



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
ESCUELA DE POSGRADO

Evaluación del impacto del uso ganadero sobre suelo y vegetación en  
el Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ) en el sur de Lempira,  
Honduras

Por

Edwin Daniel García Inestroza

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de

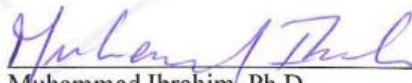
*Magister Scientiae* en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2011

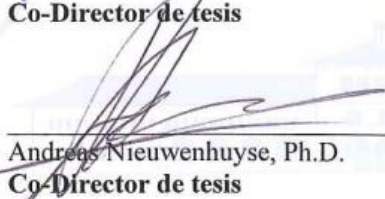
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA TROPICAL**

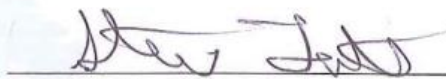
**FIRMANTES:**



Muhammad Ibrahim, Ph.D.  
**Co-Director de tesis**



Andreas Nieuwenhuyse, Ph.D.  
**Co-Director de tesis**

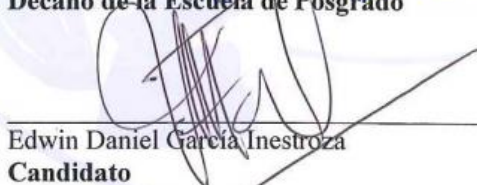


Steven Fonte, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**

Rao Idupulapati, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



I. Miley González, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



Edwin Daniel García Inestroza  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

*A Dios todo poderoso*

*A mis hijas e hijo*

*A mi esposa*

*A mi madre*

*A todos los miembros de mi familia*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a los miembros de mi comité de asesores: Dr. Andreas Nieuwenhuyse, Dr. Steven Fonte, Dr. Muhammad Ibrahim y Dr. Idupulapati Rao, por sus valiosos consejos, instrucciones y amistad.*

*Al personal técnico-docente del ITC “José María Medina” de Candelaria, Lempira, en especial al Prof. José María Bonilla y al Agron. Javier Gavarrete, por su apoyo directo en la fase de campo de este y otros estudios anteriores.*

*A los agricultores involucrados en esta investigación: Antonio Arias, Miguel Cruz, Lindolfo Arias, Juan Mejía Orellana, Juan Sibrían Mejía, Bernarda Laínez, Francisco Henríquez, David Laínez, Juan Carlos López, José Alberto Díaz, Juan Ángel, Manuel Corea, Marco Henríquez, Víctor Bueso, Arturo Menjívar, Uvence Arias, Manuel Díaz y Reina Mejía. Por estar siempre anuentes a contribuir en este tipo de estudios, además por creer en el SAQ como una alternativa para producir sus granos y conservar los recursos.*

*A la Corporación del Municipio de Candelaria, Lempira, Honduras, presidida por el señor Manuel Bonilla, por su aporte económico a la investigación, y por ser un municipio que siempre ha apoyado la generación de conocimiento.*

*A CIAT por el soporte que siempre he recibido de ellos, en esta ocasión por el equipo que nos proveyeron para la ejecución de este estudio.*

*A FAO-PESA-Honduras, por el apoyo con equipo para el desarrollo de este estudio. Además por ser un digno emisario del SAQ.*

*A mis compañeros, amigos y algunos hasta hermanos: Cristian Gómez, Oscar Plata, Rut Pinoth, Jeremy Ponce y Karla Posada, por compartir conmigo los buenos y malos ratos.*

*A maestros y personal administrativo de posgrado CATIE, por su empeño en nuestro aprendizaje y bienestar.*

*¡Que Dios les bendiga a todos!*

## BIOGRAFÍA

El autor nació en La Entrada, Copán, Honduras, el seis de enero de 1978. En 1996 obtuvo el título de Bachiller Técnico Agropecuario en la “Escuela Agrícola Pompilio Ortega” de Macuelizo, Santa Bárbara, Honduras. En el año 2000 egresó de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA) de Catacamas, Olancho, en donde adquirió el título de Ingeniero Agrónomo, con grado de Licenciatura. En los cuatro años posteriores se desempeñó como técnico-docente en el Instituto Técnico Comunitario “José María Medina” de Candelaria, Lempira, Honduras. Luego, en los cinco años previos a su estadía en CATIE, fue asistente de investigación en suelos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

# CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivo general .....	3
1.2 Objetivos específicos .....	3
1.3 Hipótesis del estudio.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b> .....	<b>4</b>
2.1 La Ganadería en Centroamérica .....	4
2.1.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA.....	5
2.1.2 PASTOREO Y DEGRADACIÓN.....	6
2.2 El concepto de carga animal acumulada .....	6
2.3 Comportamiento de bovinos en pastoreo .....	7
2.4 Sistemas agroforestales (SAF).....	7
2.4.1 SISTEMA AGROFORESTAL QUESUNGUAL (SAQ) .....	9
2.5 Calidad de suelo .....	11
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 Tipo de investigación.....	21
3.2 Descripción del sitio del estudio.....	21
3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS EN LAS PARCELAS DEL ESTUDIO .....	23
3.3 Descripción del Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ).....	24
3.4 Reconocimiento y socialización .....	25
3.5 Selección de las áreas de muestreo .....	25
3.5.1 SELECCIÓN DE PRODUCTORES .....	26
3.5.2 SELECCIÓN DE LAS PARCELAS .....	26
3.5.3 SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO .....	27
3.6 Muestreo y toma de datos.....	28
3.6.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
3.6.2 TRATAMIENTOS.....	29
3.6.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TRATAMIENTOS.....	30
3.6.4 VARIABLES EVALUADAS .....	31
3.6.4.1 DENSIDAD APARENTE .....	31
3.6.4.2 ESTABILIDAD DE AGREGADOS DE SUELO Y FRACCIONAMIENTO FÍSICO DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	32
3.6.4.3 EROSIÓN LAMINAR DE SUELO .....	34
3.6.4.4 BIOMASA DE RASTROJOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL SUELO .....	35
3.6.4.5 ESTADO DE LAS LEÑOSAS PERENNES .....	36
3.6.4.6 CARGA ANIMAL.....	37
3.7 Descripción del comportamiento del ganado en pastoreo .....	37

3.8	Análisis estadístico .....	38
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
4.1	Propiedades físicas de suelo.....	40
4.1.1	TEXTURA DE SUELO.....	40
4.1.2	DENSIDAD APARENTE.....	41
4.1.3	TAMAÑO Y ESTABILIDAD DE AGREGADOS DE SUELO .....	47
4.1.3.1	CARBONO EN LOS AGREGADOS DE SUELO .....	53
4.2	Biomasa de rastrojos sobre la superficie del suelo .....	56
4.2.1	BIOMASA DE RASTROJOS ANTES DE LA ENTRADA DEL GANADO.....	56
4.2.2	BIOMASA DE RASTROJOS DESPUÉS DE LA SALIDA DEL GANADO.....	57
4.3	Erosión hídrica de suelo.....	63
4.3.1	RELACIÓN DE LA EROSIÓN LAMINAR (EL) CON LA CAA Y LA PENDIENTE DEL TERRENO .....	66
4.3.2	RELACIÓN ENTRE LA EROSIÓN LAMINAR (EL) Y LA COBERTURA VEGETAL .....	68
4.4	Leñosas perennes.....	69
4.5	Comportamiento del ganado en las laderas de SAQ.....	79
4.6	Condiciones apropiadas para la práctica ganadera en SAQ .....	82
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>89</b>

## RESUMEN

“Evaluación del impacto del uso ganadero sobre suelo y vegetación en el Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ) en el sur de Lempira, Honduras”

Se evaluó el impacto del uso ganadero sobre el suelo y vegetación del Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ), en el sur de Lempira, Honduras. Se midieron características físicas y químicas del suelo, la cobertura arbórea, la biomasa de rastrojos y malezas al final de la época de lluvias y al final de la época seca y signos visibles de erosión en 17 parcelas con ganado (SAQCon) y 8 sin ganado (SAQSin). Se estudió además el comportamiento animal en tres parcelas SAQCon. En las pendientes menores a 45% los efectos del pastoreo del ganado fueron menores, mientras, en pendientes mayores a 45%, los senderos del ganado resultaron ser los lugares más afectados. Se observó un aumento en la DA y una reducción en la estabilidad de agregados del suelo con una mayor carga animal acumulada (CAA). Parcelas con una CAA mayor a 400 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> presentaron una DA de 1.22 gr cm<sup>-3</sup> y un tamaño promedio de agregados de suelo de 2454 μm, mientras parcelas con una CAA < 200 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> tuvieron una DA de 1.11 gr cm<sup>-3</sup> y un tamaño promedio de agregados de 3053 μm. En promedio, la erosión laminar afectó el 48% de la superficie del suelo en las parcelas SAQCon y 19% en las parcelas SAQSin, sin embargo, las parcelas con pendientes menores a 45% resultaron menos afectadas que parcelas con pendientes mayor a 45%. Se observó relación positiva de la erosión laminar con la CAA y negativa con la cantidad de biomasa sobre el suelo. Las parcelas SAQCon presentaron 170 árboles enteros por ha (valores entre 13 y 388), mientras en parcelas SAQSin se encontraron en promedio 561 árboles enteros por ha (rango de 113 a 1075). En ambos sistemas *Cordia alliodora* fue la especie más abundante con el 34.7% en SAQCon y el 61.6% en SAQSin. En promedio los árboles en SAQCon mostraron mayor tamaño (DAP 8.7 cm, altura 5.2 m) que en SAQSin (DAP 5.2, altura cm; 4.3 m). No hubo diferencia significativa en el número de troncos arbóreos por ha entre parcelas SAQCon y SAQSin. En ambos sistemas el *Bauhinia sp.* fue la especie en troncos más abundante. Al final de la época de lluvias, antes de la entrada del ganado a las parcelas, la biomasa total de rastrojos y malezas en SAQCon fue de 6545 kg MS ha<sup>-1</sup>, en tanto SAQSin mostró 5326. En este momento SAQCon exhibió mayor cantidad de rastrojos, pero mucho menor biomasa de malezas que SAQSin. El pastoreo durante la época seca de SAQCon redujo la biomasa total en 35%, no obstante, en SAQSin se incrementó en un 54% en el mismo periodo. Como es de esperar, se observó una disminución significativa de biomasa con el aumento de la CAA. Sin embargo, este efecto fue menor en las parcelas con pendientes <45%, lo que podría tener relación con el comportamiento del ganado, que mostró preferencia por permanecer en sitios de menor pendiente, donde pasan 50 a 70% del tiempo descansando, tiempo durante el cual “ensucian” los rastrojos con heces y posteriormente no los consumen. En cambio en pendientes >45% el ganado se dedica casi exclusivamente a alimentarse. El estudio evidencia un impacto negativo del pastoreo de ganado en la época seca sobre el suelo y vegetación del SAQ. Sin embargo, en pendientes menores al 45% y con una CAA < 200 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> el efecto negativo se reduce considerablemente, por lo que se estima que un ordenamiento de la parcela que no permita el pastoreo en áreas con pendiente mayor a 45%, y un mejor control de la carga animal, permitiría que el uso ganadero del SAQ, durante la época seca, fuese una actividad sostenible.

