

**EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ALGUNAS VARIABLES EDAFOCLIMATICAS
Y PRODUCTIVAS DEL SISTEMA AGROFORESTAL CON QUILLOTOTO
Tecoma stans (L.) H.B.K, ACACIA AMARILLA *Acacia decurrens* Willd Y
KIKUYO *Pennisetum clandestinum* Hochst EN EL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN BOTANA, PASTO, NARIÑO**

**JAVIER FAJARDO GUERRERO
LIZETH MARIBELL VALLEJO GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO-COLOMBIA
2005**

**EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ALGUNAS VARIABLES EDAFOCLIMATICAS
Y PRODUCTIVAS DEL SISTEMA AGROFORESTAL CON QUILLOTOCTO
Tecoma stans (L.) H.B.K, ACACIA AMARILLA *Acacia decurrens* Willd Y
KIKUYO *Pennisetum clandestinum* Hochst EN EL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN BOTANA, PASTO, NARIÑO**

**JAVIER FAJARDO GUERRERO
LIZETH MARIBELL VALLEJO GONZALEZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**Presidente de Tesis
HUGO RUIZ I.A. M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO-COLOMBIA
2005**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanada del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

**Hugo Ruiz E. I.A. M.Sc.
Presidente de Tesis**

**Héctor Ordóñez J. I.F M.Sc
Delegado Asesor**

**Hernán Ojeda Z. M.Sc
Jurado**

**William Ballesteros I.AF M.Sc.
Jurado**

San Juan de Pasto, Agosto de 2005

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Hugo Ruiz Erazo I.A. M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración como Presidente de tesis, por su constante apoyo como profesional y como persona ya que gracias a sus valiosos aportes se lograron varios de los objetivos propuestos en la investigación.

Germán Arteaga Meneses I.A M.Sc. Decano de Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su apoyo al programa de Ingeniería Agroforestal.

Jorge Vélez Lozano I.AF Por compartirnos todos sus conocimientos y su colaboración para que este trabajo se realice de la mejor manera.

Roberto García Criollo I.Ac. Auxiliar de Laboratorio de Ingeniería por su ayuda e interés en la realización de este trabajo.

Héctor Ordóñez Jurado. I.F M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración como Delegado de tesis y por su constante apoyo como profesional.

William Ballesteros Possú I.AF M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración como Jurado de tesis y constante apoyo profesional.

Álvaro Castillo Marín I.A. Esp. Secretario Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración en los aspectos académicos referentes al trabajo de tesis.

Facultad de Ciencias Agrícolas - Universidad de Nariño, por servir como base e incentivo para culminar satisfactoriamente la carrera.

Personal administrativo del Centro de Investigación Agropecuario y Biológico de Botana, por su colaboración en la etapa inicial de este trabajo.

Lucio Legarda Burbano I.A M.Sc. Por su colaboración.

Silvana Yandar Erazo, Luís Fernando Romo Pérez, Mary Luz Descanse Vallejo, por ser amigos sinceros y colaborarnos en este trabajo.

DEDICATORIA

A Dios, porque me ha dado a mi familia, salud, fe e innumerables cosas que todas en conjunto han propiciado todos mis éxitos. Gracias.

A mis padres, hermanos y seres queridos por haberme apoyado y comprendido durante todos estos años. Además porque sin ellos este y muchos otros triunfos no serían posibles.

A Maribell por su amistad y compañerismo.

Finalmente a todas las personas que colaboraron de una o de otra forma en la realización de este trabajo.

JAVIER FAJARDO GUERRERO

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita bondad y sabiduría.

A mis padres por su comprensión y apoyo por que sin ellos este triunfo no hubiera sido posible.

A mis hermanos Mario, Fernando y Sebastián por ser amigos incondicionales.

A la memoria de Juan Manuel, que Dios lo tenga en su gloria.

A Luis Fernando y Luis Andrés por que son la luz que ilumina mi vida. Los Amo.

A la familia Romo Pérez por su cariño e incondicional apoyo.

A Javier por su entusiasmo y trabajo.

LIZETH MARIBELL VALLEJO GONZALEZ

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. MARCO TEORICO	25
1.1 LA AGROFORESTERIA	25
1.1.1 Sistemas Silvopastoriles	25
1.1.2 Bancos forrajeros de leñosas perennes	26
1.1.3 Papel de los Sistemas Agroforestales en la degradación del suelo.	26
1.1.4 El agua en Sistemas Agroforestales.	27
1.2 ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO	27
1.2.1 Humedad del suelo.	28
1.2.2 Resistencia a la penetración.	28
1.2.3 Conductividad hidráulica.	29
1.3 NUTRIENTES	30
1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES ARBOREAS	30
1.4.1 Quillotocto <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K.	30
1.4.2 Acacia amarilla <i>Acacia decurrens</i> Willd	32
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA PRADERA NATIVA	33
1.5.1 KIKUYO <i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst	33
1.6 PROBABILIDAD DE LLUVIA	34
1.7 EXPERIENCIAS	35
1.7.1 Experiencia del CATIE	35

1.7.2 Evaluación de un Sistema Silvopastoril de <i>Acacia decurrens</i> asociada con Pasto kikuyo <i>Pennisetum clandestinum</i> , en Clima Frío de Colombia	35
2. METODOLOGIA	37
2.1 LOCALIZACIÓN	37
2.2 DISEÑO DE MUESTREO	37
2.2.1 Análisis estadístico.	38
2.3 ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL SISTEMA	38
2.4 VARIABLES DE EVALUACIÓN	38
2.4.1 Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo.	38
2.4.2 Propiedades químicas del suelo.	40
2.4.3 Porcentaje de sobrevivencia.	40
2.4.4 Altura.	40
2.4.5 Diámetro basal.	41
2.4.6 Cobertura de copa.	42
2.4.7 Análisis bromatológico.	42
2.4.8 Historial de lluvias.	42
2.4.9 Cálculo de la probabilidad.	42
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	43
3.1.1 Humedad gravimétrica.	43
3.1.2 Resistencia a la penetración.	43
3.1.3 Conductividad hidráulica.	43
3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	44

3.3 PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA	46
3.4 VARIABLES DASOMÉTRICAS	47
3.4.1 <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K.	47
3.4.2 <i>Acacia decurrens</i> Willd.	56
3.5 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	65
3.6 PROBABILIDAD DE LLUVIA	66
3.6.1 Relación entre Precipitación e incremento en Altura de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K y <i>Acacia decurrens</i> Willd.	66
4. CONCLUSIONES	69
5. RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	75

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Rangos de Resistencia a la penetración.	29
Tabla 2. Rangos de Conductividad hidráulica.	29
Tabla 3. Porcentaje de sobrevivencia	46

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Panorámica del Sistema Agroforestal	38
Figura 2. Determinación de la Resistencia a la penetración	39
Figura 3. Medición de Altura de <i>Acacia decurrens</i> Willd	41
Figura 4. Medición de Diámetro basal de <i>Acacia decurrens</i> Willd	41
Figura 5. Correlación entre Altura (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 1	48
Figura 6. Correlación entre Altura (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 3	48
Figura 7. Correlación entre Altura (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con el grado de Resistencia a la penetrabilidad del suelo (MPa) en la época 3	49
Figura 8. Correlación entre Altura (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 1	50
Figura 9. Correlación entre Altura (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 2	50
Figura 10. Correlación entre Altura (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 3	50
Figura 11. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con el porcentaje de Humedad gravimétrica en la época 1	52
Figura 12. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con el porcentaje de Humedad gravimétrica en la época 3.	52
Figura 13. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con la Resistencia a la penetración (MPa) en la época 3	53
Figura 14. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 1	54

Figura 15. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 2	54
Figura 16. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 3	55
Figura 17. Correlación entre Altura (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 1	56
Figura 18. Correlación entre Altura (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 2	57
Figura 19. Correlación entre Altura (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 3	57
Figura 20. Correlación entre Altura (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Resistencia a la penetración del suelo (MPa) en la época 2	58
Figura 21. Correlación entre Altura (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Resistencia a la penetración del suelo (MPa) en la época 3	58
Figura 22. Correlación entre Altura (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 1	59
Figura 23. Correlación entre Altura (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 2	60
Figura 24. Correlación entre Altura (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 3	60
Figura 25. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 1	61
Figura 26. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 2	62
Figura 27. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 3	62
Figura 28. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Resistencia a la penetración del suelo (MPa) en la época 3	63
Figura 29. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 1	63

Figura 30. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 2	64
Figura 31. Correlación entre Diámetro basal (cm) de <i>Acacia decurrens</i> Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 3	64
Figura 32. Precipitación y Probabilidad Estación Botana (1983-2002)	67
Figura 33. Relación entre Precipitación (Año 2004) e Incremento en Altura de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K y <i>Acacia decurrens</i> Willd	68

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Historial de lluvias Estación Meteorológica de Botana (1983-2002)	76
Anexo B. Resultados de las propiedades físicas	77
Anexo C. Análisis de varianza para Humedad gravimétrica	78
Anexo D. Análisis de varianza para Resistencia a la penetración	80
Anexo E. Análisis de varianza para Conductividad hidráulica	81
Anexo F. Resultados de los Análisis de suelos	82
Anexo G. Resultados de las Variables dasométricas de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K	85
Anexo H. Análisis de Regresión múltiple para la variable Altura de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K	86
Anexo I. Análisis de Regresión múltiple para la variable Diámetro basal de <i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K	87
Anexo J. Resultados de las Variables Dasométricas de <i>Acacia decurrens</i> Willd	88
Anexo K. Análisis de Regresión múltiple para la variable Altura de <i>Acacia decurrens</i> Willd	89
Anexo L. Análisis de Regresión múltiple para la variable Diámetro basal de <i>Acacia decurrens</i> Willd	90
Anexo M. Resultados de los Análisis bromatológicos	91
Anexo N. Precipitación Estación Meteorológica de Botana (Enero-Septiembre 2004)	94

GLOSARIO

ARBOL FORRAJERO: planta utilizada en la alimentación animal que presenta ventajas en términos nutricionales de producción y versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. Para que un árbol sea considerado forrajero, debe cumplir las siguientes características: que el consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta, que el contenido nutricional sea atractivo para la producción animal, tolerante a poda y que su rebrote sea suficientemente vigoroso, como para obtener un nivel significativo de producción de forraje comestible por unidad de área.

COEFICIENTE DE CORRELACION: indica el grado de asociación entre dos variables.

COMPACTACION: es la disminución del volumen del suelo, causado por la aplicación de una fuerza externa en suelos no saturados.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA: habilidad del suelo saturado de permitir el paso del agua, es la forma más exacta para evaluar la clase de permeabilidad.

DASOMETRÍA: es la rama de la Dasonomía que se ocupa de la medición de los árboles, de la determinación del volumen de los bosques y de los crecimientos de los árboles y bosques.

FORRAJE: cantidad de fitomasa que aporta nutrientes a la dieta animal y/o que está disponible para ser usada como alimento para animales.

HUMEDAD GRAVIMÉTRICA: es la forma más básica de expresar la humedad del suelo y se entiende por ella la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN: la resistencia de un suelo a la penetración de un instrumento de sondeo es índice integrado de la compactación del suelo, contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arcilla. Es un índice de la resistencia del suelo en las condiciones de la medición.

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la evaluación inicial de algunas variables edafoclimáticas y productivas con el fin de contribuir a la investigación de Sistemas Agroforestales en el trópico de altura, con dos especies forrajeras utilizando un diseño de bloques al azar, con tres tratamientos (T1: *Tecoma stans*(L.) H.B.K, T2: *Acacia decurrens* Willd, T3: *Pennisetum clandestinum* Hochst como testigo) y tres réplicas, especies que potencialmente puedan ser utilizadas dentro de sistemas silvopastoriles como alternativa de nutrición animal. Se desarrolló en el Centro de Investigaciones Agropecuarias y Biológicas (CIAB) ubicado en la vereda Botana, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño .

El terreno en el cual se instaló el arreglo consta de un área aproximada de 900 m² donde se trazaron nueve parcelas de 10 * 10 m; en seis de ellas se sembraron 121 árboles por parcela, a una distancia de 2 m entre ellas y las tres restantes con pradera nativa. Se determinaron tres épocas del año (Época 1: Semiseca, Época 2: Lluviosa, Época 3: Seca) con el Historial de Lluvias de 20 años de la Estación Meteorológica de Botana, durante las cuales se realizó la medición de las propiedades físicas del suelo: humedad gravimétrica, resistencia a la penetración y conductividad hidráulica, así como la toma de muestras para análisis químico y bromatológico. Se hizo la medición mensual de altura, diámetro basal y cobertura de copa de las especies arbóreas y la determinación del porcentaje de sobrevivencia.

El porcentaje de sobrevivencia para *Tecoma stans* (L.) H.B.K fue del 58,1% y un 95,3% para *Acacia decurrens* Willd. El análisis bromatológico corroboró las expectativas frente al valor nutritivo de estas especies, demostrando el buen porcentaje de proteína cruda (*Acacia decurrens* Willd con un 18,69%, seguida del *Pennisetum clandestinum* Hochst con 14,58% y finalmente *Tecoma stans* (L.) H.B.K con 12,73%).

Las propiedades físicas no presentaron diferencias estadísticamente significativas tanto para tratamientos como para épocas, debido posiblemente al corto tiempo de evaluación; igualmente sucedió para los elementos nutritivos y características químicas del suelo a través del tiempo y entre tratamientos.

Las variables dasométricas para *Tecoma stans*(L.) H.B.K. se relacionaron con las propiedades físicas en donde la humedad gravimétrica (con 43,6% 69 cm y con 62,3% 38 cm) y la resistencia a la penetración (con 0,3 MPa 102 cm y con 1,63 MPa 49,4 cm), presentaron correlación inversa, mientras que la conductividad hidráulica (0,19 cm/h 52,9 cm y con 2,87cm/h 81,4 cm), tuvo correlación positiva. Para *Acacia decurrens* Willd la humedad gravimétrica (con 44,3% 149 cm y con 79,5% 101,4 cm) y conductividad hidráulica (con 2,5 cm/h 193 cm y con 4 cm/h

113 cm), tuvieron correlación negativa, mientras que la resistencia a la penetración (con 2 MPa 113 cm y con 3,55 MPa 193 cm), fue positiva.

El incremento mensual de altura para las dos especies fue en Febrero (11.7 mm) de 1.5 cm y en Mayo (66 mm) de 4.8 cm para *Tecoma stans* (L.) H.B.K y para *Acacia decurrens* Willd el incremento en Febrero fue de 2,7 cm y 14.2 cm en Mayo, estuvo directamente influenciado por la cantidad de lluvias que ocurrieron en el tiempo de estudio (9 meses).

ABSTRACT

In the present work was realized a preliminary evaluation of some edaphic atmosphere and productive variables to contribute at the searching of agroforestry systems of high tropic with two forage species using a design of blocks to hazard with three treatments (T1: *Tecoma Stans*, T2 *Acacia Decurrens*, T3 *Pennisetum clandestinum* as a witness). And three reply. It potentially useful in a *Silva pastoril* system as an alternative of animal nutrition. It was developed in the (CIAB) Center of Agropecuarian and Biological Investigations located in the "Botana" Sidewalk, municipality of Pasto, Nariño Department.

The land where were installed the arrangements it is an area nearly of 900 m² where were make nine portions of land of 10 * 10 m, in six of those portions were seed 121 trees by portion of land and in a distance of two meters between them, and the last three with native meadow. Were determinate three epochs (epoch 1 semi wet, epoch 2 rains, epoch 3 dry) with twenty years of rains according to the history in the meteorological station in Botana to made the measurement of the physical properties of the ground: Gravimetric humidity, penetration resistance and hydraulic conductivity, as a take of samples to chemical and bromatological analysis. In addition was made a monthly measured of high, vassal diameter and cover of cups of tree species and the determination of survivor percent.

The survivor percent to *Tecoma stans* (L.) H. B. K presents a percent of survivor of 58, 1 and a 95, 3% to *Acacia Decurrens* Wild. The bromatological analysis to corroborate the expectative of the nutritive value of those species show it the good percent of raw protein (*Acacia Decurrens* in a 18, 69% followed by *Pennisetum clandestinum* Hochst with 14, 58% and finally *Tecoma Stans* with 12, 73%).

The physical properties never present significative statistics differences to treatment or epochs, maybe because of the short time to evaluation, same situation happened to the nutritional elements and chemical characteristics of the ground although the time and between treatment.

The dasometric variables to *Tecoma stans* (L) were connected with the physical properties were the humidity gravimetric (with 43, 6% 69 cm and with 62, 3% 38cm) and the penetration resistance (With 0,3 MPa 102cm and with 1, 63 MPa 49.4 cm) present inversed correlation while the hydraulic conductivity[^], 19cm/h 52,9 cm and with 2, 87 cm/h 81.4 cm) has a high level of positive significance. To *Acacia Decurrens* Wild the gravimetric humidity (with 44, 3% 149 cm and with 79,5% 101,4 cm) has a negative correlation, while the resistance of the penetration (with 2 MPa 113 cm and with 3,55 MPa 193 cm) was positive.

The monthly increase of high to this two species was February (11, 7 mm) of 1.5 cm, an in May (66mm) of 4.8 to *Tecoma Stans* (L.) H.B.K.

And to *Acacia Decurrens* Willd the increase in February was 2,7 cm and 14,2 cm in May, was directly influenced by the quantity of rains that happens in the time of the study (nine months).

INTRODUCCIÓN

Según Chirgwin, J: “Los procesos naturales se han visto alterados por las más diversas intervenciones ideadas por el hombre en su persecución de metas impuestas por sus intereses, debido a una aplicación desmedida de innovaciones técnicas que ha causado un cambio profundo de los diversos sistemas que integran estos procesos naturales”¹.

Los sistemas silvopastoriles constituyen alternativas que conducen a una mayor estabilidad y menor susceptibilidad de los agroecosistemas, que no conllevan altos riesgos de degradación ambiental, siendo más accesibles, viables y atractivas a los productores para lograr un mayor desarrollo económico, productivo y social.

En Colombia los sistemas silvopastoriles han sido planteados como una opción sostenible de la ganadería. Sin embargo, el éxito de su funcionamiento ha sido condicionado al conocimiento que se logre de las interacciones entre sus componentes. En los últimos años se ha incrementado el establecimiento y utilización de estos sistemas, en la ganadería bovina. Sin embargo, aún faltan muchos aspectos por entender sobre el comportamiento de sus componentes en diferentes períodos del año.

En el altiplano Nariñense ubicado dentro del trópico de altura, existe una gran limitante en cuanto al uso racional del suelo, donde gran parte de los bosques han sido talados para generar ganadería extensiva, por lo tanto se hace necesaria la investigación y la validación de arreglos silvopastoriles con especies nativas, que representen un alto potencial para el aprovechamiento en sistemas de producción sostenibles.

Existen árboles forrajeros que han sido utilizados en la alimentación del ganado de forma tradicional, sobre todo en épocas de verano debido a su hábito perenne, producción de follaje, fruto con alto valor nutricional en la mayor parte del año. Es así como las especies quillotocto y acacia son una alternativa alimenticia favorable para la nutrición animal.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, los objetivos de esta investigación fueron: Evaluar algunas variables fisiológicas como porcentaje de sobrevivencia, altura, diámetro basal y cobertura de copa de las especies quillotocto *Tecoma stans* (L.) H.B.K y acacia amarilla *Acacia decurrens* Willd y evaluar el grado de

¹ CHIRWIN, J. Nuevos Enfoques Para Las Opciones Tradicionales Del Uso De Los Recursos Productivos: La Agroforestería Y Los Animales De Trabajo Bajo Un Anejo Integral. En: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE. (1º : 1999 : Cali). Memorias del I Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali: CIPAV, 1999. p.1.

dependencia con algunas propiedades físicas del suelo, estimar la curva de Probabilidad de lluvias para contrastarlo con el crecimiento de las especies y determinar los niveles de nutrientes presentes en las especies y en el suelo, todo bajo la influencia de tres épocas climáticas predeterminadas.

