

11



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"**

**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA
CORPORAL EN LA DETERMINACIÓN
DE GASES SANGUÍNEOS ARTERIALES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

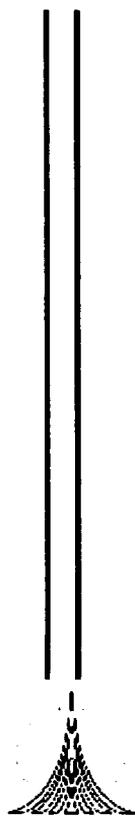
**P R E S E N T A :
CARLOTA CIFUENTES LOPEZ.**

DIRECTORES DE TESIS:

**Q.F.B. PATRICIA VIDAL MILLAN
Q.F.B. REYNA FLORES CIMA**

MÉXICO, D.F., JUNIO DEL 2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS TITULADA "INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA CORPORAL EN LA DETERMINACION DE GASES SANGUINEOS ARTERIALES" , SE REALIZÓ EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DE CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI, BAJO LA DIRECCIÓN DE LA QFB. PATRICIA VIDAL MILLÁN Y LA QFB. REYNA FLORES CIMA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



HOSPITAL DE ESPECIALIDADES

CENTRO MEDICO NACIONAL, SIGLO XXI



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICO ESTA TESIS

En memoria a mi PADRE: que siempre se esforzó en darnos lo mejor de sí mismo, (q. e. p. d.). Donde quiera que este, Dios lo bendiga.

A mi MADRE: mi ángel de la guarda, amado y bendecido, que haz gozado con mis alegrías y sufrido con mis dolores, gracias por darme la vida, acariciándome con una mano y con la otra señalándome el cielo. Tu esfuerzo fue recompensado.

A mis hijas: STEPHANIE SARAHI y JOCELYN LUCERO, que son mis dos tesoros y los regalos más grandes que Dios me ha dado en la vida; gracias, por ser los ángeles que dirigen mi existencia.

A mi ESPOSO: por su apoyo y comprensión.

A mis hermanos: ELIZABETH y EUSEBIO, por la comprensión que han demostrado en todo momento, animándome siempre a seguir adelante y compartiendo mis tristezas y alegrías. Hermano aunque estés lejos siempre estás en mi mente y en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a DIOS, por darme salud, fuerza y sabiduría para superar los momentos difíciles y no desistir. Por darme la oportunidad de vivir y la capacidad de realizar lo mejor posible cada una de las cosas que se me encomiendan.

A mis AMIGOS y COMPAÑEROS: QFB. OSCAR D. JIMÉNEZ, QFB. PATRICIA VIDAL y QFB. REYNA FLORES, con un agradecimiento muy especial, porque me brindaron apoyo incondicional y desinteresado en el momento que más lo necesité, compartiendo sus conocimientos y su tiempo para la realización de este valioso trabajo.

A mi ÁNGEL DE LUZ: QJL. REMEDIOS CORDOVA CUEVAS, (jefe del lab. de Urgencias del HECMN SIGLO XXI), que con sus dulces palabras llenas de sabiduría y amor, ha iluminado mi camino dandome fuerzas para seguir siempre adelante. DIOS te bendiga hoy, mañana y siempre.

A mis AMIGOS: Lab. AURELIO NETZAHUALT, QFB. PATRICIA ORDOÑEZ, y Lab. J. ANTONIO FERIA, Aux. Lab. TERESA ROMERO, por su orientación y sabios consejos. GRACIAS.

Un agradecimiento infinito a la QFB. GUADALUPE MARIN OZUNA, por sus enseñanzas, paciencia y todas las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

A mis SINODALES: un merecido reconocimiento por su orientación.

A la Dra. NOEMÍ P. CASTILLO TORRES, (jefe del lab. Central del HECMN, SIGLO XXI, IMSS), un reconocimiento por las facilidades prestadas para la elaboración de este trabajo.

A mis compañeros de trabajo del HECMN SIGLO XXI, IMSS: que de una u otra forma contribuyeron con su apoyo y estímulo para que alcanzara mi meta tan anhelada. GRACIAS, por su amistad.

Agradezco al INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL : por los recursos otorgados para llegar a la culminación de este trabajo.

CARLOTA CIFUENTES LOPEZ

INDICE	PAG.
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
OBJETIVO	2
HIPÓTESIS	2
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	3
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	3
REVISIÓN DE ALGUNOS ASPECTOS DE LA CONDUCTA DE LOS GASES SANGUÍNEOS	
INTRODUCCIÓN	4
EQUILIBRIO ACIDO-BASE EN EL CUERPO HUMANO	7
ECUACIÓN DE HENDERSON-HASSELBALCH	8
FISIOLOGÍA DE LA RESPIRACIÓN	9
TRANSPORTE DE OXIGENO EN LA SANGRE	12
TRANSPORTE DE CO₂ EN LA SANGRE	15
CAUSAS CLÍNICAS COMUNES DE ANORMALIDADES DE LOS GASES SANGUÍNEOS	17
ESQUEMAS DEL DESEQUILIBRIO ACIDO-BASE	19
PROPÓSITO E IMPORTANCIA CLÍNICA DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS Y CALCULADOS EN SANGRE ARTERIAL	23
FUNDAMENTOS DEL IL 1306	25
MATERIAL	26
PARTE EXPERIMENTAL Y METODO	28
CONTROL DE CALIDAD	35
RESULTADOS Y GRAFICAS	43
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
CONCLUSIONES	56
TERMINOLOGÍA	57
BIBLIOGRAFIA	67

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La determinación de gases constituye una prueba de gran importancia en el aspecto clínico de la medicina, especialmente en las unidades de terapia intensiva, ya que los datos obtenidos en este análisis nos informan de los trastornos en el transporte de oxígeno y en el equilibrio ácido-base del organismo.

Las leyes físicas establecen que la solubilidad de los gases cambian en función de la temperatura. Este fenómeno reviste una relevancia clínica en potencia porque todas las determinaciones de los gases sanguíneos se analizan por razones fisiológicas a 37°C, de modo que, cuando la temperatura corporal es diferente de 37°C, la presión parcial de los gases presentes en la muestra de sangre analizada tendrán un valor diferente (19,25).

En este trabajo presentaremos datos de mediciones hechas en muestras de pacientes reales, obtenidos:

- 1) A temperatura constante del analizador igual a 37°C.
- 2) Usando los factores de corrección por temperatura que aplica el analizador considerando la temperatura real del paciente.

OBJETIVO

Determinar si la variación de los parámetros de las pruebas de gases sanguíneos arteriales pH, PCO₂ y PO₂ obtenidos a 37°C y los calculados al programar la temperatura real del paciente son clínicamente significativos o no.

HIPÓTESIS

Con base en las referencias bibliográficas, sobre la variación de la temperatura del paciente, al procesar las muestras de gases sanguíneos arteriales en el Gasómetro, corrigiendo la temperatura (37°) estandarizada del equipo por la del paciente, será posible observar que a temperaturas mayores de 37°C, el pH disminuye y la PCO₂ y PO₂ aumenta y a temperaturas menores de 37°C el pH aumenta y la PCO₂ y PO₂ disminuyen.

La variación de los parámetros medidos es en proporción a los grados de temperatura presentes en el paciente.

HIPÓTESIS NULA

No se presentan variaciones en los parámetros por cambios de temperatura.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

Se incluyó a los pacientes adultos de ambos sexos (de 18 a 90 años o más) ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), del Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional (CMN) Siglo XXI, en forma progresiva en un período determinando hasta reunir 100 muestras.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

Se excluyeron solo a pacientes adultos de ambos sexos (de 18 a 90 años o más) que no presentaron variación en la temperatura a 37°C.

REVISIÓN DE ALGUNOS ASPECTOS DE LA CONDUCTA DE LOS GASES SANGUÍNEOS.

INTRODUCCIÓN:

La sangre ha sido utilizada como fuente para estudios de laboratorio durante muchos años porque refleja el estado corporal total y se puede obtener con rapidez, por lo que el objetivo fundamental del análisis de gases sanguíneos es que en una sola muestra de sangre total del paciente se puede ofrecer al clínico los resultados exactos, precisos y oportunos de los indicadores completos del:

- I. Estado de oxigenación del paciente.
- II. Estado de equilibrio ácido-base e hidroelectrolítico del paciente.

La mezcla de los gases atmosféricos la constituyen oxígeno 20.93%, bióxido de carbono 0.0301%, nitrógeno 79.04%, gases nobles huellas, vapor de agua variable. La ley de Dalton resume un principio físico muy importante, relacionado con la mezcla de los gases: En una mezcla de gases, la presión total es igual a la suma de las presiones parciales de sus distintos componentes. A veces, es más fácil pensar en la presión parcial de un componente gaseoso como la presión que el gas ejercería si estuviera solo en el sistema. En otras palabras, dado que puede considerarse que cada gas individual actúa en forma independiente su contribución a la presión total depende de la fracción o porcentaje, que ocupa de los gases totales. (25).

PRESIÓN PARCIAL DE LOS GASES.

La atmósfera terrestre está compuesta, por moléculas de gas. Estas moléculas tienen masa y son atraídas hacia el centro de la tierra por la fuerza de gravedad. En la superficie terrestre, este peso ejerce una presión suficiente para mantener una columna de mercurio a 760 mm de altura. Esta presión atmosférica afecta todas las cosas sobre la superficie terrestre; las formas vivas no constituyen una excepción (25).

PRESIÓN DEL VAPOR DE AGUA

En ciertas condiciones ambientales, algunas sustancias existen en más de un estado de la materia.

Dentro de un rango dado de temperatura y presiones, el agua puede existir como un líquido, un gas o un sólido. En la forma gaseosa, el agua se denomina vapor de agua y se hace referencia a ella como humedad. Cuando el vapor de agua existe en una mezcla de gases, sigue sus leyes y ejerce una presión parcial. A la temperatura corporal, el gas alveolar contiene 100% de humedad; por lo tanto, el gas alveolar "ideal" tiene una presión de vapor de agua (P_{H_2O}) de 47mmHg (25).

DIFUSIÓN Y SOLUBILIDAD DE LOS GASES SANGUÍNEOS

El constante movimiento al azar de las moléculas de gas hace que esas moléculas se muevan desde un área de concentraciones relativamente altas hacia un área de menor concentración. Este movimiento pasivo neto de las moléculas gaseosas se denomina difusión. Este proceso de difusión gaseosa a través de una membrana celular ocurre, en respuesta a un gradiente de presión; es decir, la presión en un lado de la membrana debe ser mayor que la presión sobre el otro lado. En general, cuando mayor es la diferencia de presión, más rápido será el movimiento de las moléculas. Cada gas se mueve de acuerdo con su propio

gradiente de presión, sin que importe lo que puedan estar haciendo otros gases en la mezcla. El movimiento neto se detiene cuando las presiones parciales son iguales en ambos lados, esto se denomina estado de equilibrio dinámico, esta propiedad de los gases es muy importante pues de ella depende la viabilidad celular.

Si una membrana separa una mezcla gaseosa de un líquido, el grado en que los gases puedan disolverse en el líquido afectará el proceso de difusión. Cuando un gas está expuesto a un líquido, las moléculas gaseosas se mueven en el líquido y se disuelven, a menos que se combinen químicamente con los componentes del líquido. El número de moléculas de gas que dejan el líquido igual al número que entra en él, estableciéndose un estado de equilibrio dinámico. La ley de Henry establece que la cantidad de gas que puede disolverse en un líquido es proporcional a la presión parcial del gas a la que se expone el líquido (25).

La ley de Graham, establece que la difusión de un gas es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su peso molecular; es decir, cuanto más pesada sea la molécula, menos difundirá (25)

La Ley de Boyle, establece que a temperatura constante el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión ejercida sobre él (25).

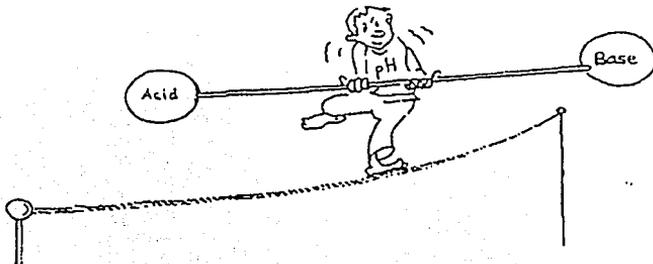
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

La Ley de Charles el efecto de los cambios de temperatura establece que a presión constante el volumen de una masa de gas dada es directamente proporcional a las modificaciones de la temperatura (25).

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

EQUILIBRIO ACIDO- BASE EN EL CUERPO HUMANO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



pH es la unidad usada para medir el grado de alcalinidad o acidez de una solución. Es una expresión logarítmica de la concentración "efectiva" de ion H^+ o actividad de H^+ , donde $pH = -\log [H^+]$.

