

117
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA HIPOXIA HIPOBARICA SOBRE
ALGUNOS VALORES HEMATOLOGICOS DE
BOVINOS HOLSTEIN IMPORTADOS, EN
EXPLOTACION INTENSIVA A 2,500
METROS DE ALTITUD

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
MORDECHI LIBERBOIM SANDLER

ASESORES: M. V. Z. MARIA TERESA CASAUBON HUGUENIN
DRA. ROSA MARIA GARCIA ESCAMILLA
M. V. Z. PEDRO OCHOA GALVAN



MEXICO, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

C O N T E N I D O

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
MATERIAL Y METODOS	9
RESULTADOS	14
DISCUSION	19
LITERATURA CITADA	36
GRAFICA	42
CUADROS	43

R E S U M E N

LIBERBOIM SANDLER, MORDECHI. Efecto de la hipoxia hipobárica sobre algunos valores hematológicos de bovinos Holstein importados, en explotación intensiva a 2500 metros de altitud. (Bajo la dirección de: María Teresa Casaubón Huguenin, Rosa María García Escamilla y Pedro Ochoa Galván).

Se sugiere que la falta de capacidad de adaptación a las grandes altitudes se puede reflejar en la biometría hemática y en la gasometría sanguínea. Se realizaron en Tizayuca (2,500 msnm) biometrías hemáticas a 96 vacas Holstein y gasometría a 55 de estas mismas, que habían sido importadas de altitudes menores, con tiempo de adaptación entre 38 días a 8 1/2 años. Se compararon los valores con los de vacas Holstein - - Friesian nacidas en Tizayuca. Los valores de la biometría hemática de sangre arterial y venosa, entre los grupos por procedencia y subgrupos por tiempo de adaptación no reflejan diferencia ($P > 0.05$). Excepto el hematocrito de los bovinos entre 45 días y 12 meses de adaptación que resultó mayor, mientras que las proteínas plasmáticas fueron más bajas en los subgrupos con 38 a 45 días de adaptación. Aunque se apreció un incremento en el número de leucocitos en los subgrupos con 45 días a 19 meses de adaptación, éste no es significativo. Se determinaron los valores medios de biometría hemática y gasometría en vacas de Tizayuca. El pCO_2 de la sangre venosa del grupo testigo, - así como el pO_2 de algunos animales de ambos grupos por procedencia resultaron significativamente más altos ($P < 0.05$). Los valores de pO_2 carcanos a pCO_2 en sangre arterial no resultó significativo en ambos grupos. No se apreció diferencia en cuanto al número de vacas de ambos grupos por procedencia que se encontraron fuera del área comprendida entre los límites de la normalidad al 95% ($\bar{X} \pm 1.96S$) en los parámetros de la biometría hemática salvo para el hematocrito en el que fue mayor la cantidad de

vacas extranjeras. Se concluyó que probablemente a partir de 38 días los bovinos importados ya se habían adaptado a la altitud de Tizayuca ó bien los animales con adaptación deficiente severa ya habían sucumbido y no aparecieron en el muestreo al azar o bien que el tamaño de la muestra de los subgrupos - resultó probablemente insuficiente.

I N T R O D U C C I O N

Todas las especies domésticas y el ser humano sufren de "Mal de Altura" (M.A.), siendo los bovinos particularmente - susceptibles cuando son trasladados a grandes altitudes, habiendo sido criados en regiones bajas inferiores a 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm) (6,19,38,40).

Glover y Newson (18), fueron los primeros en describir la enfermedad en bovinos en el año de 1915 en Colorado, Estados Unidos (E.E.U.U.). A partir de 1915, ha sido ampliamente estudiada en bovinos de las áreas montañosas de Colorado, E.E. U.U., por Alexander et al. (2), también se ha informado en otros países como Perú. (11,12).

A partir de 1974, año en que fue introducido el sistema de cría intensiva de becerras Holstein Friesian en varias explotaciones del Valle de México (2,200 msnm), se observó un síndrome en becerras de 2 a 5 meses de edad muy semejante al de M.A. y al de deficiencia de selenio y vitamina E (3).

En México ha sido diagnosticado M.A. en un lote de vacas Holstein Friesian, importadas de Canadá y en otro de - - Aberdeen Angus al ser trasladadas de su lugar de origen a la

Ciudad de Toluca y a la Hacienda de Pastejé, Estado de México, respectivamente. Estas dos localidades se encuentran a - - 2,686 msnm aproximadamente (22,23).

Para la integración del Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, Hidalgo (CAIT) del Fideicomiso Programa de Descentralización de la Cuenca Lechera del D.F. (PRODEL), se importaron a partir de 1976 varios miles de vacas del Canadá y E.E.U.U. clínicamente sanas. Se desconoce con exactitud la frecuencia pero algunas, al poco tiempo de su arribo presentaron signos de insuficiencia cardíaca congestiva compatible con síndrome de M.A. Además en la Etapa de Desarrollo I del Centro de cría presentaron cuantiosas pérdidas económicas, por neumonías que cursaron con signología parecida al M.A. como edema subcutáneo, hidropericardio, hidrotórax, ascitis, hipertrofia del ventrículo derecho acompañada de signos característicos de una insuficiencia cardíaca congestiva derecha*.

A través de un estudio morfométrico de la vasculatura pulmonar de diez bovinos Holstein clínicamente sanos, provenientes de un muestreo realizado en el Valle de México (2,200 metros) se observó que el enrarecimiento de oxígeno a esta altitud, provoca un discreto engrosamiento de la capa muscular -

*Comunicación personal del M.V.Z. Armando Mateos Poumián. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM. 1985.

de las arteriolas pulmonares sin apreciarse alteración cardíaca aparente (9). Se concluyó que la hipoxia hipobárica a 2,200 msnm debe ser considerada, si no como factor primario, sí como predisponente a la insuficiencia cardíaca congestiva, la cual se presentaría al asociarse a cualquier factor desencadenante como por ejemplo una Miopatía Degenerativa por deficiencia de selenio, o una neomonía (9).

Cuba et al. (11,12), describieron al M.A. como una enfermedad crónica en bovinos que habitaban en regiones montañosas en Perú. Jara (22,23) informa casos de la enfermedad en becerras nacidas de madres no completamente adaptadas. Además se ha podido determinar, que la mayor o menor susceptibilidad de los bovinos a la enfermedad está en parte determinada por factores genéticos (1,24,39,41,42). Por eso se piensa que el bajo porcentaje de M.A. entre los residentes a grandes altitudes, es debido a la selección natural y a la evolución de las especies (2).

No hay datos precisos con respecto a la altitud mínima a la que se presenta esta enfermedad en forma espontánea en el bovino. Alexander y Will (1) refieren una frecuencia de 0.5% a 2% a 2,200 msnm. Blake (6) encontró que en algunas regiones geográficas a 3,000 msnm no existen informes de M.A.

pero sin embargo en otras, a 2,500 msnm la frecuencia llegaba a 5%.

El primer signo por la falta de adaptación a la hipoxia hipobárica, es una hipertensión en la arteria pulmonar y se puede detectar a través de cateterización cardíaca (2,38,39), pero esta técnica implica un gran riesgo, mucho manejo y no es posible realizarla cuando los hatos son grandes como Tizayuca. Dado que la mayoría de las especies desarrollan una policitemia como mecanismo de adaptación a la hipoxia hipobárica, y que se ha demostrado que los bovinos en particular no emplean este recurso, se piensa que la falta de capacidad de adaptación a las grandes altitudes se puede reflejar en la biometría hemática (B.H.) y en la gasometría arterial (1,9,25,40). De ser así sería más fácil para realizar el diagnóstico de deficiente adaptación, con menos riesgos para los animales y con menor costo.

No existen estudios hematológicos en bovinos que aclaren la influencia que pueda tener la hipoxia hipobárica, sobre los valores hematológicos durante el proceso de adaptación. Se han efectuado estudios hematológicos en bovinos enfermos con signos de M.A. y aún así los datos obtenidos por diferentes autores son contradictorios y no son concluyentes (6,27).

