

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS "CAMILO CIENFUEGOS"**

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES  
"INDIO HATUEY"**

**Evaluación de los factores agronómicos y sus efectos  
en el rendimiento y la composición bromatológica  
de *Morus alba* Linn.**



**Autor:** *Ing. Giraldo Martín Martín*

**Tutores:** *Dr. Ismael Hernández Venereo*  
*Dr. Félix Ojeda García*

**Tesis presentada en opción al grado científico  
de Doctor en Ciencias Agrícolas**

Matanzas, mayo de 2004

*Los árboles, además de gran elemento de riquezas, son los mejores  
amigos de la agricultura y la ganadería*

*José Martí*

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Revolución, que me permitió, siendo hijo de una humilde familia campesina, estudiar y prepararme como un profesional capacitado para contribuir al desarrollo de mi país y de los países amigos.
- Al Dr. Rolando Hernández Prieto, el que ha influido significativamente en mi formación, primero Decano de la Facultad de Agronomía donde me hice Ingeniero Agrónomo en 1983 y después director de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, centro en el que trabajo desde el 15 de octubre de 1985, y que me ha permitido prepararme como profesional y como hombre para la vida.
- A la Dra. Hilda Machado Martínez, con la que he trabajado desde mi llegada a Indio Hatuey. Su ejemplo como investigadora y directora de este centro, así como sus cualidades humanas y revolucionarias, han significado mucho en mi vida profesional y personal.
- Al MSc. Jorge Evelio Benavides, el que inculcó en mí la pasión por la morera y ha contribuido, en gran medida, en el desarrollo de las investigaciones que realizamos con esta planta y con otros árboles forrajeros. Él, además de un excelente profesional, es un compañero y amigo entrañable.
- A mis tutores: Dr. Ismael Hernández Venereo y Dr. Félix Ojeda García. Ismael ha influido mucho en el componente agroforestal de las investigaciones de nuestro Centro, y en especial en las realizadas con morera; su preparación integral en este tema le permite tener un reconocido prestigio nacional e internacional y ha llegado a ser consultor de varios proyectos de FAO en diferentes países. El Dr. Ojeda es un investigador de mucha experiencia y de gran prestigio nacional e internacional en el tema de conservación de forrajes, ha realizado importantes investigaciones sobre elaboración de ensilajes y harinas a partir del follaje de la morera. Ellos han tenido una especial dedicación en la concepción, ejecución, preparación y revisión de los resultados plasmados en esta tesis; por ello y por ser mis amigos, les estaré eternamente agradecido.
- Al Dr. Leonel Simón Guelmes y la MSc. Aida Isabel Cruz Martínez, quienes realizaron una importante contribución a las consideraciones económicas presentadas en esta tesis.

- Al Dr. Gustavo López, matemático del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) de Costa Rica, por su asesoría y colaboración en el procesamiento matemático de los resultados de esta tesis de grado.
- Al Dr. Alberto Caballero, matemático del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, por su asesoría en los análisis estadísticos de los resultados de esta tesis de grado.
- Al Dr. Gustavo Febles Pérez y al Dr. Manuel Peña Peña, quienes como oponentes de la defensa de esta tesis ante el tribunal ramal, realizaron un riguroso trabajo de revisión e informe de oponencia, muy útiles para los arreglos y conformación definitiva de esta tesis de doctorado.
- Al MV Javier Arece García, talentoso investigador joven, por su colaboración oportuna para ordenar y procesar toda la base de datos originales de esta tesis.
- A la MSc. Gertrudis Pentón Fernández y la MSc. Yuseika Olivera Castro, por su colaboración incondicional en la ejecución de los experimentos, en la búsqueda de información bibliográfica y en el procesamiento de varios resultados de la tesis.
- A Elsa Sánchez Quiroz, por su responsabilidad, calidad y rigor en todas las mediciones y evaluaciones realizadas en el área experimental, así como a otros técnicos y obreros que colaboraron sistemáticamente, les estoy muy agradecido.
- Al MV. Leopoldo Fernández, productor costarricense, quien donó las semillas originales de las variedades que se evaluaron en esta tesis.
- A Dra. Liana Babbar y Dra. Tania Ammour quienes facilitaron mis entrenamientos y estancias en CATIE y me acogieron como un miembro más en sus familias.
- A los integrantes del Consejo Científico, de la Comisión de Posgrado de la EEPF “Indio Hatuey” y de la Comisión de Grado Científico de la Universidad de Matanzas, quienes con sus sabias sugerencias y críticas oportunas, permitieron la mejor elaboración y presentación de esta tesis de doctorado.
- Al colectivo del laboratorio central de análisis químico de la EEPF “Indio Hatuey”, y en especial a la Ing. Ramona Casanova Elizalde, especialista principal y jefe de este laboratorio, quienes realizaron los análisis bromatológicos de esta investigación.
- Al colectivo del Laboratorio Provincial de Suelos de Matanzas, por realizar los análisis a los muestreos de suelos de los diferentes tratamientos al inicio y al final del período experimental.
- A la Lic. Alicia Ojeda González, Lic. Nayda Armengol López, Nancy Pérez Pérez y Marlene Prieto Abreu, quienes trabajaron arduamente en la revisión de estilo,

corrección, composición, búsqueda bibliográfica, edición e impresión de todo el material de tesis.

- A la dirección de la Universidad de Matanzas y del Ministerio de Educación Superior, quienes aceptaron la solicitud de liberación temporal de mis funciones de director para poder elaborar, presentar y defender mi tesis de doctorado.
- Al Lic. Luis Cepero Casas y al Ing. Luis Hernández Olivera, sustitutos de la dirección del Centro, y demás colegas del colectivo de dirección de la EEPF “Indio Hatuey”, quienes con disciplina, dedicación y entusiasmo trabajaron arduamente para cumplir eficientemente los objetivos de trabajo de la Institución.
- Al colectivo de trabajadores de la “EEPF Indio Hatuey”, al cual me siento muy honrado de pertenecer y dirigir, pues su ejemplaridad, sensibilidad humana, responsabilidad y sentido de pertenencia, lo hacen acreedor de un gran respeto y consideración.
- A mi familia, que siempre hizo todo lo necesario para que yo pudiera estudiar y trabajar.
- A mis hijos, a quienes deseo pedirles que si algo bueno pueden ver en mí (y quisiera que así fuera), sea el ejemplo que le he dado de dedicación y entrega total al estudio y al trabajo, para que puedan ser profesionales mejor preparados y capaces de hacer triunfar las nobles ideas.

## **SÍNTESIS**

El presente trabajo estuvo encaminado a evaluar los factores agronómicos y sus efectos en el rendimiento y la composición bromatológica de la biomasa de la morera, así como a determinar, mediante ecuaciones de regresión, las relaciones entre el rendimiento en materia seca de la biomasa de la morera y el peso verde total de plantas. Se realizó una valoración económica de este forraje, con el fin de evaluar la factibilidad de su utilización como sustituto del concentrado comercial usado en las vaquerías potenciadas del sistema de la agricultura en nuestro país.

Los ensayos experimentales fueron realizados en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", situada entre los 22° 48' y 7" de latitud Norte y los 81° y 2' de longitud Oeste, a 19,01 msnm, en el municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba. Para el montaje del experimento se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial; se incluyeron tres factores (variedad, fertilización y frecuencia de corte), los que originaron un total de 36 tratamientos replicados cuatro veces, es decir, 144 parcelas. Las variedades estudiadas fueron: Indonesia, Cubana, Acorazonada y Tigreada. Se emplearon tres niveles de fertilización con gallinaza en base al nitrógeno (100, 300 y 500 kg de N/ha/año) y tres frecuencias de corte (60, 90 y 120 días). Debido a la estacionalidad de la producción de los forrajes en el trópico, se incluyó la época como un factor adicional.

Se utilizaron como variables agronómicas los rendimientos de materia seca de: hojas, tallos tiernos, biomasa comestible, tallos leñosos y biomasa total. Como indicadores de la composición bromatológica se estudiaron, en las hojas y los tallos tiernos, los porcentajes de: materia seca, fibra bruta, proteína bruta, calcio, fósforo, potasio y ceniza. Además, se determinó el rendimiento de proteína bruta en las hojas, los tallos tiernos y la biomasa comestible. Para el procesamiento de los resultados experimentales, se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), versión 8.0, y el paquete estadístico SPSS, versión 10.0.

Los resultados experimentales demostraron que el rendimiento de materia seca de la biomasa total y el de sus componentes estuvo influido principalmente por la frecuencia de corte y la época del año. Los mayores rendimientos de materia seca de hojas, biomasa comestible y biomasa total se lograron con la frecuencia de corte de 60 días en el período lluvioso en las variedades Indonesia, Acorazonada y Tigreada, y con la de 90 días en el poco lluvioso en la variedad Indonesia.

El incremento de la fertilización estimuló la producción de materia seca de hojas, de tallos tiernos, de biomasa comestible y de biomasa total, pero con una disminución de la eficiencia en el aprovechamiento del nitrógeno presente en la gallinaza.

Los factores frecuencia de corte y época del año tuvieron efectos significativos en los contenidos de fibra bruta y proteína bruta en las hojas y los tallos tiernos. Los contenidos de calcio, potasio y ceniza hallados en la morera fueron elevados y superiores a los de los forrajes convencionales en el trópico. Los rendimientos de proteína bruta de hojas, tallos tiernos y biomasa comestible en el período lluvioso, fueron superiores para la frecuencia de corte de 60 días.

Las ecuaciones de regresión lineal y cuadráticas obtenidas para el conjunto de las frecuencias de corte, indican que el peso verde total de plantas de morera es una variable estimativa para determinar los rendimientos de materia seca de hojas, de biomasa comestible y de biomasa total de la morera, en condiciones similares a las utilizadas en este ensayo.

Las consideraciones económicas realizadas en este trabajo demostraron la factibilidad de sustituir el concentrado comercial por forraje de morera como suplemento para la producción de leche vacuna.

Teniendo en cuenta los resultados se recomienda utilizar, en el período lluvioso, las variedades Indonesia, Acorazonada y Tigreada para la producción de forraje de alta calidad con una frecuencia de corte de 60 días, y en el período poco lluvioso la variedad Indonesia con cortes cada 90 días, para optimizar la utilización y la conservación de la biomasa comestible de esta planta.

Asimismo se sugiere: ampliar los estudios sobre el uso de biofertilizantes, fertilizantes químicos y orgánicos solos o combinados, para lograr un uso más eficiente de los nutrientes; evaluar la factibilidad de realizar riegos en momentos de intensas sequías; validar en plantaciones comerciales las ecuaciones de regresión obtenidas para estimar los rendimientos de hojas, biomasa comestible y biomasa total de la morera; y evaluar las potencialidades productivas y la factibilidad económica de utilizar esta planta a escala comercial.

**ABREVIATURAS**

AOAC	Association of Official Agricultural Chemistry
C	Frecuencia de corte
C1E1	Frecuencia de corte 1, Época 1
C1E2	Frecuencia de corte 1, Época 2
C2E1	Frecuencia de corte 2, Época 1
C2E2	Frecuencia de corte 2, Época 2
Ca	Calcio
CaH	Calcio en hojas
CaTT	Calcio en tallos tiernos
Cen	Ceniza
CenH	Ceniza en hojas
CenTT	Ceniza en tallos tiernos
CxE	Interacción frecuencia de corte por época
CxExA	Interacción frecuencia de corte por época por año
E	Época
E1A1	Época 1, Año 1
E1A2	Época 1, Año 2
E1A3	Época 1, Año 3
E1A4	Época 1, Año 4
E2A1	Época 2, Año 1
E2A2	Época 2, Año 2
E2A3	Época 2, Año 3
E2A4	Época 2, Año 4
F	Fertilización
FAD	Fibra ácido detergente
FB	Fibra bruta
FBH	Fibra bruta en hojas
FBTT	Fibra bruta en tallos tiernos
FND	Fibra neutro detergente
FxC	Interacción fertilización por frecuencia de corte
g	Gramo
ha	Hectárea
K	Potasio
kg	Kilogramo
KH	Potasio en hojas
KTT	Potasio en tallos tiernos
L	Litro
LAD	Lignina ácido detergente
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
MJ	Megajoule
MLC	Moneda libremente convertible
mm	Milímetro
MN	Moneda nacional
MS	Materia seca



MSH	Materia seca en hojas
msnm	Metro sobre el nivel del mar
MSTL	Materia seca en tallos leñosos
MSTT	Materia seca en tallos tiernos
N	Nitrógeno
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
PBH	Proteína bruta en hojas
PBTT	Proteína bruta en tallos tiernos
PH	Fósforo en hojas
PLL	Período lluvioso
PPLL	Período poco lluvioso
PTT	Fósforo en tallos tiernos
RMSBC	Rendimiento de materia seca en biomasa comestible
RMSBT	Rendimiento de materia seca en biomasa total
RMSH	Rendimiento de materia seca en hojas
RMSTL	Rendimiento de materia seca en tallos leñosos
RMSTT	Rendimiento de materia seca en tallos tiernos
RPBBC	Rendimiento de proteína bruta en biomasa comestible
RPBH	Rendimiento de proteína bruta en hojas
RPBTT	Rendimiento de proteína bruta en tallos tiernos
t	Tonelada
UM	Unidad de medida
USD	Dólar estadounidense
V	Variedad
VxA	Interacción variedad por año
VxC	Interacción variedad por frecuencia de corte
VxCxE	Interacción variedad por frecuencia de corte por época
VxE	Interacción variedad por época
VxExA	Interacción variedad por época por año

---

## ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo I. Revisión bibliográfica.....	3
1.1 Origen y distribución del género <i>Morus</i> (Morera) en el mundo.....	3
1.2 Taxonomía.....	3
1.2.1 Reservas de germoplasma .....	3
1.3 Características botánicas de la morera .....	6
1.3.1 Hojas.....	6
1.3.2 Tallos .....	6
1.3.3 Raíz .....	6
1.3.4 Flor, fruto y semilla .....	6
1.4 Influencia de los factores ecológicos y agronómicos en el crecimiento y desarrollo de la morera .....	7
1.4.1 Factores ecológicos .....	7
1.4.1.1 Luz.....	8
1.4.1.2 Temperatura.....	8
1.4.1.3 Agua .....	8
1.4.1.4 Suelo.....	9
1.4.2 Factores agronómicos.....	9
1.4.2.1 Métodos de propagación.....	9
1.4.2.2 Distancia de siembra o plantación .....	10
1.4.2.3 Fertilización .....	10
1.4.2.4 Frecuencia de poda o corte .....	12
1.4.2.5 Altura de poda o corte.....	13
1.4.2.6 Plagas y enfermedades .....	14
1.5 Cualidades que acreditan a la morera como planta forrajera .....	14
1.5.1 Producción de biomasa.....	14
1.5.2 Composición bromatológica.....	17
1.5.3 Valor nutritivo.....	19
1.6 Utilización de la morera para la alimentación animal .....	20
1.6.1 Sistemas de corte y acarreo .....	21
1.6.2 Sistemas de pastoreo-ramoneo.....	23
1.7 Otros posibles usos de la morera .....	23
Capítulo II. Metodología experimental .....	25
2.1 Sitio experimental.....	25
2.1.1 Suelo.....	25
2.1.2 Clima.....	26
2.2 Diseño experimental y tratamientos.....	26
2.2.1 Parcela experimental.....	26
2.2.2 Fertilización con gallinaza .....	27

---

2.3 Plantación y establecimiento.....	27
2.4 Período experimental .....	28
2.5 Mediciones realizadas.....	28
2.5.1 Variables medidas.....	30
2.5.1.1 Variables de rendimiento (t de MS/ha/año) .....	30
2.5.1.2 Indicadores de la composición bromatológica (%).....	30
2.6 Análisis estadísticos .....	30
Capítulo III. Resultados y Discusión .....	41
3.1 Comportamiento de las variables agronómicas según los efectos de los factores variedad, fertilización, frecuencia de corte y época, durante cuatro años.....	41
3.1.1 Rendimiento de materia seca de las hojas.....	41
3.1.2 Rendimiento de materia seca de los tallos tiernos.....	43
3.1.3 Rendimiento de materia seca de la biomasa comestible .....	44
3.1.4 Rendimiento de materia seca del tallo leñoso.....	46
3.1.5 Rendimiento de materia seca de la biomasa total .....	47
3.2 Efecto de la fertilización con gallinaza en el rendimiento de materia seca de hojas, tallos tiernos y biomasa comestible .....	49
3.3 Comportamiento de los indicadores de la composición bromatológica según los efectos de los factores variedad, fertilización, frecuencia de corte y época, en el primer año y en el cuarto año del período experimental .....	51
3.3.1 Contenido de fibra bruta de las hojas .....	51
3.3.2 Contenido de fibra bruta de los tallos tiernos .....	53
3.3.3 Contenido de proteína bruta de las hojas.....	55
3.3.4 Contenido de proteína bruta de los tallos tiernos.....	57
3.3.5 Rendimiento de proteína bruta de las hojas, de los tallos tiernos y de la biomasa comestible .....	58
3.3.6 Composición mineral de la morera .....	60
3.3.6.1 Contenido de calcio.....	61
3.3.6.2 Contenido de fósforo.....	61
3.3.6.3 Contenido de potasio .....	62
3.3.6.4 Contenido de ceniza .....	62
3.4 Relaciones entre las variables agronómicas y el peso verde de las plantas de morera...	64
3.5 Consideraciones económicas sobre el potencial productivo de una hectárea de forraje de morera .....	69
NOVEDADES CIENTÍFICAS .....	75
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES .....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS .....	90

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Características químicas del suelo.....	25
Tabla 2. Comportamiento de las variables climáticas durante los 4 años y el promedio de los últimos 15 años.....	26
Tabla 3. Composición bromatológica promedio (%) de la gallinaza en el período lluvioso por año.....	27
Tabla 4. Distribución de los cortes en los meses del año.....	29
Tabla 5. Efecto de la interacción variedad-frecuencia de corte (días) en el rendimiento de materia seca de las hojas (t/ha/año) de diferentes variedades de morera en Cuba...	42
Tabla 6. Efecto de diferentes niveles de fertilización (kg/ha/año) en el rendimiento de materia seca (t/ha/año) de hojas, biomasa comestible y biomasa total de la morera.....	49
Tabla 7. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de fibra bruta (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera en el primer año y en el cuarto año del período experimental.....	52
Tabla 8. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de proteína bruta (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera en el primer año y en el cuarto año del período experimental....	55
Tabla 9. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el rendimiento de proteína bruta (t/ha/año) de las hojas, los tallos tiernos y la biomasa comestible de la morera en el primer año y en el cuarto año del período experimental.....	59
Tabla 10. Ecuaciones de regresión lineal y cuadrática para el conjunto de todas las frecuencias de corte.....	65
Tabla 11. Rendimiento de materia seca, proteína bruta y energía metabolizable de una hectárea de morera.....	70
Tabla 12. Potencial de producción de leche de una hectárea de morera en función de la proteína bruta y la energía metabolizable.....	71
Tabla 13. Costo de desarrollo y establecimiento de una hectárea de morera.....	72
Tabla 14. Costo de explotación de una hectárea de morera.....	72
Tabla 15. Flujo de caja para una hectárea de morera.....	73

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Fig. 1. Parcela experimental. .... 27

Fig. 2. Influencia de la interacción frecuencia de corte-época-año en el rendimiento de materia seca de hojas de morera. .... 41

Fig. 3. Influencia de la interacción frecuencia de corte-época-año en el rendimiento de materia seca de tallos tiernos de morera. .... 43

Fig. 4. Influencia de la interacción: a) variedad-frecuencia de corte-época; y b) frecuencia de corte-época-año, en el rendimiento de materia seca de la biomasa comestible de la morera..... 45

Fig. 5. Influencia de la interacción variedad-frecuencia de corte-época en el rendimiento de materia seca de tallos leñosos de morera. .... 46

Fig. 6. Influencia de la interacción: a) fertilización-frecuencia de corte; b) variedad-frecuencia de corte-época; y c) variedad-época-año, en el rendimiento de materia seca de la biomasa total de morera..... 48

Fig. 7. Influencia de la interacción frecuencia de corte-época en el rendimiento de proteína bruta de: a) las hojas de morera; b) los tallos tiernos; y c) la biomasa comestible. .... 60

Fig. 8. Relación entre la sumatoria del peso verde total de plantas de morera y el rendimiento de materia seca de: a) hojas, b) biomasa comestible y c) biomasa total, en cuatro variedades de *M. alba*. .... 67

---

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca de las hojas de diferentes variedades de morera en Cuba.....	90
Anexo 2. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca del tallo tierno de diferentes variedades de morera en Cuba.....	91
Anexo 3. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca de la biomasa comestible de diferentes variedades de morera en Cuba.....	92
Anexo 4. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca del tallo leñoso de diferentes variedades de morera en Cuba.....	93
Anexo 5. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca total de diferentes variedades de morera en Cuba.....	94
Anexo 6. Efecto de la fertilización (kg N/ha/año) y la frecuencia de corte, en el porcentaje de supervivencia de cuatro variedades de morera cultivadas durante cinco años en Cuba. ....	95
Anexo 7. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el número de ramas de diferentes variedades de morera en Cuba.....	96
Anexo 8. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de calcio (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera, en el año inicial y final del período experimental. ....	97
Anexo 9. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de fósforo (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera, en el año inicial y final del período experimental. ....	98
Anexo 10. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de potasio (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera, en el año inicial y final del período experimental.....	99
Anexo 11. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de ceniza (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera, en el año inicial y final del período experimental. ....	100
Anexo 12. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para las frecuencias de corte de 60 y 90 días. ....	101
Anexo 13. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para la frecuencia de corte de 120 días.....	102
Anexo 14. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en la relación hoja-tallo de diferentes variedades de morera en Cuba. ....	103

## INTRODUCCIÓN

El uso de los árboles en los sistemas de producción ganadera en el trópico, y en particular en Cuba, es una práctica que data desde hace muchos años. En el desarrollo histórico de la ganadería vacuna, los árboles siempre constituyeron un componente en los potreros como sombra, cercas vivas y maderables, e incluso era muy frecuente encontrar árboles frutales como mango, tamarindo, marañón y otros en las fincas campesinas, pero en general, eran solo elementos del entorno agroecológico.

El uso de estas plantas como fuente de alimento para el ganado era poco conocido; gracias al potencial de las instituciones científicas creadas y al personal académico formado por la Revolución, varias instituciones no tardaron en realizar trabajos de investigación, dentro del contexto de una ganadería intensiva, encaminados a introducir sistemas de alimentación y manejo del ganado que permitieran un uso más racional de los ecosistemas.

De esa manera, se comenzaron los estudios con árboles en la especie *Leucaena leucocephala* (Lam.) (Machado, Milera, Menéndez y García-Trujillo, 1978); para ello se introdujeron primeramente los bancos de proteína y más tarde la asociación de árboles en todo el potrero, lo cual fue denominado sistema silvopastoril o silvopastoreo (Hernández y Simón, 1994; Simón, 1998); con estos sistemas se demostró que en condiciones de producción, es posible obtener más de 4 000 kg de leche/ha/año (Martín, Milera, Iglesias, Simón y Hernández, 2000) y hasta 800 kg/ha/año (Hernández, 2000) de carne vacuna, sin suplementación con cereales y utilizando la melaza en el período seco como único insumo externo a la unidad.

Dentro del contexto del uso de los árboles en los sistemas de producción animal, los bancos de forraje en sistemas de corte y acarreo tienen un papel importante (Benavides, 1994). En este sentido, en Cuba las primeras investigaciones estuvieron centradas en el uso de *Leucaena leucocephala* (Lam.) (Cáceres y Santana, 1990); posteriormente se han realizado estudios con *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. (Soca y Simón, 1995), *Gliricidia sepium* (Jacq.) (Francisco y Hernández, 1998) y *Morus alba*, L. (Martín, García, Reyes, Hernández, González y Milera, 2000).

La morera es una leñosa forrajera, utilizada en sistemas de corte y acarreo por más de 5000 años para alimentar el gusano de seda (*Bombyx mori*), que data en Cuba desde el siglo XIX (Fernández, 1935); en la década del 30 del siglo pasado se realizaron esfuerzos para desarrollar un programa de sericultura en Cuba y con ello el cultivo de la morera; este programa, por causas aún no muy esclarecidas, no tuvo un feliz término y muchas áreas de morera que había en el país desaparecieron.

En el año 1994, con la realización del Primer Taller Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, el Ing. Jorge Evelio Benavides Grütter, investigador del CATIE de Costa Rica, presentó un trabajo sobre las potencialidades de esta planta como alimento animal. A partir de ese momento, en el marco de la colaboración desarrollada con esa institución y gracias a la contribución realizada por el MV. Leopoldo Fernández, quien aportó de su finca las semillas de cuatro variedades de la especie *M. alba*, se introdujeron en Cuba esas variedades con el objetivo de validar en nuestras condiciones los promisorios resultados demostrados por esa planta en el trópico húmedo de Costa Rica.

Se han realizado hasta la fecha investigaciones sobre aspectos agronómicos, composición bromatológica y valor nutritivo, respuesta animal y conservación en forma de harina y ensilaje, entre otros (Martín *et al.*, 2000). Además, se han llevado estas variedades a diferentes provincias del país, para evaluar su capacidad de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas.

La presente tesis, titulada “Evaluación de los factores agronómicos y sus efectos en el rendimiento y la composición bromatológica de *Morus alba* Linn.”, tuvo como **Hipótesis** de trabajo:

La variedad, la fertilización, la frecuencia de corte y la época del año son factores que influyen en la producción y la composición bromatológica de la morera; la determinación de sus efectos podría contribuir a seleccionar las mejores alternativas para su utilización.

Para corroborar esta hipótesis se propuso como **Objetivo general**:

- Determinar la influencia de los factores variedad, fertilización y frecuencia de corte, en el comportamiento productivo y en la composición bromatológica de la morera (*Morus alba* L.).

Los **Objetivos específicos** fueron:

- Determinar los efectos de la fertilización, la frecuencia de corte y la época del año, en el comportamiento agronómico y en la composición bromatológica de cuatro variedades de morera.
- Determinar las relaciones entre el rendimiento en materia seca de la biomasa de la morera y el peso verde total de plantas.



## Capítulo I. Revisión bibliográfica

### 1.1 Origen y distribución del género *Morus* (Morera) en el mundo

La morera tiene su origen en el continente asiático, al parecer proviene de China o de la India; hay evidencias de que en este continente, desde hace alrededor de 5 000 años, tuvo sus inicios la sericultura y con ella la domesticación de la morera (Ye, 2001). Los rangos climáticos para su cultivo son: temperatura de 18 a 38°C, precipitación de 600 a 2 500 mm, fotoperíodo de 9 a 13 horas/día, y humedad relativa de 65 a 80%. Se cultiva desde el nivel del mar hasta 4 000 m de altitud (Ting-Zing *et al.*, citados por Benavides, 2000).

El desarrollo de proyectos de sericultura en diferentes regiones del mundo hace que hoy en día la morera esté presente en muchos países de diferentes continentes. En Asia existe el mayor desarrollo y expansión de esta planta, al estar presente en países como China, la India y Japón con más de un millón de hectáreas; en Europa está siendo utilizada en países como Italia, Francia, España y otros no menos importantes; en América se extiende desde Estados Unidos de Norteamérica hasta Argentina, incluyendo Méjico, varios países de Centroamérica y el Caribe, Brasil y Colombia. En el norte y este de África hay también un desarrollo en el uso de la morera (Sánchez, 2002).

### 1.2 Taxonomía

La morera es una planta muy estudiada debido a la larga historia de su utilización para la alimentación del gusano de seda (*Bombyx mori* L.); varios autores han estudiado su taxonomía, pero al parecer solo ha existido un criterio común en cuanto al orden, la familia y el género, no sucediendo lo mismo con las especies y variedades.

La morera pertenece a la división *Spermatophyta*, clase Magnoliatae, subclase Hamamelidae, orden Urticales, familia *Moraceae*, género *Morus* (Diccionario Enciclopédico Espasa, 1984). Las plantas pertenecientes a esta familia pueden ser clasificadas en cuatro subfamilias, 55 géneros y alrededor de 950 especies. El género *Morus* posee 950 especies y miles de variedades (Sibuya-Ku, citado por Cifuentes y Sohn, 1998).

#### 1.2.1 Reservas de germoplasma

Existen alrededor de 68 especies del género *Morus* y la mayoría de ellas se encuentran en Asia, especialmente en China (24 especies) y en Japón (19). El continente americano es también rico en especies de este género. Está pobremente representado en África y Europa y no está presente en Australia (Datta, 2002).

En China existen más de 1 000 variedades que son cultivadas y provienen principalmente de cuatro especies: *Morus alba*, *Morus multicaulis*, *Morus bombycis* y *Morus atropurpurea*. Los científicos de China clasificaron el género *Morus* en 14 especies y una variedad. Esta clasificación fue realizada sobre la base de las características de la flor femenina relacionada con la longitud de los estilos (Huo, 2002).

En la India hay muchas especies de morera y en los montes Himalaya crecen, de forma silvestre, *M. alba*, *Morus indica*, *Morus serrata* y *Morus laevigata*. Han sido introducidas al país variedades de *M. multicaulis*, *M. alba*, *Morus tartarica* y *Morus nigra*. La mayoría de las variedades de morera en la India pertenecen a *M. indica* (Datta, 2002).