La Fisiología del EQUILIBRIO ACIDO-BASE se refiere a los sistemas:

RESPIRATORIO: En los pulmones entra el oxígeno y se expulsa el CO_2 .

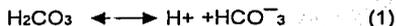
TISULAR: En los tejidos, debido al metabolismo de los nutrientes se consume el oxígeno y se produce bióxido de carbono (CO_2).

RENAL: El CO_2 reacciona con el agua para dar iones hidrógeno (H^+) y iones bicarbonato (HCO_3^-). En los riñones se expulsa el ion H^+ por la acidificación de la orina, y el bicarbonato se absorbe.

Los desequilibrios Acido-Base ocurren cuando alguno de los sistemas fallan.

ECUACIÓN DE HENDERSON-HASSELBALCH

La concentración de Hidrogeniones resultantes de la disociación del ácido carbónico esta gobernada por la interrelación de todos los ácidos, las bases y los amortiguadores de la sangre. La ecuación de Henderson-Hasselbalch expresa toda la relación ácido-base biológica evaluando la relación del ácido carbónico (H_2CO_3) con el ion bicarbonato (HCO_3^-).



La ley de acción de masas dicta (1) que el producto de las concentraciones de la derecha dividido por la concentración de la izquierda sea igual a una K_A :

$$K_A = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad (2)$$

Para expresar la concentración de hidrogeniones en forma de pH se debe tomar el log de ambos lados de la ecuación (2):

$$\log K_A = \log \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad (3)$$

$$\log K_A = \log \frac{[\text{H}^+] + \log [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad (4)$$

La transposición del log de la concentración de hidrogeniones ($\log [\text{H}^+]$) al lado izquierdo de la ecuación (4) y del log de K_A al lado derecho de la ecuación produce:

$$-\log [\text{H}^+] = -\log K_A + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad (5)$$

El término para el log negativo de la concentración de hidrogeniones (-log [H⁺]) ya ha sido definido como pH. El término para el log negativo de K_A (-logK_A) es el pK.

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad (6)$$

En la ecuación (6) la concentración de ácido carbónico depende de la cantidad de bióxido de carbono disuelto.

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[s + \text{pCO}_2]}$$

El pK = 6.1 y s = 0.0301. El pK representa el valor de pH en el cual el soluto está disociado en un 50%, la importancia del pK es que representa el pH en el que se puede alcanzar mayor capacidad buffer.

FISIOLOGÍA DE LA RESPIRACIÓN.

Los pulmones realizan dos funciones vitales: la oxigenación y la eliminación del bióxido de carbono. Para fines prácticos lo último puede denominarse respiración.

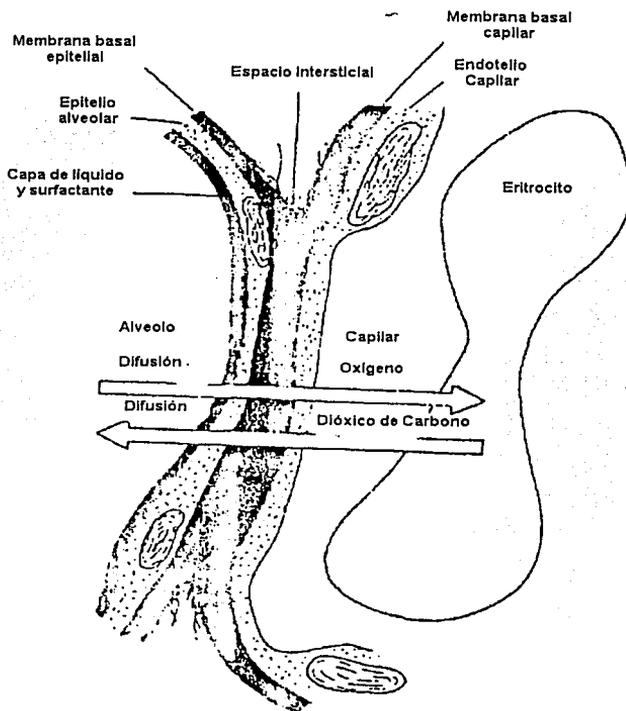
La respiración se lleva a cabo en 2 etapas:

- VENTILACIÓN, que se puede realizar como transporte de los gases a través de las vías aéreas, tanto durante su entrada (Inspiración) como durante su salida (Espiración).
- DIFUSIÓN, etapa en la que se considera el intercambio gaseoso a través de una membrana permeable o semi permeable.

El alvéolo es la unidad funcional de intercambio gaseoso, donde por difusión y gracias al gradiente o diferencia de presión sucede lo siguiente:

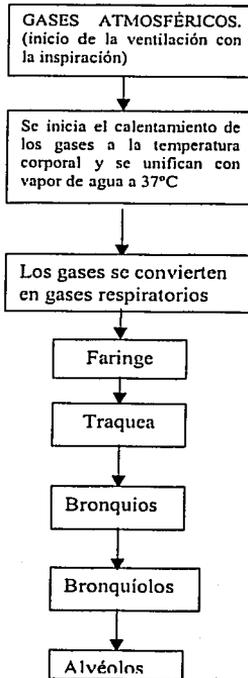
1. Sale de la sangre venosa conducida a través del capilar pulmonar el CO₂.
2. Entra desde el alveolo hasta la sangre, también gracias al fenómeno de difusión el O₂.

ESQUEMA MEMBRANA ALVEOLO-CAPILAR



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESQUEMA DE LA RESPIRACIÓN:



TRANSPORTE DE OXIGENO EN LA SANGRE

El oxígeno en la sangre arterial es transportado en su mayor parte (98,6%) dentro del eritrocito, unido a la hemoglobina. Una pequeña parte (1,4%) permanece como O_2 disuelto en el plasma. Este es el que medimos como PO_2 con los analizadores de gases en sangre/pH. (28).

La Hb es una proteína de alto peso molecular (64800 Dalton) con cuatro subunidades, cada una conteniendo un grupo hemo que es un complejo de porfirina y Fe (II). Cada uno de los cuatro Fe (II) puede combinarse reversiblemente con una molécula de O_2 .(28)

El oxígeno se combina con la hemoglobina a nivel pulmonar, de forma de poder ser luego "liberado" a nivel tisular. Así (28).

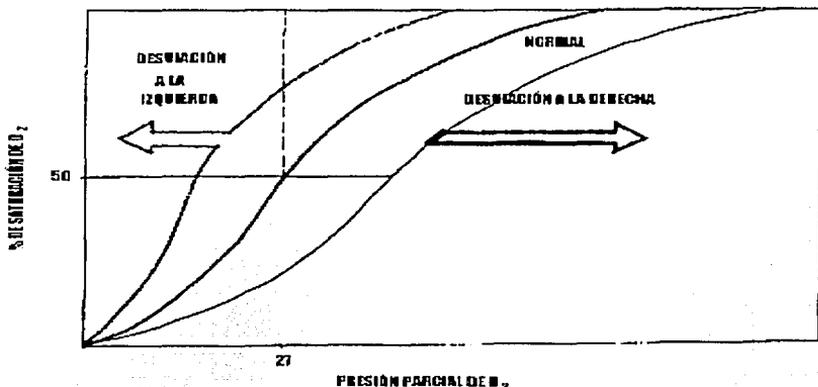
En los pulmones: $O_2 + Hb \rightarrow HbO_2$

En los tejidos: $HbO_2 \rightarrow O_2 + Hb$

AFINIDAD POR EL OXÍGENO

La hemoglobina tiene una gran afinidad por el oxígeno. Esta propiedad de la hemoglobina es la que permite a la sangre oxigenada en forma deficiente oxigenarse con rapidez en el lecho capilar pulmonar. Esta afinidad por el oxígeno puede hacerla menos capaz de liberar el oxígeno a nivel tisular. Ciertos factores (como la temperatura, la acidez o la alcalinidad) en la sangre alteran la afinidad, y al hacerlo cambian la relación normal entre la saturación de hemoglobina y la tensión de oxígeno (25).

AFINIDAD DE LA HEMOGLOBINA POR EL OXÍGENO



A) DISMINUCIÓN DE LA AFINIDAD POR EL OXÍGENO

Esto se denomina más a menudo desviación hacia la derecha de la curva de disociación del oxígeno. Para una tensión cualquiera de oxígeno hay una disminución de la hemoglobina con respecto al estado normal. Por lo tanto, para una tensión de oxígeno dada, la capacidad de la sangre para transportar oxígeno está disminuida porque el contenido de oxígeno está disminuido. Una desviación

hacia la derecha ayuda al movimiento de oxígeno desde la sangre hacia el tejido, en los capilares periféricos. Una desviación extrema hacia la derecha casi siempre produce una disminución del contenido de oxígeno arterial, lo cual limita la cantidad de oxígeno que puede ser cedida al tejido, independientemente de la facilidad con que pueda disociarse de la hemoglobina (17).

B) AUMENTO DE LA AFINIDAD POR EL OXÍGENO

Esto se denomina desviación hacia la izquierda de la curva de disociación. Para una tensión de oxígeno hay un aumento en la saturación de oxihemoglobina. La capacidad de la sangre para transportar oxígeno está aumentada, a cualquier tensión del gas, porque hay oxihemoglobina aumentada. El efecto sobre la oxigenación tisular es potencialmente profundo. Cuanto mayor es la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, menor será la eficacia potencial de cualquier tensión de oxígeno arterial para ceder oxígeno a los tejidos (17).

La afinidad de la hemoglobina por el oxígeno es afectada por varios factores fisiológicos, como concentración de hidrogeniones, tensión de dióxido de carbono y temperatura. Un aumento en cualquiera de estos factores produce una desviación hacia la derecha de la curva de disociación del oxígeno ..

En forma inversa, una disminución en cualquiera de estos factores desviará la curva hacia la izquierda (25).

C) P₅₀

La P₅₀ es la presión de saturación media, PO₂ a la que el 50% de la Hb se carga con O₂. es una medida simple del desplazamiento hacia derecha o izquierda. El valor de la P₅₀ (a pH 7,4 y 37°C) es comúnmente 26 mmHg.

El valor de la P₅₀ define la afinidad de la hemoglobina a 50% de saturación con oxígeno. La P₅₀ muestra claramente cualquier desplazamiento de la curva de disociación.

TRANSPORTE DE CO₂ EN LA SANGRE

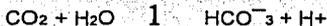
Los productos finales principales del metabolismo energético son el CO₂ y el H₂O. El CO₂ que se forma en las células como producto de la respiración celular, se disuelve en el agua celular y difunde a través del espacio intersticial hacia la sangre venosa.

CO₂ disuelto. El 5% del CO₂ de la sangre permanece como gas disuelto en el plasma. El CO₂ en la sangre es muy soluble, 20 veces más que el O₂. el CO₂ disuelto es el que determina la PCO₂ que medimos con los analizadores de gases en sangre/pH.

La mayor parte (95%) del CO₂ disuelto en el plasma penetra por difusión en los glóbulos rojos (eritrocitos).

En los capilares tisulares:

El CO₂ que entra al eritrocito se convierte rápidamente en HCO₃⁻. La anhidrasa carbónica juega un papel decisivo en catalizar la reacción:



Así pues, la medición de los gases sanguíneos son excelentes indicadores para evaluar la función pulmonar, en términos generales el paso de los gases durante los procesos de la ventilación y la difusión debe ser constante, fluido, sin obstáculos. Con la velocidad adecuada y la concentración requerida, en una palabra, debe mantenerse un equilibrio.

Cuando se presenta una falla en cualquiera de estos procesos, contamos con mecanismos corporales que se ponen en marcha o bien se detienen, con objeto de recuperar el equilibrio perdido, estos mecanismos son los que conocemos como: HOMEOSTASIS.

En esta breve descripción de la respiración externa, podemos entrever la participación de los sistemas.

1. RESPIRATORIO
2. CARDIO VASCULAR

El Sistema Respiratorio que participa a través de los pulmones en la ventilación y difusión de los gases.

El sistema cardiovascular que participa con órganos como el corazón como bomba reguladora del flujo sanguíneo, ya a través de los vasos sanguíneos que conducen la sangre que constituye el medio de transporte de varios elementos que recoge, transporta y entrega en el sitio y momento adecuados, y entre estos elementos que se mencionan se encuentran los gases.

El pH sanguíneo arterial representa un equilibrio entre la concentración de iones hidrógeno y de sustancias básicas disponibles para amortiguarlos, y los valores normales se encuentran en un rango muy estrecho de 7.35 - 7.45 Cuando los iones hidrógeno se acumulan, el pH desciende. En estas circunstancias los riñones tratan de compensar la disminución del pH eliminando más cantidades de iones hidrógeno. Sin embargo, la compensación renal en las alteraciones ácido-básicas es lenta y de alcance limitado. Así, en el paciente con acidosis metabólica cuya función pulmonar está intacta, los pulmones también compensan la disminución del pH eliminando volúmenes adicionales de dióxido de carbono. Por lo tanto, en esta situación, la hiperventilación representa una forma de compensación respiratoria para la acidosis metabólica (4).

