

**MEDICIÓN DE GASES SANGUÍNEOS EN TERNERAS SANAS ENTRE SEIS Y
DOCE MESES DE EDAD, RAZA HOLSTEIN, SITUADAS EN TRES FINCAS
CON ALTURAS ENTRE 3000 Y 3100 M.S.N.M. UBICADAS EN LOS
MUNICIPIOS DE PASTO Y TANGUA.**

EDGAR JULIO MEJÍA NARVAEZ
ARACELLY VALLEJO CASTILLO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
PASTO – COLOMBIA
2005

MEDICIÓN DE GASES SANGUÍNEOS EN TERNERAS SANAS ENTRE SEIS Y DOCE MESES DE EDAD, RAZA HOLSTEIN, SITUADAS EN TRES FINCAS CON ALTURAS ENTRE 3000 Y 3100 M.S.N.M. UBICADAS EN LOS MUNICIPIOS DE PASTO Y TANGUA.

**EDGAR JULIO MEJÍA NARVAEZ
ARACELLY VALLEJO CASTILLO**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Médico Veterinario

Presidente de Tesis
DARIO ALEJANDRO CEDEÑO QUEVEDO
Médico Veterinario

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
PASTO – COLOMBIA
2005**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado.

Firma del jurado.

Firma del jurado.

San Juan de Pasto, Noviembre del 2005

“Las ideas y conclusiones aportadas en el Trabajo de Grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1º Del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

DEDICATORIA

Pacientemente espere a Jehová y se inclinó a mi y oyó mi clamor y me hizo sacar del pozo de la desesperación, del lodo cenagoso, puso mis pies sobre peña y enderezó mis pasos.

(Salmo 40: 1-2)

A mis padres y familiares por ser ejemplo de superación y trabajo, a mis amigos que siempre estuvieron apoyándome en la elaboración de este trabajo.

EDGAR JULIO MEJÍA NÁRVAEZ

DEDICATORIA

A mi Padre celestial, por ser la luz y dirección de mis pasos día tras día: "Porque al hombre que le agrada, Dios le da sabiduría, ciencia y gozo" (Eclesiastés 2: 1a).

A mi familia, por ser ese apoyo constante en todos mis logros y dificultades.

A mi novio, por estar siempre a mi lado, creyendo en mí en todo momento.

A mi compañero de tesis, "mejores son dos que uno; porque tienen mejor paga de su trabajo" (Eclesiastés 4:9).

ARACELLY VALLEJO CASTILLO.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

ALEJANDRO JURADO MIER. Medico Veterinario, Universidad Nacional de Colombia.

DARIO ALEJANDRO CEDEÑO QUEVEDO. Medico veterinario, Universidad de Nariño.

GLORIA PAZ DE JURADO. Licenciada en ciencias sociales, Universidad de Nariño.

GLORIA CASTILLO CHAMORRO. Enfermera, puesto de salud Lorenzo de Aldana.

JUAN MANUEL ASTAIZA. Medico Veterinario, Universidad de Nariño.

VIVIANA ZARAMA. Terapista (UCI), Hospital Universitario Departamental de Nariño.

JOSE LUIS AZUMENDI OLLO. Director científico (FUNCEP).

SILVIA ROSA RICO GUERRA. Patóloga, ICA.

KATYA LUZ ANDREA BENAVIDES ROMO. Medica Veterinaria. Universidad de Nariño.

JAIRO ESPAÑA. Zootecnista, Universidad de Nariño.

HENRY JURADO GAMEZ. Zootecnista, Universidad de Nariño.

LIBARDO ARTHURO. Ingeniero de sistemas, Universidad de Nariño.

CRISTIAN ADRIAN CASTILLO. Ingeniero agrónomo, Universidad de Nariño.

COLON CASTILLO CHAMORRO. Licenciado en ciencias sociales, Universidad de Nariño.

OSCAR MONCAYO. Zootecnista, Universidad de Nariño.

RAQUEL ENCISO MAHECHA. Secretaria, Clínica veterinaria Universidad de Nariño.

MARIA ELENA CASTILLO. Secretaria. Ingenieros civiles S.A.

Al programa de Medicina Veterinaria, Universidad de Nariño.

Y a todos nuestros familiares y amigos que de uno u otra forma apoyaron con la realización del presente trabajo.

CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCION.	20
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.	21
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	22
3. OBJETIVOS.	23
3.1 OBJETIVO GENERAL.	23
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.	23
4. MARCO TEÓRICO.	24
4.1 GASES SANGUÍNEOS.	24
4.1.1 Transporte de gases sanguíneos.	25
4.1.2 Transporte de O ₂	25
4.1.2.1 Unión de la hemoglobina al O ₂ .	26
4.1.2.2 Efectos de la presión de PCO ₂ y pH.	26

4.1.3 Transporte CO ₂ .	28
4.2 TRANSTORNOS ÁCIDO – BÁSICOS.	29
4.2.1 Acidosis metabólica.	30
4.2.2 Alcalosis metabólica.	31
4.2.3 Alcalosis respiratoria.	31
4.2.4 Acidosis respiratoria.	32
4.2.5 Diagnóstico de acidosis respiratoria.	32
4.2.6 Compensación metabólica.	33
4.3 MEDICIÓN DE GASES SANGUÍNEOS.	34
4.4 HIPOXIA ALVEOLAR.	34
4.5 CUADRO HEMÁTICO.	36
4.5.1 Hematocrito.	36
4.5.1.1 Método del microhematocrito.	37
4.5.2 Recuento leucocitario.	37
4.5.2.1 Recuento total de leucocitos.	38
4.5.2.2 Recuento diferencial de leucocitos.	39
4.6 ANTICOAGULANTES.	40

4.6.1 Heparina.	40
4.6.2 EDTA.	40
5. DISEÑO METODOLÓGICO.	41
5.1 LOCALIZACIÓN.	41
5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	41
5.3 ANIMALES O MATERIAL BIOLÓGICO, INSTALACIONES Y EQUIPOS.	42
5.3.1 Materiales e instalaciones.	42
5.4 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	43
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	47
6.1 RESULTADOS.	47
6.2 DISCUSIÓN.	53
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	60
7.1 CONCLUSIONES.	60
7.2 RECOMENDACIONES.	61
BIBLIOGRAFÍA.	63
ANEXOS.	65

LISTA DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Parámetros Fisiológicos, Finca La Guillermina.	47
Tabla 2. Parámetros fisiológicos, Finca La Frienciana.	47
Tabla 3. Parámetros fisiológicos, Finca Villa del Rosario.	48
Tabla 4. Cuadro hemático, Finca La Guillermina.	48
Tabla 5. Cuadro hemático, Finca La Frienciana.	48
Tabla 6. Cuadro hemático, Finca Villa del Rosario.	49
Tabla 7. Gases sanguíneos arteriales, Finca La Guillermina.	49
Tabla 8. Gases sanguíneos arteriales, Finca La Frienciana.	50
Tabla 9 Gases sanguíneos arteriales, Finca Villa del Rosario.	50
Tabla 10. Análisis estadístico, Finca La Frienciana.	51
Tabla 11. Análisis estadístico, Finca La Guillermina.	51
Tabla 12. Análisis estadístico, Finca Villa del Rosario.	52
Tabla 13. Análisis estadístico, General.	52

LISTA DE FIGURAS

	pag.
Figura 1. Hemoglobina.	25
Figura 2. Curva de disociación del oxígeno.	27
Figura 3. Transporte de CO ₂ .	29
Figura 4. Equipo analizador de gases sanguíneos BGM 1312, perteneciente FUNCEP.	34
Figura 5. Edema ventral (Mal de alturas).	35
Figura 6. Determinación de PO ₂ .en las fincas La Frienciana, La Guillermina y Villa del Rosario, en los Municipios de Pasto y Tangua.	56
Figura 7. Determinación de PCO ₂ en las fincas La Frienciana, La Guillermina y Villa del Rosario, en los Municipios de Pasto y Tangua.	57
Figura 8. Determinación de HCO ₃ ⁻ en las fincas La Frienciana, La Guillermina y Villa del Rosario en los Municipios de Pasto y Tangua.	58
Figura 9. Determinación de pH, en las fincas La Frienciana, La Guillermina y Villa del Rosario en los Municipios de Pasto y Tangua.	59

LISTA DE ANEXOS

	pag.
Anexo A. Parámetros fisiológicos del ganado Holstein.	66
Anexo B. Cuadro Hemático del ganado Holstein.	67
Anexo C. Modelo estadístico, correlación.	68

RESUMEN

El estudio tiene como objetivo principal medir los gases sanguíneos PO_2 (presión de oxígeno), PCO_2 (presión de dióxido de carbono), también el pH y HCO_3^- (bicarbonato), en 13 terneras sanas entre seis y doce meses de edad, raza Holstein, criadas en tres fincas ubicadas en los municipios de Pasto y Tangua, a diferentes alturas 3000, 3050 y 3100 metros sobre el nivel del mar. Esta condición de presión atmosférica desarrolla un estado de hipoxia ambiental; lo que permite realizar estudios en animales en crecimiento sobre la influencia de la misma, en las adaptaciones fisiológicas y en el mantenimiento del estado de salud.

Los resultados del análisis estadístico arrojan una media de 29.97mm/Hg; para PCO_2 , 7.42 para el pH, 23.07 meq/L valor del HCO_3^- y 65.07 mm/Hg para la PO_2 . Es de anotar, que una reducción de la cantidad de oxígeno liberada por cada mm/Hg disminuye la presión de oxígeno, por tanto se debe tener en cuenta que por debajo de 60 mm/Hg, pequeños descensos de la PO_2 determinarían la liberación de cantidades importantes de oxígeno, conllevando a un estado de hipoxémia.

Con la determinación de PCO_2 , PO_2 , HCO_3^- y pH sanguíneos se obtuvieron valores propios de las 13 terneras evaluadas, pertenecientes a tres fincas ubicadas en los municipios de Pasto y Tangua. Al obtener esta información se determinaron los parámetros del equilibrio ácido-básico en animales sanos, de las fincas que se evaluaron.

La investigación servirá para determinar los valores fisiológicos de gases sanguíneos, como la PCO_2 , PO_2 , para los bovinos evaluados en este estudio, e identificar igualmente los valores de pH y HCO_3^- del equilibrio ácido – básico en la homeostasis sanguínea.

La interpretación correcta de estos datos facilitan los procedimientos clínicos con el paciente, por ejemplo la valoración del pH le proporciona al médico veterinario la respuesta a la duda sobre la posibilidad de que esté presente o no una perturbación ácido-básica, así mismo cuando el CO₂ total aumenta puede deberse como resultado de acidosis respiratoria o alcalosis metabólica, proporcionándole al médico veterinario una pauta para proceder al tratamiento correcto del paciente.

El trabajo contribuye a determinar datos complementarios al perfil sanguíneo de bovinos adaptados a alturas y es una base para continuar nuevos estudios en animales con alteraciones patológicas, ubicados a diferentes altitudes y en las diversas etapas del crecimiento y desarrollo del animal.

ABSTRACT

The study has as main objective to measure the sanguine gases PO_2 (pressure of oxygenate), PCO_2 (pressure of dioxide of carbon), also the pH and HCO_3^- (bicarbonate), in 13 healthy veals between six and twelve months of age, race Holstein, maids in three properties located in the municipalities of Pasto and Tangua, to different heights 3000, 3050 and 3100 meters on the level of the sea. This condition of atmospheric pressure develops a state of environmental hipoxia; what allows to carry out studies in animals in growth on the influence of the same one, in the physiologic adaptations and in the maintenance of the state of health.