1. MARCO TEORICO

1.1 LA AGROFORESTERIA

Gutiérrez, B Afirma: “Es el nombre colectivo para designar los sistemas de uso del suelo, en donde se asocian las leñosas perennes (árboles, arbustos, bambúes) con los cultivos agrícolas y y/o animales, en un arreglo espacial con rotación o ambos y en los cuales se dan interacciones ecológicas y económicas entre los componentes arbóreos del sistema”².

Nair, R, sugiere una clasificación donde: “se consideran los aspectos estructurales y funcionales para agruparlos en las siguientes categorías: los sistemas silvopastoriles (árboles asociados con ganadería), los sistemas agrosilvoculturales (árboles combinados con cultivos), sistemas agropastoriles (cultivos combinados con ganadería) y sistemas agrosilvopastoriles (árboles con cultivos y ganadería)”³

1.1.1 Sistemas Silvopastoriles. Son una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral Pezo e Ibrahim⁴.

Tipos de Sistemas Silvopastoriles, Pezo e Ibrahim:

- ✍ Cercas vivas
- ✍ Bancos forrajeros de leñosas perennes.
- ✍ Leñosas perennes en callejones.
- ✍ Árboles y arbustos dispersos en potreros.
- ✍ Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales.

² GUTIERREZ, B., ACEVEDO, F., BUSTAMENTE, C., CORREDOR, G., ESCOBAR, C., NAVAS, A., y PLAZA, J. Plan de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Sistemas Agroforestales. En: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE. (1º: CORPOICA, Colombia). Memorias del I Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali : CIPAV, 1999. p. 30

³ NAIR, Ramachandram. Introducción a la Agroforesteria. México : Universidad Autónoma de Chapingo, 1977, p 30.

⁴ PEZO, Danilo e IBRAHIM, Muhammad. Sistemas Silvopastoriles. 2 ed. Costa Rica : CATIE, 1999, p. 8.

✍ Leñosas perennes sembradas como barreras vivas.

✍ Cortinas rompevientos⁵.

La decisión sobre cual de estas opciones se implementaran en una finca determinada, será función de diversos factores, entre los cuales se citan: “Los objetivos que tiene el productor con respecto a las leñosas perennes y a las forrajeras; el tamaño de la finca; su localización; topografía; disponibilidad de mano de obra y otros recursos económicos”⁶.

1.1.2 Bancos forrajeros de leñosas perennes. Criollo et al afirman que:

Los bancos forrajeros consisten en la producción de árboles de tipo arbustivo plantados con densidades altas, cuyo objetivo es la producción de forraje como fuente alternativa en la alimentación animal. Las especies deben ser reconocidas como forrajeras, con alta producción de biomasa de buena calidad nutritiva. Para que un sistema de este tipo reciba la denominación de banco de proteína, el follaje de la especie sembrada debe contener más del 15% de PC. Además es conveniente disponer de especies fijadoras de nitrógeno que permitan el cultivo intercalado de otros forrajes, como pastos de corte⁷.

1.1.3 Papel de los Sistemas Agroforestales en la degradación del suelo. Nair et al/ manifiestan que:

Las leñosas pueden contribuir a contrarrestar la erosión. De hecho uno de los propósitos de la incorporación de las leñosas es hacer una contribución más efectiva en la erosión hídrica, porque su copa atenúa el impacto de las gotas de lluvia que caen sobre el suelo; evitando así que las partículas más pequeñas sellen los espacios porosos y provoquen una reducción en la tasa de infiltración de agua, principalmente en el caso de leñosas que presenten una copa densa y baja, como las cultivadas en bancos forrajeros sometidos a defoliación frecuente⁸.

⁵ Ibid., p. 8.

⁶ bid., p. 4.

⁷ CRIOLLO, Y. y USAMA, M. Producción de biomasa con relación a tres distancias de siembra de botón de oro *Thitonia diversifolia* en monocultivo y asociado con aliso *Alnus jorullensis* en la granja de Botana, municipio de Pasto. Departamento de Nariño. Pasto, 2001, p. 56. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal).Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

⁸ NAIR, Op.cit., p. 31.

El mismo autor expresa que:

Es probable que en la mayoría de situaciones, la mayor contribución de las leñosas en el control de la erosión hídrica sea más bien a través del incremento en el contenido de materia orgánica del suelo. Además, por acción de la mesofauna, esa materia orgánica es incorporada paulatinamente contribuyendo a mejorar la estabilidad del suelo y la capacidad de infiltración de agua⁹.

1.1.4 El agua en Sistemas Agroforestales. Fassbender, H.W afirma que:

“Las condiciones específicas de evaporación y transpiración de los sistemas agroforestales son diferentes, de acuerdo con sus características microclimáticas (temperatura, humedad, viento) las que son influidas por la arquitectura de la vegetación, el sistema radicular, la biomasa de hojas, la actividad fotosintética, etc. determinando una transpiración específica para cada sistema, de ello resulta una utilización más exhaustiva del agua disponible del suelo que en un monocultivo”¹⁰.

El mismo autor expone: “Bajo la sombra de los árboles se incrementa la disponibilidad de humedad en el suelo, como consecuencia de una reducción en las pérdidas de agua del sistema, tanto por transpiración de las pasturas como la evaporación del agua del suelo”¹¹.

1.2 ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

CATIE sostiene que: “La hipótesis general de suelos y agroforestería es que los sistemas agroforestales mantienen las propiedades físicas del suelo más favorables para la agricultura, a través de una combinación apropiada de los componentes, mantenimiento de la materia orgánica y los efectos de la raíz”¹².

El mismo autor también expone: “El mejoramiento de las propiedades físicas del suelo es uno de los principales beneficios esperados de los sistemas agroforestales; sin embargo hasta la fecha la literatura reporta pocos datos sobre

⁹ Ibid., p. 32.

¹⁰ FASSBENDER, H.W. Modelos edafológicos de Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica : CATIE /GTZ, 1993, p. 115.

¹¹ Ibid., p.123.

¹² CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). Curso Internacional de Desarrollo de Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica : CATIE, 1993, p. 13.

los efectos de la implantación de sistemas agroforestales sobre las propiedades físicas del suelo”¹³ .

1.2.1 Humedad del suelo. Pritchett, W asegura que:

El agua es fundamental para el funcionamiento adecuado de la mayor parte de los procesos del suelo y la vegetación. El agua afecta directa o indirectamente cualquier proceso vegetal, además es disolvente y medio de transporte para los nutrientes de las plantas, fuentes de hidrógeno, moderador de la temperatura del suelo y de la aireación, así como un agente de disolución de sustancias tóxicas del suelo ¹⁴.

1.2.2 Resistencia a la penetración. Gardner manifiesta que: “La resistencia de un suelo a la penetración de un instrumento de sondeo es índice integrado de la compactación del suelo, contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arcilla. Es un índice de la resistencia del suelo en las condiciones de la medición”¹⁵.

El mismo autor plantea que:

Para la medición de la penetrabilidad, la humedad del suelo es un factor determinante en la toma de lecturas del penetrómetro, aunque existe una relación sencilla entre las lecturas y cantidad de agua del suelo; en el proceso de desecación las partículas del suelo se acercan de unas a otras, lo que ocasiona un aumento en el valor de resistencia del suelo ¹⁶.

Forsythe complementa diciendo que: “La penetración de un pistón en el suelo es una combinación de falla tangencial, compactación y flujo plástico”¹⁷

¹³ Ibid., p. 14.

¹⁴ PRITCHETT, William. Suelos Forestales. 2 ed. México : LIMUSA, 1991. p. 214.

¹⁵ GARDNER, Walter. et al. Física de suelos. México : UTEHA, 1973. p. 124.

¹⁶ Ibid., p. 125.

¹⁷ FORSYTHE, Warrend. Manual de laboratorio de Física de Suelos. Turrialba, Costa Rica : IICA, 1985. p. 126

Tabla 1. Rangos de Resistencia a la penetración

MPa	INTERPRETACIÓN
0 – 1,5	Ninguna
1,5 – 2,5	Leve
2,5 – 3,5	Media
3,5 - 4,5	Alta
> 4,5	Extrema

Fuente: Montenegro

1.2.3 Conductividad hidráulica. Forsythe afirma que: “La Conductividad hidráulica expresa la habilidad del suelo saturado para permitir el paso del agua. Este valor es un dato necesario en las fórmulas de drenaje del suelo referente al exceso de agua que penetra en un suelo y llega a tocar el nivel freático, determinado por el clima y la conductividad hidráulica del suelo”.¹⁸

Legarda manifiesta que: “La variabilidad de la conductividad hidráulica fluctúa en rangos bastante amplios, desde 0.60 cm/h y 0.16 cm/h para los suelos del municipio de Pasto”¹⁹

Tabla 2. Rangos de Conductividad hidráulica

Cm/hora	INTERPRETACIÓN
> 25,4	Muy rápida
12,7 - 25,4	rápida
6,3- 12,7	Moderadamente rápida
2,0 – 6,3	Moderada
0,51- 2,0	Moderadamente lenta
0,13- 0,51	Lenta
< 0,13	Muy lenta

Fuente: Montenegro

¹⁸ FORSYTHE, Op.cit., p. 116.

¹⁹ LEGARDA, Lucio. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. En Curso sobre diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto. Colombia : SCCS, 1988, p. 81.

1.3 NUTRIENTES

Forsythe reitera que:

El uso de sistemas agroforestales aumenta el reciclado de nutrientes en el suelo, al conseguir con sus diferentes sistemas radiculares explorar distintas profundidades en el perfil. Se constituyen en una de las más importantes estrategias porque conlleva a importantes beneficios, al cerrar ciclos de nutrientes, al optimizar los efectos beneficiosos de la interacción de las distintas especies, al explorar los árboles con sus raíces reservas minerales más profundas y depositar gran cantidad de estos nutrientes de nuevo en la superficie con la caída de las hojas y tallos aumentando la biodiversidad edáfica con un numeroso grupo de macro y microorganismos asociados a numerosas especies arbóreas como las micorrizas que aumentan la disponibilidad del fósforo, fijadores de nitrógeno etc. La importancia del mantenimiento equilibrado del contenido de nutrientes en el suelo agrícola revela la necesidad de adecuar parte de las técnicas de producción a esta finalidad²⁰.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES ARBOREAS

1.4.1 Quillotocto *Tecoma stans* (Linnaeus). Humboldt, Bonpland y Kunth. Jaramillo *et al* describe al quillotocto de la siguiente manera:

Especie: *Tecoma stans* (Linnaeus), Humboldt, Bonpland y Kunth.

Familia: *Bignoniaceae*

Otros nombres: Chirlobirlo, chicalá, floramarillo, fresnillo²¹

✍ **Distribución geográfica.** Jaramillo *et al* afirma que: “Esta especie es originaria del sur de los Estados Unidos; actualmente se encuentra en Centro y Sudamérica. En Colombia se ha observado desde los 1600 y 2740 msnm. Se destaca en parques, avenidas y antejardines”²².

²⁰ FORSYTHE, Op.cit., p. 116.

²¹ JARAMILLO, Y. y JIMÉNEZ, J. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño. Departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2000, p. 40. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia.

²² Ibid., p.40.

✍ **Propagación y desarrollo.** El mismo autor confirma:

La propagación se hace por semilla y por estaca, para obtener la semilla se recolectan las cápsulas maduras, se exponen al sol para acelerar el secado y cuando abren se toman las semillas. Las semillas son aladas y se hallan en número aproximado de 40 a 50 por fruto. La germinación se inicia a los 30 días con un total máximo a los 40 días, para un periodo total de 50 días. A partir de este periodo el crecimiento de las plántulas es de 3 cm por mes. La siembra en el vivero se puede hacer por hileras. El trasplante en bolsa mediana o grande debe hacerse cuando las plantas alcancen entre 5 y 20 cm de altura. La mortalidad de las plantas es mínima²³.

✍ **Aspectos Botánicos.** Jaramillo *et al* sostiene que:

Este árbol tiene una altura de diez metros aproximadamente, su tronco es de corteza agrietada; copa amplia de forma aparasolada, con follaje denso, de color verde claro, hojas grandes y compuestas imparipinadas y opuestas que caen parcialmente en el periodo de maduración de las semillas, y a los dos meses se renueva el follaje. Las ramificaciones empiezan a los 50 cm de altura, la floración se produce durante la época de lluvias en racimos terminales densos con vistosas corolas amarillas en forma de campanas, los frutos se hacen evidentes cuando aún persiste la floración, son angostos de color verde que pasa a castaño oscuro hacia la madurez. El árbol es sostenido por raíces poco profundas en suelos con buena humedad pero bien drenados²⁴.

✍ **Usos.** El mismo autor reitera que: “Ornamental, es una especie melífera de floración más llamativa que también se puede emplear como cerca viva, sombrío, follaje, abono, madera. Las ramas jóvenes tienen gránulos en su superficie. La bebida del cocimiento de sus hojas y corteza se utilizan como diurético y depurativo de la sangre”²⁵.

²³ Ibid., p.40.

²⁴ Ibid., p. 40.

²⁵ Ibid., p. 40.

1.4.2 Acacia amarilla *Acacia decurrens* Willd. De la Rosa. Describe a la acacia amarilla de la siguiente manera:

Especie: *Acacia decurrens* Willd

Familia: *Mimosáceas*²⁶

✍ **Distribución geográfica.** El mismo autor manifiesta que: “Esta especie es originaria de Australia, actualmente se encuentra en Centro y Sudamérica. En Colombia se ha observado entre los 2000 y 3000 msnm”²⁷.

✍ **Propagación y Desarrollo.** Se propaga por semilla y estaca, para obtener la semilla se toman los frutos y se secan al sol durante 12 horas y luego se las extrae, estas se dejan en agua durante 48 horas y posteriormente se siembran en sitio definitivo o semillero a 1 cm de profundidad, a 2 cm entre sí, en líneas separadas por 10 cm. El transplante se efectúa cuando la planta alcanza 20 cm; soporta suelos pobres y áridos²⁸.

✍ **Aspectos Botánicos.** El mismo autor expone:

Es un árbol de aproximadamente de diez metros de altura, su tronco posee corteza lisa y oscura, la ramificación empieza a 1 metro. Su copa es de forma redondeada, su follaje es de color verde mate; hojas recompuestas alternas. Sus flores son redondas de color amarillo agrupadas; sus frutos son de color pardo rojizo con varias semillas²⁹.

✍ **Usos.** Por ser una especie fijadora de nitrógeno es apta para la recuperación de suelos y control de erosión y también se usa como forraje en tiempo de escasez, maderable, cortina rompevientos, cerca viva. Sus ramas jóvenes son angulosas y produce retoños de raíz³⁰.

²⁶ DE LA ROSA, A., BARTHOLOMÄUS, A., GUTIERREZ, J., ACERO, L., y MOOSBRUGGER, W. El Manto de la Tierra. Bogotá : LERNER, 1990, p. 43.

²⁷ Ibid., p. 43.

²⁸ Ibid., p. 44.

²⁹ Ibid., p.45.

³⁰ Ibid., p.255.

Fernández *et al* manifiestan: “La leguminosa arbórea *Acacia decurrens* Willd, ha mostrado ser promisoría para el uso en sistemas de producción ganadera para la producción de leche, dada su buena adaptación a climas fríos, su rápido crecimiento, buena producción de forraje comestible y aceptable composición química”³¹.

1.5 DESCRIPCIÓN DE LA PRADERA NATIVA

Souza y Viegas aseguran que:

Los pastos naturales han constituido tradicionalmente el alimento por excelencia de las especies herbívoras y, en particular de los rumiantes domésticos, tienen efectos colaterales beneficiosos ya que enriquecen el suelo, preservan su fertilidad y lo defienden contra cualquier tipo de erosión. La forma más barata de alimentar al ganado es el pasto directo o consumo inmediato de los productos en verde³².

“En cualquier caso, una especie productora de forraje debe ser capaz de producir una elevada cantidad de biomasa de características adecuadas. Dichas características han de permitir que el ganado acepte el forraje y que este le suministre los nutrientes o la energía requeridos sin causarle problemas de toxicidad” Souza y Viegas³³.

1.5.1 Kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst. Nombres comunes: Hierba kikuyo, pasto de ciudad, hierba kikuyo, zacate kikuyo, kikuyu³⁴.

✍ **Características Botánicas.** “Es una especie subtropical perenne, que mide de 30 a 40 cm de altura, con hojas estrechas de color verde, suave pilosidad y tallos erectos. La inflorescencia consiste en una panícula. Las raíces forman rizomas, son fuertes y están muy desarrolladas, pero que permiten la permanencia de las plantas y favorece su extensión”³⁵.

³¹ FERNÁNDEZ, J., ZAPATA, A., y GIRALDO, L. Uso de la *Acacia decurrens* como suplemento Alimenticio para Vacas Lecheras, en Clima Frío de Colombia. En: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES. (6º : Cali : 1999). Memorias del VI Seminario Internacional Sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Cali : CIPAV, 1999, p. 75.

³² SOUZA, M., y VIEGAS, M. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería; Cultivos forrajeros y piscícolas. España : OCÉANO, 1999, p. 476.

³³ Ibid., p. 476.

³⁴ Ibid., p. 488.

³⁵ Ibid., p. 488.

✍ **Características agronómicas.** “Se trata de una gramínea rústica, con gran resistencia al pisoteo, al fuego y al frío. No tolera los periodos largos de sequía ni los suelos encharcados. Es una especie precoz, que produce un forraje tierno y nutritivo. Prefiere suelos fértiles, poco ácidos y ricos en materia orgánica”³⁶.

✍ **Prácticas culturales.** Souza y Viegas confirman

La siembra o la plantación suelen realizarse en primavera u otoño. Debido a su hábito de crecimiento y sus fuertes rizomas, es tal vez la única gramínea que soporta el pastoreo por parte de los cerdos; También esta recomendada para aves, ganado equino y rumiantes, principalmente vacas lecheras. Su rendimiento depende del contenido en materia orgánica del suelo. Puede cultivarse asociada al trébol blanco, al subterráneo o a otras leguminosas de porte y ciclo similar. Las producciones son buenas tanto en el cultivo monoespecífico como en el asociado³⁷.

1.6 PROBABILIDAD DE LLUVIA

Legarda, L y Puentes, G afirman que “La frecuencia de las precipitaciones tiene gran importancia para valorar realmente su aprovechamiento por cuanto la suma mensual suele formar poca para realizar algunos cálculos. En los análisis más precisos se esta usando la lluvia decadal o diaria”³⁸

La probabilidad de que un evento de determinada magnitud sea igualado o excedido por lo menos una vez en cualquier año se llama “probabilidad de excedencia”³⁹.

Las curvas de probabilidad y tiempo de retorno sirven para estimar la probabilidad de futuras ocurrencias de lluvias, siempre que los datos sean de duración suficientemente confiables, para representar variaciones normales⁴⁰

³⁶ Ibid., .p. 489.

³⁷ Ibid., p. 489.

³⁸ LEGARDA, Lucio y PUENTES, Gerardo. Talleres de Agroclimatología. Pasto, Colombia : UNIGRAF, 2001, p 40.

