

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

**CARACTERIZACIÓN DE LA CONCENTRACION SANGUINEA
DE ALGUNOS METABOLITOS RELACIONADOS CON EL
ESTADO NUTRICIONAL DE VACAS LECHERAS**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

JOHNNY MONTENEGRO BALLESTERO

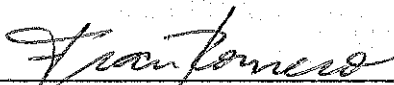
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica

1989

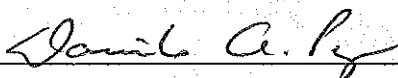
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

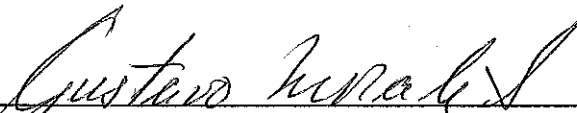
COMITE ASESOR:



Francisco Romero R. Ph.D.
Profesor Consejero



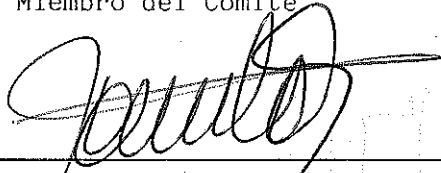
Danilo Pezo Q. Ph.D.
Miembro del Comité



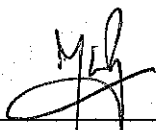
Gustavo Morales. Ph.D.
Miembro del Comité



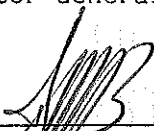
Jorge Faustino. M.Sc.
Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisi
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



Johnny Montenegro B.
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa Laura,
por su amor, comprensión
y apoyo incondicional.

A mis padres y hermanos,
por el amor y estímulo
que siempre me ofrecen.

AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de mis estudios de posgrado, en especial:

Al Dr. Francisco Romero R. profesor consejero, por su acertada dirección en el desarrollo de este trabajo, por su decisiva influencia en mi formación en el CATIE y por su amistad brindada en todos estos años.

Al Dr. Danilo Fezo Q., quien me ha brindado su apoyo y valiosas enseñanzas durante mi permanencia en CATIE.

Al Dr. Gustavo Morales, por sus valiosas y acertados consejos durante estos años en CATIE.

Al MSc. Jorge Faustino por su colaboración durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Manuel Ruiz, Secretario Ejecutivo de RISPAL, por su apoyo, y amistad durante todos estos años.

Al Dr. Harold Johnson, de la Universidad de Missouri, por su interés, apoyo y colaboración prestada en la ejecución de este trabajo, así como también por la donación de los kit's empleados en las determinaciones hormonales.

Al Dr. Richard Taylor, por su orientación y participación en los análisis realizados.

A los MSc. Arturo Vargas y Edwin Pérez, por su apoyo y colaboración durante estos años.

Al proyecto Manejo Integrado de Cuencas por haber otorgado la beca que permitió llevar a cabo mis estudios.

Al proyecto RISPAL, por el financiamiento de los reactivos necesarios para realizar los diferentes análisis.

Al proyecto SILVOPASTORIL, por el apoyo y facilidades ofrecidas durante la conducción del presente trabajo.

Al señor Luis Carlos Saborio, asistente del proyecto Silvopastoril, por la importante ayuda y desinteresada colaboración en la ejecución del trabajo de campo, así como también al señor Erick López, quien colaboró en las determinaciones de las pasturas.

A todos los compañeros de promoción de ganadería, en especial a los del área de Nutrición.

A Manuel Rodríguez, por su colaboración durante el análisis de las muestras.

A Manuel Antonio Rodríguez y Anabell Amador, por su constante apoyo.

En especial a mi esposa Laura, por su constante estímulo hacia mi superación profesional.

BIOGRAFIA

El autor nació el 25 de abril de 1959 en Turrialba, Costa Rica.

Cursó estudios primarios en la escuela Rodolfo Herzog y la secundaria en el Colegio Técnico Agropecuario de La Suiza, Turrialba.

En 1986 obtuvo el el título de Ingeniero Agrónomo con el grado académico de Licenciatura en Agronomía con Enfoque en Producción, en la Universidad de Costa Rica.

Desde 1977 y hasta 1984 laboró en el Departamento de Producción Animal del CATIE, como parte del personal asistente del proyecto CATIE-CIID.

En junio de 1986 se incorporó al Instituto Nacional de Aprendizaje para impartir una serie de cursos a administradores de fincas ganaderas, en diferentes regiones del país.