CAUSAS CLÍNICAS COMUNES DE ANORMALIDADES DE LOS GASES SANGUÍNEOS.

La ventilación debe ser exactamente la necesaria para eliminar el CO₂ producido.

Por diferentes situaciones puede aumentar o disminuir, lo cual causa un desequilibrio entre la producción y la eliminación de CO₂.

Si se acumula CO₂ en el organismo causa una acidosis respiratoria. Es una patología bastante frecuente.

Si se elimina CO₂ en demasía, su concentración plasmática será menor a lo normal y causa alcalosis respiratoria; poco frecuente.

Así, la acidosis respiratoria puede ser causada por:

- Lesiones del centro respiratorio que reducen respiración (Hipoventilación).
- Neumonías
- Enfermedades obstructivas de las vías respiratorias.
- Disminución del área de intercambio gaseoso.
- Aumento de espesor de la membrana alvéolo capilar.
- Anestesia.

La alcalosis respiratoria puede ser causada por:

- alteraciones psicológicas agudas que causan hiperpnea.
- Respiración a gran altura
- Hipoxia.
- Embolia pulmonar
- Fibrosis pulmonar

La acidosis metabólica puede producirse por:

- Incapacidad del riñón para eliminar los ácidos metabólicos que normalmente produce el organismo. (por ejemplo: insuficiencia renal).
- Producción de cantidades excesivas de ácidos metabólicos. (por ejemplo: cetoacidosis diabética).
- Administración intravenosa de ácidos metabólicos.
- Administración digestiva de ácidos metabólicos (venenos).
- Pérdida de bases del organismo. (por ejemplo diarrea).
- Hipoxia tisular con producción excesiva de lactato.

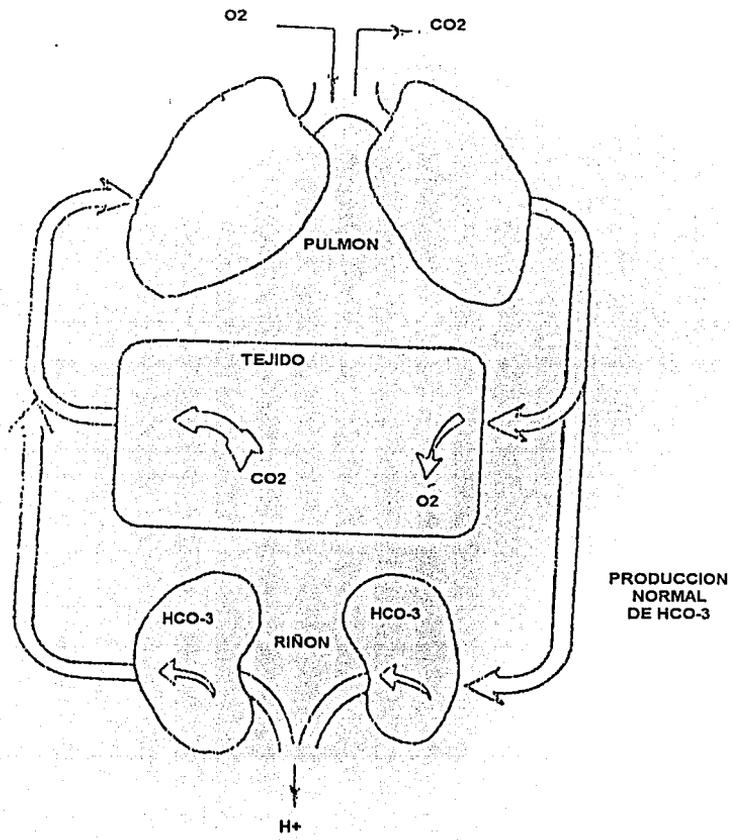
La mayoría de los metabolitos patológicos son también ácidos orgánicos e inorgánicos no volátiles.

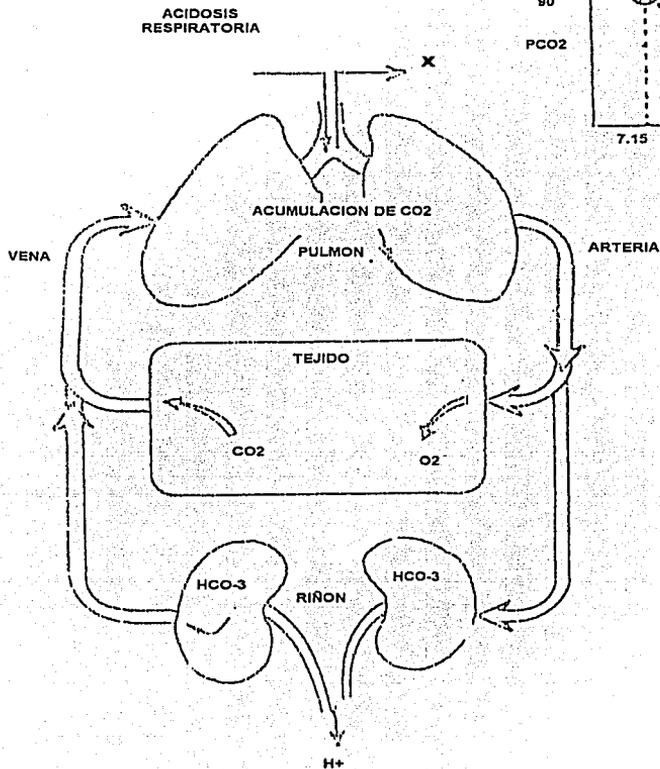
La alcalosis metabólica, menos frecuente, puede producirse por:

- Secundaria a la administración de diuréticos
- Ingesta excesiva de medicamentos alcalinos (gastritis).
- Vómitos de contenido gástrico.
- Secundaria al hiperaldosteronismo.
- Enfermedad endocrina (síndrome de Cushing).
- Pérdida de H^+ que a su vez provoca retención renal de HCO_3^- .

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**EQUILIBRIO
ACIDO-BASE
NORMAL**



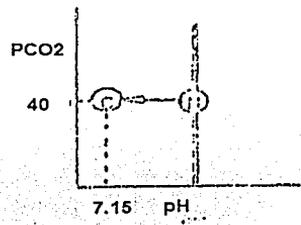
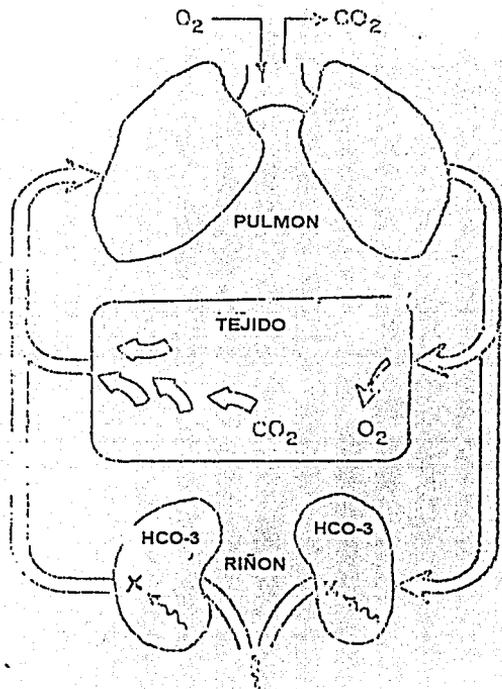


pH ↓
 PCO₂ ↑
 HCO₃ normal o ↑

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

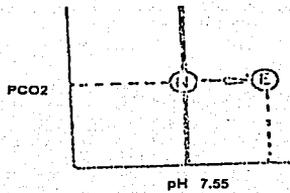
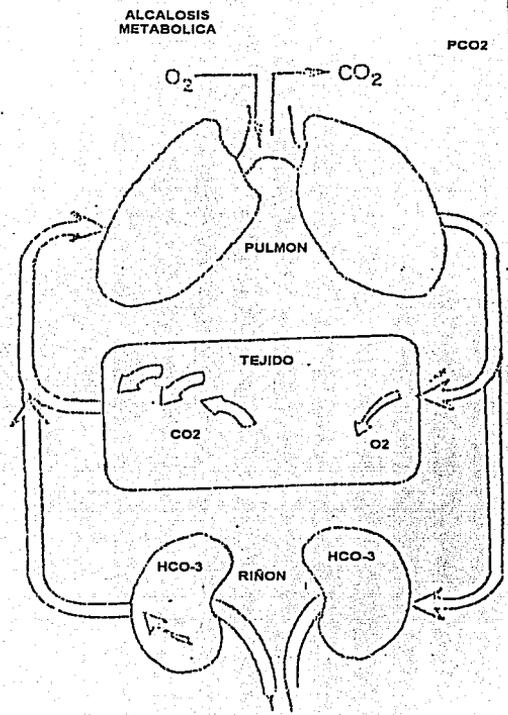
ACIDOSIS METABOLICA



INTOXICACIÓN ACIDA



pH ↓
 PCO_2 normal o ↓
 HCO_3^- ↓



INTOXICACIÓN ALCALINA

↑

○

↓

PRODUCCIÓN EXCESIVA DE HCO₃

pH ↑
 PCO₂ normal
 HCO₃ ↑

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La regulación del equilibrio ácido-base (EAB) es una de las funciones de la homeostasis. Si no se compensa y se superan ciertos límites, las alteraciones del EAB pueden llevar a la muerte.

En general la acidosis deprime el sistema nervioso central y la muerte por acidosis sobreviene en coma.

La alcalosis aumenta la excitabilidad del sistema nervioso central y periférico, y la muerte por alcalosis se da con tetania y/o convulsiones.(21)

PROPÓSITO E IMPORTANCIA CLÍNICA DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS Y CALCULADOS EN SANGRE ARTERIAL

PARÁMETROS MEDIDOS

A) pH. Grado de acidez o alcalinidad. Monitorear alteraciones en el balance ácido-base.

El pH determina la acidez de la sangre y es producto de la función de la actividad del ion hidrógeno . pH valor normal = 7.35-7.45

B)PCO₂. Monitorear alteraciones en el balance ácido-base e informa la presión parcial de CO₂ en la sangre.

El dióxido de carbono es un producto del metabolismo celular. Trastornos de CO₂ en sangre indican alteraciones en el balance ácido-base y posibles dificultades con el intercambio respiratorio de CO₂ en los pulmones.

pCO₂ valor normal = 36 mm Hg

C) PO₂. El monitoreo de la PO₂ es crítica en la detección de estados hoxémicos.

La presión parcial de oxígeno (PO₂) refleja la extensión del intercambio de gases en los pulmones y la capacidad de la sangre para profundir en forma adecuada los tejidos corporales con oxígeno (25). pO₂ valor normal = 64 mm Hg

PARÁMETROS CALCULADOS

A) stHCO_3^- . Bicarbonato estándar. Valor de bicarbonato real corregido a 40 mm Hg pCO_2 y 37 °C (factor respiratorio corregido). Esto significa que cualquier anomalía del valor del bicarbonato estándar se debe a causas metabólicas. (22). stHCO_3^- valor normal = 22-26 mmol/l

B) HCO_3^- real. En conjunto con otros parámetros es útil determinar el tipo de trastorno ácido-base que existe. Mucho del bióxido de carbono en sangre está presente en forma de iones de bicarbonato. La relación HCO_3^- con el pH en la muestra de sangre depende del balance ácido-base (22). HCO_3^- valor normal = 22-26 mmol/l

C) tCO_2 . Contenido total de bióxido de carbono. La cantidad de CO_2 extraíble del plasma en presencia de un ácido fuerte. Equivale al CO_2 disuelto más el que forma parte del HCO_3^- . tCO_2 valor normal = 23-27 mmol/l

D) BE. El exceso de base es la cantidad de ácido o base que se necesita para llevar un litro de sangre a un pH normal de 7.4 (22). BE valor normal = 0 ± 2 mmol/l.

E) SatO_2 . Es útil para predecir la cantidad de oxígeno disponible para su perfusión en los tejidos.

La saturación de oxígeno es la relación expresada como un porcentaje del volumen de oxígeno acarreado al volumen máximo que la sangre puede acarrear (22). Sat O_2 valor normal = 96 -100%

FUNDAMENTO DE MEDICIÓN DE PH DEL GASOMETRO IL MODELO 1306

El electrodo de vidrio sensible al pH es el medio más eficiente que se conoce para medir la actividad de los iones de hidrógeno (H^+) definida como pH. El principio que rige la función del electrodo se basa en el desarrollo de un potencial eléctrico a través de una membrana de vidrio sensible. Este potencial es proporcional a la diferencia en pH existente entre dos soluciones separadas por la membrana.