³⁹ Ibid., p. 40.

⁴⁰ Ibid., p. 40.

1.7 EXPERIENCIAS

1.7.1 Experiencia del CATIE. Según El CATIE “En los últimos años se ha investigado sobre el cultivo de especies leñosas (leguminosas y no leguminosas) en bloques compactos y a alta densidad, con el fin de maximizar la producción de fitomasa para suplementación animal en diferentes sistemas de producción. En condiciones de trópico húmedo bajo”⁴¹

Ibrahim *et al*, demostró que:

Varias especies de *Erythrina* (*E. berteroana*, *E. poeppigiana*, *E. cocleata*) y *G. sepium* son mejores opciones para su manejo en bancos de proteína que especies tales como *Acacia angustissima*, *Albizia sp.* y *Calliandra calothyrsus*. Estudios realizados durante cuatro años en el trópico húmedo muestran que un banco de *Erythrina berteroana* se producen cerca de 6.0 ton ha⁻¹ año⁻¹ de proteína cruda, lo cual alcanzaría para aportar durante un año el 30% de los requerimientos de proteína de 46 vacas de 400 kg de peso y con una producción de 8.0 kg leche vaca⁻¹ día⁻¹.⁴²

1.7.2 Evaluación de un Sistema Silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con Pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en Clima Frío de Colombia. Giraldo, L y Bolívar, D sostienen que:

La *Acacia decurrens* Willd por las características que ha presentado en estudios anteriores, puede ser una alternativa para implementar estos sistemas en clima frío. El presente proyecto, se planteo, con el fin de evaluar el comportamiento del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst en asocio con *A. decurrens* Willd a diferentes densidades, para evaluar varios componentes del sistema silvopastoril, así como algunas interacciones como la producción de leche y el crecimiento de esta especie. Se plantearon tres tratamientos: kikuyo asociado con *A. Decurrens* Willd en alta densidad (1110 árboles/ha), en baja densidad (407 árboles/ha) y testigo (sin árboles). No se encontró diferencia significativa para la producción de pasto, sin embargo tendió a ser inferior en alta densidad, 1397 Kg MS/Ha/ciclo comparada con 2084 y 2130 para baja densidad y testigo respectivamente. La composición botánica

⁴¹ CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). Curso Internacional de Desarrollo de Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1993. p. 15

⁴² IBRAHIM, M., CAMERO, A., CAMARGO, J., y ANDRADE, H. Sistemas Silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE. En: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE. (1º : Costa Rica : 1999). Memorias del I. Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali : CIPAV, 1999. p. 3

cambió, siendo menor la proporción de kikuyo (79.8%) en alta densidad, en cambio para la baja densidad y testigo se obtuvo un porcentaje de kikuyo de 93 y 88.9% respectivamente. La mayor producción de leche se obtuvo en baja densidad 16.61 L/vaca/día vs. 14.03 para alta densidad y 15 para testigo (potrero sin árboles). La producción de hojarasca fue de 319 y de 1005 Kg/MS/Ha/año en baja y alta densidad respectivamente⁴³.

⁴³ GIRALDO, Luis y BOLIVAR, Diana. Evaluación de un sistema silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en clima frío de Colombia. En Ganadería Ecológica. Bogota, Colombia : PRODUMEDIOS, 2004, p. 82.

2. METODOLOGIA

2.1 LOCALIZACIÓN

Criollo *et al* afirman que:

El presente trabajo se realizó durante nueve meses (Enero a Septiembre de 2004) en el Centro de Investigaciones Agropecuarias y Biológicas (CIAB) propiedad de la Universidad de Nariño, ubicada en la vereda Botana, localizada al occidente del meridiano de Greenwich a 77°18'58" de longitud oeste y 1°10'11.4" de latitud norte, a una altura de 2720 msnm, temperatura de 12°C, precipitación media anual de 800 a 1000 mm, humedad relativa 70 a 80%, que se encuentran a mas de 2400 msnm, generalmente sobre rocas volcánicas recientes, suelos con epípedon muy negro en áreas húmedas y frías. Según Holdridge, pertenece a la zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB)⁴⁴.

2.2 DISEÑO DE MUESTREO

El terreno en el cual se instaló el sistema agroforestal con quillotocto *Tecoma stans* (L.) H.B.K y acacia amarilla *Acacia decurrens* Willd, consta de un área aproximada de 90 x10 m (900 m²) donde se trazaron 9 parcelas de 10 x 10 m (100 m²), en seis de ellas se sembraron 121 árboles por parcela, y tres parcelas con pasto Kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst distribuidos en 3 bloques con 3 repeticiones. La distancia entre bloques y entre parcelas es de 2 m.

Se utilizó un arreglo de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, donde los tratamientos son bloques de quillotocto, acacia y pradera nativa.

De cada tratamiento se escogieron 5 árboles que formarán el bloque de árboles, se rotularon respectivamente y solo a estos se les realizó las evaluaciones correspondientes a crecimiento.

Para las propiedades físicas del suelo se tomaron muestras en dos sitios por bloque cercanos a dos árboles de los evaluados para crecimiento.

⁴⁴ CRIOLLO y USAMA, Op.cit., p. 156.

2.2.1 Análisis estadístico. Los resultados obtenidos en las propiedades físicas se sometieron a un análisis de varianza mediante el programa SAS ® Versión 8 para Windows y aquellas variables que presentaron diferencias estadísticas significativas fueron evaluadas mediante la prueba de Tukey.

Las evaluaciones de crecimiento se correlacionaron con los resultados de las propiedades físicas analizando las tendencias más significativas.

2.3 ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL SISTEMA

El material vegetal de quillotocto y acacia utilizado para el establecimiento del sistema silvopastoril se obtuvo por propagación sexual del vivero de Coronariño.

Los árboles de quillotocto *Tecoma stans* (L.) H.B.K y acacia amarilla *Acacia decurrens* Willd se sembraron en Enero del 2003 a una distancia de 1m x 1m. Los hoyos se hicieron con unas dimensiones de 40 x 40 cm aproximadamente, realizando el plateo inicial.

Las labores de mantenimiento fueron el desyerbe y el plateo cuando el arreglo lo requirió, se hizo en forma manual en los platos de los árboles y en las calles de los mismos.

Figura 1. Panorámica del Sistema Agroforestal



2.4 VARIABLES DE EVALUACIÓN

2.4.1 Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo. Los muestreos se realizaron en las tres épocas del año (Época 1: Semiseca, Época 2: Lluviosa, Época 3: Seca) las cuales se determinaron de acuerdo al historial de lluvias, en el suelo se realizaron dos calicatas por cada tratamiento, por cada repetición y a dos profundidades (0-10 cm y de 10- 20 cm).

Las propiedades físicas evaluadas fueron:

✍ **Humedad gravimétrica.** “Las muestras se tomaron a dos profundidades (0-10 cm y de 10-20cm), por cada repetición, utilizando cilindros marcados y sellados para evitar pérdida de humedad. Posteriormente fueron llevados al laboratorio, para ser pesados y puestos en un horno a 110 °C por 24 horas, se los pesó y se realizó los cálculos a partir de la siguiente fórmula Forsythe”⁴⁵:

$$\% \text{ Humedad gravimetrica} = \frac{\text{Peso húmedo- Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

✍ **Resistencia a la penetración.** Se utilizó el Penetrógrafo de Pistón marca Eijkelkamp, con el cual se tomaron seis lecturas por bloque durante las tres épocas.

Figura 2. Determinación de la Resistencia a la penetración



✍ **Conductividad hidráulica.** Forsythe asegura que:

Se tomaron dos muestras de suelo a dos profundidades: A entre 0 - 10 cm y profundidad B entre 10 – 20 cm para cada bloque, utilizando cilindros debidamente marcados los cuales fueron llevados a laboratorio para realizar las determinaciones correspondientes mediante el método

⁴⁵ FORSYTHE. Op.cit., p. 30.

de Permeámetro de cabeza constante, en el cual se midió el volumen de agua que se filtró en un determinado tiempo a través de las muestras sobre las cuales se mantuvo un nivel de agua constante Forsythe⁴⁶.

Se calculó mediante la Ley de Darcy:

$$K = \frac{Q \cdot L}{H \cdot t \cdot A}$$

Donde,

K = Conductividad hidráulica de la muestra (cm/h).

Q = Volumen percolado (mm).

L = Altura del bloque del suelo (cm).

A = Área del cilindro (cm).

t = Tiempo en horas empleado en coleccionar Q.

H = Diferencia de cabeza de presión.

2.4.2 Propiedades químicas del suelo. En el campo se tomó 20 submuestras para sacar una muestra de suelo, posteriormente la caracterización se realizó mediante un análisis de laboratorio durante las tres épocas. Las muestras corresponden al testigo y a los tratamientos.

2.4.3 Porcentaje de sobrevivencia. Se contaron los árboles sembrados y aquellos que sobrevivieron al final de la evaluación (20 meses), donde se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{\text{No. árboles vivos}}{\text{No. de árboles sembrados}} \times 100$$

2.4.4 Altura. Según Lema: "Se tomó registros del componente arboreo cada mes a partir de Enero hasta Septiembre. Las lecturas se hicieron desde la base del tallo, hasta la yema terminal, para determinar las diferencias de crecimiento, utilizando el metro"⁴⁷.

⁴⁶ Ibid., p. 209.

⁴⁷ LEMA, A. Dasometría; Algunas Aproximaciones Estadísticas a la Medición Forestal. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 1995, p. 173.

Figura 3. Medición de Altura de *Acacia decurrens* Willd



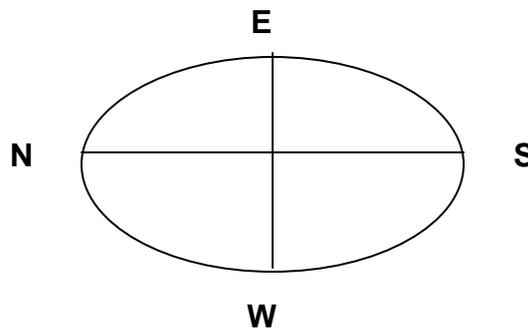
2.4.5 Diámetro basal. Registro determinado a partir del punto de unión del tallo y la raíz, dato que se registró cada mes con el nonio o Vernier.

Figura 4. Medición de Diámetro basal de *Acacia decurrens* Willd



2.4.6 Cobertura de copa. Como dice Lema⁴⁸. Se tomó un eje a lo largo de la copa (N-S) y un eje a lo ancho de la copa (E-W), los cuales se determinaron con brújula. Posteriormente el área se asume como elipse. Este dato se cuantificó cada mes, utilizando el metro.

$$C = \frac{1}{2} NS \times \frac{1}{2} EW \times ?$$



2.4.7 Análisis bromatológico. Se realizaron en los Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño. Correspondientes a las especies involucradas en el ensayo.

2.4.8 Historial de lluvias. Para determinar las épocas en las que se presenta máxima, media y mínima precipitación en el sitio de estudio, se tomaron datos mensuales de precipitación correspondientes a 20 años (1983-2002) obtenidos de la Estación Meteorológica de la Granja Experimental de Botana (Ver Anexo A)

2.4.9 Cálculo de la probabilidad. Para derivar una curva de probabilidad se tabuló los datos en orden de magnitud de mayor a menor, el método empleado para determinar la probabilidad de un evento fue el método de Kimbal:

$$\% p = \frac{m}{N + 1} \times 100$$

Donde:

p = Porcentaje probabilístico de la precipitación (frecuencia).

m = Número de orden de la serie histórica de mayor a menor.

N = Número de valores de la serie histórica, en años, meses, décadas⁴⁹.

⁴⁸ Ibid., p. 171.

⁴⁹ LEGARDA y PUENTES, Op.cit., p. 40.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO (Ver Anexo B)

3.1.1 Humedad gravimétrica. El análisis de varianza para la Humedad gravimétrica arrojó diferencias estadísticas no significativas tanto para los tratamientos como para las épocas (Anexo C).

El valor promedio del porcentaje de humedad para los primeros 10 cm de profundidad fue de 61.76 % mientras que para una profundidad de 20 cm el dato promedio fué de 47.42 % posiblemente esta distribución de humedad dentro del horizonte del suelo puede ser favorable para el crecimiento de los árboles por que según Charry “Las plantas presentan su mayor concentración de raíces en los primeros 10 cm, lugar donde es más rápida la extracción de humedad junto con los nutrimentos de los cuales la planta se alimenta”⁵⁰

3.1.2 Resistencia a la penetración. La resistencia del suelo a la penetración no mostró diferencias estadísticas significativas en los tratamientos y en las épocas (Anexo D).

En los primeros 10 cm del suelo se perfila una penetrabilidad promedio de 2.2 Mpa que indica que el suelo presenta una leve resistencia a la penetración y a partir de los 10 cm la resistencia mecánica a la penetración se incrementa pasando a ser de media a alta. A medida que profundizamos en el horizonte hay una tendencia al aumento de la resistencia que posiblemente puede ser una limitante para cuando el sistema radicular alcance estos suelos compactados con los consiguientes problemas para el desarrollo fisiológico de los árboles, tal como lo corrobora Gardner afirmando “Toda resistencia física a la penetración tiende a obstruir el normal crecimiento radical”⁵¹

3.1.3 Conductividad hidráulica. La conductividad hidráulica para las dos profundidades evaluadas (0-10cm y 10-20cm) no presentaron diferencias estadísticas significativas tanto para tratamientos como para épocas (Anexo E).

⁵⁰ CHARRY, Jairo. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira : Universidad Nacional, 1987, p. 297.

⁵¹ GARDNER, Op. cit., p. 210.

Para la profundidad 0-10 cm se encontró un valor promedio de 2.15 cm/h que de acuerdo a Forsythe: “Corresponde a una conductividad moderada, para la profundidad 10-20 cm se encontró un valor promedio de 1.67 cm/h el cual indica una conductividad moderadamente lenta, esto indica una pequeña variación de la capacidad de infiltración de agua entre profundidades. Los resultados obtenidos posiblemente manifiestan la baja susceptibilidad y alta resistencia a la erosión hídrica⁵², como afirma Charry: “La conductividad hidráulica de los suelos es un valor que integra macroscópicamente a todas las características del suelo que tienen que ver con el movimiento del agua”⁵³

3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

En general el cambio de elementos nutritivos y características químicas a través del tiempo y entre tratamientos fue mínimo, debido probablemente al corto tiempo durante el cual se realizaron los análisis.

Los resultados de los Análisis químicos de laboratorio (Anexo F), mostraron los siguientes resultados:

El pH fue ácido (4.9 – 5.4), este factor es de gran importancia en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Fassbender afirma que: “Las leguminosas toleran pH de 5.5 lo cual favorece la implementación de sistemas agroforestales con estas especies en suelos derivados de cenizas volcánicas”⁵⁴

Lora, R sostiene “La capacidad de intercambio catiónico está relacionado con la cantidad de bases, estando en este suelo en un nivel desde ideal a alto (24 hasta 35 meq/100g). Por esta razón las micelas coloidales están reteniendo elementos protegiéndolos contra la lixiviación”⁵⁵.

“La materia orgánica en sistemas agroforestales tiende a aumentar por el aporte de biomasa permanente que hacen los árboles”, Fassbender⁵⁶; Guerrero, R asegura que:

⁵² FORSYTHE, Op.cit., p. 217.

⁵³ CHARRY, Jairo. Op.cit., p. 306.

⁵⁴ FASSBENDER, H.W., Op. cit., p. 407.

⁵⁵ LORA SILVA, Rodrigo. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En: Fertilidad de suelos. Bogotá, Colombia : SCCS, 1988. p. 98.

⁵⁶ FASSBENDER, H.W., Op. cit., p.165.

Aunque esto aún no ocurre en este arreglo por el poco tiempo de establecido, la materia orgánica se mantuvo en el tiempo con un nivel muy alto (11.1 hasta 18.7 %), posiblemente por la baja descomposición de esta por efectos del clima lo cual repercute en el desarrollo de la acidez ya que los niveles altos de acumulación de materia orgánica contribuyen significativamente a disminuir el pH⁵⁷.

Guerrero, R manifiesta que:

El nitrógeno presente en el suelo se mantuvo en un nivel alto a través del tiempo de estudio (osciló entre 0.44 y 0.64 %), con pequeñas variaciones de los tratamientos con respecto al testigo. Este alto nivel favoreció el desarrollo de la *Acacia decurrens* Willd, traduciéndose en tejidos verdes y suculentos, mientras que para el *Tecoma stans* (L.) H.B.K ubicado en parcelas que presentaron encharcamientos, la absorción de nitrógeno se vio perjudicada posiblemente por la ausencia de oxígeno, ya que la planta absorbe nitrógeno en forma de NO₃ requiriendo la presencia de este elemento⁵⁸.

Corroborar lo anterior FitzPatrick afirmando que: “La abundancia de nitrógeno se traduce en un crecimiento suculento y de color verde, en tanto que la deficiencia provoca pérdida de color, reducción en la producción de proteínas, amarillamiento gradual y atrofia”⁵⁹

Guerrero, R afirma que: “El fósforo según los rangos de nivel crítico se encuentra en un bajo nivel (5.9 hasta 11 ppm), esta deficiencia en los suelos del trópico es un problema de reconocida importancia, cuya magnitud constituye una de las limitantes de mayor trascendencia en la producción”⁶⁰. Fassbender manifiesta que: “Es un elemento relativamente estable en los suelos, de esta estabilidad resulta una baja solubilidad que a veces causa deficiencias de disponibilidad de fósforo para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo”⁶¹.

⁵⁷ GUERRERO, Ricardo. Fertilidad de los Suelos de clima frío en Colombia. En: Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá, Colombia: E.M.A, 1988. p.45.

⁵⁸ GUERRERO, Ricardo. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. En: Fertilidad de suelos. Bogotá, Colombia: SCCS, 1988. p. 164.

⁵⁹ FITZ PATRICK, E.A. Introducción a la ciencia de los Suelos. México : TRILLAS, 1996. p. 158.

⁶⁰ GUERRERO, Ricardo, Op. cit., p.169.

⁶¹ FASSBENDER, H.W., Op. cit., p. 395.

Guerrero, R reporta que: “Para el potasio se encontraron niveles muy altos de este elemento tanto en el testigo como en los tratamientos (osciló entre 0.51 y 0.64 meq/100 g). Este elemento nutritivo juega un papel fisiológico importante en la planta formando enzimas, coenzimas, pigmentos (clorofila)”⁶².

Guerrero, R manifiesta que: ‘El calcio y magnesio se mantuvieron en un nivel desde ideal hasta alto a través de las tres épocas (7.7 hasta 10.5 meq/100 g para calcio y 3.9 hasta 4.9 meq/100 g para magnesio). Estos dos elementos juegan un papel importante en el intercambio iónico y en la reacción del suelo, siendo además nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal’⁶³.

3.3 PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA

Al plantear la relación entre las plántulas sembrados en el establecimiento del sistema y plántulas vivas al final de la evaluación, se determinó el porcentaje de sobrevivencia para las especies *Tecoma stans* (L.) H.B.K y *Acacia decurrens* Willd (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de sobrevivencia

ESPECIE	PLÁNTULAS SEMBRADAS	PLÁNTULAS VIVAS	% DE SOBREVIVENCIA
<i>Tecoma stans</i> (L.) H.B.K	363	211	58.1
<i>Acacia decurrens</i> Willd	363	346	95.3

La especie *Tecoma stans* (L.) H.B.K presentó una sobrevivencia del 58.1% después de dos años de plantado el sistema, porcentaje que refleja un regular grado de adaptación de la especie debido posiblemente a las malas condiciones físicas del suelo presentándose encharcamientos y horizontes endurecidos, lo que pudo impedir el normal desarrollo de la especie, este resultado es corroborado por Gardner⁶⁴ quien afirma que cuando se produce estancamiento de agua, suele producirse sobre la vegetación un efecto asfixiante que se aprecia en el suelo por la presencia de encharcamiento superficial; muy contrario a lo encontrado por

⁶² GUERRERO, Ricardo, Op.cit., p. 48.