En octubre de 1986 inició labores para el Ministerio de Agricultura y Ganadería como extensionista en la región de Alfaro Ruiz, siendo posteriormente trasladado a la Dirección Regional de Cartago, como Zootecnista Regional.

En setiembre de 1987 ingresó como estudiante graduado al programa en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, en el Área de Ganadería Tropical, obteniendo el grado de Magister Scientiae el 13 de octubre de 1989.

INDICE

RESUMEN	xv
SUMMARY	xvii
INDICE DE CUADROS	xv
INDICE DE FIGURAS	xx
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 El Perfil Metabólico Sanguíneo.	5
2.1.1 El Perfil Compton	6
2.1.2 Valores Normales de la Composición Sanguínea	7
2.2 Metabolitos Relacionados con el Estado Energético de Vacas Lecheras	8
2.2.1 El Proceso de Producción	8
2.2.2 Glucosa	10
2.2.3 Acidos Grasos Libres	16
2.2.4 Cuerpos Cetónicos	23
2.3 Metabolitos Relacionados con el Estatus Protéico	32
2.3.1 Proteína Total, Albúmina y Globulina	32
2.3.2 Hemoglobina y Hematocrito	37
2.3.3 Urea	41
2.4 Efecto de las Hormonas	47
2.4.1 Insulina y Glucagón	48
2.4.2 Hormonas Secretadas por la Glándula Tiroides	54
2.4.3 Cortisol	59
3. MATERIALES Y METODOS	64
3.1 Area de Estudio	64

3.2 Selección de las Fincas	64
3.3 Localización de las Fincas Muestreadas	66
3.4 Variables Evaluadas	66
3.4.1 Pisos Altitudinales	66
3.4.2 Nivel de Manejo de la Finca	67
3.4.2.1 Manejo Alto	67
3.4.2.2 Manejo Bajo	67
3.4.3 Estado de Lactación	68
3.4.3.1 Lactación Temprana.	68
3.4.3.2 Lactación Tardía	68
3.4.3.3 Vacas Secas	68
3.5 Procedimiento Empleado Para la Obtención de las Muestras	69
3.6 Tipo de Animal Utilizado en el Estudio	70
3.7 Toma de Muestras Sanguíneas	71
3.8 Estimación de los Metábolitos Sanguíneos	72
3.8.1 Metábolitos relacionados con el estatus energético	72
3.8.1.1 Glucosa	72
3.8.1.2 Acidos Grasos Libres.	74
3.8.1.3 β -Hidroxibutirato	74
3.8.2 Metabolitos Relacionados con el Estatus Proteico	75
3.8.2.1 Microhematocrito.	75
3.8.2.2 Hemoglobina	76
3.8.2.3 Urea.	77
3.8.2.4 Proteína Total.	78
3.8.2.5 Albúmina.	78

3.8.2.6 Globulina	79
3.8.3 Estimación Hormonal	80
3.8.3.1 Hormonas Secretadas por la Glándula Tiroides (Triiodotironina y Tiroxina)	80
3.8.3.2 Insulina	81
3.8.3.3 Glucagón	82
3.8.3.4 Cortisol	82
3.9 Análisis de los Alimentos	83
3.10 Diseño de Muestreo.	84
3.11 Análisis Estadístico	84
4. RESULTADOS Y DISCUSION	86
4.1 Caracterización de los Niveles Productivos y Nutricionales de las Fincas Bajo Estudio.	86
4.1.1 Producción de Leche	86
4.1.2 Calidad Nutritiva del Forraje y Suplemento Ofrecido	88
4.2 Metabólitos Relacionados con el Metabolismo Energético	90
4.2.1 Glucosa	90
4.2.2 Beta-Hidroxibutirato	94
4.3 Metabolitos Relacionados con el Metabolismo Proteico	96
4.3.1 Hematocrito	96
4.3.2 Hemoglobina	99
4.3.3 Proteína Total Sanguínea	101
4.3.4 Albúmina Sanguínea	102
4.3.5 Globulina Sanguínea	105
4.3.6 Urea Sanguínea	105
4.4 Insulina	108

4.5 Hormonas Tiroides.	111
5. DISCUSION GENERAL	117
6. CONCLUSIONES	121
7. RECOMENDACIONES	123
8. LITERATURA CITADA	124
9. ANEXOS	139

INDICE DE CUADROS

EN EL TEXTO

CUADRO No.