**Palabras clave:** Sistema Agroforestal Quesungual, ganadería, degradación del suelo y vegetación, sostenibilidad.



## ABSTRACT

“Evaluation of the impact of livestock grazing during the dry season on soil and vegetation in the Quesungual Agroforestry System in southern Lempira, Honduras”

The impact of livestock grazing on soil and vegetation of the Quesungual Agroforestry System (SAQ) was studied in southern Lempira, Honduras. Physical and chemical soil characteristics of the upper 10 cm of the soil, biomass of crop residues and weeds, tree presence and visible signs of soil erosion were measured in 17 parcels where livestock is introduced during the dry season (SAQCon) and 8 parcels with no livestock grazing (SAQSin). Animal behavior was monitored in three SAQCon parcels. On slopes <45%, the effects of livestock grazing on soil properties were relatively limited, while in slopes >45%, livestock trails showed a severe impact on soil properties. Bulk density (BD) increased and aggregate stability was reduced. Furthermore, these trends were enhanced with an increasing stocking rate. Parcels used with an accumulated stocking rate (ASR) of more than 400 Animal Units (AU) ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> had a mean BD of 1.22 gr cm<sup>-3</sup> and a mean soil aggregate diameter of 2454 μm, while plots with an ASR < 200 AU ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> presented a mean BD of 1.11 gr cm<sup>-3</sup> and a mean soil aggregate diameter of 3053 μm. Measured shortly after the grazing period ended, evidence of laminar soil erosion was observed on 48% of the soil surface in SAQCon parcels and on 19% in SAQSin parcels. Parcels having slopes <45% resulted less affected than parcels with steeper slopes. A positive relation of laminar erosion with ASR and a negative relation with the remaining biomass on the soil surface at the end of the dry season were observed. In SAQCon parcels an average of 170 trees per hectare were present (values ranging from 13 to 388), while in SAQSin parcels 561 trees per hectare were found (range from 113 to 1075). In both systems, *Cordia alliodora* was the most abundant species with 34.7% of the total in SAQCon and 61.6% in SAQSin. Trees in SAQCon had a larger average diameter and height (diameter at breast height of 8.7 cm and height of 5.2 m) than those in SAQSin (5.2 cm and 4.3 m). No significant difference was observed in the number of annually pruned tree stumps between SAQCon and SAQSin parcels; in both systems, *Bauhinia sp.* was the most abundant species. At the end of the rainy season, before cattle grazing started, the average crop residue and weed biomass was 6545 kg ha<sup>-1</sup> (dry matter) in SAQCon parcels and 5326 kg ha<sup>-1</sup> in SAQSin. SAQCon parcels exhibited a higher quantity of crop residues, but a lower weed biomass than SAQSin. Grazing during dry season reduced the total biomass of SAQCon parcels in 35%. However, in SAQSin parcels it increased 54% during the same period. A significant decrease of biomass with the increase of ASR was observed. However, the decrease was less in parcels having slopes <45%, probably due to differences in livestock behavior. Animals preferred to spend more time in parts of the parcels with lower slopes, where they spend 50 to 70% of the time resting, thereby contaminating crop residues and weeds with manure, causing a reduction in their consumption. On slopes >45%, cattle spend most of the time grazing. The present study evidences a negative impact of livestock grazing during the dry season on soil and vegetation of the SAQ systems. However, on slopes <45% and with an ASR <200 AU ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> the negative effects are reduced considerably. Therefore, it is estimated that when parcels are managed to avoid grazing in areas with slopes >45% and stocking rates are kept appropriate, the use of SAQ for livestock grazing during the dry season can be sustainable.

**Keys word:** Quesungual Agroforestry System, livestock grazing, soil and vegetation degradation, sustainability.

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN RELACIÓN A SUS COMPONENTES. ....	9
CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LOS DISTINTOS TAMAÑOS DE POROS. ....	15
CUADRO 3. NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO DE LAS 15 ESPECIES MÁS COMUNES DE REGENERACIÓN NATURAL ENCONTRADAS EN 71 PARCELAS DE SAQ EN CANDELARIA, LEMPIRA, HONDURAS. ....	20
CUADRO 4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO (MUESTRAS TOMADAS DE 0 A 10 CM), EN LAS PARCELAS DEL PRESENTE ESTUDIO (SAQCON Y SAQSIN). ....	23
CUADRO 5. PARCELAS DE SAQSIN INCLUIDAS EN EL ESTUDIO Y SUS CARACTERÍSTICAS. ....	27
CUADRO 6. PARCELAS DE SAQCON INCLUIDAS EN EL ESTUDIO Y SUS CARACTERÍSTICAS. ....	28
CUADRO 7. CRITERIOS EN LA EVALUACIÓN VISUAL DE SIGNOS DE EROSIÓN Y NO EROSIÓN EN SAQ, EN EL SUR DE LEMPIRA, HONDURAS, 2011. ....	35
CUADRO 8. CRITERIOS USADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE FORRAJE (RASTROJOS) EN CADA CUADRANTE DE LAS PARCELAS DE OBSERVACIÓN DE COMPORTAMIENTO ANIMAL EN SAQ. ....	38
CUADRO 9. CONTENIDO PROMEDIO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA EN LOS PRIMEROS 10 CM DE SUELO EN SAQCON Y SAQSIN, ASÍ TAMBIÉN EN LOS SITIOS DE MUESTREO DENTRO DE SAQCON. ....	41
CUADRO 10. CORRELACIÓN ENTRE LAS DISTINTAS PARTÍCULAS DEL SUELO EN SAQ. COEFICIENTES\PROBABILIDADES. ....	41
CUADRO 11. DENSIDAD APARENTE DEL SUELO (0 A 5 CM), PROMEDIO POR PARCELA DE SAQCON Y SAQSIN. ....	42
CUADRO 12. DENSIDAD APARENTE DE SUELO (0 A 5 CM), PROMEDIO POR SITIOS DE BAJA PENDIENTE (<45%) Y ALTA PENDIENTE (>45%) DENTRO DE SAQCON. ....	42
CUADRO 13. DENSIDAD APARENTE DEL SUELO (0 A 5 CM) EN CAMINOS DE GANADO Y ESPACIOS ENTRE CAMINOS EN SITIOS DE ALTA PENDIENTE (>45%) DE PARCELAS SAQCON. ....	43
CUADRO 14. CORRELACIÓN DE LA DA CON EL CONTENIDO DE ARENA, LIMO Y ARCILLA (%) EN EL SUELO. COEFICIENTES\PROBABILIDADES. ....	47
CUADRO 15. PROPORCIÓN DE LOS TAMAÑOS DE AGREGADOS DE SUELO Y DIÁMETRO MEDIO PONDERADO (MWD), PROMEDIOS POR PARCELA, EN SAQCON Y SAQSIN. ....	47
CUADRO 16. PROPORCIONES DE LOS TAMAÑOS DE AGREGADOS DE SUELO Y DIÁMETRO MEDIO PONDERADO (MWD) EN SITIOS CON PENDIENTE <45% Y >45% EN PARCELAS SAQCON. ....	48
CUADRO 17. PROPORCIÓN DE LOS TAMAÑOS DE AGREGADOS DE SUELO Y DIÁMETRO MEDIO PONDERADO (MWD) EN CAMINOS (TERRAZAS) Y ESPACIOS ENTRE CAMINOS EN LOS SITIOS DE ALTA PENDIENTE (>45%) DE SAQCON. ....	49
CUADRO 18. ÍNDICE DE ESTABILIDAD DE AGREGADOS (MWD) EN SAQ, PROMEDIO POR PARCELA, SEGÚN EL NIVELES DE CARGA ANIMAL ACUMULADA (CAA): ALTA (>400 dUA ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ), MEDIA (200-400 dUA ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ), BAJA (<200 dUA ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) Y NULA (SIN GANADO). ....	52
CUADRO 19. CONCENTRACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE C EN LOS DISTINTOS TAMAÑOS DE AGREGADOS DE SUELO EN SAQCON Y SAQSIN. ....	53
CUADRO 20. CONCENTRACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE C EN LOS AGREGADOS DE SUELO EN SITIOS CON PENDIENTES <45% Y >45% EN SAQCON. ASÍ TAMBIÉN EN CAMINOS Y ESPACIOS ENTRE-CAMINOS. ....	54
CUADRO 21. CANTIDAD DE BIOMASA EXISTENTE SOBRE LA SUPERFICIE DEL SUELO EN SAQCON Y SAQSIN ANTES DE LA ENTRADA DEL GANADO A LAS PARCELAS DE SAQCON. ....	57
CUADRO 22. CANTIDAD DE BIOMASA REMANENTE SOBRE LA SUPERFICIE DEL SUELO EN SAQCON Y SAQSIN DESPUÉS DE LA SALIDA DEL GANADO DE LAS PARCELAS DE SAQCON. ....	58
CUADRO 23. CANTIDAD DE BIOMASA SOBRE LA SUPERFICIE DEL SUELO EN SAQCON Y SAQSIN, ANTES Y DESPUÉS DE LA ESTADÍA DEL GANADO EN LAS PARCELAS DE SAQCON. ....	59