The results of the statistical analysis throw a stocking of 29.97mm/Hg; for PCO_2 , 7.42 for the pH, 23.07 meq/L value of the HCO_3^- and 65.07 mm/Hg for PO_2 o'clock. It is of scoring that a reduction of the quantity of oxygenate liberated by each mm/Hg it diminishes the pressure of oxygenate, therefore it should be kept in mind that below 60 mm/Hg, small descents of PO_2 would determine the liberation of important quantities of oxygen, bearing to a hipoxemia state.

With the determination of PCO_2 , PO_2 , HCO_3^- and sanguine pH was obtained values characteristic of the 13 evaluated veals, belonging to three properties located in the municipalities of Pasto and Tangua. When obtaining this information the parameters of the acid-basic balance they were determined in healthy animals, of the properties that were evaluated.

The investigation will be good to determine the physiologic values of sanguine gases, as PCO_2 , PO_2 , for the bovine ones evaluated in this study, and to identify the pH values and HCO_3^- equally - of the sour balance - basic in the sanguine homeostasis.

The correct interpretation of these data facilitates the clinical procedures with the patient, for example the valuation of the pH provides the veterinary doctor the answer to the doubt about the possibility that it is present or don't unite acid-basic interference, likewise when the CO₂ total increases it can be due as a result of breathing acidosis or metabolic alkalosis, providing the veterinary doctor a rule to proceed to the patient's correct treatment.

The work contributes to determine complementary data to the sanguine profile of bovine adapted to heights and it is a base to continue new studies in animals with pathological alterations, located to different altitudes and in the diverse stages of the growth and development of the animal.

INTRODUCCIÓN

En regiones con alturas entre 3000 y 3100 m.s.n.m. no hay reportes sobre valores fisiológicos de PO_2 , PCO_2 , pH y HCO_3^- , en animales sanos en crecimiento. Por lo tanto es importante el desarrollo de este estudio en nuestra región donde la hipoxia ambiental puede predisponer al ganado Holstein (dominante en la región) a sufrir de hipoxémia, como lo explica Peña¹ la falta de adaptación de las especies domésticas, como los bovinos a las grandes alturas, lleva a la presentación de hipoxemia, que es frecuente en bovinos trasladados y criados en altitudes mayores a los 2150 m.s.n.m

Como lo reporta Detry². Estudios similares se realizaron en Bélgica, en terneros de la raza Blanco Azul Belga por presentar predisposición genética hacia la hipoxémia.

Esta información es de vital importancia para determinar los parámetros reales del equilibrio ácido-básico en animales sanos de estudio. Contribuyendo a ampliar el conocimiento en este campo para continuar nuevos estudios en animales con alteraciones patológicas donde esta involucrado el sistema hemodinámico.

La identificación correcta de una alteración de la homeostasis sanguínea a través del análisis de gases arteriales, ayudará al Médico Veterinario a interpretar los procesos fisiopatológicos causantes de dicha perturbación ácido-básica, y proporcionará bases para el desarrollo de tratamientos adecuados.

¹ PEÑA, E et al. Macrófagos alveolares en bovinos sometidos a hipoxia crónica. En: BV revista veterinaria. Peru, vol 12, 1992, p. 2.

² DETRY, B et al. Influence of age and breed on the binding of oxygen to red blood cells of bovine calves. En: American physiological society. Belgica, 01 61-567, 1997. p.784.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a que en Colombia no se han llevado a cabo investigaciones sobre la hemodinámica bovina, importante ayuda diagnóstica para la valoración clínica de animales a diferentes alturas, el presente estudio se realizó con terneras sanas de la raza Holstein, ubicadas en fincas a 3000, 3050 y 3100 m.s.n.m., que se encuentran bajo riesgo para la presentación de ciertas alteraciones hemodinámicas como los desequilibrios ácido – básicos, por la hipoxia ambiental. Las razones para trabajar con estos animales, es debido a que su desarrollo anatomo-fisiológico está iniciando, igual que las condiciones adaptativas al ambiente, por lo tanto no se encuentran en ellas alteraciones crónicas como la fibrosis pulmonar que afecten los resultados.

Este trabajo sirve como base para posteriores estudios en la obtención de parámetros que indiquen el funcionamiento hemodinámico en diferentes edades, etapas productivas y en animales que presenten patologías relacionadas con dichos factores como la altura, la hipoxia y el equilibrio ácido básico.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuales son los valores normales de gases (PO_2 , PCO_2), pH y HCO_3^- sanguíneos, en terneras sanas de 6 a 12 meses de edad, raza Holstein, criadas en tres fincas a diferentes alturas 3000, 3050 y 3100 m.s.n.m. localizadas en los municipios de Pasto y Tangua?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general.

Determinar el valor de los gases sanguíneos: (PO_2 , PCO_2), HCO_3^- y pH en terneras sanas de la raza Holstein ubicadas en tres fincas, a alturas de 3000, 3050 y 3100 m.s.n.m. en los municipios de Pasto y de Tangua.

3.2 Objetivos específicos.

- ◆ Establecer los valores normales de los gases sanguíneos PO_2 , PCO_2 para las terneras ubicadas a diferentes alturas.
- ◆ Medir los valores normales del HCO_3^- para cada una de las terneras pertenecientes a este estudio.
- ◆ Determinar los valores del pH sanguíneo en los animales muestreados.
- ◆ Comparar los valores obtenidos de los gases sanguíneos entre los animales ubicados a alturas 3000, 3050 y 3100 metros sobre el nivel del mar.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Gases sanguíneos. Capaul define que “las células del organismo animal requieren O_2 y eliminan CO_2 , en su metabolismo continuo, por lo tanto, la función más importante de los pulmones es el intercambio de gases, proceso denominado Hematosis”³. En él intervienen los aparatos respiratorio y cardiovascular, aportando ciertas particularidades que aseguran dicho intercambio. El oxígeno se difunde desde el alvéolo pulmonar hacia el plasma y luego al eritrocito, lo cual brinda dos posibilidades de transporte: disolución física en el plasma o unido a la hemoglobina.

Capaul⁴. Expresa lo siguiente: El dióxido de carbono producido en los tejidos atraviesa las membranas celulares, y alcanza el plasma para difundirse al interior de los eritrocitos y en presencia de la anhidraza carbónica, el CO_2 y el H_2O se combinan y forman H_2CO_3 (Ácido carbónico), el cual bajo situaciones fisiológicas se disocia en iones H^+ y HCO_3^- , el 81% del CO_2 producido en los tejidos se transporta de esta forma a los pulmones y el 8% se transporta disuelto en el plasma.

Morais y Dibartola⁵ explica que la PCO_2 es inversamente proporcional a la ventilación alveolar y como resultado, la medición de la presión de CO_2 de un animal (bovino) proporciona al médico información directa sobre la adecuación de la ventilación pulmonar.

³ CAPAUL, E. Intercambio de gases a través de la membrana respiratoria. En: Fisiología Veterinaria. España, McGraw Hill, 1995, p. 396.

⁴ CAPAUL, E. Transporte de gases a través de la sangre. Op sit. P. 403.

⁵ MORAIS, A. Ob sit, p. 27.

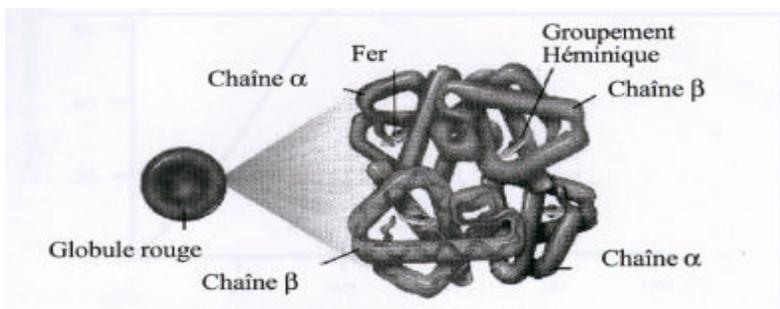
4.1.2 Transporte de gases sanguíneos.

4.1.2.1 Transporte de O₂. En la sangre el O₂ se transporta en 2 formas:

- a.) En disolución física (0.3vol/100).
- b.) Unido a la hemoglobina (20vol/100), esta ultima es la responsable del transporte del 97% del gas.

La hemoglobina es una metaloproteína que contiene hierro en estado ferroso, y esta constituida por una parte prostética (4 grupos hemo) y una proteica (globina), con un peso molecular aproximado de 68.000 (cada mol de hierro fija una mol de O₂) y a su vez 1g. de hemoglobina fija 1.34ml de O₂.

Figura 1. Hemoglobina.



Fuente: Cambier Carole. Universidad de Liege, Belgica (2001).

A una presión parcial de 40mm/Hg que es el valor medio a nivel tisular, la oxyhemoglobina pierde aproximadamente el 25% del oxígeno cantidad que puede ser mayor en tejidos metabolitamente muy activos. Entre los 100 y 60mm/Hg a nivel cardiaco y arterial, indica que es reducida la cantidad de O₂ liberada por cada mm/Hg que disminuye la PO₂. Por debajo de esta cifra, pequeños descensos de la PO₂ determinan la liberación de cantidades importantes de O₂ lo que indica

que la cantidad de O_2 liberada por la hemoglobina es muy sensible a pequeñas diferencias de presión causadas por la demanda metabólica tisular. Así, la variación de 40 a 20mm/Hg de PO_2 determina una modificación en el porcentaje de saturación del 73% al 30%. En cambio la disminución de 70mm/Hg a 50mm/Hg implica un cambio solo del 92 al 87% de la saturación.

4.1.2.2 Unión de la hemoglobina al oxígeno. En la curva de disociación de la hemoglobina por el O_2 por encima de una PO_2 de 70 mmHg la curva de disociación de la hemoglobina tiende a aplanarse. Por debajo de una PO_2 de 60mm/Hg., la curva presenta una pendiente pronunciada. Este es el punto a partir del cual el oxígeno pasa a los tejidos. A una presión parcial de 40mmHg (valor medio tisular) la oxihemoglobina pierde aproximadamente el 25% de su oxígeno. La pendiente de la curva entre los 100 y 60 mm/Hg., indica que es reducida la cantidad de oxígeno liberada por cada mm/Hg. que disminuye la presión de oxígeno. Por debajo de esta cifra, pequeños descensos de la PO_2 determinan la liberación de cantidades importantes de oxígeno.

4.1.2.3 Efecto de la PCO_2 y pH. Como lo define Morais y Dibartola⁶ El término pH se define como la base negativa del logaritmo de 10 de las concentraciones de iones hidrógeno expresada en equivalentes por litro, por lo tanto hay una relación inversa entre el pH y la concentración de hidrogeno. Mientras mayor sea la concentración de hidrogeno, menor será el pH.

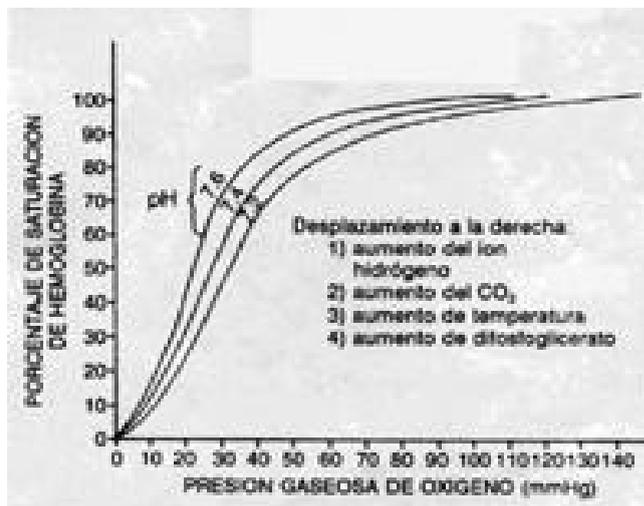
El aumento de PCO_2 y la disminución de pH incrementan la liberación de O_2 de la oxihemoglobina. La influencia del dióxido de carbono reconoce dos factores:

⁶ Ibid, p. 202.