PAGINA

1. Efecto del Nivel de Manejo, Según Piso Altitudinal en la Producción de Leche ($\text{Kg vaca}^{-1}\text{día}^{-1}$) 87
2. Disponibilidad y Calidad Nutritiva del Forraje Ofrecido y de la Suplementación Dada a Vacas Lecheras, Según Piso Altitudinal y Nivel de Manejo. 89
3. Efecto del Estado de Lactación, en la Concentración Plasmática de Glucosa (mg/dl) de Vacas Lecheras en los Pisos Altitudinales Alto, Medio y Bajo. 91
4. Efecto el Nivel de Manejo y Piso Altitudinal en la Concentración de Beta-hidroxibutirato Presente en Suero Sanguíneo de Vacas Lecheras. 94
5. Valores de Hematocrito (%), Según Nivel de Manejo en Vacas Lecheras Ubicadas en Diferentes Pisos Altitudinales. 96
6. Efecto del Estado de Lactación, Según Piso Altitudinal en la Concentración Sanguínea (%) de Hematocrito en Vacas Lecheras. 98
7. Concentración Sanguínea de Hemoglobina (mg/dl) Según Piso Altitudinal en que se Localizan las Vacas Lecheras. 100
8. Efecto del Nivel de Manejo Según Piso Altitudinal en Concentración de Proteína Total (g/dl) Presente en suero sanguíneo de Vacas Lecheras 102
9. Efecto del Estado de Lactación, en la Concentración de Albúmina Sanguínea (g/dl) de Vacas Lecheras. 103
10. Efecto del Nivel de Manejo y Piso Altitudinal en la Concentración Sanguínea (g/dl) de Albumina y Globulina de Vacas Lecheras. 104

11. Efecto de la Interacción del Nivel de Manejo con el Estado de Lactación, en la Concentración de Urea (mg/dl) en Suero Sanguíneo, Según Piso Altitudinal.	106
12. Efecto del Nivel de Manejo, Según Piso Altitudinal, en la Concentración Plasmática de Insulina (μ UI/ml) de Vacas Lecheras.	109
13. Efecto del Estado de Lactación, Según Piso Altitudinal, en la Concentración Plasmática de Insulina (μ UI/ml) de Vacas Lecheras.	110
14. Efecto del Nivel de Manejo, Según Piso Altitudinal en la Concentración Plasmática de Triiodotironina (ng/ml) de Vacas Lecheras.	112
15. Efecto del Nivel de Manejo, Según Piso Altitudinal en la Concentración Plasmática de Tiroxina (μ g/ml) de Vacas Lecheras.	113
16. Efecto de la Interacción del Nivel de Manejo con el Estado de Lactación en la Concentración Sanguínea de Tiroxina (μ g/ml) y de Triiodotironina (ng/ml) de Vacas Lecheras Localizadas en los Pisos Alto y Bajo, Respectivamente.	114
17. Efecto del Estado de Lactación, en la Concentración Plasmática de Triiodotironina (ng/ml) de Vacas Lecheras Localizadas en Diferentes Pisos Altitudinales	115

EN EL APENDICE

A 1. Fuentes de Variación y Nivel de Significancia de los Metabolitos que se Pudieron Analizar en Forma Conjunta Para Todos los Pisos Altitudinales	141
A 2. Fuentes de Variación y Nivel de Significancia de los Metabolitos que se Analizaron Para el Piso Altitudinal Alto	141

A 3.	Fuentes de Variación y Nivel de Significancia de los Metabolitos que se Analizaron Para el Piso Altitudinal Medio	142
A 4.	Fuentes de Variación y Nivel de Significancia de los Metabolitos que se Analizaron Para el Piso Altitudinal Bajo	142
A 5.	Concentración Plasmática de Glucosa (mg/dl) en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según el Nivel de Manejo . .	143
A 6.	Concentración de B-hidroxibutirato en Suero Sanguíneo (mg/dl) en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos altitudinales	144
A 7.	Concentración Sanguínea de Hemoglobina (mg/dl) en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según Nivel de Manejo	145
A 8.	Niveles Sanguíneos de Hematocrito (%) en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según Nivel de Manejo	146
A 9.	Concentración de Proteína Total (g/dl) en Suero Sanguíneo en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales Según Nivel de Manejo	147
A 10	Concentración de Albúmina (g/dl) en Suero Sanguíneo en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según Nivel de Manejo	148
A 11	Concentración de Globulina (g/dl) en Suero Sanguíneo en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según Nivel de Manejo	149
A 12	Concentración de Urea (mg/dl) en Suero Sanguíneo en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según Nivel de Manejo	150

A 13	Concentración Plasmática de Insulina (UI/ml) en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según Nivel de Manejo . . .	151
A 14	Concentración Plasmática de Glucagon (pg/ml) en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según Nivel de Manejo . . .	152
A 15	Concentración Plasmática de Triiodotironina (ng/ml) de Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales, Según Nivel de Manejo	153
A 16	Concentración Plasmática de Tiroxina (ug/dl) en Vacas Lecheras en Diferentes Estados de Lactación y Pisos Altitudinales Según Nivel de Manejo	154

INDICE DE FIGURAS

EN EL TEXTO
FIGURA No.