⁶³ Ibid., p. 184.

⁶⁴ GARDNER, Op.cit., p.236.

Erazo y Rodríguez⁶⁵ en cuyo estudio la especie presentó un porcentaje de sobrevivencia del 100% en condiciones climáticas similares.

En el caso de *Acacia decurrens* Willd, la sobrevivencia fue del 95.3%, lo que indicó una buena adaptación de la especie a las condiciones climáticas y edáficas del Centro de Investigaciones Agropecuarias y Biológicas (CIAB) de Botana donde se presentó condiciones similares a lo descrito por SIG – PAFC “La *Acacia decurrens* Willd se adapta con bastante facilidad a suelos erosionados y con baja fertilidad, pero bien drenados, presenta susceptibilidad a pudriciones de raíz bajo condiciones de alta humedad”⁶⁶. En un estudio preliminar realizado por Escobar con *Acacia decurrens* Willd, se encontró que “Esta especie puede tener potencial para el desarrollo en Sistemas silvopastoriles en clima frío, debido a su buena adaptación. Así por ejemplo, presenta 97 % de sobrevivencia después de 5 meses de transplante, posee un acelerado crecimiento, además de su alta producción de biomasa comestible de alta calidad”⁶⁷

3.4 VARIABLES DASOMÉTRICAS

3.4.1 *Tecoma stans* (L.) H.B.K (Ver Anexo G)

Para dilucidar algunas variables y su grado de correlación existente entre ellas, se tomó las más relevantes dentro de la investigación y se procedió a efectuar su correspondiente correlación, resultados que a continuación se discuten:

✍ **Altura.** Como se puede observar en las figuras 5 y 6, las correlaciones entre la variable altura y el porcentaje de humedad del suelo para la especie *Tecoma stans* (L.) H.B.K mostraron un alto grado de significancia en las épocas 1 (Semiseca) y 3 (Seca) con valores de 0.97 y 0.96 respectivamente. Para la época 1 la mayor altura presentada fue de 69 cm con una humedad de 43.6%, mientras que con una humedad de 62.3% la altura fue notablemente menor con 38 cm, datos similares se obtuvieron para la época 3, siendo para ambas una correlación negativa lo que indica que a medida que el porcentaje de humedad se incrementa la altura disminuye, esto posiblemente se debió a que en las parcelas donde se ubicó este tratamiento se presentaron encharcamientos lo cual dificultó el crecimiento de los árboles.

⁶⁵ ERAZO, Camilo y RODRÍGUEZ, Cristian. Estudio Preliminar del establecimiento de un arreglo multiestrato, con las especies: *Acacia* (*Acacia decurrens*), *Quillotocto* (*Tecoma stans* HBK) y *mora* (*Rubus* sp) a cuatro distancias de siembra en un afloramiento de agua del Centro de Investigaciones CORPOICA Obonuco municipio de Pasto. Departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2002, p. 68. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

⁶⁶ SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA – PLAN DE ACCION FORESTAL PARA COLOMBIA. En : Revista informativa del proyecto SIG-PAFC. Bogotá : SIG-PAFC. No 14 Vol. 4. (1997); p.16.

⁶⁷ ESCOBAR, L.M. Perspectivas de la producción de follaje y leña de *Acacia decurrens*. Servicio Nacional de protección forestal. Medellín : INDERENA, 1993, p.9.

Gardner afirma que: “El suelo debe proveer el régimen favorable de aire y agua para el correcto funcionamiento de la planta, además en muchos casos, la toma de nutrientes, la deficiencia de oxígeno e insuficiente proliferación de raíces esta limitada por falta o exceso de agua”⁶⁸

Figura 5. Correlación entre Altura (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 1

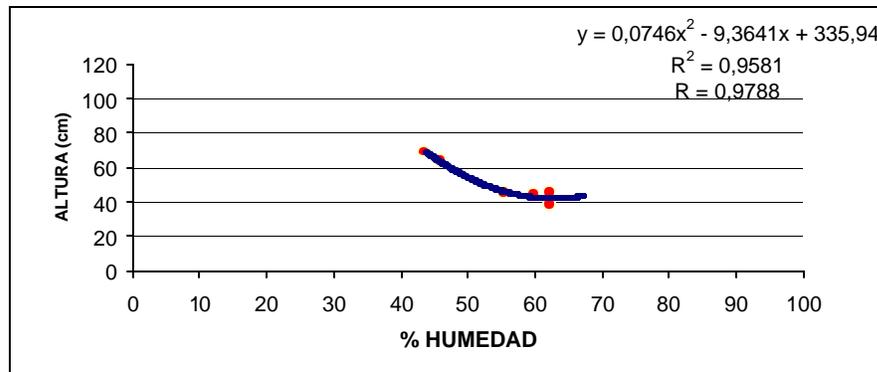
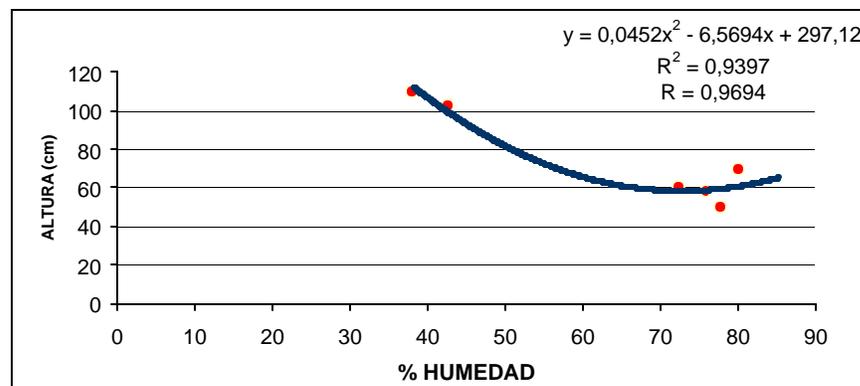


Figura 6. Correlación entre Altura (cm) de *Tecoma stans*(L.) H.B.K con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 3

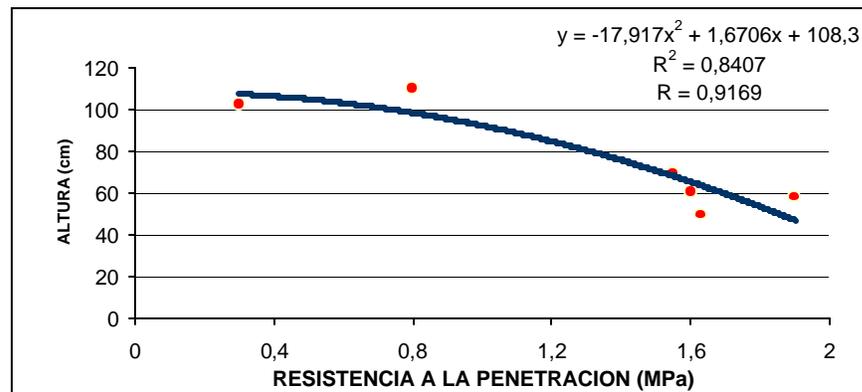


La variable altura correlacionada con la resistencia a la penetración mostró un bajo grado de significancia para las épocas 1 y 2 (lluviosa) mientras que para época 3 (figura 7), la correlación fue de 0.91. Como se muestra en la figura, al presentarse una resistencia de 0.3 Mpa, la altura conseguida fue de 102.2 cm, mientras que con un leve incremento en la resistencia de 1.63 Mpa la altura presentada fue de 49.4 cm, esto indica que la tendencia de la altura es a disminuir a medida que la resistencia a la penetración aumenta, lo cual es confirmado por Gardner quien

⁶⁸ GARDNER, Op.cit., p. 235.

afirma “Toda resistencia física a la penetración tiende a obstruir el normal crecimiento radical con los consiguientes efectos negativos sobre el crecimiento de la planta”⁶⁹

Figura 7. Correlación entre Altura (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con el grado de Resistencia a la penetrabilidad del suelo (MPa) en la época 3



Como se indica en las figuras 8, 9 y 10 en las correlaciones entre altura y conductividad hidráulica hay un alto grado de dependencia mostrando valores de 0.98, 0.97 y 0.95. Como sucede en la época 2, con una conductividad lenta de 0,19 cm/h, la altura del quillotocto fue de 52.9 cm, al incrementarse la conductividad hacia un rango de moderado con un valor de 2.87 cm/h, la altura también se incrementa a 81.4 cm, similarmente ocurre para las épocas 1 y 3 lo cual indica que la filtración de agua dentro del perfil del suelo influye directamente en el crecimiento.

Para Pla:

En el manejo de aguas y suelos con fines productivos se busca aumentar la capacidad de infiltración y reducción de la evaporación, lo cual puede lograrse al mismo tiempo con una adecuada agregación de la capa superficial del suelo. La influencia que pueden tener las condiciones de suelo superficial sobre la infiltración, evaporación, escorrentía y erosión se hacen indispensables para el sistema suelo y principalmente para el desarrollo radical.⁷⁰

⁶⁹ Ibid., p.210.

⁷⁰ PLA, I. Conservación de aguas y tierras; relaciones suelo-agua. Mérida, Venezuela : IDITA, p. 25.

Figura 8. Correlación entre Altura (cm) de *Tecoma stans*(L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 1

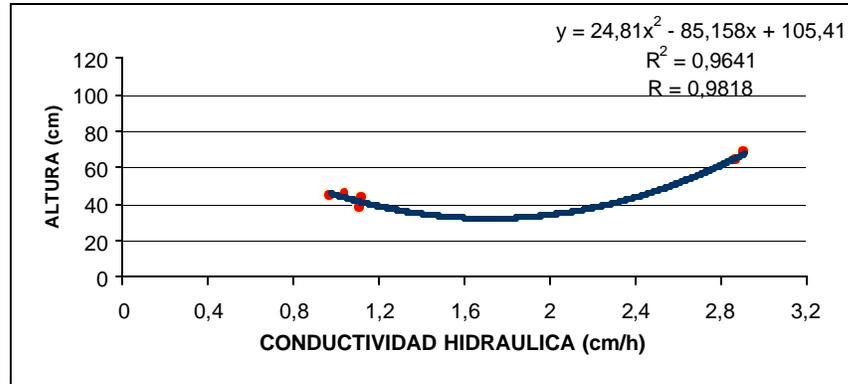


Figura 9. Correlación entre Altura (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 2

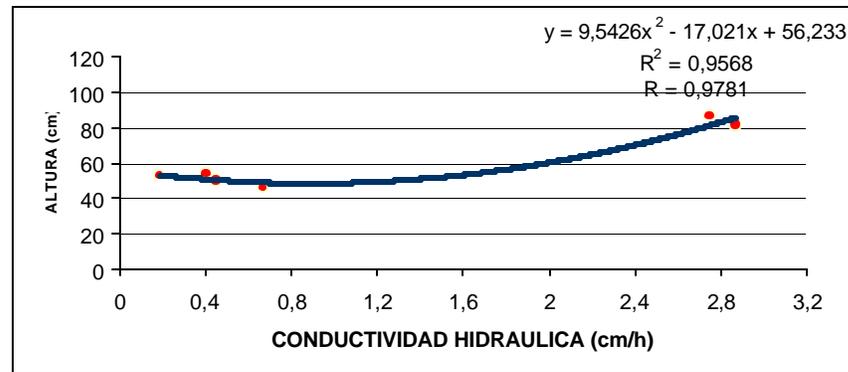
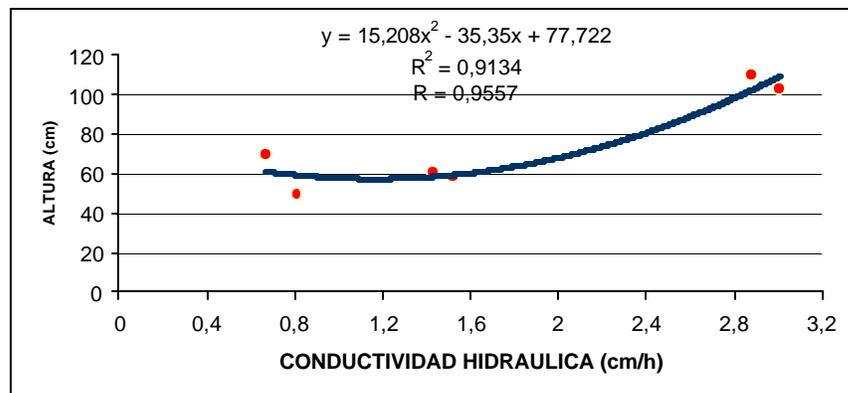


Figura 10. Correlación entre Altura (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 3



Al realizar un análisis de Regresiones múltiples para determinar dentro de cada época que propiedad física influyó de manera más significativa sobre la altura de quillotocto se obtuvieron las siguientes ecuaciones (Anexo H):

Época 1

$$\text{Altura} = 95.17 - 0.70 \text{ Hu} - 5.87 \text{ RP} + 7.65 \text{ CH}$$

Donde:

Hu = Humedad gravimétrica

RP = Resistencia a la Penetración

CH = Conductividad Hidráulica

Indica que por cada unidad que se incremente la humedad del suelo, la altura se disminuye en 0.70 cm; por cada unidad de incremento en la resistencia a la penetración la altura disminuye en 5.87 cm y por cada unidad que se incremente la conductividad hidráulica la altura del quillotocto se incrementa en 7.65 cm. Para esta época se obtuvo un $R^2 = 0.99$ con el modelo de Forward, indicando que todas las variables estuvieron involucradas significativamente dentro del modelo.

Época 2

$$\text{Altura} = 89.05 + 0.58 \text{ Hu} - 26.14 \text{ RP} + 19.16 \text{ CH}$$

La ecuación determinada por el modelo de Backward con un $R^2 = 0.97$ indicando alta significancia estadística de las tres propiedades físicas sobre la altura.

Época 3

$$\text{Altura} = 194.75 - 1.49 \text{ Hu} - 7.32 \text{ RP} - 8.52 \text{ CH}$$

Para esta época el modelo que mejor se ajusta es el de Backward con un $R^2 = 0.92$ en el cual las tres variables influyen en la altura.

✍ **Diámetro basal.** En las figuras 11 y 12 se puede observar que la humedad tiene influencia sobre el diámetro basal de la especie con 0.91 para la época 1 y 0.96 para la época 3. Observando en la figura 12 tenemos que con una humedad de 38.1 % el diámetro basal alcanza un valor de 2.57 cm y con una humedad de 77.8 % el diámetro es de 1.66 cm, notando que la tendencia del diámetro al igual que para la época 3 es a disminuir a medida que aumenta la humedad presente en el suelo. Las correlaciones presentan valores negativos lo cual probablemente estuvo influenciado por condiciones desfavorables como el encharcamiento presentado en estas parcelas. Según Amézquita “Para que una planta crezca y produzca satisfactoriamente, el suelo sobre el cual crece debe presentar ciertas

condiciones de humedad y aireación que permitan satisfacer las necesidades de agua y oxígeno de las raíces de las plantas, por lo que no debe ser ni deficiente, ni excesiva”⁷¹. Gardner afirma que: “La presencia en el suelo de horizontes endurecidos limita fuertemente el paso del agua por lo que queda estancada y puede provocar fuertes escorrentías superficiales que generan una gran erosión”⁷².

Figura 11. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con el porcentaje de Humedad gravimétrica en la época 1

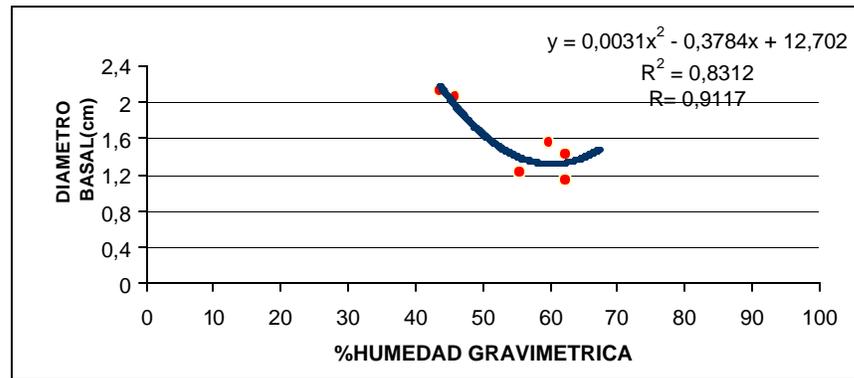
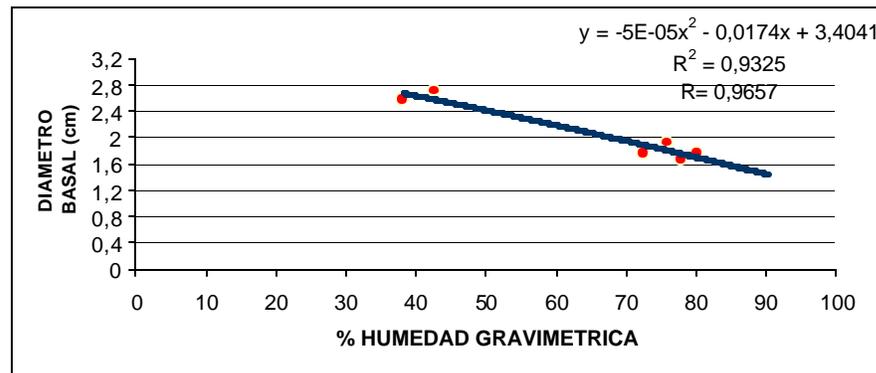


Figura 12. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con el porcentaje de Humedad gravimétrica en la época 3

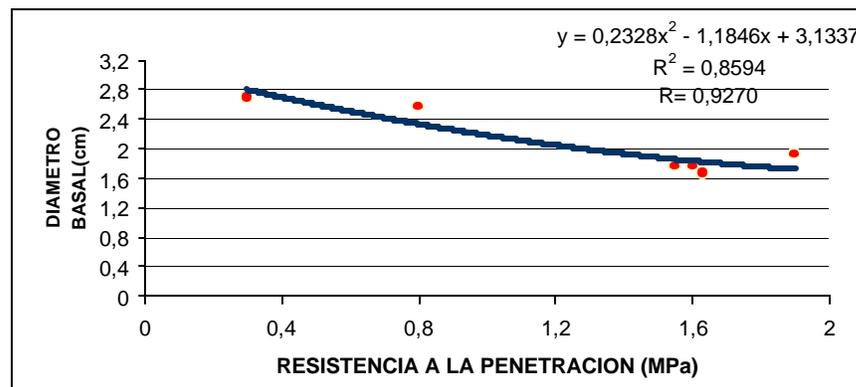


⁷¹ AMÉZQUITA, Edgar. Curso practico sobre la fertilidad, análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. Cagua, Venezuela: FUSAGRI, 1984.p.7.

⁷² GARDNER, Op.cit., p.231.