◆ Formación de carbaminohemoglobina (HbCO_2) que disminuye la afinidad de oxígeno para con la hemoglobina, favoreciendo su liberación.

◆ La presencia de CO_2 disminuye el pH de la sangre, que a su vez incrementa la liberación de oxígeno por la oxihemoglobina (HbO_2), el aumento de PCO_2 en la sangre y la disminución de pH desplazan la curva de disociación de la hemoglobina por el oxígeno hacia la derecha, otros factores que influyen en el desplazamiento de la curva hacia la derecha y de la afinidad de la hemoglobina por el O_2 son: el aumento de la temperatura; cuando aumenta la temperatura y baja el pH hay mayor PO_2 y mayor fijación de la hemoglobina, aumento del Difosfoglicerato (DPG); esta sustancia es producida por el eritrocito durante la glicólisis anaerobia durante el ciclo de Embden Meyerhof, el DPG, se une a la hemoglobina produciendo la liberación de más O_2 a los tejidos. Por el contrario la disminución de la PCO_2 y aumento del pH la desplazan a la izquierda.

Figura 2. Curva de disociación del oxígeno.



Fuente: Ernesto Capaul. Fisiología Veterinaria, México (1995).

El pH está relacionado con la concentración de HCO_3^- y la PCO_2 . La PCO_2 es el componente respiratorio y se determina por la ventilación alveolar, mientras que la concentración de HCO_3^- se considera el componente metabólico regulado por los riñones. Este procedimiento puede causar la impresión de que la PCO_2 y el HCO_3^- son variables independientes, pero en realidad solo la PCO_2 es independiente, cuando se produce un aumento primario en la PCO_2 , los iones hidrógeno que son producidos por disociación de H_2CO_3^- son amortiguados por proteínas (Hemoglobina) y la concentración de HCO_3^- aumenta en forma secundaria.

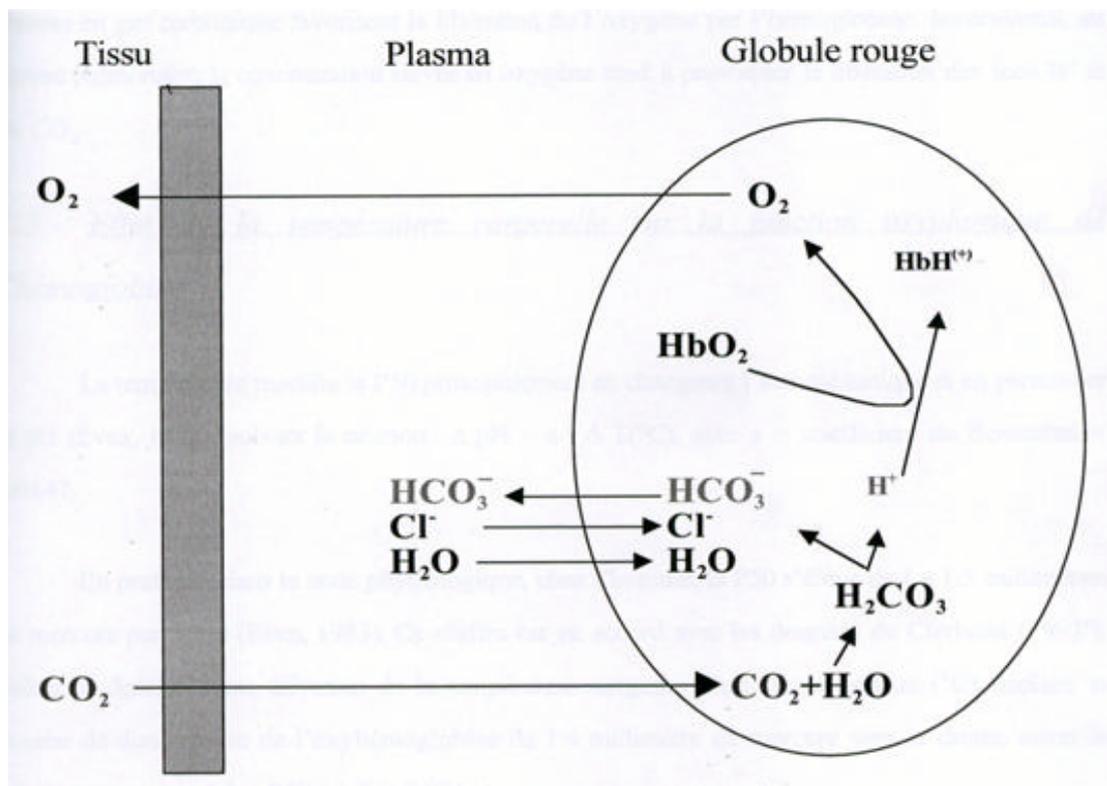
4.1.3 Transporte de dióxido de carbono. Moráis y Dibartola⁷ sostienen que los procesos metabólicos normalmente producen 15000 mmol de CO_2 todos los días, en los bovinos, el dióxido de carbono producido en los tejidos penetra fácilmente las membranas celulares y pronto se establece un equilibrio entre los compartimientos intracelular y extracelular. Después de alcanzar el plasma el CO_2 se difunde con rapidez al interior de los eritrocitos. Dentro de ellos y en presencia de la actividad de la anhidrasa carbónica, el CO_2 y el H_2O se combinan y forman H_2CO_3 , el cual bajo situaciones fisiológicas se disocia en iones H^+ y HCO_3^- . Los iones HCO_3^- se difunden de los eritrocitos al plasma a cambio de los iones Cl^- . La mayor parte del CO_2 (81%) producido en los tejidos se transporta de esta forma a los pulmones. El (8%) se transporta disuelto en el plasma y cierta cantidad (11%) se transporta en combinación con algunos grupos amino de la hemoglobina y forma carbaminohemoglobina.

Los iones hidrógeno formados por la actividad de la anhidrasa carbónica en los eritrocitos y los liberados durante la formación de carbaminohemoglobina se combinan principalmente con la hemoglobina. La cantidad reducida de H^+ que se forma por disociación del ácido carbónico en el plasma se combina con fosfato y

⁷ Ibid, p. 310.

proteínas plasmáticas. La adición de CO_2 a la sangre venosa de los tejidos corporales es la causante que el pH sanguíneo venoso sea ligeramente más bajo y la presión de dióxido de carbono (PCO_2) y las concentraciones de bicarbonato sean más altas que las de la sangre arterial.

Figura 3. Transporte de CO_2 .



Fuente: Cambier Carole. Universidad de Liege, Belgica (2001).

4.2 Trastornos ácido-básicos. El equilibrio entre estos dos gases sanguíneos (O_2 y CO_2) y su interacción con otros componentes como el bicarbonato y el pH, permiten mantener la homeostasis en el organismo, por lo tanto una alteración de alguno de ellos ocasiona un trastorno de este equilibrio.

Dibartola comenta que: “Los trastornos ácido-básicos pueden ser de tipo simple o mixto. Los simples, están limitados a trastornos primarios como la acidosis metabólica y respiratoria o alcalosis metabólica y respiratoria y los trastornos mixtos se deben a respuestas esperadas o de adaptación”⁸.

Comenta Dibartola⁹. Que otro factor que influye en la presentación de estas alteraciones es el pH sanguíneo que normalmente se mantiene entre 7.35 y 7.45 regulado a través de los sistemas de amortiguamiento como el bicarbonato. El pH puede verse amenazado por un cambio en la producción o en la eliminación de los iones hidrogeno, por lo tanto el organismo para conservar su integridad presenta dos líneas defensivas:

1. Sistemas amortiguadores: el mas importante es el bicarbonato, porque existe una cantidad grande de este (24meq/L) en la sangre y, porque se puede controlar su concentración a través de los riñones, mientras la concentración de H_2CO_3 (ácido carbónico) puede ser regulada por los pulmones.

2. Función pulmonar y renal: las cuales garantizan la eliminación de ácidos y bases resultantes de la acción compensatoria de los sistemas tampón.

Según Alvarez¹⁰ cuando fallan las acciones de estas dos primeras líneas de defensa orgánica de la homeostasis aparecen las alteraciones ácido-básicas siguientes:

4.2.1 Acidosis metabólica. Se caracteriza por la perdida de bicarbonato por afecciones renales e intestinales ó la ganancia de ácidos que puede ser de origen

⁸ DIBARTOLA, S Ob sit, p. 208.

⁹ Ibid, p. 209.

¹⁰ ALVAREZ, J. Indicadores asociados al estado ácido básico. En: Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Colombia, Universidad de Antioquia. 2001, p. 95.

endógeno como la oxidación incompleta de glúcidos, grasas y derivados del metabolismo proteico; y exógenos como la ingestión de demasiado concentrado, poco forraje o bien por abundantes carbohidratos fermentables. Un pH bajo ocasiona un reforzamiento de la ventilación pulmonar y se produce una disminución compensatoria de la PCO_2 , así la alcalosis respiratoria compensa la acidosis metabólica.

Para diagnosticarla es necesario tener indicadores gasométricos en sangre y la excreción de ácido-bases en la orina, acompañados de los procedimientos clínicos ordinarios.

4.2.2 Alcalosis metabólica. Proceso caracterizado por un déficit de hidrogeniones junto a un aumento del bicarbonato de origen no respiratorio. Esta asociado a la excesiva ingestión de proteínas y bicarbonato, trastornos en la digestión proteica y alteraciones ruminales. Se presenta una disminución de la ventilación pulmonar como reacción compensatoria del organismo, ya que el incremento del pH actúa sobre el centro respiratorio produciendo un menor intercambio pulmonar. La hemogasometría es el medio por el cual se llega a un diagnóstico definitivo.

4.2.3 Alcalosis respiratoria. Es una disminución de de la concentración del H_2CO_3 debido al aumento de la ventilación pulmonar con respecto a la proporción en que se produce el CO_2 como sucede en la anoxemia de las altas latitudes o en el enfisema crónico.

Como sostiene Álvarez¹¹. Al realizar la gasometría sanguínea se observa un aumento del pH con la disminución de la PCO_2 .

¹¹ Ibid, p. 95-104.

4.2.4 Acidosis respiratoria. Es el resultado de un aumento primario en la PCO_2 sanguínea, incremento en la concentración de H^+ , disminución de pH y aumento compensador en la concentración de bicarbonato, ya que están alterados los mecanismos para eliminar ácidos a través del pulmón, como sucede en las neumonías, fibrosis pulmonar y bronquitis.

La acumulación de CO_2 es causada por hipoventilación alveolar asociada a disminución de la presión barométrica donde el CO_2 producido por los tejidos se elimina de manera incompleta por los pulmones, aumentando la PCO_2 sanguínea. Como la ventilación aumenta en respuesta a la enfermedad, la eliminación de CO_2 mejora, aunque esto no sucede con el suministro de O_2 , ya que la hemoglobina esta saturada con una presión de O_2 .

4.2.5 Diagnóstico de acidosis respiratoria. Cuando se sospeche de un proceso patológico subyacente a la acidosis, se establecerá el diagnóstico por valoración de los gases en sangre arterial; la hipercapnia (aumento de CO_2) con acidemia (disminución de pH sanguíneo) es diagnóstico confirmativo de acidosis respiratoria y la acidosis acompañada de hipoxémia induce a disminuir la afinidad de O_2 por la hemoglobina en sangre arterial.

Más adelante, en su obra, Álvarez¹². expone que el diagnóstico oportuno de cualquier desvío del estado ácido-básico, teniendo en cuenta que por el deterioro del estado físico del animal, ocurre una sensible disminución, del ritmo de crecimiento, rendimiento en la producción de leche y trastornos reproductivos, es importante ya que esto conlleva a repercusiones económicas incalculables para el ganadero.

