

porte del oxígeno. La sangre venosa, a nivel de los alvéolos pulmonares, recibe oxígeno y luego lo transporta para ponerlo en contacto con las células de los tejidos. Esta facilidad que muestra la hemoglobina de recibir o ceder oxígeno, es de gran importancia fisiológica y es posible gracias a que el hierro pasa reversiblemente de trivalente a bivalente (11).

Sabiendo que cada molécula de hemoglobina posee cuatro Hem y cada radical Hem, un Fe que será el encargado de transportar el oxígeno, podemos deducir la cantidad de hemoglobina presente en una muestra de sangre si conocemos la capacidad de transporte de la hemoglobina (Método Gasométrico), o bien la concentración de hierro presente (Método Químico).

En el presente trabajo se hace la determinación de hemoglobina, deduciéndola de la concentración de hierro presente en su molécula que, como se sabe, es de 3.4 mg. por cada gramo de hemoglobina (7).

MATERIALES Y METODOS

Esta experiencia se realizó durante el mes de enero de 1966 y en ella se emplearon 30 vacas de las razas Holstein-Friesian, Pardo Suiza y Normanda en buen estado de salud que forman parte del hato de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia dedicado a la producción de leche. La Facultad está localizada en la Sabana de Bogotá, a una altura de 2.640 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 15 grados centígrados y 560 milímetros de presión barométrica.

De cada vaca se obtuvo una muestra de sangre en tubos de ensayo que contenían oxalato de sodio en polvo como anti-

coagulante, y cada una de estas muestras se procesó, de acuerdo con el método de Wong (7), que tiene como principio separar el hierro de la hemoglobina sin calentamiento, por el ácido sulfúrico, en presencia del persulfato de potasio, y precipitar las proteínas con ácido tungstíco.

El hierro presente en el filtrado se determina colorimétricamente mediante la adición de tiocianato de potasio. Del contenido de hierro total, se obtiene fácilmente el que está en la hemoglobina, puesto que ésta tiene 0.34 por ciento de hierro, y solamente alrededor de 1 a 2 por ciento o menos del hierro sanguíneo total es hierro no hemoglobínico (7).

Con el propósito de obtener resultados lo más exactos posible, la muestra de sangre de cada animal se procesó por duplicado utilizando tubos de ensayo de suficiente capacidad en los cuales se depositaba la sangre medida con pipeta de Ostwald-Folin, las cuales ofrecen la ventaja de tener menos superficie por unidad de volumen que las pipetas ordinarias.

A esta sangre se le añadió ácido sulfúrico, persulfato de potasio y agua hasta completar un volumen final de 25 c.c. A continuación se pasó el contenido de los tubos a frascos volumétricos de 50 c.c. con el fin de proseguir el proceso de la técnica. Para completar el volumen (50 c.c.) se enjuagaron los tubos varias veces con agua destilada que luego se vertió al frasco volumétrico. Se prefirió este sistema al de utilizar desde el principio el frasco volumétrico, por la razón de que al agregar el ácido sulfúrico a la sangre, mucho material se adhiere a las paredes del recipiente que lo contiene, siendo muy fácil retirarlo del tubo de ensayo, lo cual no sucede con el volumétrico.

Para leer las muestras se utilizó un fotómetro Leitz, con longitud de onda de 490 milimicrones, y se calibró a ciento

por ciento de transmitancia con un "blank" apropiado.

El valor de la lectura se comparó con el de una solución de concentración conocida de hierro (solución "standard" de hierro preparada con sal de Mohr y que contiene 0.1 mg. de hierro férrico por c.c. (7) empleando la fórmula siguiente:

$$C_{mg} = \frac{L_d}{L_s} \times m_s \times \frac{100}{v}$$

$$C_{gm} = \frac{L_d}{L_s} \times m_s \times \frac{100}{v} \times \frac{1}{3.4}$$

En donde:

C_{mg} = miligramos de hierro por 100 c.c. de sangre.