CUADRO 24. POSIBLES ENTRADAS Y SALIDAS DE BIOMASA DE LA SUPERFICIE DEL SUELO ENTRE EL ANTES Y DESPUÉS DE LA ESTADÍA DEL GANADO EN LAS PARCELAS DE SAQCON. ....	60
CUADRO 25. POSIBLES ENTRADAS Y SALIDAS DE BIOMASA DE LA SUPERFICIE DEL SUELO EN LAS PARCELAS DE SAQSIN, DURANTE EL MISMO PERIODO DE OCUPACIÓN DE SAQCON. ....	60
CUADRO 26. CANTIDAD DE BIOMASA ENCONTRADA EN LA SUPERFICIE DEL SUELO DE SITIOS DE BAJA PENDIENTE (<45%) Y ALTA PENDIENTE (>45%) EN PARCELAS DE SAQCON DESPUÉS DE LA SALIDA DEL GANADO. ....	61
CUADRO 27. FRECUENCIA RELATIVA (%) DE SIGNO DE EROSIÓN Y NO EROSIÓN, PROMEDIOS POR PARCELA, ENCONTRADOS EN LA SUPERFICIE DEL SUELO EN SAQCON Y SAQSIN. ....	64
CUADRO 28. FRECUENCIA RELATIVA (%) DE SIGNO DE EROSIÓN Y NO EROSIÓN ENCONTRADOS EN LA SUPERFICIE DEL SUELO, PROMEDIO POR SITIO, EN BAJA PENDIENTE (<45%) Y ALTA PENDIENTE (>45%) EN PARCELAS DE SAQCON. ....	65
CUADRO 29. FRECUENCIA RELATIVA (%) DE SIGNO DE EROSIÓN Y NO EROSIÓN ENCONTRADOS EN LA SUPERFICIE DEL SUELO EN SITIOS DE BAJA PENDIENTE (<45%) Y ALTA PENDIENTE (>45%) EN PARCELAS DE SAQSIN. ....	66
CUADRO 30. ESPECIES DE ÁRBOLES MÁS COMUNES DEJADOS ENTEROS O SEMI-PODADOS, SU ABUNDANCIA Y ESTADO SANITARIO EN SAQCON Y SAQSIN, LEMPIRA, HONDURAS, 2011. ....	70
CUADRO 31. NÚMERO DE ÁRBOLES DEJADOS ENTEROS O SEMI-PODADOS POR HECTÁREA: ÁRBOLES JUVENILES (< 2 M DE ALTO), ÁRBOLES GRANDES (> 2 M DE ALTO) Y ÁRBOLES TOTALES EN SAQCON Y SAQSIN EN LEMPIRA, HONDURAS, 2011. ....	71
CUADRO 32. DIMENSIONES DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DE ÁRBOLES ENTEROS Y SEMI-PODADOS EN SAQCON Y SAQSIN EN EL SUR DE LEMPIRA, HONDURAS, 2011. ....	73
CUADRO 33. ESPECIES DE ÁRBOLES MÁS COMUNES DEJADOS COMO TRONCONES, SU ABUNDANCIA Y ESTADO SANITARIO EN SAQCON Y SAQSIN, LEMPIRA, HONDURAS, 2011. ....	74
CUADRO 34. NÚMERO DE TRONCONES POR HECTÁREA EN SAQCON Y SAQSIN EN EL SUR DE LEMPIRA HONDURAS, 2011. ....	75
CUADRO 35. DIMENSIONES DE LAS PRINCIPALES ESPECIES DEJADAS COMO TRONCONES EN SAQCON Y SAQSIN, EN EL SUR DE LEMPIRA, HONDURAS, 2011. ....	77
CUADRO 36. COMPORTAMIENTO DEL GANADO DE 6 AM A 6 PM EN TRES PARCELAS DE SAQ, EN LEMPIRA, HONDURAS, FEBRERO DE 2011. ....	79
CUADRO 37. CARACTERÍSTICAS DEL LOS CUADRANTES Y TIEMPO PROMEDIO DE ESTADÍA DIARIA DIURNO DEL GANADO POR CUADRANTE EN TRES PARCELAS DE SAQ BAJO OBSERVACIÓN. ....	81
CUADRO 38. CARACTERÍSTICAS DEL LOS CUADRANTES Y PROPORCIÓN DE TIEMPO DEDICADO POR EL GANADO A ACTIVIDADES DE DESCANSO Y PASTOREO EN CADA UNO DE LOS CUADRANTES EN TRES PARCELAS DE SAQ. ....	82
CUADRO 39. INTERVALOS DE CONFIANZA DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DETERMINADAS EN LAS PARCELAS DE SAQ SIN GANADO (SAQSIN). ....	83
CUADRO 40. PARCELAS DE SAQCON INCLUIDAS EN EL ESTUDIO, SUS CARACTERÍSTICAS Y VALORES PROMEDIO DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS CONCLUYENTES, OBTENIDOS EN LOS SITIOS DE MENOR PENDIENTE DE LA PARCELA (<45%). ....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PECUARIA SEGÚN FAO (2009).....	5
FIGURA 2. UBICACIÓN DEL SITIO DEL ESTUDIO. ....	22
FIGURA 3. PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA MENSUAL EN LA COMUNIDAD DE CAMAPARA, CANDELARIA, PROMEDIO 2006-2008 (CIAT).....	22
FIGURA 4. CICLO ANUAL DE UNA PARCELA DE SAQSIN EN EL SUR DE LEMPIRA, HONDURAS.....	30
FIGURA 5. CICLO ANUAL DE UNA PARCELA SAQCON EN EL SUR DE LEMPIRA, HONDURAS. ....	31
FIGURA 6. ESQUEMA DEL MARCO USADO EN LA ESTIMACIÓN VISUAL DE LA EROSIÓN LAMINAR. ....	34
FIGURA 7. NIVELES DE PODA PRACTICADOS POR LOS PRODUCTORES EN SAQ, SUR DE LEMPIRA HONDURAS: A) SIN PODAR (ENTERO); B) SEMI-PODADO, DE LEVE A SEVERO; C) SEVERA (TRONCÓN). ....	37
FIGURA 8. RESIDUOS PARCIALES DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE ENTRE DENSIDAD APARENTE DEL SUELO ( $\text{GR CM}^{-3}$ ) EN SAQ Y: A) CARGA ANIMAL ACUMULADA EN LA PARCELA; B) TIEMPO DE USO CONTINUO DE LA PARCELA; C) PENDIENTE PROMEDIO DEL SITIO.....	44
FIGURA 9. DENSIDAD APARENTE DEL SUELO EN SAQ SEGÚN EL NIVELES DE CARGA ANIMAL ACUMULADA: ALTA ( $>400 \text{ dUA Ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), MEDIA ( $200-400 \text{ dUA Ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), BAJA ( $<200 \text{ dUA Ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) Y NULA (SIN GANADO).....	46
FIGURA 10. REPRESENTACIÓN DE CAMINOS Y ESPACIOS ENTRE-CAMINOS EN LOS SITIOS DE ALTA PENDIENTE EN SAQ CON GANADO EN EL SUR DE LEMPIRA, HONDURAS, 2011.....	50
FIGURA 11. RESIDUOS PARCIALES DE LA REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE ENTRE EL ÍNDICE DE ESTABILIDAD DE AGREGADOS DE SUELO (MWD; MM) EN LOS SITIOS DE MUESTREO Y: A) EL TIEMPO EN USO CONTINUO DE LA PARCELA; B) PENDIENTE PROMEDIO DEL SITIO; C) CARGA ANIMAL ACUMULADA (CAA). ....	51
FIGURA 12. REGRESIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE ESTABILIDAD DE AGREGADOS (MWD) Y LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO (DA) EN SAQ. ....	52
FIGURA 13. A) RELACIÓN ENTRE C TOTAL Y DA; B) RELACIÓN ENTRE C TOTAL Y LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS (MWD); C) RELACIÓN ENTRE C EN MACRO-AGREGADOS GRANDES ( $>2000 \text{ MM}$ ) Y LA DA; D) RELACIÓN ENTRE C EN MACRO-AGREGADOS GRANDES Y LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS.....	55
FIGURA 14. REGRESIÓN LINEAL ENTRE EL C TOTAL Y EL C CONTENIDO EN LOS MACRO-AGREGADOS GRANDES DE SUELO. ....	56
FIGURA 15. RESIDUOS PARCIALES DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE ENTRE LA BIOMASA TOTAL ( $\text{KG MS Ha}^{-1}$ ) ENCONTRADA AL FINAL DE LA ESTADÍA DEL GANADO EN LA PARCELA Y: A) LA PENDIENTE PROMEDIO DEL SITIO; B) LA CARGA ANIMAL ACUMULADA EN LA PARCELA (CAA). ....	63
FIGURA 16. RESIDUOS PARCIALES DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE ENTRE LA EROSIÓN LAMINAR DEL SUELO (%) Y: A); CARGA ANIMAL ACUMULADA (CAA); B) PENDIENTE PROMEDIO DEL SITIO.....	67
FIGURA 17. REGRESIÓN ENTRE LA EROSIÓN LAMINAR OBSERVADA (EL) Y LA CANTIDAD DE BIOMASA SOBRE EL SUELO DESPUÉS DE LA SALIDA DE LOS ANIMALES DE LAS PARCELAS DE SAQCON.....	69
FIGURA 18. EVALUACIÓN DEL ESTADO SANITARIO DE LOS ÁRBOLES ENTEROS EN SAQ: A) PORCENTAJE DE ÁRBOLES ENTEROS SECOS; B) PORCENTAJE DE ÁRBOLES ENTEROS CON DAÑO EN LA CORTEZA.....	72
FIGURA 19. ALGUNAS ESPECIES QUE SON CONSUMIDAS POR EL GANADO Y OTRAS QUE NO LO SON: A) TORO RAMONEANDO TRONCÓN DE JAGUA ( <i>GENIPA AMERICANA</i> ); B) TRONCÓN DE JAGUA COMPLETAMENTE DEFOLIADO Y TRONCÓN DE CIRÍN ( <i>MICONIA SP.</i> ) CON TODO SU FOLLAJE; C) PLANTA JUVENIL DE LAUREL ( <i>CORDIA ALLIODORA</i> ) COMPLETAMENTE DEFOLIADA; D) PLÁNTULA DE GUANACASTE ( <i>ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM</i> ); E) PLÁNTULA DE SOMBRA DE ARMADO ( <i>CASEARIA SP.</i> ) NO CONSUMIDA POR EL GANADO. ...	76
FIGURA 20. ESTADO SANITARIO DE LOS TRONCONES EN SAQ: A) PORCENTAJE DE TRONCONES SECOS; B) PORCENTAJE DE TRONCONES CON DAÑO EN LA CORTEZA. ....	76
FIGURA 21. BIPLLOT DEL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA DE LAS VARIABLES: TIPO DE PODA EN TRONCONES (T), ÁRBOLES SIN PODAR (E) Y ÁRBOLES SEMI-PODADOS (P); ESTADO SANITARIO EN SECO Y SANO; DAÑO EN LA CORTEZA EN CON DAÑO (SI) Y SIN DAÑO (NO). ....	78

## LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

CAA:	carga animal acumulada
CATIE:	Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza
CEPAL:	Comisión Económica para América Latina
CIAT:	Centro Internacional de Agricultura Tropical
DA:	densidad aparente
DAP:	diámetro a la altura del pecho
DR:	densidad real
dUA:	días de unidad animal
ESNACIFOR:	Escuela Nacional de Ciencias Forestales
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GEI:	gases de efecto invernadero
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
MAG:	macro-agregados grandes de suelo (>2000 $\mu$ m)
MO:	materia orgánica
MWD:	diámetro medio ponderado (Mean weight diameter)
PAF:	planificación agroforestal
PCG:	potencial de calentamiento global
PESA:	Programa Especial de Seguridad Alimentaria de la FAO
SAQ:	Sistema Agroforestal Quesungual
UA:	unidad animal (400 kg)



# 1. INTRODUCCIÓN

Muchas familias productoras de pequeñas fincas en Centroamérica tienden a diversificar sus sistemas de producción con la inclusión de la ganadería bovina, en la mayoría de los casos sin contar con la disposición de infraestructura y fuentes de alimento requeridas para el manejo adecuado del nuevo componente (Steinfeld 2002; Holguín *et al.* 2003).

En muchas zonas de la región se presenta una prolongada época seca entre diciembre y mayo. Durante esta época los forrajes verdes que son el principal alimento del ganado bovino escasean. Una de las estrategias de los productores para enfrentar la escasez de alimentos es pastorear el ganado en rastrojos de cultivo (Holguín *et al.* 2003). En ciertas condiciones, esta práctica puede llegar a ser causa de degradación en campos agrícolas y arriesgar la sostenibilidad en la producción de alimentos básicos (Fernández-Baca 1980; Maughan *et al.* 2009; Steffens *et al.* 2008).

El pastoreo del ganado bovino puede provocar cambios substanciales en las propiedades físicas del suelo (Willatt y Pullar 1984; Pinzón y Amézquita 1991a). La compactación frecuentemente es uno de los principales efectos del pastoreo, debido al peso de los animales y a la fuerza que ejercen al caminar sobre el suelo (Sadeghian *et al.* 1999; Steffens *et al.* 2008). Un suelo compactado puede reducir considerablemente la infiltración del agua y provocar una mayor erosión (Russell *et al.* 2001; Taddese *et al.* 2002), además de afectar el desarrollo radicular de las plantas (Pinzón y Amézquita 1991b).

El ganado puede además provocar daños directos al componente arbóreo en sistemas agroforestales, ramoneando, quebrando y pisoteando los árboles en sus primeras etapas de vida (Botero y Russo 1998; Barrios *et al.* 1999). Esto puede afectar la regeneración de algunas especies y favorecer la proliferación de las que no son de consumo del ganado (Taddese *et al.* 2002; Peri 2005). Tal vez el efecto más evidente de pastoreo de ganado es la reducción de la cobertura vegetal, lo que favorece los procesos erosivos del suelo y disminuye el aporte de materia orgánica por la biomasa (Taddese *et al.* 2002; Steffens *et al.* 2008).

La zona sur del departamento de Lempira fue considerada en los años 90's como la más pobre de Honduras, pero actualmente autosatisface sus requerimientos de granos básicos (maíz, frijol y maicillo), generando incluso excedentes que son comercializados hacia El

Salvador (FAO 2005). Este cambio es atribuido en gran parte a la generación y diseminación del Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ) (Hellin *et al.* 1999; Wélchez *et al.* 2006a; Wélchez *et al.* 2006b; Gamboa *et al.* 2009), el cual además ha demostrado proveer de muchos otros beneficios ecosistémicos a sus usuarios (Barragán 2004; Ferreira 2008; Pauli 2008; Rivera 2008; Castro *et al.* 2009; Rivera *et al.* 2009; Fonte *et al.* 2010).

El SAQ ha estado vinculado a la ganadería desde sus inicios (FAO 2005), pero en los últimos años la actividad ganadera ha aumentado. El ganado es introducido en las parcelas de SAQ en la época seca para el pastoreo de rastrojos de cultivo, al mismo tiempo se presenta cierta tendencia de cambiar parcelas de SAQ a pasturas permanentes.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de la actividad ganadera sobre los recursos del suelo y la vegetación del SAQ, mediante la medición de indicadores de las propiedades físicas y químicas del suelo, estado de la cobertura vegetal y signos visibles de degradación. Además se pretende identificar factores y condiciones que puedan hacer de la ganadería en SAQ una actividad sostenible.



## **1.1 Objetivo general**

Evaluar el impacto del uso ganadero en la época seca sobre el suelo y la vegetación del Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ), para identificar factores que contribuyan a la sostenibilidad del sistema en la zona sur de Lempira, Honduras.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Cuantificar el efecto del pastoreo con ganado bovino en la época seca sobre parámetros físicos y químicos del suelo en el SAQ.
2. Estimar el efecto del pastoreo con ganado bovino en la época seca sobre el estado de la cobertura vegetal y de residuos de cultivos en el SAQ.
3. Evaluar el efecto del pastoreo con ganado bovino en la época seca sobre el estado del componente arbóreo en el SAQ.
4. Describir el comportamiento del ganado bovino en el SAQ.
5. Determinar si existe una carga animal adecuada para el SAQ, con la cual la degradación del suelo y vegetación resulte ser aceptable.

## **1.3 Hipótesis del estudio**

1. Las condiciones físicas y químicas del suelo en el SAQ son afectadas negativamente por el pastoreo con ganado bovino en la época seca.
2. La cobertura vegetal en SAQ disminuye por el pastoreo con ganado bovino en época seca e incremento en la carga animal.
3. La regeneración natural de especies leñosas en el SAQ decrece por el uso ganadero.
4. El comportamiento del ganado es influenciado por el nivel de pendiente del terreno y la disponibilidad de alimento.
5. La carga animal adecuada para SAQ se reduce conforme aumenta la pendiente del terreno.
6. La mayoría de las parcelas de SAQ con uso ganadero en época seca deben bajar la carga animal para evitar degradación de suelo y vegetación.

## **2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

### **2.1 La Ganadería en Centroamérica**

La palabra ganadería involucra la explotación de bovinos, cerdos, aves de corral, ovina, caprina y otros animales domésticos. No obstante en Latinoamérica la producción de carne y leche bovina es la más trascendente, representando el 62% del total de la producción ganadera de la región (CEPAL-FAO-IICA 2009). En este documento usaremos el término “ganadería” para hacer referencia particularmente a los bovinos.

En Centroamérica la ganadería enfrenta numerosos problemas tanto en la producción a nivel de finca como en la comercialización de los productos crudos o elaborados, dentro y fuera de cada país. La ganadería ocupa aproximadamente el 30% de las tierras, con una población bovina de más de 10 millones de cabezas distribuidas en casi 400 mil explotaciones. Predomina la ganadería extensiva, caracterizada por utilizar en promedio más de una hectárea de terreno por unidad animal. Se estima que la relación entre la población humana y bovina en la región es de 3:1. Cabe destacar que hay una importante relación entre el ingreso de la población y el consumo de carne y leche, con un mayor consumo en Costa Rica y Panamá que en los demás países Centroamericanos (Pérez 2002).