Puntriano (27) observó policitemia (aumento del hematocrito y de la hemoglobina) mientras que Blake (6) encontró que la policitemia no es característica del M.A. ya que detectó, concentraciones bajas de hemoglobina con disminución del hematocrito en animales afectados. Hay que tomar en cuenta en gran parte que en los animales enfermos, la policitemia puede ser debida a la hemoconcentración ya que se desarrolla edema en muchos tejidos.

De septiembre de 1984 a junio de 1985 llegaron al CAIT 3,672 vacas Holstein Friesian importadas del Canadá y E.E.U.U. como apoyo a la repoblación de los establos de dicho centro. Se juzga útil hacer un estudio de los valores hematológicos en los bovinos importados, para detectar los cambios hematológicos que pueden reflejar una deficiente adaptación. Al poder identificar las vacas con deficiente adaptación a grandes altitudes a través de una técnica sencilla, fácil y de bajo costo podrían identificarse oportunamente a aquellas vacas con bajo poder de adaptación a la hipoxia hipobárica, y que aún no mostraron clínicamente el cuadro de M.A. pero podrían desarrollar posteriormente ya sea el cuadro de insuficiencia cardíaca congestiva con riesgo de muerte o complicaciones neumónicas.

Dado que se conoce la predisposición genética a la enfermedad, sería útil detectar a las vacas que pudieran transmitir a su descendencia estas características indeseables (1,24,38).

El poder identificar oportunamente a los bovinos con deficiente capacidad de adaptación, también, ayudaría a la planeación y realización de estudios más amplios con respecto, a la influencia de la deficiencia en la capacidad de adaptación en relación con el desarrollo de neumonías, tanto en los recién llegados como en su descendencia.

Por lo antes señalado es probable que los valores de la B.H. y de la gasometría de algunas vacas del grupo de importados sería diferente al resto de este grupo y al del grupo testigo probablemente por deficiente capacidad de adaptación. Por lo tanto los objetivos consistieron en comparar los valores de la B.H. y los valores arteriales de pO_2 , pCO_2 , bicarbonato real, exceso de base, CO_2 total y pH del grupo de vacas importadas y del grupo de vacas criadas en Tizáyuca.

M A T E R I A L Y M E T O D O S

El presente trabajo fue realizado en el CAIT situado en el km 48 de la carretera Federal, México-Pachuca. El CAIT se encuentra a una altitud de 2,500 msnm aproximadamente con una precipitación media anual de 375 a 450 mm. al año y una temperatura media anual de 16 C*.

Se realizaron B.H. de un grupo de 96 vacas Holstein Friesian (vaquillas y vacas adultas) y gasometría de 55 de estas mismas vacas importadas de E.E.U.U. y Canadá, con un tiempo de adaptación entre 38 días a 8 años y medio. En el muestreo de cada establo, se trabajaron de la misma manera una cantidad semejante de vacas nacidas en Tizayuca formando el grupo testigo. Se escogieron estos animales al azar en varios establos del CAIT sin tomar en cuenta su estado fisiológico y edad.

Debido a que las vacas importadas al CAIT llegaron en diferente fecha pero las de cada establo llegaron a un tiempo, hubo que agruparlas por tiempo de adaptación (período comprendido entre la fecha de llegada al establo y la fecha de muestreo) para realizar el análisis de los datos obtenidos.

* Datos tomados de la estación metereológica local de Tizayuca.

Grupo de extranjeras - 96 vacas en total
Subgrupo A - 38 días de adaptación (12 vacas)
Subgrupo B - 45 días de adaptación (12 vacas)
Subgrupo C - 8 a 12 meses de adaptación (15 vacas)
Subgrupo D - 13 a 19 meses de adaptación (49 vacas)
Subgrupo E - 3 a 8 1/2 años de adaptación (8 vacas)

Al carecer de oportunidad de muestrear libremente a las vacas de los establos de Tizayuca por obstáculos técnicos y prácticos de la propia explotación, se aprovechó el muestreo sanguíneo que realiza cada 3 meses el departamento de Sanidad Animal, indistintamente de la arteria o de la vena coccígea ya que ambos vasos se encuentran íntimamente adosados en la cara ventral del maslo de la cola.

Se colectaron de cada vaca 2 muestras de tres ml - de sangre arterial o venosa. Se colocó una de ellas en un tubo de ensaye cuya superficie interna había sido bañada con heparina sódica (1 mg/10ml) y que había sido cerrado al vacío. Estos tubos con la muestra fueron sumergidos en hielo frapé hasta realizarse la gasometría en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de la Secretaría de Salud, Tlalpan, por el método descrito por Todd y Sanford (37) usando el gasómetro marca IESSA, Modelo 810.

Los parámetros que se midieron con el gasómetro -
fueron:

- 1) pH
- 2) Presión del bióxido de carbono (pCO_2) (mm de Hg).
- 3) Presión de oxígeno (pO_2) (mm de Hg).
- 4) Exceso de base (BE) (mEq./L).
- 5) Ion bicarbonato (HCO_3^-) (mEq./L).
- 6) Total de bióxido de carbono (T_{CO_2}) (mEq./L).

La otra muestra fue colocada en un frasco ámpula con E.D.T.A. (sal dipotásico del ácido etilénico diaminotetraceta- to) como anticoagulante para realizar la B.H. usando el método de Schalm et al. (31) y Medway y Prier (26).

Los parámetros que se midieron fueron:

- 1) Eritrocitos (G.R.) $n \times 10^6$ /ml
- 2) Hematocrito (Ht) %
- 3) Hemoglobina (Hb) g/100 ml
- 4) Proteínas Plasmáticas Totales (P.P.T.) g/100 ml
- 5) Fibrinógeno (Fb) mg/100 ml
- 6) Volumen Globular Medio (V.G.M.) μ 3
- 7) Hemoglobina Globular Media (H.G.M.) pg

- 8) Concentración Media de Hemoglobina Globular (C.M.H.G.)%
- 9) Leucocitos (G.B.) $n \times 10^3/\text{ml}$
- 10) Conteo diferencial de leucocitos. % de linfocitos, Monocitos, Segmentados, Eosinofilos, Basófilos

Análisis Estadístico. La comparación entre las vacas extranjeras y las del grupo testigo se realizó por la prueba de "Z" (34), excepto para fibrinógeno y conteo diferencial de leucocitos para lo cual se utilizó la prueba de la mediana (33).

La comparación entre los subgrupos y entre cada subgrupo y el grupo testigo se realizó mediante análisis de varianza y la prueba de Scheffe (33).

Se estableció un cuadro de los límites de la normalidad al 95% ($\bar{X} \pm 1.96 S$) (33) para los valores de la B.H. y de la gasometría. Esta prueba es esencial para detectar aquellos animales que no se encuentran dentro de un rango normal a 95% ($\bar{X} \pm 1.96 S$) de adaptación, ya que con base en la literatura consultada (1,6) es muy bajo el porcentaje de bovinos con deficiente adaptación severa a grandes altitudes y el iden

tificar a las de deficiente adaptación moderada es justamente la finalidad del presente trabajo.

Se procedió a obtener para cada grupo de animales un rango promedio de oscilación de valores de pO_2 y pCO_2 ($\bar{x}pO_2 - \bar{x}pCO_2$) en la sangre arterial, a fin de manejar un valor promedio para cada grupo, que permitió compararlo con el otro grupo de animales respectivamente mediante la prueba de "Z" (34).

R E S U L T A D O S

Biometría Hemática

Se compararon todos los valores de la B.H. de los dos grupos (extranjeras vs. nacidas en Tizayuca) (Cuadros 1 y 2) y se observó que en ningún parámetro existía una diferencia significativa ($P > 0.05$).

Al comparar entre los subgrupos de extranjeras en la B.H. se notó:

Eritrocitos. El subgrupo C tenía el valor más alto y el valor más bajo el subgrupo A. Se detectó diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el subgrupo C y el subgrupo A y entre el subgrupo C y el subgrupo D (Cuadro 3).