Como se observa en la figura 13, al igual que lo ocurrido para la variable altura, la correlación entre diámetro basal y penetrabilidad presentó valores no significativos para la época 1 y 2 para las cuales no hubo ajuste del modelo, mientras que para la época 3 presentó un porcentaje de 0.92 aunque la influencia es negativa debido probablemente a que el sistema radicular encontró limitantes en el horizonte del suelo, obteniendo con una resistencia a la penetración de 0.3 MPa (ninguna) un diámetro de 2.57 cm y en el suelo donde se encontró una resistencia de 1.63 MPa (leve) el diámetro encontrado fue menor con un valor de 1.66 cm. Amézquita señala que: “Un suelo de buena calidad permite que la presión ejercida por las raíces en su proceso de crecimiento sea capaz de deformarlo para que ellas puedan penetrarlo”⁷³

Figura 13. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con la Resistencia a la penetración (MPa) en la época 3



Las figuras 14, 15 y 16 muestran la relación del diámetro basal con la capacidad de infiltración de agua en el suelo presentando un buen ajuste para las tres épocas obteniendo datos de 0.93, 0.95 y 0.98 respectivamente. En la Figura 16 se puede observar que con una conductividad hidráulica lenta de 0.19 cm/h el diámetro basal es de 1.76 cm y con una conductividad moderada de 2.87 cm/h el diámetro basal es de 2.7 cm lo cual indica que el crecimiento en diámetro de la especie está influenciado positivamente con la capacidad de infiltración de agua del suelo. Gil señala que: “Factores tales como una baja conductividad hidráulica pueden limitar el libre suministro de agua a las raíces. Por lo tanto se desprende la importancia de contar con un ambiente edáfico cuyas características funcionales

⁷³ AMÉZQUITA, Edgar. Construcción de una “capa arable” en suelos pobres: conceptos esenciales aplicados en la Altillanura. Cali : CIAT/ CORPOICA, 2002. p. 20.

le permitan a la planta expresar su potencial de producción desde este punto de vista”⁷⁴

Figura 14. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 1

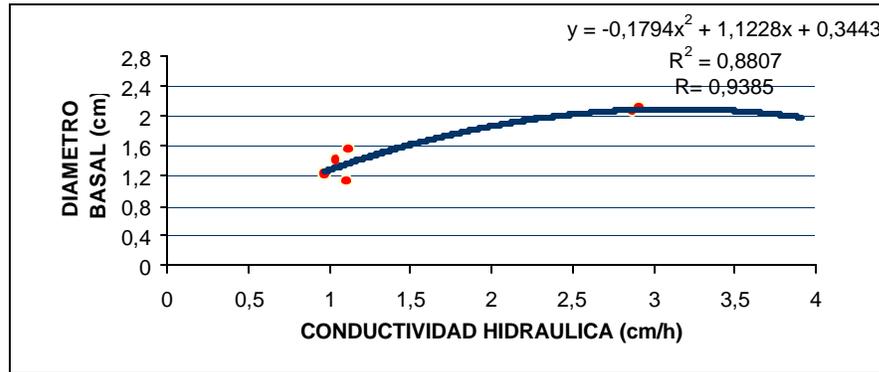
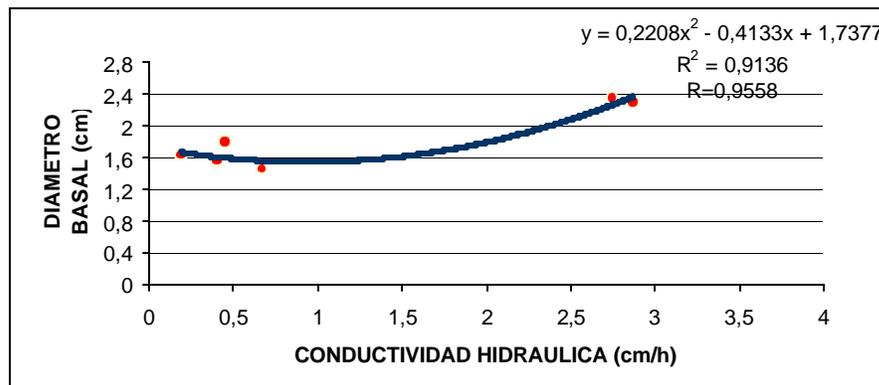
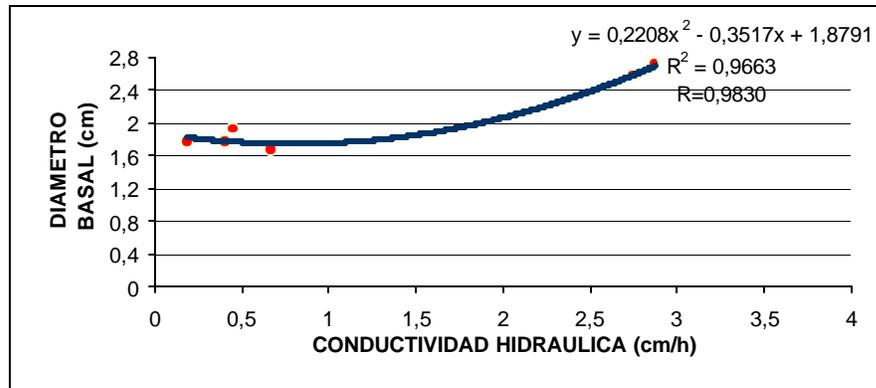


Figura 15. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 2



⁷⁴ GIL, Rodolfo. Algunos criterios para la cuantificación y diagnóstico del comportamiento estructural del suelo, y su relación con la dinámica del agua y la producción de los cultivos. Manfredi, Argentina: INTA CASTELAR, 2002, p. 12.

Figura 16. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Tecoma stans* (L.) H.B.K con la Conductividad hidráulica (cm/h) en la época 3



Con el análisis de Regresiones múltiples se obtuvieron los siguientes resultados (Anexo I):

Época 1

$$\text{Diámetro basal} = 1,70 + 0,00097 \text{ Hu} - 0,29 \text{ RP} + 0,46 \text{ CH}$$

El modelo de Backward con un $R^2 = 0,98$ indica que el diámetro basal está influenciado por la resistencia a la penetración y por la conductividad hidráulica de una manera más significativa que la humedad gravimétrica lo cual indica que estadísticamente tiene poca influencia sobre esta variable.

Época 2

$$\text{Diámetro basal} = 1,61 + 0,02 \text{ Hu} - 0,46 \text{ RP} + 0,42 \text{ CH}$$

La ecuación dada por el modelo de Backward con un $R^2 = 0,99$ indica que para ajuste del modelo estadístico las tres variables influyen dentro de la determinación del diámetro basal.

Época 3

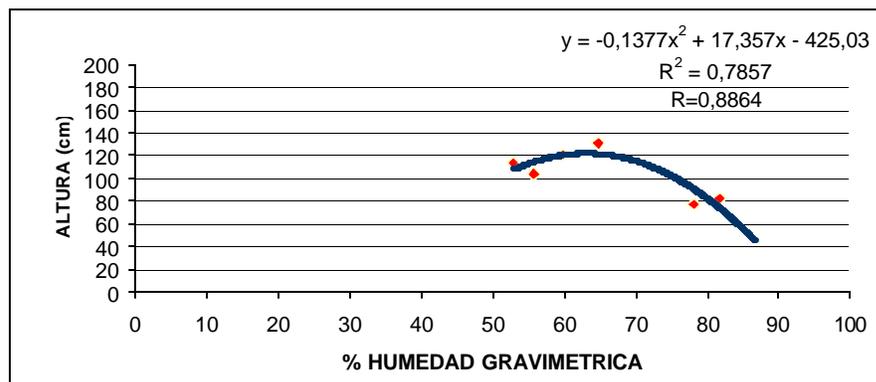
$$\text{Diámetro basal} = 2 - 0,001 \text{ Hu} - 0,23 \text{ RP} + 0,28 \text{ CH}$$

El modelo de Backward con un $R^2 = 0,97$ indica que el diámetro basal está influenciado estadísticamente por las tres propiedades físicas estudiadas, aunque la humedad sigue teniendo poca influencia en el incremento del diámetro basal.

3.4.2 *Acacia decurrens* Willd (Ver Anexo J)

✍ **Altura.** Como se puede observar en las figuras 17, 18 y 19 las correlaciones presentadas entre la variable altura y humedad gravimétrica son estadísticamente significativas con valores de 0.88, 0.90 y 0.85 para las tres épocas respectivamente lo que indica que esta propiedad física influye negativamente sobre el crecimiento de los árboles cuando el porcentaje presente en el suelo a excedido el 60%, esto se ratifica al tomar en la época 2 el valor del porcentaje de humedad del 44.3% donde el árbol obtuvo una altura de 149 cm mientras que con un porcentaje de humedad de 79.5% la altura de la acacia fue notablemente menor con un valor de 101.4 cm, el comportamiento de la especie es similar para las épocas 1 y 3. Gil sostiene que: ‘La cantidad y tasa de absorción de agua y nutrientes por las plantas depende de la habilidad de las raíces de absorber la solución del suelo que está en contacto, como así también de la habilidad que tiene el suelo de suministrarla y trasmitirla hacia las raíces a una velocidad tal que permita satisfacer los requerimientos de transpiración y crecimiento⁷⁵,

Figura 17. Correlación entre Altura (cm) de *Acacia decurrens* Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 1



⁷⁵ Ibid., p. 13.

Figura 18. Correlación entre Altura (cm) de *Acacia decurrens* Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 2

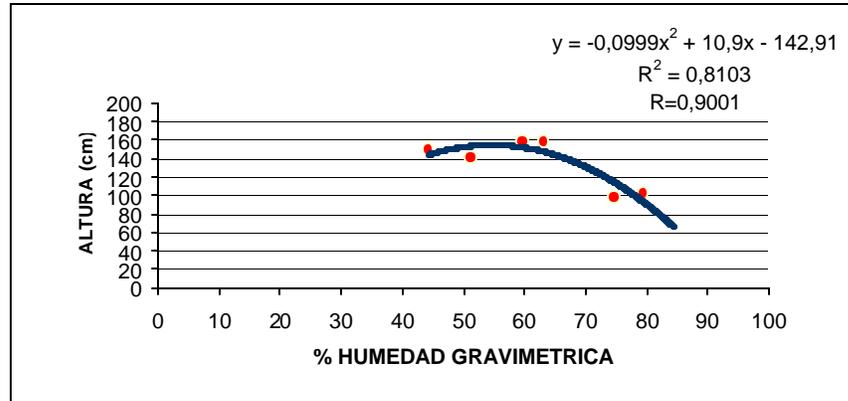
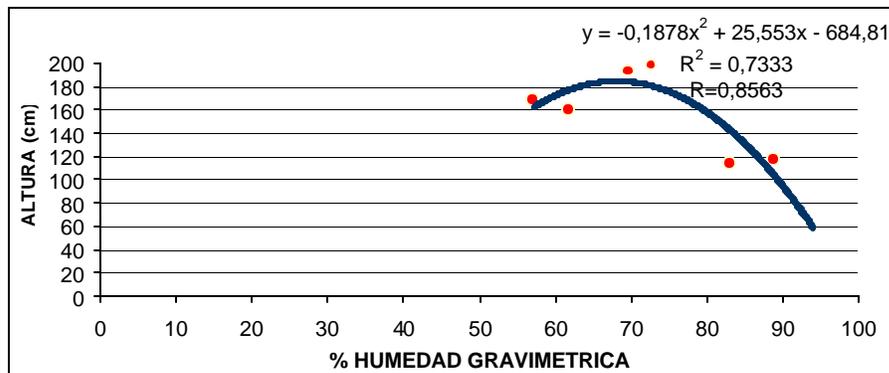


Figura 19. Correlación entre Altura (cm) de *Acacia decurrens* Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 3



Las figuras 20 y 21 muestran las correlaciones entre la altura y la resistencia a la penetración mostrando una relación estadística significativa de 0.89 y 0.93 para las épocas 2 y 3 respectivamente mientras que para la época 1 no existió correlación de significancia. Se puede observar que la tendencia del crecimiento de la acacia es a aumentar cuando se incrementa el nivel de resistencia. Observando valores de la figura 21 tenemos que con una resistencia a la penetración de 2 MPa (leve) la altura encontrada fue de 113 cm y con una resistencia de 3.55 MPa (alta) la altura fue de 193 cm, datos que corroboran la tendencia de esta correlación. Gil indica que: “Cualquier factor adverso que altere el crecimiento y actividad de las raíces, como capas compactadas, inadecuada aireación, alta resistencia a la penetración, entre otros, puede afectar parcial o

severamente la actividad radical y por lo tanto la capacidad de crecimiento y producción del cultivo”⁷⁶

Figura 20. Correlación entre Altura (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Resistencia a la penetración del suelo (MPa) en la época 2

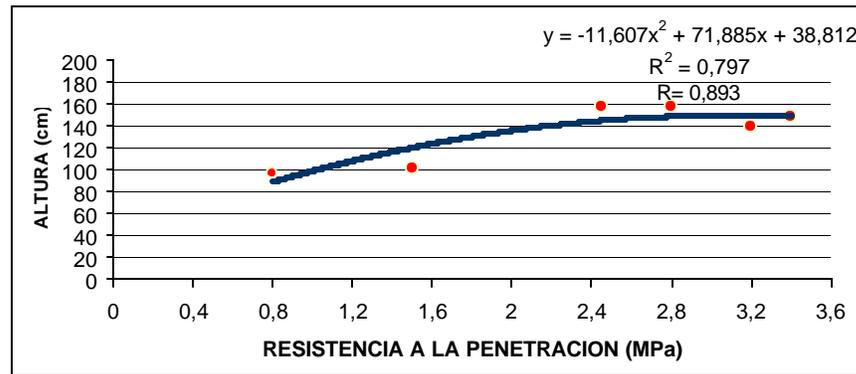
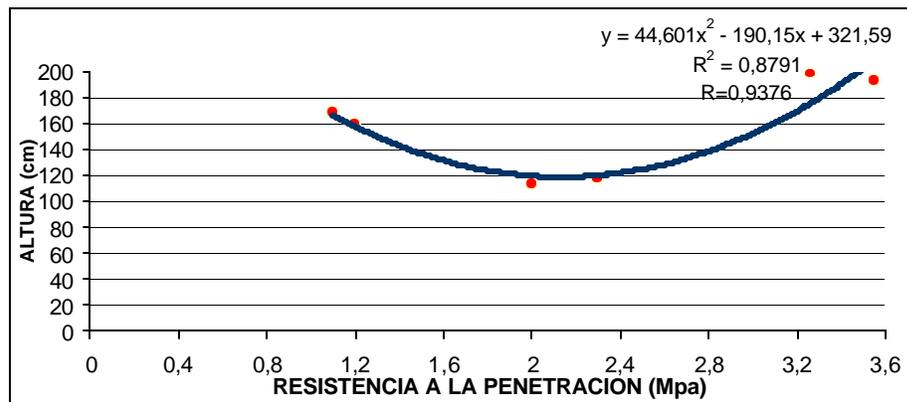


Figura 21. Correlación entre Altura (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Resistencia a la penetración del suelo (MPa) en la época 3



En las figuras 22, 23 y 24 los valores de las correlaciones entre altura y conductividad hidráulica presentan significancia estadística para las tres épocas con 0.90, 0.84 y 0.97 respectivamente. Se puede notar que con valores de conductividad hidráulica entre 2.5 y 3 cm/h (moderada) los árboles obtuvieron el mayor crecimiento pero al incrementarse la conductividad el crecimiento fue menor (con 2,5 cm/h 193 cm y con 4 cm/h 113 cm), esto posiblemente se deba a que la rápida infiltración de agua a través de los horizontes del suelo evite que la especie tome la cantidad de agua y nutrientes que necesita además de que la incentiva

⁷⁶ Ibid., p. 14.

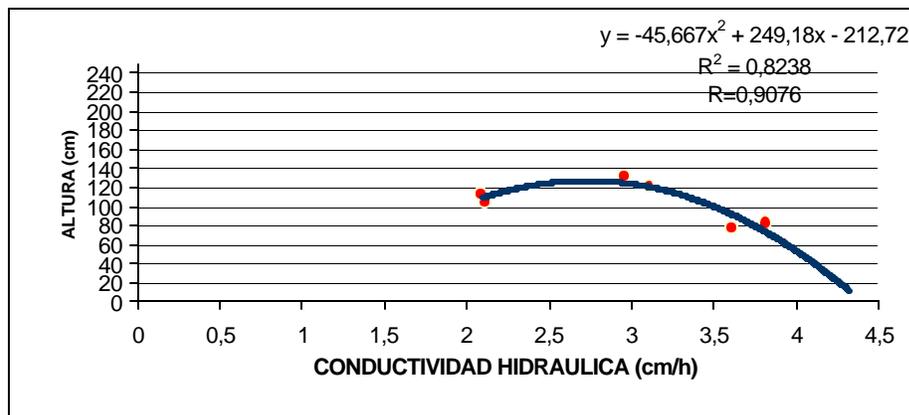
para que explore horizontes más profundos, lo cual lo observamos en las figuras 20 y 21 de resistencia a la penetración.

Según Malagón: “La absorción y conducción rápida de agua, determinan la baja fertilidad natural del suelo por su poca retención de agua y nutrientes que se pueden perder fácilmente por el lavado del perfil”⁷⁷.

Amézquita complementa afirmando que:

Para que las plantas puedan desarrollarse el suelo debe poseer ciertas condiciones físicas aceptables; de no ser así, éstas deberían lograrse a través de una buena preparación de suelos, de tal manera que el suelo pueda almacenar más agua, mejorar el suministro de los elementos nutritivos, mejorar las condiciones de drenaje y conservar por largos años su fertilidad⁷⁸

Figura 22. Correlación entre Altura (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 1



⁷⁷ MALAGON, Dimas. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Colombia: IGAC, 1976. p. 172.

⁷⁸ AMÉZQUITA, E, Op.cit., p. 10.

Figura 23. Correlación entre Altura (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 2

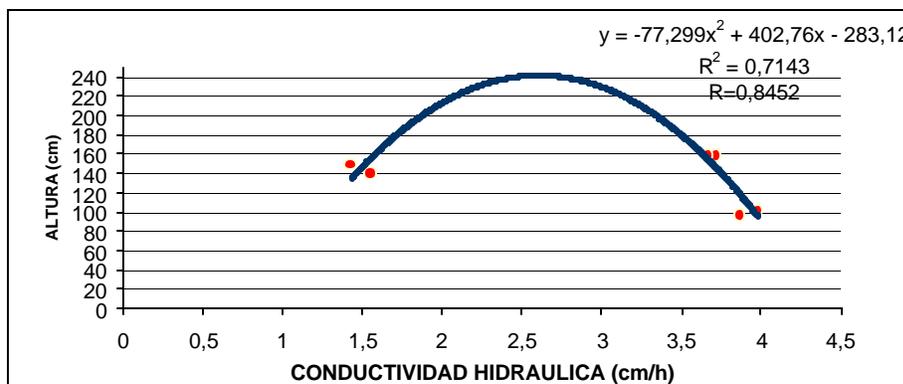
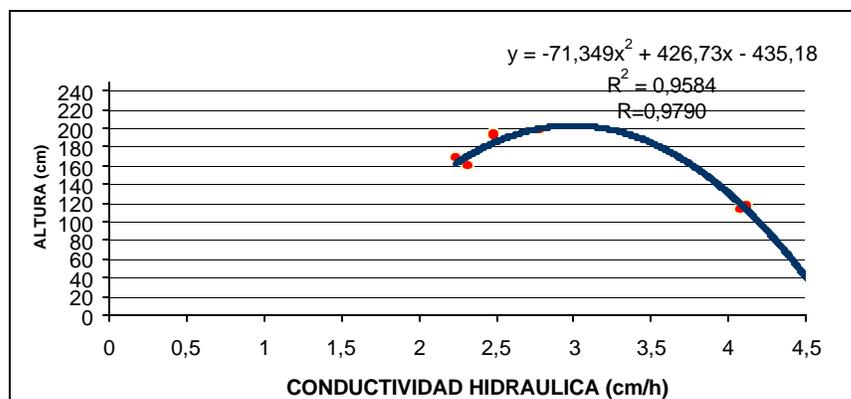


Figura 24. Correlación entre Altura (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 3



Realizando el análisis de Regresiones múltiples para la variable altura y determinar la influencia de las propiedades físicas sobre esta se obtuvieron las siguientes ecuaciones (Anexo K):

Época 1

$$\text{Altura} = 328.26 - 2.13 \text{ Hu} - 23.70 \text{ RP} - 11.07 \text{ CH}$$

El modelo estadístico que más se ajustó para explicar el comportamiento de la especie en cuanto a altura respecto a las propiedades físicas fue el de Backward con un $R^2 = 0.88$ en el cual se involucraron las tres propiedades estudiadas aunque con influencia negativa en el crecimiento.