En Japón, Koidzumi (citado por Machii, Koyama y Yamanouchi, 2002) clasificó el género *Morus* en 24 especies y una subespecie. La mayoría de las variedades pertenecen a las especies *M. bombycis* Koidz, *M. alba* L. y *Morus latifolia* Poiret. El Instituto Nacional de Ciencias Agrobiológicas de Japón tiene un banco de germoplasma con más de 1 300 accesiones procedentes de Japón y otros países, mantenidas en campo e invernadero (Machii, citado por Machii, 2001).

Existe una amplia lista de rasgos morfológicos y agronómicos que caracterizan a un gran número de genotipos y especies de este género, los cuales tienen una gran importancia para el desarrollo de programas de mejoramiento genético que puedan realizarse en diferentes países y también en Japón (Machii, Koyama, Yamanouchii, Matsumoto, Kobayashi y Katagiri, 2001).

En Indonesia hay seis especies de este género: *M. alba* (variedades tartanica y macrophyla), *M. nigra*, *M. multicaulis*, *Morus australis*, *Morus cathyana* y *Morus miorovra* (Katsumata, citado por Sánchez, 2002). En Vietnam hay más de 100 variedades de *M. alba*, *M. nigra* y *M. laevigata* (Katsumata, citado por Sánchez, 2002).

En Brasil la morera fue introducida desde Asia en la época de la colonia; es una planta conocida y presente en jardines y otros lugares de campos y ciudades, que comercialmente está asociada con la sericultura. La mayoría de las variedades cultivadas pertenecen a *M. alba*. En el estado de Sao Paulo hay un activo banco de germoplasma en la Estación Experimental de Galia, perteneciente al Instituto de Zootecnia, y otras colecciones en la Universidad de Sao Paulo y en el Instituto Agronómico de Paraná. En la Estación Experimental de Galia existe un banco de germoplasma con 88 clones y variedades pertenecientes a tres colecciones. Hay poca información sobre los clones que se utilizan comercialmente; las compañías han diseminado los clones Miura y Korin que, junto a la variedad Calabreza, abarcan la gran mayoría del área cultivada (Almeida y Fonseca, 2002a).

En Italia y en países de Europa como Grecia, Francia y España, aunque no está muy claro el origen y el momento de la primera introducción de morera, es evidente que su desarrollo estuvo relacionado con la sericultura (Cappelozza, 2002).

La morera no ha sido muy estudiada en Italia, aunque hay una larga experiencia de usarla para alimentar el gusano de seda (*B. mori*); la especie más utilizada a escala comercial es *M. alba*, con muchas variedades e híbridos espontáneos. Frecuentemente la misma variedad tiene nombres locales diferentes, lo cual afecta su verdadera taxonomía. La mayor colección de morera se encuentra en la sección de sericultura del Instituto de Investigaciones de Producción Animal de Padova (Cappelozza, 2002).

Generalmente la morera es una planta diploide con 28 cromosomas ( $2n=28$ ). Sin embargo, es rica en los niveles de ploidía, ya que se han encontrado variedades triploides en *M. bombycis* y *M. cathyana* Hemsl tiene variedades tetraploides, pentaploides y hexaploides (Machii, Koyama y Yamanouchii, 2002).

En Cuba existe hasta el presente un escaso germoplasma no superior a 10 variedades, que forman parte del banco de recursos genéticos de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", las que fueron introducidas principalmente desde Costa Rica y Brasil a finales de la década de los 90 del siglo pasado. Aunque con anterioridad habían existido algunos cultivos de morera desde el siglo XIX (Fernández, 1935), no es muy fácil encontrar plantas naturalizadas en toda la isla.

Como se puede apreciar, se han realizado varios estudios y se conservan grandes colecciones de especies y variedades de este género, pero debido a la difusión que ha tenido en diferentes países por el desarrollo de la industria de la sericultura, muchas variedades se han extendido con nombres diferentes e incluso han sido clasificadas como especies diferentes. *M. alba*, cuyo centro de origen es China, ha sido extendida a la India, Europa y América. Durante este proceso algunos genotipos evaluados y seleccionados fueron clasificados y nombrados como distintos por algún rasgo morfológico diferente.

Un estudio realizado por Sharma *et al.* (citado por Machii, 2001) demuestra que genotipos provenientes de orígenes geográficos diferentes y que supuestamente pertenecen a variedades o a especies diferentes, pueden tener altos índices de relación genética.

Existe un amplio germoplasma de especies y variedades del género *Morus*, con algunos errores en la clasificación taxonómica debido a su difusión en diversos países, por tanto, en Cuba sería necesario profundizar los estudios sobre taxonomía en las variedades existentes y en las que en el futuro se puedan introducir, para evitar errores que puedan afectar los resultados de las investigaciones y de la utilización de esta planta.

### **1.3 Características botánicas de la morera**

Según describen Cifuentes y Sohn (1998), las características más importantes de las principales partes de la planta de morera son las que se explican a continuación.

#### **1.3.1 Hojas**

Es la parte más importante de la planta para la alimentación del gusano de seda y de diferentes especies de animales. Está compuesta por el pecíolo, la estípula y la lámina foliar o limbo. Su forma puede variar según la variedad y las condiciones ambientales, y pueden ser enteras o lobuladas.

Las características morfológicas de la punta, los bordes, la base y las venas de la lámina foliar varían según las variedades de morera, y su talla, grosor y color cambian y dependen de los factores externos.

#### **1.3.2 Tallos**

El tronco, los tallos y las ramas suelen llamarse, en su conjunto, tallos. Su color varía entre el verde grisáceo y el carmelita oscuro. En condiciones normales, la longitud, el tamaño y el color de las ramas de esta planta y de los entrenudos son estables y pueden ser utilizados para identificar variedades.

Pueden crecer erectos, abiertos y colgantes o pendulantes. Los tallos erectos facilitan las siembras densas y los cultivos mecanizados.

La longitud y el tamaño de las ramas de la morera dependen de la variedad, la edad de la planta, las condiciones de suelo y clima, los métodos de poda, las cantidades aplicadas de materia orgánica y el manejo.

#### **1.3.3 Raíz**

Según sea la parte de la planta que se utilice para la reproducción, puede ser pivotante (semillas) o adventicia (estacas, acodos e injertos). Su color varía desde el amarillo brillante hasta el oscuro, según la edad de la planta. Es profunda y alcanza generalmente un área de 1,5 veces el radio de su corona o parte aérea.

#### **1.3.4 Flor, fruto y semilla**

La mayoría de las flores de la morera son monosexuales y algunas bisexuales; son pequeñas y sésiles y forman un racimo alrededor de un eje, llamado amento. El sexo de las

flores depende de la variedad; algunas son monoicas y otras dioicas; tanto las flores masculinas como las femeninas se encuentran en racimos separados.

En este sentido Fonseca, Cuco y Machado (2000), al estudiar tres clones obtenidos por cruzamiento y una variedad, encontraron que en dos de los clones y en la variedad se producían solamente flores femeninas o masculinas y en uno de los clones estaban presentes ambos tipos de flores en la misma inflorescencia.

La flor estaminada o masculina tiene cuatro sépalos y cuatro anteras; el estambre está compuesto del filamento y las anteras, que poseen una gran cantidad de polen que se expande con el viento, lo cual hace que la polinización de esta planta sea anemófila.

El pistilo de la flor consta de cuatro sépalos, el ovario, el estilo y el estigma. La longitud del estilo cambia con la variedad y es una de las principales bases para la clasificación taxonómica de las especies y variedades de morera (Huo, 2002). El estigma se abre, toma forma de cuernos de vaca y segrega unas sustancias azucaradas que constituyen el lugar ideal para la germinación del polen.

Cuando se produce la inseminación del ovario, comienza su desarrollo hasta formarse el fruto o infrutescencia, denominada sorosis. Al principio esta es verde, pero en la medida que madura cambia de color pasando a rojo claro y después a más oscuro, y cuando tiene un violeta intenso indica que está maduro. En pocas variedades los frutos maduros se tornan rojos o blancos en lugar de negro violeta.

Las semillas de la morera son de color café amarillentas o amarillo brillantes, carnosas y de forma ovada. Están compuestas de una cubierta, el embrión y el endospermo. En esta parte se almacena una gran cantidad de grasa, cenizas y proteínas, las que son muy importantes para satisfacer las necesidades de la semilla y su desarrollo.

#### **1.4 Influencia de los factores ecológicos y agronómicos en el crecimiento y desarrollo de la morera**

El crecimiento y desarrollo de la morera está muy influenciado por los factores ecológicos y agronómicos. La estrecha interacción que se manifiesta entre ellos determina el comportamiento de esta planta en los diferentes ambientes.

##### **1.4.1 Factores ecológicos**

Cifuentes y Sohn (1998) describieron el efecto de los factores ecológicos en el comportamiento de la morera. A continuación se relacionan los más importantes.

#### 1.4.1.1 Luz

Esta planta crece bien en ambientes de suficiente luminosidad; es eminentemente heliófila. La iluminación adecuada contribuye a una buena producción de biomasa y calidad en sus hojas. Los gusanos de seda que se alimenten con hojas que no recibieron suficiente luz no crecen saludables.

#### 1.4.1.2 Temperatura

En días soleados con temperaturas de 30°C la tasa fotosintética es de 2 mg de MS/100 cm<sup>2</sup>/hora, en un día nublado es la mitad y en uno lluvioso el 30% (Zheng *et al.*, citados por Cifuentes y Sohn, 1998).

La temperatura es un factor de mucha influencia en el normal crecimiento de la planta, aunque este género es muy cosmopolita; cuando las temperaturas son inferiores a los 12°C, la planta reduce su crecimiento y en países muy fríos con nevadas se produce un período de latencia en las yemas.

Si las temperaturas son muy altas (mayores que 40°C) se produce un desbalance negativo entre fotosíntesis y respiración, lo cual detiene el crecimiento de las plantas.

#### 1.4.1.3 Agua

El agua es también un factor muy importante en esta planta, esencial en los procesos de transporte de nutrientes, regulación de la turgencia de las células y todos los procesos fisiológicos en general.

La planta integral de morera puede contener hasta un 60% de agua; las hojas poseen el mayor contenido, con tenores entre 70 y 80%. Se requieren 280-400 mL de agua para sintetizar 1 gramo de materia seca.

El contenido de agua en el suelo debe ser entre un 70 y 80% de su capacidad de retención de agua para lograr un buen crecimiento de la morera, lo cual puede variar según el tipo de suelo. Si hay presencia de estrés hídrico en el suelo, las plantas pueden detener su crecimiento y las yemas y hojas terminales se marchitan o se secan.

El exceso de agua en el suelo y en el ambiente de forma prolongada (por días nublados y lluviosos) y los suelos pesados, pueden afectar la absorción de nutrientes y, por tanto, la calidad nutricional de las hojas.

#### **1.4.1.4 Suelo**

La textura, la estructura, el pH y el contenido de elementos mayores y menores en el suelo, influyen en el normal crecimiento de la morera. No son adecuados los suelos muy arcillosos y pesados, ni los muy arenosos y ligeros. La composición areno arcillosa o la arcillo arenosa (textura media) son adecuadas para el normal crecimiento de esta planta.

La morera tolera niveles de pH muy variados entre 4,5 y 9, pero crece mejor en suelos neutros con pH de 6,5 a 7. Desde el punto de vista químico, la relación C-N debe ser inferior a 10, lo cual facilita la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre. El buen contenido de fósforo en el suelo facilita el crecimiento del sistema radical y la absorción de los nutrientes. Son deseables los altos contenidos de calcio (mayores que 6 meq/100 g de suelo), de magnesio (superiores a 2,5 meq/100 g de suelo) y de potasio (mayores que 0,35 meq/100 g de suelo). La capacidad de intercambio catiónico debe ser superior a 20 meq/100 g de suelo, lo cual facilitará retener los nutrientes y liberarlos lentamente para el cultivo.

#### **1.4.2 Factores agronómicos**

##### **1.4.2.1 Métodos de propagación**

La morera se puede propagar por semillas, estacas, acodos e injertos. Fuera de China, donde se realiza fundamentalmente por semilla botánica, el principal método de propagación es el vegetativo a través de estacas (Arias y Sánchez, 2002).

Es posible utilizar pequeñas microestacas con una o dos yemas, que se colocan en germinadores y cuando las plántulas alcancen una altura de alrededor de 30-50 cm y el sistema radical esté bien formado, se pueden transplantar a campo (Romero, R., comunicación personal); este método puede ser utilizado también con estacas iguales a las que se utilizan para la siembra directa.

En el Manual Técnico sobre Sericultura (Cifuentes y Sohn, 1998) aparece descrito, de forma detallada, todo lo relacionado con los métodos de propagación, siembra y trasplante de plántulas de morera a campo. Se han realizado con éxito estudios sobre métodos de propagación *in vitro*, los cuales han creado las bases para la multiplicación acelerada de variedades y ecotipos, así como para el intercambio de germoplasma (Prieto, Mesa y Cepero, 1999; Salas y Agramonte, 2002).

#### 1.4.2.2 Distancia de siembra o plantación

En cultivos de uso intensivo en la sericultura, los marcos de siembra que propicien altas densidades son más apropiados (20 a 25 000 plantas/ha, Cifuentes y Sohn, 1998). Otros autores han propuesto hileras dobles de plantas separadas entre sí a 0,60 m y calles entre las dobles hileras de 1,8-2,5 m (Lea y Lee, 2001). En Brasil Almeida y Fonseca (2002b) reportan distancias de plantación de 3 m entre hileras y 0,60 m entre plantas.

Cuando las plantaciones de morera son utilizadas para la alimentación de otras especies de animales, las distancias de siembra o plantación varían según el sistema de utilización del forraje, es decir, corte y acarreo o pastoreo ramoneo.

Las áreas destinadas a corte generalmente tienen una mayor densidad; en este sentido, las distancias más utilizadas entre plantas y surcos son de 60 x 60 cm, 90 x 90 cm y 120 x 120 cm (Boschini, Dormond y Castro, 1998; Boschini, Dormond y Castro, 1999). Uribe (2002) utilizó distancias de plantación en hileras dobles separadas a 0,50 m, con calles de 1 m.

En Cuba, siguiendo las experiencias desarrolladas en Costa Rica por Benavides (1994), se ha recomendado para la siembra de este cultivo, distancias entre hileras de 1 m y 0,40-0,50 m entre plantas. A partir de la experiencia práctica obtenida mediante los estudios agronómicos realizados por Martín *et al.* (2002), se considera que deben ser estudiadas otras densidades de plantación que permitan un mayor número de plantas por área, con vistas a evaluar sus efectos en el incremento de la producción de biomasa total y comestible.

En sistemas de pastoreo-ramoneo las distancias de plantación son mayores con vistas a lograr la asociación de esta planta con otras especies, como las gramíneas de pastoreo. En Japón, Kitahara (2001) utilizó distancias entre hileras de 3 m y entre plantas de 0,70 m para una densidad de 4 762 plantas/ha. En Cuba, en estudios recientes, se han utilizado diferentes espaciamiento entre plantas en pastoreo: 1,0 x 0,40; 2,0 x 0,40 y 3,0 x 0,40 (Medina, 2004).

#### 1.4.2.3 Fertilización

La fertilización es la base del crecimiento de *M. alba*, siempre y cuando los demás factores como el clima y el suelo sean favorables. La morera es muy exigente al N, P y K, por lo que su fertilización es imprescindible. En la sericultura cuando se usa fertilización química, se recomiendan dosis de fertilizantes nitrogenados de 350 kg/ha/año, entre 100 y 150 kg de P y 250 kg de K (Cifuentes y Sohn, 1998); la producción total de hojas no tuvo incrementos significativos al aplicar solo 100 y 150 kg de N/ha/año en cuatro variedades de morera (Patra y Shankar, 1998).



En otros estudios en América Central, Rodríguez, Arias y Quiñones (1994) emplearon varias frecuencias de corte y fertilizaciones desde 160 hasta 640 kg N/ha/año a partir de la urea. Los autores encontraron un incremento de la biomasa total en la medida que aumentaron ambos factores.

Lim, Young-Taek y Sang-Poong (1990) señalaron el incremento significativo en la producción de hojas con la combinación de abonos orgánicos y químicos. La combinación de fertilizantes químicos (NPK, 150-50-50 kg/ha/año) con abonos orgánicos incrementó los rendimientos de hojas de morera en un 11,6% (Kabir, Roy y Ray, 1991). Takahashi y Kronka (1989) evaluaron tres fertilizantes: gallinaza, 2 kg/planta (29N:3P:3K), fertilizante químico (20 g de N: 10 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 15 g de K<sub>2</sub>O) y fertilizante foliar solución 1% (14N:4P:7K), y obtuvieron la mayor producción de biomasa con la gallinaza.

En plantaciones destinadas a estudios bioquímicos y agronómicos se han empleado dosis nitrogenadas a partir de gallinaza equivalentes a 100, 300 y 500 kg de N/ha/año (García, Ojeda y Pérez, 2002). Por su parte Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) utilizaron estiércol de cabra equivalente a 240, 360 y 480 kg N/ha/año y 480 kg a partir de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

En Indonesia, al aplicar dosis de N y K en diferentes momentos, Siswanto (1994) encontró que las aplicaciones anuales de 450 kg de N/ha a partir de la urea y 150 kg de K/ha utilizando cloruro de potasio, produjeron los mejores resultados en cantidad y calidad de las hojas. Similares resultados obtuvieron Shankar y Rangaswamy (1999), en un ensayo en el que se mantuvieron fijos los niveles de P (120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y se estudiaron dos dosis de N (300 y 400 kg de N/ha/año) y tres niveles de potasio (120, 160 y 200 kg de K<sub>2</sub>O), aplicados en cinco momentos durante el año y comparados con el sistema de fertilización tradicional (300 y 120 kg de N-K<sub>2</sub>O/ha/año). En este ensayo los mayores incrementos en la producción y calidad de las hojas de la variedad de morera M<sub>5</sub>, se lograron con las dosis más altas de N y K<sub>2</sub>O (400 y 200 kg/ha/año, respectivamente).

En la India, al estudiar diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados (urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio solos y con cal, nitrato de amonio cálcico y un control), Subbaaraayappa, Gowda, Muniyappa y Manjunatha (1995) obtuvieron los mejores rendimientos con las aplicaciones de nitrato de amonio con calcio, los mayores contenidos de N en las hojas con sulfato de amonio y el nitrato de amonio cálcico incrementó los contenidos de FB, P, K y de minerales.

Sannappa, Devaiah, Govindan y Krishna Prasad (2002) estudiaron también el efecto de diferentes fuentes de N (urea, nitrato de amonio cálcico, cloruro de amonio y sulfato de amonio) en el rendimiento y la composición química de las hojas en una variedad de morera (M<sub>5</sub>); el

tratamiento con nitrato de amonio cálcico produjo los rendimientos más altos (2,4 kg MV/5 plantas) y la mejor composición química de las hojas (20,4% de PB).

La aplicación de biofertilizantes, como el *Azospirillum brasilense*, puede reducir los requerimientos de fertilizantes nitrogenados como la urea, lo cual contribuye a disminuir los costos en la morera (Das, Choudhury, Ghosh, Katiyar, Rao, Mathur, Mazamder y Madhava Rao, 1994). Las micorrizas vesículo arbusculares pueden colonizar las raíces de la morera cuando estas son inoculadas con fertilizantes fosfóricos en bajas dosis (30 kg/ha/año); sin embargo, en presencia de altas dosis de fósforo sucede todo lo contrario (Fathima, Das y Katiyar, 2000). La asociación de micorrizas vesículo arbusculares con diferentes genotipos de morera puede facilitar la absorción de nitrógeno y fósforo por las hojas de las plantas (Ambika, Das, Katiyar y Choudhury, 1994). En condiciones de vivero, las plántulas de morera inoculadas con cepas de micorrizas vesículo arbusculares crecen más saludables y tienen más contenido de N, P y K en las hojas y tallos que las no inoculadas (Das, Katiyar, Gowda, Fathima y Choudhury, 1995). Estos resultados presuponen la posibilidad de usar dichos biofertilizantes en la morera, lo cual podría contribuir a disminuir los costos de fertilización y lograr producciones de este forraje más cercanas a la agricultura ecológica.

#### 1.4.2.4 Frecuencia de poda o corte

Al igual que en los demás árboles forrajeros, el tiempo mínimo de recuperación de *M. alba* después de la poda es aproximadamente de 2 meses (Rodríguez, Arias y Quiñones, 1994; Francisco, 2002). Las principales investigaciones relacionadas con el manejo de la poda se han llevado a cabo utilizando frecuencias de corte de 45, 60, 75 y 90 días (Martín, Reyes, Hernández y Milera, 2002) y frecuencias de 60, 90 y 120 días (Martín *et al.*, 2002). Estos autores encontraron que la frecuencia de corte de 90 días fue la de mayores rendimientos de MS de biomasa comestible.

Benavides, Borel y Esnaola (1986) estudiaron el efecto de diferentes frecuencias de corte (60, 120 y 180 días) en el rendimiento de materia seca de la biomasa total y sus componentes; en este ensayo no se encontraron diferencias significativas entre 60 y 120 días, pero sí entre estas y 180 días para los diferentes componentes de la biomasa total. Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) utilizaron frecuencias de corte de 3 y 4 meses (90 y 120 días), para evaluar el efecto de estas en el contenido de proteína bruta y la digestibilidad de la materia seca en hojas y tallos tiernos de morera, y hallaron diferencias significativas en el contenido de PB en hojas a favor de la frecuencia de 120 días.

Por su parte, Rodríguez, Arias y Quiñones, (1994) emplearon 6, 9 y 12 semanas de corte y encontraron que los mayores rendimientos de biomasa total se alcanzaron con la frecuencia de corte de 12 semanas (4,6 t/ha, promedio de dos cortes); sin embargo, los porcentajes más altos de PB en la biomasa total (15,3%) y de hojas (23,3%) se obtuvieron con los cortes cada 6 semanas.

Boschini (2002a) realizó un estudio de composición química empleando 56, 84 y 112 días de frecuencia de corte. El contenido de PB fue mayor (25,6%) y significativamente diferente en la frecuencia de 56 días.

Almeida y Fonseca (2002b) dieron a conocer los resultados de varias investigaciones realizadas en Brasil para determinar los efectos de las frecuencias de corte de 45, 60, 75 y 90 días, en la composición bromatológica, el rendimiento de materia seca y de proteína bruta de hojas y tallos en diferentes épocas del año y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y de la proteína bruta. El rendimiento de MS en hojas y tallos fue mayor a los 90 días; los valores de PB variaron entre 22 y 26%, sin diferencias significativas entre 45, 60 y 75 días. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca de las hojas fue menor a los 90 días, con un valor de 79%; las frecuencias restantes alcanzaron valores entre 80 y 83%. La digestibilidad *in vitro* de la PB fue muy alta, superior al 86% en todas las frecuencias de corte.

#### **1.4.2.5 Altura de poda o corte**

Según los reportes de la literatura, la altura de corte no es un factor muy importante desde el punto de vista agronómico y no tiene gran influencia en la producción total de biomasa. En este sentido, Benavides, Borel e Esnaola (1996) no encontraron diferencias significativas en la producción de materia seca total, de hojas y tallos por planta al estudiar las alturas de corte de 0,5 y 1,0 m. La proporción hoja:tallo fue significativa, a favor de la altura de 1,0 m. Resultados muy similares fueron reportados por Martín, Reyes, Hernández y Milera (2002), quienes no hallaron diferencias en la producción de biomasa total y sus componentes al estudiar alturas de corte de 20, 30, 40, 50 y 100 cm. Estos autores tampoco encontraron diferencias entre los contenidos de PB y FB. Sin embargo, Boschini (2002a) halló diferencias significativas entre las alturas de 30 y 60 cm, a favor de esta última para la producción de biomasa total, debido a la mayor producción de hojas. Según reportes de la FAO (1988), las alturas de corte pueden variar en relación con la densidad de plantación, es decir, en las densidades altas (30 000 plantas/ha) deben emplearse alturas de corte por debajo de 70 cm para facilitar la penetración de la luz; en densidades medias (7-12 000 plantas/ha), alturas entre 70 y 170 cm; y en densidades bajas, alturas por encima de 170 cm. Estas alternativas pueden variar acorde con los sistemas de explotación a que será sometida la plantación.

#### 1.4.2.6 Plagas y enfermedades

La morera es atacada por varias plagas y enfermedades. La mayor parte de estos organismos son reportados en países que producen seda de forma tradicional. En este sentido, se destaca la incidencia de *Empoasca* sp., *Saissetia nigra* y *Tetranychus equitorius*. Entre las principales enfermedades sobresalen la llaga de la raíz (*Rosellinia* sp.), las manchas foliares (*Cercospora moricola* y *Septogloeum mori*), la roya de la hoja (*Aecidium mori*) y las manchas de fuego (*Ascochyta moricola* y *Homodendrum mori*) (Cifuentes y Sohn, 1998).

Daños ocasionados por diferentes tipos de patógenos que atacaban las hojas de las plantas de morera fueron reportados en la India (Biswas, Mandal, Teotia, Nair y Sengupta, 1995; Philip y Govindaiah, 1995). En China, Liu (1995) reportó la presencia del nemátodo *Paratylenchus dianthus*, que provocó severos daños en plantaciones de *M. alba*.

Lezcano (1999) planteó que el género *Morus* es afectado, de forma general, por enfermedades, cuyos agentes causales se clasifican en un micoplasma, una bacteria y siete hongos.

Un estudio reciente realizado por Lezcano y Alonso (2002) en Cuba, reporta la incidencia de *Cercospora mori* en variedades de morera introducidas en el país. No obstante, hasta el presente no se reportan afectaciones significativas en las plantaciones por estas causas.

### 1.5 Cualidades que acreditan a la morera como planta forrajera

Las especies y variedades que conforman el género *Morus*, en general, reúnen un grupo de cualidades que acreditan su valor como forraje.

#### 1.5.1 Producción de biomasa

Una de las características más sobresalientes de la morera es su excelente producción de biomasa por unidad de área, de la cual una alta proporción está compuesta de hojas y tallos tiernos que son totalmente comestibles por diferentes especies de animales.

La información disponible acerca de la producción de biomasa está mayormente relacionada con las hojas y, en su mayoría, expresada en base fresca, ya que es la parte utilizada para alimentar al gusano de seda (Li, 2001; Lea y Lee, 2001; Ye y Ye, 2001).

En cuanto a la producción de forraje, algunos estudios demuestran que la morera presenta altos rendimientos de MS a través de los ciclos anuales de producción. La producción de biomasa total y la de sus componentes es afectada por una serie de factores, de los cuales se destacan la densidad de siembra, la fertilización y la edad de la planta o frecuencia de corte (Ye, 2002).

La mayoría de los resultados obtenidos señalan que los factores que influyen marcadamente en el rendimiento de la morera son la densidad de siembra y la frecuencia de corte. En este sentido, Boschini, Dormond y Castro (1998) evaluaron la influencia de la distancia de siembra, la altura de corte (30 y 60 cm) y la frecuencia de defoliación en la producción de biomasa; en este ensayo alcanzaron 40 t de MS de biomasa total/ha/año y 19 t de MS de hojas/ha/año, con la menor distancia de siembra (60 cm) y la mayor frecuencia de corte (112 días). La altura no tuvo una influencia significativa en los rendimientos alcanzados.

Los intervalos de corte mayores incrementan la producción de biomasa total, pero sobre todo de tallos leñosos no comestibles que afectan la proporción hojas-tallos (Shelton y Brewbaker, 1994); de la misma manera, cuando se incrementa la densidad de plantas por unidad de área disminuye la producción por planta, pero aumenta la producción por unidad de área y con ello la proporción hojas-tallos. Estos resultados fueron confirmados por Shayo (1997) al estudiar en tierras semiáridas de Tanzania diferentes densidades de plantación e intervalos de cosecha.

Ramos, Lara, Rivera y Sanginés (2002) estudiaron el efecto de dos densidades de plantación y diferentes niveles y fuentes de nitrógeno en la producción y calidad de la biomasa total y de hojas de la morera; las producciones alcanzadas en la menor y la mayor densidad fueron de 20,3 y 25,7 t de MS/ha/año en la biomasa total y 7,4 y 9,9 t de MS/ha/año de hojas, respectivamente.

En la hacienda Lucerna, en Colombia, se alcanzaron producciones de hasta 50 t de hojas frescas/ha/año con una frecuencia de corte de 90 días (Uribe, 2002). En la India, Tikader, Roychowdhuri, Mishra y Das (1993); Datta, Sarkar, Rama Mohan Rao y Singhui (2002) y Singh y Makkar (2002), consideraron que bajo condiciones de riego y con una adecuada fertilización en el suelo, la morera puede producir de 19-45 t de hojas frescas/ha/año con muy buena calidad.

Bajo las condiciones de trópico seco de Guatemala, Rodríguez, Arias y Quiñones (1994), al utilizar tres intervalos de poda y tres niveles de fertilización nitrogenada, lograron un aumento significativo en la producción de biomasa (6,5 t MS/ha, promedio de dos cortes) con la mayor frecuencia de poda (12 semanas) al incrementar el nivel de fertilización a 80 kg de N/ha/corte.

En Tanzania, Shayo (1997) obtuvo producciones de hojas, tallos y cortezas de 8,1; 14,1 y 2,7 t de MS/ha, respectivamente. Gong, Ren y Wang (1995), en China, reportaron rendimientos de hojas, ramas y tallos de 32, 28 y 8 t de masa verde/ha.