La población ganadera de Honduras para el 2005 era de 2, 500,020 cabezas, ubicándose en el tercer lugar después de Nicaragua y Guatemala, con 3, 500,000 y 2, 540,000 bovinos, respectivamente. Para el 2008 Honduras ocupaba el segundo lugar en la producción de leche fresca en Centroamérica, con 796,506 ton año<sup>-1</sup>, superado únicamente por Costa Rica con 889,958 ton año<sup>-1</sup>. Entre 2005 y 2008, Honduras experimentó un incremento en la producción de leche y carne bovina del 25.8% y 10.7%, respectivamente (FAOSTAT 2010).

En las últimas décadas la ganadería ha experimentado un acelerado crecimiento impulsado por el aumento en la demanda de alimentos, provocando una mayor presión sobre los recursos naturales (Steinfeld 2002). Sin embargo su desarrollo no ha sido uniforme a nivel de escalas, intensidad de producción, naturaleza y vínculos con la economía, en adición a la diversidad de especies, condiciones agroecológicas, tecnología y el nivel de desarrollo económico de cada explotación (FAO 2009).

## 2.1.1 Sistemas de producción ganadera

Existe una gran variabilidad entre los sistemas de producción ganadera, por lo que es muy difícil encontrar una clasificación que involucre toda la diversidad. FAO (2009) clasifica todos los sistemas de producción pecuaria en tres grandes grupos: 1) sistemas productivos de pastoreo; 2) agropecuarios; 3) industriales, y estos sistemas a su vez se subdividen tal como se muestra en la Figura 1.

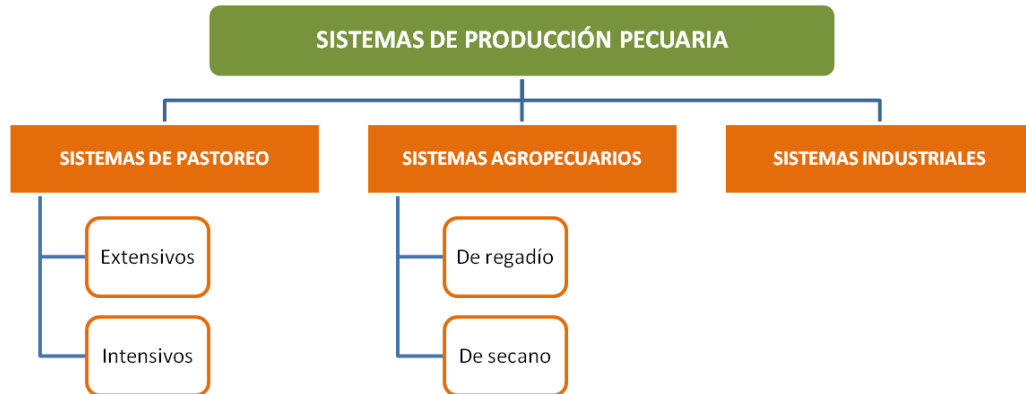


Figura 1. Clasificación de los sistemas de producción pecuaria según FAO (2009).

Otros autores clasifican los sistemas bovinos según el producto principal de la explotación: 1) carne; 2) leche; y 3) doble propósito (Wadsworth 1997). Es posible encontrar clasificaciones mucho más detalladas como la que propone Ruiz (1997) cuando afirma que en Latinoamérica predominan cuatro sistemas de producción bovina de doble propósito: 1) pasturas de regiones tropicales y subtropicales húmedas y sub húmedas, sólo con ganadería; 2) sistemas mixtos (agricultura y ganadería) de secano en zonas tropicales de altura; 3) sistemas mixtos de secano en zonas tropicales húmedas y sub húmedas; y 4) sistemas mixtos de secano en zonas tropicales áridas y semiáridas.

Varios autores sostienen que en Latinoamérica predominan los sistemas de pastoreo extensivo de doble propósito, especialmente en Centroamérica, donde frecuentemente se relaciona este tipo de ganadería con degradación, baja productividad, deforestación y sobrepastoreo (Pérez 2002; Steinfeld 2002; Holguín *et al.* 2003; FAO 2009).

## 2.1.2 Pastoreo y degradación

En Centroamérica el pastoreo de ganado se desarrolla mayormente en pastos nativos, en ocasiones con vinculación a rastrojos de cultivo en época seca, principalmente en regiones áridas y semiáridas (Fernández-Baca 1980; Ruiz 1997; Holguín *et al.* 2003). Los animales en pastoreo pueden contribuir a mejorar la cubierta del suelo, dispersar semillas y controlar el crecimiento de las malezas entre otros beneficios (Pezo y Ibrahim 1998). El problema surge al pastorear una carga animal por sobre la capacidad de uso del potrero o apartado (Sepúlveda y Nieuwenhuyse 2011). Esto provoca compactación, disminuye la fertilidad, baja el contenido de materia orgánica y reduce la infiltración de agua en los suelos. En áreas montañosas con alta pendiente, el sobrepastoreo puede significar enormes pérdidas de suelo por erosión (Pinzón y Amézquita 1991a; Sadeghian *et al.* 1999; Steinfeld 2002).

Sánchez *et al.* (1989) evaluaron diferentes niveles de pisoteo (0, 3.3, 6.6 y 8.3 animales  $\text{ha}^{-1}$ ); sus resultados mostraron que la densidad aparente como indicador de la compactación disminuyó conforme se bajó la carga animal. Este mismo estudio mostró una correlación negativa entre la biomasa de lombrices con respecto a la densidad aparente. Otros estudios confirman cambios drásticos en las propiedades del suelo (Willatt y Pullar 1984; Abril y Bucher 2001). Según Lal (1996) con una carga animal de tres cabezas por hectárea, la densidad aparente y la resistencia a la penetración se incrementan significativamente y con ello la infiltración se ve reducida.

Sepúlveda y Nieuwenhuyse (2011), en potreros permanentes del norte de Honduras, encontraron mayor compactación y signos de degradación de suelo en pendientes por arriba del 50%, concluyendo que la capacidad de carga física en esas condiciones está por debajo de 200 dUA  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ . En cambio, en pendientes menores al 30% los potreros pueden sostener una carga animal acumulada entre 900 y 1900 días de UA  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ . Estos autores encontraron valores de densidad aparente entre 1.26 y 1.59  $\text{gr cm}^{-3}$  sobre caminos de pendientes por arriba del 50%, y entre 1.09 y 1.33 en sitios con pendiente por debajo de 30%.

## 2.2 El concepto de carga animal acumulada

El término comúnmente usado para indicar el potencial ganadera de un territorio ha sido “capacidad de carga” o “capacidad de pastoreo”, atendiéndose como la

capacidad de un lugar para alimentar y nutrir un número determinado de animales, respondiendo a un enfoque productivo y económico (Sepúlveda 2004).

El término capacidad de carga acumulada ha sido usado cuando se estima la capacidad de carga ganadera del suelo o capacidad de carga física del suelo, empleando el concepto bajo una visión ecológica (Sepúlveda y Nieuwenhuys 2011). Este concepto difiere del anterior al hacer énfasis en la frecuencia con la que el ganado entra al sitio de pastoreo y al tiempo de ocupación del mismo. Además evalúa la vulnerabilidad del terreno a procesos de degradación que podrían ser agravados por el uso ganadero (Sepúlveda 2008). En esta investigación, se usó el término “carga animal acumulada” (CAA), que puede entenderse como capacidad de carga acumulada.

### **2.3 Comportamiento de bovinos en pastoreo**

El comportamiento de rumiantes en pastoreo ha sido estudiado por varios autores (Osuji 1974; Prieto *et al.* 1991; Mandaluniz *et al.* 1998; Di Marco y Aello 2003). Casi todos ellos han coincidido en que entre más tiempo pase un animal caminando mayor es el gasto de energía y menor la producción de leche o carne. Di Marco y Aello (2003) desarrollaron un recuento de múltiples estudios que confirman esta teoría. En tanto Prieto *et al.* (1991) asevera que los bovinos en pastoreo pueden recorrer diariamente un promedio 3.2 km., tiempo durante el cual pueden pasar de 6 a 9 horas de pie y caminando, de 4 a 12 horas comiendo, de 8 a 12 horas descansando, y un rango de 4 a 9 horas rumiando. Por otra parte, Mandaluniz *et al.* (1998) encontraron que el pastoreo en pendientes mayores al 10% y con pastos de baja calidad nutritiva, los efectos de la presión del ganado son más marcados.

Los estudios del desplazamiento de bovinos en pastoreo han sido desarrollados en pasturas extensivas con pendientes de moderadas a planas. En cambio SAQ se establece en parcelas pequeños (<1 ha) con pendientes que pueden llegar a superar el 100% (FAO 2005; Rivera 2008), predominando los rastrojos secos como alimento para el ganado.

### **2.4 Sistemas agroforestales (SAF)**

Los SAF son una forma de cultivo múltiple, en donde los componentes interactúan de manera ecológica y económica en un mismo sitio, sea de modo secuencial o temporal. El

componente obligado de un SAF es la leñosa perenne que puede estar asociada a cultivos anuales o perennes, forrajes y ganado (Torquebiau 1990; Nair 1997).

Raintree (1987) define agroforestería como el conjunto de técnicas de manejo de suelos que combina árboles con cultivos o con pastos y ganadería, donde las especies perennes son usadas en la misma unidad de terreno que los cultivos agrícolas, en alguna forma de arreglo que puede ser simultáneo o secuencial.

Los SAF han sido practicados por agricultores en todo el mundo desde tiempos remotos, y su aporte ha sido fundamental para el manejo de los recursos naturales. No obstante su reconocimiento como disciplina científica es bastante reciente, siendo en las últimas décadas cuando los estudios científicos han revelado el potencial de los árboles en la producción agropecuaria (Giraldo 1996).

Por la complejidad y diversidad de los SAF se hace necesaria su clasificación para facilitar su estudio. Los SAF se pueden agrupar de acuerdo a su estructura (especies y arreglos); función del componente leñoso; objetivo comercial; y ecología (Giraldo 1996; Nair 1997). De acuerdo a la base estructural, se pueden diferenciar sistemas agrosilviculturales; silvopastoriles; agrosilvopastoriles; y sistemas especiales (Cuadro 1) (Nair 1985; Nair 1997). Los sistemas agrosilvopastoriles parecieran ser los menos estudiados por representar un mayor desafío para las instituciones de investigación debido a su complejidad (Russo 1994). Como sistemas agrosilvopastoriles se agrupan los usos de suelo que combinan componentes leñosos, forestales o frutales, con ganadería y cultivos en un mismo sitio (Nair 1985; Russo 1994).

Según Russo (1994) los sistemas agrosilvopastoriles han sido catalogados como prácticas de subsistencia, debido a lo cual no han sido considerados intentos para mejorarlos, por temor a favorecer el mantenimiento del estatus de pobreza de los pequeños agricultores, quienes son sus principales usuarios. Las prácticas agrosilvopastoriles son muy comunes en Centroamérica; los charrales o tacotales; así como el pastoreo en rastrojos de cultivo, maíz y sorgo, siguen siendo parte de las estrategias de manejo del ganado bovino, principalmente en época seca (Fernández-Baca 1980; Russo 1994; Holguín *et al.* 2003).

Los rastrojos secos poseen bajo contenido de proteína, lo cual es una de las principales causas de la baja producción en bovinos. En época de lluvia los pastos normalmente presentan entre 7 y 11% de proteína cruda en pasturas no fertilizadas, en cambio en la época seca la

proteína puede bajar hasta 4%. Para que el ganado bovino logre un buen funcionamiento se requiere de al menos un 7% de proteína en su ración; sin esto el consumo y la digestibilidad de los alimentos disminuyen dando como resultado una menor productividad del ganado (Holguín *et al.* 2003; Cruz y Nieuwenhuys 2008).

*Cuadro 1. Clasificación de los sistemas agroforestales en relación a sus componentes.*

Sistemas	Tipos de sistemas
<b>Sistemas agrosilviculturales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agricultura migratoria</li> <li>- Barbecho mejorado</li> <li>- Cultivo en plantaciones forestales y Taungya</li> <li>- Árboles en parcelas de cultivo</li> <li>- Leñosas en parcelas de cultivo</li> <li>- Huertos caseros</li> <li>- Cultivos en callejones</li> </ul>
<b>Sistemas silvopastoriles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cercas vivas</li> <li>- Bancos forrajeros</li> <li>- Árboles dispersos en potreros</li> <li>- Pastoreo en plantaciones</li> <li>- Pasturas en callejones</li> </ul>
<b>Sistemas especiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Silvoentomología</li> <li>- Silvoacuacultura</li> </ul>

Fuente: Nair (1997)

### **2.4.1 Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ)**

El SAQ ha mostrado ser un sistema capaz de mejorar la seguridad alimentaria y al mismo tiempo conservar la calidad de los recursos en las laderas de la zona sur de Lempira Honduras (FAO 2005). El SAQ tiene su origen en las prácticas de producción y de manejo de cultivos de las comunidades indígenas del occidente de Honduras (Boshier *et al.*; Hellin *et al.* 1999), las cuales se basan principalmente en tala selectiva, podas periódicas de árboles y arbustos y manejo de la biomasa sin recurrir a la quema, con la consecuente siembra de cultivos de granos básicos (maíz, maicillo y frijol). Estas prácticas han sido mejoradas y adaptadas por técnicos y productores de otras regiones similares (MIS 2005; Tijerino 2008).