Época 2

$$\text{Altura} = 135.51 - 0.22 \text{ Hu} - 5.36 \text{ RP} - 15.51 \text{ CH}$$

Esta ecuación dada por el modelo de Backward con un $R^2 = 0.99$ indicando alta significancia de las propiedades físicas sobre la altura al igual que ocurre para la época 1.

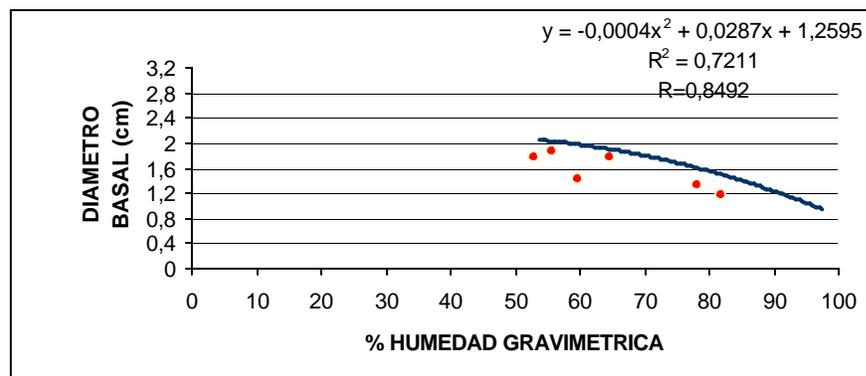
Época 3

$$\text{Altura} = 244.67 - 0.71 \text{ Hu} + 21.64 \text{ RP} - 27.76 \text{ CH}$$

El modelo de Backward con un $R^2 = 0.96$ abarca las tres propiedades físicas que estadísticamente influyen en el crecimiento de la acacia. Para esta época la resistencia a la penetración actúa de forma positiva contrariamente a lo que sucede en las épocas 1 y 2.

✎ **Diámetro basal.** En las figuras 25, 26 y 27 se exponen las correlaciones entre Diámetro basal y porcentaje de humedad gravimétrica del suelo en las cuales se pueden observar significancia estadística tanto para la época 1, 2 y 3 con valores de 0.84, 0.96 y 0.93 correspondientemente. Cuando el suelo presenta un valor mayor del 60% de humedad, el diámetro basal tiende a ser menor, tal como se puede observar en la figura 26 que con una humedad de 60% el diámetro obtenido es de 2.28 cm y con una humedad del 79% el diámetro fué de 1.46 cm. Para Amézquita: “Un suelo de buena calidad para la producción permite que entre el agua lluvia y se distribuya fácilmente dentro del volumen del suelo, con buena capacidad de retención”⁷⁹.

Figura 25. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Acacia decurrens* Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 1



⁷⁹ Ibid., p. 19.

Figura 26. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Acacia decurrens* Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 2

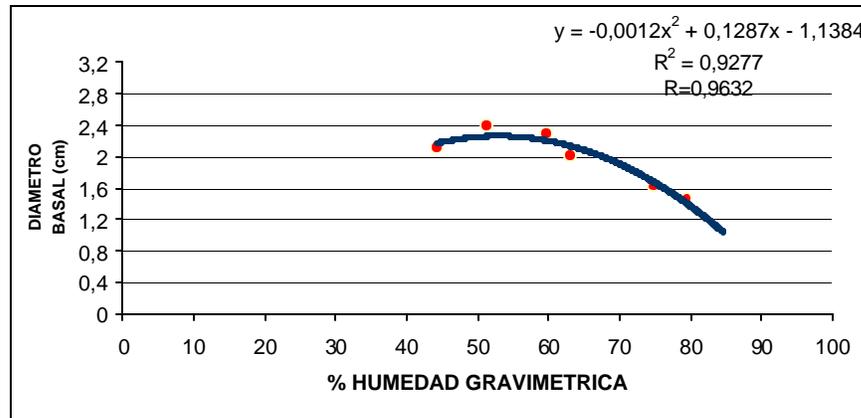
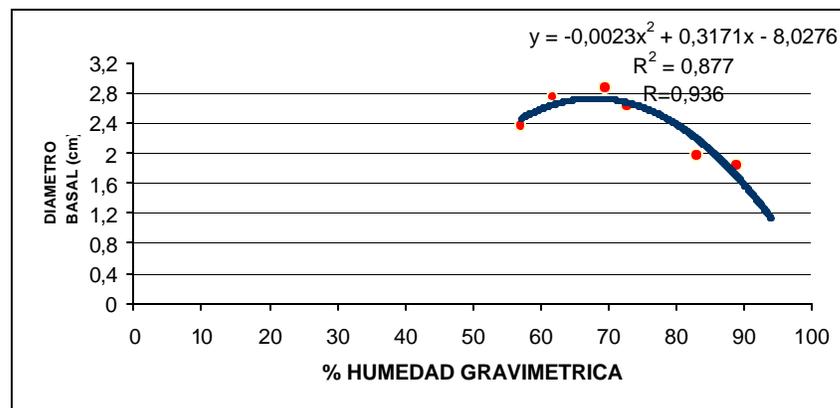
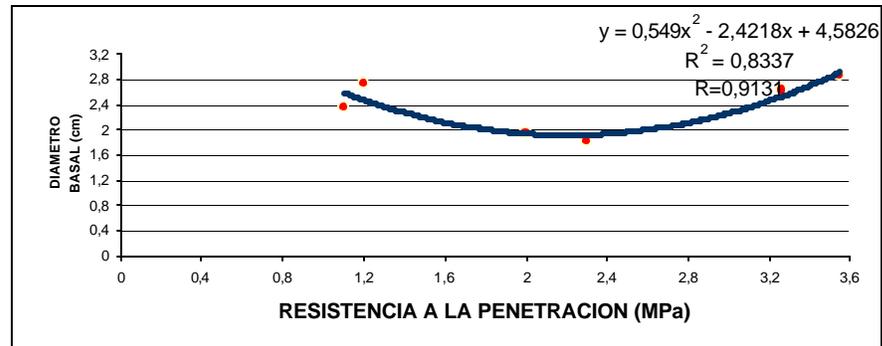


Figura 27. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Acacia decurrens* Willd con el porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo en la época 3



Tal como se puede observar en la figura 28 la resistencia a la penetración tuvo significancia estadística en la época 3 con una correlación de 0.91 mientras que para las épocas 1 y 2 la correlación no fué significativa estadísticamente. Con una resistencia de entre 1 y 2 MPa (leve) se encontraron diámetros entre 2.35 y 1.95 cm observándose poca variación de resultados, mientras que para una resistencia de 3.55 MPa (alta) se obtuvo un diámetro de 2.35 cm

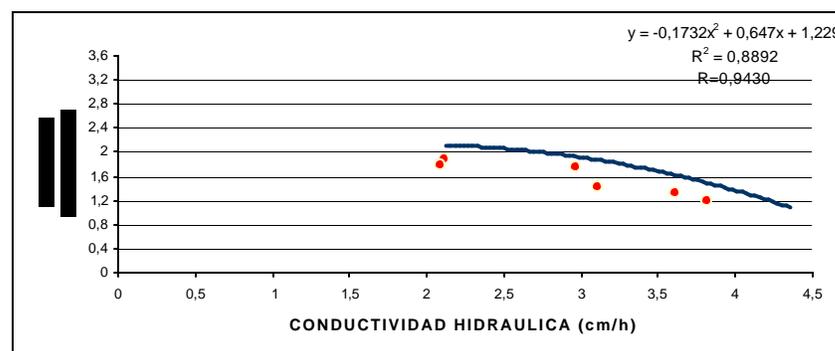
Figura 28. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Resistencia a la penetración del suelo (MPa) en la época 3



Las figuras 29, 30 y 31 se exponen las correlaciones entre el diámetro basal y Conductividad hidráulica mostrando valores significativos para las tres épocas con 0.94, 0.98 y 0.93 respectivamente. Con una conductividad hidráulica entre 2 y 2.5 cm/h (moderada) el diámetro basal se encuentra alrededor de los 2 cm, al incrementarse la capacidad de infiltración de agua el diámetro es menor. Pla afirma que:

La evapotranspiración de los cultivos se pueda cumplir hasta su máximo, es necesario que cada vez que haya aportes el agua pueda penetrar en el suelo en las cantidades apropiadas y posteriormente distribuirse en la masa de suelo hasta la profundidad deseada. Por otro lado, el desarrollo y la actividad radical de la mayoría de los cultivos exigen que el exceso de agua que penetre en el suelo sea eliminado a través del drenaje interno.⁸⁰

Figura 29. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 1



⁸⁰ Pla., Op.cit., p. 40.

Figura 30. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 2

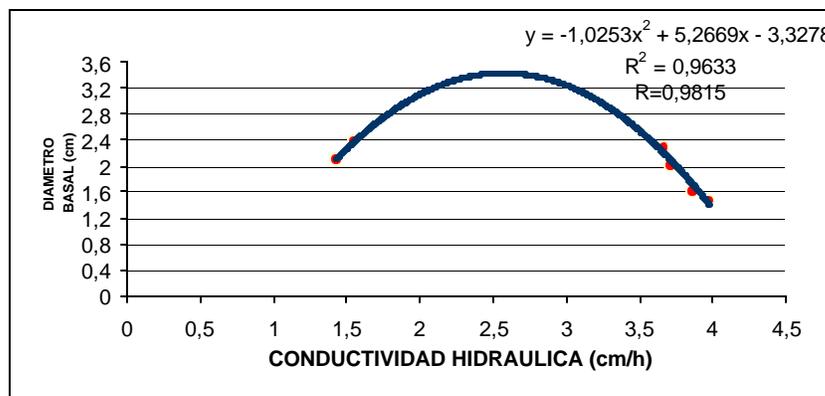
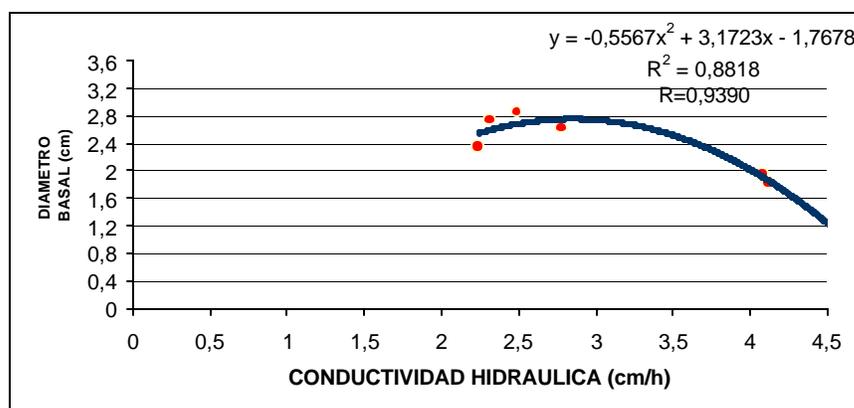


Figura 31. Correlación entre Diámetro basal (cm) de *Acacia decurrens* Willd con la Conductividad hidráulica del suelo (cm/h) en la época 3



Con el análisis de Regresiones múltiples los modelos obtenidos son los siguientes (Anexo L):

Época 1

$$\text{Diámetro basal} = 3.66 + 0.01Hu - 0.23 RP - 0.83 CH$$

La ecuación determinada por el modelo de Backward con un $R^2 = 0.95$ en la cual involucra estadísticamente las propiedades físicas estudiadas en la determinación del diámetro basal. La humedad tiene una influencia positiva mínima, mientras que la resistencia a la penetración y la conductividad hidráulica influyen negativamente.

Época 2

$$\text{Diámetro basal} = 3.21 - 0.03 \text{ Hu} + 0.07 \text{ RP} + 0.15 \text{ CH}$$

El modelo expuesto por Backward para la época dos muestra una correlación con un $R^2 = 0.78$ en donde se observa que las tres propiedades físicas influyen de forma leve en la determinación del diámetro basal de la acacia.

Época 3

$$\text{Diámetro basal} = 2.8 + 0.02 \text{ Hu} + 0.08 \text{ RP} - 0.74 \text{ CH}$$

La ecuación dada por el modelo de Backward con un $R^2 = 0.90$ indica que para ajuste del modelo estadístico las tres variables influyen dentro de la determinación del diámetro basal. La humedad y la resistencia a la penetración en forma leve y positivamente mientras que la conductividad hidráulica influye negativamente.

3.5 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Para interpretar los análisis bromatológicos (Anexo M), se tomó básicamente los contenidos de proteína cruda ya que según Pezo e Ibrahim “Este ha sido el atributo que más se ha destacado en la selección de especies forrajeras, teniendo en cuenta que este es alto en leguminosas principalmente”⁸¹.

De las especies estudiada, el porcentaje más alto de proteína cruda lo dio *Acacia decurrens* Willd con un 18.69%, seguida del *Pennisetum clandestinum* Hochst con 14.58% y finalmente *Tecoma stans* (L.) H.B.K con 12.73%, datos muy similares se obtuvieron para las arbóreas en un estudio realizado por Paz, F. y Recalde, D sostiene que: “En condiciones climáticas similares obteniendo 17.75% de proteína cruda para *Acacia decurrens* Willd y 13.06% para *Tecoma stans* (L.) H.B.K”⁸², por otra parte Caycedo y Apraez afirman que: “La digestibilidad en monogástricos como el cuy es mayor cuando las especies forrajeras utilizadas en su alimentación presentan mejor contenido de proteína”⁸³.

⁸¹ Pezo, D. e Ibrahim, M, Op.cit., p.18.

⁸² PAZ, Fidel y RECALDE, Daría. Determinación preliminar de variación nutricional y mineral del suelo y su relación con el Banco de Proteína en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, en el Centro de Investigación CORPOICA, Obonuco. San Juan de Pasto, 2003, p. 91. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

⁸³ CAYCEDO, A. y APRAEZ, E. Las malezas y su valor nutritivo para los cuyes *Cavia porcellus*. En : Revista de Ciencias Agrícolas. Vol. 17, No. 1 (2000); p. 239-249.

3.6 PROBABILIDAD DE LLUVIA

En la figura 32 se muestran la cantidad de lluvia (mm) y el porcentaje de probabilidad con que estas puedan ocurrir para un mes determinado.

Se puede notar que la incidencia de lluvias con menos de 75 mm tienen mayor probabilidad de ocurrir (> 75%) durante todos los meses debido a que son eventos de baja cantidad, mientras que aquellas precipitaciones de alta cantidad tienen probabilidades bajas de suceder (5– 10%).

Analizando la ocurrencia de lluvias para los meses correspondientes a las épocas de estudio (Febrero, Mayo y Agosto), se puede apreciar que durante Febrero hay una probabilidad del 5% de que se presenten eventos con 217 mm, esta misma precipitación no hay posibilidad de que se presente en Mayo y Agosto. De esta misma forma una lluvia de 91 mm tiene una probabilidad del 15% de ocurrir en el mes de Febrero, pero esta misma precipitación se puede presentar con mayor ocurrencia (60%) durante el mes de Mayo, en el cual habrá mayor ocurrencia de eventos que oscilen entre 70 y 100 mm. Durante el mes de Agosto no hay probabilidad de que se presenten lluvias de alta cantidad, por lo que habrán precipitaciones menores entre 64 y 16 mm con probabilidades que se incrementan a medida que la precipitación disminuye; este último dato es de gran utilidad en la planificación de sistemas de riego.

3.6.1 Relación entre Precipitación e incremento en Altura de *Tecoma stans*(L.) H.B.K y *Acacia decurrens* Willd. En la figura 33 se pueden notar los incrementos mensuales para las especies arbóreas en estudio así como las precipitaciones ocurridas durante Enero a Septiembre de 2004 (Anexo N).

Para *Tecoma stans* (L.) H.B.K el incremento mensual de altura osciló entre 1.5 y 4.8 cm, este último valor ocurrió durante una temporada de lluvias de 66 mm (Mayo), mientras que el menor incremento se dio en el mes de Febrero en el cual la precipitación estuvo en su mínimo nivel (11.7 mm), demostrando la respuesta del quillotocto a la cantidad de lluvia ocurrida.

En relación con *Tecoma stans* (L.) H.B.K la *Acacia decurrens* obtuvo un mayor crecimiento cuyo incremento estuvo influenciado por las lluvias ocurrentes, de esta forma se puede ver que el mayor aumento en altura (14 cm) sucedió durante el mes de Mayo, en el cual cantidad de precipitación fué de 66 mm, influyendo positivamente en el crecimiento de la especie. En general se puede observar que la acacia respondió satisfactoriamente a las lluvias, mientras que en el mes de Febrero en donde la precipitación disminuyó notablemente, el incremento de altura se notó reducido.