Por otra parte Martín, Reyes, Hernández y Milera (2002), al utilizar dos alturas y tres frecuencias de corte, obtuvieron los mejores resultados para la frecuencia de 90 días (25 t MS total/ha/año); mientras que la altura de corte no fue significativa.

Con el uso de abonos orgánicos como fuente de nutrimento se han obtenido resultados alentadores en la producción de biomasa. Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) demostraron que la adición de cantidades crecientes de estiércol de cabra (expresado en kg N/ha/año), ejerció un efecto positivo importante en los rendimientos de materia seca de todos los componentes de la biomasa, ya que se lograron producciones entre 30 y 38 t de MS total/ha/año con la mayor dosis de abono orgánico (480 kg de N/ha/año).

La posibilidad de intercalar leguminosas herbáceas, arbustivas o arbóreas, así como otros cultivos para utilizar su follaje como abono verde, es una alternativa que puede estimular buenos niveles de producción de biomasa en la morera. Aunque esta labor agronómica es sugerida por varios autores, no se encontraron en la literatura consultada suficientes trabajos sobre el tema. Se destacan los realizados en CATIE, Costa Rica, por Benavides, Rodríguez y Borel (1994) y Libreros, Benavides, Kass y Pezo (1994), y en la EEPF “Indio Hatuey”, de Cuba, por Reyes, Milera y Matías (2000).

Otros factores, tales como la variedad y las condiciones edafoclimáticas, también pueden influir en la producción de biomasa. Varios estudios se han realizado en los diferentes países en los que se ha desarrollado el cultivo de la morera, con el fin de evaluar el comportamiento de diferentes especies y variedades de este género.

En el continente asiático se destacan los trabajos realizados en China, la India y Japón (Chen, 2001; Datta, 2002 y Machii, 2001, respectivamente), donde existe el germoplasma mayor de este género. De la misma manera, Cappelozza (2002) y Almeida y Fonseca (2002a) dieron a conocer los principales resultados alcanzados en Italia y en Brasil, respectivamente, en la evaluación y selección de variedades más productivas y adaptadas a diferentes condiciones edafoclimáticas.

En otros países, sobre todo del continente americano, se han realizado varios trabajos para introducir y evaluar variedades de diferentes especies de este género. En tres sitios de Costa Rica, Espinoza y Benavides (1996) reportaron rendimientos de MS total de 14,1; 22,3 y 25,4 t/ha/año para las variedades Criolla, Indonesia y Tigreada, respectivamente. Estos autores encontraron diferencias en la producción de MS total, atribuibles a factores climáticos. En Paquera, donde ocurrió un largo período de sequía, la producción promedio de todas las variedades (31,2 t MS/ha/año) duplicó la de Coronado (15,5 t de MS/ha/año) a pesar de su mejor régimen de lluvia. Esto se atribuyó a la mayor luminosidad y las mayores temperaturas en Paquera, así como a la alta nubosidad y la menor temperatura en Coronado.

En Brasil, Almeida y Fonseca (2002c) evaluaron el comportamiento de diferentes clones de morera obtenidos por cruzamiento durante 2 años y con frecuencias de corte de 9 y 13

semanas; todos los clones tuvieron buen comportamiento y se lograron los mejores rendimientos de materia seca anual con la frecuencia de corte de 13 semanas (13-20 t de MS/ha/año).

### **1.5.2 Composición bromatológica**

La morera tiene en las hojas un alto contenido de proteína bruta y de minerales; su fracción fibrosa es baja, comparada con la de otros forrajes tanto de clima templado como tropical. Los tallos tiernos no lignificados presentan un mejor potencial nutricional que el encontrado en las hojas de los pastos característicos del trópico y los de mayor edad contienen una fracción fibrosa similar, y en algunos casos inferior a la de los pastos tropicales (Machado y Seguí, 1997; Cáceres, Ojeda, González, Arece, Simón, Lamela, Milera, Iglesias, Esperance, Montejo y Soca, 2002).

El gusano de seda se alimenta de las hojas y en el estado de pupa produce un capullo o cápsula del que se extrae el hilo de seda, el cual se considera casi todo proteína (Sánchez, 2002).

Existen numerosas investigaciones en las cuales se ha determinado el contenido de PB, FB y de minerales en las hojas de esta planta como alimento único del gusano de seda; también existen reportes sobre su utilidad para la alimentación del ganado, principalmente lechero (Fernández, 1935); sin embargo, no es hasta la década de los 80 en que se prestó mayor atención en diferentes países al uso de la morera como alimento animal.

Aunque para los rumiantes puede utilizarse la planta integralmente, las hojas y los tallos tiernos han sido las partes de la planta más estudiadas con esos fines. La parte de la planta es el factor que más diferencia las concentraciones de PB y de minerales, las hojas son mucho más ricas en PB que los tallos tiernos y leñosos.

Muchos otros factores tienen una influencia marcada en el contenido de PB y de minerales en las diferentes partes de la planta de la morera. La fertilización química u orgánica (Benavides, Lachaux y Fuentes, 1994), así como la fertilización basal del suelo y el tipo de fertilizante (Ramos, Lara, Rivera y Sanginés, 2002), la época del año (González y Cáceres, 2002), la altura de corte (Martín, Reyes, Hernández y Milera, 2002), la densidad de plantación (Boschini, Dormond y Castro, 1998) y la variedad (Huo, 2002), se encuentran entre los más importantes.

La composición bromatológica de las hojas y ramas de la morera ha sido estudiada por muchos autores. Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) encontraron diferencias altamente significativas entre los contenidos de PB en hojas (20,9 y 19,2%) para las frecuencias de corte

de 90 y 120 días, respectivamente, y en tallos tiernos (8,5 y 8,1%) en las mismas frecuencias de corte. Estos autores también hallaron resultados similares en el contenido de PB de hojas (19,0-22,5%) y tallos tiernos (7,1-12,3%) fertilizados con diferentes dosis de abono orgánico en comparación con un fertilizante químico.

Espinoza y Benavides (1996), al estudiar en tres localidades de Costa Rica el contenido de PB y de minerales en las hojas de tres variedades, a las que se les aplicaron tres niveles de fertilización química, no encontró diferencias significativas en los contenidos promedio de PB entre las variedades y los niveles de fertilización, pero sí entre los sitios evaluados; el valor más alto se obtuvo en Coronado (24,8%) y el más bajo en Paquera (15,1%), este último ubicado en condiciones de trópico seco, similares a las de Cuba.

En los tallos tiernos no hubo diferencias significativas entre los niveles de fertilización, pero sí entre las variedades (Indonesia 12,4%) y los sitios (Coronado 13,9%).

En los minerales no hubo diferencias significativas; en las hojas y los tallos tiernos se obtuvieron contenidos de fósforo de 0,33 y 0,34%; potasio de 2,04 y 2,55%; calcio de 2,5 y 1,4% y magnesio de 0,5 y 0,3%, respectivamente (promedio de tres variedades y tres niveles de fertilización nitrogenada)

Singh y Makkar (2002) informaron que en la India las hojas de la morera que se utilizan para alimentar el gusano de seda pueden tener entre 15,0 y 27,6% de PB, contenidos de extracto etéreo entre 2,3 y 8,0%, fibra bruta entre 9,1 y 15,3%, minerales entre 14,3 y 22,9%, calcio entre 2,42 y 4,71%, fósforo entre 0,23 y 0,97% y potasio entre 1,66 y 3,25%.

Datta, Sarkar, Rama Mohan Rao y Singhui (2002), al estudiar las cualidades de la morera como alimento animal en la India, encontraron contenidos de PB en las hojas entre un 20 y 23% y de 12 a 18% de minerales.

En este sentido Shayo (1997) y Omar, Shayo y Udén (1998) en regiones semiáridas de Tanzania, encontraron que la PB de las hojas puede variar entre 14 y 18% y la de las ramas entre 7,8 y 8,9%; de la misma manera el contenido de minerales en las hojas estuvo entre 13,3 y 14,3% y en las ramas entre 6,1 y 6,3%.

Schmidek, Takahashi, Nuñez Medeiros y Resende (2002) reportaron valores de PB entre 21,7 y 23,6%, extracto etéreo de 2,1% y minerales entre 9,1 y 10,2% en tres clones de morera. Liu, Yao, Yan, Shi, Wang y Yu (2002) encontraron que los contenidos de PB de las hojas de la morera no tuvieron grandes variaciones entre los períodos de primavera y otoño (21,1 y 20,9%, respectivamente), pero en el otoño los valores de PB disminuyeron con el aumento de la madurez de las hojas (22,3-18,9%). Entre las variedades evaluadas en ese ensayo no hubo diferencias significativas en el contenido de PB.



En la hacienda Lucerna en Colombia, Uribe (2002) encontró en las hojas un 20% de MS y contenidos de PB de 15,8%, de FB de 11,5%, de extracto etéreo de 4,6% y 17,3% de minerales. Kitahara, Shibata y Nishida (2002) obtuvieron niveles de 25,8 y 12,1% de PB y 11,8 y 8,8% de minerales en las hojas y ramas de la morera, respectivamente.

Ramos, Lara, Rivera y Sanginés (2002), al estudiar el efecto de diferentes niveles y fuentes de nitrógeno sobre la calidad de las hojas de morera, encontraron contenidos de 12,6; 14,4; 15,1 y 16,7% de PB para aplicaciones de 0, 150, 300 y 450 kg de N/ha/año, respectivamente. El contenido promedio de Ca fue de 4,3% y en todos los tratamientos fue superior al control sin fertilización, pero los niveles de N aplicado no tuvieron una marcada influencia en los contenidos de este elemento. En este ensayo la concentración de P en las hojas fue afectada por la interacción densidad por nivel de N y los contenidos de Mg y K fueron significativamente afectados por el tipo y el nivel de fertilizante nitrogenado.

La morera posee una composición aminoácida adecuada, de esta el 45,3% son aminoácidos esenciales (Sánchez, 2002). Lea y Lee (2001) plantearon que la morera es rica en ácido glutámico y ácido aspártico, entre otros varios aminoácidos. Ye y Ye (2001) reportaron en nueve variedades de morera cultivadas en otoño en Hubei, provincia de China, contenidos de aminoácidos entre 17,05 y 22,93 g/100 g de MS. Estos autores, al comparar los contenidos de aminoácidos de las hojas de un amplio germoplasma de morera con la harina de soya, encontraron que un 12,38 y 34,4% del contenido de PB de las hojas de la morera y de la harina de soya, respectivamente, son aminoácidos.

Esta planta presenta otros importantes componentes, como vitaminas, en apreciables cantidades, sobre todo de los grupos B y C, entre los que se destacan los ácidos nicotínico y pantoténico, la riboflavina (Lea y Lee, 2001) y el ácido ascórbico (0,3%) (Singh y Makkar, 2002).

### 1.5.3 Valor nutritivo

Su valor nutritivo ha sido estudiado mediante todas las técnicas de digestibilidad y degradabilidad disponibles en el mundo (García, 2003). Jegou, Waelput y Brunschwig (1994), en un experimento *in vivo* utilizando cabras, demostraron que las hojas tuvieron una digestibilidad superior al 78%. Rodríguez, Arias y Quiñones (1994) reportaron valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca de biomasa total, de hojas y de tallos tiernos, superiores a 60, 90 y 40%, respectivamente.

Por otra parte, en los estudios desarrollados por González, Delgado y Cáceres (1998), empleando bolsas de nailon, la degradabilidad ruminal de las hojas y los tallos tiernos fue superior al 80% a las 48 horas, lo que demuestra la alta digestibilidad de este forraje.

Schmidek, Takahashi, Nuñez de Medeiros y Resende (2002) observaron degradaciones de la MS, la PB y la FND de 93,3; 97,0 y 84,9%, respectivamente.

Mediante la técnica de producción de gases Yan, Liu y Yao (2001) llegaron a la conclusión que el estado de maduración de la hoja, así como el período del año, influían en la cantidad de gas producido; mientras que Makkar y Becker (1998) demostraron que las hojas jóvenes presentaban un potencial doblemente superior de producción de gases (60,6 mL/200 mg) al compararlas con las hojas maduras.

Benavides (2002) planteó que las variedades, los niveles de fertilización y las frecuencias de corte no tuvieron una influencia notable en los porcentajes de digestibilidad *in vitro* de la materia seca. En todos los casos estos fueron superiores al 70% en las hojas y muy cercanos al 60% en los tallos tiernos.

## **1.6 Utilización de la morera para la alimentación animal**

La utilización de esta planta para la alimentación animal como uso principal es mucho más reciente; en los países asiáticos era práctica de muchos agricultores utilizar las hojas residuales de la morera y las excretas del gusano para alimentar algunas especies de animales (Sánchez, 2002).

Sánchez (2002) consideró que el interés en el cultivo y la utilización de la morera como alimento animal se puede resumir en tres casos: la decadencia en Japón de la producción de seda debido a la competencia de otros países (Kitahara, Shibata y Nishida, 2002; Machii, 2002); la idea de introducir la morera como fuente de alimento de pequeños rumiantes y otras especies de animales en las condiciones del mediterráneo, en Francia (Armand y Meuret, 1995) y en Italia (Bonciarelli y Satilochi, 1980; Talamucci, Pardini y Argenti, 2002; Ceretti, Rossini y Francia, 2002); y el creciente interés de América Latina por el uso intensivo de esta planta para alimentar diferentes especies de animales (Benavides, 1994; 2000). En Tanzania y Kenya ha sido utilizada como parte de dietas para alimentar animales y se han realizado investigaciones sobre valor nutritivo de esta planta (Shayo, 1997).

En los sistemas de producción animal la morera puede ser incorporada en dos formas principales: sistemas de corte y acarreo y sistemas de pastoreo ramoneo. En este sentido, se destacan los trabajos realizados primeramente por la unidad de árboles forrajeros del CATIE en Costa Rica y más tarde por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" de Matanzas, Cuba.

### **1.6.1 Sistemas de corte y acarreo**

Los sistemas de corte y acarreo han sido los más utilizados. Oviedo (1995) y Esquivel, Benavides, Hernández, Vasconcelos, González y Espinoza (1996) utilizaron el forraje de morera como suplemento de vacas lecheras en sustitución del concentrado y demostraron que la morera puede sustituir hasta el 75% del concentrado sin afectar de forma significativa la producción de leche.

Casanova, Carranzas, Caballeros, Novoa y Valera (2002) determinaron un incremento de hasta 2 kg de leche/animal/día cuando utilizaron la morera como suplemento al 0,2% del PV base seca en vacas lecheras mestizas de Holstein.

Rojas, Benavides y Fuentes (1994) demostraron que cabras lecheras suplementadas con forraje de morera (2,6% del peso vivo), incrementaron su producción de leche en 0,5 kg/animal/día.

Oviedo, Benavides y Vallejo (1994) obtuvieron durante tres años, en un módulo agroforestal con cabras lecheras alimentadas solo con morera (3% PV base seca) y king grass, producciones por animal promedio en el período de 3 kg/animal/día y lactancia de 300 días con 900 kg de leche. Durante el tercer año el módulo de dos cabras produjo 5 kg de leche/día y 16 500 kg de leche/ha/año, con una relación costo-beneficio positiva durante los tres años.

En ovinos barriga negra, al utilizar una suplementación con forraje verde de morera de 0; 0,5; 1,0 y 1,5% del PV (base seca) se alcanzaron ganancias crecientes de peso vivo: 60, 75, 85 y 101 g/animal/día, respectivamente (Benavides, 1986).

La sustitución parcial del concentrado por morera fresca, ofrecido como suplemento, mejoró significativamente las ganancias de peso en corderos en crecimiento (Ríos, Rondón y Combellas, 2000). En ovinos mestizos Pelibuey, Vargas, Franco, Suárez, Quiñones, Ríos, Artilles y Rodríguez (2002) encontraron ganancias de hasta 132 g/animal/día, en dietas de morera como suplemento al 1,8% del PV en base seca.

Pacheco, Lara y Sanginés (2002) hallaron ganancias crecientes de peso vivo en ovinos de pelo, suplementados con niveles crecientes de morera de 0, 25, 50, 75 y 100% de la dieta control (forraje fresco y 560 g de concentrado/animal/día). Todos los tratamientos con inclusión de morera como suplemento superaron al control, con diferencias significativas después de un 50% de inclusión; el tratamiento de 100% de la dieta con morera llegó a producir ganancias de 194 g/animal/día.

Al suplementar terneras de la raza Siboney con forraje de morera en sustitución del concentrado, García (2002) encontró que el forraje verde de morera (2,8% PV en base seca)

sustituyó una parte del concentrado y se obtuvieron ganancias de 612 g/animal/día, superiores en 60 g/animal/día a las del grupo control.

Cuando se suplementaron bovinos de la raza romosinuana con ensilaje de morera al 0; 0,8; 1,7 y 2,5%, en una dieta base de pasto elefante, se obtuvieron ganancias de peso vivo de 117, 404, 490 y 601 g/animal/día, respectivamente.

En terneras Jersey destetadas a los 90 días se alcanzaron pesos superiores a los 120 kg a la edad de 165 días, al ofertar *ad libitum* morera fresca y picada, en combinación con concentrado comercial a razón de 1,0 kg/animal/día; se observó un nivel de consumo máximo de 1,8% del peso vivo (Jiménez, Aguirre, Ibrahim y Pezo, 1998).

Las investigaciones realizadas con diferentes especies de animales en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" de Cuba, permitieron obtener producciones de leche en cabras criollas y de alto potencial genético lechero entre 1,5 y 2,5 kg de leche/animal/día (González, Ortega, Cáceres y Arece, 1999). En vacas de mediano potencial lechero (mestizas Holstein x Cebú) se alcanzaron entre 10 y 12 kg de leche/animal/día (Milera, Martín, Sánchez, Hernández y Fernández, 1999). En estos trabajos la morera siempre se utilizó como suplemento a una dieta a base de pastos y sin concentrados. De la misma manera la ganancia de peso vivo en especies menores (caprinos y ovinos) en crecimiento se comportó entre 80 y 105 g/animal/día (González *et al.*, 1999; González, Arece y Cáceres, 2000). En bovinos en crecimiento se alcanzaron ganancias entre 700 y 750 g/animal/día (Milera *et al.*, 1999).

La morera ha mostrado un alto potencial como alimento en otras especies; en este sentido, García, Mederos, Salinas y Reyes (2002) pudieron sustituir hasta el 50% de la dieta de conejos destetados a los 45 días por pellets de harina de hojas de morera, sin afectar las ganancias medias diarias en relación con la dieta control (concentrado de conejo peletizado y forraje a voluntad). En la dieta de 50 g de concentrado y 50 g/animal/día de harina de hojas de morera, las ganancias fueron de 21 g/animal/día y se alcanzó el peso de sacrificio a los 92 días.

Leiva, López y Quiñonez (2002) informaron que es posible utilizar la harina de hojas de morera para sustituir hasta un 14% la fuente proteica que aporta la levadura torula en una dieta para cerdos preceba. Phiny, Preston y Ly (2003) consideraron que las hojas de morera pueden ser incluidas como principal fuente de proteínas en las dietas de cerdos jóvenes; no obstante, plantearon que son necesarios otros estudios para precisar los patrones de digestibilidad de la morera en cerdos, así como el balance de aminoácidos en dietas basadas en arroz y hojas de morera como principales alimentos. También puede ser utilizada en otros animales domésticos, como cuyes (Albert y Contreras, 2002) y aves de corral (Machii, 2002).

### 1.6.2 Sistemas de pastoreo-ramoneo

Recientemente se ha estado evaluando su potencial como planta de ramoneo en asociación con pastos; algunos resultados, aunque preliminares, son promisorios. Los primeros intentos de incorporar la morera dentro de los sistemas de pastoreo se iniciaron en Italia (Talamucci y Pardini, 1993; Talamucci, Pardini y Argenti, 2002), donde se estableció una asociación de morera con *Trifolium subterraneum* con el fin de evaluar y comparar el efecto del pastoreo de ovinos, bovinos y bovinos más ovinos en la producción y consumo de la asociación.

En Japón, además de los trabajos donde se ha evaluado el efecto de las variedades de morera y la época de pastoreo en la digestibilidad de la MS (Ezenwa y Kitahara (2001), se han obtenido resultados interesantes relacionados con los sistemas asociados; en este sentido Kitahara, Shibata, Kawano, Takahashi y Nishida (2002) y Kitahara, Shibata, Takahashi y Nishida (2002), en estudios de más de tres años, han combinado a *M. alba* en pastoreo con cinco especies de pastos templados; los autores recomendaron este sistema como una alternativa en la obtención de cantidades apreciables de biomasa con buena calidad nutritiva para zonas templadas.

Aunque la mejor característica de esta combinación radica en los incrementos progresivos en la producción de MS, comparada con los sistemas puros (Kitahara, Shibata, Takahashi y Nishida, 2002), la disminución abrupta en los porcentajes de supervivencia (39-56% después de cuatro años) con marcos estrechos de siembra, fue el principal inconveniente en el empleo de la especie al introducir bovinos (Kitahara, Shibata, Kawano, Takahashi y Nishida, 2002).

Resultados similares son reportados en Cuba, al estudiar el comportamiento de *M. alba* variedad Tigreada, asociada con *Panicum maximum* Jacq., utilizando tres de distancias entre hileras y tres alturas de pastoreo (Medina, 2004). En este ensayo, en la distancia entre hileras de 1 m y la altura de pastoreo de 0,10 m, la supervivencia de las plantas de morera fue muy afectada; en las restantes se logró buena supervivencia y aceptable disponibilidad de la arbórea. Es necesario, en estas condiciones, profundizar en los estudios sobre marcos de plantación y todo lo relacionado con las necesidades de fertilización.

### 1.7 Otros posibles usos de la morera

Después de la decadencia de la industria de la seda, el uso de la morera se ha diversificado vertiginosamente. Dada su elevada adaptabilidad y grado de selección, se reportan más de una decena de usos en el mundo, y en la actualidad más de 42 países la utilizan de una u otra forma (García, 2003).

La morera puede ser usada además como planta ornamental en jardinería y paisajismo; el fruto se utiliza como fruta fresca y en jaleas y vinos; los árboles pueden emplearse para mejorar los ecosistemas (Sánchez, 2002) y para el control de la erosión, especialmente en áreas con grandes pendientes (Pizarro, Ramos y Almeida, 1997). La madera de los troncos se utiliza como leña, en ebanistería y en construcción, y las ramas pueden emplearse en la elaboración de cestos o canastas; la corteza puede ser usada para la producción de papel (Ye, 2001).

En Japón la pulpa de la madera se utiliza también para la fabricación de papel y las ramas secas para la producción de hongos comestibles y medicinales (Machii, Koyama y Yamanouchi, 2002).

En algunas zonas de Tailandia, las hojas y los brotes tiernos son consumidos como vegetales; su abundante fructificación permite mantener la biodiversidad animal, especialmente de aves y mamíferos (Sánchez, 2002).

Su uso como medicina es muy antiguo, debido a la gran actividad biológica de los metabolitos secundarios presentes en las raíces y en las hojas de las plantas, las cuales actúan sobre los contenidos de azúcar y grasa en sangre, la presión sanguínea y otras enfermedades degenerativas del sistema nervioso (Machii, 2001; Zhu y Lu, 2001; Huo, 2002).

La biomasa de la morera es apropiada para el desarrollo de sistemas integrados, en los cuales pueden utilizarse las hojas para alimentar el gusano de seda, las ramas finas para producir hongos comestibles y medicinales, las hojas y otros residuales no utilizados para la producción de gas en biodigestores y los efluentes líquidos de estos pueden usarse como fertilizantes (Satiya, Mira, Sharma y Madan, 1994).

## Capítulo II. Metodología experimental

### 2.1 Sitio experimental

Los ensayos experimentales de la tesis fueron realizados en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", situada entre los 22°, 48' y 7" de latitud Norte y los 81° y 2' de longitud Oeste, a 19,01 msnm, en el municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba.

#### 2.1.1 Suelo

El suelo del área experimental está clasificado como Ferralítico Rojo lixiviado (Hernández y col., 1999).

Para conocer las características químicas del suelo en el área experimental, se realizaron dos muestreos al inicio y al final del período experimental, cuyos resultados se muestran en la tabla 1. Los diferentes indicadores se determinaron por los siguientes métodos: pH (potenciométrico), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O (Oniani), los cationes Ca, Mg, Na y K (Complexometría) y materia orgánica (Walkley-Black). Antes de la plantación del experimento se hizo un análisis de suelo, que aparece reflejado en la tabla 1 como testigo.

Tabla 1. Características químicas del suelo.

Fertilización/ frecuencia de corte	Momento de muestreo	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O*	Ca**	Mg**	K**	Na**	MO (%)
100-60	Inicio	5,8	5,5	9,2	21,5	3,0	0,46	0,07	3,25
	Final	6,1	11,2	11,8	25,1	2,9	0,40	0,21	2,19
100-90	Inicio	5,6	7,0	9,0	19,4	1,1	0,35	0,10	3,28
	Final	5,7	14,2	11,8	26,2	3,6	0,30	0,20	2,90
100-120	Inicio	5,9	9,4	8,2	21,0	4,1	0,43	0,03	3,30
	Final	6,0	11	10,8	20,7	4,7	0,26	0,20	2,94
300-60	Inicio	5,9	14,2	10,4	23,3	3,6	0,71	0,02	3,42
	Final	6,1	22,4	15,4	26,9	3,3	0,43	0,25	2,60
300-90	Inicio	6,3	21,2	20,8	20,6	2,5	0,65	0,10	3,31
	Final	6,2	18,8	17,8	20,6	3,0	0,38	0,20	2,42
300-120	Inicio	5,9	16,5	13,0	20,1	4,4	0,48	0,05	3,55
	Final	6,2	26,4	15,0	27,0	3,2	0,31	0,21	2,60
500-60	Inicio	6,1	15,3	18,3	21,4	3,7	0,69	0,08	3,17
	Final	6,2	18,8	18,1	29,3	3,2	0,51	0,25	2,45
500-90	Inicio	5,8	11,0	9,1	23,2	2,5	0,54	0,06	3,21
	Final	6,2	24,7	18,0	24,3	4,1	0,36	0,25	2,89
500-120	Inicio	6,1	17,7	14,3	20,0	4,2	0,63	0,15	3,47
	Final	6,3	20,6	12,1	27,8	3,5	0,35	0,25	2,53
Testigo	Inicio	6,0	5,5	13,4	19,9	3,6	0,53	0,03	3,17

\* Expresado en 100 mg/100 g

\*\* expresado en 100 meq/100 g

## 2.1.2 Clima

El comportamiento de las variables climáticas más importantes (tabla 2) fue tomado de los registros mensuales de la estación meteorológica ubicada en áreas de la EEPF “Indio Hatuey”.

Tabla 2. Comportamiento de las variables climáticas durante los 4 años y el promedio de los últimos 15 años.

Año	Época	Precipitación (mm)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa (%)
1	PLL	1 428,8	19,9	25,4	32,0	86,2
	PPLL	182,0	14,8	21,8	29,5	79,3
2	PLL	814,0	20,4	25,3	31,9	83,5
	PPLL	289,7	16,0	22,1	28,9	80,2
3	PLL	1 349,1	21,1	25,2	32,8	83,2
	PPLL	415,8	16,5	22,7	29,9	78,7
4	PLL	1 274,3	-	25,6	-	84,2
	PPLL	600,0	16,2	22,5	-	71,7
*	PLL	1 216,6	20,5	25,4	32,2	84,3
	PPLL	371,9	15,8	22,3	29,4	77,5
**	PLL	1 035,5	20,7	26,0	32,1	83,1
	PPLL	263,9	16,0	22,1	29,7	80,8

\* Promedio de las variables climáticas en los 4 años del período experimental

\*\* Promedio de las variables climáticas en los últimos 15 años

## 2.2 Diseño experimental y tratamientos

Para el montaje del experimento se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial. Se incluyeron tres factores (variedad, fertilización y frecuencia de corte), los que originaron un total de 36 tratamientos replicados cuatro veces, es decir, 144 parcelas (área equivalente a 3 686,4 m<sup>2</sup>). Las variedades estudiadas fueron: Indonesia, Cubana, Acorazonada y Tigreada. Se emplearon tres niveles de fertilización con gallinaza en base al nitrógeno (100, 300 y 500 kg de N/ha/año) y tres frecuencias de corte (60, 90 y 120 días).

### 2.2.1 Parcela experimental

La parcela experimental abarcó un área de 25,6 m<sup>2</sup>; en ella se sembraron 64 plantas separadas entre sí a una distancia de 1 m entre hileras y 0,4 m entre plantas, lo que es equivalente a una densidad de 25 000 plantas/ha. Se utilizaron en la parcela neta 36 plantas



(14,40 m<sup>2</sup>) enmarcadas en el recuadro de la figura 1 y como plantas para el muestreo las marcadas dentro de esa figura (Benavides, Lachaux y Fuentes, 1994).

X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X

Fig. 1. Parcela experimental.

### 2.2.2 Fertilización con gallinaza

El fertilizante utilizado fue la gallinaza, producto disponible en las granjas de gallinas ponedoras en jaulas. Su composición bromatológica se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Composición bromatológica promedio (%) de la gallinaza en el período lluvioso por año.