Las laderas son un importante ecosistema en Centroamérica, la condición de pendiente por sí sola influye en las características físicas y químicas del suelo (FAO 2005). En Honduras las laderas representan más del 80% del territorio, donde viven aproximadamente cuatro millones de personas, lo que corresponde al 60% de la población total. En estas zonas se

produce más del 75% de los granos básicos (maíz y frijol) y el 67% de los cultivos perennes, especialmente café (Scherr 2000).

El SAQ ha permitido que agricultores en ladera obtengan una producción de granos básicos sostenible en el tiempo, con rendimientos que pueden alcanzar 2.67, 1.15 y 1.02 ton ha<sup>-1</sup> de maíz, maicillo y frijol respectivamente (FAO 2005). Considerando que el maíz y el maicillo son plantas C4, el hecho de que se logren estos cultivos bajo cobertura arbórea hace del SAQ un sistema único y muy importante en la conservación de los recursos naturales y en la adaptación al cambio climático. Además de una producción sostenible, el SAQ mejora los ingresos de los agricultores a través de la reducción de los costos de producción, menos mano de obra para la preparación de suelo y el control de malezas. Las principales ventajas que los agricultores y técnicos perciben del sistema son: 1) mayor capacidad de retención de agua en el suelo, que se manifiesta principalmente cuando las lluvias son irregulares o escasas; 2) reducción de la erosión; 3) mejoramiento de la fertilidad del suelo, debido al reciclaje eficiente de nutrientes a través de los residuos de las plantas; 4) incremento de la resiliencia del sistema, a nivel de paisaje, a desastres naturales; y 5) suministro continuo de leña (FAO 2002; FAO 2005; Wélchez *et al.* 2006a).

Rivera *et al.* (2009) estudiaron la variabilidad espacial y diaria del contenido de humedad en distintos usos de suelo en el sur de Lempira. Los autores muestrearon la humedad volumétrica a diferentes profundidades a distintas horas del día (9 am, 11 am y 3 pm). Encontraron que a las 3 pm la humedad superficial (0–5cm) del sistema tradicional de tala y quema había disminuido significativamente de 23.0 a 15.3 %, en cambio el SAQ mantuvo la humedad presentando una leve disminución de 22.3 a 20.4 %, esta retención de humedad es atribuida a la cobertura vegetal sobre el suelo de SAQ, en cambio el sistema de tala y quema presenta suelo descubierto. Con respecto a conservación de suelo, SAQ mostró entre el 2005 y 2007, mediante parcelas de escorrentía de 7.5 m<sup>2</sup>, una erosión acumulada de 10.8 ton ha<sup>-1</sup>. En cambio el tratamiento de tala y quema presentó una erosión mayor con 62.9 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Rivera 2008).

En tanto Castro *et al.* (2009) estudiaron la dinámica de nutrientes en el sistema, concluyendo que la poda de árboles en SAQ provee una gran cantidad de biomasa al suelo, lo que permite un reciclaje de nutrientes de manera sostenible. Aunque no encontraron diferencias significativas entre la cantidad de nitrógeno proporcionado por SAQ y tala y



quema, ellos señalan que en SAQ es el resultado de un proceso mediado biológicamente y no de una fuente acelerada como en tala y quema.

La *no quema* es uno de los principios fundamentales de SAQ, y producto del cual este sistema sostiene una abundante y diversa población de macro fauna en el suelo, comparado con otros agro-ecosistemas con características biofísicas similares. Fonte *et al.* (2010) encontraron significativamente mayor cantidad de biomasa fresca de lombriz de tierra en SAQ ( $13.4 \text{ g m}^{-2}$ ), que en tala y quema ( $0.8 \text{ g m}^{-2}$ ), e incluso superior a lo encontrado en el bosque secundario ( $6.2 \text{ g m}^{-2}$ ). Por su parte, Pauli (2008) observó que la vegetación de SAQ influye en la presencia y distribución espacial de la lombriz de tierra, al encontrar una relación entre la cantidad de lombrices y la ubicación de los árboles, debiéndose esto a la mayor humedad y materia orgánica en esos sitios.

Otro de los beneficios relacionado con el SAQ es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por parte de la agricultura. Ferreira (2008) determinó que el potencial de calentamiento global para el sur de Lempira usando SAQ es 42% menor que con el sistema tradicional de tala y quema. Esto nos indica que SAQ puede ser una alternativa para disminuir los GEI en la agricultura y contribuir a la mitigación del calentamiento global.

Sin embargo, desde un inicio los agricultores han vinculado el SAQ con la ganadería, considerada una de las principales fuentes de emisiones de GEI (Carmona *et al.* 2005; Herrero y Gil 2008), ya que los animales se pastorean en los rastrojos de cultivo (maíz y maicillo) en la época seca, siendo esta una práctica muy común entre los pequeños agricultores de Centroamérica (Steinfeld 2002; Holguín *et al.* 2003). Lo que puede ser causa de pérdida en la calidad del suelo por: compactación, erosión y pérdida de fertilidad (Pinzón y Amézquita 1991a; Lal 1996; Pérez 2002; Holguín *et al.* 2003; Sepúlveda y Nieuwenhuyse 2011).

## **2.5 Calidad de suelo**

El concepto de calidad de suelos ha ido evolucionando a medida que se le agregan más aspectos. La Sociedad de la Ciencia del Suelo de Estados Unidos (1987) citado por Vanegas (2006) define la calidad de suelos como “los atributos inherentes de los suelos que son inferidos desde las características del suelo o de observaciones indirectas (por ejemplo compactabilidad, erodabilidad y fertilidad)”. En tanto Power y Myers (1989) la definen como “la habilidad de un suelo para soportar el crecimiento de un cultivo”, que incluye aspectos tales como: pendiente, agregación, contenido de materia orgánica, profundidad del suelo,

capacidad de retención de humedad, infiltración, Acidez, pH, contenido de nutrientes, entre otros (Doran *et al.* 1994).

Doran *et al.* (1994) proponen una definición de calidad de suelo que va más allá, al incluir términos tales como: productividad biológica, calidad ambiental, salud animal y vegetal. Esta definición ya no sólo se basa en atributos del suelo o de productividad de los cultivos, sino que también toma en cuenta la sostenibilidad de los ecosistemas, resaltando los límites de estos.

Teniendo en cuenta todos los factores resulta difícil determinar con exactitud la calidad de un suelo, aunque puede haber muchos indicadores para determinar las condiciones físicas, químicas y biológicas que controlan los procesos bio-geoquímicos en el tiempo, espacio e intensidad (Doran *et al.* 1994).

## **2.5.1 Indicadores de física de suelo**

### **2.5.1.1 Materia orgánica (MO)**

La materia orgánica es uno de los indicadores más usados en la determinación de la calidad de suelos, ya que interviene directamente en la agregación, estructura, friabilidad, retención de humedad, regulación del aire y conservación de nutrientes (Soto 2010). La MO del suelo puede ser estudiada de manera fraccionada, debido a que del 70 a 90% corresponde a la porción húmica altamente estable, el resto es la llamada fracción activa (lábil), de la cual el 60 a 80% son partículas de materia orgánica fácilmente descomponible (residuos de hojas, raíces, organismos muertos), y una fracción más pequeña que corresponde a los organismos microbianos vivos llamada biomasa microbiana, donde se encuentran hongos, bacteria, protozoos y algas, entre otro (Soto 2010). La fracción de la materia orgánica que puede ser más fácilmente afectada por el manejo es la fracción ligera o lábil, por lo que el fraccionar la materia orgánica es una metodología recientemente muy usada en investigaciones de calidad de suelo (Hevia *et al.* 2003; Vanegas 2006; Bustillos 2008; Videla y Trivelin 2008; Fonte *et al.* 2010).

Según Barrios (1996), la materia orgánica contenida en los suelos nativos se encuentra en un estado de equilibrio dinámico donde las pérdidas se compensan con los aportes. Sin embargo el cultivo de los suelos altera este equilibrio mediante el aumento en las pérdidas de

MO (Sánchez *et al.* 1989). Teniendo en cuenta el importante papel de la MO en el suministro y almacenamiento de nutrientes, agua y el mantenimiento de la estructura del suelo, se ha puesto una considerable atención hacia la identificación de los sistemas de cultivo que mantienen el adecuado contenido de MO (Barrios *et al.* 1996). Sin embargo, existe la dificultad para definir y medir fracciones de la MO más sensibles al manejo. La falta de una medida confiable de la MO como un indicador de la calidad de suelo, ha limitado la comprensión de este importante parámetro (Soto 2010). El fraccionamiento físico del suelo ha sido usado para aislar y cuantificar grupos funcionales de la MO (Barrios *et al.* 1996; Six *et al.* 2002). La materia orgánica en la fracción gruesa del suelo (> 250  $\mu\text{m}$ ) es más fácilmente alterada por el manejo que la materia orgánica contenida en las fracciones de arcilla y sedimentos (Tiessen y Stewart 1983; Six *et al.* 2002).

### **2.5.1.2 Estructura de agregados y carbono**

Es bien conocido que las pérdidas de carbono orgánico afectan negativamente la estructura del suelo, y a su vez la estructura del suelo protege la materia orgánica de la descomposición (Six *et al.* 2002), e influye en la fertilidad de los suelos. Sin embargo, la ubicación física y específica de la materia orgánica en el suelo y cómo esto influye en la descomposición no es bien entendido (Elliott 1986). Tisdall y Oades (1982) describen la asociación de la materia orgánica con los tres tipos de agregados que existen en el suelo: partículas primarias libres (arena, limo y arcilla), micro-agregados y macro-agregados. Ellos proponen además tres tipos de agentes responsables de la agregación del suelo: 1) transitorios, como MO microbiana y polisacáridos de origen vegetal que son rápidamente descompuestos por microbios; 2) temporales, donde incluye las raíces e hifas, micorrizas; y 3) persistentes, como materiales aromáticos húmicos en asociación con Fe amorfo y compuestos de Al.

Se cree que los agentes persistentes son los principales responsables de la integridad de los micro-agregados (53 a 250  $\mu\text{m}$ ), y a su vez los micro-agregados son el pilar de la estructura del suelo, ya que pueden unirse para formar los macro-agregados (>250  $\mu\text{m}$ ) a través de la acción de los agentes temporales y transitorios. El mal manejo del suelo puede romper los macro-agregados y liberar la MO contenida en ellos poniéndola a disposición de la descomposición y provocando su disminución en el suelo. Sin embargo los micro-agregados tienden a ser relativamente poco afectados (Elliott 1986; Six *et al.* 2002; Fonte *et al.* 2010).

El tamaño de poros en el suelo está estrechamente relacionado con el tamaño de agregados, por lo que a mayor proporción de macro-agregados (>250  $\mu\text{m}$ ) se esperará mayor presencia de poros grandes en el suelo. En cambio entre las partículas de suelo de menor tamaños se forman los microporos (Wu *et al.* 1990).

### **2.5.1.3 Densidad aparente**

La densidad aparente permite evaluar el efecto del manejo sobre el suelo, por lo que es un indicador de calidad del suelo muy usado particularmente para determinar compactación, ya que refleja la condición de porosidad, aireación y dinámica de agua. Una densidad aparente baja es signo de buen funcionamiento del suelo y que permite mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de raíces y por ende una mayor producción de los ecosistemas (Rubio y Lavado 1990; Gil 2002).

Rubio y Lavado (1990) estudiaron la compactación de suelo bajo diferentes alternativas de pastoreo de bovinos. Ellos encontraron que la densidad aparente fue significativamente mayor con el pastoreo continuo ( $1.3 \text{ g cm}^{-3}$ ); en cambio, el pastoreo rotacional y parcelas sin pastoreo presentaron valores de densidad aparente menores, 1.13 y  $1.17 \text{ g cm}^{-3}$  respectivamente. Es interesante resaltar que las áreas sin pastoreo y el pastoreo rotacional fueron estadísticamente similares, lo que da indicios que puede haber una carga animal o manejo adecuado que disminuya el impacto ambiental de la ganadería.