FUNDAMENTO DE LA MEDICIÓN DE PCO_2 DEL GASOMETRO IL MODELO 1306

La medición directa de PCO_2 en potenciómetro se deriva de la medición de pH. Un electrodo de vidrio para medición de pH y un electrodo de referencia se colocan dentro del mismo depósito y entran en contacto con una solución a través de una membrana permeable al gas. El dióxido de carbono se difunde a través de la membrana en ambas direcciones en función del gradiente de la presión parcial hasta que la presión del electrolito interno se equilibra con la presión parcial del CO_2 disuelto en la muestra.

FUNDAMENTO DE MEDICIÓN DE PO_2 DEL GASOMETRO IL MODELO 1306

El analizador de pH/gases sanguíneos IL 1306 determina pO_2 amperimétricamente. Expresado en otra forma, el electrodo de pO_2 tiene un voltaje polarizante constante de alrededor de 0.6 V y genera una corriente directamente proporcional a la presión parcial de oxígeno (pO_2) que entre en contacto con su superficie.

MATERIAL Y MÉTODO

1. MATERIAL DE LABORATORIO:

- Jeringas de plástico de 3 ml y 5 ml desechables
 - Algodón *Guantes de látex *Campos de tela
 - Gasas *Agujas *Carríto de manipuleo de muestras
- *MATERIAL BIOLÓGICO: SANGRE TOTAL

2. EQUIPO:

- Gasómetro IL 1306 pH/BLOOD GAS ANALYSER
Instrumentation Laboratory
I.L. Diagnostics, S.A. de C.V.
- TANQUE DE GAS ALTO, con una composición de aproximadamente 10% de CO₂, 0% de O₂ y balanceado con N₂/2,000 PSI de presión. Instrumentations Laboratory.
- TANQUE DE GAS BAJO, con una composición aproximadamente de 5% de CO₂, 20% de O₂ y balanceado con N₂/2,000 PSI de presión. Instrumentations Laboratory.
- FRASCO DESECHO (500 ml)
- ELECTRODO DE PO₂
- ELECTRODO DE PCO₂
- ELECTRODO DE pH
- ELECTRODO DE REFERENCIA DE pH

3. REACTIVOS:

- Heparina sódica 1000 UI/ml.
- Alcohol concentración 70%
- Soluciones del gasómetro:
- Flush Solution IL,
500 ml.
- Solución de Cloruro de Sodio al 0.9% con heparina
- 7.384 pH Reference Buffer, IL,
500 ml.

- 6.840 pH Buffer Tampon, IL,
500 ml.
- Solución de lavado, IL,
100 ml.
- Reference Electrode Membrane Block Kit. Conteniendo:
 - a) IL Test KCl Saturated Solution
17 ml.
 - b) IL Test KCl Tablets
50 tabletas.
 - c) 4 membranas desechables
- PO₂ Membrana Block Kit, conteniendo:
 - a) IL Test PO₂ Electrolyte (p/membrana)
7 ml.
 - b) 4 membranas desechables
- PCO₂ Membrana Block Kit, conteniendo:
 - a) IL Test PCO₂ Electrolyte (p/membrana)
20 ml.
 - b) 4 membranas
- LIMITE DE LOS CONTROLES:

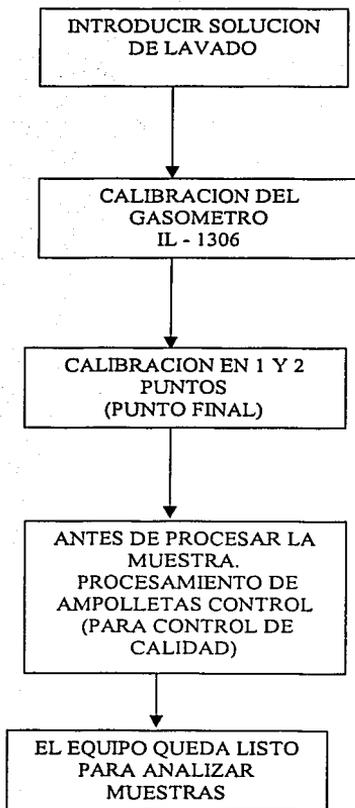
	ACIDOSIS	NORMAL	ALCALOSIS
PH	7.148-7.188	7.385-7.425	7.550-7.590
PCO ₂	56-60	34-40	19-25
PO ₂	50-62	92-104	145-159

IL Test Blood Gas Control, contienen, solución buffer, bióxido de carbono, oxígeno y preservativo.

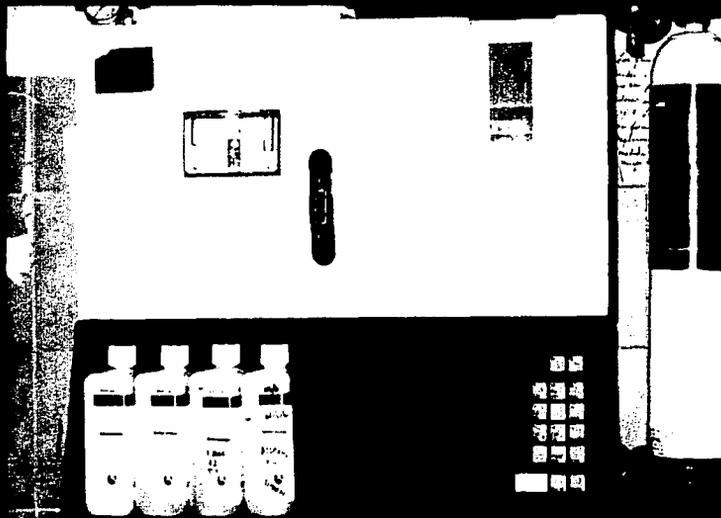
PAPEL PARA IMPRESORA DE IL 1306

PARTE EXPERIMENTAL

DIAGRAMA DE FLUJO:



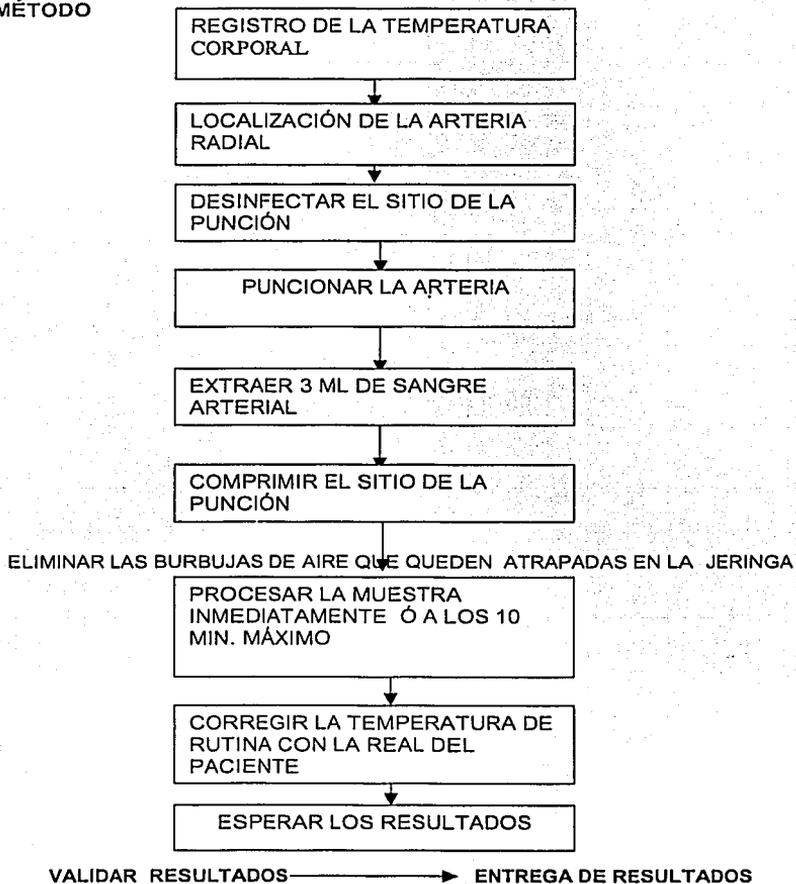
EQUIPO ANALIZADOR DE GASES.



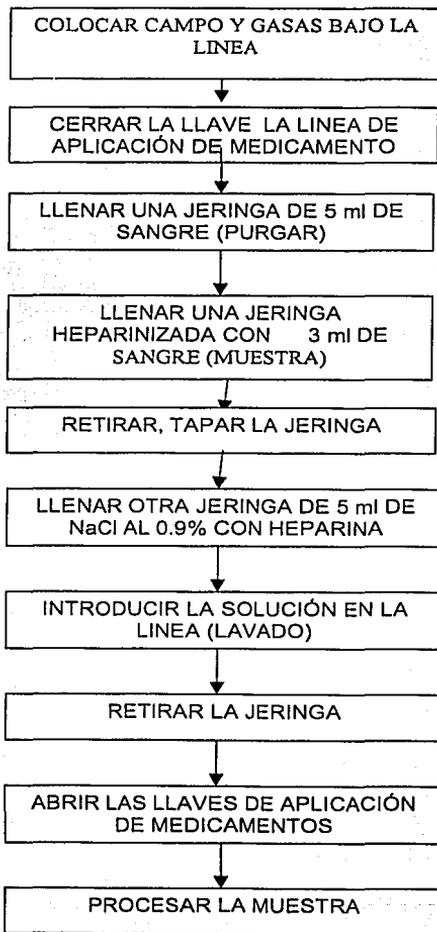
Instrumentation Laboratory 1306

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MÉTODO



MÉTODO PACIENTE CON LINEA.



TOMA DE MUESTRA

La toma de muestra en la sala de Terapia Intensiva se hace cada 6 horas, ya que es un estudio de rutina para observar la evolución del paciente, por lo tanto no se le avisa al paciente que se le va a tomar muestra, ni tampoco se le selecciona.

Tradicionalmente las arterias radiales, femoral o braquial son los sitios preferidos de muestreo para gases arteriales o la línea del catéter con base en el estado clínico del paciente.

1. Lavarse las manos y colocarse los guantes de látex.
2. Etiquetar correctamente la jeringa con los datos completos del paciente.
3. En una jeringa de 3ml, aspirar heparina sódica de 1000 U.I./ml, impregnando toda la jeringa, dejando al final lleno el espacio muerto de la misma. Esto además de actuar como anticoagulante evita burbujas.
4. Desinfectar la piel en el sitio de la punción con una torunda con alcohol.
5. Palpar las arterias radial y cubital y elegir el sitio de la punción.
6. Puncionar la arteria, el ángulo entre la aguja y la arteria debe ser lo mas cercano posible, por que así el orificio de la pared arterial toma una posición oblicua, de modo que las fibras circulares del músculo liso lo cierran al retirar la aguja.
7. Extraer 1 ml de sangre. Si al llenar la jeringa queda alguna burbuja, eliminarla de inmediato. Después ponga un tapón en la jeringa y comprimir el sitio de punción unos dos minutos por lo menos.
8. Analizar la sangre lo más pronto posible, pues el metabolismo de los componentes modifica el resultado después de 20 min a temperatura ambiente. Si se enfría la muestra en agua de hielo, este tiempo puede alargarse por 1 hora, como máximo. En este caso particular la muestra se analizó inmediatamente.

EN CASO DE TENER LÍNEA EL PACIENTE.

- Cerrar las llaves de aplicación de medicamentos.
- Colocar el campo de tela y unas gasas bajo la línea para evitar derramar sangre sobre el paciente.
- Abrir la llave de la línea directa a la arteria.
- Llenar una jeringa de 5 ml para purgar la línea.
- Retirar la jeringa, desecharla y proceder a llenar otra jeringa previamente impregnada con heparina y perfectamente etiquetada con los datos del paciente con 3 ml de muestra.
- Retirar la jeringa y tapar con el capuchón.
- Llenar otra jeringa de 5 ml con solución fisiológica y heparina
- Conectar a la línea e introducir dicha solución a manera de lavar la línea
- Retirar esa jeringa
- Abrir las llaves de aplicación del medicamento nuevamente

En la Unidad de Cuidados Intensivos la lectura de temperatura real del paciente se hace a través de un monitor que se encuentra conectado directamente al paciente.

MANEJO DE LA MUESTRA

Todos los especímenes de sangre en recipiente cerrados deben colocarse de inmediato en agua helada, sino se le va a procesar al instante. La sangre consume oxígeno y libera bióxido de carbono a una velocidad que depende de la temperatura, con base a requerimientos metabólicos del paciente (25).