Ningún subgrupo tenía diferencia significativa - - ($P > 0.05$) respecto al grupo control. Se notó una tendencia de aumento de la cantidad de G.R. del subgrupo A al C y bajó significativamente en los subgrupos D y E.

Hematocrito. El subgrupo B tenía Ht. más alto - - ($P < 0.05$) que los subgrupos A, D, E y que el grupo testigo -

pero semejante al C (Cuadro 4).

Hemoglobina. No se detectó ninguna diferencia entre los subgrupos y entre los subgrupos con el grupo testigo.

Proteínas Plasmáticas Totales. Se notó una tendencia de aumento conforme aumentó el tiempo de adaptación. Al comparar entre subgrupos se encontró que los subgrupos A y B tenían valores significativamente más bajos que los subgrupos D, E y que el grupo testigo. Aunque el subgrupo C tenía valores más altos que los subgrupos A y B la diferencia no fue significativa (Cuadro 5).

V.G.M., H.G.M., C.M.H.G. En estos tres parámetros no se detectó ninguna diferencia significativa entre los subgrupos y entre cada subgrupo con el grupo testigo.

Leucocitos. Los subgrupos A y E tenían valores significativamente más bajos que los subgrupos B, C, D y el grupo testigo (Cuadro 6).

Se observó que para ningún parámetro de la B.H. que presentaba distribución normal había diferencia significativa entre la sangre arterial y venosa (Cuadro 7).

En el estudio de los límites de la normalidad al 95% para los valores de la B.H. que se presenta en el Cuadro 8, se encontró que 27 vacas extranjeras estaban fuera de los límites en uno o más de los parámetros, en contraste con 30 vacas del grupo testigo.

Al comparar el número de vacas de cada grupo con 2 o más parámetros fuera de los límites de la normalidad tampoco hubo diferencia entre estas proporciones de los dos grupos, siendo 13 de extranjeras contra 15 de testigo.

El límite de la normalidad al 95% para el Ht. fue de 25.44% a 45.82%, estando 10 de las vacas extranjeras y solamente 2 del grupo testigo fuera de los límites de la normalidad. La diferencia entre los dos grupos resultó significativa - - ($P < 0.05$).

Gasometría

El grupo de nacidas en Tizayuca la pCO_2 de la sangre venosa era significativamente más alta ($P < 0.05$). En los valores: pH, PO_2 , pCO_2 arterial, BE, HCO_3^- y T_{CO_2} no se encontró ninguna diferencia significativa ($P > 0.05$) (Cuadro 9).

En cuanto al rango promedio de oscilación de valores de pCO_2 y pO_2 en la sangre arterial no se encontró una diferencia significativa entre los 2 grupos ($P > 0.05$).

En el estudio de los límites de la normalidad al 95% se notó que 18 vacas estaban fuera de los límites, de las cuales 8 eran extranjeras y 10 vacas eran nativas de Tizayuca, - por lo que no existía diferencia entre los dos grupos ($P > 0.05$).

Al comparar la sangre arterial con la venosa en los parámetros de la gasometría, se vio que la sangre arterial - tiene el pH más alto ($P < 0.05$) que la sangre venosa. En cuanto la pCO_2 y pO_2 se notó que la pCO_2 venosa es más alta que la pCO_2 arterial y que la pO_2 es más alta en la sangre arterial que en la venosa ($P < 0.05$) (Cuadro 10).

En los parámetros: BE, HCO_3^- y $T-CO_2$ no hubo diferencia entre los dos tipos de sangre.

En el cálculo de límite de la normalidad al 95% de los rangos entre pO_2 y pCO_2 de la sangre arterial se constató que del total de 45 vacas, dos vacas extranjeras y una del - grupo testigo estuvieron por debajo del límite, no habiendo diferencia significativa en este parámetro entre los dos grupos ($P > 0.05$).

Veinticinco de las vacas tanto extranjeras como nacidas en Tizayuca de 4 establos diferentes, tenían valores de $pO_2 + pCO_2$ mucho más altos que 114 mm de Hg. que es la presión de oxígeno atmosférico a la altitud de Tizayuca (Cuadro 11).

D I S C U S I O N

Biometría Hemática.

Schalm et al. (31) mencionan que hay variaciones en los resultados de la B.H. según el tamaño del vaso sanguíneo del que se tomó la muestra. Estos autores mencionan que la sangre en los vasos pequeños tiene un hematocrito más bajo que la sangre en los vasos grandes y el corazón. Esta diferencia se explica basándose en el flujo axial en el que los glóbulos rojos viajan más rápido en los vasos pequeños, pero más lento el plasma, atrapándose así más plasma en estos vasos.

En este estudio todas las muestras se tomaron de la arteria o la vena coccígea y así se eliminó el posible error por la diferencia en el tamaño del vaso sanguíneo.

Generalmente la B.H. se realiza exclusivamente con sangre venosa, mucho más fácil de obtenerse en animales domésticos y no con arterial y venosa. Es necesario considerar que, pudiera ser un factor de error para el análisis de resultados en el presente estudio, el haber empleado indistintamente sangre venosa y arterial para la B.H. Sin embargo se hizo una comparación entre los valores de la B.H. que te-

nían distribución normal en la sangre arterial y venosa y no se detectó ninguna diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$) entre ambos tipos de sangre. Por ésto para la comparación de los valores de la B.H. entre los grupos y los subgrupos no se tomó en cuenta el tipo de sangre.

Varios investigadores (1,24,39,41,42) indican que el grado de adaptación de bovinos a una mayor altitud tienen su origen en factores genéticos entre otros. Estos mismos autores señalan que los hijos de vacas y toros con historia de M.A. son mucho más susceptibles a contraer el síndrome, que becerros nacidos de madres y padres sin antecedentes de éste. Hay que considerar que las vacas del grupo testigo, - son hijas de madres importadas de lugares semejantes de Canadá y E.E.U.U. al igual que las vacas recién llegadas al CAIT y que son animales con un poder de adaptación a la altitud - de Tizayuca que les permitió sobrevivir. Sin embargo en este grupo testigo puede haber vacas con deficiente capacidad de adaptación compatible con la vida clínicamente sanas, lo cual pudiera ser la explicación de porque no se apreciaron diferencias entre los 2 grupos. Por otra parte, al no encontrar diferencia en la B.H. entre los 2 grupos se piensa que a partir de 38 días se logró ya la adaptación.

Sin embargo esta suposición sólo se basa en los re

sultados previos obtenidos por otros autores en equinos, ya que no se cuenta con experiencias semejantes al respecto en bovinos.

Aluja et al. (4) mencionan que los caballos necesitan entre 21 a 28 días para su adaptación a la altura de la Ciudad de México. Garma (15) en su estudio en caballos en la Ciudad de México llegó a la conclusión que el tiempo óptimo que necesitan los caballos para aclimatarse, era de 27 días. Reeves et al. (28), estudió el traslado de borregos a varias altitudes con un tiempo de adaptación hasta de 6 semanas. Como conclusión de estos trabajos y otros con diferentes especies, el tiempo de adaptación es corto dependiendo de cada especie y de la altitud a la que se expone a los animales, así como de la que se encontraban antes de ser trasladados.

Por otra parte Alexander y Will (1) y Will et al. (40) mencionan que los bovinos no responden significativamente con eritropoyesis al estímulo de la hipoxia hipobárica a diferencia del humano y otras especies al ser sujetos a cambios de altitud.

En el presente trabajo parece no ser así. La se-

mejanza entre la B.H de ambos grupos a partir de 38 días hace suponer que las vacas extranjeras respondieron con mayor hematópoyesis ante la hipoxia hipobárica como mecanismo de adaptación. Desgraciadamente esta observación no pudo ser comprobada en el presente trabajo por carecer de los valores de B.H al salir de su lugar de procedencia.

Al no encontrar diferencia entre los grupos por procedencia y estando constituido el grupo de extranjeras por animales desde 38 días hasta 8 años y medio de adaptación (rango demasiado amplio), se pensó subdividir este grupo en subgrupos para el análisis de resultados, pero en esta forma los subgrupos quedaron muy pequeños y por lo tanto los resultados se volvieron inconfiables.