Rivera (2008) estudió la densidad aparente entre SAQ de diferentes edades y áreas de bosque secundario o guamil. La autora encontró que los SAQ con menos de 2 años de establecidos y los guamiles presentaron los valores más bajos de densidad aparente y muy similares entre sí; el promedio de estos tratamientos fue de  $1.05 \text{ g cm}^{-3}$ . En cambio los SAQ de mediana edad (5-7 años) mostraron los mayores valores con  $1.20 \text{ g cm}^{-3}$ . Rivera (2008) también encontró diferencias significativas en la densidad aparente a distintas profundidades. Los menores valores se presentaron de 0 a 5 y de 5 a 10 cm, con DA promedio de  $1.06 \text{ g cm}^{-3}$ . En tanto las profundidades de 10 a 20 y 20 a 40 cm, el valor promedio fue de  $1.12 \text{ g cm}^{-3}$ . Un valor de densidad aparente superior a  $1.4 \text{ g cm}^{-3}$ , es considerado limitante para la productividad (Amézquita 1998).

### 2.5.1.4 Densidad real

La densidad real es también llamada densidad de las partículas, y corresponde a la densidad de la fase sólida del suelo, es decir no incluye espacios porosos. Se pueden esperar valores de alrededor de  $2.65 \text{ gr cm}^{-3}$ , y de  $0.20 \text{ gr cm}^{-3}$  para materia orgánica (Gil 2002; Rivera 2008).

Mediante el método del picnómetro, Rivera (2008) determinó la densidad real entre SAQ de distintas edades y a distintas profundidades. La autora no encontró diferencias significativas entre las edades, con valores promedio de  $2.55 \text{ g cm}^{-3}$ . En cuanto a la profundidad, se presentaron valores estadísticamente menores en la superficie,  $2.50$  y  $2.53 \text{ g cm}^{-3}$  de 0 a 5 y de 5 a 10 cm respectivamente, y mayores en las profundidades de 10 a 20 y de 20 a 40 cm, con valores de  $2.55$  y  $2.61 \text{ g cm}^{-3}$ , demostrando la poca variabilidad que puede haber en la densidad real en suelos del mismo tipo.

### 2.5.1.5 Porosidad del suelo

Estudiar el espacio poroso es una manera de diagnosticar el funcionamiento de suelo, ya que es donde se realizan los procesos físicos, químicos y biológicos (Gil 2002). La porosidad es un indicador de estructura de suelo fácilmente alterable por los factores de manejo, y su condición tiene alta relación con la capacidad de absorción, movimiento y almacenaje de agua en el suelo (Paz González *et al.* 2001; Casanova *et al.* 2003). Pero no sólo la cantidad de poros es importante sino también su forma, tamaño y proporción (Gil 2002) (Cuadro 2).

*Cuadro 2. Características funcionales de los distintos tamaños de poros.*

Tipo	Tamaño (micras)	Función
Macroporos	>60	Aireación, infiltración y conductividad Saturada
Mesoporos	60-10	Conducción lenta
Microporos	10-0.2	Almacenaje
Microporos	<0.2	Agua no disponible

Fuente: Gil (2002)

Rivera (2008) encontró que los SAQ jóvenes (<2 años) y los guamiles presentaron mayores valores de porosidad total, promedio de 59.1%, lo que estuvo correlacionado con los

bajos valores de densidad aparente en estos sistemas. En tanto los SAQ con mayor tiempo en uso presentaron valores de 52.7 y 57.1% para SAQ entre 5-7 años y SAQ mayor de 10 años respectivamente. Valores de porosidad total superiores al 50% indican una buena calidad del suelo y están asociados a alta productividad (Amézquita 1998).

### **2.5.1.6 Conductividad hidráulica e infiltración**

Cuando el agua hace contacto con la superficie del suelo, las propiedades capilares de este permiten el movimiento inicial del agua hacia su interior. En cambio en estado de saturación o estado estacionario, el flujo de agua se rige por un factor gravitacional, un factor hidráulico y las propiedades capilares del suelo (Gil 2002). Según Sch *et al.* (1997) la conductividad hidráulica en fase saturada describe la funcionalidad del sistema poroso, involucrando propiedades como, cantidad, tamaño, morfología, continuidad y orientación de los poros. Este indicador depende en mayor medida de la estructura que de la textura del suelo, debido al importante efecto del tamaño de los poros, por lo cual puede haber una gran variabilidad entre sitios cercanos (Sch *et al.* 1997).

En un suelo no saturado el movimiento del agua es resultado de la conductividad hidráulica y la sortividad o absorción (Gil 2002). La *Sortividad* es una forma de medir la capacidad de un suelo para absorber agua durante la etapa de humedecimiento, es de esperar que un valor alto de sortividad indique mayor capacidad del suelo para absorber rápidamente más volumen de agua (Gil 2002; Casanova *et al.* 2003).

La *Infiltración* por su parte puede definirse como la expresión del movimiento vertical y descendente del agua en los primeros horizontes del suelo. Con este indicador se mide la velocidad de descenso del agua en las primeras capas del suelo. Debido a que la infiltración del agua en el suelo es causada por fuerzas matriciales y gravitacionales, la entrada puede ocurrir tanto descendente como lateral y ascendente. En las primeras instancias de la entrada de agua al suelo predominan las fuerzas matriciales sobre la fuerza gravitacional, por lo que las conclusiones obtenidas con respecto a las primeras etapas de la filtración son válidas en ausencia de la gravedad (Prieto Pinzón *et al.* 2006). Se puede esperar que la velocidad de infiltración vaya reduciendo paulatinamente al transcurrir el tiempo hasta llegar a valores relativamente bajos que tienden a ser constantes y que se conocen comúnmente como tasas de infiltración estacionaria (Hillel 1998 citado por Prieto Pinzón *et al.* 2006).

Los métodos para medir infiltración en campo resultan ser poco prácticos y costosos, lo que dificulta su aplicación y la toma del número de mediciones adecuadas (Sch *et al.* 1997; Paz González *et al.* 2001; Gil 2002; Prieto Pinzón *et al.* 2006). Varios métodos han sido desarrollados para medir “in situ” la conductividad hidráulica saturada: el método con doble anillos concéntricos, el infiltrómetro de anillos; el método del pozo barrenado, el permeámetro de Guelph, el simulador de lluvia, entre otros (Prieto Pinzón *et al.* 2006).

### **2.5.1.7 Pérdida de suelo por erosión**

La erosión es quizá la forma de degradación ambiental más común en el mundo, debido a que su frecuencia y magnitud es alta, presentándose en todas las partes del mundo y particularmente en Asia, África y Suramérica con promedios entre 30 y 40 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, siendo esto muy superior al valor promedio de formación del suelo de 1 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> que reporta la FAO (1996) (Murgueitio 2003).

Por lo general la tasa de erosión aumenta con las prácticas agrícolas, esto sucede más aun en cultivos anuales, donde la superficie del suelo es expuesta a la lluvia y al viento por periodos prolongados de tiempo. La erosión puede reducir el rendimiento, esto debido a pérdida de nutrientes y materia orgánica. La erosión además reduce la profundidad del suelo; afecta la capacidad de almacenar agua; daña la estructura y reduce la porosidad del suelo (Morgan 1997). En el caso del pastoreo de bovinos, la compactación por el paso de los animales afecta negativamente la estabilidad estructural, incrementando aun más la erosión superficial y causando deslizamientos o derrumbes (Murgueitio 2003).

Rivera (2008) mediante la metodología de parcelas de escorrentía, entre los años 2005 y 2007, estimó la erosión hídrica en SAQ, encontrando pérdidas promedio de 5.1, 3.4 y 2.3 ton ha<sup>-1</sup>, en cada año respectivamente. Por su parte los bosques secundarios o guamiles mostraron una erosión de 2.3, 0.2 y 0.4 ton ha<sup>-1</sup>, en los mismos periodos. FAO (1980) clasifica las pérdidas de suelo como: grado 1 (normales) cuando son menores a 0.5 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; grado 2 (ligeras), entre 0.5 y 5.0 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; grado 3 (moderadas), entre 5 y 15 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; grado 4 (severas) entre 15 y 50 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; grado 5 (muy severas), entre 50 y 200; y grado 6 (catastróficas), cuando se presentan valores mayores a 200 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Existen varias formas de estimar erosión hídrica en campo, como las parcelas de escorrentía o incluso el simulador de lluvia, pero estos métodos resultan poco prácticos y costosos. En estudios recientes se han utilizado métodos más prácticos con buenos resultados,

como la escala Likert (Barrantes 1999; Cortéz 2009) o la estimación visual de signos de degradación (Sepúlveda y Nieuwenhuys 2011).

## **2.5.2 Indicadores de química de suelos**

### **2.5.2.1 pH y acidez**

Estos parámetros tienen gran importancia ya que influyen sobre la absorción y disponibilidad de P, K, Ca y Mg; la saturación de bases, el reciclaje de nutrientes y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Valores altos de pH y acidez indican condiciones negativas para el desarrollo de la macro fauna del suelo y el crecimiento normal de las plantas (Gliessman 2002).

### **2.5.2.2 Contenido de nutrientes**

El contenido de nutrientes de un suelo puede ser un indicador del funcionamiento del sistema. La reducción de uno o varios nutrientes es claro indicio de un detrimento en la producción de los cultivos en lugares donde no se depende de fuentes de nutrientes externas. Los nutrientes denominados esenciales son el N, P y K, por ser requeridos en mayor abundancia por las plantas, aunque esto no resta importancia a otros elementos tales como el S, Ca, Mg y Zn entre otros, y cualquier deficiencia en uno de ellos afecta negativamente el desarrollo y producción de los cultivos (Urricariet y Lavado 1999). El 55% de los suelos de América Tropical son considerados de baja fertilidad (oxisoles y ultisoles), con deficientes en N, P, K, S, Ca, Mg y Zn, y presentan limitaciones químicas como toxicidad por aluminio y alta retención de fósforo (Murgueitio 2008).

## **2.5.3 Indicadores biológicos**

### **2.5.3.1 Regeneración natural de especies arbóreas**

La riqueza y abundancia de las especies intervienen directamente en el proceso de regeneración natural de árboles en campos agrícolas, e involucran aspectos biológicos tales como: lluvia de semillas, banco de semillas, banco de plántulas juveniles y adultos, dispersión y post-dispersión de semillas y su germinación (Caicedo 2007). La germinación de la semilla



y el establecimiento de la plántula son las etapas más críticas de la regeneración vegetal y que marcan la supervivencia de las plantas (Howe 1990 citado por Caicedo 2007).

La diversidad arbórea es importante para la conservación y conectividad en paisajes agrícolas y ganaderos, por lo que es necesario conservar y proteger los fragmentos de bosque remanentes y aumentar la cobertura arbórea dentro de las fincas. Los SAF contribuyen a conservar la conectividad y reducir la degradación a medida incrementan su diversidad florística y estructural (Beer *et al.* 2003). Beer *et al.* (2003) enumeran una serie de principios para asegurar la riqueza y abundancia de especies arbóreas dentro de SAF: maximizar la diversidad florística; incluir especies nativas; cobertura arbórea todo el año; mantener vegetación muerta sobre el suelo; *evitar la entrada de ganado*; favorecer la regeneración natural; minimizar el laboreo.

Barragán (2004), quien estudio el componente arbóreo en SAQ, agrupó los árboles en tres tipos: 1) árboles podados, 2) árboles maderables y 3) regeneración natural. La autora encontró 61 especies dentro del grupo de árboles podados (troncones) con un promedio de 877 troncones  $\text{ha}^{-1}$ , pero con valores que podían ir de 141 a 2405 individuos  $\text{ha}^{-1}$ . Con respecto a los maderables se encontraron en total 59 especies, con un promedio de 304 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , en un rango que va desde 18 hasta 1503 individuos  $\text{ha}^{-1}$ . La regeneración natural es ampliamente dominada por árboles maderables y de estos el 43% es Laurel (*Cordia alliodora*). A nivel de campo se encontró una media de 232 individuos  $\text{ha}^{-1}$ , con una amplia gama de 0 a 867 árboles  $\text{ha}^{-1}$ .

Cuadro 3. Nombre común y científico de las 15 especies más comunes de regeneración natural encontradas en 71 parcelas de SAQ en Candelaria, Lempira, Honduras.

Nombre común	Nombre científico <sup>a</sup>	Familia	%	% acum. <sup>b</sup>
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	42.6	43
Guachipilin	<i>Diphysa robinioides</i>	Papilionoideae <sup>d</sup>	8.4	51
Pie de venado	<i>Bauhinia sp.</i>	Caesalpinoideae	7.2	58
Yupur	<i>Jatropha curcas</i>	Euphorbiaceae	4.3	62
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	3.4	66
	<i>S. humilis</i>			
Silimera	<i>Leucaena lempirana</i>	Mimosoideae	3.4	69
Aceituno	<i>Simarouba glauca</i>	Simaroubaceae	3.0	72
Guayaba	<i>Psidium guayaba</i>	Myrtaceae	3.0	75
Chaperno/Cincho/Cangrejillo/Iguanillo	<i>Lonchocarpus sp.</i>	Papilionoideae	2.9	78
Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	2.7	81
Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malphiaceae	1.4	82
Quebracho/Quebracho	<i>Lisyloma sp.</i>	Mimosoideae <sup>e</sup>	1.4	84
Copinol/Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpinoideae	1.0	85
Caulote/Guacimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	0.8	86
Frijolillo <sup>c</sup>		Leguminosae <sup>f</sup>	0.8	86

a. Nombre científico identificado por ESNACIFOR (Escuela Nacional de Ciencias Forestales de Honduras).

b. Porcentaje acumulado.

c. Nombre científico no determinado.

d. Papilionoideae, Caesalpinoideae y Mimosoideae, son subfamilias de Leguminosae

e. Fuente: The department of Botany, University of Western Australia: Systematics; <http://www.botany.uwa.edu.au/systematics/summaryleg.html>.

f. Frijolillo: nombre científico y subfamilia no determinado.