Al reducir la temperatura de los gases se deprime el metabolismo de los elementos celulares. En efecto poniendo inmediatamente la muestra en agua de hielo metabolismo disminuye tanto que la muestra tarda 2 horas en experimentar cambios de importancia. Como regla general, las muestras de sangre arterial deben analizarse antes de 10 minutos, en nuestro caso específicamente la muestra deberá analizarse inmediatamente ya que se esta considerando la temperatura del paciente (29).

CONTROL DE CALIDAD DEL EQUIPO

PROCESAMIENTO DE AMPOLLETAS IL1306.

1. De la pantalla "listo", levantar la aguja de toma
2. Tomar una ampolleta control, destaparla y colocarla en la aguja de toma, esperar que absorba la solución, cuidando de que la aguja de toma llegue al fondo de la solución sin tocar las paredes, esperar el sonar de la alarma "ocupado".
3. Regresar la aguja a su posición inicial, y esperar los resultados.
4. Esto se repite con cada una de las ampolletas de los tres niveles (normal, Acidosis, Alcalosis) cada 24 horas o después de haber solucionado algún problema del equipo.
5. Verificar los resultados obtenidos, con los insertos correspondientes de cada nivel, los cuales deben estar incluidos dentro del rango establecido (20).

PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA

1. Después de tomar la muestra adecuadamente, siguiendo los pasos para toma de muestras arteriales.
2. Seleccionar los datos del paciente, de temperatura y hemoglobina si se conocen los datos reales del paciente. En caso de no tener por default el equipo trabaja a 37°C y a 15 g/dl de hemoglobina.
3. Eliminar las burbujas que hayan quedado en el interior de la jeringa.
4. Homogeneizar la muestra y desechar las primeras gotas para verificar la ausencia de coágulos.
5. Levantar la aguja de toma e introducir la muestra cuando aparece en la pantalla el mensaje "listo", hasta el sonar de la alarma de "ocupado".
6. Retirar la muestra y limpiar la aguja de toma, con una gasa húmeda y regresarla a su posición inicial.
7. Esperar los resultados impresos.
8. Validar los resultados.
9. Entregar resultados.
10. El equipo se lava automáticamente después de procesar la muestra y posteriormente se va a calibración de 1 punto para luego regresar a la pantalla "listo".
11. El equipo realiza una calibración automáticamente en 2 puntos cada 20 minutos (20).

CONTROL DE CALIDAD

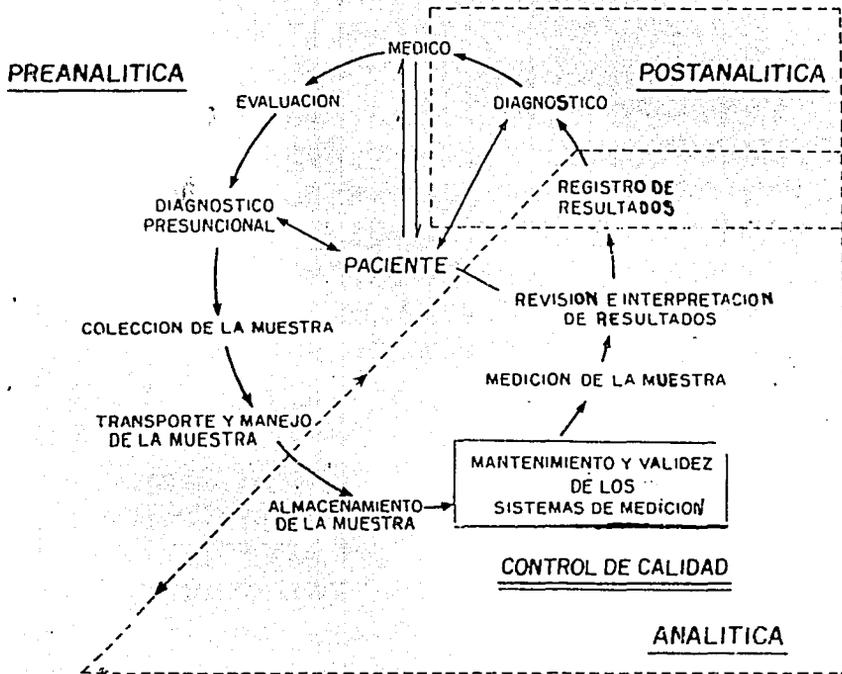
El objetivo del control de calidad (CC) es asegurar que los resultados de pacientes que el laboratorio informa sean confiables, es decir, precisos y exactos. Un programa de CC incluye aquellas actividades que aseguran la calidad de los resultados de pacientes.

Los materiales de CC disponibles comercialmente vienen envasados en ampollas de vidrio y consisten de: (1) soluciones amortiguadoras acuosas equilibradas con gases de concentraciones conocidas, (2) soluciones basadas en sangre (conteniendo hemoglobina libre o glóbulos rojos), y (3) emulsiones perfluorocarbonadas.

Las muestras comerciales de CC tienen valores asignados para cada parámetro y están disponibles en por los menos tres niveles (concentraciones) que corresponden a resultados normales, y a resultados observados en acidemia y alcalemia.

El propósito de analizar muestras de CC a intervalos regulares es asegurar la confiabilidad de los resultados de pacientes, y evaluar el desempeño y la variación del instrumento a corto y largo plazo. Los resultados aceptables de CC testimonian el correcto desempeño del instrumento. Cuando los resultados de CC caen dentro de la gama de valores aceptables, los clínicos pueden estar seguros de que se informan resultados de pacientes clínicamente útiles para diagnosticar, tratar, y seguir la evolución del estado del paciente.

CICLO DE SEGURIDAD EN LA CALIDAD



30

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¿Quién es el paciente de Cuidado Intensivo?

→Respiratorios

→Cardíacos

→Renal

→Trauma

→Cirugía

→Infantes Prematuros

Pruebas requeridas en la Unidad de Cuidados Intensivos

- **Balance Ácido Base Gases en sangre (PO₂, PCO₂ y PH).**
- **Electrolitos**
Na, K, Cl, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺
- **Glucosa**
- **Anemia (Htc)**
- **Evaluación Renal**
Creatinina
- **Panel Cardíaco**
- **Monitoreo de drogas terapéuticas**
- **Pruebas de funcionamiento hepático.**

...Características necesarias para obtener una muestra de calidad...

Necesidades del Usuario	Soluciones de BDVS
<ul style="list-style-type: none">• Necesidad de sangre arterial.	<p>Jeringas de llenado natural y predeterminado que permiten verificar la entrada a la arteria.</p>
<ul style="list-style-type: none">• Minimizar el % de error.	<p>Jeringas pre-llenadas con un anticoagulante seco.</p>
<ul style="list-style-type: none">• Minimizar la permeabilidad de gases.	<p>Jeringas de polipropileno de alta densidad con membrana de ventilación de un émbolo especial.</p>
<ul style="list-style-type: none">• Minimizar el contacto con el aire.	<p>El llenado automático minimiza la formación de burbujas de aire.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar errores en las determinaciones de electrolitos Ca⁺⁺. 	<p>Heparina de Litio. Nueva jeringa con Heparina de Litio Balanceada.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar la variación y pérdida de muestras por mala homogenización. (sedimentación y microcoágulos). 	<p>Diámetro interno de la jeringa adecuado para una buena homogenización.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar el número de pasos durante la toma. 	<p>Jeringa lista para usarse</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil identificación 	<p>Barril de 3 y 5 ml para fácil identificación.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de sacar el aire excedente. 	<p>Membrana de auto-ventilación.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilidad con instrumentos. 	<p>Ambas puntas slip y leer lok.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de chequeo visual. 	<p>Barril de 3 y 5 ml</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar los movimientos de la jeringa. • No daño a la arteria • Minimizar el riesgo de contacto con la muestra. 	<p>Jeringa de llenado automático.</p> <p>Agujas precisión Glide® Bisel para punción arterial.</p> <p>Fácil penetración</p> <p>Tapón para la aguja.</p> <p>Embolo con sello automático al contacto con la muestra.</p>
--	--

EFECTOS PRE- ANALITICOS

PRUEBA	VALOR NORMAL	VARIABLE PRE-ANALITICA
PH	7.35 – 7.45	Formación de burbujas
PO2	75 – 95 mm Hg	Formación de burbujas
PCO2	32 - 45 mm Hg	Formación de burbujas
Na	135 – 145 mmol/l	Heparina de sodio
K	3.2 – 5 mmol/l	Anticoagulante
Cl	97-111 mmol/l	Anticoagulante
Glucosa	75-110 mg/dl	Dilución
Hct	35-50%	Mezclado/Coágulos
Ca ⁺⁺	1.7 – 1.2 mmol/l	Heparina
Mg ⁺⁺	0.7 – 0.91 mmol/l	Heparina

RESULTADOS

A CONTINUACIÓN SE REPORTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE PH, PCO₂ Y PO₂ , EN 100 MUESTRAS DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS EN LOS CUALES SE OBSERVO VARIACIÓN EN LA TEMPERATURA . VEASE GRÁFICAS Y TABLAS.

Tabla de valores de 100 pacientes

pH

No. De Pacientes	pH a 37°C (mmHg)	Temperatura real del paciente en °C	pH a Temperatura real del paciente (mmHg)
1	7.434	34.9	7.466
2	7.354	38.9	7.327
3	7.444	37.9	7.431
4	7.383	38.3	7.364
5	7.33	38.6	7.307
6	7.374	37.8	7.362
7	7.237	39.2	7.207
8	7.388	38.5	7.366
9	7.351	39.5	7.315
10	7.344	40	7.301
11	7.381	34	7.424
12	7.382	33.5	7.433
13	7.276	35.7	7.295
14	7.329	36	7.344
15	7.397	36	7.412
16	7.335	36.5	7.342
17	7.44	36.5	7.451
18	7.247	36.5	7.292
19	7.361	35.6	7.382
20	7.337	39.9	7.296
21	7.358	39.9	7.316
22	7.348	36.1	7.361
23	7.475	38	7.46
24	7.399	35	7.4
25	7.194	39	7.167
26	7.141	35.8	7.156
27	7.087	35.8	7.102
28	7.406	36	7.42
29	7.206	36	7.22
30	7.349	36	7.363
31	7.247	38	7.232
32	7.456	35	7.486
33	7.295	36.5	7.302
34	7.311	39.1	7.281
35	7.25	35.5	7.26
36	7.428	36	7.443
37	7.406	36	7.42
38	7.433	36	7.448
39	7.415	36.3	7.425
40	7.398	36.5	7.405
41	7.437	36.8	7.439
42	7.28	36	7.285
43	7.343	36	7.461
44	7.455	37.5	7.447
45	7.207	37.8	7.197

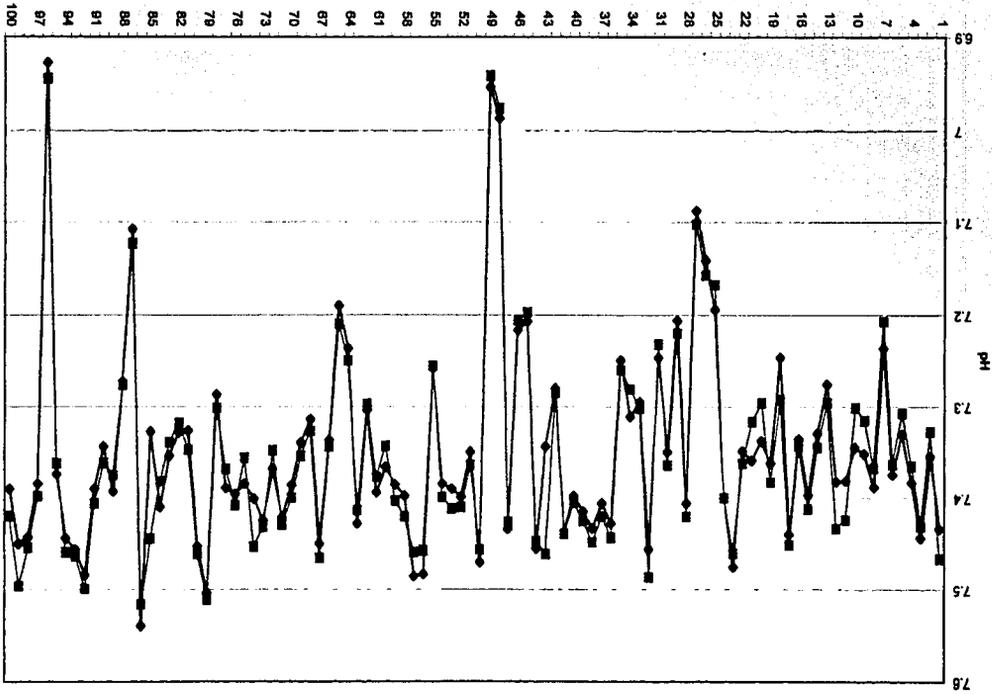
No. De Pacientes	pH a 37°C (mmHg)	Temperatura real del paciente en °C	pH a Temperatura real del paciente (mmHg)
46	7.217	37.8	7.206
47	7.434	37.5	7.426
48	6.987	38	6.977
49	6.955	38	6.943
50	7.47	38	7.456
51	7.349	36	7.363
52	7.399	35	7.41
53	7.39	35.8	7.412
54	7.384	36	7.399
55	7.259	37.5	7.256
56	7.483	38.7	7.457
57	7.485	38.7	7.459
58	7.398	35.5	7.42
59	7.385	35.8	7.403
60	7.365	35.7	7.342
61	7.394	35.7	7.376
62	7.304	36.5	7.297
63	7.428	36	7.413
64	7.237	36	7.25
65	7.19	35.5	7.21
66	7.336	36.5	7.343
67	7.45	36.2	7.465
68	7.314	36.1	7.326
69	7.339	36	7.353
70	7.386	36	7.4
71	7.422	36.5	7.429
72	7.367	38.4	7.347
73	7.425	36.5	7.432
74	7.401	33.5	7.453
75	7.384	39	7.355
76	7.396	36	7.408
77	7.389	38.5	7.367
78	7.287	36	7.301
79	7.504	36.5	7.511
80	7.453	36.5	7.461
81	7.326	35.6	7.346
82	7.327	37.7	7.317
83	7.353	38	7.338
84	7.41	39	7.381
85	7.327	35.8	7.444
86	7.539	38.5	7.516
87	7.108	35.8	7.123
88	7.273	36.8	7.276
89	7.393	38.3	7.374
90	7.343	35.8	7.36
91	7.39	36	7.406
92	7.484	36	7.499