Figura 32. Precipitación y Probabilidad Estación Botana (1983-2002)

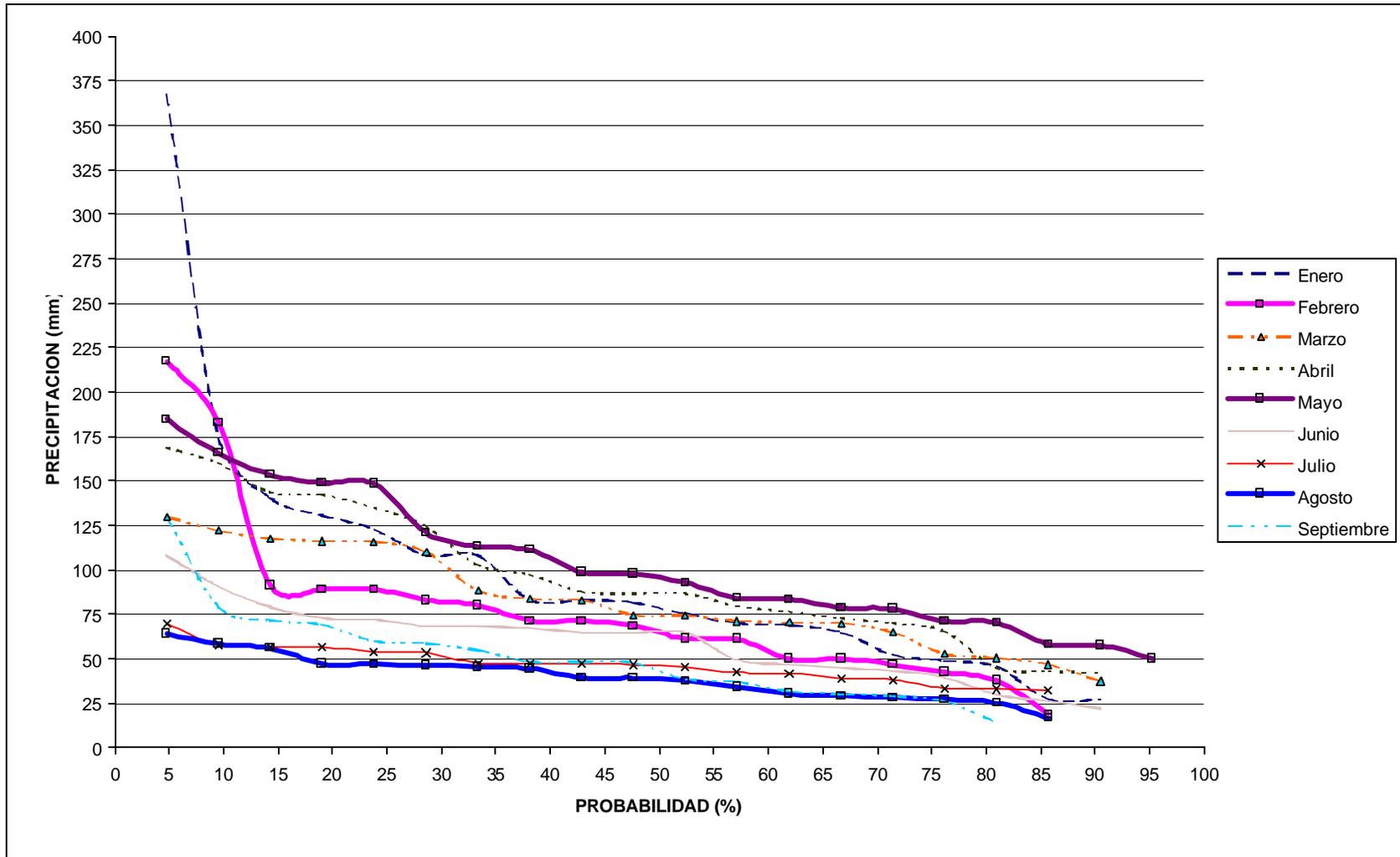
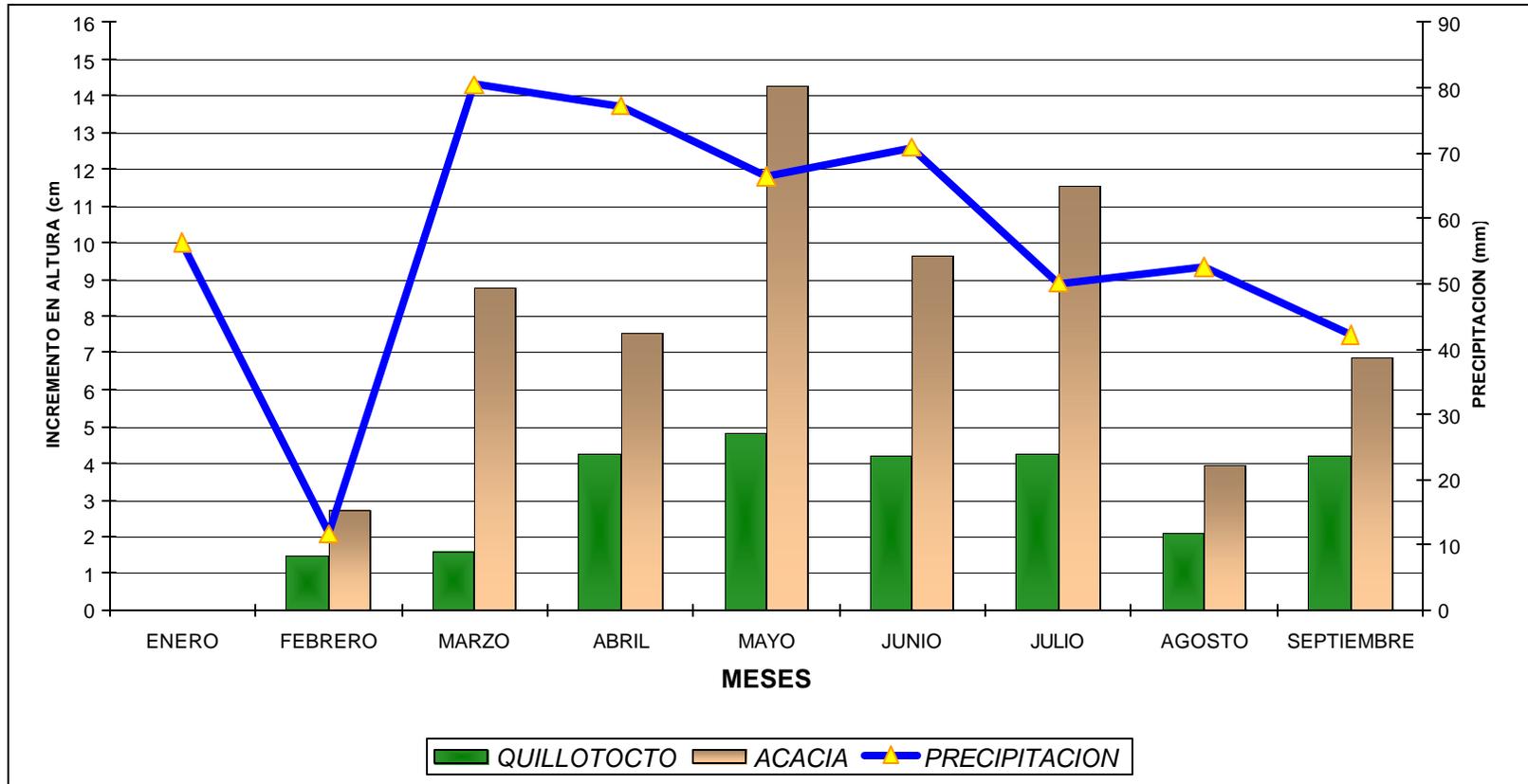


Figura 33. Relación entre Precipitación (Año 2004) e Incremento en Altura de *Tecoma stans*(L.) H.B.K y *Acacia decurrens* Willd



4. CONCLUSIONES

✍ Los resultados obtenidos para las propiedades físicas no presentaron diferencias estadísticamente significativas tanto para tratamientos como para épocas (con R^2 oscilando entre 0.33 y 0.88). Igualmente sucedió para los elementos nutritivos y características químicas del suelo a través del tiempo y entre tratamientos presentando un cambio mínimo.

✍ *Tecoma stans* (L.) H.B.K presentó un Porcentaje de sobrevivencia del 58.1% y un 95,3% para *Acacia decurrens* Willd lo que demuestra una buena adaptación de esta última especie a las condiciones edáficas y climáticas del lugar.

✍ Las correlaciones obtenidas para ver la influencia de las propiedades físicas en el crecimiento de *Tecoma stans* (L.) H.B.K, presentaron que durante la época seca todas las propiedades estudiadas intervinieron para el incremento en altura pero solo la Conductividad hidráulica tuvo un alto grado de significancia positiva (0.19 cm/h 52.9 cm y con 2.87cm/h 81.4 cm), igualmente ocurrió con el Diámetro basal y esta propiedad física (con 0.19 cm/h 1.76 cm y con 2.87 cm/h 2.7 cm).

✍ Para *Acacia decurrens* Willd las correlaciones mostraron que la Resistencia a la penetración tuvo una significancia positiva para altura (con 2 MPa 113 cm y con 3.55 MPa 193 cm) y en Diámetro basal (con 2 MPa 2 cm y con 3.6 MPa 2.8 cm).

✍ Las probabilidades de lluvia mostraron que existe en el mes de Mayo un 60% de probabilidad de ocurrir lluvias de 91 mm, mientras que durante Agosto no hay probabilidad de que se presenten lluvias de esta magnitud.

5. RECOMENDACIONES

- ✍ Extender la investigación sobre el sistema implantado para este trabajo, tomando como base los resultados obtenidos para comparar y determinar a largo plazo como es la influencia de los Sistemas Agroforestales de trópico alto sobre las características físicas y químicas del suelo.
- ✍ Aplicar a este sistema un plan de manejo para que funcione como Banco de Proteínas como una opción para la suplementación animal, relacionando con los eventos de lluvia de la región.

BIBLIOGRAFÍA

AMÉZQUITA, Edgar. Curso práctico sobre la fertilidad, análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. Cagua, Venezuela : FUSAGRI, 1984. 8 p.

_____. Construcción de una “capa arable” en suelos pobres: conceptos esenciales aplicado en la Altillanura. Cali : CIAT/ CORPOICA, 2002. 20 p.

CAYCEDO, A. y APRAEZ, E. Las malezas y su valor nutritivo para los cuyes *Cavia porcellus*. En : Revista de Ciencias Agrícolas. Vol. 17, No. 1 (2000); p. 239-249.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). Curso Internacional de Desarrollo de Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1993. 20 p.

CRIOLLO, Y. y USAMA, M. Producción de biomasa con relación a tres distancias de siembra de botón de oro *Thitonia diversifolia* en monocultivo y asociado con aliso *Alnus jorullensis* en la granja de Botana, municipio de Pasto. Departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2001, 156 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

CHARRY, Jairo. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira : Universidad Nacional, 1987. 362 p.

CHIRWIN, J. Nuevos Enfoques Para Las Opciones Tradicionales Del Uso De Los Recursos Productivos: La Agroforestería Y Los Animales De Trabajo Bajo Un Anejo Integral. En: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE. (1º : Cali : 1999). Memorias del I. Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali : CIPAV, 1999. 90 p.

DE LA ROSA, A., BARTHOLOMÄUS, A., GUTIERREZ, J., ACERO, L., y MOOSBRUGGER, W. El Manto de la Tierra. Bogotá : Lerner, 1990. 255 p.

ERAZO, Camilo y RODRÍGUEZ, Cristian. Estudio Preliminar del establecimiento de un arreglo multiestrato, con las especies: Acacia (*Acacia decurrens*), Quillotocto (*Tecoma stans* HBK) y mora (*Rubus* sp) a cuatro distancias de siembra en un afloramiento de agua del Centro de Investigaciones CORPOICA Obonuco municipio de Pasto. Departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2002, 110 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

ESCOBAR, L. M. Perspectivas de la producción de follaje y leña de *Acacia decurrens*. Servicio Nacional de protección forestal. Medellín : INDERENA, 1993. 9 p.

FASSBENDER, H.W. Modelos edafológicos de Sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica : CATIE /GTZ, 1993. 491 p.

FERNÁNDEZ, J., ZAPATA, A., y GIRALDO, L. Uso de la *Acacia decurrens* como suplemento Alimenticio para Vacas Lecheras, en Clima Frío de Colombia. En: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES. (6° : Cali : 1999). Memorias del VI Seminario Internacional Sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Cali : CIPAV, 1999. 90 p.

FITZ PATRICK, E.A. Introducción a la ciencia de los Suelos. México : TRILLAS, 1996. 288 p.

FORSYTHE, Warrend. Manual de laboratorio de Física de Suelos. Turrialba, Costa Rica : IICA, 1985, 212 p.

GARDNER, Walter. et al. Física de suelos. México: UTEHA, 1973. 515 p.

GAVANDE, Sampat. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, LIMUSA, 1972. 350 p.

GIL, Rodolfo. Algunos criterios para la cuantificación y diagnóstico del comportamiento estructural del suelo, y su relación con la dinámica del agua y la producción de los cultivos. Manfredi, Argentina : INTA CASTELAR, 2002. 125 p.

GIRALDO, Luis y BOLIVAR, Diana. Evaluación de un sistema silvopastoril de *Acacia decurrens* asociada con pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en clima frío de Colombia. En Ganadería Ecológica. Bogotá, Colombia: PRODUMEDIOS, 2004. 102 p.

GUERRERO, Ricardo. Fertilidad de los Suelos de clima frío en Colombia. En: Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá, Colombia: E.M.A, 1988. 194 p.

_____. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. En: Fertilidad de suelos. Bogotá, Colombia: SCCS, 1988. 473 p.

GUTIERREZ, B., ACEVEDO, F., BUSTAMENTE, C., CORREDOR, G., ESCOBAR, C., NAVAS, A., y PLAZA, J. Plan de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Sistemas Agroforestales. En: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE. (1°: CORPOICA, Colombia). Memorias del I. Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali : CIPAV, 1999. 90 p.

IBRAHIM, M., CAMERO, A., CAMARGO, J., y ANDRADE, H. Sistemas Silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE. En: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROFORESTERÍA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE. (1º : Costa Rica : 1999). Memorias del I. Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali : CIPAV, 1999. 90 p.

JARAMILLO, Y. y JIMÉNEZ, J. Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño. Departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2000, 168 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia.

LEGARDA, Lucio. Las propiedades físicas y la productividad del suelo. En Curso sobre diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto. Colombia : SCCS, 1988. 210 p.

_____. PUENTES, Gerardo. Talleres de Agroclimatología. Pasto, Colombia: UNIGRAF, 2001. 216 p.

LEMA, A. Dasometría; Algunas Aproximaciones Estadísticas a la Medición Forestal. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 1995. 215 p.

LORA SILVA, Rodrigo. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En : Fertilidad de suelos. Bogotá, Colombia : SCCS, 1988. 473 p.

MALAGON, Dimas. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Colombia : IGAC, 1976. 622 p.

MONTENEGRO, Hugo. Interpretación de las propiedades físicas del suelo, textura, estructura, densidad, aireación, etc. En Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá, Colombia: SCCS, 1990. 235 p.

NAIR, Ramachandram. Introducción a la Agroforestería. México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1977. 543 p.

PAZ, Fidel y RECALDE, Daría. Determinación preliminar de variación nutricional y mineral del suelo y su relación con el Banco de Proteína en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, en el Centro de Investigación CORPOICA, Obonuco. San Juan de Pasto, 2003, 91 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

PEZO, Danilo e IBRAHIM, Muhammad. Sistemas Silvopastoriles. 2 ed. Costa Rica : CATIE, 1999. 275 p.

PLA, I. Conservación de aguas y tierras; relaciones suelo-agua. Mérida, Venezuela : CIDIAT. 87 p.

PRITCHETT, William. Suelos Forestales. 2 ed. México: LIMUSA, 1991. 663 p.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA – PLAN DE ACCION FORESTAL PARA COLOMBIA. En : Revista informativa del proyecto SIG-PAFC. Bogotá: SIG-PAFC, No 14 Vol. 4. (1997); 245 p.

SOUZA, M., y VIEGAS, M. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería; Cultivos forrajeros y piscícolas. España : OCÉANO, 1999. 1032 p.

ANEXOS

Anexo A. Historial de Lluvias Estación Metereologica de Botana (1983-2002)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCTUBRE	NOV	DIC	VR ANUAL
1983	86	80,2	122,1	135,1	165,7	39,4						154,4	782,9
1984	174,3	89,1	74,6	142,1	84,1	26,1	33,2	46,3	69	165,3	116,9	60,1	1081,1
1985	108,1	46,7	64,9	87,7	113,1	44,9	38,9	37,3	79,3	74,9	57,1	98,6	851,5
1986	52,14	71,3	110,1	76,4	78,8	43,3	42,2	39,1	14	175,6	126	51,3	880,24
1987	48,9	50	88,3	168,9	98,8	29,8	41,7	39,5	31,7	144,7	49,6	67,9	859,8
1988	45,4	42,4	37,3	124,5	83,3	79,1	46,7	63,9	58,5	98,5	191,6	100	971,2
1989	108,2	83	69,9	42,9	50,1	108,1	47,2	45,5	30	67,9	25,5	54,8	733,1
1990	69,9	91,1	74,3	65,3	71,3	68	69,6	28	37,1	104,3	79,1	57,7	815,7
1991	68,8	71,1	83,9	44,8	120,8								389,4
1992					153,5	21,7	47,4	34,2	48,4	24,9	45,3	43,5	418,9
1993	367,6	89,2	129,9	79,5	70,2	46,9	56,4	27,2	38,4	59,2	137,5	133,9	1235,9
1994	64,8	18,8	115,5	159,9	97,69	49,29	32,71	56,01	54,72	66,01	111,53	92,42	919,38
1995	27,1	37,6	46,66	72,61	92,71	72,73	58	29		42,4	132,73	86,1	697,64
1996	83,02		117,46	86,6	111,21	67,04	38,1	44,45	25,92	127,11	88,11	77,11	866,13
1997	140,41	61,2	116,2	86,6	57,62	64,62	32,31	16,63	47,72	56,44	84,9	58,22	822,87
1998	27	61,02	82,81	42,23	149,02	64,62	53,9	58,41	29,02	118,42	132,9	63,32	882,67
1999	130,62	217,3	71,11	102,7	58,14	68,34	45,22	46,92	129,86	95,21	125,44	198,32	1289,18
2000	122,8	182,8	52,71	143,52	184,61	90,71	47,01	47,11	71,4	50,7	65,62	61,71	1120,7
2001	81,61	68,5	50,4	69,92	148,4	71,83	53,21	25,12	48,13	26,11	86,32	105,42	834,97
2002	75,21	50	70,43	97,2	78,12	64,6	56,63	30,1	59,93	110,3	116,34	83,1	891,96
MEDIOS	99,05	78,41	83,08	96,24	103,36	59,00	46,69	39,71	51,36	89,33	98,47	86,73	
MAXIMOS	367,6	217,3	129,9	168,9	184,61	108,1	69,6	63,9	129,86	175,6	191,6	198,32	
MINIMOS	27	18,8	37,3	42,23	50,1	21,7	32,31	16,63	14	24,9	25,5	43,5	

Anexo B. Resultados de las propiedades físicas

Época	Tratamiento	Repetición	% HUM. GRAVIMETRICA		RESISTENCIA A LA PENETRACION (Mpa)				COND. HIDRAULICA (cm/h)	
			Prof 10cm	Prof 20cm	Prof 5(cm)	Prof 10(cm)	Prof 15(cm)	Prof 20(cm)	Prof 10cm	Prof 20cm
1	A	1	62,4	52,3	2,55	2,6	2,1	1,85	1,04	1
1	A	2	43,6	41	2,2	3,1	3,1	0	2,91	1,75
1	A	3	55,5	48,7	2,25	3,3	0	0	0,97	1,13
1	B	1	78,1	50,6	2	1,4	1	1,25	3,61	2,93
1	B	2	52,9	42,8	2,25	3,2	1,5	3,4	2,09	1,43
1	B	3	64,7	45,3	1,5	1,4	1,9	2,1	2,96	2,53
1	C	1	63,4	43,7	1,8	2,3	2,35	2,5	2,05	1,94
1	C	2	61,8	47,1	1,55	1,8	2,1	2,4	1,95	1,8
1	C	3	62,3	44,4	1,65	1,85	2,15	2,45	1,5	1,7
2	A	1	67,5	47,5	2,1	3,15	2,2	2	0,19	0,15
2	A	2	51,6	41,3	3,45	3,2	3,7	0	2,75	0,87
2	A	3	47,4	39,9	2,35	2,8	3,2	0	0,41	1,02
2	B	1	74,8	46,8	1,55	0,8	0,9	1	3,87	2,75
2	B	2	44,3	36,7	2,35	3,4	0	0	1,43	0,82
2	B	3	59,7	47	1,75	2,45	2,6	2,7	3,67	2,65
2	C	1	64,6	40,2	1,45	1,5	1,6	1,9	1,97	1,42
2	C	2	60,3	43,7	1,75	2,1	2,4	2,9	2,1	1,34
2	C	3	61,3	42,1	1,65	1,1	2,05	1,1	2,43	1,98
3	A	1	72,5	67,4	2,95	1,6	1,3	1,1	1,43	1,22
3	A	2	38,1	39,3	4,6	0	0	0	2,88	1,12
3	A	3	80,2	63,3	0,35	1,55	2,35	0,2	0,67	0,98
3	B	1	83,1	56,1	3,35	2	0	0	4,08	2,71
3	B	2	57,1	48,4	5	0	0	0	2,24	0,71
3	B	3	69,6	45,7	3	3,55	3,6	3,8	2,49	3,57
3	C	1	70,3	48,7	2,5	1,5	1	0,5	2,15	2,03
3	C	2	65,2	53,6	2,5	2,9	3	0	1,87	1,56
3	C	3	67,4	50,2	2,65	1,1	0,3	0	2,25	1,97