C_{gm} = gramos de hemoglobina por 100 c.c. de sangre.

L_d = densidad óptica, o 2 menos log. de la lectura de la transmitancia en la solución desconocida.

L_s = densidad óptica, o 2 menos log. de la lectura de la transmitancia en la solución standard.

m_s = miligramos de hierro en la solución standard.

v = volumen de sangre utilizado.

$$\frac{1}{3.4} =$$

corresponde a que 3.4 mg. de hierro están presentes en cada gramo de hemoglobina.

RESULTADOS

Se encontraron los siguientes resultados (Tablas Nos. 1 y 2):

Valor máximo en miligramos de hierro por cada 100 c.c. de sangre	50.5
Valor mínimo en miligramos de hierro por cada 100 c.c. de sangre	31.5
Valor promedio en miligramos de hierro por cada 100 c.c. de sangre	40.5
Valor máximo en gramos de hemoglobina por cada 100 c.c. de sangre	14.64
Valor mínimo en gramos de hemoglobina por cada 100 c.c. de sangre	9.14
Valor promedio en gramos de hemoglobina por cada 100 c.c. de sangre	11.74
Desviación standard para:	
Miligramos de hierro por cada 100 c.c. de sangre	± 4.42
Gramos de hemoglobina por cada 100 c.c. de sangre	± 1.3

DISCUSION Y RESULTADOS

Haciendo una revisión de literatura, se encuentra que los valores de hemoglobina hallados por los distintos autores para los bovinos, son como siguen:

Autor	Hb. gm./100
Schalm (10)	8-14
Dukes (5)	12.03 (Miller)
Dukes (6)	12.03 (Miller)
Merck (9)	9-14
Coffin (3)	8.0-14.5
Coffin (4)	8.0-14.5

En la presente investigación se encontró un valor para la hemoglobina de 9.14 a 14.64 gm. por 100 c.c. de sangre, promedio 11.74 gm. en vacas lecheras utilizando el método químico de Wong, con-

TABLA N° 1.
CANTIDADES DE HIERRO EN VACAS LECHERAS

N°	Nombre	Raza	Edad	mg. % de Hierro
1.	Florida	P. Suiza	8 a.	48.5
2.	Condesa	Holstein	5 a. 6 m.	50.5
3.	Florecita	P. Suiza	9 a. 6 m.	47.5
4.	Galleta	Normanda	5 a.	43.5
5.	Esperanza	Holstein	11 a.	41.0
6.	Nigeria	Normanda	4 a.	38.0
7.	Argentina	Normanda	3 a.	41.0
8.	Prodigiosa	Holstein	5 a.	37.0
9.	Coqueta	Holstein	6 a.	41.0
10.	Acuarela	Holstein	4 a.	44.0
11.	Caperuza	Holstein	6 a.	40.0
12.	Orejinegra	Blanco-orejinegro	7 a.	43.0
13.	Gemela	Holstein	10 a.	37.0
14.	Dulcinea	Holstein	3 a.	40.0
15.	Adelaida	Holstein	14 a.	34.0
16.	Zulia	Holstein	6 a.	47.0
17.	Cananga	Holstein	5 a. 6 m.	43.0
18.	Nizarda	Normanda	5 a. 6 m.	43.0
19.	Esterlina	Holstein	6 a.	37.5
20.	Martica	Holstein	10 a.	34.5
21.	Monísima	P. Suiza	5 a.	33.5
22.	Primogénita	P. Suiza	8 a.	41.0
23.	Sombra	Holstein	10 a.	44.0
24.	Mandarina	Criolla	3 a.	42.0
25.	Dorisa	Holstein	6 a.	39.0
26.	Mónica	P. Suiza	13 a.	38.0
27.	Patriota	Holstein	12 a.	40.0
28.	Arenal	P. Suiza	9 a.	38.0
29.	Máscara	P. Suiza	4 a.	31.5
30.	Glamour	Holstein	9 a. 6 m.	36.5
Distancia en los valores hallados				31.5-50.5
Promedio				40.5
Desviación standard				± 4.42
95 % de confianza				Promedio ± 8.8

TABLA Nº 2.