Sin embargo, el no apreciar diferencia significativa en cuanto a la cuenta de G.R. entre cada uno de los subgrupos con el grupo testigo puede deberse a que a los 38 días de adaptación había aumentado ya el número de G.R. a niveles normales para esta altitud y por eso ya no se detectó diferencia.

Con respecto al Ht. los subgrupos B y C presentaron

un Ht. más alto ($P < 0.05$) que el grupo testigo. Este hecho resulta difícil de interpretar, ya que al adaptarse el animal, la tendencia es a alcanzar los niveles normales para esta altitud, pero no rebasar en forma significativa los valores encontrados en el grupo testigo. Además, normalmente el Ht. y el G.R. se correlacionan positivamente (31) contrariamente a lo que se observó en el presente experimento.

Aluja et al. (4) y Garma (15) notaron un aumento en la Hb. de caballos en proceso de adaptación a la altitud de la Ciudad de México. Al no encontrarse en el presente trabajo diferencia entre subgrupos y entre éstos y el grupo testigo, se puede pensar que a los 38 días ya se habían "adaptado".

En cuanto a lo referente a las P.P.T. Schalm et al. (31) mencionan que la tensión y la alimentación inadecuada pueden ser causa de niveles bajos de P.P.T. En el presente estudio se observó que los subgrupos A y B con 38 y 45 días de adaptación respectivamente tenían niveles significativamente más bajos que los demás subgrupos y que el grupo testigo, lo cual pudiera atribuirse a la tensión presente aún en estos dos subgrupos recién llegados a la Cuenca, dado el largo viaje y el nuevo lugar al que habían de aclimatarse.

Aluja et al. (4) mencionan que no hubo cambios en el V.G.M. durante la adaptación de los caballos a la altura de la Ciudad de México, mientras que Garma (15) observó que los niveles de C.M.H.G. bajaron a la altura de la Ciudad de México y lo atribuyó al método empleado en el laboratorio clínico para la determinación de la Hb. que se utilizó para calcular el C.M.H.G. Según los estudios de Hurtado et al. (21) y Reynfarje et al. (29) en humanos, al ascender a grandes alturas se incrementa el V.G.M., H.G.M. y C.M.H.G.

Por lo tanto al no haber diferencia en el presente trabajo entre ningún subgrupo y grupo testigo con respecto a éstos parámetros, se puede atribuir a que a los 38 días de adaptación las vacas ya se habían aclimatado o bien a que estos valores no se modifican al cambiar de altitud.

Por lo referente a los leucocitos, en varios trabajos la cantidad de éstos se relacionan como una respuesta al cambio de altitud. Blake (5) y Aluja et al. (4) apreciaron un aumento en los niveles de leucocitos al ascender a grandes altitudes.

En el presente trabajo se observó que el subgrupo A

(con 38 días de adaptación) tenían los valores más bajos que los subgrupos B, C y D. Sin embargo, en el subgrupo E (con 3 a 8 1/2 años de adaptación), hubo un descenso significativo y los valores altos de los subgrupos B, C y D, son parecidos al del grupo testigo. Estos resultados sugieren que alrededor de los 45 días de estancia a la altitud de Tizayuca, existe aumento marcado en el número de leucocitos como respuesta de adaptación.

Los valores de Ht. han sido considerados por varios autores como elemento importante para el estudio del efecto de la altitud en animales (14). Guyton y Richardson (20), Richardson y Guyton (30) y Crowell et al. (10) demostraron que la variación en el Ht. afecta la habilidad del sistema cardiovascular para adaptarse a condiciones de baja tensión de oxígeno. Elvin y Crowell (14) apreciaron que los perros expuestos a una altitud de 12,000 msnm sobreviven mejor con un Ht. de 37% a 54% y que al disminuir la tensión de oxígeno correspondiente a 15,000 msnm sólo sobreviven los perros con un Ht. de 36% a 46%. Sin embargo, la mayoría se encontraban en estado de coma y los únicos que permanecieron en estado de alerta fueron aquellos con Ht. entre 40% a 41%. Crowell et al. (10) demostró que el Ht. óptimo para transportar el oxígeno es 40% y explica que con este valor se obtiene

el óptimo de viscosidad de la sangre y por ende del flujo sanguíneo, lo que se traduce en un óptimo punto de oxigenación. También encontró que perros con un punto óptimo de Ht. tienen una mayor oportunidad de sobrevivir a mayor altitud.

Elvin y Crowell (14) mencionan que la relación entre el Ht. y la viscosidad de la sangre no es lineal, esto quiere decir que la viscosidad sube progresivamente más rápido que el Ht. Con Ht. cero, la capacidad de transportar el oxígeno es casi nula y con Ht. de 100% la viscosidad de la sangre es tan elevada que el flujo y por ende el transporte de oxígeno se reducen enormemente (Fig. 1).

Richardson y Guyton (30) demostraron que en perros la resistencia periférica al flujo sanguíneo aumenta 50% cuando el Ht. sube de 40% a 58%.

Desafortunadamente el Ht. puede aumentar o disminuir por varias razones y no sólo por influencia de la altitud, por ejemplo, en estados de deshidratación o de hipoproteinemia el Ht. aumenta y en el caso de varios tipos de anemia disminuye.

En el presente experimento se buscó el límite de la normalidad para el Ht. al 95% que fue de 25.44% a 45.88%. Se apreció que 10 vacas del grupo de extranjeras estaban fuera del

rango mencionado, en comparación a 2 del grupo testigo. Apparently hay más cantidad de vacas extranjeras que de nacidas en Tizayuca propensas a tener problema de oxigenación, al llegar a mayores altitudes. Sin embargo, no se puede concluir que algunas o todas estas diez vacas de grupo de extranjeras tengan el Ht. alterado debido a falta de adaptación exclusivamente por que se carece de datos con respecto a su estado de salud y fisiológico en el momento de la toma de muestra.

Gasometría.

En cuanto a la gasometría es fundamental saber el tipo de sangre con el que se trabaja de acuerdo a venosa o arterial para poder interpretar los resultados. Algunos investigadores (8,43) mencionan que los valores de pCO_2 y pH obtenido de sangre venosa son tan confiables como aquellos obtenidos a partir de sangre arterial, sin embargo, Gates -- et al. (16,17) insisten que el análisis de la sangre venosa es válido especialmente en animales bajo anestesia. En cambio Calderwood (7) menciona que la sangre venosa de órganos mayores como el cerebro refleja solamente los eventos de este órgano y no del resto del cuerpo.

Donawick y Baue (13), Sutton et al. (35) mencionan que la sangre venosa se modifica de acuerdo al tipo de flujo

sanguíneo y metabolismo regional y por lo tanto los valores obtenidos no son representativos de los valores globales de oxigenación y de balance ácido-base.

Por otra parte, algunos autores mencionan que la sangre arterial representa el producto final de la respiración y del trabajo cardiovascular y por esto se cree que es más confiable para evaluar el pCO_2 y pO_2 (35,36).

Con base en estos diferentes criterios y resultados se pensó que aunque algunos parámetros de la sangre arterial, son más indicativos de la respiración y trabajo cardiovascular también, los valores en sangre venosa pueden servir para este trabajo en particular para comparar los dos grupos.

Dadas las dificultades técnicas apreciadas en el presente trabajo para obtener en bovinos exclusivamente sangre arterial, y entre 3 personas con la ayuda de cuerdas y sin tranquilizantes se obtuvo sangre de las arterias auricular, maxilar externa, safena, dorsal metacarpiana, plantar-metatarsiana y de la coccígea. Resultó que a nivel de campo, es más fácil y práctico obtener sangre de la arteria coccígea. Para poder asegurar que si esta obteniendo sangre arterial,

hay que observar si la sangre sale de la aguja con pulsación y de color rojo claro. En caso de no apreciarse la pulsación, no debe confiarse solamente en el color, recomendándose se compare los colores de la sangre venosa y de la arterial de esa vaca (doble punción). Otra ventaja de este método, es que se reduce la tensión debido a excesivo manejo que pudiera reflejarse en la B.H. añadiéndose a la tensión ya producida por la altitud (4,15,16,28).