No. De Pacientes	pH a 37°C (mmHg)	Temperatura real del paciente en °C	pH a Temperatura real del paciente (mmHg)
93	7.456	36.5	7.463
94	7.444	36.5	7.459
96	6.929	35.5	6.946
97	7.384	36	7.398
98	7.443	35.6	7.454
99	7.45	34	7.496

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

pH en mmHg

—●— pH A 37°C
—■— pH temperatura real del paciente



47

Tabla de valores de 100 pacientes.

PCO2

No. De pacientes	PCO2 a 37°C	Temperatura real del paciente	PCO2 mmHg
1	28.4	34.9	25.9
2	30.6	38.9	33.3
3	26.9	37.9	28
4	31.7	38.3	33.6
5	30	38.6	32.2
6	30.6	37.8	31.7
7	31.6	39.2	34.8
8	28.6	38.5	30.5
9	41.7	39.5	46.6
10	25.8	40	29.4
11	33.8	34	29.6
12	29.2	33.5	25.1
13	33.8	35.7	32
14	35.8	36	34.3
15	25.8	36	24.7
16	32.3	36.5	31.6
17	29.4	36.5	28.8
18	38.2	36.5	33.5
19	38.8	35.6	36.5
20	71.2	39.9	80.9
21	66.5	39.9	75.5
22	39.4	36.1	37.8
23	26.3	38	27.5
24	27.1	35	26.8
25	84.9	39	92.8
26	37.9	35.8	35.9
27	47.4	35.8	45
28	43	36	41.2
29	32.5	36	31.1
30	31.4	36	30.1
31	61.2	38	63.9
32	27.4	35	25.1
33	29.4	36.5	28.7
34	30.4	39.1	33.3
35	20.3	35.5	19
36	30.8	36	29.5
37	32.5	36	31.1
38	24.2	36	23.2
39	24	36.3	23.3
40	49.9	36.5	48.8
41	41.2	36.8	40.8
42	44.1	36	42.2
43	25.8	36	24.7
44	31.4	37.5	32.1
45	51.1	37.8	52.9

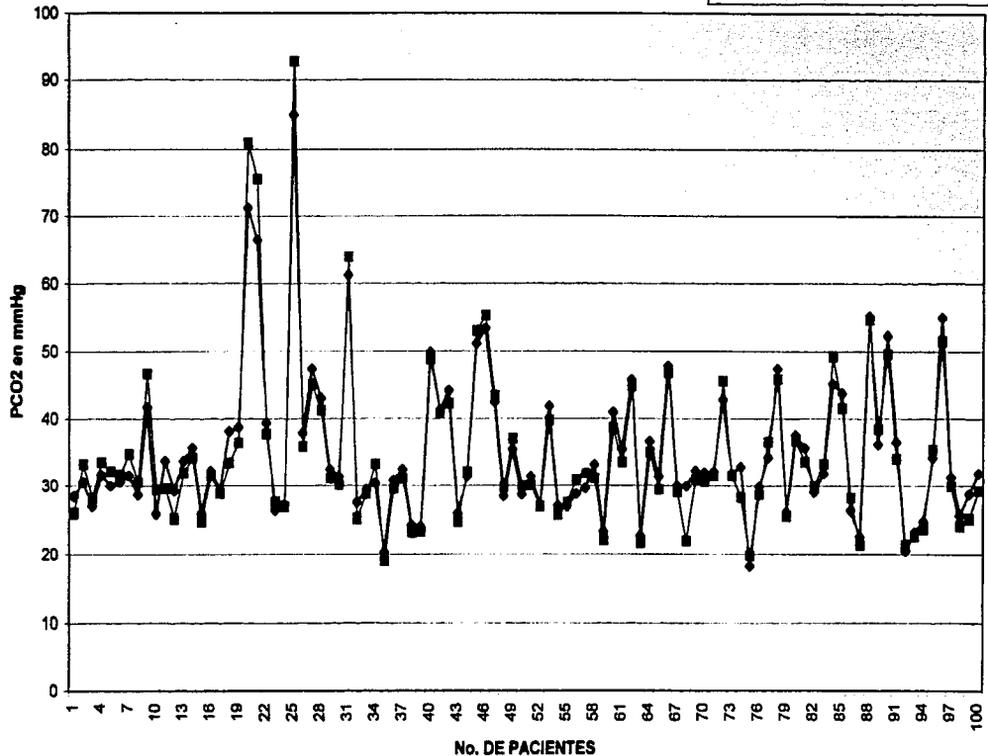
No. De pacientes	PCO2 a 37°C	Temperatura real del paciente	PCO2 mmHg
46	53.3	37.8	55.2
47	42.4	37.5	43.3
48	28.4	38	29.7
49	35.5	38	37.1
50	28.6	38	29.9
51	31.4	36	30.1
52	27.1	35	26.8
53	41.8	35.8	39.7
54	26.9	36	25.7
55	26.8	37.5	27.4
56	28.7	38.7	30.9
57	29.6	38.7	31.9
58	33.2	35.5	31.1
59	23.3	35.8	22.1
60	40.9	35.7	38.6
61	35.5	35.7	33.6
62	45.7	36.5	44.7
63	22.7	36	21.7
64	36.7	36	35.1
65	31.4	35.5	29.4
66	47.8	36.5	46.7
67	30	36.2	29
68	29.9	36.1	22
69	32.3	36	30.9
70	32	36	30.6
71	32.2	36.5	31.5
72	42.8	38.4	45.5
73	31.9	36.5	31.5
74	32.9	33.5	28.2
75	18.2	39	19.8
76	29.8	36	28.6
77	34.3	38.5	36.6
78	47.4	36	45.8
79	26	36.5	25.5
80	37.6	36.5	36.8
81	35.7	35.6	33.6
82	29	37.7	29.9
83	31.9	38	33.3
84	45.1	39	49.2
85	43.7	35.8	41.5
86	26.3	38.5	28.1
87	22.6	35.8	21.4
88	55.1	36.8	54.6
89	36.3	38.3	38.5
90	52.2	35.8	49.6
91	36.6	36	34.1
92	20.5	36	21.4

No. De pacientes	PCO2 a 37°C	Temperatura real del paciente	PCO2 mmHg
93	23.2	36.5	22.7
94	24.7	36.5	23.7
95	34.3	35.5	35.5
96	54.9	35	51.5
97	31.3	36	29.9
98	25.6	35.6	24.1
99	28.7	34	25.1
100	31.9	35	29.2

PCO2

—●— PCO2 A 37°C
 —■— PCO2 temperatura real del paciente

15



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla de valores de 100 pacientes PO2

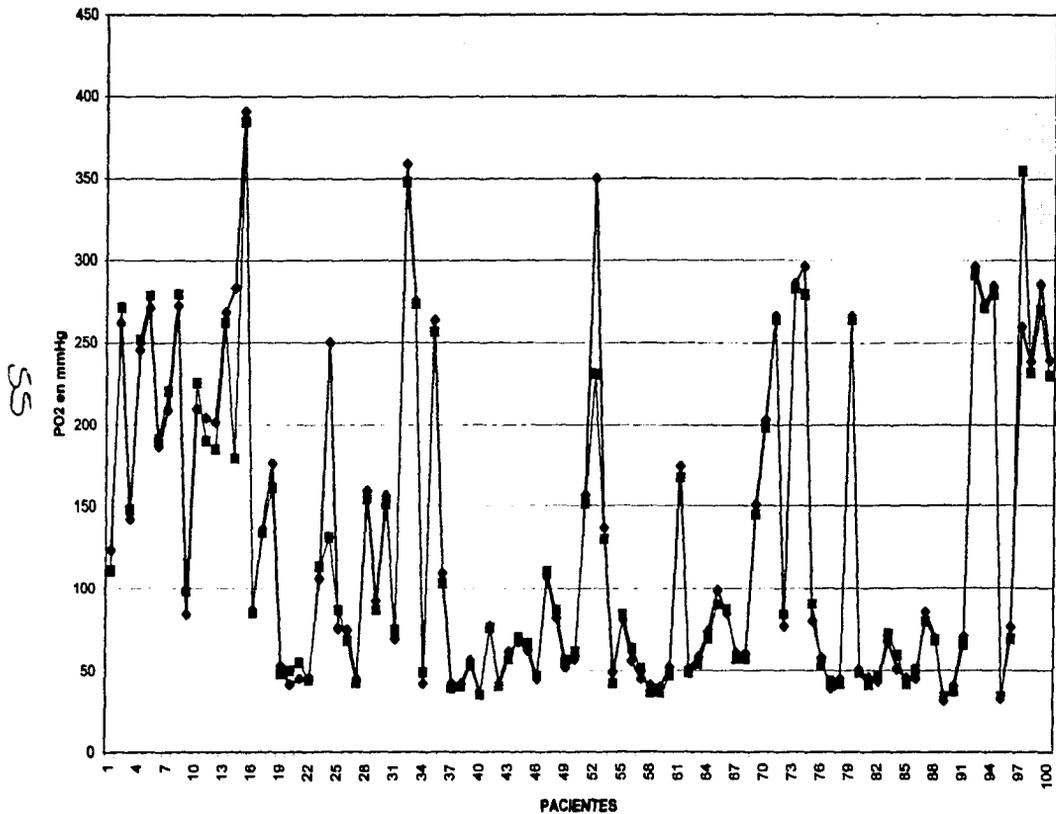
No. De pacientes	PO2 (mmHg) a 37°C	Temperatura real del paciente	PO2 (mmHg) a temperatura real del paciente
1	123.4	34.9	111
2	262.3	38.9	271.5
3	142.5	37.9	148.1
4	245.5	38.3	251.8
5	271.3	38.6	279
6	186.6	37.8	190.9
7	209.4	39.2	220.8
8	272.7	38.5	280
9	83.4	39.5	98
10	210.2	40	225.8
11	204.4	34	189.7
12	201.8	33.5	184.7
13	268.7	35.7	262.6
14	284	36	179
15	391	36	385
16	86	36.5	84
17	136	36.5	134
18	176	36.5	161
19	53	35.6	48
20	41	39.9	50
21	45	39.9	55
22	46	36.1	44
23	106	38	113
24	250	35	131
25	75	39	86
26	74	35.8	68
27	45	35.8	42
28	159	36	154
29	92	36	86
30	156	36	151
31	69	38	74
32	359	35	348
33	276	36.5	274
34	42	39.1	49
35	264	35.5	257
36	109	36	103
37	42	36	39
38	42	36	40
39	56	36.3	53
40	36	36.5	35
41	76	36.8	75
42	42	36	40
43	61	36	57
44	67	37.5	69
45	62	37.8	66

No. De pacientes	PO2 (mmHg) a 37°C	Temperatura real del paciente	PO2 (mmHg) a temperatura real del paciente
46	45	37.8	47
47	107	37.5	110
48	81	38	86
49	52	38	56
50	57	38	61
51	156	36	151
52	350	35	231
53	137	35.8	130
54	49	36	42
55	80	37.5	83
56	56	38.7	63
57	45	38.7	51
58	41	35.5	36
59	40	35.8	36
60	52	35.7	47
61	174	35.7	167
62	51	36.5	49
63	58	36	54
64	73	36	69
65	99	35.5	90
66	84	36.5	87
67	60	36.2	57
68	60	36.1	57
69	150.6	36	144.7
70	203.2	36	198.2
71	266.6	36.5	264.3
72	75.9	38.4	83.3
73	286	36.5	283.6
74	296.4	33.5	280
75	79.3	39	90.5
76	57.4	36	53.6
77	39	38.5	43.4
78	44.9	36	41.9
79	266.5	36.5	264.2
80	50.4	36.5	48.7
81	45.6	35.6	41.3
82	43.5	37.7	45.7
83	66.9	38	71.6
84	51.1	39	58.8
85	45.4	35.8	41.8
86	45.1	38.5	50.1
87	85.4	35.8	79.1
88	68.7	36.8	67.7
89	31	38.3	34
90	40.7	35.8	37.4
91	69.8	36	65.2
92	296	36	291

No. De pacientes	PO2 (mmHg) a 37°C	Temperatura real del paciente	PO2 (mmHg) a temperatura real del paciente
93	274	36.5	271.7
94	284.4	36.5	279.7
95	32.4	35.5	34.2
96	75.7	35	68.5
97	259.8	36	354.6
98	238.3	35.6	231.6
99	285.4	34	270.1
100	239.1	35	229.7

PO2 en mmHg

—●— PO2 a 37°C
—■— PO2 temperatura real del paciente



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tanto los valores corregidos de los gases (obtenidos a la temperatura real del paciente), como los no corregidos (obtenidos a 37°C) son de utilidad en pacientes con desviaciones importantes de la temperatura corporal. No existen bases lógicas o científicas para suponer que los valores corregidos de la temperatura son mejores que los valores a 37 ° C. En realidad los datos técnicos y biológicos disponibles en relación con la corrección de la temperatura de los valores de los gases sanguíneos llevan a la conclusión de que no existen ventajas clínicas en la utilización de otros valores que no sean los obtenidos a 37° C.(19).