A = QUILLOTOCTO B = ACACIA C = PASTO KIKUYO

Anexo C. Análisis de varianza para Humedad gravimétrica

Porcentaje de Humedad durante la Época 1 a una profundidad de 10 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	558.140	139.535	3.86	0.1096
REP	2	356.720	178.360	4.93	0.0832
TRA	2	201.420	100.710	2.79	0.1747
Error	4	144.640	36.160		

$R^2 = 0.79$ Coeficiente de Variación = 9.99 HU Media = 60.13

Porcentaje de Humedad durante la Época 2 a una profundidad de 10 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	510.800	127.700	2.09	0.2461
REP	2	452.780	226.390	3.71	0.1227
TRA	2	58.020	29.010	0.48	0.6529
Error	4	244.160	61.040		

$R^2 = 0.68$ Coeficiente de Variación = 13.26 HU Media = 58.90

Porcentaje de Humedad durante la Época 3 a una profundidad de 10 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	780.891	195.222	1.22	0.425
REP	2	715.815	357.907	2.24	0.222
TRA	2	65.075	32.537	0.20	0.823
Error	4	639.751	159.937		

$R^2 = 0.55$ Coeficiente de Variación = 19.09 HU Media = 66.24

Porcentaje de Humedad durante la Época 1 a una profundidad de 20 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	50.106	12.526	0.82	0.5741
REP	2	48.286	24.143	1.58	0.3121
TRA	2	1.820	0.910	0.06	0.9430
Error	4	61.133	15.283		

$R^2 = 0.45$ Coeficiente de Variación = 8.36 HU Media = 46.76

Porcentaje de Humedad durante la Época 2 a una profundidad de 20 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	42.291	10.572	0.51	0.7374
REP	2	34.782	17.391	0.83	0.4989
TRA	2	7.508	3.754	0.18	0.8420
Error	4	83.644	20.91		

$R^2 = 0.34$ Coeficiente de Variación = 10.44 HU Media = 43.82

Porcentaje de Humedad durante la Época 3 a una profundidad de 20 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	307.404	76.851	0.90	0.537
REP	2	189.362	94.681	1.11	0.412
TRA	2	118.042	59.021	0.69	0.550
Error	4	339.697	84.924		

$R^2 = 0.48$ Coeficiente de Variación = 11.84 HU Media = 51.66

Anexo D. Análisis de varianza para Resistencia a la penetración

Resistencia a la penetración (MPa) durante la Época 1 a una profundidad de 5 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	0.834	0.208	3.46	0.128
REP	2	0.153	0.076	1.28	0.372
TRA	2	0.680	0.340	5.65	0.068
Error	4	0.241	0.060		

$R^2 = 0.78$ Coeficiente de Variación = 12.45 RP Media = 1.97

Resistencia a la penetración (MPa) durante la Época 2 a una profundidad de 5 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	2.741	0.685	7.81	0.035
REP	2	1.073	0.536	6.12	0.060
TRA	2	1.667	0.833	9.50	0.030
Error	4	0.351	0.087		

$R^2 = 0.89$ Coeficiente de Variación = 14.49 RP Media = 2.04

Resistencia a la penetración (MPa) durante la Época 1 a una profundidad de 10 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	2.667	0.666	1.38	0.382
REP	2	0.633	0.316	0.65	0.567
TRA	2	2.033	1.016	2.10	0.238
Error	4	1.937	0.484		

$R^2 = 0.58$ Coeficiente de Variación = 29.90 RP Media = 2.33

Anexo E. Análisis de varianza para Conductividad hidráulica

Conductividad hidráulica (cm/h) durante la Época 3 a una profundidad de 10 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	3.421	0.855	0.92	0.529
REP	2	0.889	0.444	0.48	0.650
TRA	2	2.531	1.265	1.37	0.352
Error	4	3.701	0.925		

$R^2 = 0.48$ Coeficiente de Variación = 43.16 CH Media = 2.23

Conductividad hidráulica (cm/h) durante la Época 1 a una profundidad de 20 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	1.643	0.410	1.15	0.446
REP	2	0.132	0.066	0.19	0.836
TRA	2	1.510	0.755	2.12	0.235
Error	4	1.424	0.356		

$R^2 = 0.54$ Coeficiente de Variación = 33.13 CH Media = 1.80

Conductividad hidráulica (cm/h) durante la Época 3 a una profundidad de 20 cm.

F DE V.	G.L	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Model	4	4.138	1.034	1.59	0.332
REP	2	1.857	0.928	1.42	0.341
TRA	2	2.281	1.140	1.75	0.284
Error	4	2.609	0.652		

$R^2 = 0.61$ Coeficiente de Variación = 45.80 CH Media = 1.76

Anexo F. Resultados de los Análisis de suelos

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
SECCION DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE SUELOS

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUELOS

Fecha Febrero 17 de 2004 Análisis N° 4073-4074 No. Muestra _____
 Interesado UDENAR Propietario _____
 Procedencia: I Departamento Nariño Municipio Pasto Vereda _____
 Finca Granja Botana Referencia Muestra testigo - Muestra tratamiento
 Cultivo Anterior _____ Pradera Cultivo proyectado _____
 Altura 2720 msnm Temperatura _____ Topografía _____
 Profundidad 20 cm Recibo de Pago N° _____
 Fertilizantes Utilizados Anteriormente _____
 Análisis Solicitado: Completo Fertilidad _____ Otros: _____

Muestras	Unidad	4073 Testigo	4074 Tratamiento
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua (1:1)		4,9	5,4
Materia Orgánica Walkley-Black (Colorimétrico)	%	18,7	11,9
Densidad Aparente	g/cc	0,7	0,8
Estados (C) Bray I	ppm	5,9	6,3
Carbono Total (C) Walkley-Black (CC)		33,0	24,0
Carbono de Cambio	CH₂COOHNH₄	9,3	8,0
Nitrógeno de Cambio	INpH7	4,40	4,92
Fósforo (P) Bray I	mg/100g	0,58	0,64
Aluminio de Cambio		0,30	?
Elctro		430,00	402,00
Manganeso	Estimada con	1,60	31,00
Cobalto	DTPA	0,56	1,36
Zinc		0,93	1,40
Potasio (K) Método de Agua Caliente		1,72	1,58
P-Potasio (K) Método de Azufre	Grado textural	Ar	Ar
Nitrógeno Total %		0,64	0,47
Carbono Orgánico %		10,83	6,9

Observaciones: _____

Rosario Carrero
ROSARIO DEL ROSARIO CARRERO

TECNÓLOGA QUÍMICA LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
 SECCION DE LABORATORIOS
 LABORATORIO DE SUELOS

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUELOS

Fecha Mayo 18 de 2004 Análisis N° 4282 No. Muestra
 Interesado Javier Fajardo Propietario Udenar- Javier Fajardo
 Procedencia: I Departamento Nariño Municipio Pasto Vereda Botana
 Finca Botana Referencia
 Cultivo Anterior Pasto Cultivo proyectado Acacia- Qillotocto
 Altura msnm Temperatura Topografía
 Profundidad cm Recibo de Pago N°
 Fertilizantes Utilizados Anteriormente
 Análisis Solicitado: Completo X Fertilidad Otros:

Muestras	Unidad	4282		
pH, Potenciómetro Relación Suelo: Agua (1:1)		5,3		
Materia Orgánica Walkley-Black (Colorimétrico)	%	11,1		
Densidad Aparata	g/cc	0,9		
Fósforo (P) Bray II	ppm	9,7		
Capacidad Intercambio Catiónica (CIC)		23,6		
Calcio de Cambio	CH ₃ COOH/NH ₄ INpH7	10,5		
Magnesio de Cambio		4,70		
Potasio de cambio	msq/100g	0,60		
Aluminio de Cambio		0,05		
Hierro	Extracción con DTPA	262,00		
Manganeso		30,20		
Cobre		2,42		
Zinc		1,80		
Boro ppm, Método de Agua Caliente		0,03		
P-Fraco-Ar-Arcilloso-Ar-Armoso	Grado textural	Ar		
Nitrógeno Total %		0,44		
Carbono Orgánico %		6,42		

Observaciones

María del Rosario Carreño
MARIA DEL ROSARIO CARREÑO

TECNOLÓGICA QUÍMICA LABORATORIO DE SUELOS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
 SECCION DE LABORATORIOS
 LABORATORIO DE SUELOS

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUELOS

Fecha Agosto 17 de 2004 Análisis N° 4500 No. Muestra Tesis
 Interesado Hugo Ruiz Propietario _____
 Procedencia: I Departamento Nariño Municipio Pasto Vereda Botana
 Finca Granja Experimental de Botana Referencia Cultivo Acacia y Quillotocto
 Cultivo Anterior Cultivo proyectado
 Altura 2850 msnm Temperatura _____ Topografía _____
 Profundidad 20 cm Recibo de Pago N° _____
 Fertilizantes Utilizados Anteriormente _____
 Análisis Solicitado: Completo X Fertilidad _____ Otros: _____ Fi _____

Muestras	Unidad	4500		
pH, Potenciometro Relación Suelo: Agua (1:1)		5,1		
Materia Orgánica Walkley-Black (Colorimétrico)	%	14,1		
Densidad Aparente	g/cc	0,75		
Fósforo (P) Bray II	ppm	11		
Capacidad Intercambio Catiónico (CIC)		24,0		
Calcio de Cambio	CH ₃ COOHNH ₄	7,7		
Reserva de Calcio	ppm	1,00		
Reserva de Magnesio	ppm	0,21		
Aluminio de cambio		0,10		
Nitro		25,80		
Fósforo	Relación con	25,45		
Cinc	ppm	2,13		
Molib		1,20		
Reserva org. Relación de Agua 0/100		0,30		
Carbono Total %		0,31		
Carbono Orgánico %		0,17		
Argiles	%	20,2		
Arellitas	%	6,3		
Limos	%	13,6		
Reserva Bray II Relación de Acacia - A. Ligero - I.		Ar		
Densidad Aparente	g/cc	0,75		
Densidad Real	g/cc	2,57		
Porosidad	%	66,75		
Capacidad de Campo	%	24,85		

Observaciones: _____

Hugo Ruiz
 MARIA IRENE ROSARIO CARRERO
 TECNICA QUÍMICA LABORATORIO DE SUELOS

**Anexo G. Resultados de las Variables dasométricas de *Tecoma stans*(L.)
H.B.K**

MESES	REPETICION	ALTURA (cm)	D. BASAL (cm)	COB.COPA (cm)
FEBRERO	1	43,8	1,56	740
	1	45,7	1,42	650
	2	64	2,06	715,8
	2	69	2,12	879
	3	38	1,13	593,3
	3	45	1,22	810
MARZO	1	50,2	1,79	1052
	1	52,9	1,63	765
	2	81,4	2,3	1237,2
	2	86,7	2,35	1098
	3	46,2	1,45	769,4
	3	54	1,55	911
ABRIL	1	57,8	1,92	1426,3
	1	60,3	1,76	978
	2	102,2	2,7	1947,1
	2	109,8	2,57	1411
	3	49,4	1,66	839,8
	3	69	1,76	935

Anexo H. Análisis de Regresión múltiple para la variable Altura de *Tecoma stans*(L.) H.B.K

EPOCA 1

SELECCIÓN FORWARD **R² = 0.99**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	95.16862	17.98568	74.48708	28.00	0.0339
HU	-0.69661	0.25203	20.32485	7.64	0.1098
RP	-5.86678	1.63693	34.17331	12.85	0.0698
CH	7.65109	2.21961	31.61106	11.88	0.0748

EPOCA 2

SELECCION BACKWARD **R² = 0.97**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	89.04734	31.73255	182.51295	7.87	0.1070
HU	0.58196	0.35070	63.82059	2.75	0.2389
PE	-26.13529	14.41662	76.17096	3.29	0.2115
CH	9.16481	3.49269	697.83219	30.11	0.0316

EPOCA 3

SELECCION BACKWARD **R² = 0.92**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	194.74931	102.24987	453.17101	3.63	0.1971
HU	-1.48544	1.27126	170.55910	1.37	0.3630
RP	-7.31960	9.84063	17.00198	0.14	0.7476
CH	8.51623	19.44325	23.96585	0.19	0.7041

Anexo I. Análisis de Regresión múltiple para la variable Diámetro basal de *Tecoma stans*(L.) H.B.K

EPOCA 1

SELECCION BACKWARD **R² = 0.98**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	1.70495	1.12865	0.02391	2.28	0.2700
HU	0.00096747	0.01582	0.00003920	0.00	0.9568
RP	-0.29379	0.10272	0.08570	8.18	0.1036
CH	0.45931	0.13929	0.11392	10.87	0.0810

EPOCA 2

SELECCION BACKWARD **R² = 0.99**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	1.60546	0.47827	0.05933	11.27	0.0784
HU	0.02082	0.00529	0.08168	15.51	0.0588
RP	-0.45543	0.21729	0.02313	4.39	0.1710
CH	0.42026	0.05264	0.33557	63.74	0.0153

EPOCA 3

SELECCION BACKWARD **R² = 0.97**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	2.00110	1.17191	0.04785	2.92	0.2298
HU	-0.00192	0.01457	0.00028357	0.02	0.9074
RP	-0.23117	0.22740	0.01696	1.03	0.4163
CH	0.28135	0.22284	0.02616	1.59	0.3340

Anexo J. Resultados de las Variables Dasométricas de *Acacia decurrens* Willd

MESES	REPETICION	ALTURA (cm)	D. BASAL (cm)	COB. COPA (cm)
FEBRERO	1	82,4	1,18	373,1
	1	77	1,32	768
	2	103,8	1,87	730
	2	113	1,77	920
	3	120,8	1,42	868,1
	3	131	1,76	1012
MAYO	1	101,4	1,46	789,2
	1	97	1,61	996
	2	139,6	2,38	1707,4
	2	149	2,1	1512
	3	157,8	2,01	1367
	3	158	2,28	1490
AGOSTO	1	116,8	1,82	983,7
	1	113	1,95	1032
	2	159,4	2,74	2372
	2	168	2,35	1911
	3	198	2,62	1768
	3	193	2,85	1801

Anexo K. Análisis de Regresión múltiple para la variable Altura de *Acacia decurrens* Willd

EPOCA 1

SELECCION BACKWARD **R² =0.88**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	328.25666	70.15030	2974.81219	21.90	0.0428
HU	-2.12534	1.34946	336.99732	2.48	0.2559
RP	-23.70093	13.02899	449.57334	3.31	0.2105
CH	-11.07410	31.32213	6.98267	0.13	0.7575

EPOCA 2

SELECCION BACKWARD **R² =0.99**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	135.50671	25.32174	307.98749	28.64	0.0332
HU	-0.22319	0.35323	4.29354	0.40	0.5921
RP	-5.36202	3.50061	25.23294	2.35	0.2653
CH	-15.50847	2.55488	396.27427	36.85	0.0261

EPOCA 3

SELECCION BACKWARD **R² =0.96**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	244.67394	78.45975	1232.30433	9.72	0.0893
HU	-0.71445	2.91148	7.63047	0.06	0.8290
RP	21.64168	10.84246	504.85041	3.98	0.1840
CH	-27.76255	38.00736	67.61138	0.53	0.5411

Anexo L. Análisis de Regresión múltiple para la variable Diámetro basal de *Acacia decurrens* Willd

EPOCA 1

SELECCION BACKWARD **R² =0.95**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	3.65894	0.57310	0.36961	40.76	0.0237
HU	0.01308	0.01102	0.01276	1.41	0.3573
RP	-0.23340	0.10644	0.04360	4.81	0.1596
CH	-0.83134	0.25589	0.09571	10.55	0.0831

EPOCA 2

SELECCION BACKWARD **R² =0.78**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	3.21232	2.08058	0.17308	2.38	0.2626
HU	-0.02977	0.02902	0.07639	1.05	0.4129
RP	0.07015	0.28763	0.00432	0.06	0.8300
CH	0.14664	0.20992	0.03543	0.49	0.5571

EPOCA 3

SELECCION BACKWARD **R² =0.90**

Variable	Estimate	Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	2.79727	1.48454	0.16107	3.55	0.2002
HU	0.02246	0.05509	0.00754	0.17	0.7230
RP	0.08118	0.20515	0.00710	0.16	0.7305
CH	-0.73609	0.71914	0.04753	1.05	0.4137

Anexo M. Resultados de los Análisis bromatológicos

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SECCIÓN DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

Fecha recepción:	Mayo 21 de 2004	Análisis:	4763-4765
Fecha entrega :	Junio 18 de 2004		
Muestra :	1. Pasto Kikuyo		
	2. Acacia amarilla <u>Acacia decurrens</u>		
	3. Kiyotocto <u>Tecoma stans</u>		
Procedencia:	Granja Botana		
Análisis :	Proximal, FDN, FDA, Energía		
Solicitante:	Javier Fajardo		

ANÁLISIS	1.Pasto Kikuyo	
	% B.H.	% B.S.
Humedad	77.24	
Materia seca	22.76	
Ceniza	2.15	9.43
Extracto etéreo	0.58	2.55
Fibra cruda	9.49	41.70
Proteína	3.32	14.58
E.N.N.	7.22	31.74
Energía (Kcal/100g)	76	335
F.D.N.	14.67	64.44
F.D.A.	8.56	37.59

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SECCIÓN DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

ANÁLISIS	2. Acacia amarilla	
	% B.H.	% B.S.
Humedad	59.66	
Materia seca	40.34	
Ceniza	1.20	2.98
Extracto etéreo	1.02	2.53
Fibra cruda	10.33	25.60
Proteína	7.54	18.69
E.N.N.	20.25	50.19
Energía (Kcal/100g)	205	507
F.D.N.	24.12	59.80
F.D.A.	17.54	43.48

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SECCIÓN DE LABORATORIOS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA

ANÁLISIS	3. Kiyotocto	
	% B.H.	% B.S.
Humedad	63.26	
Materia seca	36.74	
Ceniza	2.07	5.62
Extracto etéreo	1.00	2.71
Fibra cruda	7.93	21.57
Proteína	4.68	12.73
E.N.N.	21.07	57.36
Energía (Kcal/100g)	170	462
F.D.N.	24.17	65.78
F.D.A.	14.47	39.38

Observaciones: _____

Glucosaradica Espinosa

Florin Sandra Espinosa Narváez

Tec. Quim. Lab. Bromatología

Anexo N. Precipitación Estación Meteorológica de Botana (Enero-Septiembre 2004)

MESES	PRECIPITACION	PROMEDIO
ENERO	56,37	1,82
FEBRERO	11,7	0,4
MARZO	80,45	2,6
ABRIL	77,2	2,57
MAYO	66,4	2,14
JUNIO	70,89	2,36
JULIO	50	1,61
AGOSTO	52,5	1,69
SEPTIEMBRE	42,2	1,76