¹² Ibid, p. 95-104.

4.2.6 Compensación metabólica. Cuando el pH corporal esta amenazado por un cambio en la producción o en la eliminación de los iones hidrogeno, la primera línea de defensa procede de los amortiguadores presentes dentro de la sangre. No obstante los amortiguadores sólo impiden los cambios drásticos de pH, no pueden corregir el problema aumentando o disminuyendo la eliminación de los iones hidrogeno. Finalmente el pH debe corregirse con cambios en la función renal. Debido a que los pulmones pueden alterar la PCO_2 y los riñones controlar la concentración de bicarbonato.

La hemoglobina es un amortiguador sanguíneo importante por su abundancia. La desoxihemoglobina provee una mayor capacidad de amortiguamiento. Cuando la sangre arterial entra a los tejidos capilares, el oxigeno abandona la hemoglobina y de esta manera da lugar a la desoxihemoglobina, que es un amortiguador excelente para los iones hidrogeno que se producen cuando se añade CO_2 a la sangre. También las proteínas plasmáticas proveen una cantidad pequeña de amortiguamiento sanguíneo.

El bicarbonato es un amortiguador importante primero por que existe una cantidad grande de este (24meq/L) en la sangre y, segundo por que se puede controlar la concentración de bicarbonato por los riñones, mientras la concentración de H_2CO_3 puede ser regulada por los pulmones. El sistema de amortiguamiento HCO_3^- H_2CO_3 también es de gran valor para los clínicos por que sus componentes se pueden medir fácilmente en el laboratorio y se utilizan para diagnosticar los desequilibrios ácido-básicos. Para determinar la concentración de bicarbonato se usa la ecuación de Henderson-Hasselbalch tomando los valores de pH Y H_2CO_3 . La concentración de ácido carbónico es directamente proporcional a la tensión de dióxido de carbono.

4.3 Medición de gases sanguíneos. El sistema analizador de gases (Blood Medition Gas - BMG 1312) es un microcomputador automático que mide: PCO_2 , PO_2 y pH y HCO_3^- a partir de una muestra de sangre arterial la cual interacciona con electrodos y reactivos específicos para cada sustancia en particular. La muestra de sangre puede ser tomada de diferentes arterias descritas en terneras como: arteria safena, arteria auricular caudal, arteria braquial y arteria coccígea.

Estudios realizados anteriormente por Gustin¹³, demostraron que los valores de PO_2 , PCO_2 , pH y HCO_3^- medidos en muestras tomadas de arteria carótida y coccígea son idénticas y tienen una correlación altamente significativa, demostrada con anterioridad.

Figura 4. Equipo de gases sanguíneos BGM 1312. Perteneciente a FUNCEP.



Fotografía: Aracelly Vallejo Castillo, Universidad de Nariño (2005).

4.4 Hipoxia alveolar. Según lo reportado por Gustin¹⁴. La circulación pulmonar es sensible a alteraciones en los gases sanguíneos arteriales y alveolares, la altura

¹³ GUSTIN, P et al. A comparison of PO_2 , PCO_2 , pH and bicarbonate in blood from the carotid and coccigeal arteries of calves. En: Veterinary research communications, 12. 1988, p. 343-346.

¹⁴ Ibid, p. 345.

sobre el nivel del mar disminuye la presión parcial de oxígeno inspirado por que hay un descenso en la presión barométrica de éste, los alvéolos poco ventilados poseen una presión parcial de oxígeno baja y para el animal es de poco beneficio continuar enviando sangre a esos alvéolos. Para corregir el problema, la hipoxia da lugar a una vasoconstricción de las arterias pulmonares y esa vasoconstricción disminuye el flujo sanguíneo hacia los alvéolos poco ventilados, distribuyéndolo hacia las regiones pulmonares mejor ventiladas.

Naeije, nos presenta lo siguiente:

La vasoconstricción es benéfica cuando existe una hipoxia alveolar localizada, pero cuando es generalizada, como ocurre en los bovinos que pastorean en alturas elevadas, debido a la gran cantidad de músculo liso en la capa media de las arteriolas pulmonares, da lugar a un aumento en la presión arterial pulmonar que incrementa el trabajo del ventrículo derecho y origina insuficiencia cardíaca derecha conocida como “cor pulmonale”¹⁵.

Figura 5. Edema ventral (Mal de alturas).



Fotografía: Blowey, R. Patología de ganado vacuno, España (1992)

¹⁵ NAEIJE, R. Pulmonary circulation at high altitude. *En: respiration*, 64. 1997, p. 429-430.

Según Wild¹⁶, estudios anteriores demostraron que terneros que son llevados a grandes altitudes aproximadamente 3000 metros, desarrollaron de moderada a severa hipertensión pulmonar acompañada por falla del corazón derecho en comparación a terneros nativos que son más resistentes a hipoxia ambiental, debido a la genética transmitida. Según lo mencionado por Hull:

El síndrome clínico se conoce como enfermedad del encuentro, por que se acumula líquido edematoso en el pecho, mandíbula y porción ventral del cuerpo, junto a un aumento en la cantidad de eritrocitos para transportar más oxígeno, conllevando a un aumento en el hematocrito y viscosidad de la sangre, lo cual dificulta el trabajo pulmonar, asociado a una falla cardiaca congestiva. El edema esta asociado a otras causas como pericarditis, parasitismo, plantas tóxicas, además de la exposición a grandes alturas por encima de los 2200 m.s.n.m.¹⁷.

4.5 Cuadro hemático. Coles¹⁸ define que, el cuadro hemático es una prueba de laboratorio que consiste en contar el número de células que hay en un volumen dado de sangre, y calcular el porcentaje que hay en cada tipo celular respecto del total de células. Es tan importante que hace parte del examen clínico de rutina. Dadas las funciones de cada célula sanguínea, esta prueba permite confirmar o sospechar de la existencia de diversas enfermedades. La toma y procesamiento de la muestra se obtiene de la sangre de las venas, el tubo en el que se recoge debe ir con anticoagulante evitando de esta manera el alterar el componente celular.

4.5.1 Hematocrito. Coles explica lo siguiente:

Literalmente la palabra hematocrito significa dividir la sangre, en el laboratorio se lleva a cabo en forma rápida mediante la centrifugación. La sangre se separa en tres partes que son:

¹⁶ WILD, D et al. Influence of altitude and age on pulmonary arterial pressure in cattle. En: proc soc exp biol med, 150 (3). 1975, p. 564-567.

¹⁷ HULL, M y ANDERSON, C. Right ventricular heart failure of montana cattle. En: Cornell Vet, 68 (2). 1978, p. 199-210.

¹⁸ COLES, R. Eritrocitos y Leucocitos. En: Diagnostico y patología veterinaria. México: McGraw Hill, 1986. p. 15.

en la parte inferior la masa de eritrocitos que se denomina volumen de células aglomeradas; una capa de leucocitos y trombocitos de color blanco o gris, situada inmediatamente por encima de la masa eritrocítica que se llama escoria, y el plasma sanguíneo. La sangre que se utiliza debe conservarse con un anticoagulante que no altere el tamaño del eritrocito, el recomendado es el EDTA (sal dipotásica y disódica del ácido etildiaminotetracético)¹⁹.

La centrifugación debe ser adecuada en cuanto a duración y velocidad, esto es importante para que la lectura del hematocrito sea confiable por su precisión. Los eritrocitos deben aglomerarse hasta el punto en que cualquier otra centrifugación no reduzca el volumen de células aglomeradas.

4.5.1.1 Método del Microhematocrito. Nombra Coles²⁰. Que este método es preferido para medir el PCV, para la determinación se recomienda el uso de un tubo capilar para hematocrito de 7 cm de longitud y un agujero de 1ml de diámetro, los cuales se llenan por capilaridad; se seca cuidadosamente el exterior del tubo y se cierra el extremo opuesto con plastilina especial, los tubos cerrados se colocan en una centrifuga de alta velocidad. De modo que el extremo cerrado quede próximo al aro exterior de la centrifuga. Asegurar la tapa en su sitio y echar a andar la centrifuga, durante el tiempo prescrito, que permita lograr la máxima aglomeración después de la centrifugación, se coloca cuidadosamente el tubo en el dispositivo especial para la lectura y se determina el porcentaje de glóbulos rojos.

La importancia clínica del hematocrito radica en que es un indicador clave del estado corporal de hidratación, anemia o perdida grave de sangre, así como la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Entre algunas causas del aumento del hematocrito se incluye la deshidratación, quemaduras, problemas de

¹⁹ Ibid, p. 10.

²⁰ Ibid, p. 22.

ventilación y trastornos renales, por lo contrario las causas de reducción de valores del hematocrito se incluyen las anemias hemolíticas, falta de hierro, depresión medular, o pérdida de sangre.

4.5.2 Recuento leucocitario. En el ganado bovino, el número total de leucocitos varía de acuerdo con la edad en el animal, el ganado viejo tiene mucha menor cantidad de leucocitos que el animal joven, en el recién nacido el número de linfocitos circulante es bajo y aumenta a medida que el animal crece; después, disminuye ligeramente con la edad. En el momento de nacer, los linfocitos representan solo el 33% del número total de leucocitos, en cuatro meses se elevan hasta 72% después disminuyen gradualmente hasta alcanzar el nivel normal de los adultos que es de 55-60%, lo que ocurre cuando el animal tiene cerca de 2 años de edad. A medida que el animal envejece disminuyen los neutrofilos y aumentan los eosinofilos. Es raro encontrar neutrófilos en banda en la circulación periférica cuando el ganado es sano.

4.5.2.1 Recuento total de leucocitos. Método del Hemocitometro, el equipo necesario para efectuar el recuento total de leucocitos es el siguiente: cámara de contar (Neubauer), pipeta de dilución, líquido de dilución (Turk) y microscopio.

La cámara de Neubauer presenta 4 cuadros en las esquinas que se dividen en 16 cuadros intermedios usados para el recuento total de leucocitos, como regla, se usan 5 de los cuadros de dimensión intermedia para el recuento total de eritrocitos. La pipeta se llena succiponando con un tubo de caucho, la sangre se extrae aspirando hasta la marca de 0.5, se succiona el líquido de dilución (Turk), hasta marca 11 y se mezclan sangre y Turk agitando vigorosamente la pipeta durante 3 minutos, la pipeta se descarga en una cantidad tocando con la punta de la misma una esquina de la cámara y se deja escurrir una gota del líquido hasta llenar la cámara.

Iniciar el recuento de los leucocitos después de reposar 1 minuto, enfocando el campo del microscopio, para contar todas las células presentes en los 16 cuadros pequeños de cada cuadro mayor de la escala, las células se cuentan siguiendo una línea en zigzag y anotando los resultados, de cada cuadro mayor, de ese modo se obtienen el número total de células, posteriormente se multiplica el número total por 50.

4.5.2.2 Recuento diferencial de leucocitos. Realizar un extendido delgado sobre un portaobjetos deslizando con una laminilla por un extremo con bordes regulares, la sangre. La lámina deslizante se coloca delante de la gota de sangre, en un ángulo de 30° y se desliza hacia atrás justo hasta tocar la gota deslizándola sobre el portaobjetos. Se deja secar y se procede a la tinción con el colorante de Wright y la fijación con buffer hasta obtener el color metálico, donde se procede a lavar, secar y visualizar al microscopio respectivamente.

El núcleo de los leucocitos se tiñe con intensidad y es posible observar con facilidad todas las formas que presenta, los neutrofilos de los bovinos presentan filamentos que unen los lóbulos del núcleo, los eosinófilos están llenos de gránulos pequeños en forma redonda que se tiñen intensamente, y ocupan por completo el citoplasma. En general los eosinofilos poseen núcleo bilobulado o en banda.