Al comparar los dos grupos de diferente procedencia y de acuerdo al tipo de sangre, se observó que en el grupo de nacidas en Tizayuca el pCO_2 era significativamente más alto ($P < 0.05$) en la sangre venosa. En la sangre arterial no hubo diferencia, aún comparando los rangos entre la fluctuación de pO_2 y PCO_2 .

El dióxido de carbono es constituyente normal del cuerpo y no solamente es producido en forma continua en todo el metabolismo oxidativo, sino que también juega un papel importante en muchas funciones del organismo, especialmente como mensajero químico y regulador de balance ácido-base (32), por lo que resulta difícil de evaluar y analizar la diferencia encontrada entre los 2 grupos.

Al no encontrar diferencia en los demás parámetros de la gasometría sugiere que probablemente a los 8 meses o más de aclimatización, los bovinos ya se habían adaptado al medio o bien que las vacas no adaptadas habían ya sucumbido y no aparecieron en el muestreo del presente trabajo. También es posible que en los bovinos estos parámetros no varían a la altitud de 2,500 msnm.

Un valor de pO_2 muy cercano al valor de pCO_2 en la sangre arterial pueden indicar un problema en la oxigenación (25). Sin embargo, al comparar las diferencias numéricas entre los que fluctuaban la pCO_2 y pO_2 en la sangre arterial de cada grupo de procedencia, no se aprecia diferencia significativa ($P > 0.05$).

Se trató de comparar los valores gasométricos entre los subgrupos y el grupo control, sin embargo, por el tamaño pequeño de la muestra de cada subgrupo y por haber además dos tipos de sangre en cada subgrupo no fue posible hacer una comparación válida, más que entre el subgrupo D y el grupo testigo.

Los resultados observados en este análisis coinciden con aquellos obtenidos al comparar todo el grupo de extranjer^{as} con el grupo testigo.

Diferencia entre sangre arterial y venosa de acuerdo a los parámetros de la gasometría. La diferencia significativa encontrada entre la sangre arterial y venosa, con respecto a los parámetros de pH, pCO_2 y pO_2 concuerda con la de la literatura consultada (25). Los valores de los otros tres parámetros estudiados: BE, HCO_3^- y T_{CO_2} no presentan diferencia significativa lo cual concuerda con lo que menciona la literatura (25).

Grupo de vacas "error". Al final de cada inspiración la presión del aire alveolar es igual a la presión atmosférica (28). Reeves et al. (28) explican que en el alveolo esta presión es igual a la suma de las presiones parciales de los componentes gaseosos del aire alveolar o sea, el oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno y vapor del agua. El aire alveolar está siempre saturado con vapor de agua a la temperatura corporal y por eso la presión de agua es constante. La presión restante se compone siempre de alrededor de 79% de nitrógeno y de 21% de oxígeno y de dióxido de carbono. Por esto, el único mecanismo mediante el cual el organismo puede aumentar la presión alveolar de pO_2 es reduciendo la presión de pCO_2 mediante un aumento en la frecuencia de ventilación.

La presión barométrica en Tizayuca, fluctúa entre

585 a 595 mm Hg. Si se resta la presión constante de agua a temperatura corporal (47 mm Hg.) se tiene que la presión res tante es de 543 mm Hg. Si casi el 21% de esta presión es de oxígeno, quiere decir que en el aire alveolar no puede haber más de 114 mm Hg. de oxígeno y el resto es nitrógeno. Como la eficiencia de captación de oxígeno por la sangre es alrededor de 80%, los valores de $pO_2 + pCO_2$ de la sangre arterial nunca llegan al valor que tiene en la luz alveolar de 114 mm Hg. Con base en este racionamiento es difícil explicar en el presente trabajo cómo 25 vacas de 4 establos diferentes tenían valores de $pO_2 + pCO_2$ más altos que 114 mm Hg. Para descartar algún error del gasómetro o de manejo de las muestras se volvieron a tomar las muestras de algunas de estas vacas y se volvieron a obtener valores más altos que la presión de oxígeno ambiental a la altitud de Tizayuca (114 mm Hg.)

Desafortunadamente no se logró contar con un gasómetro portátil para realizar el estudio "in situ" por lo que los valores de la gasometría de las 25 vacas problema no fueron incluidos en el análisis de datos en el presente trabajo.

Se considera importante subrayar que por el momento, no se dispone de alguna explicación lógica o científica al hecho de que 25 vacas la $pO_2 + pCO_2$ resultó mayor que la

atmosférica por lo que se consideraron como vacas error y fueron descartadas en el análisis de resultados del presente trabajo.

Prueba de límites de la normalidad al 95%. En la literatura consultada (26,31), se encuentran muchos datos sobre los rangos normales de los parámetros de la B.R. y de la gasometría en bovinos, pero la mayoría son establecidos en experimentos muy controlados y en alturas bajas. Sin embargo, en cada explotación pueden existir diferentes rangos por diferentes factores; raza, clima, alimentación, altitud, manejo. En el caso particular de los bovinos de CAIT no existen estos datos. Se aprovecharon los resultados del presente trabajo en el que el número de bovinos estudiados es relativamente grande para hacer un cuadro de límites de la normalidad a 95% ($\bar{X} \pm 1.96 S$) de todos los valores que presentaban distribución normal. Este cuadro es específico para las condiciones de Tizayuca y puede servir para uso interno de la Cuenca Lechera. Cabe mencionar, que los rangos obtenidos de cada parámetro en este experimento son en general un poco más amplios que los rangos informados por otros autores (26,31). Se piensa que la razón principal de esta variación se debe a que, en los estudios de otros autores sólo se trabajaron animales clínicamente sanos,

y en el presente estudio el muestreo fue al azar y sin tomar en cuenta el estado fisiológico.

Con base en los valores de este cuadro comparó la cantidad de vacas que están fuera de los límites de la normalidad al 95% entre los dos grupos, no encontrándose diferencia significativa (27/96 extranjeras vs. 30/88 vacas del grupo testigo).

Las vacas con valores en sangre arterial del rango de diferencia entre pO_2 y pCO_2 , menores al límite de normalidad al 95%, son las que presentan dificultad en la oxigenación (25). Es interesante mencionar que una de las vacas con supuesto problema de oxigenación, perteneciente al grupo testigo fue enviada al rastro por ser positiva a tuberculosis. Desafortunadamente en el presente trabajo no se apreció ninguna diferencia significativa entre los dos grupos (2/45 extranjeras vs. 1/45 vacas del grupo testigo).

En resumen se pudo determinar que en el presente trabajo no existieron diferencias significativas en la B.H. entre la sangre arterial y venosa y después de 38 días, la B.H. no reflejó con exactitud falta de adaptación en bovinos

importados a 2,500 msnm. Probablemente la B.H. y la gasometría pudieran arrojar resultados positivos que apoyarán la hipótesis expuesta al inicio del presente trabajo, si se analizaron periódicamente en un grupo de vacas importadas desde su llegada a Tizayuca. Se recomiendan hacer gasometrías con sangre de la arteria coccígea para evaluar - acertadamente, el grado de oxigenación sanguínea y por ende capacidad de adaptación a grandes altitudes. Así como, el hecho de realizar estudios encaminados a determinar la utilidad del Ht., como prueba de adaptación de los bovinos, a grandes altitudes; e investigar la razón por la cual algunos bovinos presentaron un valor de $pO_2 + pCO_2$ superior al atmosférico a 2,500 m de altitud. Continuar el estudio - periódico en las vacas "error" mediante B.H. y gasometría arterial en periodos establecidos y al ser posible en sus descendientes. Además se sugiere que en estudios de adaptación a grandes altitudes mediante B.H. y gasometría arterial hay que considerar edad, sexo, estado nutricional, y fisiológico del animal, y será útil efectuar gasometría arterial en vacas tuberculosas.