Fuente: Barragán (2004).

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Tipo de investigación**

Se implementó un método no experimental que incluyó muestreos en campo, trabajo en laboratorio, entrevistas a productores, revisión de estudios anteriores y observaciones directas en los sitios de estudio. El estudio abarcó dos usos de suelo que fueron los tratamientos principales en la investigación: 1) el Sistema Agroforestal Quesungual sin ganado (SAQSin), 2) el sistema agroforestal Quesungual con ganado (SAQCon).

Este trabajo fue complementario a los ya desarrollados por FAO (1995-2002) y CIAT-MIS (2004-2008) en los que no se incluyó el efecto del uso ganadero. Para el desarrollo de esta investigación se contó con el apoyo directo de las autoridades locales quienes financiaron parte de los gastos del estudio.

### **3.2 Descripción del sitio del estudio**

El estudio se desarrolló en el Municipio de Candelaria (14° 05' N, 88° 34' O) al sur del departamento de Lempira en el occidente de Honduras. Esta zona pertenece a la cuenca del Río Lempa, vertiente del pacífico en la zona fronteriza entre Honduras y El Salvador. La región corresponde al trópico sub-húmedo (Holdridge), con temperatura promedio de 25°C, valores mínimos de 17°C y máximos hasta 38°C, una época seca de noviembre a mayo (6 meses), y precipitación promedio anual de 1400 a 1900 mm. Se estima que el 80% de los productores son de subsistencia, con fincas menores a 5 ha (Rivera 2008).

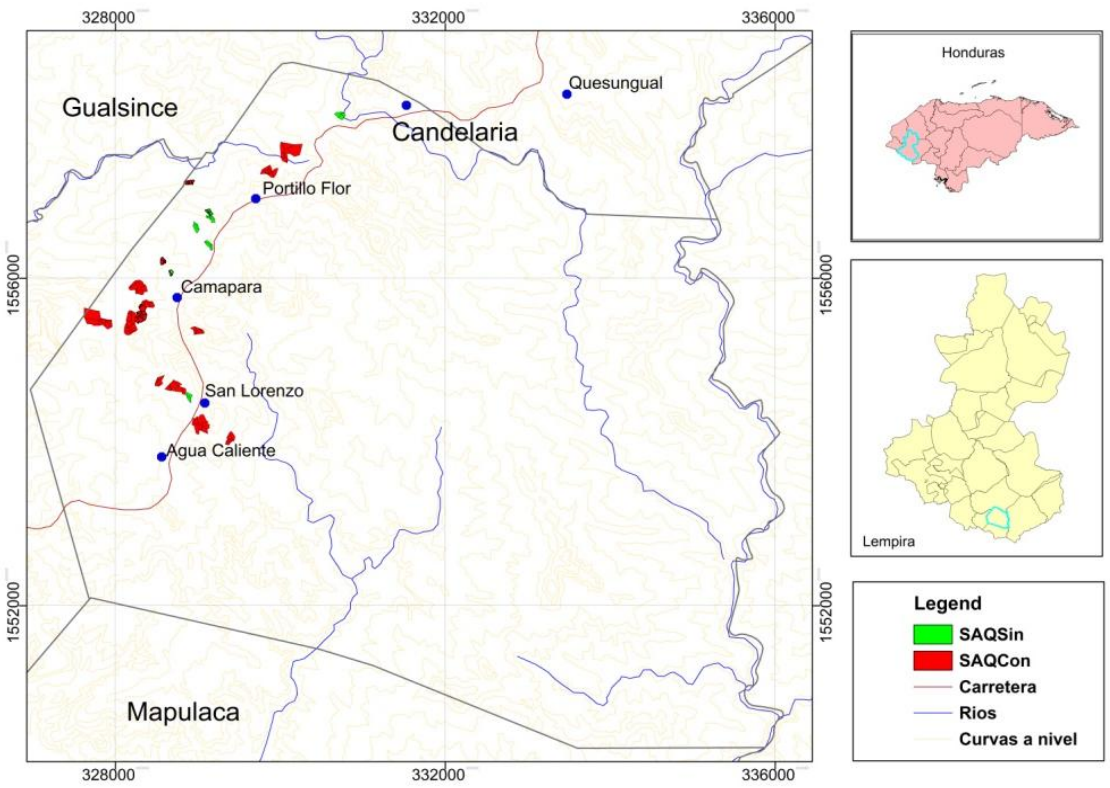


Figura 2. Ubicación del sitio del estudio.

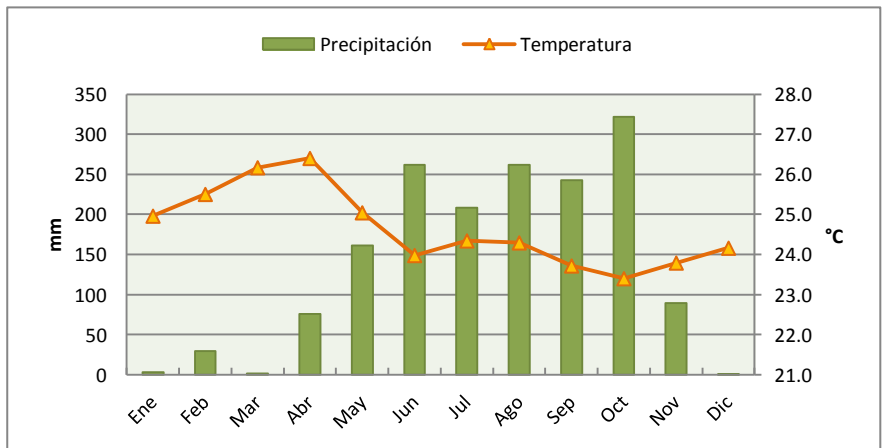


Figura 3. Precipitación y temperatura mensual en la comunidad de Camapara, Candelaria, promedio 2006-2008 (CIAT).

### 3.2.1 Características de los suelos en las parcelas del estudio

Los suelos predominantes en la zona del estudio son los Entisoles e Inceptisoles (Lithic Ustorthents), provenientes de rocas ígneas e intrusivas. Su escaso desarrollo probablemente se debe en gran medida al hecho que está ubicado en pendientes que varían de 5 a 85%. (Hellin *et al.* 1999). Para caracterizar los suelos de las parcelas estudiadas se tomaron muestras compuestas (una por parcela) de los primeros 10 cm de los mismos. Los resultados de los análisis indican que en general los suelos tienen características químicas favorables para el crecimiento de cultivos (Cuadro 4), pues la concentración de los nutrientes analizados estuvo sobre los niveles críticos propuestos para condiciones de clima tropical (Pantzy *et al.* 2000; Molina y Meléndez 2002; Cabalceta y Molina 2006) a excepción de Zn, el cual se encuentra en el rango considerado deficiente.

*Cuadro 4. Resultados del análisis de características químicas del suelo (muestras tomadas de 0 a 10 cm), en las parcelas del presente estudio (SAQCon y SAQSin).*

Variable	Unidad	SAQCon		SAQSin		
		Media	D.E.	Media	D.E.	
pH		5.57	0.28	5.60	0.25	
Materia orgánica	%	2.92	1.83	3.85	0.86	
P	Ppm	15.28	16.14	24.95	23.88	
K	meq/100 gr suelo	0.21	0.27	0.27	0.11	
Ca		8.43	1.41	10.48	2.05	
Mg		2.34	0.55	3.17	1.09	
Bases Intercambiables		10.98	1.76	13.92	2.99	
Al		0.08	0.08	0.09	0.10	
Acidez Intercambiable		0.15	0.10	0.17	0.14	
Zn		Ppm	0.77	0.38	1.17	0.45
Mn		Ppm	64.45	16.19	44.77	12.53
Fe		Ppm	13.42	5.64	11.61	8.04
Cu		Ppm	0.16	0.10	0.23	0.22

*Soluciones extractoras doble ácido (Mehlich 1) para micronutrientes, P y K; KCl 1 N para Ca, Mg, Al<sup>+3</sup> y acidez intercambiable; MO por el método de Walkley y Black; pH en agua a 1:2.5 (Díaz-Romeu y Hunter 1978). D.E.= desviación estándar de los valores.*

Según los resultados del análisis de suelo, podría haber diferencias entre SAQCon y SAQSin, con respecto al contenido de materia orgánica y las concentraciones de P, K, Ca, Mg y Zn (Cuadro 4). Sin embargo, el diseño del muestreo resulta ser limitante para concluir sobre estos resultados. En SAQCon, los sitios de descanso del ganado fueron evitados en este muestreo por no considerarlos representativos del resto de la parcela, y sabiendo de su posible efecto sobre los resultados del análisis, mientras que en SAQSin se muestreó toda la parcela.

### 3.3 Descripción del Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ)

El SAQ es implementado principalmente por productores de granos básicos en pequeñas fincas, generalmente menores a una hectárea. Su establecimiento se inicia con la transformación de un bosque secundario (guamil), el cual normalmente está de mediano a bien desarrollado, con alta presencia de árboles. Primero se corta la vegetación herbácea, y a los árboles y arbustos se les realiza una tala selectiva para reducir su densidad y por ende la competencia con los cultivos. A los árboles y arbustos que no son cortados se les practican varios tipos y niveles de poda, que pueden ir desde la poda total (troncones) a una poda leve para reducir sombra (Figura 7). Además es frecuente encontrar árboles pequeños (regenerados naturalmente) de especies deseadas. La biomasa cortada es distribuida sobre la superficie del suelo para su descomposición y nunca se usa fuego para eliminarla (Barragán 2004; Wélchez *et al.* 2006a; Rivera 2008).

El resultado inicial es una parcela con numerosos troncones en constante rebrote (1.5 a 2 m de alto) y árboles enteros o semi-podados de diferentes tamaños. Los árboles dejados enteros o semi-podados son de especies de valor para el productor, generalmente de especies maderables y frutales. Los troncones son utilizados como soportes para colgar la cosecha del cultivo de frijol, favoreciendo el secado del grano antes de trillarlo. Los estudios que describen el SAQ reportan un promedio de 304 árboles enteros o semi-podados por ha y 877 troncones (Barragán 2004).

Posteriormente, en el manejo rutinario de las parcelas SAQ, los árboles y arbustos son podados una vez por año antes del establecimiento del cultivo de maíz, de mayo a junio, pudiendo haber otra poda de agosto a septiembre si hubiera presencia de abundantes rebrotes que puedan competir con el maicillo o el frijol, ambos establecidos alrededor de esos meses<sup>1</sup>. Por las continuas podas, un porcentaje aún no estimado de troncones, árboles y arbustos se secan y son removidos para su uso como leña. La regeneración natural es manejada cuidando las nuevas plántulas de especies valiosas que vayan surgiendo dentro de la parcela (Wélchez *et al.* 2006b).

---

<sup>1</sup> El ciclo de cultivo se describe más adelante en este documento.

El cultivo pionero en el establecimiento inicial del SAQ puede ser el maicillo (*Sorghum vulgare* L.) o el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), los cuales son regados al voleo para luego ser cubiertos por la biomasa de la poda inicial. Posteriormente, durante los siguientes 3 a 5 años, las parcelas son sembradas con maíz en asocio (relevo) con maicillo y/o frijol, habiendo incluso parcelas de más de 10 años en uso continuo. Con el paso de los años se aprecia una disminución en la cobertura arbórea, no así en los rendimientos (FAO 2005), por lo que normalmente el productor trata de dejar en descanso la parcela, por un período variado de tiempo, antes de volver a cultivar. Las prácticas habituales en la producción de maíz, como cultivo principal, en asocio o relevo con frijol y/o maicillo, incluyen: limpia con machete (machete largo o pando) en abril-mayo, siembra directa en labranza cero (con espeque), poda periódica de árboles y arbustos, aplicación localizada de fertilizantes, aplicación focalizada de herbicidas en maíz, y control de plagas en frijol (Wélchez *et al.* 2006a; Wélchez *et al.* 2006b).