Año	MS (± ES)	N (± ES)	Ca (± ES)	P (± ES)	K (± ES)
1	82,00 (±2.18)	3,76 (±0.38)	7,20 (±0.29)	1,41 (±0.17)	3,21 (±0.22)
2	78,00 (±2.32)	2,92 (±0.07)	8,16 (±0.27)	1,25 (±0.18)	3,08 (±0.15)
3	82,00 (±2.21)	2,17 (±0.08)	6,93 (±0.39)	0,23 (±0.13)	1,33 (±0.39)
4	94,00 (±2.34)	1,57 (±0.09)	9,01 (±0.53)	0,49 (±0.10)	1,72 (±0.16)

La fertilización con gallinaza se hizo en cada uno de los cortes realizados durante el período lluvioso en los cuatro años, y las cantidades aplicadas en cada corte estuvieron determinadas por las dosis de nitrógeno en estudio y el contenido de este elemento en la gallinaza. Se realizaron dos determinaciones de N en los períodos lluviosos (tabla 3), para ajustar las cantidades de gallinaza que se aplicaron en el momento de la fertilización.

### 2.3 Plantación y establecimiento

Los propágulos utilizados para la plantación fueron tomados del banco de semillas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”; estos provenían de las partes lignificadas de los tallos con una edad entre 8 y 10 meses de rebrote. Las estacas o propágulos

tenían una longitud de 25 a 30 cm y de tres a cinco yemas; el diámetro promedio de las estacas fue de, aproximadamente, 1 cm. La plantación se realizó en surcos orientados de Este a Oeste, para evitar la proyección de sombra entre surcos durante el recorrido del sol. La preparación del suelo fue tradicional.

El establecimiento transcurrió entre los meses de mayo de 1998 y abril de 1999. Para ello se realizaron cuatro labores de limpieza manual y una fertilización inicial posterior al primer mes después de la plantación, con una dosis de cachaza (base fresca) equivalente a 30 t/ha (26,8% MS; 9,0% PB; 26,1% FB; 0,6% Ca; 0,9% P); en ese momento ya se había logrado un brote total de los propágulos en cada una de las parcelas experimentales.

## **2.4 Período experimental**

El período experimental fue de 4 años y se enmarcó desde mayo de 1999 hasta mayo del 2003. Las evaluaciones en cada uno de los tratamientos se iniciaron a partir de mayo de 1999, cuando se realizó el corte de establecimiento, y abarcaron dos períodos climáticos: lluvioso (junio-noviembre) y poco lluvioso (diciembre-mayo).

## **2.5 Mediciones realizadas**

En cada una de las parcelas experimentales se seleccionaron cinco plantas, las que fueron utilizadas durante los 4 años para realizar los estudios de la biomasa total y la de sus componentes (hojas, tallos tiernos y leñosos), así como para tomar las muestras de cada uno de ellos con el fin de realizar los estudios de composición bromatológica, la que fue estudiada en el primer año y en el cuarto año del período experimental.

Según las frecuencias de corte establecidas, cada 60, 90 y 120 días se efectuaron cortes en las parcelas de cada uno de estos tratamientos, lo cual originó seis, cuatro y tres cortes por año (tabla 4) en las diferentes frecuencias, respectivamente.

En el caso de las frecuencias de 60 y 90 días, los cortes estuvieron bien repartidos en los períodos lluvioso y poco lluvioso, tres para la de 60 días y dos para la de 90 días; por ello solo se tomaron estas frecuencias para realizar el análisis del efecto de la época del año en el comportamiento de las variables estudiadas.

En la frecuencia de corte de 120 días, los cortes 1 y 3 estuvieron bien definidos en los períodos lluviosos y poco lluviosos, pero el corte 2 tuvo períodos de ambas épocas; por tanto, no fue posible incluirlo en el estudio de las épocas.

Los cortes se realizaron con tijeras de podar a la altura de 0,5 m del suelo, primero en las plantas del borde que no eran objeto de medición, después en las cinco plantas marcadas y,

por último, en las plantas restantes de la parcela, es decir, de 36 plantas objeto de estudio, 31 se cortaron y se pesó su biomasa total y en las cinco previamente marcadas se realizaron las mediciones individuales: peso total, de las hojas, del tallo leñoso y por diferencia el del tallo tierno.

Tabla 4. Distribución de los cortes en los meses del año.

Época	Mes	Frecuencia de corte		
		60 días	90 días	120 días
Período lluvioso (PLL)	Junio			
	Julio	x		
	Agosto		x	
	Septiembre	x		x
	Octubre			
Período poco lluvioso (PPLL)	Noviembre	x	x	
	Diciembre			
	Enero	x		x
	Febrero		x	
	Marzo	x		
	Abril			
	Mayo	x	x	x

De cada componente de la biomasa se tomó una muestra de aproximadamente 300 g (base verde) y se envió al laboratorio para realizar las determinaciones de contenido de materia seca. A las hojas y los tallos tiernos se les determinó, además, los de contenido de fibra bruta, proteína bruta, calcio, fósforo, potasio y ceniza (AOAC, 1990).

Las determinaciones de peso total, de hojas, de tallos tiernos y de tallos leñosos realizadas en las cinco plantas, permitieron estimar las proporciones de estos componentes en la biomasa total de cada una de las plantas y como promedio de las cinco plantas. A partir de estas proporciones y de la biomasa total de la parcela experimental neta (31 + 5 plantas), se determinó el rendimiento (base verde) total, el de hojas, el de tallos tiernos y el de tallos leñosos.

A partir de los contenidos de materia seca de cada componente de la biomasa total, se determinaron los rendimientos de materia seca de hojas, de tallos tiernos y de tallos leñosos. La suma de los tres permitió conocer el rendimiento de materia seca total y la suma de los rendimientos de materia seca de hojas y tallos tiernos conformaron los rendimientos de materia

seca de biomasa comestible de la parcela neta. El rendimiento de materia seca de la parcela neta (kg de MS/parcela) se expresó en t de MS/ha/año.

Con los porcentajes de proteína bruta y los rendimientos de materia seca de hojas y tallos tiernos, se estimaron los rendimientos de proteína bruta de las hojas y tallos tiernos; la suma de cada uno de ellos permitió estimar los rendimientos de proteína bruta de la biomasa comestible en cada tratamiento.

## 2.5.1 Variables medidas

### 2.5.1.1 Variables de rendimiento (t de MS/ha/año)

- Rendimiento de materia seca de hojas	RMSH
- Rendimiento de materia seca de tallos tiernos	RMSTT
- Rendimiento de materia seca de la biomasa comestible	RMSBC
- Rendimiento de materia seca de tallos leñosos	RMSTL
- Rendimiento de materia seca de la biomasa total	RMSBT
- Rendimiento de proteína bruta en hojas y tallos tiernos	RPBH y RPBT
- Rendimiento de proteína bruta de biomasa comestible	RPBBC

### 2.5.1.2 Indicadores de la composición bromatológica (%)

- Materia seca de hojas	MSH
- Materia seca de tallos tiernos	MSTT
- Materia seca de tallos leñosos	MSTL
- Fibra bruta en hojas y tallos tiernos	FBH y FBTT
- Proteína bruta en hojas y tallos tiernos	PBH y PBTT
- Calcio en hojas y tallos tiernos	CaH y CaTT
- Fósforo en hojas y tallos tiernos	PH y PTT
- Potasio en hojas y tallos tiernos	KH y KTT
- Ceniza en hojas y tallos tiernos	CenH y CenTT

## 2.6 Análisis estadísticos

Para la interpretación de los resultados en las variables agronómicas, los factores principales fueron: variedad, fertilización y frecuencia de corte, y los años se consideraron una réplica en el tiempo. Al analizar la época, esta se consideró como un factor principal adicional para determinar su efecto en el comportamiento de estas variables; en este caso los años también fueron réplicas en el tiempo.

Los indicadores de la composición bromatológica se analizaron por separado en el primer año y en el cuarto año del período experimental. Se determinó el efecto de los factores principales anualmente y se incluyó la época como un factor adicional para analizar su efecto en el comportamiento de estas variables en ambos años.

Para el procesamiento de los resultados experimentales, se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), versión 8.0 (1999). Se realizaron análisis de varianza para conocer el comportamiento de los factores estudiados y las interacciones entre estos para cada una de las variables. La comparación de las medias se hizo mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan (1955).

Se aplicó el modelo de regresión lineal para determinar las ecuaciones que permitieran conocer el comportamiento del RMSH, RMSBC y el RMSBT (variables dependientes) a partir del peso verde total de las plantas por réplica en cada uno de los tratamientos (variable independiente). Para ello se tomaron los valores de estas variables, teniendo en cuenta las frecuencias de corte durante los cuatro años, lo que permitió definir ecuaciones por variable para cada una de las frecuencias de corte y para el conjunto de ellas.

Las regresiones se obtuvieron utilizando el paquete estadístico SPSS, versión 10.0. Se tuvieron en cuenta los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) y el análisis de los residuos para determinar el valor estimativo de las ecuaciones desarrolladas. Se adoptaron como válidas aquellas que presentaban el mejor ajuste de  $r^2$  y el comportamiento de los residuos, dentro de ellas las de menor complejidad matemática. En cada una de las ecuaciones se utilizaron 2 419 pares de datos.

### Capítulo III. Resultados y Discusión

#### 3.1 Comportamiento de las variables agronómicas según los efectos de los factores variedad, fertilización, frecuencia de corte y época, durante cuatro años

Para el análisis de los resultados se consideraron en cada una de las variables agronómicas, las interacciones de mayor orden que fueron significativas.

##### 3.1.1 Rendimiento de materia seca de las hojas

Al analizar las interacciones entre los factores y su influencia en el comportamiento del RMSH, se encontró que fue significativa ( $P < 0,001$ ) la interacción C x E x A.

En esta interacción (fig. 2) se observan las diferencias entre las épocas lluviosas y poco lluviosas en el RMSH. En ambas épocas, en los años 2, 3 y 4 hubo un comportamiento inferior en esta variable con respecto al primer año, lo cual puede ser explicado por el vigor juvenil de las plantas forrajeras al inicio del período de explotación (Machado y Seguí, 1997).

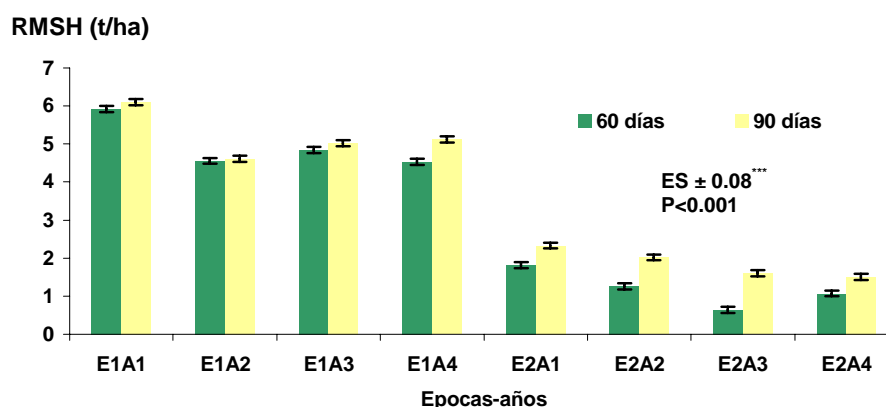


Fig. 2. Influencia de la interacción frecuencia de corte-época-año en el rendimiento de materia seca de hojas de morera.

En el período lluvioso las frecuencias de corte de 60 y 90 días presentaron similares resultados en el RMSH en todos los años estudiados. En el período poco lluvioso, la producción de hojas en esta interacción fue algo superior, en la frecuencia de 90 días. Esto hace suponer que en el período lluvioso puede emplearse la frecuencia de 60 días, la cual aporta RMSH similares a la de 90 días pero con una calidad superior, ya que el follaje posee un mayor contenido de PB (tabla 11), lo cual sería una opción para la elaboración de harinas con alto valor proteico. En el período poco lluvioso lo adecuado es usar 90 días como frecuencia de corte, ya que el RMSH es mayor y el contenido de PB para esta frecuencia de corte en esta época es mayor que en la lluviosa (tabla 11).

En esta variable fue también significativa ( $P < 0,001$ ), la interacción  $V \times C$ , por la importancia que tiene conocer el comportamiento de las variedades estudiadas ante las diferentes frecuencias de corte, se consideró importante valorar esta interacción.

En la tabla 5 se puede apreciar que todas las variedades, según las frecuencias de corte utilizadas, contribuyeron a lograr las mayores producciones de hojas. Indonesia con la frecuencia de 90 días obtuvo el valor numérico más alto (7,45 t de MS/ha/año), Cubana y Tigreada con las de 90 y 120 días lograron RMSH desde 6,94 hasta 7,34 t de MS/ha/año y Acorazonada a los 120 días produjo 7,06 t de MS/ha/año, aunque en esta variedad no hubo diferencias para esta variable entre las frecuencias de corte utilizadas. Los rendimientos más bajos se obtuvieron en la variedad Cubana en la frecuencia de 60 días (5,74 t de MS/ha/año), pero estos no difirieron de los obtenidos por Indonesia y Tigreada en la misma frecuencia de corte (6,29 y 6,08 t de MS/ha/año, respectivamente).

Tabla 5. Efecto de la interacción variedad-frecuencia de corte (días) en el rendimiento de materia seca de las hojas (t/ha/año) de diferentes variedades de morera en Cuba.

Frecuencia	Variedad				ES $\pm$
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
60	6,29 <sup>cde</sup>	5,74 <sup>e</sup>	6,5 <sup>bcd</sup>	6,08 <sup>de</sup>	0,13 <sup>***</sup>
90	7,45 <sup>a</sup>	6,94 <sup>abc</sup>	6,57 <sup>bcd</sup>	7,34 <sup>a</sup>	
120	6,59 <sup>bcd</sup>	7,01 <sup>abc</sup>	7,06 <sup>ab</sup>	7,23 <sup>ab</sup>	

a,b,c,d,e Valores con diferentes superíndices difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

\*\*\*  $P < 0,001$

Este resultado indica que existen diferencias en el comportamiento de las variedades ante las frecuencias de corte utilizadas, lo cual puede ser explicado por las características de cada variedad, entre otros factores. En la literatura consultada no hay estudios donde se reflejen estas interacciones, pero sí el efecto de los factores principales por separado.

Benavides, Borel y Esnaola (1986), en condiciones de trópico húmedo, no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de materia seca de hojas entre las frecuencias de corte de 60 y 120 días, pero sí entre estas y 180 días, el cual fue menor en esta última. Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) no hallaron diferencias significativas en el RMSH entre las frecuencias de corte de 90 y 120 días. Sobre un suelo volcánico a 1 542 msnm, con una precipitación de 2 050 mm y temperatura promedio de 19,5°C, Boschini (2002b) encontró mayores rendimientos de hojas con el incremento de la frecuencia de corte de 56 a 112 días.

Los resultados de este ensayo durante cuatro años indican que para obtener la mayor producción de materia seca de hojas anualmente pueden ser utilizadas todas las variedades

pero con diferentes frecuencias de corte; por lo que es posible utilizar la variedad Indonesia con 90 días de frecuencia de corte, Acorazonada con cualquiera de las tres frecuencias estudiadas y Cubana y Tigreada con 90 y 120 días de intervalos entre cortes.

De los resultados antes analizados se puede considerar que el rendimiento de materia seca de las hojas de la morera puede estar determinado por las interacciones entre los factores frecuencia de corte, época y el año. El comportamiento de las variedades en esta variable depende solamente de la frecuencia de corte. La fertilización no tuvo interacciones con ninguno de los factores estudiados.

### 3.1.2 Rendimiento de materia seca de los tallos tiernos

El rendimiento de materia seca de tallos tiernos tuvo diferencias significativas ( $P < 0,001$ ), en la interacción CxExA. Al analizar esta interacción (fig. 3) se puede apreciar que la producción de tallos tiernos (RMSTT) disminuyó en la frecuencia de 60 días (época lluviosa) hasta el tercer año, pero en el cuarto año tuvo rendimientos superiores a los años 2 y 3; sin embargo, en la frecuencia de 90 días esta variable incrementó su valor todos los años.

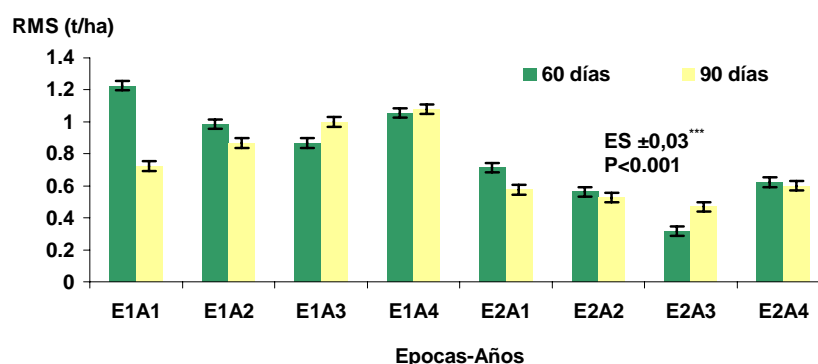


Fig. 3. Influencia de la interacción frecuencia de corte-época-año en el rendimiento de materia seca de tallos tiernos de morera.

En el período poco lluvioso en ambas frecuencias (60 y 90 días) disminuyeron los valores de esta variable hasta el tercer año; no obstante, mostraron cierta recuperación en el cuarto año.

Como se puede apreciar, el RMSTT fue determinado por la interacción de los factores frecuencia de corte, época y el año. Los mayores rendimientos se lograron en la época lluviosa. Aparentemente el período lluvioso estimula la producción de tallos tiernos, debido a que los procesos de crecimiento vegetativo están más favorecidos en ese momento del año. El



comportamiento inestable del RMSTT en los diferentes años fue originado, probablemente por las características climáticas tan variables que ocurrieron en el período experimental (tabla 2).

### **3.1.3 Rendimiento de materia seca de la biomasa comestible**

La producción de biomasa comestible de la morera estuvo determinada por las interacciones VxCxE y CxExA. En esta variable si resultó significativo ( $P < 0,01$ ) el efecto de esta interacción, lo cual nos permitió conocer el comportamiento de cada variedad con diferentes frecuencias de corte en las diferentes épocas del año. En la figura 4a se muestra que la variedad Acorazonada tuvo el mejor comportamiento en la época lluviosa con la frecuencia de 60 días (6,35 t de MS/ha) y fue muy similar a la Indonesia en la misma época, pero en la frecuencia de 90 días (6,45 t de MS/ha). La variedad Tigreada produjo resultados muy parecidos en el período lluvioso con las frecuencias de 60 (6,02 t de MS/ha) y 90 días (6,19 t de MS/ha).

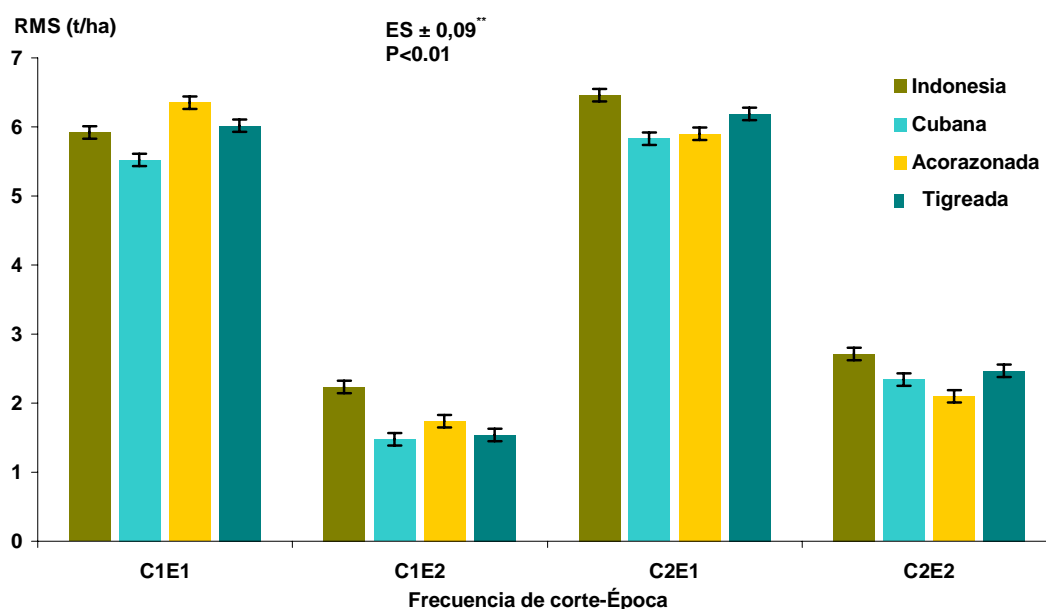
Los efectos de la interacción CxExA (fig.4b) fueron muy similares a los obtenidos en el RMSH, ya que las hojas son el principal componente de la biomasa comestible. Se aprecia que en ambas épocas, esta variable tuvo resultados diferentes entre el primer año y los tres restantes; sin embargo, hubo pocas diferencias entre las frecuencias de corte en cada uno de los años, sobre todo en el período lluvioso. En el período poco lluvioso de todos los años, la frecuencia de 90 días produjo la mayor cantidad de materia seca de biomasa comestible, resultados que coinciden con los obtenidos por Martín, Reyes, Hernández y Milera (2002).

En la literatura revisada no aparecen resultados publicados en los que puedan apreciarse los efectos de estas interacciones en la producción de biomasa comestible (hojas y tallos tiernos). Solo Rodríguez, Arias y Quiñones (1994) recomendaron la necesidad de realizar estudios, durante al menos 2 años, en las condiciones de trópico seco de Guatemala para poder determinar los efectos en el tiempo (invierno-verano) de los factores estudiados por ellos, en la producción y calidad de la biomasa de la morera.

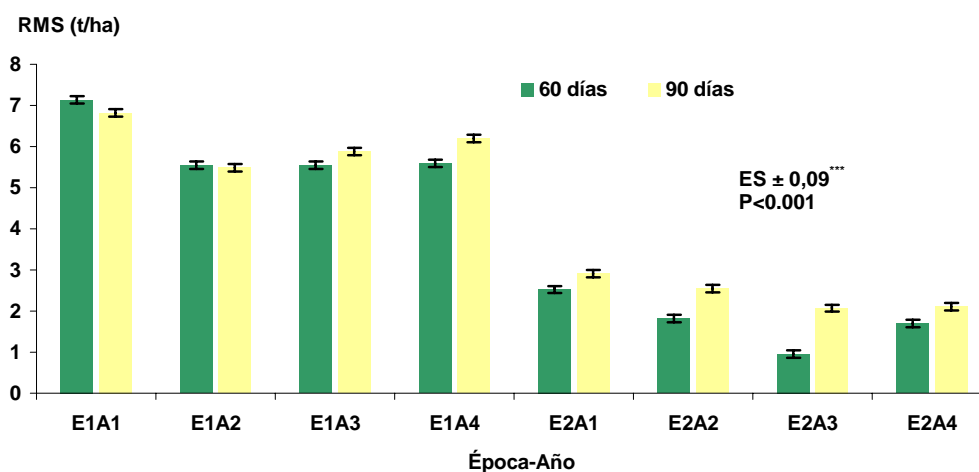
Este resultado corrobora lo planteado anteriormente acerca de utilizar diferentes frecuencias de corte en cada época del año para las condiciones del occidente de Cuba; es decir, la variedad Acorazonada puede ser utilizada en el período lluvioso con la frecuencia de corte de 60 días sin que se produzcan afectaciones en la población de plantas en el campo (anexo 6), y en la época poco lluviosa la variedad Indonesia con la frecuencia de 90 días.

Ello permitiría obtener en cada época las mayores producciones y con la mayor calidad, pues en el período lluvioso la frecuencia de 60 días aportó un mayor contenido de PB en las hojas y los tallos tiernos que la de 90 días, y en el período poco lluvioso la de 90 días mostró un

resultado similar a la de 60 días en lluvia. Se deben realizar estudios a más largo plazo (más de cuatro años) para conocer la persistencia de las plantas de morera ante los cortes frecuentes.



a) VxCxE



b) CxExA

Fig. 4. Influencia de la interacción: a) variedad-frecuencia de corte-época; y b) frecuencia de corte-época-año, en el rendimiento de materia seca de la biomasa comestible de la morera.

En las condiciones de este ensayo, esta variable tuvo un comportamiento muy diferente entre los períodos lluviosos y poco lluviosos, lo cual demuestra la estacionalidad de la

producción de la biomasa comestible de la morera, por tanto, es recomendable realizar un uso eficiente de esta en el período lluvioso, pudiéndose para ello conservarla en forma de ensilaje (Ojeda, Montejó y Pérez, 2000) o en forma de harinas proteicas de alta calidad (García, Mederos, Salinas y Reyes, 2002), con vistas a ser utilizadas en la época de mayor escasez de alimentos.

Estos resultados permiten conocer que la producción de biomasa comestible de la morera está determinada por la interacción de factores como la variedad, la frecuencia de corte y la época del año, los mismos son de gran novedad, pues nunca antes han sido publicados y demuestran que aunque esta especie tiene una gran plasticidad ecológica (Benavides, 2002), en los diferentes sitios que se pretenda establecer, sería necesario conocer el comportamiento de estos factores y sus interacciones, para poder determinar las mejores opciones con vistas a su utilización.

### 3.1.4 Rendimiento de materia seca del tallo leñoso

El RMSTL fue diferente ( $P < 0,001$ ) en la interacción de segundo orden  $V \times C \times E$ . En la figura 5 se puede apreciar que tanto los factores frecuencia de corte como época tuvieron un gran efecto en el comportamiento de esta variable. En la época poco lluviosa hubo muy poca producción de tallos leñosos, resultado muy similar al obtenido con la frecuencia de corte de 60 días. Los mayores rendimientos de esta variable se obtuvieron en la época lluviosa con la frecuencia de corte de 90 días y con la variedad Indonesia.

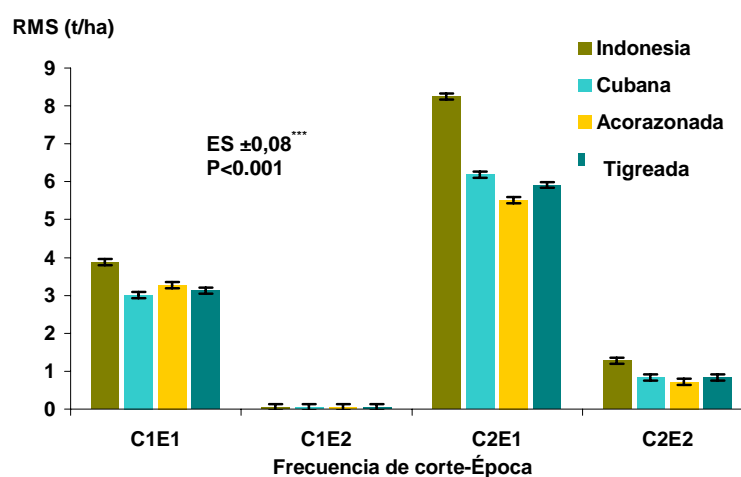


Fig. 5. Influencia de la interacción variedad-frecuencia de corte-época en el rendimiento de materia seca de tallos leñosos de morera.

La producción de tallos leñosos puede contribuir a la producción de energía, aspecto muy importante para lograr la sostenibilidad en los sistemas de producción agropecuarios. En este sentido, Satiya, Mira, Sharma y Madan (1994) señalaron que la morera puede insertarse dentro de los sistemas integrados de producción, ya que las hojas son utilizadas como alimento y los tallos leñosos para la producción de hongos comestibles. Los residuos no utilizados pueden ser llevados a biodigestores para la producción de biogás y usar los efluentes como fertilizantes. Los tallos leñosos de mayor grosor son utilizados como leña para proporcionar energía (Preston, T.R., comunicación personal).

La corteza de los tallos leñosos es una fuente importante de alimento para algunas especies de animales. Albert y Contreras (2002) señalaron que los cuyes hacen un alto consumo de la corteza de los tallos de esta planta. Shayo (1997) dio a conocer que la corteza de la morera tiene 7,8% de PB, 6,1% de cenizas, 46,8% de fibra neutra detergente y 36,9% de fibra ácido detergente. Además, es importante señalar que las determinaciones realizadas sobre biomasa comestible, donde se incluye solo el tallo tierno considerado por el evaluador como única fracción comestible, es un tanto subjetiva, pues en evaluaciones en que se suministró la planta entera de morera como forraje integral, se logró un 80% de consumo, cifra muy superior al porcentaje de biomasa comestible encontrado en la morera (Benavides, 2002).

Lo anteriormente planteado demuestra el posible valor forrajero y energético de la fracción tallo leñoso en esta especie, por lo que en el futuro se debieran realizar estudios que evidencien con mayor claridad los señalamientos antes expuestos.

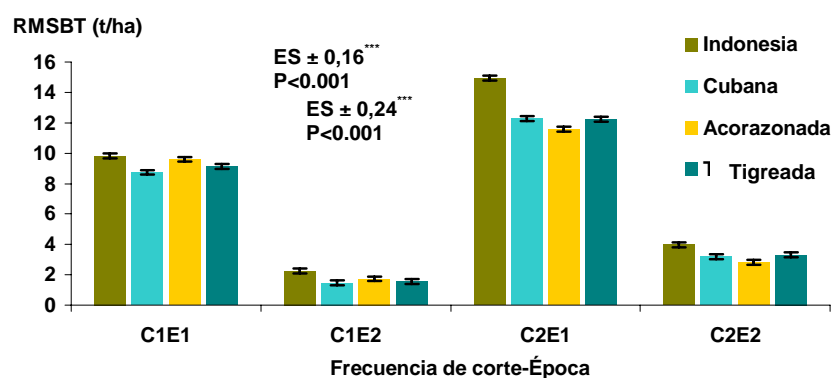
### 3.1.5 Rendimiento de materia seca de la biomasa total

El RMSBT fue significativamente diferente en las interacciones  $V \times C \times E$  ( $P < 0,001$ ) y  $V \times E \times A$  ( $P < 0,01$ ). La interacción  $V \times C \times E$  (fig. 6a) muestra que la variedad Indonesia con la frecuencia de 90 días en el período lluvioso, aportó los RMSBT más elevados. Este resultado permite suponer que la producción de biomasa de la morera en Cuba tiene una marcada estacionalidad, determinada por la época del año, similar a lo que sucede con los géneros forrajeros tradicionales en el trópico, como *Pennisetum*, *Panicum* y otros (Machado y Seguí, 1997).