L I T E R A T U R A C I T A D A

1. Alexander, A.F. and Will, D.H.: The stress of high altitude environment upon cattle. Biometrology II. Proceeding of the third international biometricology congress held at Pau. South France, 1963. 1-7. Pergamon Press, Oxford, 1966.
2. Alexander, A.F., Will, D.H., Grover, R.F. and Reeves, J. T.: Pulmonary hypertension and right ventricular hypertrophy in cattle at high altitude. Am. J. vet. Res., 21: 199-204 (1960).
3. Aluja, A.S. y Adame, P.: Miopatía degenerativa en becerros. Vet. Mex., 8: 2-12 (1977).
4. Aluja, A.S., Gross, D.R., McCosker, P.J. and Svendsen, J.: Effect of altitude on horses. Vet. Rec., 82: 368-373. (1968).
5. Blake, J.T.: Certain hematopathologic condicions associated w/Brisket Disease. Am. J. vet. Res., 26: 68-75 (1965).
6. Blake, J.T.: Etiology of brisket disease. Cornell Vet., 58: 304-305 (1968).
7. Calderwood, H.W.: Blood gas and pH determinations in anesthetized cattle. J. Am. vet. med. Ass., 159: 672-679 (1971).

8. Carter, J.M. and Brobst, D.: A comparison of canine capillary, arterial and venous blood. J. Comp. Lab. Med., 3: 19-24 (1969).
9. Casaubón, M.T.: Estudio morfométrico comparativo entre las arteriolas pulmonares de bovinos nacidos a 500 metros y 2,200 metros de altitud. Tesis de maestría en ciencias veterinarias, área patología. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1984.
10. Crowell, J.W., Ford, R.G. and Lewes, V.M.: Oxygen transport in hemorrhagic shock as a function of the hematocrit ratio. Am. J. Physiol., 196: 1033-1038 (1959).
11. Cuba, C.A.: Policitemia y mal de montaña en corderos. - Tesis de doctor en medicina. Lima, Perú, 1950.
12. Cuba, C.A., Copaira, M. and De la Vega, E.: Mal de montaña crónico en vacunos. An. Fac. Med. Perú, 38: 1-10 (1955).
13. Donawick, W.J. and Baue, A.E.: Blood gases acid-base balance, and alveolar -arterial oxygen gradient in calves. Am. J. vet. Res., 29: 561-567 (1968).
14. Elvin, E.S. and Crowell, J.W.: Influence of hematocrit ratio on survival of unacclimatized dogs at simulated high altitude. Am. J. Physiol., 205: 1172-1174 (1963).

15. Garma, A.A.: Estudio sobre la magnitud de la policitemia de las alturas en caballos al ser trasladados al Distrito Federal. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1968.
16. Gates, J.B., Botta, J.A. and Teer, P.A.: Blood gas and pH determinations in cattle anesthetized with halothane. J. Am. vet. med. Ass., 158: 1678-1682 (1971).
17. Gates, J.B., Botta, J.A. and Teer, P.A.: Blood gas and pH determinations in cattle anesthetized with halothane. J. Am. vet. med. Ass., 159: 679-684 (1971).
18. Glover, G.H. and Newson, I.E.: Brisket disease. Bull. Colorado Agr. Exp. Sta., 229: (1917),
19. Grover, R.F., Reeves, J.T., Will, D.H. and Blont, G. Jr.: Pulmonary vasoconstriction in stress of high altitude. J. Appl. Physiol., 18: 567-576 (1963).
20. Guyton, A.C. and Richardson, T.Q.: Effects of polycythemia and anemia on cardiac output and other circulatory factors. Am. J. Physiol., 197: 1167-1170 (1959).
21. Hurtado, A., Merino, C. and Delgado, E.: Influence of anoxemia on the hemopoietic activity. Arch. Int. Med., 75: 284 (1945).
22. Jara, G.B.: Enfermedad de las alturas en bovinos, Vet. Mex., 1: 4-15 (1970).

23. Jara, G.B.: Enfermedad de las alturas en bovinos. Te-
sis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Univer-
sidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1969.
24. Lahiri, S., Deianey, R.G., Brody, J.S., Simpson, M.,
Velázquez, T., Montoyama, E.K. and Piger, C.: Relative
role of environmental and genetic factors in respirato-
ry adaptation to high altitude. Nature, 261: 135-138
(1976).
25. Levitzky, M.G.: Pulmonary physiology, McGraw Hill Book
Company, New York, 1982.
26. Medway, W. and Prier, J.: Veterinary hematology. Utnea
New York, 1970.
27. Puntriano, G.O.: Physiology basis of brisket disease
in cattle. J. Am. vet. med. Ass., 8: 185-327 (1954).
28. Reeves, J.T., Grover, E.B. and Grover, R.F.: Pulmona-
ry circulation and oxigen transport in lambs at high
altitude. J. Appl. Physiol., 18: 560-566 (1963).
29. Reynafarje, C., Lozano, R. and Valdivieso, J.: The poly-
cythemia of high altitude: Iron metabolism and related
aspects. Blood., 14: 433-455 (1959).
30. Richardson, T.O. and Guyton, A.C.: Effect of hematocrit
on venous return. Circ. Res., 9: 157-164 (1961).

31. Schalm, O.W., Jain, N.C. and Carroll, E.J.: Veterinary hematology. 3rd. ed. Lea and Febiger, Philadelphia, - 1975 .
32. Shelling, C.W., Werts, M.F. and Schandelweier, N.R.: The underwater handbook. A guide to physiology and performance of the engineer, Plenum Press, New York, - 1976.
33. Snedecor, G.W. and Cochran, W.G.: Métodos estadísticos. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. 1967.
34. Steel, B.G. and Torrie, J.H.: Principles and procedures of statistics, 2nd. ed. Mc Graw Hill - Kogakusha, Japan, 1980.
35. Sutton, R.N., Wilson, R.F. and Walts, A.J.: Differences in acid - base levels and oxygen saturation between - central venous and arterial blood. Lancet, 7:748-751(1967)
36. Tennant, B. and Harrold, D.: Arterial pH, Pco₂ and Po₂ of calves with familiar bovine polycythemia, Cornell Vet., 59: 594-601 (1969)
37. Todd, I. and Sanford, M.D.: Clinial diagnosis and management by Laboratory methods. Vol. I, 16th ed. - - Saunders, Philadelphia, 1979.
38. Tucker, A.J., McAurty, F., Reeves, J.T., Alexander, A. F., Will, D.A. and Grover, R.F.: Lung vascular smooth muscle determinants of pulmonary hypertension at high altitude. Am. J. Phys., 228: 762-767 (1975).

39. Weir, E.K., Tucker, A.I., Reeves, J.T., Will, D.H. and Grover, R.F.: The genetic factor influencing pulmonary hypertension in cattle at high altitude. Cardiovascular Res., 8: 745-751 (1974).
40. Will, D.H., Alexander, A.F., Reeves, J.T. and Grover, R.F.: High altitude induced pulmonary hypertension in normal cattle. Circ. Res., 10: 172-177 (1962).
41. Will, D.H., Card, C.S., Vandlandingham, G.D. and Alexander, A.F.: Cardiorespiratory responses of two "genetic" types of cattle to hypobarica. Physiologist, 10: 347 (1967).
42. Will, D.H., Hicks, J.L., Card, C.S. and Alexander, A.F.: Genetic basis for high altitude adaptation in cattle. Fed. Proc., 29: A 591 (1970)
43. Zahn, R.L. and Weil, M.H.: Central venous blood for monitoring pH and P_{CO_2} in the critically ill patient. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 52: 105-111 (1966).