PAGINA

1. Procesos de Anabolismo, Catabolismo en las Vacas Lecheras 26
2. Control del Metabolismo y Catabolismo de las Reservas Corporales, Efectuadas por la Insulina y el Glucagón 50
3. Efecto de los Glucocorticoides Sobre la Gluconeogénesis 60
4. Temperatura Promedio Semanal (C°) Para los Diferentes Pisos Altitudinales Estudiados. 65

EN EL
ANEXO

- A1. Localización de las Diferentes Fincas Dentro de los Pisos Altitudinales Estudiados. 140

MONTENEGRO, J. 1989. Caracterización de la concentración sanguínea de algunos metabolitos relacionados con el estado nutricional de vacas lecheras. Tesis Mag. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica.

FALABRAS CLAVES: Metabolitos sanguíneos, Nivel de manejo, Pisos altitudinales, Estado de lactación, Producción de Leche, Glucosa, β -hidroxibutirato, Hematocrito, Hemoglobina, Proteína total, Albumina, Globulina, Urea Sanguínea, Hormonas, Insulina, Glucagón, Triiodotironina, Tiroxina.

RESUMEN

En tres pisos altitudinales (600, 1400 y 1900 msnm) y dos niveles de manejo, se tomaron muestras de sangre de la vena yugular a 133 vacas Jersey, Guernsey y sus cruces en estados de lactación temprana, tardía y vacas secas. El objetivo del estudio fue caracterizar los niveles de algunos metabolitos sanguíneos y hormonas relacionadas con el estatus nutricional de las vacas. Se estimó, además la disponibilidad y calidad del forraje ofrecido así como del concentrado y la melaza suplementados. La producción de leche por vaca se pesó en la mañana y tarde del día del muestreo.

Los metabolitos estimados fueron: Glucosa (GL), β -hidroxibutirato (β -HB), hemoglobina (Hb), hematocrito (HCTO), proteína total (PT), albúmina (ALB), globulina (GLOB) y urea (U). Las hormonas estudiadas fueron: Insulina (INS), Glucagón (GLC), Triiodotironina (T_3), Tiroxina (T_4) y Cortisol (C).

La calidad del forraje ofrecido fue superior en el piso alto y similar en los restantes estratos. Los manejos bajos de los pisos alto y medio presentaron mayor disponibilidad total del forraje ofrecido como consecuencia del alto contenido de material muerto y fibroso.

La producción de leche fue más afectada por el nivel de manejo ($P < 0.0001$) que por los pisos altitudinales, existiendo importantes correlaciones entre esta variable con: el consumo de energía y proteína proveniente del concentrado, la disponibilidad del forraje, los niveles sanguíneos de U, β -HB e Ins. El estado fisiológico (preñez) presentó una correlación negativa con la producción de leche.

En lo referente a los metabolitos sanguíneos, la GL resultó ser solamente afectada por el estado de lactación ($P < 0.0556$), mientras que el β -HB presentó mayores niveles en el manejo alto del piso bajo ($P < 0.0005$). Los valores de HCTO fueron afectados ($P < 0.0307$) por el nivel de manejo y el estado de lactación ($P < 0.0001$). La Hb presentó menores valores ($P < 0.0834$) durante el período de lactación que en el período seco, lo que podría indicar un consumo deficiente de

proteína durante éste periodo, no habiéndose detectado diferencias entre pisos altitudinales.

La PT solo fue afectada ($P < 0.0085$) por el nivel de manejo en el piso alto, como resultado de una disminución en la concentración de GLOB. La ALB fue afectada tanto por el nivel de manejo ($P < 0.0005$) como por el estado fisiológico ($P < 0.0056$), encontrándose los valores más bajos durante la lactación inicial.

La U fue uno de los índices más sensibles, ya que fue afectado por el nivel de manejo ($P < 0.001$), estado de lactación ($P < 0.0001$) y por la interacción del nivel de manejo con el estado de lactación ($P < 0.0002$).