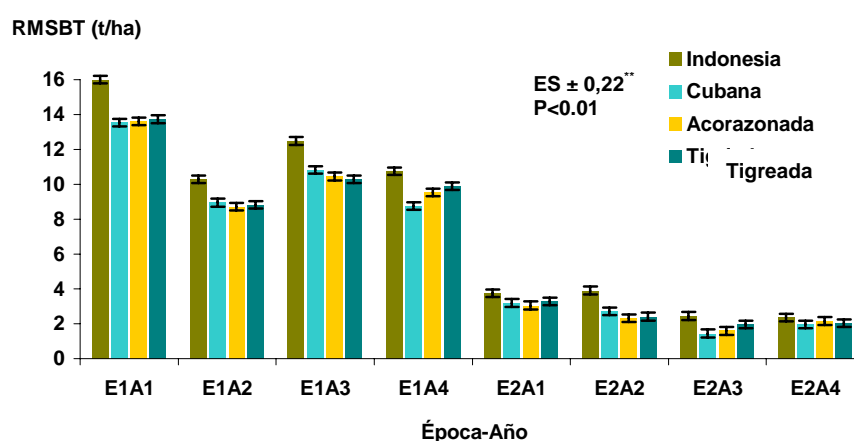
La interacción  $V \times E \times A$  (fig. 6c) permitió determinar los efectos de las características climáticas de cada año en el comportamiento de esta variable. Como se aprecia en la figura 6b, la época lluviosa del año dos fue la menos productiva, debido a que las precipitaciones de esa época (841 mm) fueron muy inferiores al promedio para el período lluvioso (1 035,47 mm) en los últimos 15 años anteriores al período experimental y mucho más bajas que el promedio de las épocas lluviosas de los cuatro años (1 216,6 mm) en que se desarrolló el experimento (tabla 2).

Es considerado por varios autores que los factores genéticos y climáticos pueden tener una marcada influencia en la producción de los diferentes componentes de la biomasa total de la morera; en el continente asiático se destacan los trabajos realizados en China (Chen, 2001), la India (Datta, 2002) y Japón (Machii, 2001), así como en Italia (Cappelozza, 2002) y en Brasil (Almeida y Fonseca, 2002a), los que han evaluado grandes colecciones de germoplasma y han seleccionado genotipos adaptados a diferentes condiciones edafoclimáticas.

Papanastasis, Platis y Dini-Papanastasis (1997) determinaron que los factores climáticos pueden influir significativamente en las variaciones anuales de la producción de biomasa de diferentes especies de árboles y arbustos forrajeros en la zona del mediterráneo. Espinoza y Benavides (1996) encontraron diferencias en el comportamiento de tres variedades entre sitios de evaluación, atribuibles al parecer a condiciones climáticas como la luminosidad.



**a) VxCxE**



**b) VxExA**

Fig. 6. Influencia de la interacción: a) variedad-frecuencia de corte-época; y b) variedad-época-año, en el rendimiento de materia seca de la biomasa total de morera.

En las condiciones de Cuba, donde hubo una marcada diferencia entre las épocas evaluadas, debido principalmente a la distribución de las precipitaciones (tabla 2), se pudo determinar que la variedad Indonesia tuvo un comportamiento medio superior a las restantes, sobre todo en el período poco lluvioso, por lo que sería necesario evaluar el comportamiento de un mayor número de especies y variedades de este género, para disponer de un germoplasma acorde con nuestras condiciones climáticas y llegar a conclusiones más exactas sobre la adaptación de esta especie a las diferentes regiones edafoclimáticas del país.

La producción de biomasa total de la morera varió según las interacciones de los factores variedad, frecuencia de corte y época del año. Se pudo conocer que con la variedad Indonesia, la frecuencia de corte de 120 días y en la época lluviosa, se alcanzaron los mayores rendimientos de materia seca de la biomasa total. Es meritorio destacar que la variedad Indonesia en el período poco lluvioso se destacó sobre las restantes en el comportamiento de esta variable, lo cual demuestra su resistencia superior a las condiciones estresantes de la sequía.

### 3.2 Efecto de la fertilización con gallinaza en el rendimiento de materia seca de hojas, tallos tiernos y biomasa comestible

La fertilización con gallinaza tuvo efectos significativos ( $P < 0,001$ ), en la producción de materia seca de todas las variables agronómicas evaluadas. Por la importancia de este factor para lograr una adecuada producción de biomasa total y comestible en la morera, a continuación se analiza su efecto en el comportamiento de las variables agronómicas de mayor importancia para la alimentación animal (tabla 9).

Tabla 6. Efecto de diferentes niveles de fertilización (kg/ha/año) en el rendimiento de materia seca (t/ha/año) de hojas, biomasa comestible y biomasa total de la morera.

Fertilización	RMSH	kg de MS/kg N	RMSBC	kg de MS/kg N	RMSBT	kg de MS/kg N
100	6,1 <sup>c</sup>	61,0	7,5 <sup>c</sup>	73,9	13,48 <sup>c</sup>	134,80
300	6,8 <sup>b</sup>	22,7	8,2 <sup>b</sup>	27,4	15,58 <sup>b</sup>	51,93
500	7,3 <sup>a</sup>	14,6	8,8 <sup>a</sup>	17,5	16,84 <sup>a</sup>	33,68
ES	0,06 <sup>***</sup>		0,07 <sup>***</sup>		0,14 <sup>***</sup>	

a,b,c Valores con diferente superíndice en columnas difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

\*\*\*  $P < 0,001$

El rendimiento promedio de materia seca de hojas (RMSH) durante 4 años, fue significativamente diferente ( $P < 0,001$ ) entre los niveles de fertilización utilizados. El incremento

de la fertilización aumentó de forma significativa el RMSH; el nivel de 500 kg de N/ha/año aportó los resultados más altos (7,3 t de MS/ha/año). Un comportamiento similar se obtuvo en el rendimiento de materia seca de la biomasa comestible (RMSBC), al producir 8,8 t de MS/ha/año y en el rendimiento de materia seca de la biomasa total (RMSBT) con un rendimiento de 16,84 t de MS/ha/año.

Aunque las dosis mayores de N incrementaron significativamente la producción de biomasa, se produjo una disminución de la eficiencia en el aprovechamiento del N por la planta en la medida que se incrementó la fertilización nitrogenada; se pudo comprobar que la dosis de 100 kg de N no fue la de mayor rendimiento en las tres variables, pero sí la que logró los mejores índices de conversión; es decir, 61,0; 73,9 y 134,80 kg de MS/kg de N en hojas, biomasa comestible y biomasa total respectivamente.

Los resultados del presente ensayo con el uso de la gallinaza como fuente de nitrógeno, demuestran la potencialidad de este estiércol como fertilizante para la morera; estos resultados coinciden con los obtenidos por Takahashi y Kronka (1989), quienes demostraron la efectividad de la gallinaza como fertilizante en la morera al ser comparada con varios fertilizantes químicos.

En la morera pueden utilizarse otras fuentes de fertilización. Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) encontraron una respuesta creciente en la producción de biomasa de la morera con el incremento de las dosis de N a partir del estiércol de cabra; la mayor dosis de fertilizante nitrogenado utilizada en este ensayo (480 kg de N/ha/año) fue superior a una dosis de nitrógeno equivalente utilizando como fuente de N el nitrato de amonio.

La fertilización ha sido muy estudiada en la morera tanto a partir de fuentes orgánicas como químicas, e incluso la combinación de ambas (Lim, Young-Taek y Sang-Poong, 1990; Kabir, Roy y Ray, 1991). También se reporta con mucho éxito el uso de biofertilizantes (Ambika, Das, Katiyar y Choudhury, 1994; Das, Katiyar, Gowda, Fathima y Choudhury, 1995; Fathima, Das y Katiyar, 2000).

Siswanto (1994) y Shankar y Rangaswamy (1999) encontraron que las dosis de N de 400 y 450 kg/ha/año aportaron los mayores rendimientos de biomasa en la morera, al ser combinados con 200 y 150 kg de K/ha/año. Cifuentes y Sohn (1998) plantearon que para lograr una buena calidad en las hojas destinadas a alimentar el gusano de seda, es necesario fertilizar la morera con 350 kg de N, entre 100 y 150 kg de P y 250 kg de K/ha/año.

Lo anteriormente planteado significa que en las condiciones de nuestro país, donde existe cierta cultura entre los productores sobre el uso de los abonos orgánicos y algunos biofertilizantes, es posible utilizar otras fuentes de fertilización, para lo cual sería necesario estudiar el comportamiento de estas y su combinación con los fertilizantes químicos. Este

resultado demuestra la necesidad de profundizar en los estudios relacionados con la búsqueda de nuevas alternativas de fertilización para lograr un uso más eficiente de los nutrientes por esta planta.

Los resultados expuestos y discutidos en este capítulo aportan nuevos elementos al conocimiento de los efectos de factores como la variedad, la fertilización, la frecuencia de corte, y la época del año, en la producción de biomasa total y comestible producida por la morera en las condiciones edafoclimáticas en las cuales se desarrolló este ensayo.

Dichos resultados constituyen un aporte importante al manejo agronómico de la morera en climas con épocas bien diferenciadas, sobre todo por el volumen de precipitación y el régimen de temperatura. En el caso de Cuba, contribuyen al establecimiento de las bases tecnológicas necesarias para extender el uso de esta planta como alimento de diferentes especies de animales.

### **3.3 Comportamiento de los indicadores de la composición bromatológica según los efectos de los factores variedad, fertilización, frecuencia de corte y época, en el primer año y en el cuarto año del período experimental**

Los resultados de cada uno de los indicadores de la composición bromatológica estudiados, aparecen reflejados en las tablas y gráficos preparados tanto para los efectos de los factores principales, como para las interacciones significativas. Para su mejor comprensión se describirá por separado el comportamiento de cada indicador en cada una de las partes de la planta (hojas y tallos tiernos) tomadas para realizar las mediciones de la composición bromatológica y se realizarán valoraciones que integren los resultados de los porcentajes de FB y PB, así como de los minerales en su conjunto.

Por la importancia que reviste analizar los rendimientos de proteína bruta en hojas, tallos tiernos y biomasa comestible, se dedicó un epígrafe para el análisis de esos resultados.

#### **3.3.1 Contenido de fibra bruta de las hojas**

Las variaciones en el contenido de FB de las hojas en el primer año y en el cuarto año del período experimental se muestran en la tabla 10.

En el porcentaje de fibra bruta de las hojas (FBH) del primer año, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los factores variedad (V), frecuencia de corte (C) y época (E), no así entre los niveles de fertilización.



En la tabla 10 se aprecia que las variedades Cubana, Acorazonada y Tigreada difirieron significativamente de la variedad Indonesia, la cual mostró los porcentajes más bajos.

Las frecuencias de corte de 60 y 120 días difirieron de la de 90 días y a esta última le correspondieron los tenores más pequeños. En la época de lluvia esta variable tuvo un valor superior al de la poco lluviosa.

Tabla 7. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de fibra bruta (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera en el primer año y en el cuarto año del período experimental.

Factores	FBH		FBTT	
	Primer año	Cuarto año	Primer año	Cuarto año
<b>Variedad</b>				
Indonesia	12,21 <sup>b</sup>	10,87 <sup>b</sup>	37,03	34,09
Cubana	13,44 <sup>a</sup>	10,94 <sup>b</sup>	37,8	33,94
Acorazonada	13,07 <sup>a</sup>	11,42 <sup>a</sup>	37,34	33,83
Tigreada	13,42 <sup>a</sup>	10,53 <sup>b</sup>	37,87	33,91
ES ±	0,17 <sup>***</sup>	0,16 <sup>**</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
<b>Fertilización</b>				
100	12,99	10,87	37,31 <sup>b</sup>	33,94
300	13,07	10,96	36,79 <sup>b</sup>	33,89
500	13,05	10,99	38,43 <sup>a</sup>	33,99
ES ±	0,15 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>**</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
<b>Frecuencia de corte</b>				
60	13,15 <sup>a</sup>	9,29 <sup>c</sup>	35,77 <sup>b</sup>	32,53 <sup>c</sup>
90	12,69 <sup>b</sup>	11,02 <sup>b</sup>	38,18 <sup>a</sup>	34,11 <sup>b</sup>
120	13,26 <sup>a</sup>	12,51 <sup>a</sup>	38,57 <sup>a</sup>	35,19 <sup>a</sup>
ES ±	0,15 <sup>*</sup>	0,14 <sup>***</sup>	0,34 <sup>***</sup>	0,13 <sup>***</sup>
<b>Época</b>				
PLL	14,48 <sup>a</sup>	9,66 <sup>b</sup>	41,4 <sup>a</sup>	32,70 <sup>b</sup>
PPLL	11,35 <sup>b</sup>	10,65 <sup>a</sup>	32,55 <sup>b</sup>	33,94 <sup>a</sup>
ES ±	0,13 <sup>***</sup>	0,09 <sup>***</sup>	0,35 <sup>***</sup>	0,13 <sup>***</sup>

a,b Medias con diferente superíndice en cada variable difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

\* P<0,05

\*\* P<0,01

\*\*\* P<0,001

ns: no significativo

En el cuarto año del período experimental se mantuvo el mismo comportamiento, con diferencias significativas (P<0,05) entre las variedades, las frecuencias de corte y las épocas del año, y no hubo incidencia de los niveles de fertilización en este indicador. Sin embargo, en todos los tratamientos los porcentajes fueron inferiores a los del primer año.

Cuando se comparan estos resultados con los obtenidos en otras plantas arbóreas, se pone de manifiesto que ellos son más bajos que los hallados normalmente en la literatura. Smith (1992) señala rangos para la FB entre 22 y 36% en siete árboles considerados como adecuados para el consumo animal.

González y Cáceres (2002), al evaluar 10 plantas arbóreas y arbustivas, encontraron que la morera era una de las de menor contenido de FB, lo que ratifica una de las principales características de esta especie.

Por otra parte, los valores de FBH obtenidos en este experimento resultaron similares a los señalados por otros autores en condiciones climáticas y edáficas diferentes a las de esta investigación (Uribe, 2002; Singh y Makkar, 2002), lo que permite suponer que este indicador puede estar regido principalmente por factores genéticos.

Araya, Benavides, Arias y Ruiz (1994), al comparar los valores del fraccionamiento celular encontrados en las hojas de varias leñosas forrajeras con los valores promedio de nueve pastos tropicales, encontraron que los contenidos de pared celular, hemicelulosa y celulosa fueron más bajos en las hojas de los árboles que en las de los pastos.

Los estudios realizados por González, Martín, Albanell, Caja y Rosas (2002) con muestras de la variedad Tigreada provenientes de esta investigación, mostraron resultados similares en la composición de la FB para los diferentes factores evaluados. En el caso de la FND y la FAD en el período lluvioso, los valores tendieron a disminuir a medida que aumentaba la edad de la planta, no así en el período poco lluvioso, donde le correspondieron a la frecuencia de 90 días los porcentajes más elevados.

En el caso de la lignina ácido detergente (LAD), los contenidos en ambos períodos se incrementaron en la medida que la frecuencia de corte fue mayor, como respuesta al envejecimiento de la planta.

Los estudios realizados por García (2003) indican que la frecuencia de 90 días presentó un comportamiento atípico de los compuestos antinutricionales, resultado similar al hallado en esta investigación en cuanto a la composición fibrosa; en estudios posteriores deberá buscarse una respuesta más precisa a estos resultados.

### **3.3.2 Contenido de fibra bruta de los tallos tiernos**

En el porcentaje de fibra bruta de tallos tiernos (FBTT) del primer año, se encontraron diferencias significativas en los factores fertilización (F), frecuencia de corte (C) y época (E) ( $P < 0,05$ ), no así entre las variedades (tabla 10).

De los niveles de fertilización estudiados el valor más alto de este indicador se alcanzó en 500 kg de N/ha/año (38,4%), el cual fue significativamente diferente de 100 y 300 kg de N/ha/año (tabla 10).

La frecuencia de corte de 120 días originó los mayores valores en el porcentaje de FBTT, aunque no fue diferente significativamente de la frecuencia de 90 días.

En el factor época, el período lluvioso tuvo los valores más altos y fue significativamente diferente del poco lluvioso.

En el cuarto año hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre la frecuencia de corte y la época del año, no así entre las variedades y los niveles de fertilización.

Al igual que en las hojas, los porcentajes de FBTT en el cuarto año tuvieron una disminución apreciable, aproximadamente de un 4%. En los factores fertilización y frecuencia de corte hubo igualmente una disminución de alrededor de 4% entre ambos años. En la época lluviosa la disminución de esta variable entre el primer año y el cuarto año fue de casi 8%, pero en la poco lluviosa fueron muy similares.

El contenido de fibra bruta de la morera es muy bajo si se compara con el de los pastos tropicales. Iglesias (2003) encontró contenidos de FB en *P. maximum* Jacq. cv. Likoni de 33,9 y 33,1% para los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente. Solo los tallos tiernos de la morera tienen contenidos parecidos a estos, pero en su biomasa comestible las hojas tienen la mayor proporción, lo cual hace de esta planta un forraje de calidad superior a los forrajes convencionales.

### 3.3.3 Contenido de proteína bruta de las hojas

Los valores del contenido de proteína bruta de las hojas aparecen en la tabla 11. Todos los factores estudiados tuvieron un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) en el contenido de proteína bruta de las hojas (PBH) de la morera en el primer año.

Tabla 8. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de proteína bruta (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera en el primer año y en el cuarto año del período experimental.

Factores	PBH		PBTT	
	Primer año	Cuarto año	Primer año	Cuarto año
<b>Variedad</b>				
Indonesia	18,86 <sup>a</sup>	19,89	9,15	9,66
Cubana	17,57 <sup>b</sup>	19,22	9,26	9,44
Acorazonada	18,62 <sup>a</sup>	19,12	9,42	9,39
Tigreada	18,32 <sup>a</sup>	19,84	9,18	9,58
ES ±	0,26 <sup>**</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
<b>Fertilización</b>				
100	17,54 <sup>c</sup>	19,65	9,12	9,54
300	18,26 <sup>b</sup>	19,40	9,12	9,50
500	19,23 <sup>a</sup>	19,50	9,52	9,51
ES ±	0,22 <sup>***</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
<b>Frecuencia de corte</b>				
60	19,87 <sup>a</sup>	22,12 <sup>a</sup>	9,19 <sup>ab</sup>	10,01 <sup>a</sup>
90	16,90 <sup>c</sup>	17,92 <sup>b</sup>	9,62 <sup>a</sup>	9,56 <sup>b</sup>
120	18,27 <sup>b</sup>	18,31 <sup>b</sup>	8,95 <sup>b</sup>	8,94 <sup>c</sup>
ES ±	0,22 <sup>***</sup>	0,23 <sup>***</sup>	0,15 <sup>**</sup>	0,15 <sup>***</sup>
<b>Época</b>				
PLL	16,95 <sup>b</sup>	19,77	8,94 <sup>b</sup>	9,56
PPLL	19,81 <sup>a</sup>	20,38	9,87 <sup>a</sup>	10,00
ES ±	0,18 <sup>***</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>***</sup>	0,12 <sup>ns</sup>

a,b,c Medias con diferente superíndice en cada variable difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

\* $P < 0,05$

\*\*  $P < 0,01$

\*\*\*  $P < 0,001$

ns: no significativo

Los niveles de fertilización y las frecuencias de corte fueron significativamente diferentes entre sí. Los valores más altos de PBH se lograron con la fertilización de 500 kg de N/ha/año (19,2%) y con la frecuencia de corte de 60 días (19,9%).

Benavides, Lachaux y Fuentes (1994) reportaron resultados similares, al encontrar diferencias significativas entre diferentes niveles de fertilización orgánica (estiércol de cabras) a

favor de la dosis más alta y entre las frecuencias de corte, donde los mejores resultados fueron para los cortes con las edades más tempranas.

Entre las épocas hubo diferencias de aproximadamente 3% y al período poco lluvioso le correspondieron los mayores porcentajes. De las variedades estudiadas la Indonesia tuvo los valores más altos, pero no difirió de Acorazonada y Tigreada; mientras que la variedad Cubana tuvo los porcentajes más bajos.

Espinoza y Benavides (1996) no encontraron diferencias significativas para la PB de hojas en las variedades evaluadas en tres sitios de ambientes contrastantes de Costa Rica, entre las que se encontraban dos de las evaluadas en este experimento (Indonesia y Tigreada). Hubo diferencias significativas entre los sitios; el valor más alto le correspondió a Coronado (24,8%) y el más bajo a Paquera (15,1%), este último con condiciones climáticas muy parecidas a las de Cuba.

En el cuarto año solo el factor frecuencia de corte tuvo efectos significativos ( $P < 0,05$ ) en el contenido de PB de las hojas. Los cortes cada 60 días alcanzaron los mayores porcentajes de PB y fueron diferentes de forma significativa de los de 90 y 120 días. En este año la frecuencia de 90 días también tuvo los valores más bajos de PB, pero estos no difirieron de la de 120 días. Es de destacar que los contenidos de PBH en todos los factores fueron superiores a los alcanzados en el primer año en aproximadamente 1%; esta variación coincide con las disminuciones halladas en los contenidos de FB entre estos años, lo que hace inferir que existió una relación entre ambos indicadores, comportamiento similar al de los pastos.

Los porcentajes de PB hallados en las hojas por Boschini (2002a) cuando fertilizó con 150 kg de N/ha/año (nitrato de amonio), pero en condiciones climáticas diferentes, son superiores a los alcanzados en esta investigación y con una marcada tendencia a disminuir en la medida que la edad de la planta avanza.

Con respecto a los porcentajes de PB, en la literatura se encuentra un amplio rango de valores que oscilan desde 18,6% (Shayo, 2002) hasta 25,6% (Almeida y Fonseca, 2002a) como respuesta a las disímiles condiciones en las cuales se han desarrollado las plantaciones, razón por la cual no resulta adecuado presuponer valores, sino conocer el comportamiento de esta planta en los diferentes ecosistemas.

Es de señalar el comportamiento no esperado del contenido de PB de las hojas en la frecuencia de 90 días en ambos años; en el primer año fue significativamente menor que el de 60 y 120 días, y en el cuarto año, aunque no mostró diferencias significativas con la frecuencia de 120 días, tuvo un valor numérico promedio inferior a esta.

En este sentido Boschini, Dormond y Castro (1998; 1999) y García (2003) han señalado que la frecuencia de 90 días es un punto de inflexión en los procesos fisiológicos de esta especie; en las plantas, las cadenas carbonadas se transforman para la síntesis de material leñoso y esos procesos necesitan una elevada cantidad de compuestos endógenos, razón por la cual pudiera disminuir el contenido de nitrógeno en las hojas. Con el aumento de la edad de la planta disminuye la relación hoja-tallo (anexo 14), lo cual indica que se favorece más la formación de compuestos estructurales.

El contenido de PB de un alimento es muy importante para la alimentación animal; en el caso de la morera, puede añadirse la adecuada composición aminoacídica de sus hojas (Yan, Liu y Yao, 2001). Los contenidos de aminoácidos son más bajos que los de la harina de soya, pero la proporción de cada uno de ellos con respecto al total es similar en ambos alimentos (Ye y Ye, 2001), lo que significa que desde el punto de vista nutricional las hojas de la morera podrían sustituir a la harina de soya como alimento animal y es necesario determinar las proporciones adecuadas.

#### **3.3.4 Contenido de proteína bruta de los tallos tiernos**

El contenido de proteína bruta de tallos tiernos (PBTT) difirió significativamente ( $P < 0,05$ ) para las diferentes frecuencias de corte y entre las épocas del primer año (tabla 11).

Con respecto a la frecuencia de corte, en la de 90 días se logró el valor absoluto más alto, el cual difirió significativamente de la de 120 días, pero no de la de 60 días. El período poco lluvioso presentó los mayores valores y difirió significativamente del lluvioso. Entre las variedades y los niveles de fertilización no hubo diferencias significativas.

En el cuarto año solo hubo diferencias significativas entre las frecuencias de corte y el valor más alto fue para 60 días, el cual difirió de 90 y 120 días. Los porcentajes de PBTT en ambos años para todos los factores fueron muy similares en este indicador.

Espinoza y Benavides (1996), obtuvieron diferencias en los contenidos de PBTT entre las variedades estudiadas y los sitios, con resultados a favor de la variedad Indonesia (12,4%) y de la localidad de Coronado (13,9%).

En este trabajo se comprobó que la morera es una leñosa forrajera con bajos contenidos de FB y altos tenores de PB, principalmente en las hojas, que constituyen la parte más importante de la biomasa comestible de esta planta.

González, Delgado y Cáceres (1998) demostraron la alta degradabilidad ruminal de las hojas y los tallos tiernos de esta especie, que alcanzó más del 80% a las 48 horas; otros autores han

informado su alto valor nutritivo, determinado *in vitro* (Rodríguez, Arias y Quiñones, 1994; Benavides, 2002) e *in vivo* (Jegou, Waelput y Brunschwig, 1994).

Estos resultados demuestran la alta digestibilidad de la biomasa comestible de esta planta y ratifican su potencial como alimento para diferentes especies de animales.

### **3.3.5 Rendimiento de proteína bruta de las hojas, de los tallos tiernos y de la biomasa comestible**

El rendimiento de proteína bruta de las hojas (RPBH) de la morera en el primer año tuvo diferencias significativas en los factores fertilización, frecuencia de corte y época; mientras que entre las variedades no hubo diferencias (tabla 12). En el cuarto año esta variable solo mostró diferencias significativas entre las épocas.

Los resultados muestran una disminución de los RPBH entre el primer año y el cuarto año, ya que aunque el porcentaje de PB de las hojas fue mayor en el cuarto año, la disminución de los rendimientos de materia seca en ese año hizo que los rendimientos de proteína bruta fueran menores.

Los rendimientos de proteína bruta de los tallos tiernos (RPBTT) mostraron en el primer año diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre todos los factores en el orden estadístico, pero estas diferencias no deben considerarse como importantes desde el punto de vista biológico, por ser numéricamente muy pequeñas. Solo en el factor frecuencia de corte se pudo apreciar un efecto mayor en la frecuencia de 60 días con respecto a los demás niveles utilizados en el primer año.

En la biomasa comestible el rendimiento de proteína bruta (RPBBC) tuvo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los factores fertilización, frecuencia de corte y época para el primer año. En el cuarto año solo hubo diferencias entre las épocas.

Entre el primer año y el cuarto año hubo una tendencia a la disminución del RPBBC, lo que pudo estar motivado por la disminución de los rendimientos de materia seca de la biomasa comestible.

Las variaciones entre los contenidos y rendimientos de PB encontradas entre el primer año y el cuarto año del período experimental, sugieren la necesidad de prestar atención al comportamiento de estos indicadores, con vistas a determinar con mayor precisión los factores genéticos, agronómicos o climáticos que originaron estos resultados.

El RPB de hojas, tallos tiernos y de biomasa comestible tuvo interacciones significativas ( $P < 0,01$ ;  $P < 0,001$ ) entre la frecuencia de corte y la época del año (CxE) (fig. 7).

Tabla 9. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el rendimiento de proteína bruta (t/ha/año) de las hojas, los tallos tiernos y la biomasa comestible de la morera en el primer año y en el cuarto año del período experimental.

Factor	RPBH		RPBTT		RPBBC	
	Primer año	Cuarto año	Primer año	Cuarto año	Primer año	Cuarto año
<b>Variedad</b>						
Indonesia	1,48	1,13	0,15 <sup>a</sup>	0,17	1,64	1,29
Cubana	1,41	1,04	0,12 <sup>b</sup>	0,15	1,53	1,18
Acorazonada	1,42	1,15	0,15 <sup>a</sup>	0,15	1,57	1,30
Tigreada	1,50	1,20	0,13 <sup>b</sup>	0,14	1,62	1,34
ES ±	0,04 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>***</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
<b>Fertilización</b>						
100	1,21 <sup>c</sup>	1,11	0,12 <sup>b</sup>	0,16	1,33 <sup>c</sup>	1,27
300	1,48 <sup>b</sup>	1,09	0,13 <sup>b</sup>	0,14	1,61 <sup>b</sup>	1,24
500	1,67 <sup>a</sup>	1,18	0,15 <sup>a</sup>	0,15	1,82 <sup>a</sup>	1,33
ES ±	0,04 <sup>***</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>***</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>***</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
<b>Frecuencia de corte</b>						
60	1,50 <sup>a</sup>	1,14	0,18 <sup>a</sup>	0,15	1,68 <sup>a</sup>	1,3
90	1,38 <sup>b</sup>	1,11	0,12 <sup>b</sup>	0,15	1,50 <sup>b</sup>	1,26
120	1,48 <sup>a</sup>	1,13	0,11 <sup>c</sup>	0,15	1,59 <sup>ab</sup>	1,28
ES ±	0,04 <sup>*</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>***</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>**</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
<b>Época</b>						
PLL	1,03 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>
PPLL	0,41 <sup>b</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,32 <sup>b</sup>
ES ±	0,02 <sup>***</sup>	0,02 <sup>***</sup>	0,002 <sup>***</sup>	0,002 <sup>***</sup>	0,02 <sup>***</sup>	0,02 <sup>***</sup>

a,b,c Medias con diferente superíndice en cada variable difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

\* P<0,05

\*\* P<0,01

\*\*\* P<0,001

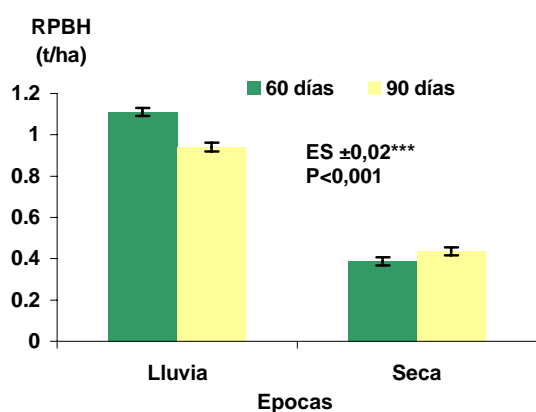
ns: no significativo

En esta interacción quedó demostrada la posibilidad de producir mayor cantidad de PB con la frecuencia de corte de 60 días en las hojas, los tallos tiernos y en la biomasa comestible en el período lluvioso.