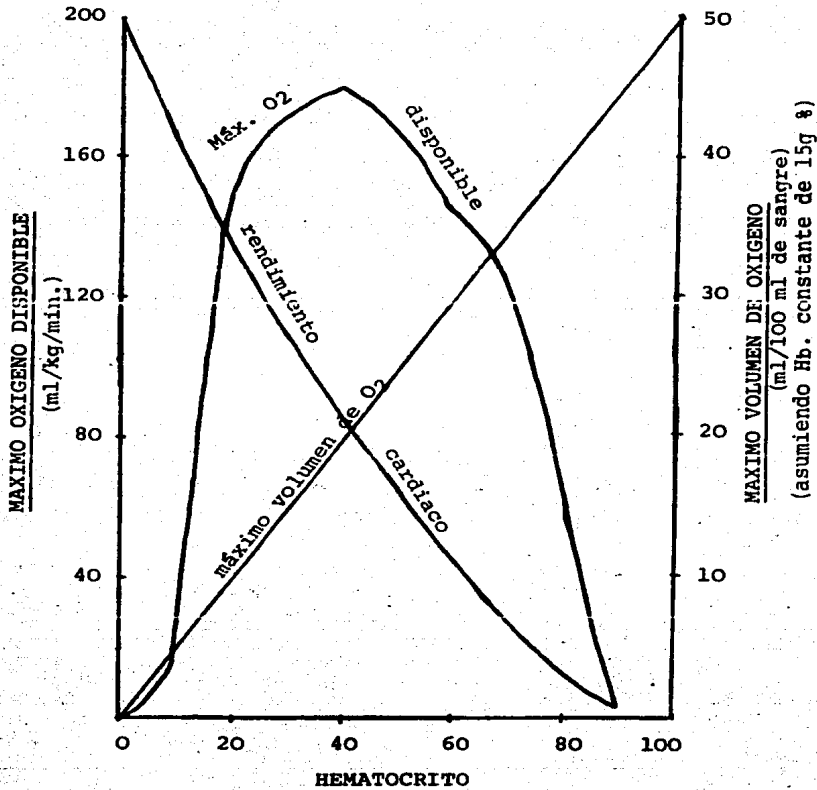


FIG. 1 El rendimiento cardiaco, la capacidad de oxigenación y el máximo de oxígeno disponible son atribuibles al % de Ht. Nótese que el mayor intercambio de O₂ ocurre en una sangre de Ht. de 40. Tomado de Elviny ~~Crowell~~ (14).

CUADRO 1

VALORES DE LA BIOMETRIA HEMATICA DE LOS DOS GRUPOS POR PROCEDENCIA

VARIABLE	No. TOTAL DE VACAS	GRUPO EXTRANJERAS			GRUPO TESTIGO		
		n	\bar{x}	\pm DS	n	\bar{x}	\pm DS
G. R. (n x 10 ⁶ /ml)	184	96	7.65	2.18	88	7.95	2.12
Ht. %	181	95	36.30	5.47	86	34.88	4.80
Hb. g/100 ml	181	95	11.89	1.91	86	11.73	2.15
P.P.T. g/100 ml	181	95	8.18	0.81	86	8.31	0.81
*Fb. mg/100 ml	181	95	448.4	294.5	86	463.9	289.3
V.G.M. μ^3	181	95	49.93	11.69	86	46.74	15.71
H.G.M. Pg	181	95	16.50	4.47	86	15.79	5.75
C.M.H.G. %	181	95	33.17	5.44	86	33.97	6.66
G.B. (n x 10 ³ /ml)	184	96	10.59	3.94	88	11.52	5.22
*Linfocitos %	178	93	63.2	12.3	85	63.7	8.8
*Monocitos %	178	93	4.27	4.4	85	4.3	3.4
*Segmentados %	178	93	24.7	9.6	85	27.1	8.2
*Eosinófilos	178	93	7.4	5.8	85	4.6	4.0
*Basófilos %	178	93	0.06	0.2	85	0.02	0.2

* - Valores con distribución no paramétrica

n - Número de vacas

CUADRO 2

COMPARACION ENTRE GRUPO EXTRANJERAS Y GRUPO TESTIGO EN LOS VARIABLES
NO PARAMETRICOS

VARIABLE*		No. TOTAL DE VACAS	MEDIANA	No. DE VACAS ARRIBA DE LA MEDIANA	NO. DE VACAS ABAJO DE LA MEDIANA
FIBRINOGENO	E	95	421	44	51
mg/100 ml	C	86		39	47
LINFOCITOS	E	93	64.8%	42	51
%	C	85		38	47
MONOCITOS	E	93	3.73%	49	44
%	C	85		50	35
SEGMENTADOS	E	93	26.1%	39	54
%	C	85		43	40
EOSINOFILOS	E	93	4.41%	52	41
%	C	85		34	51
BASOFILOS	E	93	.017%	4	89
%	C	85		3	82

* No se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en las variables.

E= Vacas extranjeras

C= Vacas testigo

CUADRO 3

COMPARACION DE MEDIAS ENTRE LOS SUBGRUPOS POR TIEMPO DE ADAPTACION PARA ERITROCITOS

SUBGRUPO

- A - 38 días de adaptación
 B - 45 días de adaptación
 C - 8 a 12 meses de adaptación
 D - 13 a 19 meses de adaptación
 E - 3 a 8 1/2 años de adaptación
 testigo - Nacidas en Tizayuca

PROMEDIO (\bar{x}) (n x 10 ⁶ /ml)	+ DS (\bar{n} x 10 ⁶)	SUBGRUPO	<u>SUBGRUPOS</u>					
			A	D	B	TESTIGO	E	C
		<u>n</u>						
7.04	1.00	A (12)	.	.				
7.15	1.96	D (49)	.	.				
7.76	1.78	B (12)	.	.				
7.95	2.13	testigo (88)	.	.				
8.25	3.17	E (8)	.	.				
9.40	2.82	C (15)	-----*	-----*				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$) entre pares de subgrupos
 n = Número de vacas

CUADRO 4

COMPARACION DE MEDIAS DE HEMATOCRITO ENTRE LOS SUBGRUPOS POR TIEMPO DE ADAPTACION

SUBGRUPO

- A - 38 días de adaptación
- B - 45 días de adaptación
- C - 8 a 12 meses de adaptación
- D - 13 a 19 meses de adaptación
- E - 3 a 8 1/2 años de adaptación
- testigo - Nacidas en Tizayuca

PROMEDIO %	+ DS	SUBGRUPO	SUBGRUPOS						
			D	A	TES-TIGO	E	C	B	
		<u>n</u>							
34.04	4.20	D (48 )	.	.	.	.	.	.	.
34.88	2.20	A (12 )	.	.	.	.	.	.	.
34.89	4.81	testigo (86 )	.	.	.	.	.	.	.
35.44	3.12	E (8 )	.	.	.	.	.	.	.
39.47	6.39	C (15)	-----*	.	.	*	.	.	.
43.38	4.95	B (12)	-----*	-----*	-----*	-----*	-----*	-----*	-----*

* Diferencia significativa (P<0.05) entre pares de subgrupos
n= Número de vacas

- 45 -

CUADRO 5

COMPARACION DE MEDIAS DE PROTEINAS PLASMATICAS TOTALES ENTRE LOS SUBGRUPOS POR TIEMPO DE ADAPTACION

SUBGRUPO

- A - 38 días de adaptación
 B - 45 días de adaptación
 C - 8 a 12 meses de adaptación
 D - 13 a 19 meses de adaptación
 E - 3 a 8 1/2 años de adaptación
 testigo - Nacidas en Tizayuca

PROMEDIO g/100 ml	± DS	SUBGRUPO	<u>SUBGRUPOS</u>					
			B	A	C	TESTIGO	D	E
		<u>n</u>						
7.47	0.52	B (12)						
7.52	0.58	A (12)						
7.93	0.69	C (15)						
8.32	0.81	testigo (86)	*	*				
8.48	0.73	D (48)	*	*				
8.98	0.62	E (8)	*	*				

* Diferencia significativa ($P < 0.05$) entre pares de subgrupos.

n= Número de vacas

CUADRO 6

COMPARACION DE MEDIAS DE LEUCOCITOS ENTRE LOS SUBGRUPOS POR TIEMPO DE ADAPTACION

SUBGRUPO

- A - 38 días de adaptación
 B - 45 días de adaptación
 C - 8 a 12 meses de adaptación
 D - 13 a 19 meses de adaptación
 E - 3 a 8 1/2 años de adaptación
 testigo - Nacidas en Tizayuca