Los basófilos tienen abundantes gránulos oscuros que llenan por completo el citoplasma y cubren al núcleo.

El linfocito del bovino es de tamaño muy variable y en un frotis se observan de todos los tamaños. Los linfocitos pequeños poseen núcleo intensamente coloreado y muy poco citoplasma. Algunos linfocitos grandes presentan núcleos con indentaciones o de aspecto arrugado en ocasiones la hendidura del núcleo es

tan profunda que la célula aparenta tener 2 núcleos se denominan células de Reider y se observan con mayor frecuencia en leucemia linfocítica.

Los monocitos son de tamaño variable con núcleo irregular, el citoplasma es granuloso y de color azul.

4.6 Anticoagulantes. Como se reporta en el Manual Ilustrado del manejo del BMG 1312²¹. Para prevenir la coagulación de la sangre que se emplea en exámenes hematológicos, se puede usar una gran variedad de los mismos, pero es necesario el empleo de la heparina como único anticoagulante para la vibración de gases sanguíneos arteriales debido a que no altera el pH.

4.6.1 Heparina. Evita la coagulación porque impide la transformación de protrombina a trombina. Casi siempre se usa en forma líquida, se moja la jeringa con solución de heparina al 1% esto basta para impedir la coagulación de 5ml de sangre. Tiene la desventaja de que altera la tinsión de los leucocitos si la cantidad es excesiva es decir si se pretende extraer 5ml de sangre y solo se obtienen 2. La heparina es el más costoso de los anticoagulantes y su efecto solo dura de 10 a 12 horas.

4.6.2 EDTA. Son agentes quelantes que evitan la coagulación de la sangre porque se combinan con el calcio. Cuando es importante conservar las células y sus características es el anticoagulante ideal. Si se usa líquido, una sola gota de la solución al 10% basta para evitar la coagulación de 5ml de sangre.

El EDTA tiene la ventaja de conservar las características morfológicas y de tinsión de los leucocitos. En comparación con otros anticoagulantes es el que mejor

²¹ Section 11 physiology. En: Manual ilustrado del manejo del BMG 1312. p. 11-2.

conserva las características celulares. Para el caso particular de la toma sangre arterial para determinar el valor de los gases sanguíneos, no esta recomendado debido a que altera el pH.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 Localización. El estudio se llevó a cabo en 3 fincas ganaderas:

- ◆ *Villa del Rosario:* Situada en el corregimiento la Palizada, del municipio de Tangua. A una altitud: 3050 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 12°C y precipitación: 1000cc por año.
- ◆ *La Frienciana,* ubicada en la vereda Gualmatán, en el municipio de Pasto. A una altitud de 3100 m.s.n.m., temperatura: 11°C y precipitación: 1500cc por año.
- ◆ *La Guillermina:* localizada en la vereda Cubiján, en el municipio de Pasto. A una altitud: 3000 m.s.n.m., temperatura: 12°C y precipitación: 1000cc por año.

5.2 Diseño experimental y análisis estadístico. El presente estudio es de tipo descriptivo y de investigación aplicada, los resultados se analizaron, mediante medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y medidas de dispersión (rango, varianza y desviación estándar). También es importante el uso de la distribución de frecuencias.

La muestra comprendió toda la población en un total de 13 animales, distribuidos de 5 terneras en la finca Villa del Rosario, 4 terneras en la finca La Frienciana, y 4 animales en la finca La Guillermina. Teniendo en cuenta que los hatos estudiados difieren en condiciones geográficas como la altura, temperatura y precipitación, se realizó una comparación entre ellas, con su respectivo análisis de varianza para contrastar los grupos; manejando un margen de error del 5%. Para su desarrollo se tuvo en cuenta las siguientes variables:

- ◆ Presión de oxígeno (PO₂).
- ◆ Presión de dióxido de carbono (PCO₂).
- ◆ pH.
- ◆ Bicarbonato (HCO₃⁻).

5.3 Animales o material biológico, instalaciones y equipos. Se trabajó con un número de 13 terneras, que comprendió el total de la población, con edades entre seis y doce meses, raza Holstein, sanas determinado mediante valoración física y clínica mediante el cuadro hemático. Las cuales presentaron características homogéneas de manejo así: su método de crianza es a través de estaca, es decir las terneras pasan al pastoreo limitado por el diámetro permitido por la estaca, que se va ampliando a medida que van consumiendo el forraje, desde 8 días de nacidas hasta los 4 meses de edad, después pasan al libre pastoreo con cerca eléctrica, consumiendo forraje Ray gras.

El estado sanitario de las terneras esta regido por el siguiente esquema: Vacunación: 4 meses contra brucelosis, 6 meses de edad contra Fiebre aftosa (de acuerdo al ciclo de vacunación nacional), desparasitaciones mensuales rotando productos.

5.3.1 Materiales e instalaciones.

1. Clínica veterinaria de la universidad de Nariño (Leucograma).
2. Hospital Universitario Departamental de Nariño (Gases sanguíneos arteriales).
3. Puesto de salud Lorenzo de Aldana (Hematocrito).
4. Equipo analizador de gases sanguíneos (Blood Gas Medition - BGM 1312) perteneciente a la UCI del Hospital Universitario Departamental de Nariño.
5. Microcentrífuga.

6. Tubos de ensayo con EDTA.
7. Tubos capilares para microhematocrito heparinizados.
8. Sodio heparin (100 unidades por ml).
9. Pilas de refrigeración.
10. Fonendoscopio.
11. Termómetro rectal.
12. Cinta para cálculo aproximado de peso.
13. Aguja hipodérmicas calibre 18.
14. Guantes quirúrgicos.
15. Algodón.
16. Frasco de yodo.
17. Cava para transporte de las muestras.
18. Jeringas insulínicas.

5.4 Técnicas para la recolección y análisis de la información. El procedimiento a seguir, teniendo en cuenta el orden lógico para la valoración del paciente fue:

◆ Una vez ubicado el animal en un sitio correcto para su valoración (establo), se procedió a determinar el peso a través de una cinta métrica no elástica colocada justamente atrás de los miembros anteriores y adelante de los hombros de la ternera, las dos puntas de la cinta deben de colocarse juntas, y la circunferencia dada de dicho procedimiento es registrada.

◆ Se prosiguió con la determinación de los parámetros fisiológicos tales como: obtención de la temperatura por medio del termómetro de mercurio rectal, para compararlo con el valor normal para esta especie como lo muestra Martínez²² corresponde a (38.5 a 39.5°C), valoración de la frecuencia cardíaca con el

²² MARTÍNEZ, A. Manual de crianza de becerras En: Hoard's Dairyman en español, 30, 2000 15 P.

fonendoscopio, ubicado en el quinto espacio intercostal del lado izquierdo, estos valores serán relacionados con los parámetros normales según Martínez²³ la frecuencia cardiaca es de 60 a 110 latidos por minuto.

◆ Observación directa de los flancos y abdomen del animal para calcular la frecuencia respiratoria la cual debe estar como lo sustenta Martínez²⁴ un rango normal de 25 a 32 respiraciones por minuto. (Ver tabla1-2-3.)

◆ Prosiguiendo se ejecutó la colección de 1ml de sangre en una jeringa insulínica heparinizada para la valoración de gases sanguíneos, por lo cual esta sangre procedió de la arteria coccígea. Las cuales se colocaron en refrigeración inmediatamente después de la colecta. Para ello, la cola del animal se desinfecto con un producto a base de yodo, en aproximadamente un ángulo de 45° con la horizontal, esta región es relativamente insensible, por lo cual la sedación o anestesia local no fue necesaria.

Apropósito de la punción, en un estudio previo Gustin manifiesta, que:

El sitio de la punción esta situado entre los dos pliegues cutáneos observados en esta región, a pocos centímetros cerca del ano, el pulso percibido entre los dos procesos ventrales fue la guía acerca del punto de entrada, el diámetro de la aguja es de 18, La cual se analizó en menos de dos horas de colectada, usando el analizador de gases sanguíneos²⁵.

◆ En la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del Hospital Universitario Departamental de Nariño se hizo la medición de los gases sanguíneos con el equipo analizador BGM 1312 así: colocada la muestra en el catador este aspira 80

²³ Ibid, p.15.

²⁴ Ibid, p.15.

²⁵ GUSTIN, P et al. A comparison of PO₂, PCO₂, pH and bicarbonate in blood from the carotid and coccigeal arteries of calves. En: Veterinary research communications, 12. 1988, p. 343-346.

microlitros de sangre, para ser captada por los electrodos y posterior reporte de los valores de PO_2 , PCO_2 , pH y HCO_3^- .

◆ Por ultimo se colectó otra muestra de sangre en tubos de ensayo con EDTA, para la realización del cuadro hemático, en el laboratorio clínico de la Universidad de Nariño, esto con el fin de establecer el estado de salud de las terneras muestreadas.

De las muestras sanguíneas anteriores se determino el volumen corpuscular sanguíneo por la técnica de microhematocrito. Para ello se tomo la sangre en capilares heparinizados de 7 centímetros de longitud, para su posterior centrifugación durante 5 minutos, consecutivamente se llevó cada capilar a la tabla de lectura o reglilla, para la determinación del porcentaje de células sanguíneas con respecto al plasma, para determinar la hemoglobina en mg/dl se dividió el hematocrito entre 3.

Como lo sostiene Frandson²⁶. El recuento total de glóbulos blancos se realizó mediante la técnica de la cámara de conteo de Neubauer, con el siguiente procedimiento: se absorbió en la pipeta para dilución de glóbulos blancos la sangre y la solución de Turk homogenizando por 3 minutos y derramando las primeras 4 gotas para posteriormente con la punta de la pipeta se tocó un lado de la cámara dejando caer una gota de líquido diluido debajo de la cubierta de cristal, el recuento se inicio después reposar 1 minuto, enfocando el campo del microscopio con un aumento de 10X para contar todas las células presentes en los 16 cuadros pequeños de cada cuadro mayor de la escala, las células se contaron siguiendo una línea en “zigzag” y anotando los resultados, de cada cuadro mayor, de ese modo se obtuvieron el numero total de células, posteriormente se multiplico el numero total por 50 .

²⁶ Ibid, p. 50-58

Posteriormente se realizó el recuento diferencial a través de un frotis sanguíneo en un portaobjetos y se realizó la tinción de Wright así: se colocó el colorante cubriendo la superficie del portaobjetos dejando reposar 5 minutos, al cabo del cual se aplicó buffer para fijar el colorante durante 3 minutos, hasta la formación de una película metálica, después se lavó con agua destilada y se secó al ambiente para la posterior visualización al microscopio. Las células se cuentan a medida que se identifican, marcándolas en el contador manual hasta que se llegó a 100 células, expresando el resultado en porcentajes (Ver tablas 7-8-9).

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Resultados. Establecimiento de los parámetros fisiológicos, con los cuales se determinó el normal funcionamiento del organismo de los animales estudiados.

Tabla 1. Parámetros fisiológicos obtenidos en el estudio, Finca La Guillermina.

VALOR / TERNERA	Nº 121	Nº 122	Nº 123	Nº 124
FRECUENCIA CARDIACA P/M	84	64	76	64
FRECUENCIA RESPIRATORIA R/M	32	33	36	32
TENPERATURA °C	39.1	39.0	38.5	38.8
PESO Kg.	266	229	244	183
EDAD MESES	9	8	7	6

Tabla 2. Parámetros fisiológicos obtenidos en el estudio, Finca La Frienciana.

VALOR / TERNERA	Nº 64	Nº 66	Nº 69
FRECUENCIA CARDIACA P/M	120	115	120
FRECUENCIA RESPIRATORIA R/M	34	28	30
TENPERATURA °C	38.4	38.6	38.7
PESO Kg.	221	230	181
EDAD MESES	7	7	6

Tabla 3. Parámetros fisiológicos obtenidos en el estudio, Finca Villa del Rosario.