CANTIDADES DE HEMOGLOBINA EN VACAS LECHERAS

Nº	Nombre	Raza	Edad	gm. % de Hemoglobina
1.	Florida	P. Suiza	8 a.	14.21
2.	Condesa	Holstein	5 a. 6 m.	14.64
3.	Florecita	P. Suiza	9 a. 6 m.	13.92
4.	Galleta	Normanda	5 a.	12.47
5.	Esperanza	Holstein	11 a.	11.89
6.	Nigeria	Normanda	4 a.	11.02
7.	Argentina	Normanda	3 a.	11.89
8.	Prodigiosa	Holstein	5 a.	10.73
9.	Coqueta	Holstein	6 a.	11.89
10.	Acuarela	Holstein	4 a.	12.76
11.	Caperuza	Holstein	6 a.	11.60
12.	Orejinegra	Blanco-orejinegro	7 a.	12.47
13.	Gemela	Holstein	10 a.	10.73
14.	Dulcinea	Holstein	3 a.	11.60
15.	Adelaida	Holstein	14 a.	9.86
16.	Zulia	Holstein	6 a.	13.63
17.	Cananga	Holstein	5 a. 6 m.	12.47
18.	Nizarda	Normanda	5 a. 6 m.	12.47
19.	Esterlina	Holstein	6 a.	10.87
20.	Martica	Holstein	10 a.	10.00
21.	Monísima	P. Suiza	5 a.	9.71
22.	Primogénita	P. Suiza.	8 a.	11.89
23.	Sombra	Holstein	10 a.	12.76
24.	Mandarina	Criolla	3 a.	12.18
25.	Doriña	Holstein	6 a.	11.31
26.	Mónica	P. Suiza	13 a.	11.02
27.	Patriota	Holstein	12 a.	11.60
28.	Arenal	P. Suiza	9 a.	11.02
29.	Máscara	P. Suiza	4 a.	9.14
30.	Glamour	Holstein	9 a. 6 m.	10.59
Distancia en los valores obtenidos				9.14-14.64
Promedio				11.74
Desviación standard				± 1.3
95 % de confianza				± 2.6

sistente en deducir la concentración de hemoglobina, conociendo el contenido de hierro en la muestra examinada, cuyo valor osciló entre 31.5 y 50.5 mg. de hierro por cada 100 c.c. de sangre, promedio de 40.5.

En el presente trabajo solamente se determinaron las cifras correspondientes a hierro y hemoglobina en vacas de razas dedicadas a la producción lechera en una zona geográfica como la Sabana de Bogotá, que posee una altura de 2.640 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 15 grados centígrados y presión barométrica de 560 milímetros de mercurio.

Se escogió el método químico de Wong (10) por ser recomendado con propósitos de comprobación y calibración cuando no se dispone de facilidades para determinar el contenido de hemoglobina por su capacidad de transporte de oxígeno (7).

Las posibles causas de error para la determinación de hierro y hemoglobina siguiendo la técnica de Wong son varias, y la manera de evitarlas, para obtener hasta donde sea posible valores exactos, son las siguientes:

a) Con el fin de evitar un dato errado deben preferirse los anticoagulantes sólidos (oxalato de sodio en polvo, por ejemplo) puesto que en estas condiciones no hay problemas de dilución.

b) No debe usarse desde el principio frasco volumétrico, puesto que existe la posibilidad de que con la adición de ácido sulfúrico a la sangre se forma un material que se adhiere a las paredes del frasco, siendo muy difícil retirarlo debido a la forma del frasco volumétrico. Este inconveniente se evitará utilizando tubos de ensayo de 50 c.c. de capacidad, en los cuales se coloca la sangre, el ácido sulfúrico, el persulfato de potasio, y se com-

pleta con agua a 25 c.c. Esta cantidad se pasa luego al frasco volumétrico con el propósito de continuar el proceso.