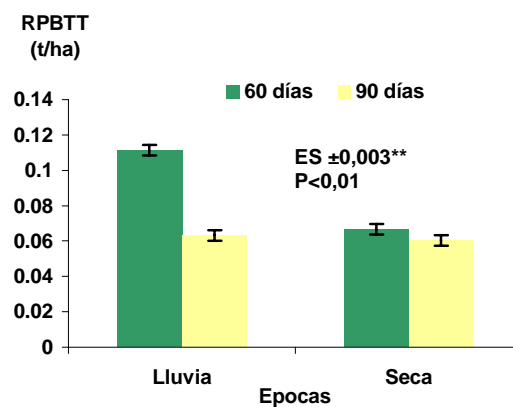
En el poco lluvioso las diferencias de rendimiento entre las frecuencias de corte de 60 y 90 días fueron muy pequeñas, aunque la de 90 días favoreció ligeramente la producción de PB en las hojas y en la biomasa comestible; mientras que la de 60 días favoreció la de tallos tiernos.

Las investigaciones realizadas por varios autores con diferentes variedades de morera (Almeida y Fonseca, 2002c) y en distintos países (Huo, 2002), indican que los rendimientos de materia seca de biomasa comestible pueden variar según el efecto de diferentes factores, lo cual determina los rendimientos de proteína bruta. Los estudios de esta investigación han aportado criterios por primera vez en Cuba, sobre los rendimientos de MS y de PB de esta especie.

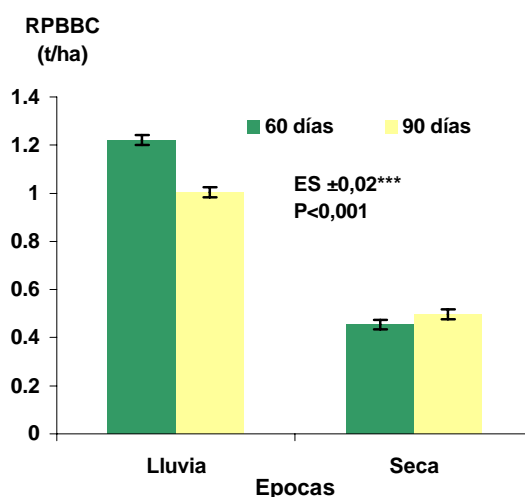




a) CxE RPBH



b) CxE RPBTT



c) CXE RPBBC

Fig. 7. Influencia de la interacción frecuencia de corte-época en el rendimiento de proteína bruta de: a) las hojas de morera; b) los tallos tiernos; y c) la biomasa comestible.

### 3.3.6 Composición mineral de la morera

Conocer la composición mineral de una planta destinada a la alimentación animal es fundamental, por la implicación nutricional que significa satisfacer los requerimientos de mantenimiento y producción a través de una dieta donde el forraje constituye la base principal de la ración.

En ese sentido, si se considera que la morera es utilizada preferentemente como un suplemento, entonces ello reviste una mayor importancia.

McDowell, Conrad y Ellis (1988) señalaron que en el trópico se debe garantizar un adecuado balance mineral en la dieta, y demostraron que cuando existen factores carenciales, el crecimiento, la gestación, la producción de leche y el engorde de los animales se ven seriamente comprometidos, sin descartar un incremento en las enfermedades oportunistas.

La evaluaciones efectuadas en esta Tesis están encaminadas a mostrar las concentraciones de los principales minerales presentes en la morera, tenidos en cuenta en los balances alimentarios (Gutiérrez, 1991), y cómo influyen en ellos los factores agrotécnicos estudiados.

### **3.3.6.1 Contenido de calcio**

El contenido de calcio en las hojas (CaH) fue significativamente diferente ( $P < 0,05$ ) entre las variedades, las frecuencias de corte y las épocas en el primer año y en el cuarto año (anexo 8). No hubo interacciones significativas entre los factores en ambos años.

Las variedades Indonesia y Tigreada no difirieron entre sí en el primer año (2,71 y 2,68%) ni en el cuarto año (2,34 y 2,20%), pero sí de la Acorazonada y la Cubana en el primer año (2,52 y 2,53%) y de la Acorazonada en el cuarto año (1,86%).

En el primer año las frecuencias de 90 y 120 días no difirieron entre ellas, pero sí de la de 60 días, donde el porcentaje de CaH aumentó con el incremento de las frecuencias de corte. En el cuarto año la frecuencia de 90 días alcanzó el valor más alto (2,44%) y fue significativamente diferente de 60 (2,00%) y 120 días (2,14%).

En ambos años el período poco lluvioso mostró el valor más alto (2,73 y 2,43%) y fue significativamente diferente del lluvioso (2,32 y 2,02%).

El incremento de la fertilización favoreció un ligero aumento del CaH, pero no de forma significativa.

En los tallos tiernos el contenido de calcio (CaTT) fue significativamente diferente ( $P < 0,05$ ) entre las variedades y las épocas del primer año y del cuarto año (anexo 8). El período poco lluvioso fue significativamente superior al lluvioso (1,85-1,67 y 1,21-1,38% para ambos años, respectivamente).

### **3.3.6.2 Contenido de fósforo**

El porcentaje de fósforo en las hojas (PH) tuvo diferencias significativas entre las diferentes frecuencias de corte y las épocas en el primer año, y solo entre las épocas en el cuarto año.

Las frecuencias de 60 (0,23%) y 90 días (0,22%) no difirieron entre sí, pero ambas fueron significativamente diferentes de la de 120 días (0,16%) días en el primer año.

Entre las épocas hubo diferencias significativas en los dos años, pero desde el punto de vista biológico no se les confiere una gran importancia por ser muy pequeñas las diferencias entre los valores numéricos.

En los tallos tiernos el contenido de fósforo (PTT) fue similar para todos los factores en los dos años; solo se encontraron diferencias significativas entre las épocas ( $P < 0,05$ ), a favor del período lluvioso (0,25 vs 0,14%) en el primer año (anexo 9).

### 3.3.6.3 Contenido de potasio

El contenido de potasio en las hojas (KH) fue significativamente diferente ( $P < 0,05$ ) entre las épocas para el primer año, entre las variedades para el cuarto año, y en ambos años en la fertilización y las frecuencias de corte (anexo 10).

La variedad Cubana obtuvo el valor numérico más alto en ambos años (2,53 y 2,25%). El incremento de la fertilización favoreció el contenido de potasio en las hojas; estos incrementos fueron significativos solo en el primer año. No hubo diferencias significativas entre 300 y 500 kg de N/ha/año (2,53 y 2,59%, respectivamente), pero estas difirieron de 100 kg de N/ha/año (2,29%).

En la frecuencia de corte los resultados fueron significativos en los dos años, pero no se mantuvo la misma tendencia en ellos. En el primer año fue 90 días la frecuencia de mejores resultados (2,67%), pero en el cuarto año a los 60 días se alcanzó el valor numérico mayor (2,24%).

En los tallos tiernos el contenido de potasio (KTT) tuvo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los niveles de fertilización y las frecuencias de corte del primer año y entre las épocas del cuarto año.

Los niveles de fertilización más altos (300 y 500 kg de N/ha/año) no difirieron entre sí (2,21 y 2,23%), pero fueron diferentes de 100 kg de N/ha/año (1,82%). El incremento de los niveles de fertilización favoreció el aumento del KTT, al igual que en las hojas.

En las frecuencias de corte, la de 60 días en el primer año tuvo el mayor contenido de esta variable (2,33%), la que fue significativamente diferente de 90 y 120 días. Entre las épocas del cuarto año, la lluviosa obtuvo el resultado más alto (1,89 vs 1,49%).

### 3.3.6.4 Contenido de ceniza

El contenido de ceniza de las hojas de morera (CenH) fue significativamente diferente ( $P < 0,05$ ) para todos los niveles de los factores en estudio en el primer año. En el cuarto año tuvieron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) las variedades y las épocas del año (anexo 11).

Entre las variedades la Tigreada fue superior en valores numéricos en los dos años (11,91 y 12,31%), pero no difirió de la Indonesia (11,76%) en el primer año ni de la Acorazonada en el cuarto año (11,66%). La variedad Cubana obtuvo el valor más bajo (11,38 y 10,41%) de este indicador en ambos años.

El incremento de la fertilización posibilitó un aumento del contenido de CenH, lo cual hizo que 300 (11,71%) y 500 kg de N/ha/año (11,92%) fueran similares entre sí, pero significativamente superiores a 100 kg de N/ha/año (11,29%) en el primer año.

En el cuarto año se mantuvo la misma tendencia, pero sin diferencias significativas entre los diferentes niveles de este factor.

Las frecuencias de corte ejercieron efectos muy parecidos en esta variable en ambos años. La época lluviosa alcanzó el porcentaje de ceniza en hojas más alto (12,43 y 11,91%) en los dos años.

En los tallos tiernos todos los factores influyeron de forma significativa ( $P < 0,05$ ) en el contenido de ceniza (CenTT) en el primer año (anexo 11).

En el cuarto año solo tuvieron efectos significativos las variedades Indonesia y Acorazonada, las cuales presentaron los mejores resultados de este indicador en ambos años y fueron significativamente diferentes de las restantes, con excepción de la variedad Tigreada en el primer año.

La fertilización tuvo un efecto similar al producido en las hojas en ambos años, pero en la frecuencia de corte el efecto fue inverso, al aumentar el intervalo entre cortes disminuyó el porcentaje de CenTT. El efecto de las épocas fue similar al producido en las hojas; el período lluvioso alcanzó los contenidos más altos de esta variable (7,91 y 7,49% para ambos años, respectivamente).

Como se puede apreciar, la morera tiene un adecuado contenido de minerales en las hojas y los tallos tiernos, entre los que se destacan sus altos contenidos de calcio, potasio y ceniza. Estos resultados coinciden con los reportados por otros autores (Benavides, Lachaux y Fuentes, 1994; Espinoza y Benavides, 1996; Singh y Makkar, 2002; Datta, Sarkar, Rama Mohan Rao y Singhui, 2002; Uribe, 2002; Benavides, 2002).

Entre los factores estudiados, la variedad, la frecuencia de corte y la época del año fueron los que tuvieron los mayores efectos; ello explica la influencia de factores genéticos, de manejo agronómico y climáticos en el comportamiento de estos indicadores.

Schmidek, Takahashi, Nuñez Medeiros y Resende (2002) encontraron diferencias en el contenido de minerales de diferentes clones de morera.

Almeida y Fonseca (2002b) hallaron diferencias en la composición bromatológica, debido al efecto de diferentes frecuencias de corte; de la misma manera, estos autores señalaron diferencias apreciables en el contenido de minerales en varios clones de morera por el efecto de las épocas del año.

Los contenidos de calcio y fósforo hallados por Devendra (1992) y Smith (1992) en árboles utilizados como alimento animal, son inferiores a los de la morera, lo cual significa que esta planta presenta ventajas nutricionales con respecto a otras empleadas con iguales fines.

En igual sentido, por la importancia que tienen los minerales para la producción de leche (Gutiérrez, 1991), es posible avizorar que la morera es un forraje con buenas aptitudes para la alimentación de vacas lecheras.

El alto contenido de minerales en las hojas y en los tallos tiernos, y el elevado porcentaje de proteína y bajo contenido de fibra bruta principalmente en sus hojas, convierten a esta planta en un forraje con características muy adecuadas y con posibilidades de sustituir total o parcialmente el uso de concentrados a partir de cereales para la alimentación de diferentes especies de animales.

### **3.4 Relaciones entre las variables agronómicas y el peso verde de las plantas de morera**

En este capítulo se realizó un estudio de las relaciones entre el peso verde total de las plantas y el rendimiento de materia seca de las hojas, de la biomasa comestible y de la biomasa total de la morera, sobre la base de la frecuencia de corte, ya que fue uno de los factores que tuvo un efecto significativo en el comportamiento de las variables agronómicas. Se determinaron ecuaciones de regresión en cada una de las frecuencias de corte y para el conjunto de ellas.

Para las frecuencias de corte de 60 y 90 días se obtuvieron ecuaciones lineales y cuadráticas en las variables RMSH y RMSBC, con altos coeficientes  $r$  y  $r^2$  (anexo 12). Al analizar las ecuaciones obtenidas se puede apreciar que las cuadráticas poseen un mejor valor estimativo, pues los coeficientes ( $r^2$ ) de estas superan en más de un 5% a los obtenidos en las lineales simples, y además tienen una mejor distribución de los residuos en las curvas que ellas describen (figura 10 a y b).

Las ecuaciones obtenidas en la frecuencia de 120 días no resultaron adecuadas para estimar estas variables, ya que aunque hubo un alto coeficiente de correlación, los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) fueron bajos (anexo 13).

Esto se atribuye a que con esta edad, en los rebrotes de las plantas predominan los tallos leñosos y ha comenzado a producirse la caída de las hojas más maduras; por tanto, el hecho

de que exista un mayor peso en las plantas muestreadas se debe principalmente a los tallos leñosos y no a las hojas y los tallos tiernos.

Para estimar el RMSBT en las frecuencias de corte de 60 y 90 días, se obtuvieron ecuaciones lineales y cuadráticas con buenos coeficientes  $r^2$  (anexo 12) y una adecuada distribución de los residuos en las curvas descritas (figura 10 a y b). No existieron grandes diferencias entre los términos y los coeficientes de estas ecuaciones, lo que indica que debieran utilizarse las ecuaciones lineales, ya que son de menor complejidad matemática.

En la frecuencia de corte de 120 días la regresión lineal fue la de mejores resultados. En la regresión cuadrática, aunque los coeficientes  $r$  y  $r^2$  fueron adecuados, la constante (término a) no fue significativa (anexo 13), lo cual indica la baja confiabilidad de los valores del RMSBT que se puedan estimar a partir de esta ecuación.

Al determinar estas ecuaciones para el conjunto de todas las frecuencias de corte en las tres variables agronómicas antes analizadas, ellas tuvieron un buen valor estimativo, ya que los coeficientes  $r$  y  $r^2$  fueron altos (tabla 13) y los residuos tuvieron una adecuada distribución en la curva de los gráficos que describen esas ecuaciones (fig. 8 a,b,c). Teniendo en cuenta los valores  $r^2$  y la distribución de los residuos en los gráficos, se seleccionaron las ecuaciones cuadráticas para estimar el RMSH y RMSBC, y las lineales simples para el RMSBT.

Tabla 10. Ecuaciones de regresión lineal y cuadrática para el conjunto de todas las frecuencias de corte.

Frecuencia de corte	Variable	Término			R	R <sup>2</sup>	ES ±
		a (ES)	b (ES)	c (ES)			
Todas las frecuencias de corte	RMSH	0,54(±0,02 <sup>***</sup> )	0,51(±0,01 <sup>***</sup> )	-	0,85	0,72	±0,60 <sup>***</sup>
		0,27(±0,02 <sup>***</sup> )	0,81(±0,02 <sup>***</sup> )	-0,04(±0,004 <sup>***</sup> )	0,87	0,76	±0,56 <sup>***</sup>
	RMSBC	0,80(±0,02 <sup>***</sup> )	0,55(±0,01 <sup>***</sup> )	-	0,82	0,67	±0,73 <sup>***</sup>
		0,45(±0,03 <sup>***</sup> )	0,93(±0,02 <sup>***</sup> )	-0,06(±0,002 <sup>***</sup> )	0,85	0,73	±0,67 <sup>***</sup>
	RMSBT	0,43(±0,05 <sup>***</sup> )	1,54(±0,02 <sup>***</sup> )	-	0,88	0,77	±1,57 <sup>***</sup>
		0,27(±0,06 <sup>***</sup> )	1,72(±0,04 <sup>***</sup> )	-0,03(±0,006 <sup>***</sup> )	0,88	0,78	±1,56 <sup>***</sup>

\*\*\*P<0,001

Aunque las ecuaciones obtenidas para las frecuencias de corte de 60 y 90 días tienen un buen valor estimativo para las tres variables agronómicas incluidas en el estudio, y la lineal simple en la frecuencia de 120 días para el rendimiento de materia seca de la biomasa total, es preferible utilizar las ecuaciones que incluyeron el conjunto de todas las frecuencias de corte, ya

que estas no mostraron valores muy diferentes de las anteriormente descritas. Estos resultados hacen suponer que las leyes biológicas que rigen estas relaciones no están solamente vinculadas a los factores individuales que determinan el comportamiento de las plantas en cada frecuencia de corte, sino también a los factores generales de la especie.

El mejor resultado de la ecuación de regresión cuadrática para estimar el RMSH y el RMSBC está relacionado con la fisiología del crecimiento de esta especie, la cual se caracteriza por emitir, en los primeros estadios del crecimiento de sus rebrotes (primeros 40 días), principalmente hojas y tallos tiernos; con el aumento de la edad se hace mayor la acumulación de compuestos estructurales en los tallos, lo cual hace disminuir progresivamente la relación hoja-tallo (anexo 14); por tales motivos, en la medida que el peso verde total de las plantas es mayor, es menor la proporción de hojas y de biomasa comestible en ellas y mayor la de tallos, lo cual determina el comportamiento cuadrático de las ecuaciones de regresión para estas variables.

En el RMSBT están incluidas todas las partes de la planta (hojas, tallos tiernos y tallos leñosos), las cuales en su conjunto forman la biomasa total. Por tanto, al variar el peso verde total de las plantas de morera, varía proporcionalmente el rendimiento de materia seca de la biomasa total de esta especie, lo que explica el mejor valor estimativo de la regresión lineal simple para esta variable.

Las ecuaciones obtenidas demuestran que el modelo matemático propuesto responde, de manera adecuada, para que sean consideradas como válidas para estimar el comportamiento de variables agronómicas de rendimiento de biomasa de importancia en esta especie forrajera.

En este sentido, Hughell (1990) estudió el comportamiento de varias ecuaciones para estimar la producción de biomasa seca de leña (kg/árbol) y el volumen de madera (m<sup>3</sup>/ha) en cuatro especies de árboles de uso múltiple en diferentes sitios de América Central; la ecuación logarítmica fue la de mejor ajuste para los datos de las cuatro especies.

Armand (1994) determinó en el cv. Kokuso 21 de *M. alba* L., que el largo total de las ramas y el volumen de cubrimiento de la copa del árbol, calculado a partir de la altura de las plantas y el diámetro mayor y menor de la copa del árbol, tuvieron los mayores coeficientes *r* y se consideraron como los mejores para estimar, mediante ecuaciones de regresión logarítmicas múltiples y ecuaciones exponenciales, la masa seca de hojas de esta variedad de morera.

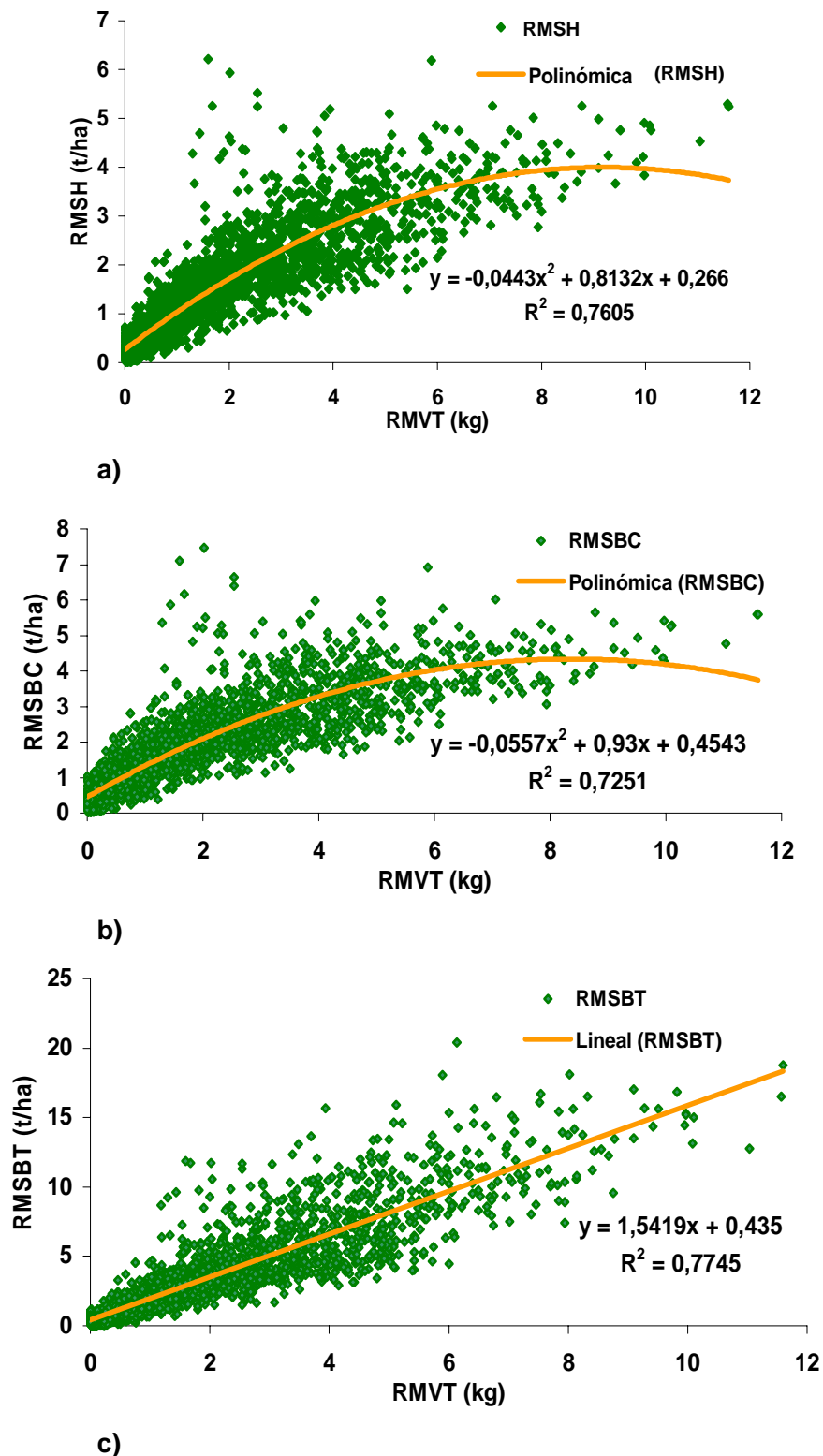


Fig. 8. Relación entre la sumatoria del peso verde total de plantas de morera y el rendimiento de materia seca de: a) hojas, b) biomasa comestible y c) biomasa total, en cuatro variedades de *M. alba*.



Pozo (1998) halló que era factible predecir el rendimiento de la materia seca y de un grupo de componentes morfológicos del pasto estrella a partir de regresiones múltiples lineales, resultado que concuerda con los encontrados en esta tesis.

Morataya y Galloway (1998) encontraron la utilidad de las ecuaciones de regresión lineal para estimar la biomasa del follaje con base en el área basal de la albura en las especies *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*.

Como se puede apreciar, las ecuaciones de regresión pueden ser modelos matemáticos de gran aplicación y utilidad para estimar el comportamiento de diferentes variables en varias especies de plantas. Teniendo en cuenta los resultados de este capítulo y apoyados en los trabajos encontrados en la literatura revisada, se puede plantear que en condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico similares a las de este ensayo, las ecuaciones de regresiones cuadráticas pueden ser utilizadas para estimar el rendimiento de materia seca de hojas y de biomasa comestible, y las ecuaciones de regresiones lineales para estimar el rendimiento de materia seca de la biomasa total, empleando en todos los casos, como variable independiente, la sumatoria del peso verde total de plantas de morera.

### **3.5 Consideraciones económicas sobre el potencial productivo de una hectárea de forraje de morera**

Los resultados expuestos en el desarrollo de este capítulo muestran las potencialidades productivas de la morera para su uso como forraje, en un sistema de producción animal sobre bases sostenibles.

No abordar la dimensión económica en los estudios efectuados, podría conllevar a conclusiones parciales y recomendar, en algunos casos, variedades o sistemas técnicamente viables, pero no factibles económicamente. Por ello, es de suma importancia valorar la factibilidad económica del uso de la morera como forraje para la alimentación animal.

#### **Metodología**

La valoración económica se realizó desde dos perspectivas:

- Ahorro de concentrado en las unidades potenciadas del país, al sustituir este por la morera.
- Factibilidad económica del uso de la morera como forraje para la alimentación animal.

Para realizar este análisis fue necesario determinar el potencial de producción de leche del forraje de morera como suplemento de vacas lecheras.

Teniendo en cuenta que no se realizaron evaluaciones con animales, se decidió efectuar todo el estudio sobre la base de los componentes nutricionales que aporta una hectárea de morera (a partir de los resultados obtenidos en esta investigación) y el concentrado comercial que en estos momentos se utiliza en las vaquerías potenciadas.

Las premisas que se tuvieron en cuenta fueron las siguientes:

- Requerimientos diarios de 85 g de proteína bruta y de 4,97 MJ para producir un litro de leche con 4% de grasa (García-Trujillo y Pedroso, 1989).
- Según datos publicados (Jegou, Waelput y Brunschwig, 1994), se asume que la eficiencia de utilización de los nutrientes es la misma para el forraje de morera y para el concentrado.
- Las producciones fueron estimadas a partir de los aportes de proteína bruta y de la energía metabolizable de ambos alimentos.
- Para la época de lluvia se utilizó el rendimiento y la composición bromatológica de la plantación con 60 días de rebrote y fertilización de 300 kg de N/ha (18,6% de PB y 10,20 MJ/kg MS).
- Para la época de seca se utilizó el rendimiento y la composición bromatológica de la plantación con 90 días de rebrote (18,5% de PB y 10,20 MJ/kg MS).

- Para estimar las producciones de leche a partir de la energía y la proteína que produce una hectárea de morera, se consideró un 15% de pérdidas en la biomasa comestible (10%, rechazo de los animales y 5%, corte y acarreo).
- El concentrado comercial de referencia contiene 20,9% de PB y EM de 11,95 MJ/kg MS (García-Trujillo y Pedroso, 1989).

Después de conocer el potencial de producción de leche de una hectárea de morera, se efectuó el cálculo del ahorro en moneda libremente convertible por concepto de sustitución de concentrado.

Para determinar la factibilidad económica del uso de forraje de morera como suplemento animal, se requirió además calcular los costos de desarrollo, establecimiento y explotación de una hectárea de morera.

Se utilizó el programa CASH FLOW, Versión 3.5 (1986) para efectuar el cálculo de factibilidad económica.

## Resultados

El rendimiento de la morera y su valor nutricional dependen de la edad de rebrote y de la época del año (tabla 14). Durante el período de lluvia se obtienen los mayores rendimientos de materia seca, proteína bruta y energía metabolizable, lo que ratifica el carácter estacional de los forrajes tropicales.

Tabla 11. Rendimiento de materia seca, proteína bruta y energía metabolizable de una hectárea de morera.

Indicador	UM	Resultado		
		Lluvia*	Seca**	Año
Biomasa comestible	t/ha	6,5	1,8	8,30
Producción de proteína	t/ha	1,209	0,333	1,54
Energía metabolizable	MJ	56 355	15 606	71 961

\*Frecuencia de corte de 60 días

\*\*Frecuencia de corte de 90 días

Sobre la base de los requerimientos para la producción de un litro de leche con 4% de grasa (85 g de PB y 4,97 MJ), se pudo estimar el potencial de producción de leche de una hectárea de morera en base a la energía y a la PB (tabla 15). Este cálculo indica que aunque la morera tiene un valor energético alto, este es el elemento deficitario en relación con la producción que se puede obtener a partir de los contenidos de proteína bruta, y que durante el período seco las posibilidades de producción disminuyen de manera apreciable.

A partir de estos resultados se estimó que una hectárea de morera puede sustituir, en base a la energía y a la PB que aporta un kilogramo de concentrado, 6 017 y 6 271 kg de este alimento, respectivamente. Si una tonelada le cuesta al país 149,19 USD, su sustitución por forraje de morera pudiera significar un aporte económico de 898,00 y 936,00 USD/ha de morera (tabla 15).