VALOR / TERNERA	Nº 68	Nº 60	Nº 61	Nº 63	Nº 70
FRECUENCIA CARDIACA P/M	120	96	110	82	120
FRECUENCIA RESPIRATORIA R/M	30	28	24	24	28
TENPERATURA °C	39	38.9	39	38.9	38.8
PESO Kg.	198	210	215	225	250
EDAD MESES	6	6	6	6	7

Demostrando que no existió ningún proceso infeccioso, ni algún desorden hematológico en las terneras evaluadas, se presentan los siguientes resultados.

Tabla 4. Cuadro hemático, Finca La Guillermina.

VALORES/TERNERAS	Nº 121	Nº 122	Nº 123	Nº 124
HEMATOCRITO %	39	30	33	39

HEMOGLOBINA mm/Hg	13	10	11	13
NEUTROFILOS %	35	34	34	32
LINFICITOS %	61	56	61	63
EOSINOFILOS %	3	4	1	1
MONOCITOS %	1	5	4	3
BASOFILOS %	0	1	0	1
RECUESTO TOTAL mm x 103	8.700	10.000	9.500	9.600

Tabla 5. Cuadro hemático, Finca La Frienciana.

VALORES/TERNERAS	Nº 64	Nº 66	Nº 69
HEMATOCRITO %	39	31	34
HEMOGLOBINA mm/Hg	13	11	11
NEUTROFILOS %	35	32	35
LINFICITOS %	58	62	62
EOSINOFILOS %	2	3	1
MONOCITOS %	4	2	2
BASOFILOS %	1	1	0
RECUESTO TOTAL mm x 103	8.900	11.000	9.700

Tabla 6. Cuadro hemático, Finca Villa del Rosario.

VALORES/TERNERAS	Nº 68	Nº 60	Nº 61	Nº 63	Nº 70
HEMATOCRITO %	40	38	35	33	39
HEMOGLOBINA mm/Hg	13	12	11	11	13
NEUTROFILOS %	32	35	35	33	33
LINFICITOS %	58	56	61	58	60
EOSINOFILOS %	4	4	3	5	4
MONOCITOS %	5	5	0	3	3
BASOFILOS %	1	0	1	1	0

RECUESTO TOTAL mm x 103	8.700	8.500	10.000	9.500	9.600
-------------------------	-------	-------	--------	-------	-------

Valores normales de los gases sanguíneos PO₂, PCO₂, también pH y HCO₃⁻ para las terneras ubicadas en las fincas evaluadas.

Tabla 7. Valores de gases sanguíneos arteriales, obtenidos en el estudio, Finca La Guillermina.

VALOR/TERNERA	Nº 121	Nº 122	Nº 123	Nº 124
PCO ₂ mm/Hg	30.8	26.7	25.4	29.1
PO ₂ mm/Hg	66	60	59	65.3
pH	7.37	7.47	7.46	7.41
HCO ₃ ⁻ meq/L	18.3	20	18.4	20

Tabla 8. Valores de gases sanguíneos arteriales, obtenidos en el estudio, Finca La Frienciana.

VALOR/TERNERA	Nº 64	Nº 66	Nº 69
PCO ₂ mm/Hg	27.9	30.3	31
PO ₂ mm/Hg	64	65.5	68
pH	7.5	7.4	7.4
HCO ₃ ⁻ meq/L	23.4	25	26.9

Tabla 9. Valores de gases sanguíneos arteriales, obtenidos en el estudio, Finca Villa del Rosario.

VALOR/TERNERA	Nº 68	Nº 60	Nº 61	Nº 63	Nº 70
PCO ₂ mm/Hg	33.9	32.3	31.1	31	32.6
PO ₂ mm/Hg	68.3	67.9	66	65	66.8
pH	7.38	7.41	7.38	7.38	7.38
HCO ₃ ⁻ meq/L	24.4	26	24.8	23.9	25.6

Al realizar la valoración física y clínica de la ternera Nº 67 perteneciente a la finca La Frienciana, se pudo apreciar ciertas alteraciones con respecto a los parámetros fisiológicos tales como aumento del hematocrito, leucocitosis relativa y alguna sintomatología como tos, aumento de la temperatura, y presencia de estertores a la auscultación pulmonar. Al realizar la medición de los gases sanguíneos arteriales reportó que la PO₂ se encontraba por debajo de rango fisiológico donde el O₂ es liberado hacia los tejidos, mostrando una hipoxémia la cual estimula la ventilación pulmonar. Por lo tanto se decidió no tenerla en cuenta para la obtención de los valores para este estudio.

Presentación de los resultados del respectivo análisis estadístico.

Tabla 10. Análisis estadístico, finca La Frienciana.

	PCO ₂	PO ₂	PH	HCO ₃ ⁻
Media	29,73	65,83	7,43	25,10
Error típico	0,94	1,17	0,03	1,01
Mediana	30,30	65,50	7,40	25,00
Moda	-	-	7,40	-
Desviación estándar	1,63	2,02	0,06	1,75
Varianza de la muestra	2,64	4,08	0,00	3,07
Coefficiente de asimetría	-1,38	0,72	1,73	0,26
Rango	3,10	4,00	0,10	3,50
Mínimo	27,90	64,00	7,40	23,40
Máximo	31,00	68,00	7,50	26,90
Suma	89,20	197,50	22,30	75,30
Cuenta	3,00	3,00	3,00	3,00
Nivel de confianza (95.0%)	4,04	5,02	0,14	4,35

Tabla 11. Análisis estadístico, finca La Guillermina.

	PCO ₂	P0 ₂	PH	HCO ₃
Media	28,00	62,58	7,43	19,18
Error típico	1,21	1,79	0,02	0,48
Mediana	27,90	62,65	7,44	19,20
Moda	-	-	-	20,00
Desviación estándar	2,42	3,59	0,05	0,95
Varianza de la muestra	5,83	12,86	0,00	0,91
Curtosis	-2,58	-5,43	-2,48	-5,95
Coficiente de asimetría	0,17	-0,03	-0,56	-0,01
Rango	5,40	7,00	0,10	1,70
Mínimo	25,40	59,00	7,37	18,30
Máximo	30,80	66,00	7,47	20,00
Suma	112,00	250,30	29,71	76,70
Cuenta	4,00	4,00	4,00	4,00
Nivel de confianza(95.0%)	3,84	5,71	0,07	1,52

Tabla 12. Análisis estadístico, finca Villa del Rosario.

	PCO ₂	P0 ₂	pH	HCO ₃
Media	32,18	66,80	7,39	24,94
Error típico	0,53	0,61	0,01	0,38
Mediana	32,30	66,80	7,38	24,80
Moda	-	-	7,38	-
Desviación estándar	1,19	1,35	0,01	0,86
Varianza de la muestra	1,43	1,84	0,00	0,74
Curtosis	-0,58	-1,53	5,00	-1,79
Coficiente de asimetría	0,55	-0,27	2,24	0,13
Rango	2,90	3,30	0,03	2,10
Mínimo	31,00	65,00	7,38	23,90
Máximo	33,90	68,30	7,41	26,00
Suma	160,90	334,00	36,93	124,70
Cuenta	5,00	5,00	5,00	5,00
Nivel de confianza 95%	1,48	1,68	0,02	1,07

Tabla 13. Análisis estadístico, General.

	PCO ₂	P0 ₂	PH	HCO ₃
Media	30,175	65,15	7,411666667	23,05833333

Error típico	0,718281303	0,85106885	0,01217507	0,88055237
Mediana	30,9	65,75	7,4	24,15
Moda	31	66	7,38	20
Desviación estándar	2,488199422	2,94818897	0,042175679	3,05032288
Varianza de la muestra	6,191136364	8,69181818	0,001778788	9,3044697
Curtosis	-0,156120241	0,90125924	0,199435236	-1,26651437
Coefficiente de asimetría	-0,610075911	-1,23354089	1,160554863	-0,58350848
Rango	8,5	9,3	0,13	8,6
Mínimo	25,4	59	7,37	18,3
Máximo	33,9	68,3	7,5	26,9
Suma	362,1	781,8	88,94	276,7
Cuenta	12	12	12	12
Nivel confianza 95%	1,580927288	1,87319085	0,026797161	1,93808368

6.2 Discusión. El presente estudio se realizó en 3 fincas ubicadas en los municipios de Pasto y de Tangua con una altura de 3000, 3050 y 3100 m.s.n.m. en el cual se obtuvo los parámetros fisiológicos para los gases sanguíneos arteriales que para este trabajo muestra las siguientes características:

Como se indica en la Figura 5. el valor de las medias para la PO_2 son de 62.58mm/Hg, para la finca La Guillermina; 65.83mm/Hg. para La Frienciana y 66.88mm/Hg. en la finca Villa del Rosario. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Cambier,²⁷ quien señala en su estudio, que estos valores se encuentran dentro del estado fisiológico de los bovinos. La PO_2 en este trabajo se encuentran por encima de 60 mm/Hg., siendo el punto exacto donde el O_2 pasa a los tejidos de forma fisiológica. Los valores reportados por debajo de 60mm/Hg., determinan la pérdida de 25% de oxígeno de la oxihemoglobina, conllevando a

²⁷ CAMBIER, C et al. Blood oxygen binding in hypoxaemic calves. En: Vet Res. 33, 2002 p. 283-290.

decir entonces que los valores encontrados en este estudio se encuentran dentro de un rango normal.

En nuestro estudio, como lo revela la figura 6 los valores correspondientes a las medias para la PCO_2 son: 28.00mm/Hg para la finca La Guillermina, 33.18mm/Hg para la de Villa del Rosario y 29.73mm/Hg para la finca La Frienciana. Esto significa que la hipercapnia arterial no se presenta en los bovinos de estudio, porque este cuadro se desarrolla cuando la PCO_2 reporta un valor superior a 53mm/Hg. al igual que los estados de hipoxemia o desórdenes en la ventilación alveolar. Comparados nuestros resultados por lo obtenido por Cambier²⁸, los parámetros conseguidos con este trabajo se consideran dentro de los parámetros fisiológicos.

La Figura 7, representa los valores de la base amortiguadora de la sangre arterial (HCO_3^-) existentes en la sangre de los bovinos analizados en las fincas La Guillermina que corresponde a 19.18mEq/L, en la finca La Frienciana que es de 25.10mEq/L y en la finca Villa del Rosario, de 24.94mEq/L. Estos valores de la base amortiguadora son normales porque al correlacionarlos con la PCO_2 en las muestras analizadas anteriormente en este estudio, están dentro de los parámetros fisiológicos normales, según el cuadro de correlación. (Anexo C.), se denota algunas variaciones si se compara los valores entre cada finca, pero el análisis estadístico indica que no son diferencias con un peso significativo.

La Figura 8 señala los valores de pH, que para la finca La Guillermina es de 7.43, para la finca La Frienciana de 7.43 y para la finca Villa del Rosario de 7.39. Lo que demuestra que son normales, comparados con lo reportado por Cambier. El pH

²⁸ Ibid, p. 288.

arterial es ligeramente más alto en comparación con el pH sanguíneo venoso, debido a la adición de CO₂ en este último.

Al analizar el respectivo estudio de correlación de las fincas evaluadas en general, se identifica claramente la existencia de una correlación negativa, altamente significativa entre el PO₂ y PCO₂, mostrando que una variación de uno de estos dos parámetros, es la consecuencia de la alteración indirectamente proporcional del otro valor, es decir, que si existe un aumento significativo de la PO₂ inmediatamente se observaría la disminución de la PCO₂ y viceversa, esto produce una alteración del equilibrio ácido-básico, en la hemodinámica bovina, igual situación ocurre con los valores y la relación existente entre el pH y PCO₂. Lo anterior se puede identificar con claridad en el Anexo C.