c) El sulfato de amonio ferroso (sal de Mohr) $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, utilizado para la preparación del "standard" de hierro, se debe pesar en balanza analítica sobre papel parafinado para tener la seguridad de que la cantidad de sustancia pesada quede dentro de la solución. En caso de presentarse cualquier precipitado en el "standard", debe prepararse nuevamente.

d) Las lecturas en el fotómetro deben hacerse dentro de los 30 minutos siguientes a la terminación del proceso, teniendo en cuenta que con el pasar del tiempo las muestras se decoloran.

e) Deben practicarse como mínimo dos lecturas a cada muestra, usando cubetas individuales perfectamente limpias y secas para luego promediar sus valores en términos de densidad óptica. Estas lecturas deben hacerse después de 5 minutos de haber encendido la máquina para dar oportunidad a que el circuito eléctrico se caliente y trabaje por lo tanto con regularidad.

f) Debe prepararse un "standard" para la lectura de cada grupo de muestras y evitarse comparar con un mismo "standard" muestras trabajadas en distintas sesiones.

En futuros trabajos sería muy conveniente, como se anota al principio de este capítulo, hacer determinaciones no sólo en vacas sino en toros, terneros, novillas, etc., de razas dedicadas a la producción de leche, de razas de doble utilidad y de razas de producción de carne, en las mismas o diferentes condiciones de altura, temperatura, etc. Más si se tiene en cuenta que las cantidades de hemoglobina en la sangre son influenciadas

por factores tales como la edad, sexo, actividad muscular, estado físico, estación, presión barométrica, hábitos de vida de las especies y enfermedades (5).

SUMARIO

Con el presente trabajo se pretende encontrar valores constantes de hierro y hemoglobina en vacas lecheras en zonas altas de Colombia, cuyo sitio más representativo es la Sabana de Bogotá (2.640 metros sobre el nivel del mar), utilizando el método de Wong universalmente aceptado y recomendado como de gran precisión.

Se encontró un valor promedio del hierro de 40.5 mg. por 100 c.c. de sangre y 11.74 gm. de hemoglobina por 100 c.c. de sangre.

Para terminar, queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento al señor Eusebio Martínez y demás personal de trabajadores del establo de la Facultad de Medicina Veterinaria por su colaboración.

SUMMARY

This work pretends to establish constant values for iron and hemoglobin in dairy cows at the higher lands of Colombia. Determinations were made in the Sabana of Bogotá (altitude 2.640 m).

The procedure elected in these determinations was the Wong's method for its accuracy. The following were the average values found:

Iron 40.5 mg/100 ml of blood.

Hemoglobin 11.74 gm/100 ml of blood

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON, A. K. — *Essentials of Physiological chemistry*. Fourth edition 1961, 317.
2. CANTAROW, A. — *Bioquímica*. Tercera Edición, 1964, 555.
3. COFFIN, D. L. — *Manual of Veterinary Clinical Pathology*. Ithaca, New York, 1945, 118.
4. COFFIN, D. L. — *Laboratorio Clínico en Medicina Veterinaria*. La Prensa Médica Mexicana. 1959, 169.
5. DUKES, H. H. — *The physiology of Domestic Animals*. Seventh Edition, Ithaca, New York. 1955, 36.
6. DUKES, H. H. — *Fisiología de los animales domésticos*. 1960, 33.
7. HAWK, OSER, SUMMERSON. — *Practical Physiological Chemistry*. Thirteenth Edition. 1954, 617, 618.
8. KLEINER AND ORTEN. — *Biochemistry*. Sixth edition. 1962, 596.
9. MERCK. — *The Merck Veterinary Manual*. Second edition. 1961, 1423.
10. SCHALM, O. W. — *Veterinary Hematology*. 1961, 65, 130.
11. SPINETTI BERTI. — *Manual de Bioquímica*. 1954, 445.