El nivel de INS fue afectado ($P < 0.0304$) por el tipo de manejo lo que podría ser el resultado del mayor consumo de precursores de GL en los manejos altos. Solo en el piso medio el estado de lactación resultó ser un factor de importancia ($P < 0.0206$) sobre la concentración de esta hormona. El GLC no mostró ser un índice adecuado para la evaluación nutricional de las vacas lecheras.

Las concentraciones de T_3 y T_4 , fueron influidas ($P < 0.001$) por el nivel de manejo y por la interacción del estado de lactación con el nivel de manejo ($P < 0.0386$). La concentración de T_3 fue afectada ($P < 0.067$) por el estado de lactación, encontrándose los mayores valores en las vacas en producción.

Se concluye que respecto a la producción de leche, el nivel de manejo es de mayor importancia que el piso altitudinal. La GL, PT, GLOB y el GLC mostraron ser poco sensibles a los factores evaluados, presentando los restantes metabolitos y hormonas cierto potencial en las estimaciones nutricionales de las vacas lecheras. El estado de preñez no afectó la concentración sanguínea de los metabolitos estudiados.

MONTENEGRO, J. 1989. Characterization of the concentration of certain blood metabolites related to nutritional status in dairy cows. Thesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE.

KEY WORDS: Blood metabolites, Management, Altitude, Lactation stage, Milk yield, Glucose, β -hydroxybutyrate, Hematocrit, Haemoglobin, Total protein, Albumin, Globulin, Blood urea, Hormones, Insulin, Glucagon, Triiodothyronine, Thyroxine.

SUMMARY

In farms located at three altitudes (600, 1400 and 1900 m.a.s.l.) and with two management levels (high and low), blood samples were taken from 133 Jersey, Guernsey and JerseyxGuernsey cows, representing three lactation stages (early-, late-lactation and non-lactating). The objective of this study was to characterize the concentration of some blood metabolites and hormones, recognized as related to the nutritional status of dairy cows.

All sampled farms utilized a rotational grazing system; therefore, forage availability and quality were determined in those paddocks grazed two days before the blood samples were taken and the milk yield was recorded. The amount of supplement (commercial concentrate and molasses) consumed was also recorded, and a sample was taken for laboratory analysis. Blood samples were taken by jugular vein puncture four to six hours after the morning milking.

The metabolites studied were: Glucose (GL), β -Hydroxybutyrate (β -HB), Haemoglobin (Hb), Hematocrit (HCT), Total Protein (TP), Albumin (ALB), Globulin (GLOB) and Blood Urea (B-U). The hormones evaluated were: Insulin (Ins), Glucagon (GLC), Triiodothyronine (T_3), Tiroxine (T_4) and Cortisol (C).

Milk yield was affected by the management system ($P < 0.0001$) but not by the altitude level. Important positive correlations were found between milk yield and: supplemented energy and protein, pasture availability, blood urea, β -HB and Ins. A significant Relationship between gestation and milk yield was also detected.

Both, management level and lactation stage had a significant effect ($P < 0.05$ and $P < 0.0001$) upon the values of HCT. By the contrary, the Hb concentration was only affected ($P < 0.05$) by lactation stage and not important differences were found for management system and altitude. ALB concentration was affected by both the lactation stage ($P < 0.005$) and the management level ($P < 0.0005$). Thus, total protein was influenced only by the management level ($P < 0.05$) at the highest altitude, due to a decrease in the concentration of GLOB. B- U was affected by management level

($P < 0.001$) lactation stage ($P < 0.0001$) and by the interaction between these two factors ($P < 0.0002$).

Glucose concentration was affected ($P < 0.05$) by lactation stage but not by altitude or management levels. However, insulin levels were affected ($P < 0.05$) by management systems in the highest altitudinal level and by lactation stage in the middle altitude ($P < 0.02$). Glucagon was not affected by none of the factors studied. Differences in β -HB concentration were only detected ($P < 0.0005$) between the two management systems at the lowest altitude.

There were significant differences in T_3 and T_4 concentrations due to level of management and its interaction with lactation stage ($P < 0.05$). This factor had also an important effect ($P < 0.05$) on T_3 concentration, corresponding the lowest values to the dry cows.

Based on the results of the present study, it was concluded that more milk is produced with high management system regardless of the altitudinal zone. Pregnancy did not affect the concentration of the metabolites evaluated. The utilization of GL, GLOB, TP, and GLC as indicators of metabolic differences due to altitudinal levels (changes in temperature and humidity) or management systems (adequate pasture management and nutritional programs) were not effective; however the other metabolites are potential indicators of the nutritional status of dairy cows in the tropics.