PROMEDIO/ml	+ DS	SUBGRUPO	SUBGRUPOS					
			E	A	B	C	TESTIGO D	
		n						
7,512	3,180	E (8)	- - - - -	- - - - -	*	*	*	*
7,683	2,174	A (12)	- - - - -	- - - - -	*	*	*	*
10,592	2,264	B (12)						
11,177	2,570	C (15)						
11,530	5,222	testigo (88)						
11,637	4,489	D (49)						

* Diferencia significativa (P<0.05) entre pares de subgrupos
 n = Número de vacas

CUADRO 7

COMPARACION DE LOS VALORES DE LA BIOMETRIA HEMATICA ENTRE SANGRE ARTERIAL Y VENOSA

VARIABLE	TIPO DE SANGRE	PROMEDIO (\bar{x})	+ DS	NUMERO DE VACAS
G.R.	A	7.31	1.90	44
(n x 10 ⁶ /ml)	V	7.27	2.44	40
Ht.	A	33.26	3.55	42
(%)	V	33.56	3.70	39
Hb.	A	11.87	2.22	42
(g/100 ml)	V	11.33	2.41	39
P.P.T.	A	8.52	0.70	42
(g/100 ml)	V	8.46	0.84	39
V.G.M.	A	47.81	10.99	42
3	V	50.86	20.77	39
H.G.M.	A	17.24	4.98	42
(pg)	V	17.10	7.26	39
C.M.H.G.	A	35.90	7.12	42
(%)	V	33.86	6.56	39
G.B.	A	11,509	4,769	44
/ml	V	10,700	5,223	40

A - Sangre arterial

V - Sangre venosa

49

CUADRO 8

LIMITES DE LA NORMALIDAD AL 95% DE LOS VALORES HEMATICOS EN TIZAYUCA ($\bar{X} \pm 1.96 S$)

VARIABLE	* PROMEDIO \bar{X} NIVEL DEL MAR	PROMEDIO (\bar{X})	+ DS	LIMITE MENOR	LIMITE MAYOR
G.R. ($n \times 10^6$ /ml)	5 - 10	7.79	2.18	3.50	12.08
Ht. (%)	24 - 46	35.63	5.20	25.44	45.82
Hb. (g/100 ml)	8 - 15	11.82	2.03	7.84	15.80
P.P.T. (g/100 ml)	6 - 8	8.25	0.81	6.66	9.84
V.G.M. (μ^3)	40 - 60	48.42	13.80	21.37	75.47
H.G.M. (pg)	11 - 17	16.17	5.13	6.12	26.22
C.M.H.G. (%)	30 - 36	33.55	6.05	21.69	45.41
G.B. ($n \times 10^3$ /ml)	4 - 12	11.04	4.61	2.01	20.08
pH	A 7.35 - 7.50	7.427	0.058	7.313	7.541
	V	7.392	0.044	7.306	7.478
pCO ₂	A 35 - 44	37.05	3.77	29.66	44.44
mm Hg.	V	41.24	3.43	34.52	47.96
PO ₂	A 80 - 95	55.62	9.91	36.20	75.04
mm Hg.	V	36.41	4.98	26.65	46.17
BE	A	0.529	2.45	- 4.27	5.33
mEq./L.	V	0.562	2.20	- 3.75	4.87
HCO ₃ ⁻	A 20 - 30	23.26	1.98	19.38	27.14
mEq./L.	V	23.92	1.86	20.28	27.56
T ^{CO} ₂	A	24.44	2.02	20.48	28.40
mEq./L.	V	25.22	1.91	21.48	28.96

A - Sangre arterial

V - Sangre venosa

* Valores informados en la literatura en Bovinos a nivel del mar

CUADRO 9

VALORES DE LA GASOMETRIA DE LOS DOS GRUPOS

VARIABLE	No. TOTAL DE VACAS	GRUPO EXTRANJERAS						GRUPO TESTIGO					
		SANGRE ARTERIAL			SANGRE VENOSA			SANGRE ARTERIAL			SANGRE VENOSA		
		n	\bar{x}	\pm DS	n	\bar{x}	\pm DS	n	\bar{x}	\pm DS	n	\bar{x}	\pm DS
pH	85	23	7.4269	0.054	17	7.4064	0.050	22	7.4273	0.062	23	7.3818	0.038
pCO ₂ mm Hg.	85	23	36.89	3.88	17	39.47*	4.01	22	37.22	3.66	23	42.54*	2.94
pO ₂ mm Hg.	85	23	56.05	9.66	17	36.07	4.15	22	55.18	10.15	23	36.66	5.50
BE mEq/L.	85	23	0.31	2.51	17	0.59	2.13	22	0.76	2.39	23	0.54	2.25
HCO ₃ ⁻ mEq/L.	85	23	23.15	1.96	17	23.49	1.83	22	23.38	1.99	23	24.23	1.87
T _{CO2} mEq/L.	85	23	24.32	2.02	17	24.74	1.90	22	24.57	2.02	23	25.58	1.92

* Diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los dos grupos

n = Número de vacas

CUADRO 10

COMPARACION DE LOS VALORES DE LA GASOMETRIA ENTRE SANGRE ARTERIAL Y VENOSA

VARIABLE	TIPO DE SANGRE	PROMEDIO (\bar{x})	+ DS	NUMERO DE VACAS
PH	A	7.427	0.058	45
	V	7.392	0.045	40
P _{CO₂} (mm Hg.)	A	37.05	3.74	45
	V	41.24	3.72	40
P _{O₂} (mm Hg.)	A	55.63	9.80	45
	V	36.41	4.92	40
BE	A	0.53	2.43	45
	V	0.56	2.17	40
HCO ₃ ⁻	A	23.26	1.96	45
	V	23.92	1.87	40
T _{CO₂}	A	24.44	2.00	45
	V	25.23	1.94	40

A - Sangre arterial

V - Sangre venosa

CUADRO 11

VALORES DE LA GASOMETRIA DE LAS VACAS DEL GRUPO "ERROR"*

No. de VACA	No. ESTABLO	pH	PCO ₂ mm Hg.	PO ₂ mm Hg.	BE mEq/L	HCO ₃ ⁻ mEq/L	T ^{CO} ₂ mEq/L.
200	207	7.525	23	138	-1.3	18.5	19.2
+208	207	7.625	34.6	100	10.7	29.7	30.9
+226	207	7.722	27.2	120	13.2	29.9	30.8
+333	218	7.592	30.6	159.5	8.4	28.5	29.5
+335	218	7.453	33.8	105.2	0.4	22.8	23.9
366	218	7.448	38.6	99	2.7	25.8	27
+60	139	7.502	30.9	97.3	2.3	23.5	24.5
147	139	7.457	37.9	89.4	3.0	25.9	27.1
148	139	7.505	34	96.8	4.4	26.1	27.2
154	139	7.458	31.4	93	-0.5	21.5	22.5
+**173	139	7.514	23.6	115.2	-1.6	18.5	19.2
+**189	139	7.518	30.2	106.1	2.9	23.8	24.7
+**192	139	7.555	24.4	138	1.5	20.9	21.7
+195	139	7.453	34.2	91.2	0.7	23.1	24.2
+211	139	7.505	33.7	97.8	4.1	25.7	26.8
249	139	7.513	27.7	101	1.0	21.6	22.4
+207	139	7.445	32.1	85.0	-0.9	21.4	22.4
**291	125	7.453	30.2	113.3	-1.5	20.5	21.5
+**314	125	7.455	29.7	165.2	-1.8	20.2	21.2
+331	125	7.493	30.6	107	1.4	22.7	23.7
+355	125	7.454	34	90.6	0.8	23.1	24.2
402	125	7.478	31.1	118.4	0.7	22.3	23.3
406	125	7.595	28.2	122	6.9	26.4	27.3
408	125	7.449	31.3	103.6	-1.2	21	22
278	125	7.442	34.1	88.2	-0.1	22.5	23.6

- * Vacas con valores demasiado altos para la altura de Tiza yuca.
- ** Vacas que presentaron valores altos en dos muestreos diferentes.
- + Vacas extranjeras.