Los animales en estudio se encuentran sometidos a condiciones hipoxémicas causadas por la altura 3000 - 3100 m.s.n.m. y muestran una respuesta similar a los resultados obtenidos por Cambier en terneros sanos ubicados a nivel del mar. Al realizar la comparación entre los resultados de los gases sanguíneos entre los animales ubicados a diferentes alturas sobre el nivel del mar; en este caso 3000, 3050 y 3100, donde están situadas las fincas de estudio, advirtieron leves diferencias entre los resultados de los parámetros evaluados, sin tener un peso estadísticamente significativo.

Figura 5. Comparación de la PO₂ en las fincas del estudio.

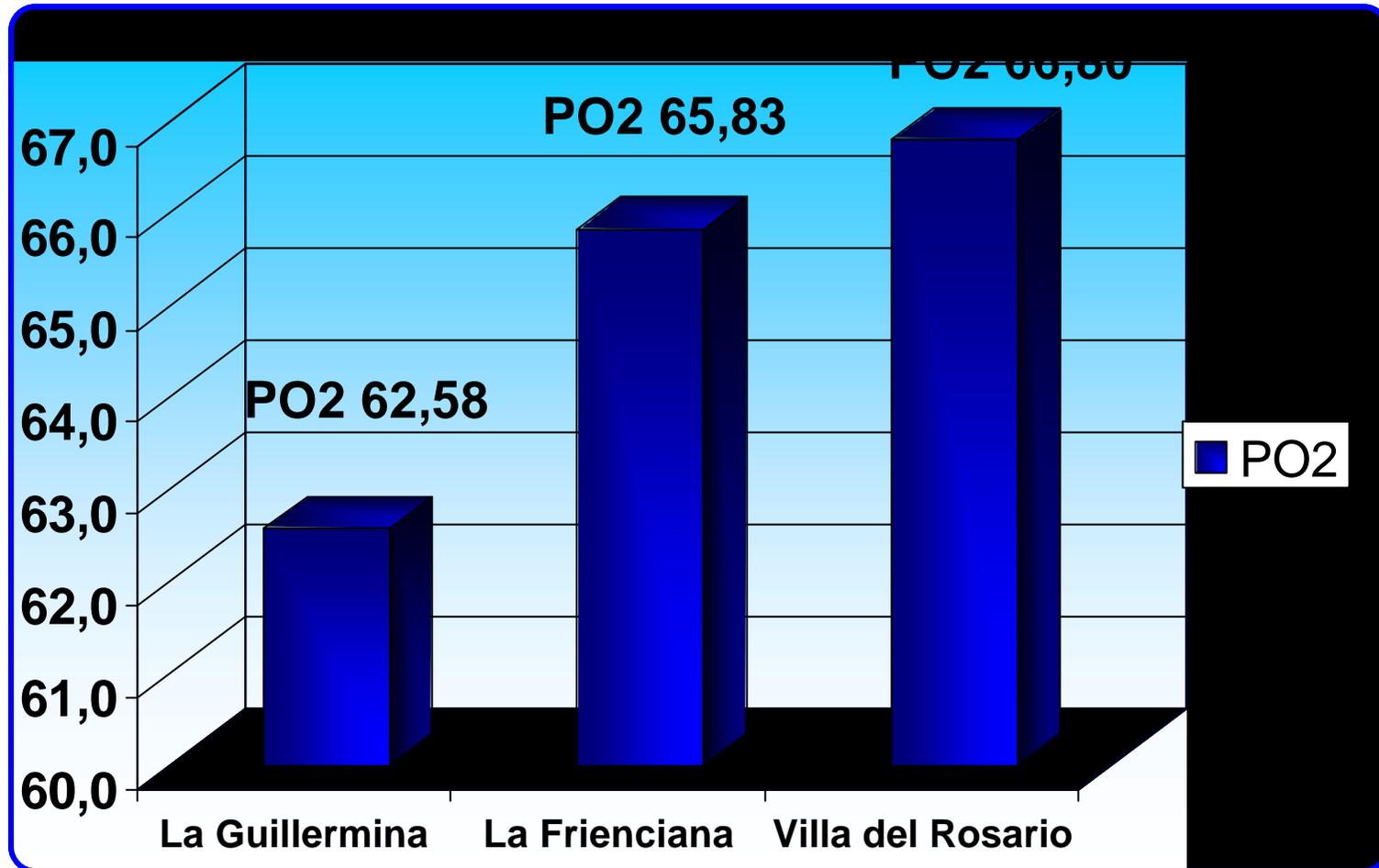


Figura 6. Comparación del PCO₂ en las fincas del estudio.

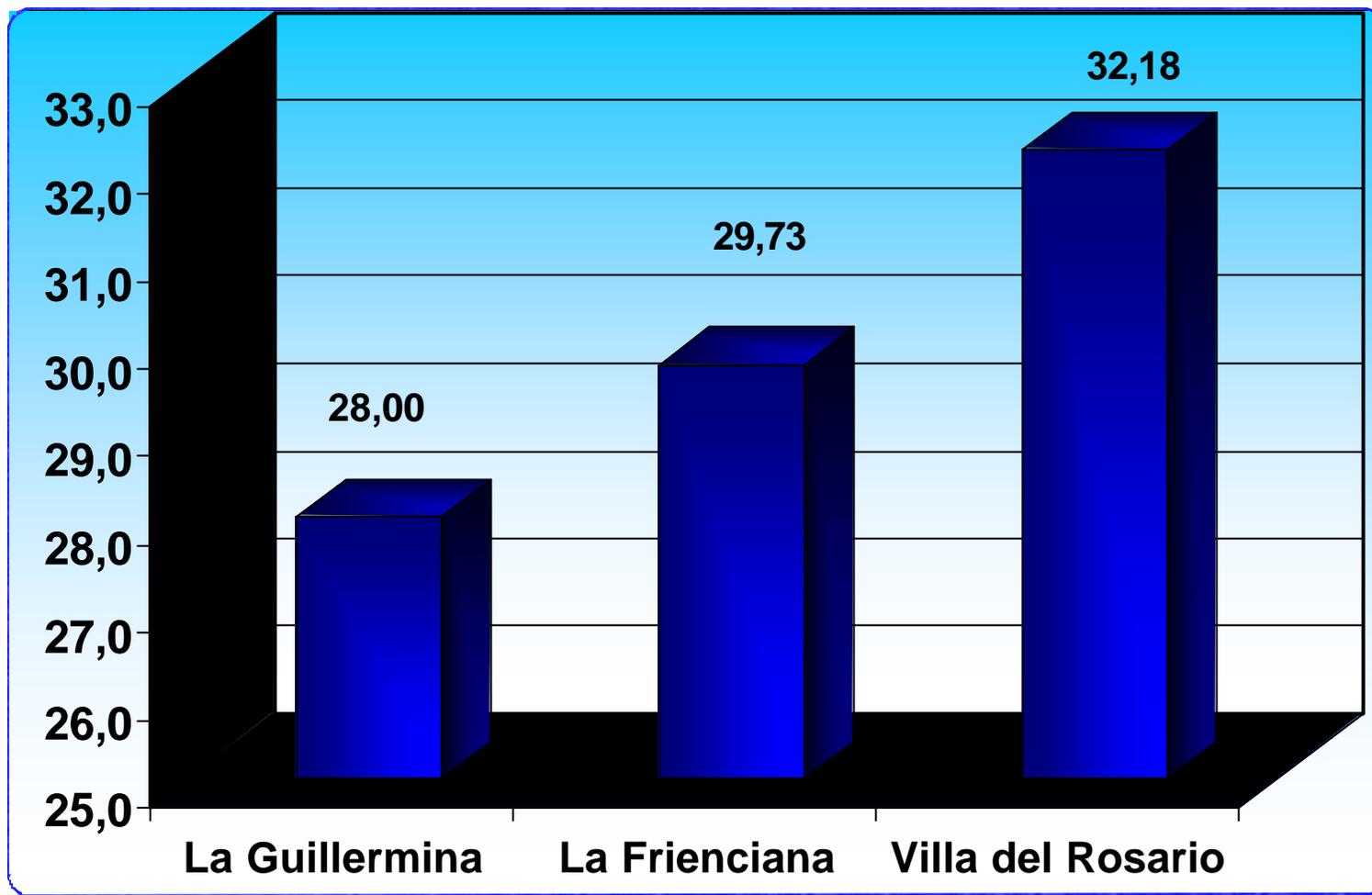


Figura 7. Comparación del HCO_3^- en las fincas del estudio.