Tabla 12. Potencial de producción de leche de una hectárea de morera en función de la proteína bruta y la energía metabolizable.

Indicador	UM	Lluvia	Seca	Anual
Potencial de producción				
Energía	Litros/ha	11 339,00	3 140,00	14 479,00
Proteína	Litros/ha	12 090,00	4 609,00	16 699,00
Sustitución concentrado				
Energía	kg	4 712,00	1 305,00	6 017,00
Proteína	kg	4 917,00	1 354,00	6 271,00
Equivalente económico				
Energía	USD/ha	703,00	195,00	898,00
Proteína	USD/ha	734,00	202,00	936,00

En la tabla 16 se resumen los costos necesarios para desarrollar y establecer una hectárea de morera, los cuales ascienden a 3 868,52 pesos, desglosados en 1 215,52 pesos por preparación de tierra, 2 530,60 pesos por la siembra y 122,40 pesos por las atenciones culturales. El gasto en MLC es de solamente 96,23 dólares.

En la siembra pudieran reducirse los costos en la medida que disminuya el precio de la semillas (propágulos), lo cual podrá lograrse cuando se incremente la utilización de esta planta, pues los tallos con 4 meses de rebrote pueden ser empleados para la propagación de forma exitosa, con una capacidad de multiplicación de hasta 12 ha a partir de una hectárea (Gómez, 1999).

Los costos de explotación (tabla 17) muestran que para el mantenimiento y el uso de una hectárea de morera como forraje, se requiere gastar 557,32 pesos, distribuidos en 322,32 pesos y 235,00 dólares.

Tabla 13. Costo de desarrollo y establecimiento de una hectárea de morera.

Actividad	UM	Importe		Total
		MN	MLC	
Preparación de tierra	Pesos/ha	1 119,29	96,23	1 215,52
Roturación	Pesos/ha	51,91		51,91
Grada	Pesos/ha	134,57		134,57
Cruce	Pesos/ha	51,91		51,91
Recruce	Pesos/ha	51,91		51,91
Aplicación materia orgánica	Pesos/ha	828,99		828,99
Siembra	Pesos/ha	2 530,62		2 530,60
Semillas	Pesos/ha	2 500,00		2 500,00
Siembra	Pesos/ha	30,60		30,60
Atenciones culturales	Pesos/ha	122,40		122,40
Limpieza manual	Pesos/ha	122,40		122,40
Total	Pesos/ha	3 772,29	96,23	3 868,52

Tabla 14. Costo de explotación de una hectárea de morera.

Actividad	Importe MN	Importe USD	Total
Limpieza manual	122,40		122,40
Fertilización (fertilizante)		235,00	235,00
Fertilización (mano de obra)	30,6		30,6
Corte y acarreo	169,32		169,32
Total	322,32	235,00	557,32

El análisis del flujo de caja (tabla 18) se realizó teniendo en cuenta el potencial de producción de leche de una hectárea de morera a partir de su aporte energético (14 479,00 L), un precio posible de venta de esa producción de 1,00 peso por litro de leche (según lista oficial de precios), y los costos de establecimiento y explotación de esa área.

Se aprecia que a partir del primer año de explotación (segundo año del flujo) se puede lograr un balance positivo de ingresos y gastos y se recupera la inversión, lo cual refleja la viabilidad económica de esta propuesta.

Tabla 15. Flujo de caja para una hectárea de morera.

Concepto	Período			
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Costo de desarrollo y establecimiento	3 869,0	0,00	0,00	0,00
Costo de explotación	0,0	557,32	557,32	557,32
Costo total por período	3 869,0	557,32	557,32	557,32
Costo total acumulado	3 869,0	4 426,32	4 983,64	5 540,96
Valor de la producción de leche	0,0	14 479,00	14 479,00	14 479,00
Ingreso total por período	0,0	14 479,00	14 479,00	14 479,00
Ingreso total acumulado	0,0	14 479,00	28 958,00	43 437,00
Ingreso neto del período	-3 869,0	13 921,68	13 921,68	13 921,68
Ingreso neto acumulado	-3 869,0	10 052,68	23 974,36	37 896,04

La sustitución del concentrado por forraje de morera en vacas lecheras, fue ensayada por Esquivel *et al.* (1996) en el trópico húmedo de Costa Rica. Ellos encontraron que este forraje pudo sustituir el 75% del concentrado, sin diferencias significativas en la producción de leche de vacas Holstein (14,2 y 13,8 L para 0 y 75% de morera en la dieta, respectivamente), y los ingresos netos por animal (considerando solo los costos de alimentación) fueron 11,5% más altos con el máximo nivel de morera que el obtenido con concentrado solo en la dieta.

Esta planta es un cultivo perenne (más de 20 años) y el costo de establecimiento de una hectárea (por única vez) es de 3 869,00 pesos (de ellos 96,23 USD), el cual se recupera en el primer año de explotación. El costo de explotación por año una vez establecida es de 557,32 pesos (de ellos 235,00 USD).

Una hectárea de morera puede producir 8 300,00 kg de biomasa comestible; si se considera un 15% de pérdidas, entonces se dispone de 7 055,00 kg producidos por año, con un costo de 0,078 pesos/kg de biomasa comestible; de ellos 0,033 en USD, a partir del segundo año de explotación. Una tonelada de concentrado le cuesta al país 149,19 USD, lo que equivale a 0,149 USD/kg de concentrado.

Como se puede apreciar, la producción y utilización de un kilogramo de morera (base seca) tiene un menor costo que la adquisición de un kilogramo de concentrado; es decir, en el costo del kilogramo de biomasa comestible de morera está incluido hasta la entrega en comedero a los animales. Sin embargo, en el concentrado solo está el valor de su compra, sin incluir los gastos en que se incurre por la transportación, el almacenaje y su utilización por los animales.

El uso de esta leñosa forrajera para la alimentación animal en nuestro país, es una alternativa que puede contribuir a solucionar la controversia ética por la competencia entre alimentos para humanos y animales (Hernández y Babbar, 2001).

De acuerdo con estos resultados, se sugiere que es posible la sustitución del concentrado por forraje de morera producido en la propia unidad, lo cual puede constituir para la ganadería cubana, una solución productiva y técnicamente viable, económicamente factible, además de ser ambientalmente aceptable.

## **NOVEDADES CIENTÍFICAS**

- Se aportan nuevos conocimientos para la explotación de una especie forrajera arbórea no evaluada con anterioridad en Cuba, los cuales contribuirán a fortalecer las bases para el desarrollo de una ganadería más amigable con el ambiente.
- Se seleccionan las mejores variedades y se determinan las frecuencias de corte óptimas en las diferentes épocas del año, para lograr mayores producciones y una utilización más eficiente de su biomasa comestible.
- Se determina mediante ecuaciones de regresión lineal y cuadrática que existe una alta relación entre el rendimiento de materia seca de un forraje arbóreo y la biomasa verde de plantas en el campo.



## **CONCLUSIONES**

1. Los rendimientos de materia seca de la biomasa total y comestible de las variedades fueron diferentes, debido a los efectos de la frecuencia de corte y la época del año.
2. La fertilización con gallinaza es una alternativa que contribuye a incrementar la producción de forraje y propicia el desarrollo de producciones ganaderas más amigables con el ambiente.
3. Los bajos contenidos de fibra bruta, altos contenidos de proteína bruta, de calcio, de potasio y de cenizas encontrados en la biomasa comestible de las variedades de morera evaluadas, demuestran que es un forraje de alta calidad para la alimentación animal en Cuba.
4. En las condiciones de este ensayo se demostró que existe una alta relación entre los rendimientos de materia seca de biomasa total, de hojas y de biomasa comestible y la biomasa verde total de plantas de morera, mediante ecuaciones de regresión lineal y cuadrática.
5. Los resultados de esta tesis indican la factibilidad de producir en las unidades pecuarias el forraje de morera para la alimentación animal como suplemento, con un costo de producción y de utilización muy inferior al precio de compra del concentrado que se está utilizando en las vaquerías potenciadas del País.

## **RECOMENDACIONES**

1. Emplear la frecuencia de corte de 60 días en el período lluvioso con la variedad Acorazonada y la de 90 días en el poco lluvioso con la variedad Indonesia, para optimizar la utilización y la conservación de la biomasa comestible de la morera.
2. Realizar estudios a más largo plazo (más de cuatro años) para conocer la persistencia de las plantas de morera ante los cortes frecuentes.
3. Realizar investigaciones con biofertilizantes, fertilizantes orgánicos y químicos, solos o combinados, para lograr un uso más eficiente de los nutrientes, así como estudiar la factibilidad de realizar riegos en momentos de intensas sequías.
4. Validar en plantaciones comerciales, las ecuaciones de regresión obtenidas para estimar los rendimientos de hojas, biomasa comestible y biomasa total de la morera.
5. Extender la morera a escala comercial, lo cual permitirá utilizar sus potencialidades productivas y mejorar la base alimentaria de las unidades pecuarias.
6. Realizar estudios que permitan completar las investigaciones sobre la posibilidad de utilizar la morera en Cuba, en condiciones de pastoreo-ramoneo.
7. Poner a disposición de los estudiantes de pregrado y posgrado de las facultades, centros de investigación e institutos politécnicos agropecuarios, los resultados de esta tesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, Anayansi & Contreras, F. 2002. Utilización de la morera (*Morus alba*) en la alimentación de cuyes, en la localidad de Topes de Collantes. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Almeida, J.E. & Fonseca, Tamara Canto. 2002a. Mulberry germplasm and cultivation in Brazil. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 73
- Almeida, J.E. & Fonseca, Tamara Canto. 2002b. The forage potential for some mulberry clones in Brazil. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 157
- Almeida, J.E. & Fonseca, Tamara Canto. 2002c. The high-trunk mulberry system in tropical climates. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 125
- Ambika, P.K.; Das, P.K.; Katiyar, R.S. & Choudhury, P.C. 1994. The influence of vesicular arbuscular mycorrhizal association on growth, yield and nutrient uptake in some mulberry genotypes (*Morus* spp.). **Indian Journal of Sericulture**. 33 (2):166
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (11<sup>th</sup> ed.). Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C.
- Araya, J.; Benavides, J.E.; Arias, R. & Ruiz, A. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. J.E. Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 1, p. 31
- Arias, E. & Sánchez, M.D. 2002. La morera como frutal. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Armand, D. 1994. Modeles pour estimation rapide de la biomasse foliaire de *Morus alba* (cv. Kokuso 21) croissant en conditions diverses. **Cahiers Option Mediterraneennes**. 4:147
- Armand, D. & Meuret, M. 1995. Culture en sec et utilisation en élevage de *Morus alba* "Kokuso 21" en Provence. Rapport final (1991-1994). INRA. Avignon, France
- Benavides, J.E. 1994. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Resúmenes I Taller Internacional "Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 12
- Benavides, J.E. 1986. Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de morera (*Morus alba*) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*). En: Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes

- menores, cabras y ovejas. Proyecto Sistemas de Producción Animal. Technical report No. 67. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 40
- Benavides, J.E. 2000. La morera, un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. **Pastos y Forrajes**. 23:1
- Benavides, J.E. 2002. Utilization of mulberry in animal production systems. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 291
- Benavides, J.E.; Borel, R. & Esnaola, M.A. 1986. Evaluación de la producción de forraje del árbol de morera (*Morus* sp.) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. En: Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas. Proyecto Sistemas de Producción Animal. Technical report No. 67. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 74
- Benavides, J.E.; Lachaux, M. & Fuentes, M. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de morera (*Morus* sp.). En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. J.E. Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 2. p. 495
- Benavides, J.E.; Rodríguez, R.A. & Borel, R. 1994. Producción y calidad del forraje king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) y poró (*Erythrina poeppigiana*) en asociación. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. J.E. Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 2. p. 441
- Biswas, S.; Mandal, S.K.; Teotia, R.S.; Nair, B.P. & Sengupta, K. 1995. Intensity of mulberry powdery mildew in best Bengal with some measure to control. **Indian Journal of Sericulture**. 34 (2):114
- Bonciarelli, F. & Santilocchi, R. 1980. Primi risultati di prove con arbusti forraggeri de pascolo. **Rivista de Agronomia**. 14:21
- Boschini, C. 2002a. Nutritional quality of mulberry cultivated for ruminant feeding. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 171
- Boschini, C. 2002b. Establishment and management of mulberry for intensive forage production. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 115
- Boschini, C.; Dormond, H. & Castro, A. 1998. Producción de biomasa de la morera (*Morus alba*) en la meseta central de Costa Rica. **Agronomía Mesoamericana**. 9 (2):31
- Boschini, C.; Dormond, H. & Castro, A. 1999. Respuesta de la morera (*Morus alba*) a la fertilización nitrogenada, dos distancias de siembra y a la defoliación. **Agronomía Mesoamericana**. 10 (2):7

- Cáceres, O.; Ojeda, F.; González, E.; Arece, J.; Simón, L.; Lamela, L.; Milera, Milagros; Iglesias, J.M.; Esperance, M.; Montejo, I.L. & Soca, Mildrey. 2002. Valor nutritivo de recursos forrajeros tropicales para los rumiantes. [cd-rom]. Tablas de valor nutritivo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Cáceres, O. & Santana, H. 1990. Valor nutritivo de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham en diferentes momentos del año. **Pastos y Forrajes**. 13:197
- Cappelozza, L. 2002. Mulberry germplasm resources in Italy. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 97
- Casanova, E.; Carranzas, A.; Caballeros, C.; Novoa, R. & Valera, R. 2002. Evaluación de la suplementación de dos niveles de morera (*Morus alba*) en vacas lecheras. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- CASH FLOW. 1986. Cash Flow and Sensitivity Analysis Program. Version 3.5. Department of Forest Resources. University of Minnesota. USA
- Cereti, C.F.; Rossini, F. & Francia, U. 2002. Measurement of mulberry shrubs grazed by cattle. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 231
- Chen, B. 2001. Regional distribution of mulberry varieties in Anhui province. Mulberry for animal feeding in China. Proceedings of a Workshop. Hangzhou, P.R. China. p. 55
- Cifuentes, C.A. & Sohn, K.W. 1998. Manual técnico de sericultura: Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Convenio SENA-CDTS. Colombia. 438 p.
- Das, P.K.; Choudhury, P.C.; Ghosh, A.; Katiyar, R.S.; Rao, G.R.M.; Mathur, V.B.; Mazamder, M.K. & Madhava Rao, Y.R. 1994. Studies on the effect of bacterial biofertilizers in irrigated mulberry (*Morus alba* L.). **Indian Journal of Sericulture**. 33 (2):170
- Das, P.K.; Katiyar, R.S.; Gowda, M.H.; Fathima, P.S. & Choudhury, P.C. 1995. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation on growth and development of mulberry (*Morus* spp.) saplings. **Indian Journal of Sericulture**. 34 (1):15
- Datta, R.K. 2002. Mulberry cultivation and utilization in India. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 45
- Datta, R.K.; Sarkar, A.; Rama Mohan Rao, P. & Singhui, N.R. 2002. Utilization of mulberry as animal fodder in India. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 183

- Devendra, C. 1992. Nutritional potential of fodder trees and shrubs as protein sources in ruminant nutrition. In: Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 95
- Diccionario enciclopédico Espasa. 1984. Tomo 9. Novena edición. Espasa-Calpe, S.A. Madrid. p. 84
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F. test. ***Biometrics***. 11:1
- Espinoza, E. & Benavides, J.E. 1996. Efecto del sitio y de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del forraje de tres variedades de morera (*Morus alba* L.). ***Agroforestería en las Américas***. 3 (11-12):24
- Esquivel, J.; Benavides, J.E.; Hernández, I.; Vasconcelos, J.; González, J. & Espinoza, E. 1996. Efecto de la sustitución de concentrado con morera (*Morus alba*) sobre la producción de leche en vacas en pastoreo. Resúmenes II Taller Internacional "Los Árboles en los Sistemas de Producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 25
- Ezenwa, I. & Kitahara, N. 2001. Dry matter degradation of the leaves of eleven varieties in the rumen of cattle and changes during the grazing season. ***Grassland Science***. 47 (3):245
- FAO. 1988. Mulberry cultivation. FAO Agricultural Services Bulletin No. 73/1. Rome. 127 p.
- Fathima, P.S.; Das, P.K. & Katiyar, R.S. 2000. Effect of different levels and sources of phosphorus on VA mycorrhizal root colonization and spore load in mulberry (*Morus alba* L.). ***Crop Research***. 20 (3):504
- Fernández, E. 1935. El cultivo de la morera. ***Revista de Agricultura, Comercio y Trabajo***:94
- Fonseca, Tamara Canto; Cuco, Silvia Marina & Machado, Sylvania. 2000. Aspectos da morfologia floral da amoreira (*Morus alba* L.). ***Boletim de Indústria Animal***. 57:33
- Francisco, Geraldine. 2002. Manejo de las defoliaciones de *Albizia lebbek* para la producción de biomasa. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 80 p.
- Francisco, Geraldine & Hernández, I. 1998. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth y Walp., árbol multipropósito para una ganadería sostenible. ***Pastos y Forrajes***. 21:191
- García, D.E. 2003. Efecto de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 120 p.
- García, D.E.; Ojeda, F. & Pérez, Guadalupe. 2002. Comportamiento fitoquímico de cuatro variedades de *Morus alba* en suelo Ferralítico Rojo con fertilización. [cd-rom]. Memorias V

- Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- García, F. 2002. Efecto de la sustitución del concentrado por follaje de morera (*Morus alba*) sobre la ganancia media diaria (GMD) de terneras en desarrollo. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- García, F.; Mederos, Ma. Lourdes; Salinas, A. & Reyes, Julia. 2002. Utilización de la harina de hoja de morera peletizada como sustituto de concentrado en la ceba cunícula. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- García-Trujillo, R. & Pedroso, Dulce Ma. 1989. Alimentos para rumiantes. Tablas de valor nutritivo. EDICA. La Habana, Cuba. 40 p.
- Gómez, A. 1999. Evaluación práctica de la producción de semillas de morera (*Morus alba*) en condiciones de producción. [cd-rom]. Sistemas silvopastoriles: La experiencia cubana. I Taller Internacional de Morera "La morera (*Morus alba*). Oportunidades y posibilidades de uso para la alimentación animal". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Gong, L.; Ren, D.J. & Wang, Y. 1995. Studies on the solar energy utilization of mulberry fields with different planting densities. *Sericología*. 35 (3):497
- González, E.; Arece, J. & Cáceres, O. 2000. Evaluación comparativa de dos sistemas contrastantes para la crianza de corderos en crecimiento-ceba: Primeros resultados. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 485
- González, E. & Cáceres, O. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes*. 25:15
- González, E.; Delgado, Denia & Cáceres, O. 1998. Rendimiento, calidad y degradabilidad ruminal potencial de los principales nutrientes en el forraje de la morera (*Morus alba*). Memorias III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 69
- González, E.; Martín, G.; Albanell, E.; Caja, G. & Rosas, N. 2002. Composición nutritiva del forraje de morera (*Morus alba* var. Tigreada) ante diferentes frecuencias de corte y niveles de fertilización. II. Pared celular. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- González, E.; Ortega, Marianela; Cáceres, O. & Arece, J. 1999. Efecto de diferentes niveles de morera en el consumo y crecimiento de cabritas destetadas en confinamiento total. [cd-rom].

- Sistemas silvopastoriles: La experiencia cubana. I Taller Internacional de Morera "La morera (*Morus alba*). Oportunidades y posibilidades de uso para la alimentación animal". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Gutiérrez, Odilia. 1991. Metabolismo mineral: Indicadores corporales del status mineral del ganado bovino. **ACPA** 1:20
- Hernández, A. & col. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. Ciudad de La Habana, Cuba. 64 p.
- Hernández, I. 2000. Utilización de las leguminosas arbóreas *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbek* y *Bauhinia purpurea* en sistemas silvopastoriles. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 138 p.
- Hernández, I. & Babbar, Liana. 2001. Sistemas de producción animal intensivos y el cuidado del medio ambiente: Situación actual y oportunidades. **Pastos y Forrajes**. 24:281
- Hernández, I. & Simón, L. 1994. Razones para emplear plantas perennes leñosas en la ganadería vacuna. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 44 p.
- Hughell, D.A. 1990. Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de cuatro especies de árboles de uso múltiple en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 70 p.
- Huo, Y. 2002. Mulberry cultivation and utilization in China. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 11
- Iglesias, J.M. 2003. Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Jegou, D.; Waelput, J.J. & Brunshwig, G. 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de morera (*Morus sp.*) y amapola (*Malvaviscus arboreus*) en cabras lactantes. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. J.E. Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 1. p. 155
- Jiménez, Maribel; Aguirre, J.; Ibrahim, M. & Pezo, D. 1998. Efecto de la suplementación con morera (*Morus alba*) en la ganancia de peso posdestete de terneros de lechería. **Agroforestería en Las Américas**. 5 (17):24
- Kabir, N.E.; Roy, I. & Ray, D. 1991. Effect of combinations of organic materials and nitrogen fertilizer on growth and yield of mulberry. **Indian Agriculturist**. 25 (2):81
- Kitahara, N. 2001. Mulberry-pasture association system in Japan. Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China. Hangzhou, P.R. China. p. 27



- Kitahara, N.; Shibata, S.; Kawano, M.; Takahashi, S. & Nishida, T. 2002. Utilization and management of mulberry (*Morus* sp.) for forages. 2. Survivals of mulberry trees harvested by cattle browsing and clipping. **Grassland Science**. 48 (5):412
- Kitahara, N.; Shibata, S. & Nishida, T. 2002. Management and utilization of mulberry for forages in Japan. 1. Productivity of mulberry-pasture association systems and nutritive value of mulberry. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 235
- Kitahara, N.; Shibata, S.; Takahashi, S. & Nishida, T. 2002. Utilization and management of mulberry (*Morus* sp.) for forages. 1. Productivity of mulberry-pasture association systems. **Grassland Science**. 48 (1):1
- Lea, H.Z. & Lee, W.C. 2001. Feasibility of the utilization of mulberry leaves as feed in Korea. Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China. Hangzhou, P.R. China. p. 12
- Leiva, Liliam; López, J.L. & Quiñónez, Yoilán. 2002. Digestibilidad y comportamiento de cerdos de preceba alimentados con harina de morera. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Lezcano, J.C. 1999. Las enfermedades en plantas arbóreas de interés para la ganadería. **Pastos y Forrajes**. 22:159
- Lezcano, J.C. & Alonso, O. 2002. Un patógeno foliar en variedades de morera introducidas en Cuba. **Pastos y Forrajes**. 25:299
- Li, Y. 2001. An important topic for discussion: Utilization of mulberry leaves and production of animal fibers. Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China. Hangzhou, P.R. China. p. 8
- Libreros, H.; Benavides, J.E.; Kass, D. & Pezo, D. 1994. Productividad de una plantación asociada a poró (*Erythrina poeppigiana*) y king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*). II. Movilización de minerales. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. J.E. Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 2. p. 475
- Lim, S.; Young-Taek, K. & Sang-Poong, L. 1990. Sericulture training manual. (Eds. R. Jan; L. Jung-Sung & L. Byung-Ho). FAO. Agricultural Services Bulletin No. 80. 117 p.
- Liu, D. 1995. Biology and control test of *Paratylenchus dianthus*. **Acta Phytopathologica Sinica**, 25 (3):271
- Liu, J.X.; Yao, J.; Yan, B.J.; Shi, Z.Q.; Wang, X.W. & Yu, J.Q. 2002. Mulberry leaf supplement for sheep fed ammoniated rice straw. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 189

- Machado, R.; Milera, Milagros; Menéndez, J. & García-Trujillo, R. 1978. *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* Lam de Wit). **Pastos y Forrajes**. 1:321
- Machado, R. & Seguí, Esperanza. 1997. Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales de pastos y forrajes. **Pastos y Forrajes**. 20:1
- Machii, H. 2001. Taxonomy of mulberry and its cultivation and use in Japan. Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China. Hangzhou, P.R. China. p. 50
- Machii, H. 2002. Evaluation and utilization of mulberry for poultry production in Japan. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 241
- Machii, H.; Koyama, A. & Yamanouchi, H. 2002. Mulberry breeding, cultivation and utilization in Japan. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 63
- Machii, H.; Koyama, A.; Yamanouchi, H.; Matsumoto, K.; Kobayashi, S. & Katagiri, K. 2001. A list of morphological and agronomical traits of mulberry genetic resources. In: Miscellaneous publication of the National Institute of Sericultural and Entomological Science. Tsukuba, Ibaraki, Japan. p. 307
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1998. Do tannins in leaves of trees and shrubs from Africa and Himalayan regions differ in level and activity?. **Agroforestry**. 40 (1):59
- Martín, G.; García, F.; Reyes, F.; Hernández, I.; González, E. & Milera, Milagros. 2000. Estudios agronómicos realizados en Cuba en *Morus alba*. **Pastos y Forrajes**. 23:323
- Martín, G.; Milera, Milagros; Iglesias, J.M.; Simón, L. & Hernández, I. 2000. Sistemas silvopastoriles para la producción ganadera en Cuba. En: Intensificación de la ganadería en Centroamérica: Beneficios económicos y ambientales. (Eds. C. Pomareda & H. Steinfeld). CATIE-FAO-SIDE-Nuestra Tierra. San José, Costa Rica. p. 247
- Martín, G.; Reyes, F.; Hernández, I. & Milera, Milagros. 2002. Agronomic studies with mulberry in Cuba. In: Mulberry for animal production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 103
- McDowell, L.R.; Conrad, J.H. & Ellis, G.L. 1988. Deficiencias y toxicidades de minerales en animales en pastoreo en la América Latina. **ACPA**. 3:28
- Medina, María G.C. 2004. Comportamiento agronómico de una asociación de *Morus alba* (Linn.) con *Panicum maximum* en condiciones de pastoreo simulado. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 95 p.
- Milera, Milagros; Martín, G.; Sánchez, Tania; Hernández, I. & Fernández, E. 1999. Utilización del forraje de morera en la alimentación del ganado vacuno. [cd-rom]. Sistemas

- silvopastoriles: La experiencia cubana. I Taller Internacional de Morera "La morera (*Morus alba*). Oportunidades y posibilidades de uso para la alimentación animal". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Morataya, R. & Galloway, Glenn. 1998. Relaciones entre follaje y albura en *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, aplicación de la Teoría del Modelo Vascular e implicaciones de manejo. **Revista Forestal Centroamericana**. 7 (22):21
- Ojeda, F.; Montejo, I.L. & Pérez, Guadalupe. 2000. Estudio de la ensilabilidad de la morera. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 218
- Omar, S.S.; Shayo, C.M. & Udén, P. 1998. Voluntary intake and digestibility of mulberry (*Morus alba*) diets by goats. In: The potential of mulberry (*Morus alba*) as fodder tree for goats in semi-arid Tanzania. M.Sc. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences
- Oviedo, F.J. 1995. Morera (*Morus* sp.) en asocio con poró (*Erythrina poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 86 p.
- Oviedo, F.J.; Benavides, J.E. & Vallejo, M. 1994. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal con cabras en el trópico húmedo. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. J.E. Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 2. p. 601
- Pacheco, D.; Lara, P.E. & Sanginés, R. 2002. Niveles crecientes de morera (*Morus alba*) en la ración de ovinos da engorda. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Papanastasis, V.P.; Platis, P.D. & Dini-Papanastasis, O. 1997. Comparative productivity of deciduous woody fodder species and its relation to air temperature and precipitation in a Mediterranean environment. **Agroforestry Systems**. 37:187
- Patra, K.N. & Shankar, M.A. 1998. Response of mulberry varieties to spacing and nitrogen levels under rainfed condition. **Mysore J. Agriculture Science**. 32:51
- Philip, T. & Govindaiah, S.N. 1995. *Pestalotiopsis disseminate* (Thum.) Steyaert a new pathogen on mulberry. **Indian Journal of Sericulture**. 34 (2):159
- Phiny, C.; Preston, T.R. & Ly, J. 2003. Mulberry (*Morus alba*) leaves as protein source for young pigs fed rice-based diets: Digestibility studies. **Livestock Research for Rural Development**. 15 (1)
- Pizarro, E.A.; Ramos, A.K. & Almeida, J.E. de. 1997. Una nueva alternativa *Morus* spp. como arbustiva forrajera. **Pasturas Tropicales**. 19 (3):42

- Pozo, P.P. del. 1998. Análisis del crecimiento del pasto estrella (*C. nlemfuensis*) bajo condiciones de corte y pastoreo. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana-Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 104 p.
- Prieto, Marlene; Mesa, A.R. & Cepero, L. 1999. Estudios preliminares sobre micropropagación de *Morus alba*. Una nueva contribución para el ecosistema ganadero. Resúmenes III Taller Juvenil Nacional de Investigación y Extensión Ganadera. Estación Experimental de Suelos y Fertilizantes. Cienfuegos, Cuba. p. 25
- Ramos, T.O.; Lara, L.P.E.; Rivera, L.J.A. & Sanginés, G.J.R. 2002. Mulberry production with swine lagoon effluent. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 261
- Reyes, F.; Milera, Milagros & Matías, C. 2000. Efecto del intercalamiento de leguminosas temporales en el establecimiento de morera (*Morus alba*). **Pastos y Forrajes**. 23:219
- Ríos, Leila; Rondón, Zoraida & Combellas, Josefina de. 2000. Situación del concentrado de morera (*Morus sp.*) y gliricidia (*Gliricidia sepium*) fresca como suplemento de corderos en crecimiento. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 348
- Rodríguez, C.; Arias, R. & Quiñones, J. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de morera (*Morus sp.*). En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. J.E. Benavides). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 2. p. 515
- Rojas, H.; Benavides, J.E. & Fuentes, M. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de morera. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. J.E. Benavides)). CATIE. Turrialba, Costa Rica. Vol. 2. p. 305
- Salas, B.J.E. & Agramonte, P.D. 2002. Establecimiento *in vitro* de morera (*Morus alba* L.) variedad Criolla o Cubana. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Sánchez, M.D. 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 1
- Sannappa, B.; Devaiah, M.C.; Govidan, R. & Krishna Prasad, N.K. 2002. Influence of nitrogenous source fertilizers on yield and foliar constituents of rainfed mulberry. **Mysore J. Agriculture Science**. 34:147
- SAS. 1999. Statistical Analysis System. Version 8.0. SAS Institute, Inc. Cary, N.C., USA