Se trabajó con 100 pacientes de Terapia Intensiva, sin importar edad, sexo ni algún diagnóstico clínico específico, y se observó que la mayoría de los pacientes (66 de 100). Presentaron hipotermia y el resto (34 de 100) presentaron hipertermia.

Al comparar los valores de los resultados de pH, pCO₂, y pO₂ tenemos que a temperaturas menores de 37°C, el pH aumenta y la pCO₂ y pO₂ disminuyen y a temperaturas mayores de 37°C, el pH disminuye y la pCO₂ y pO₂ aumentan, aunque las variaciones observadas no son clínicamente significativas. Al graficar los valores de los resultados de pH, pCO₂ y pO₂, tomando en cuenta la temperatura corporal y la corregida del paciente se observó que estadísticamente en algunos casos si hay diferencia, significativa aunque dichos valores son muy cercanos unos con otros.

CONCLUSIONES

1.-La determinación de gases sanguíneos es un examen muy importante ya que proporciona información acerca de los trastornos en el transporte de oxígeno, edo. Ácido-base del paciente, evalúa la capacidad pulmonar y ayuda al ajuste de la oxigenoterapia.

2.- Al analizar una gasometría es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

Que la muestra sea de calidad.

Así como que, este bien etiquetada con los datos de paciente.

Que se anote correctamente la temperatura .

Que la muestra se transporte adecuadamente.

Que el equipo en el que se procesará la muestra este bien calibrado.

La muestra no debe tener coágulos ni burbujas.

3.- Al analizar los resultados de las muestras procesadas se observa que sí caen dentro del rango establecido para la sangre arterial. No existen ventajas clínicas en la utilización de la temperatura corporal del paciente y la estandarizada del equipo (37°C), ya que no se observan diferencias significativas.

4.- Aunque la corrección de la temperatura de los gases sanguíneos no puede considerarse errónea, el proceso implica varias desventajas prácticas. Primero la corrección de la temperatura supone que el laboratorio ha recibido la temperatura real del paciente en el momento de la toma de muestra y segundo los valores corregidos pueden confundirse con los no corregidos y viceversa.

Los datos disponibles apoyan el concepto de que los valores de los gases sanguíneos debe informarse sólo de rutina a 37°C y que los valores corregidos según la temperatura deben calcularse sólo cuando son pedidos por el médico. De este modo puede evitarse la confusión, asumiendo el médico, la responsabilidad por la interpretación de los valores corregidos que ha solicitado.

Terminología

Relativa al Análisis de Gases en sangre / pH

Término	Significado
ACIDO	Sustancia capaz de donar iones hidrógeno
ACIDEMIA	pH arterial menor a lo normal (< 7.35). concentración excesiva de H ⁺ en sangre
ACIDOSIS	Condición respiratoria o metabólica que conduce al aumento de la concentración de H ⁺
ACIDO CARBÓNICO	El ácido principal de la sangre, es un ácido volátil H ₂ CO ₃ . Resulta de la combinación del CO ₂ con el H ₂ O
ÁCIDO LÁCTICO	Ácido de la sangre producto del uso de vías metabólicas anaeróbicas. Aumenta cuando hay hipoxia
AFINIDAD	Fuerza que impele a ciertos átomos a unirse a ciertos otros para formar compuestos; atracción.
AFINIDAD DE OXÍGENO	Estabilidad o inestabilidad de la unión del oxígeno con la hemoglobina.
AGUDO	Se refiere a la severidad así como también a la rapidez de instauración de una anormalidad fisiológica.
ALCALEMIA	pH arterial mayor que 7.45
ALCALOSIS	Condición respiratoria o metabólica que conduce a una caída en la concentración de H ⁺
ALVEOLAR, VENTILACIÓN	Es aquella porción del movimiento del aire que entra y sale de los pulmones que intercambia moléculas de gas con al sangre pulmonar, es la "ventilación efectiva". La hipoventilación alveolar causa una presión parcial de dióxido de carbono arterial arriba de lo normal (> 45 mmHg).

La hiperventilación alveolar causa una presión parcial de dióxido de carbono arterial por debajo de lo normal (< 35 mmHg)

ALVÉOLO

Unidad funcional pulmonar de intercambio gaseoso. Son pequeños bolsos de tejido pulmonar rodeadas de una red de capilares sanguíneos.

ANEMIA

Deficiencia cuantitativa de hemoglobina, comúnmente involucra una disminución de glóbulos rojos de la sangre.

APNEA

Cese de la respiración.

ARTERIAL

Relacionado con las arterias o al sistema de arterias.

ASMA

Enfermedad de raíz alérgica, marcada por ataques recurrentes de disnea, debidos a obstrucción por contracción espasmódica del músculo liso de los bronquiolos. Es común la emisión de ruidos sibilantes.

BASE

Sustancia capaz de aceptar iones hidrógeno. Todas las bases son sustancias alcalinas.

BASE BUFFER (BB)

El total combinado de todos los aniones buffers en el plasma (bicarbonato + iones proteicos + fosfatos). Entre los aniones proteicos la hemoglobina es lo más importante. El valor normal es 46 mmol/l. El valor de la base buffer de la sangre entera es un poco mas elevado dado que incluye la hemoglobina contenida en los eritrocitos.

BICARBONATO ESTÁNDAR

Valor del bicarbonato en plasma con un PCO₂ controlada de 40 mmHg y a 37°C.

BALANCE ÁCIDO - BASE

Proceso fisiológico de mantenimiento de la concentración de iones de hidrógeno en

	niveles normales es una parte de la homeostasis.
BICARBONATO REAL	Cantidad real de bicarbonato HCO_3^- expresada en mmol/l de plasma tal como existía en el paciente. Si el paciente tiene una PCO_2 de 40 mmHg, la hemoglobina completamente saturada, y una temperatura de 37°C , el bicarbonato real y bicarbonato estándar son idénticos.
BUFFER (o Tampón)	Sustancia capaz de recibir el agregado de ácido y bases sin que su pH original se altere apreciablemente.
CAPILAR	Vaso sanguíneo de paredes delgadas que conecta los vasos arteriales con los venosos. En los pulmones rodean al alvéolo, con la luz del cual intercambian gases.
CAPACIDAD DE OXÍGENO	El contenido máximo de oxígeno posible en la sangre.
CARBOXIHEMOGLOBINA	Unión estable de monóxido de carbono y hemoglobina. Ocupa los sitios de unión de la molécula de hemoglobina.
CIANOSIS	Coloración azul de la piel y mucosas debida a la oxigenación deficiente de la sangre; aparece cuando la hemoglobina no oxigenada excede 5g/100ml.
CLARK (ELECTRODO DE)	Dispositivo (transductor) para medir la presión parcial de oxígeno, por reducción del oxígeno disuelto.
COEFICIENTE DE SOLUBILIDAD	Factor aritmético que representa el grado al que una sustancia se disolverá en una solución bajo condiciones físicas específicas.
COMPENSACIÓN	Respuesta secundaria por parte del pulmón o del riñón que tiende a restaurar el pH a 7.40.

CONTENIDO DE OXÍGENO

El contenido total de oxígeno en la sangre, bajo las formas de oxihemoglobina y oxígeno disuelto.

CONTENIDO TOTAL DE CO₂ (TO₂)

Cantidad de CO₂ que es posible extraer del plasma en presencia de un ácido fuerte. El contenido total de CO₂ consiste en bicarbonato (HO₃-), ácido carbónico (H₂CO₃) y el dióxido de carbono gaseoso disuelto ($0.0031 \cdot PCO_2$).

CURVA DE DISOCIACIÓN DEL OXIGENO

Representación gráfica de la asociación /disociación química de oxígeno la hemoglobina, frente a diferentes presiones parciales de oxígeno.

DÉFICIT DE BASES

Cantidad de bicarbonato expresado en miliequivalentes por litro por debajo del nivel normal de bases buffer (exceso de bases negativo). Ver exceso de bases.

The number of miliequivalents per liter of bicarbonate below the normal buffer base level (negative base excess).

DIÓXIDO DE CARBONO CO₂

El producto normal del metabolismo aeróbico.

DIFUSIÓN

Movimiento de moléculas de gas a través de una membrana permeable.

DISOCIACIÓN

Estado iónico de una sustancia en solución en que los elementos están separados y tienen cargas eléctricas netas.

EXCESO DE BASES (BE o EB)

Cantidad de base (o de ácido) fuerte, expresada en milimol que sobran por litro de sangre, considerando el valor normal arbitrariamente como 0 (rango normal ± 3 mmol/l). El valor normal es la base buffer.

Dicho de otra forma, es la diferencia entre la BB real y el valor normal de BB.

También es la cantidad de base (o de ácido) fuerte, expresada en moles que se

necesita agregar a un litro de sangre para llevar el pH a 7.40, estando la PCO_2 en 40 y la temperatura en 37.0°C.

Valores positivos expresan exceso de bases (o déficit de ácido) y viceversa, valores negativos expresan falta principalmente la concentración de bicarbonato y es afectado únicamente por procesos metabólicos. Los valores positivos reflejan alcalosis metabólica y los valores negativos reflejan acidosis metabólica.

ELECTROLITOS

Iones en los fluidos corporales, Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Calcio (Ca^{++}), Cloruro (Cl^-), Bicarbonato (HCO_3^-).

ELECTRONES

Partícula atómica con carga negativa; son esenciales en todas las reacciones químicas.

ELEMENTO

Sustancia en su forma más simple, constituida por átomos de iguales propiedades químicas e imposibles de descomponer en otras sustancias más sencillas por métodos químicos.

ENFISEMA

Enfermedad crónica del pulmón en que se destruyen los alvéolos.

EDEMA PULMONAR

Acumulación excesiva de fluido en los pulmones.

EMBOLIA PULMONAR

Obstrucción de una porción del árbol vascular pulmonar que implica bloqueo al flujo de sangre arterial. Generalmente causada por coágulos de sangre.

EQUILIBRIO

Balance secretada por las células, que actúa como un catalizador que induce cambios químicos, acelerando o retardando reacciones.

ENZIMA

Proteína secretada por las células, que actúa como un catalizador que induce

	cambios químicos, acelerando o retardando reacciones.
FIO₂	Fracción de oxígeno inspirado; el porcentaje de oxígeno en el aire inspirado. Es 0.21%.
GASES EN SANGRE	Se refiere a la medida de las presiones parciales de dióxido de carbono y de oxígeno en la sangre.
H⁺	Ion Hidrógeno
[H⁺]	Concentración de iones hidrógeno.
HASSELBALCH	La ecuación de Henderson – Hasselbalch es una forma logarítmica de la ecuación de Henderson. $PH = pK_a + \log [HCO_3^-] / [H_2CO_3]$
HEMOGLOBINA	Proteína roja del eritrocito responsable de transportar el oxígeno entre los pulmones y los tejidos que lo consumen. Es además un importante anión buffer de la sangre.
HENDERSON	La ley de acción de masas aplicada a la disociación del H ₂ CO ₃ .
HIPERCAPNIA	Nivel de dióxido de carbono en sangre superior a lo normal (> 45mmHg).
HIPERNATREMIA	Nivel de Na ⁺ plasmático superior al rango normal (138 a 146 mmol/l).
HIPERKALEMIA	Nivel de potasio plasmático superior a lo normal (> 5 mmol/l).
HIPERTERMIA	Temperatura corporal superior a lo normal; fiebre.
HIPERVENTILACIÓN	Movimiento de aire superior a lo normal entrando y saliendo de los pulmones.
HIPOCAPNIA	Nivel de dióxido de carbono en sangre inferior a lo normal(< 35 mmHg).