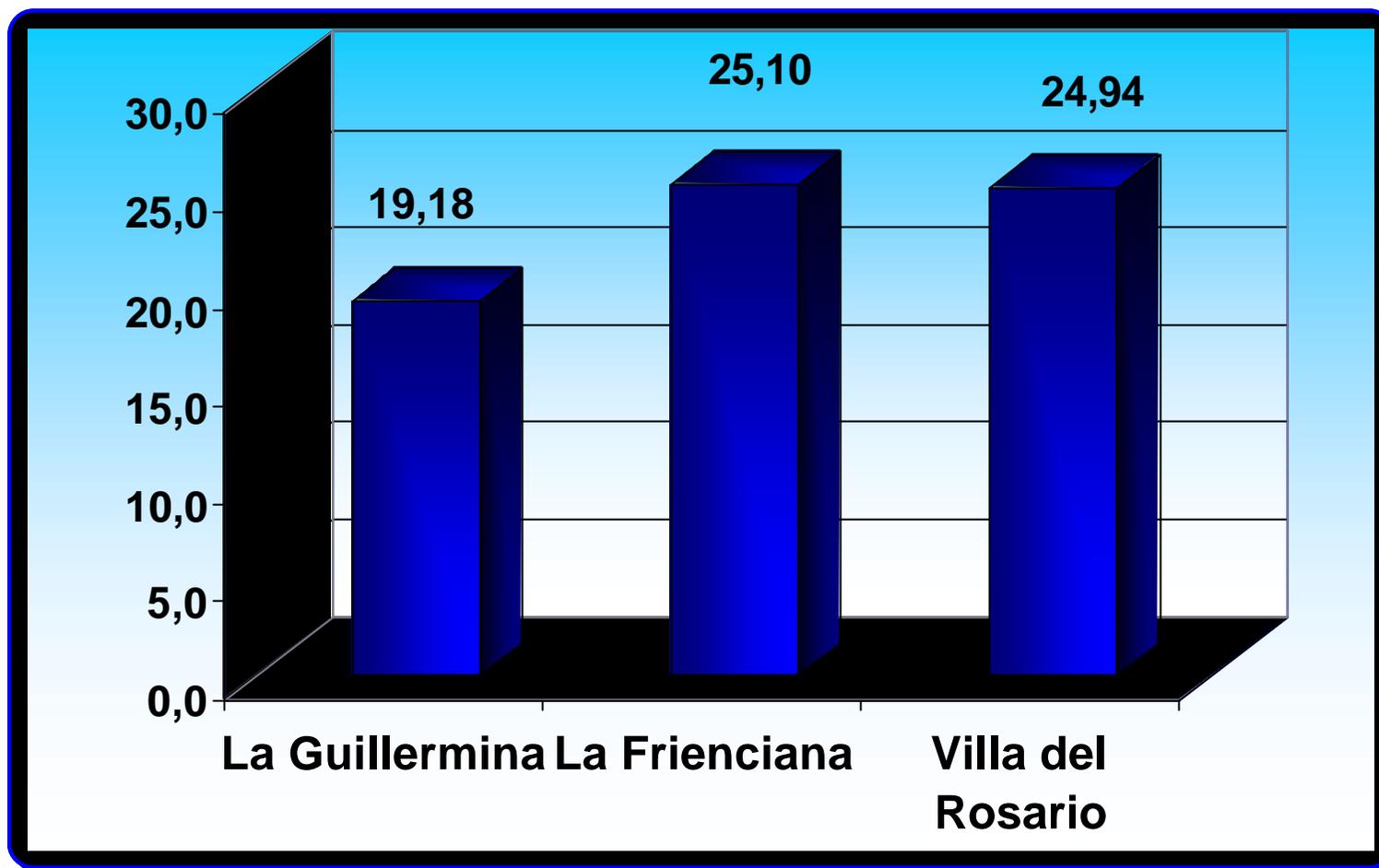
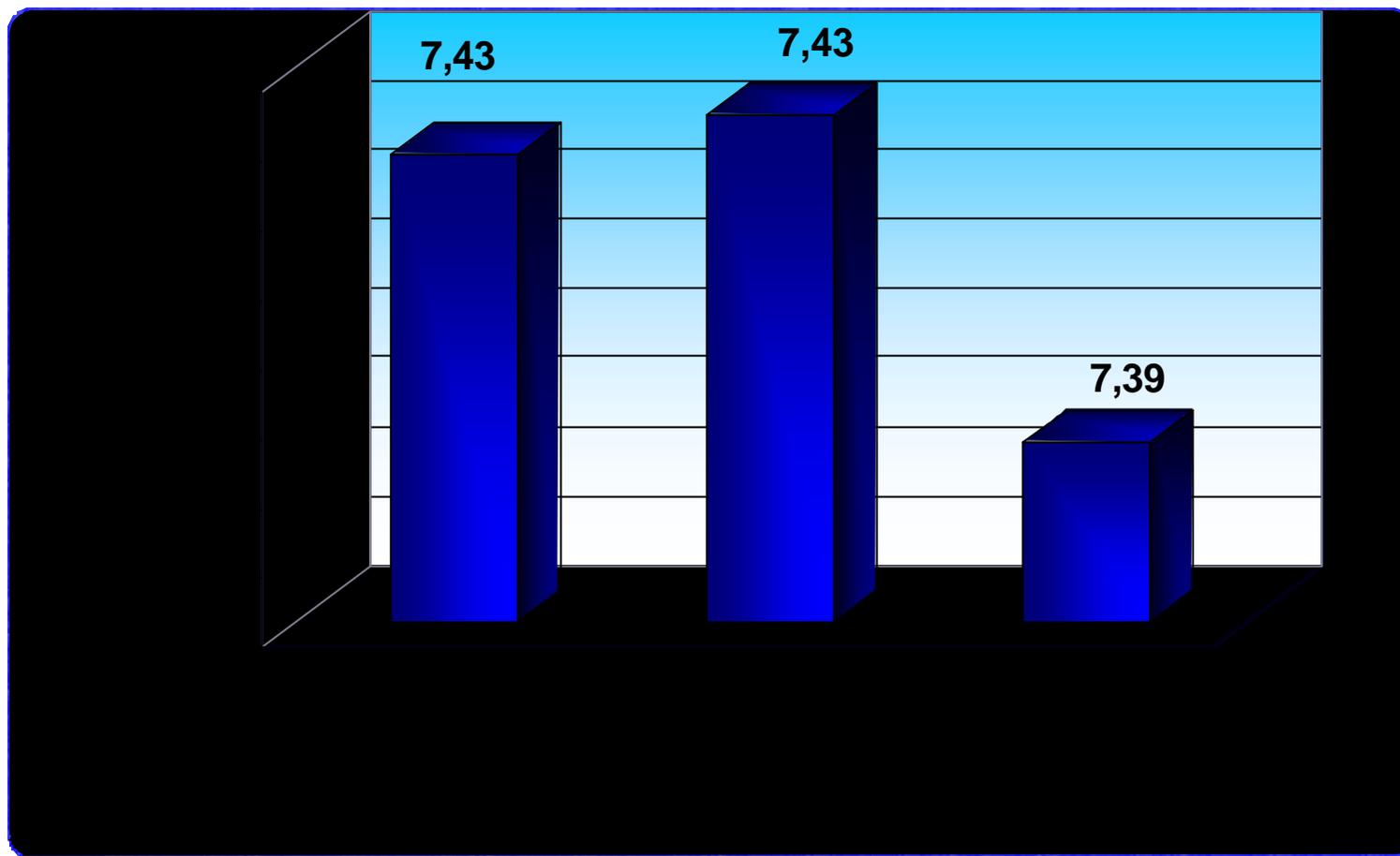


Figura 8. Comparación del pH en las fincas del estudio.



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones. Los valores de la PO_2 (presión de oxígeno) para las terneras de seis a doce meses de edad fueron los siguientes, 63.82, 65.83 y 66.80 mm/Hg. Correspondientes a la finca La Guillermina, La Frienciana y Villa del Rosario respectivamente, con un promedio de 65.07 mm/Hg.

Los parámetros correspondientes a la PCO_2 (Presión de dióxido de carbono) para este trabajo fueron: 28.00 mm/Hg. En la finca La Guillermina, 29.73 mm/Hg. en la finca La Frienciana y 32.18 mm/Hg. para la finca Villa del Rosario, con la obtención del promedio de 29.97 mm/Hg .

Los resultados para la variable pH del estudio realizado en los municipios de Pasto y de Tangua arrojaron la siguiente información: 7.43 en la finca La Guillermina, 7.432 en la finca La Frienciana y 7.39 en la finca Villa del Rosario, con un promedio de 7.42.

Los valores obtenidos para HCO_3^- (bicarbonato) en las fincas de estudio fueron: 19.18 meq/L, para La Guillermina, 25.10 meq/L, para La Frienciana y 24.94 meq/L en Villa del Rosario. Con el respetivo promedio de 23.07 meq/L.

7.2 Recomendaciones. De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo se hacen las siguientes recomendaciones:

Motivar estudios regionales con una cobertura amplia que permitan obtener parámetros fisiológicos para la región ganadera de Nariño ubicada a grandes alturas sobre el nivel del mar.

En futuros trabajos, se aconseja la medición de los gases sanguíneos arteriales incluyendo animales que presenten patologías debidas a la hipoxémia causada por la ubicación geográfica en las grandes alturas y su respectivo análisis de comparación con los parámetros normales de la región.

Determinar datos complementarios al perfil sanguíneo en animales ubicados a diferentes altitudes y en las diversas etapas del crecimiento y desarrollo de los bovinos.

Destinar recursos para la compra de electrodos necesarios para el buen funcionamiento del equipo analizador de gases sanguíneos perteneciente a FUNCEP. (Fundación Colombiana de Estudios de Parásitos) que se encuentra en la Clínica veterinaria de la Universidad de Nariño, en calidad de préstamo por tiempo indefinido, con el fin de continuar con nuevos estudios a más grande escala. Con el normal funcionamiento de dicho equipo, se podría incluir la valoración de los gases sanguíneos arteriales como previo procedimiento en el área quirúrgica, que es de vital importancia para determinar, qué soluciones de hidratación son las más adecuadas para cada tipo de paciente, tanto en las clínicas de pequeñas y grandes especies.

Realizar estudios de gases sanguíneos arteriales en otras especies animales, como caninos y felinos, quienes son más asequibles a la manipulación y facilitan una valoración con mayor frecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, J. Indicadores asociados al estado ácido básico. En: Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Medellín: Universidad de Antioquia, 2001. 93-106 p.

BLOWEY, R. Trastornos cardiovasculares. En: Patología de ganado vacuno, España: McGraw Hill, 1992. 85 p.

BRUNO, D et al. Mechanisms controlling the oxygen consumption in experimentally induced hypocloremic alkalosis in calves. En: Vet. Res. 33 2002, 697 a 708 p.

CAMBIER, C et al. Blood oxygen binding in hypoxaemic calves. En: Vet. Res. 33, 2002. 283 – 290 p.

----- Blood oxygen transport and tissular oxygenation in cattle during physiological and pathological conditions. Pharmacological modulation of these functions in the healthy calf. Trabajo de grado Doctor en ciencias veterinarias Universidad de Liege, Facultad de Medicina Veterinaria. Bélgica 2001 -2002. 10 – 64 p.

CAPPAUL, E. Intercambio de gases a través de la membrana respiratoria. En: Fisiología Veterinaria. España: McGraw Hill, 1995. 396-402p.

----- Transporte de gases a través de la sangre. En: Fisiología Veterinaria. España: McGrawHill, 1995. 396-402p.

COLES, E. Eritrocitos y leucocitos. En: Diagnostico y patología en veterinaria. Mexico: McGraw Hill, 1986. 10-80.p

CLERBAUX, T et al. Calculation of bovine haemoglobin oxygen saturation by algorithms integrating age, haemoglobin content, blood pH, partial pressures of oxygen and carbon dioxide in the blood, and temperature. En: The Veterinary Journal 2003, 165, 258 a 265 p.

DIBARTOLA, S. Terapia de líquidos en pequeñas especies, tercera edición. México: McGraw Hill, 2000. 201, 209 a 214, 257, 262 p.

GUSTIN, P et al. A comparison of PO₂, PCO₂, pH and bicarbonate in blood from the carotid and coccygeal arteries of calves. En: Veterinary research communications, (12) 1988. 43 – 346 p.

HULL, M Y ANDERSON, C. Right ventricular heart failure of montana cattle. En: Cornell Vet 68 (2) 1977 199-210 p.

LOMBA, F et al. Oxygen transport properties of blood in two different bovine breeds. En: Comp. Biochem. Physiol. 89 A, (4) 1988. 553 a 558 p.

PEÑA, E et al. Macrófagos alveolares en bovinos sometidos a hipoxia crónica. En: BV revista veterinaria. Peru, vol 12, 1992, p. 2.

ROBINSON, E. Gases sanguíneos. En: Fisiología veterinaria de Cunningham, segunda edición. México: McGraw Hill, 1990. 639 p.

WILL, D et al. Influence of altitude and age on pulmonary arterial pressure in cattle. En: Proc Soc Exp Biol Med 150(3), 1975. 564-567 p.

Section 11 physiology. En: Manual ilustrado del manejo del BMG 1312. p. 11-2.

ANEXOS

Anexo A. Parámetros fisiológicos del ganado Holstein.

ESPECIE	TEMPERATURA °C	FRECUENCIA RESPIRATORIA R/M	FRECUENCIA CARDIACA L/M
BOVINA			
ADULTOS	38.5 A 39	25 A 30	46 A 55
JOVENES	38.5 A 39.5	25 A 32	60 A 110

Fuente: Abelardo Martínez, Manual de crianza de becerras En: Hoard's Dairyman en español.

Anexo B. Valores normales del cuadro hemático del ganado Holstein.

ESPECIE	Hto. %	Hb. g/dl	WBC $\times 10^3/\text{mm}^3$	NEOT. %	LIMF. %	MON. %	EOS. %	BAS. %
BOVINA	24-50	8-17	4-12	15-45	42-75	1-5	0-5	0-4

Fuente: Dr. Darío Alejandro Cedeño Quevedo, Sanidad animal, p. 222.

Anexo C. CORRELACIÓN

PARAMETROS/PARAMETROS	CORRELACIÓN		
	HCO ₃	PCO ₂	pH
HCO ₃ ⁻		0.6652	-0.3160
		(12)	(12)
		0.0182	0.3170
PCO ₂	0.6652		-0.8000
	(12)		(12)
	0.0182		0.0018
pH	-0.3160	-0.8000	
	(12)	(12)	
	0.3170	0.0018	
PO ₂	0.6975	-0.9280	-0.6953
	(12)	(12)	(12)
	0.0117	0.0000	0.0121

