fracción rica en plasma. Este fraccionamiento es fruto de la sedimentación de la muestra durante el transporte o espera en el propio laboratorio, por lo que es fundamental la homogeneización de la muestra previamente al análisis (11).

## 4. RECOMENDACIONES

Se resumen los principales factores a tener en cuenta en el análisis de las muestras destinadas a la medición del equilibrio ácido-base y gases en sangre.

1) Contenedor  
• Se recomienda el uso de jeringas de plástico específicamente diseñadas para gasometrías tratadas con heparina seca equilibrada con electrolitos.

2) Anticoagulante  
• Se recomienda heparina seca equilibrada con electrolitos con el fin de evitar errores por dilución.  
• La dosificación de heparina deberá prevenir la coagulación y evitar efectos de dilución, por ello cuando se use heparina líquida la dosis será de 40  $\mu$ L de heparina sódica o de litio (1.000 UI/mL) por cada mililitro de sangre (alcanzando una concentración final de 40 UI/mL).

3) Muestra  
• La muestra debe representar el estado de ventilación del paciente, por lo tanto el paciente que respira espontáneamente debe hallarse estable y no deben introducirse cambios en la media hora que precede a la extracción en el que está sometido a ventilación asistida o en tratamiento con oxigenoterapia.  
• La sangre arterial es el espécimen preferido para el estudio de los gases sanguíneos.  
• Las muestras de sangre venosa sólo se recomiendan para valorar el estado del equilibrio ácido-base del paciente y no son válidas para conocer el estado de oxigenación.  
• La sangre capilar “arterializada” es válida para la valoración del equilibrio ácido-base y presiones parciales de los gases y puede utilizarse cuando la extracción arterial es difícil o está contraindicada.

4) Estado de la muestra: burbujas y coágulos  
La muestra debe conservarse en anaerobiosis, para ello deben extraerse las burbujas que se hayan generado durante la extracción y sellar convenientemente el contenedor. Se recomienda rechazar la muestra ante la presencia de burbujas o coágulos visibles.

5) Conservación: tiempo y temperatura  
• Contenedores de plástico: deben analizarse lo antes posible. La demora en el análisis no debe exceder los 30 minutos tras la extracción, conservándose a temperatura ambiente. Cuando se esperan  $pO_2$  elevadas o en estudios especiales (gradiente alveolo-arterial o shunt) deben analizarse antes de cinco minutos.  
• Contenedores de vidrio: deben analizarse antes de 30 minutos tras la extracción. Si no fuera posible, se conservarán a 0-4° C en agua-hielo no más de una hora. Cuando se esperan  $pO_2$  elevadas o en estudios especiales (gradiente alveolo-arterial o shunt) deben analizarse antes de cinco minutos.

6) Preparación de la muestra: homogeneización y purga de la jeringa  
La alícuota de la muestra que se transferirá al analizador debe ser homogénea y representativa de la muestra. Para ello debe homogeneizarse adecuadamente la muestra y despreciar las primeras gotas para asegurar la ausencia de coágulos y eliminar cualquier burbuja residual.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

1. NCCLS. Procedures for the collection of arterial blood specimens; Approved Standard. 4th Edition. H11-A4. 2004
2. Preanalytical aspects in STAT analysis. Müller-Plathe O. Blood gas news 1998, vol. 7, nº 1
3. NCCLS. Procedures and devices for the collection of diagnostic capillary blood specimens; Approved Standard. 5th Edition. H4-A5. 2004
4. NCCLS. Blood gas and pH analysis and related measurements; Approved Guideline. C46-A. 2001

- 
5. Approved IFCC recommendations on whole blood sampling, transport, and storage for simultaneous determination of pH, blood gases, and electrolytes. Burnett RW, Covington AK, Fogh-Andersen N, Kùlpmann WR, Maas AHJ, Müller-Plathe O, Siggaard-Andersen O, van Kessel AL, Wimberley PD, Zijlstra WG. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 1995; 33: 247 – 53
  6. NCCLS. Blood gas pre-analytical considerations: specimen collection, calibration and controls. C27-A. 1993
  7. Química clínica, técnicas de laboratorio-fisiopatología-métodos de análisis; teoría, análisis y correlación. Kaplan L.A., Pesce A.J. Buenos Aires, Argentina. Edit. Médica Panamericana; 1988
  8. Recommendations for collection of skin puncture blood from children, with special reference to production of reference values. Alström T, Dahl M, Gräsbeck R, Hagenfeldt L, Hertz H, Hjelm M, Järvenpää AL, Kantero R, Larsson A, Leskinen EE. *Scand J Clin Lab Invest* 1987; 47: 199-205
  9. NCCLS. Procedures for the collection of diagnostic blood specimens by venipuncture; approved standard. H3-A5. 5th Ed. 2003
  10. Clinical application of blood gases. Shapiro, B.A.; Harrison, R.A.; Walton, J.R. 2ª ed. Year Book Medical Publisher, Chicago, 1977
  11. Clark CG, Rayfield JM, Clague AE. Preanalytical errors in simultaneous blood gas, electrolyte and metabolite analysis. *Blood Gas News* 1998; 7: 12–5
  12. Obtención de muestras sanguíneas de calidad analítica. Mejoría continua de la etapa preanalítica. Luis Morán Villatoro. Edit. Panamericana, 2001
  13. Effects of syringe material, sample storage time and temperature on blood gases and oxygen saturation in arterialised human blood samples. Knowles TP, Mullin RA, Hunter JA, Douce FH. *Respiratory care*. 2006; 51: 732-6
  14. Changes in oxygen measurements when whole blood is stored in iced plastic or glass syringes. Mahoney JJ, Harvey JA, Wong RJ, Van Kessel AL. *Clin Chem* 1991; 37: 1244-8
  15. Stability of pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub> and pH in heparinized whole blood samples: influence of storage temperature with regard to leukocyte count and syringe material. Schmidt C, Müller-Plathe O. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 1992; 30:767-73
  16. [www.radiometer.es](http://www.radiometer.es). Diciembre 2007
  17. [www.deep-picture.com/Preanalytical](http://www.deep-picture.com/Preanalytical). Diciembre 2007
  18. Sampling and storing of blood for determination of acid-base status. Siggaard-Andersen O. *Scand J Clin & Lab Invest*. 1961; 13: 196-204
  19. Hamilton RD, Crockett RJ, Alpers JH. Arterial blood-gas analysis: potential errors due to the addition of heparin. *Anaesth Intensive care*. 1978; 6: 251-5
  20. Dake MD, Peters J, Teague R. The effect of heparin dilution on arterial blood-gas analysis. *Western J Med*. 1984; 140: 792-3
  21. Hutchison AS, Ralston SH, Dryburgh FJ, Small M, Fogelman I. Too much heparin: possible source of error in blood-gas analysis. *BMJ*. 1983; 287: 1131-2