HIPONATREMIA	Nivel de Na ⁺ plasmático inferior al rango normal (138 a 146 mmol/l).
HIPOTERMIA	Nivel de potasio plasmático inferior a lo normal (< 3.8 mmol/l).
HIPOVENTILACIÓN	Movimiento de aire en cantidad inferior a lo normal entrando y saliendo de los pulmones.
HIPOXEMIA	Presión parcial de oxígeno arterial inferior a lo normal.
HIPOXIA	Estado de deficiencia de oxígeno en los tejidos.
HOMEOSTASIS	Condición en que las interrelaciones de los sistemas fisiológicos mantiene el estado normal.
HUMEDAD	Agua en estado gaseoso contenida en otra sustancia, vapor de agua en un gas.
INSUFICIENCIA RESPIRATORIA	Incapacidad en los pulmones para satisfacer las demandas metabólicas del organismo.
ION BICARBONATO (HCO₃)	El HCO ₃ ⁻ es la principal base de la sangre, es el ion que queda después de la primera disociación del ácido carbónico (H ₂ CO ₃).
ION	Molécula o átomo con carga eléctrica neta.
METABOLISMO	Procesos celulares en que se produce y gasta energía.
MONÓXIDO DE CARBONO	Gas encontrado en el humo y otras combustiones que tiene una gran afinidad por la hemoglobina; en la inhalación de humo, esta sustancia compite con el oxígeno disminuyendo la capacidad de la hemoglobina para llevar oxígeno.
MOL	Cantidad de una sustancia expresada en gramos igual a su peso molecular o atómico.

	Un mol de cualquier sustancia contiene siempre el mismo número de moléculas que es igual al número de Abogado (6.023×10^{23})
MEq	MiliEquivalente. El mEq/l se usa con frecuencia para expresar concentración de iones. $mEq = mmol \times \text{valencia}$. Para iones monovalentes $mEq = mmol$.
mmol	Milésima de mol. El mmol/l es una unidad de concentración del SI muy usada en química clínica. $mmol/l = (mEq/l) / \text{valencia}$. Para iones monovalentes $mEq = mmol$.
pH	Logaritmo negativo de la concentración de iones Hidrógeno. Unidad de acidez / alcalinidad.
PLASMA	Líquido de la sangre (sangre menos las células sanguíneas).
PRESION ATMOSFÉRICA	La presión barométrica a nivel del mar en mmHg (760) o hPa o milibares (1013).
PRESION BAROM. CORREGIDA	Presión barométrica menos 47 mmHg (P_{H_2O} a 37°C).
PRESION PARCIAL	La presión ejercida por un gas individual que forma parte de una mezcla de gases.
PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA	La presión parcial ejercida por el vapor de agua presente en un gas.
P50	PO_2 a la que el 50% de la hemoglobina se satura con el O_2 -.
PROTONES	Partículas subatómicas que integran el núcleo. Tienen con carga positiva.
RESPIRACIÓN	Fenómeno biológico conjunto de ventilación pulmonar e intercambio gaseoso con la sangre. Intercambio de moléculas de gas entre la sangre y los tejidos.

SANGRE VENOSA MEZCLADA	Sangre venosa en la desembocadura de las venas cava superior e inferior. A la entrada de la aurícula derecha.
SATURACIÓN	Porcentaje de la hemoglobina que está unida a oxígeno = $(\text{Contenido de O}_2 / \text{Capacidad de O}_2) \times 100$.
SATURACIÓN DE OXÍGENO	Cantidad de oxígeno que se combina con la hemoglobina expresada como % de la cantidad de O ₂ que puede teóricamente combinarse con la hemoglobina.
SISTEMA CARDIOPULMONAR	El sistema combinado de corazón y pulmones.
SUERO	Porción de la sangre entera que permanece en estado líquido después de que ha ocurrido la coagulación.
SEVERINGHAUS, ELECTRODO DE	Dispositivo usado para medir la presión parcial de dióxido de carbono. Se basa en la medición del pH del electrolito interno, que se equilibra a la PCO ₂ de la muestra a través de la membrana de electrodo.
TENSIÓN DE UN GAS	Presión parcial del mismo gas.
TEJIDO	Conjunto de células similares y las sustancias intercelulares que las rodean.
TORR	Básicamente lo mismo que mmHg.
VENTILACIÓN	El movimiento de aire entrando y saliendo de los pulmones.

Bibliografía

1. Agroyannis-B; Tzanatos-H; Changes of arterio-venous differences in pH and pCO₂, by hemodialysis, Int-J-Artif-Organs, 16 (10): 716-9, 1993.
2. Al-Siaidy-W; Hill-Dw; The importance of an elevated skin temperature in transcutaneous oxygen tension measurement, Dirth-Defects, 15(4): 149-65, 1979.
3. Bohinski: C. R; BIOQUIMICA, Editorial Addison-Wesley Ibeoamericana, 5° Edición, pág. 53-59, México, 1991.
4. Sprouple Brian J, Lynne Davies Patricia, Garne King E., LO ESENCIAL DE LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS, Editorial El Manual Moderno, pág. 3-199, México, 1984.
5. Christensen-P; Hjarback-J; Measurement of Transcutaneous PCO₂, pO₂ and skin blood flow at different probe, temperatures using mass spectrometry, Acta Anaesthesid Sacand, 35(7): 631-4, 1991.
6. Colonna Romano P; Horrow-JC; Dissociation of mixed venus oxygen saturation and cardiac inder during opioid induction, J-Clin-Anesth, 6 (2): 95-8, 1994.
7. Gardner, Gray, O' Rahilly, ANATOMIA, Editorial Interamericana McGraw-Hill, 5° Edición, pág. 345-7, México, 1986.
8. Harry-DDJ; Kenny-MA: Computarized transcutaneous monitoring incorporating lasser duppler velocimetry, Med-Intrum, 18 (2): 122-6, 1984.
9. Guyton C. A., FISIOLOGIA HUMANA. Editorial Interamencan, 6° Edición, pág. 381-9, 552-3, México, 1987.
10. Hasibeder-W; Haisjackl-M; Factor influencing transcutaneous oxygen and carbon dioxide measurements in adult intensive care patients, Intensive Care Med, 17 (5): 272.5, 1991.
11. Hellerstein-S; Bunthrangroj-T; effect of time and temperature on blood p50 and 2,3-diphoglycerate measurements. Clinchem, 22 (1):39-41, 1976.

12. Jensen-FB; Utzon-NP, Effect of electrode temperature on arthostatic changes in forefoot transcutaneous oxygen tension (tcPO₂), Scand-J-ClinLab-Invest – 48 (5): 475-80. 1988.
13. Johnson – Pa; Bihari-DJ; Paper-RF; A comparación between direct and calculated oxygen saturation in intensive care. Anaesth Intensive-Care, 21 (1): 72-5. 1993.
14. Jousela-I; Rasanen-J continuous positive air way pressure by mask in patients after coronary, Acta – Anaesthesid Scand, 38 (4): 311-6 1994.
15. Lawrence M; Maximine A; Sthepen, Steven DIAGNOSTICO CLINICO Y TRATAMIENTO, Editorial El Manuel Moderno, 29 a. Edición, pág. 199, 739-48, México, 1994.
16. Lehninger L.A., BIOQUÍMICA, Editorial, Omega, 2ª. Edición, pág. 150-53, Barcelona, 1991.
17. Lusiani-L; Visona-A; Nicolin-P; Papesso-O; Pagnan-A; transcutaneous oxygen tensión (tcpO₂) measurement as a diagnostic told in patients with peripheral vascular disease, Angiology, 39 (10):073. 1988.
18. Mannix- ET; Palange-P; Magnes –CJ; In-vivo deleterious effects of a right sniff of the HbO₂ , curve during hypoxemia, J-SURG-Rees, 55(1): 9-13, 1993.
19. MANUAL DE ESPIROMETRIA Y GASOMETRIA ARTERIALES, proporcionado por el Instituto Mexicano del Seguro Social, Pág. 5-38, México 1991.
20. MANUAL DE PROCEDIMIENTO Y MANEJO DE GASÓMETRO IL / 1306 Ph/Blood Gas Analyzer proporcionado por Instrumentación Laboratory 1995.
21. Fleicher Martín; Schawartz K Morton; ANÁLISIS DE LOS GASES SANGUÍNEOS Y EQUILIBRIO ACIDO-BASE: PRINCIPIOS Y TÉCNICAS. Editorial Salvat, 5ª Edición, pág. 321-33 México, 1988.
22. Myers-Ra; Britten-JS; Cowley-Ra; Hypotermia: quantitative aspects of therapy, JACEP, 8 (12): 523-7, 1979.
23. Palmisano-BW; Severinghaus-JW Transcutaneous pCO₂, and pO₂ a multicenter study of accuracy, J-Clin-Monit, 6(3): 189-95. 1990.

24. Severinghaus-JW; Stafford-M; dradley-AAF;TcPO₂, electrode de sing, calibración and temperature gradient problems. Act-Anesthesia-Scand-Supply, 60:118-22, 1978.
25. Shappiro B.A; Harrison R; Templin R; MANEJO CLINICO DE LOS GASES SANGUINEOS, Editorial Médica Panamerican, 4ª. Edición, pág. 19-302, México, 1991.
26. Silverstein-JL; Steen-VD, Madger-TA, Jr., Falanga-V; Coetaneous hypoxia in patients with systemic sclerosis (scleroderma), Arch-Dermatol, 124 (9): 1379, 1980.
27. Summers-S; Dyram-K; Zingsheim-K; the effects of two warming methods on core and surface temperatures, hemoglobin oxygen saturation, blood pressure, and perceived comfort of hypothermic post anesthesia patients, J-Post-Anesth-Norsr, 5 (5):354-64, 1990.
28. Thunstrom-AM; Stafford-MJ; Severinghaus-Jw; A two temperature to pO₂, method of estimating the determinants of tcpO₂, Bith Defects, 15 (4): 167-82, 1979.
29. Todd-Sanford-Davinsohn, DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO CLINICOS POR EL LABORATORIO, Editorial Salvat, 8ª. Edición, pág. 125-26, México, 1992.
30. Valenti-G; Leonardo-G; Transcutaneous oxygen pressure in systemic sclerosis: evaluation at different sensor temperatures and relation ship to skin perfusion, Arch-Dermatol-Res, 203(5): 205-8, 1991.
31. Vegfor-M; Triguason-B; Sjuberg-F; Lenmarken-C; Assesment of paripheral blood flow using a pulse oximeter, J-ClinMonit 6 (1): 1-4, 1990.
32. Wei-EP; Randad-RS; Levasseur-JE; Effect of local change in O₂ Saturation, of hemoglobin on cerebral vasodilatation from hypoxia and hipotencion, Am-J-Physiol, 265 (4PT2): H1439-43, 1993.

33. Wetterberg-T; Sjuberg-T; Steen-S; Effects of hipotermia with and without buffering-T in hypercapnia and hipercapnia hypoximia, Act-Anaethesid-Sacand, 8 (3): 293-9, 1994.
34. Widdicome John, Davies Andrew, FISILOGIA DEL APARATO RESPIRATORIO, Editorial, El Manual Moderno, Pág. 1-139.
35. Wimberly-PD; Grondlud-Federsen-K; Olsson-J; Siggard-Andersen-O; transcutaneous carbon dioxide and oxygen tension measured at different temperatures in healthy adults, Clin-Chem, 31 (10): 1611-5, 1985.
36. Mollar, J.F. Transporte de Oxigeno y de Dióxido de Carbono, AVL Medical Instrumens 3ra, Edición Mayo 1997.
37. Carrasco-VH; La evaluación gasométrica en el Hospital Central Militar. Rev. Sanid Milit Méx. 52(4): 175. 182, 1998.
38. Blas Macedo Jorge, et al, Desequilibrio ácido-base en la Unidad de Cuidados Intensivos. Rev. Medicina Interna de México. 1997. Vol. 13 (2). Pág. 70-73.
39. Marin Ozuna Guadalupe, Revisión de temas selectos sobre, GASES SANGUÍNEOS ARTERIALES, AMBC, Marzo, 2000.