- Satiya, Sharma; Mira, Madan; Sharma, S. & Madan, M. 1994. Potential of mulberry (*Morus alba*) biomasa. **Journal of Scientific and Industrial Research**. 53 (9):710
- Schmiddek, Anita; Takahashi, R.; Nuñez de Medeiros, A. & de Resende, K.T. 2002. Potential and effective degradation of mulberry clones in goats. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 213
- Shankar, M.A. & Rangaswamy, B.T. 1999. Effect of applied nitrogen and potassium on mulberry leaf yield and quality in relation to silkworm cocoon characters. **Better Crops International**. 13 (2):20
- Shayo, C.M. 1997. Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid areas of central Tanzania. **Tropical Grasslands**. 31 (6):599
- Shayo, C.M. 2002. The potential of mulberry as feed for ruminants in central Tanzania. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 131
- Shelton, H.M. & Brewbaker, J.L. 1994. *Leucaena leucocephala* -the most widely used forage tree legumes. En: Forage tree legumes in tropical agriculture. (Eds. R.C. Gutteridge & H.M. Shelton). CAB Internacional. Wallingford, UK. p. 15
- Simón, L (Ed.). 1998. Los árboles y arbustos en la ganadería. Tomo 1. Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 56 p.
- Singh, B. & Makkar, H.P.S. 2002. The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 139
- Siswanto, B. 1994. Effect of dosage and time of application of nitrogen and potassium fertilizers on the production and quality of mulberry (*Morus alba* L.) leaves. **Agrivita**. 17 (2):86
- Smith, O.B. 1992. Fodder trees and fodder shrubs in range and farming systems in tropical humid Africa. In: Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 43
- Soca, Mildrey & Simón, L. 1995. *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. (algarrobo de olor). **Pastos y Forrajes**. 21:101
- Subbaraayappa, C.T.; Gowda, S.K.K.; Muniyapp, T.V. & Manjunata, T.V. 1995. Effect of different sources of nitrogenous fertilizers on the yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba* Linn). **Mysore J. of Agricultural Science**. 29 (1):47
- Takahashi, R. & Kronka, R.N. 1989. Effects of various fertilizer treatments on mulberry (*Morus alba*) production. **Boletim de Indústria Animal**. 46 (1):157

- Talamucci, P. & Pardini, A. 1993. Possibility of combined utilization of *Morus alba* and *Trifolium subterraneum* in the Tuscan Moremman (Italy). REUR Technical Series No. 28. 206 p.
- Talamucci, P.; Pardini, A. & Argenti, G. 2002. Effects of grazing animals and cutting on the production and intake of a mulberry-subterranean clover association. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 223
- Tikader, A.; Roychowdhuri, S.; Mishra, A.K. & Das, C. 1993. Foliage yield of different varieties of mulberry (*Morus* species) grown at two spacings in hill of west Bengal. ***Indian Journal of Agricultural Science***. 63 (1):36
- Uribe, F. 2002. Mulberry for rearing dairy heifers. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 203
- Vargas, S.; Franco, R.; Suárez, D.; Quiñones, R.; Ríos, L.; Artilles, J. & Rodríguez, E. 2002. Comportamiento productivo de ovinos mestizos Pelibuey en crecimiento, utilizando dos niveles de morera (*Morus alba*) y CT-115 (hierba elefante cubana) como forraje base. [cd-rom]. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril. I Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba
- Yan, B.; Liu, J. & Yao, J. 2001. Nutricional evaluation of mulberry leaves as feed for ruminants. Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China. Hangzhou, P.R. China. p. 36
- Ye, Z. 2001. The distribution and utilization of mulberry tree in China. Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China. Hangzhou, P.R. China. p. 45
- Ye, W. & Ye, C. 2001. Nutritional value of mulberry leaves and perspectives as feed. Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China. Hangzhou, P.R. China. p. 29
- Ye, Z. 2002. Factors influencing mulberry leaf yield. In: Mulberry for Animal Production. FAO Animal Production and Health Paper. FAO, Rome. p. 123
- Zhu, X. & Lu, H. 2001. Composition and medical value of mulberry leaves. Proceedings of a Workshop. Mulberry for animal feeding in China. Hangzhou, P.R. China. p. 58

**ANEXOS**

Anexo 1. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca de las hojas de diferentes variedades de morera en Cuba.

Factor	Variedad <sup>1</sup>				Promedio
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
Fertilización <sup>2</sup>					
100	6,01	5,94	6,13	6,24	6,08 <sup>c</sup>
300	6,97	6,72	6,80	6,79	6,82 <sup>b</sup>
500	7,35	7,03	7,20	7,63	7,30 <sup>a</sup>
Frecuencia de corte <sup>3</sup>					
60	6,29	5,74	6,50	6,08	6,15 <sup>b</sup>
90	7,45	6,94	6,57	7,34	7,08 <sup>a</sup>
120	6,59	7,01	7,06	7,23	6,97 <sup>a</sup>
Año <sup>4</sup>					
1	7,92	8,19	7,87	8,33	8,08 <sup>a</sup>
2	7,15	6,73	6,69	6,78	6,84 <sup>b</sup>
3	6,06	5,63	5,90	6,04	5,91 <sup>c</sup>
4	5,97	5,70	6,38	6,40	6,11 <sup>c</sup>
Promedio	6,78	6,56	6,71	6,89	
Época <sup>5</sup>					
Lluvia	5,14	4,91	5,12	5,19	5,08 <sup>a</sup>
Seca	1,73	1,44	1,42	1,53	1,58 <sup>b</sup>

a,b,c Medias con diferentes superíndices en cada factor difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> indican EE  $\pm$  de cada factor: 1=0,07<sup>ns</sup>; 2=0,06<sup>\*\*\*</sup>; 3=0,06<sup>\*\*\*</sup>; 4=0,07<sup>\*\*\*</sup>; 5=0,03<sup>\*\*\*</sup>

Anexo 2. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca del tallo tierno de diferentes variedades de morera en Cuba.

Factor	Variedad <sup>1</sup>				Promedio
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
Fertilización <sup>2</sup>					
100	1,56	1,27	1,32	1,23	1,35 <sup>b</sup>
300	1,61	1,27	1,50	1,32	1,43 <sup>ab</sup>
500	1,64	1,35	1,52	1,44	1,49 <sup>a</sup>
Frecuencia de corte <sup>3</sup>					
60	1,87	1,42	1,59	1,47	1,59 <sup>a</sup>
90	1,71	1,37	1,43	1,32	1,46 <sup>b</sup>
120	1,22	1,10	1,33	1,20	1,21 <sup>c</sup>
Año <sup>4</sup>					
1	1,69	1,30	1,54	1,36	1,47 <sup>b</sup>
2	1,62	1,31	1,38	1,31	1,41 <sup>b</sup>
3	1,32	1,03	1,18	1,10	1,16 <sup>c</sup>
4	1,78	1,56	1,70	1,55	1,65 <sup>a</sup>
Promedio	1,60 <sup>a</sup>	1,30 <sup>c</sup>	1,45 <sup>b</sup>	1,33 <sup>c</sup>	
Época <sup>5</sup>					
Lluvia	1,05	0,92	1,01	0,92	0,98 <sup>a</sup>
Seca	0,74	0,47	0,50	0,48	0,55 <sup>b</sup>

a,b,c Medias con diferente superíndice en cada factor difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

<sup>1,2,3,4,5</sup> indican EE  $\pm$  de cada factor: 1=0,03\*\*\*; 2=0,02\*\*\*; 3=0,02\*\*\*; 4=0,03\*\*\*; 5=0,01\*\*\*



Anexo 3. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca de la biomasa comestible de diferentes variedades de morera en Cuba.

Factor	Variedad <sup>1</sup>				Promedio
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
Fertilización <sup>2</sup>					
100	7,57	7,06	7,46	7,47	7,39 <sup>c</sup>
300	8,58	7,86	8,30	8,11	8,21 <sup>b</sup>
500	8,99	8,25	8,72	9,06	8,76 <sup>a</sup>
Frecuencia de corte <sup>3</sup>					
60	8,16	7,00	8,09	7,55	7,70 <sup>c</sup>
90	9,17	8,17	8,00	8,66	8,50 <sup>a</sup>
120	7,81	8,00	8,38	8,43	8,16 <sup>b</sup>
Año <sup>4</sup>					
1	9,61	9,49	9,42	9,69	9,55 <sup>a</sup>
2	8,78	8,04	8,07	8,09	8,24 <sup>b</sup>
3	7,38	6,10	7,08	7,14	6,92 <sup>d</sup>
4	7,75	7,26	8,07	7,94	7,76 <sup>c</sup>
Promedio <sup>5</sup>	8,38 <sup>a</sup>	7,72 <sup>b</sup>	8,16 <sup>a</sup>	8,22 <sup>a</sup>	
Época					
Lluvia	6,19	5,68	6,13	6,10	6,02 <sup>a</sup>
Seca	2,47	1,91	1,92	2,00	2,13 <sup>b</sup>

a,b,c,d Medias con diferente superíndice en cada factor difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> indican EE  $\pm$  de cada factor: 1=0,08\*\*\*; 2=0,07\*\*\*; 3=0,07\*\*\*; 4=0,08\*\*\*; 5=0,03\*\*\*

Anexo 4. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca del tallo leñoso de diferentes variedades de morera en Cuba.

Factor	Variedad <sup>1</sup>				Promedio
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
Fertilización <sup>2</sup>					
100	7,51	5,63	5,50	5,31	5,99 <sup>c</sup>
300	9,12	7,05	6,47	6,38	7,25 <sup>b</sup>
500	9,72	7,76	7,16	7,27	7,98 <sup>a</sup>
Frecuencia de corte <sup>3</sup>					
60	3,89	3,02	3,26	3,13	3,33 <sup>c</sup>
90	9,52	7,03	6,14	6,65	7,33 <sup>b</sup>
120	12,94	10,39	9,72	9,19	10,56 <sup>a</sup>
Año <sup>4</sup>					
1	12,09	9,85	9,31	8,86	10,03 <sup>a</sup>
2	7,49	5,83	5,30	5,39	6,00 <sup>c</sup>
3	8,47	6,88	5,90	5,73	6,75 <sup>b</sup>
4	7,07	4,69	4,99	5,31	5,51 <sup>d</sup>
Promedio	8,78 <sup>a</sup>	6,81 <sup>b</sup>	6,37 <sup>b</sup>	6,32 <sup>b</sup>	
Época <sup>5</sup>					
Lluvia	6,06	4,60	4,39	4,52	4,89 <sup>a</sup>
Seca	0,64	0,42	0,36	0,42	0,46 <sup>b</sup>

a,b,c,d Medias con diferente superíndice en cada factor difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> indican EE  $\pm$  de cada factor: 1=0,09\*\*\*; 2=0,08\*\*\*; 3=0,08\*\*\*; 4=0,09\*\*\*; 5=0,03\*\*\*

Anexo 5. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el rendimiento de materia seca total de diferentes variedades de morera en Cuba.

Factor	Variedad <sup>1</sup>				Promedio
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
Fertilización <sup>2</sup>					
100	15,19	12,88	13,00	12,87	13,48 <sup>c</sup>
300	17,77	15,12	14,87	14,56	15,58 <sup>b</sup>
500	18,79	16,20	15,96	16,40	16,84 <sup>a</sup>
Frecuencia de corte <sup>3</sup>					
60	12,08	10,21	11,33	10,67	11,07 <sup>c</sup>
90	18,91	15,47	14,39	15,54	16,08 <sup>b</sup>
120	20,75	18,52	18,11	17,62	18,75 <sup>a</sup>
Año <sup>4</sup>					
1	21,70	19,34	18,72	18,55	19,58 <sup>a</sup>
2	16,27	13,87	13,37	13,49	14,25 <sup>b</sup>
3	16,20	13,77	13,29	13,15	14,10 <sup>b</sup>
4	14,82	11,95	13,06	13,25	13,27 <sup>c</sup>
Promedio	17,25 <sup>a</sup>	14,73 <sup>b</sup>	14,61 <sup>b</sup>	14,61 <sup>b</sup>	
Época <sup>5</sup>					
Lluvia	12,38	10,51	10,58	10,68	11,03 <sup>a</sup>
Seca	3,12	2,33	2,28	2,43	2,59 <sup>b</sup>

a,b,c Medias con diferente superíndice en cada factor difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> indican EE  $\pm$  de cada factor: 1=0,16\*\*\*; 2=0,14\*\*\*; 3=0,14\*\*\*; 4=0,16\*\*\*; 5=0,06\*\*\*

Anexo 6. Efecto de la fertilización (kg N/ha/año) y la frecuencia de corte, en el porcentaje de supervivencia de cuatro variedades de morera cultivadas durante cinco años en Cuba.

Factor	Variedad <sup>1</sup>				Promedio
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
Fertilización <sup>2</sup>					
100	99,5	98,7	98,6	98,7	98,9
300	99,5	98,2	98,8	98,8	98,8
500	99,7	98,0	99,3	99,0	99,0
Frecuencia de corte <sup>3</sup>					
60	99,5	97,4	99,1	98,6	98,6
90	99,3	98,6	99,0	99,2	99,0
120	99,9	99,0	98,7	98,7	99,1
Promedio	99,6 <sup>a</sup>	98,3 <sup>b</sup>	98,9 <sup>ab</sup>	98,8 <sup>b</sup>	

a,b Medias con diferente superíndice en cada factor difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

<sup>1,2,3</sup> indican EE  $\pm$  de cada factor: 1=0,25<sup>\*\*</sup>; 2=0,22<sup>ns</sup>; 3=0,22<sup>ns</sup>

Anexo 7. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en el número de ramas de diferentes variedades de morera en Cuba.

Factor	Variedad <sup>1</sup>				Promedio
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
Fertilización <sup>2</sup>					
100	14,46	9,12	10,74	9,01	10,83 <sup>b</sup>
300	15,43	9,13	11,12	10,14	11,46 <sup>ab</sup>
500	15,68	9,78	11,33	10,16	11,74 <sup>a</sup>
Frecuencia de corte <sup>3</sup>					
60	16,23	9,56	12,10	9,63	11,88 <sup>a</sup>
90	13,90	8,10	9,75	9,16	10,23 <sup>b</sup>
120	15,44	10,35	11,34	10,52	11,91 <sup>a</sup>
Año <sup>4</sup>					
1	11,93	6,78	7,64	7,05	8,35 <sup>d</sup>
2	17,86	11,53	13,93	11,78	13,77 <sup>a</sup>
3	14,58	9,22	10,98	9,88	11,17 <sup>c</sup>
4	16,38	9,83	11,71	10,38	12,07 <sup>b</sup>
Promedio	15,19 <sup>a</sup>	9,34 <sup>c</sup>	11,06 <sup>b</sup>	9,77 <sup>c</sup>	
Época <sup>5</sup>					
Lluvia	14,50	9,30	11,77	9,95	11,38 <sup>a</sup>
Seca	15,62	8,36	10,08	8,84	10,73 <sup>b</sup>

a,b,c Medias con diferentes superíndices en cada factor difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> indican EE ± de cada factor: 1=0,12\*\*\*; 2=0,11\*\*\*; 3=0,11\*\*\*; 4=0,12\*\*\*; 5=0,09\*\*\*

Anexo 8. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de calcio (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera, en el año inicial y final del período experimental.

Factor	CaH		CaTT	
	Año inicial	Año final	Año inicial	Año final
<b>Variedad</b>				
Indonesia	2,71 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	1,41 <sup>b</sup>	1,57 <sup>a</sup>
Cubana	2,52 <sup>b</sup>	2,35 <sup>a</sup>	1,48 <sup>ab</sup>	1,72 <sup>a</sup>
Acorazonada	2,53 <sup>b</sup>	1,86 <sup>b</sup>	1,52 <sup>ab</sup>	1,15 <sup>b</sup>
Tigreada	2,68 <sup>a</sup>	2,20 <sup>a</sup>	1,61 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>
ES ±	0,04 <sup>***</sup>	0,09 <sup>***</sup>	0,04 <sup>*</sup>	0,08 <sup>***</sup>
<b>Fertilización</b>				
100	2,57	2,17	1,49	1,55
300	2,61	2,14	1,57	1,40
500	2,65	2,27	1,46	1,50
ES ±	0,03 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
<b>Frecuencia de corte</b>				
60	2,35 <sup>b</sup>	2,00 <sup>b</sup>	1,49	1,55
90	2,71 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	1,58	1,50
120	2,77 <sup>a</sup>	2,14 <sup>b</sup>	1,45	1,40
ES ±	0,03 <sup>***</sup>	0,08 <sup>***</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
<b>Época</b>				
PLL	2,32 <sup>b</sup>	2,02 <sup>b</sup>	1,21 <sup>b</sup>	1,38 <sup>b</sup>
PPLL	2,73 <sup>a</sup>	2,43 <sup>a</sup>	1,85 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>
ES ±	0,03 <sup>***</sup>	0,07 <sup>***</sup>	0,03 <sup>***</sup>	0,07 <sup>**</sup>

a,b Medias con diferentes superíndices en cada variable difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

\* P<0,05

\*\* P<0,01

\*\*\* P<0,001

ns No significativo

Anexo 9. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de fósforo (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera, en el año inicial y final del período experimental.

Factor	PH		PTT	
	Año inicial	Año final	Año inicial	Año final
<b>Variedad</b>				
Indonesia	0,20	0,30	0,21	0,22
Cubana	0,20	0,28	0,18	0,21
Acorazonada	0,20	0,29	0,17	0,21
Tigreada	0,21	0,30	0,18	0,21
ES ±	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
<b>Fertilización</b>				
100	0,21	0,29	0,18	0,20
300	0,20	0,29	0,17	0,21
500	0,21	0,29	0,21	0,22
ES ±	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
<b>Frecuencia de corte</b>				
60	0,23 <sup>a</sup>	0,28	0,19	0,22
90	0,22 <sup>a</sup>	0,29	0,21	0,21
120	0,16 <sup>b</sup>	0,29	0,17	0,21
ES ±	0,01 <sup>***</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
<b>Época</b>				
PLL	0,26 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,21
PPLL	0,19 <sup>b</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,14 <sup>b</sup>	0,22
ES ±	0,01 <sup>***</sup>	0,01 <sup>*</sup>	0,02 <sup>***</sup>	0,01 <sup>ns</sup>

a,b Medias con diferentes superíndices en cada variable difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

\* P<0,05

\*\* P<0,01

\*\*\* P<0,001

ns No significativo

Anexo 10. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de potasio (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera, en el año inicial y final del período experimental.

Factor	KH		KTT	
	Año inicial	Año final	Año inicial	Año final
<b>Variedad</b>				
Indonesia	2,38	2,13 <sup>ab</sup>	2,09	1,73
Cubana	2,53	2,25 <sup>a</sup>	2,07	1,65
Acorazonada	2,49	2,00 <sup>b</sup>	2,18	1,70
Tigreada	2,48	2,06 <sup>b</sup>	2,02	1,68
ES ±	0,07 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>*</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
<b>Fertilización</b>				
100	2,29 <sup>b</sup>	2,07	1,82 <sup>b</sup>	1,61
300	2,53 <sup>a</sup>	2,15	2,21 <sup>a</sup>	1,74
500	2,59 <sup>a</sup>	2,10	2,23 <sup>a</sup>	1,72
ES ±	0,06 <sup>**</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>***</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
<b>Frecuencia de corte</b>				
60	2,47 <sup>b</sup>	2,24 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	1,71
90	2,67 <sup>a</sup>	1,99 <sup>b</sup>	1,89 <sup>b</sup>	1,67
120	2,28 <sup>c</sup>	2,10 <sup>ab</sup>	2,05 <sup>b</sup>	1,70
ES ±	0,06 <sup>***</sup>	0,05 <sup>**</sup>	0,06 <sup>***</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
<b>Época</b>				
PLL	2,72 <sup>a</sup>	2,06	2,09	1,89 <sup>a</sup>
PPLL	2,41 <sup>b</sup>	2,16	2,13	1,49 <sup>b</sup>
ES ±	0,06 <sup>***</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>***</sup>

a,b Medias con diferentes superíndices en cada variable difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

\* P<0,05

\*\* P<0,01

\*\*\* P<0,001

ns No significativo



Anexo 11. Efecto de la variedad, la fertilización (kg N/ha/año), la frecuencia de corte (días) y la época del año, en el contenido de ceniza (%) de las hojas y de los tallos tiernos de la morera, en el año inicial y final del período experimental.

Factor	CenH		CenTT	
	Año inicial	Año final	Año inicial	Año final
<b>Variedad</b>				
Indonesia	11,76 <sup>ab</sup>	11,48 <sup>b</sup>	6,85 <sup>a</sup>	6,58 <sup>ab</sup>
Cubana	11,38 <sup>c</sup>	10,41 <sup>c</sup>	6,40 <sup>b</sup>	6,08 <sup>b</sup>
Acorazonada	11,53 <sup>bc</sup>	11,66 <sup>ab</sup>	6,87 <sup>a</sup>	7,82 <sup>a</sup>
Tigreada	11,91 <sup>a</sup>	12,31 <sup>a</sup>	6,67 <sup>ab</sup>	6,09 <sup>b</sup>
ES ±	0,12 *	0,27 ***	0,13 *	0,50 *
<b>Fertilización</b>				
100	11,29 <sup>b</sup>	11,36	6,15 <sup>b</sup>	6,90
300	11,71 <sup>a</sup>	11,42	6,97 <sup>a</sup>	6,45
500	11,92 <sup>a</sup>	11,61	6,97 <sup>a</sup>	6,56
ES ±	0,11 ***	0,23 <sup>ns</sup>	0,11 ***	0,43 <sup>ns</sup>
<b>Frecuencia de corte</b>				
60	11,21 <sup>b</sup>	11,25	7,30 <sup>a</sup>	6,47
90	11,79 <sup>a</sup>	11,34	6,52 <sup>b</sup>	7,43
120	11,93 <sup>a</sup>	11,80	6,28 <sup>b</sup>	6,02
ES ±	0,11 ***	0,23 <sup>ns</sup>	0,11 ***	0,43 <sup>ns</sup>
<b>Época</b>				
PLL	12,43 <sup>a</sup>	11,91 <sup>a</sup>	7,91 <sup>a</sup>	7,49
PPLL	10,56 <sup>b</sup>	10,68 <sup>b</sup>	5,91 <sup>b</sup>	6,42
ES ±	0,11 ***	0,21 ***	0,10 ***	0,53 <sup>ns</sup>

a,b,c Medias con diferentes superíndices en cada variable difieren a P<0,05 (Duncan, 1955)

\* P<0,05

\*\* P<0,01

\*\*\* P<0,001

ns No significativo

Anexo 12. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para las frecuencias de corte de 60 y 90 días.

Frecuencia de corte	Variable	Término			R	R <sup>2</sup>	ES ±
		a (ES)	b (ES)	c (ES)			
60 días	RMSH	0,37(±0,02 <sup>***</sup> )	0,50(±0,01 <sup>***</sup> )	-	0,87	0,76	±0,39 <sup>***</sup>
	RMSH	0,11(±0,02 <sup>***</sup> )	1,0(±0,02 <sup>***</sup> )	-0,12(±0,01 <sup>***</sup> )	0,91	0,83	±0,32 <sup>***</sup>
	RMSBC	0,56(±0,02 <sup>***</sup> )	0,57(±0,01 <sup>***</sup> )	-	0,85	0,72	±0,49 <sup>***</sup>
	RMSBC	0,26(±0,02 <sup>***</sup> )	1,14(±0,03 <sup>***</sup> )	-0,13(±0,01 <sup>***</sup> )	0,89	0,79	±0,42 <sup>***</sup>
	RMSBT	0,43(±0,03 <sup>***</sup> )	1,07(±0,01 <sup>***</sup> )	-	0,91	0,83	±0,67 <sup>***</sup>
	RMSBT	0,10(±0,03 <sup>***</sup> )	1,70(±0,04 <sup>***</sup> )	0,15(±0,01 <sup>***</sup> )	0,93	0,86	±0,61 <sup>***</sup>
90 días	RMSH	0,68(±0,03 <sup>***</sup> )	0,50(±0,01 <sup>***</sup> )	-	0,87	0,76	±0,53 <sup>***</sup>
	RMSH	0,30(±0,04 <sup>***</sup> )	0,91(±0,03 <sup>***</sup> )	-0,64(±0,004 <sup>***</sup> )	0,90	0,81	±0,47 <sup>***</sup>
	RMSBC	0,98(±0,04 <sup>***</sup> )	0,54(±0,01 <sup>***</sup> )	-	0,84	0,71	±0,65 <sup>***</sup>
	RMSBC	0,52(±0,52 <sup>***</sup> )	1,03(±0,04 <sup>***</sup> )	-0,08(±0,005 <sup>***</sup> )	0,87	0,77	±0,57 <sup>***</sup>
	RMSBT	0,88(±0,07 <sup>***</sup> )	1,40(±0,02 <sup>***</sup> )	-	0,90	0,82	±1,25 <sup>***</sup>
	RMSBT	0,24(±0,09 <sup>***</sup> )	2,08(±0,07 <sup>***</sup> )	-0,11(±0,01 <sup>***</sup> )	0,92	0,84	±1,17 <sup>***</sup>

\*\*\* P<0,001

Anexo 13. Ecuaciones de regresiones lineales y cuadráticas para la frecuencia de corte de 120 días.

Frecuencia de corte	Variable	Término			R	R <sup>2</sup>	ES ±
		a (ES)	b (ES)	c (ES)			
120 días	RMSH	0,99(±0,06 <sup>***</sup> )	0,44(±0,02 <sup>***</sup> )	-	0,75	0,57	±0,85 <sup>***</sup>
	RMSH	0,33(±0,09 <sup>***</sup> )	0,89(±0,05 <sup>***</sup> )	-0,05(±0,01 <sup>***</sup> )	0,79	0,62	±0,79 <sup>***</sup>
	RMSBC	1,36(±0,07 <sup>***</sup> )	0,45(±0,02 <sup>***</sup> )	-	0,71	0,50	±0,99 <sup>***</sup>
	RMSBC	0,57(±0,11 <sup>***</sup> )	0,98(±0,06 <sup>***</sup> )	-0,06(±0,01 <sup>***</sup> )	0,75	0,57	±0,93 <sup>***</sup>
	RMSBT	1,34(±0,14 <sup>***</sup> )	1,61(±0,04 <sup>***</sup> )	-	0,86	0,74	±2,10 <sup>***</sup>
	RMSBT	-0,05(±0,23 <sup>ns</sup> )	2,56(±0,12 <sup>***</sup> )	-0,10(±0,01 <sup>***</sup> )	0,88	0,77	±2,00 <sup>***</sup>

\*\*\* P<0,001

ns No significativo

Anexo 14. Efecto de la fertilización (kg de N/ha/año), la frecuencia de corte (días), el año y la época del año, en la relación hoja-tallo de diferentes variedades de morera en Cuba.

	Variedad <sup>1</sup>				Promedio
	Indonesia	Cubana	Acorazonada	Tigreada	
Fertilización <sup>2</sup>					
100	0,77	0,97	1,04	1,06	0,96 <sup>a</sup>
300	0,75	0,95	1,01	0,98	0,92 <sup>b</sup>
500	0,75	0,91	0,94	0,98	0,9 <sup>b</sup>
Frecuencia de corte <sup>3</sup>					
60	1,12	1,34	1,42	1,36	1,31 <sup>a</sup>
90	0,68	0,85	0,91	0,95	0,85 <sup>b</sup>
120	0,48	0,64	0,66	0,71	0,62 <sup>c</sup>
Año <sup>4</sup>					
1	0,65	0,83	0,80	0,88	0,79 <sup>d</sup>
2	0,87	1,06	1,11	1,10	1,03 <sup>a</sup>
3	0,72	0,86	0,95	0,98	0,88 <sup>c</sup>
4	0,79	1,04	1,12	1,07	1,01 <sup>b</sup>
Promedio	0,76 <sup>c</sup>	0,95 <sup>b</sup>	1,00 <sup>a</sup>	1,01 <sup>a</sup>	
Época <sup>5</sup>					
Lluvia	0,81	1,01	1,06	1,05	0,98 <sup>b</sup>
Seca	1,45	1,85	1,96	1,93	1,80 <sup>a</sup>

a,b,c,d Medias con diferentes superíndices en cada variable difieren a  $P < 0,05$  (Duncan, 1955)  
<sup>1,2,3,4,5</sup> indican EE  $\pm$  de cada factor: 1=0,01\*\*\*; 2=0,01\*\*\*; 3=0,01\*\*\*; 4=0,01\*\*\*; 5=0,02\*\*\*