Desde los inicios del SAQ, durante la época seca los agricultores han utilizado las parcelas para el pastoreo de ganado bovino en los rastrojos de cultivo, siendo esta una práctica común entre los agricultores de Centroamérica (Steinfeld 2002; Holguín *et al.* 2003). La ganadería en la zona está conformada por pequeños hatos, cuyo tamaño puede variar entre 2 y 50 animales. Las explotaciones son principalmente de doble propósito, habiendo cierta producción de leche en la época lluviosa (2-4 litros vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) que puede desaparecer por completo en la parte más crítica de la época seca debido a los serios problemas para alimentar el ganado. Incluso, es frecuente la muerte de animales y los problemas reproductivos como abortos, prolapsos uterinos y retención de placenta (FAO 2005).

### **3.4 Reconocimiento y socialización**

En el mes de diciembre de 2010 se llevaron a cabo visitas de reconocimiento a las comunidades y parcelas de estudio, en algunas de las cuales se contó con la participación de autoridades locales y productores. Se desarrolló además una presentación sobre los detalles de la investigación a líderes comunales, aprovechando una reunión de corporación municipal.

### **3.5 Selección de las áreas de muestreo**

La selección de las áreas donde se desarrollaron los muestreos se hizo en tres pasos: 1) preselección de los productores; 2) visita y selección de las parcelas (entre los productores preseleccionados); y 3) selección de las áreas de muestreo dentro de las parcelas.

### **3.5.1 Selección de productores**

Inicialmente, con apoyo de las autoridades locales, se hizo un listado de productores que podrían participar en la investigación. Estas personas fueron visitadas y entrevistadas individualmente. Se les consultó principalmente sobre el manejo de los cultivos, el ganado y sobre el historial de uso de sus parcelas. En total se entrevistaron 28 productores, entre los cuales se “preseleccionaron” 18 participantes, algunos de ellos con más de una parcela SAQ, con base en los siguientes requisitos:

- Vivir dentro del área de estudio
- Manejar al menos una parcela SAQ
- Fácil acceso a la parcela, no más de 10 minutos caminando
- Entera disposición en participar en el estudio
- Tener potestad para autorizar la ejecución de actividades de investigación en el terreno seleccionado.

### **3.5.2 Selección de las parcelas**

Se visitaron las parcelas de los productores preseleccionados para corroborar las condiciones del terreno. Durante la visita se revisaron con detalle los siguientes aspectos:

- Tener un mínimo de 2 años continuos en uso como SAQ
- Poseer condiciones de pedregosidad, textura y profundidad de suelo similares entre ellas.
- Estar localizada, preferiblemente, en un lugar accesible
- Estar ubicada entre 200 y 900 msnm, elevación sugerida para la implementación de SAQ (FAO 2005).
- De antemano se sabía que el historial de uso de las parcelas de SAQCon es muy variado, por lo que se trató de seleccionar el mayor número posible de este tipo de parcelas
- Por estudios anteriores se conocía que la edad de uso de la parcela tiene efecto sobre los indicadores medidos (Rivera 2008), por lo que se trató de seleccionar parcelas “jóvenes” y parcelas “viejas” (Cuadro 5 y 6).



Al final se seleccionaron 17 parcelas de SAQCon y se tomaron las únicas 8 parcelas identificadas como SAQSin (Cuadro 5 y 6). De estas últimas, una posee condición de historial muy diferente al resto, y otra tiene una pendiente muy pronunciada (Cuadro 5), por lo que en algunos análisis no fueron consideradas.

### 3.5.3 Selección de los sitios de muestreo

Las parcelas de SAQSin presentaron condiciones relativamente homogéneas dentro de su área, por lo que, en la mayoría de los casos, se seleccionó un único sitio de muestreo, 20 m x 20 m, representativo de toda la parcela.

Las parcelas de SAQCon presentaron sitios con diferencias importantes, principalmente por el nivel de pendiente y el uso que le da el ganado. Por ello, dentro de cada parcela de SAQCon se seleccionaron y delimitaron dos áreas, de 20 m x 20 m, para los muestreos: 1) un sitio con pendiente menor a 45% donde el ganado permanece por mayor tiempo; 2) un sitio con pendiente mayor a 45% donde el ganado pasa menos tiempo y se moviliza por las “terrazas o caminos de vaca”.

En los sitios con pendiente >45% se tomaron muestras tanto del camino como del espacio entre caminos. Se seleccionaron las áreas de muestreo con base en la observación del comportamiento del ganado (ver capítulo de comportamiento animal).

*Cuadro 5. Parcelas de SAQSin incluidas en el estudio y sus características*

No.	Nombre del productor	Comunidad	Código	Área (ha)	Pendiente promedio (%)	Tiempo (años)
1	José Alberto Díaz	Portillo Flor	BC <sup>a</sup>	0.35	73	3
2	David Laínez	Las Peñitas	DL	0.57	55	12
3	David Laínez	Las Peñitas	DL <sub>2</sub>	0.58	48	3
4	Juan Ángel	Portillo Flor	JA <sup>b</sup>	0.50	15	>50
5	Manuel Corea	La Balastrea	MCO	0.76	30	>20
6	Marco Henríquez	San Lorenzo	MH	0.24	32	20
7	Marco Henríquez	San Lorenzo	MH <sub>2</sub>	0.26	35	2
8	Víctor Bueso	Camapara	V	0.24	55	3

<sup>a</sup> Sitio con pendiente muy pronunciada que dificulta el tránsito por la no existencia de terrazas

<sup>b</sup> Se cultivó caña y luego fue potrero por muchos años. Desde hace aproximadamente 10 años no se introduce ganado.

Cuadro 6. Parcelas de SAQCon incluidas en el estudio y sus características.

No.	Nombre del productor	Comunidad	Código	Pend. <45%	Pend. >45%	Pend. promedio %	Tiempo uso (años)	Área total (ha)
1	Arturo Menjívar	Camapara	A	37	67	52	2	0.42
2	Francisco Henríquez	San Lorenzo	FH	8	68	38	10	0.85
3	Francisco Henríquez	San Lorenzo	FH <sub>2</sub>	35	75	55	12	1.28
4	Francisco Henríquez	San Lorenzo	FH <sub>3</sub>	12	69	41	3	0.85
5	Uvence Arias	El Obrajito	H	35	73	54	12	3.39
6	Uvence Arias	Camapara	H <sub>2</sub>	8	55	32	12	2.61
7	Juan Mejía	Camapara	J	12	68	40	12	2.42
8	Juan Carlos López	La Balastrea	JC	36	75	55	3	4.06
9	Juan Carlos López	Portillo Flor	JC <sub>2</sub>	45	70	60	3	1.69
10	Juan Sibrían Mejía	San Lorenzo	JS	30	78	54	12	0.95
11	Lindolfo Arias	Camapara	L	32	70	51	2	1.54
12	Miguel Cruz	Camapara	MC	35	80	58	3	0.69
13	Manuel Díaz	San Lorenzo	MD	42	75	59	5	1.10
14	Reina Mejía	San Lorenzo	R	30	82	56	15	3.27
15	Antonio Arias	Camapara	T	50	80	69	7	0.35
16	Antonio Arias	Camapara	T <sub>2</sub>	42	80	61	3	0.52
17	Bernarda Laínez	Porillo Flor	Y	45	64	55	12	0.46

### 3.6 Muestreo y toma de datos

La fase de campo se desarrolló de diciembre de 2010 a agosto de 2011. Cada trabajo de muestreo se ejecutó siguiendo un protocolo previamente elaborado, con registro de datos en formularios impresos y diario de campo.

#### 3.6.1 Diseño de la investigación

Tanto las parcelas de SAQSin como de SAQCon estuvieron distribuidas por todo el territorio de estudio (Figura 2), por lo que para el análisis se utilizó el diseño completamente aleatorizado, por ser la estructura que más se adaptó a la investigación, empleando como covariables fuentes de variación significativas identificadas para cada caso (Di Rienzo *et al.* 2008).

Modelo estadístico de un diseño completamente aleatorizado

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde  $\mu$  es la media general,  $\tau_j$  el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento y  $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$ . Se asume que los términos de error poseen distribución normal, con esperanza cero y varianza común  $\sigma^2$  (Di Rienzo *et al.* 2008).

En SAQCon se desarrollaron análisis entre sitios de baja y alta pendiente, y entre caminos y espacios entre caminos, para lo cual se empleó un diseño en bloques completos al azar por existir ambas condiciones dentro de la misma parcela. En este caso cada parcela se consideró como un bloque.

Modelo estadístico de un diseño en bloques completos al azar

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \beta_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde  $\mu$  es la media general,  $\tau_j$  el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento,  $\beta_i$  el efecto del  $j$ -ésimo bloque ( $j=1,\dots,b$ ) y  $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$ . Se asume que términos de error poseen distribución normal, con esperanza cero y varianza común  $\sigma^2$  (Di Rienzo *et al.* 2008).

### 3.6.2 Tratamientos

Los dos tratamientos principales en la investigación fueron:

- 1) Sistema Agroforestal Quesungual sin ganado (SAQSin)
- 2) Sistema Agroforestal Quesungual con ganado (SAQCon)

Las parcelas de SAQCon se subdividieron dando lugar a:

- SAQCon en baja pendiente (<45%)
- SAQCon en alta pendiente (>45%)

En los sitios de alta pendiente se diferenciaron caminos y espacios entre caminos, por lo que en algunos casos se consideraron:

- SAQCon alta pendiente Camino
- SAQCon alta pendiente Entre-Camino

Las parcelas de estudio se clasificaron según el nivel de carga animal acumulada (CAA) a la que fueron sometidas, dando lugar a los siguientes niveles:

- ALTA (>400 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)
- MEDIA (200-400 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

- BAJA (<200 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)
- NULA (sin ganado)

### 3.6.3 Descripción general de los tratamientos

#### 3.6.3.1 Sistema Agroforestal Quesungual sin ganado (SAQSin)

Las parcelas de SAQSin identificadas para este estudio son áreas menores a 0.5 hectáreas. El ciclo anual en SAQSin inicia con la preparación del terreno para la siembra<sup>2</sup>, que en la zona sur de Lempira ocurre en el mes de mayo. Este mismo mes o en junio se siembra el cultivo de maíz, el cual se hace con pujaguante o espeque, removiendo suelo sólo en el sitio de la postura. Posteriormente el maíz se asocia con el maicillo en el mes de julio o es relevado por el frijol en septiembre (Figura 4). Esta decisión depende de la percepción del agricultor sobre la calidad del suelo en su parcela y de la cantidad de biomasa que exista sobre la superficie, pues según los agricultores el frijol requiere suelos de mejor calidad y principalmente con una capa de biomasa que impida el contacto directo del follaje y vainas con el suelo para evitar la incidencia de enfermedades. Después de la cosecha de los granos, la cual ocurre entre noviembre y enero, la parcela se deja en descanso hasta el próximo ciclo de cultivo, quedando en la parcela todos rastrojos de maíz, maicillo y/o frijol.

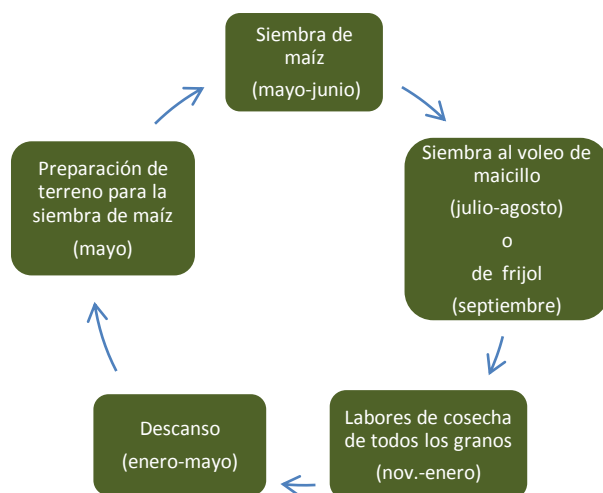


Figura 4. Ciclo anual de una parcela de SAQSin en el sur de Lempira, Honduras.

<sup>2</sup> Chapia o limpia usando el machete de vuelta o machete largo, con posterior poda de árboles y arbustos

### 3.6.3.2 Sistema Agroforestal Quesungual con ganado (SAQCon)

La mayoría de los agricultores en la zona poseen ganado, y los que no lo tienen venden sus rastrojos de cultivo a productores que sí lo poseen. Durante la época seca, enero-mayo, los agricultores pastorean el ganado en los rastrojos y malezas remanentes después de la cosecha de los granos (maíz y maicillo). El ganado se retira cuando no queda nada que comer o cuando vence el periodo del alquiler. Justo antes del inicio de las lluvias se prepara el terreno para la nueva siembra de maíz. En las parcelas de SAQCon muestreadas, el maíz estuvo siempre asociado con el maicillo, el cual fue sembrado al voleo en los meses de julio a agosto, coincidiendo con la segunda deshierba<sup>3</sup> en el cultivo de maíz (Figura 5). Durante la época de lluvia (mayo-diciembre) el ganado es manejado en potreros permanentes, por lo general con pasto natural y en menor escala con pastos mejorados como *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus*.

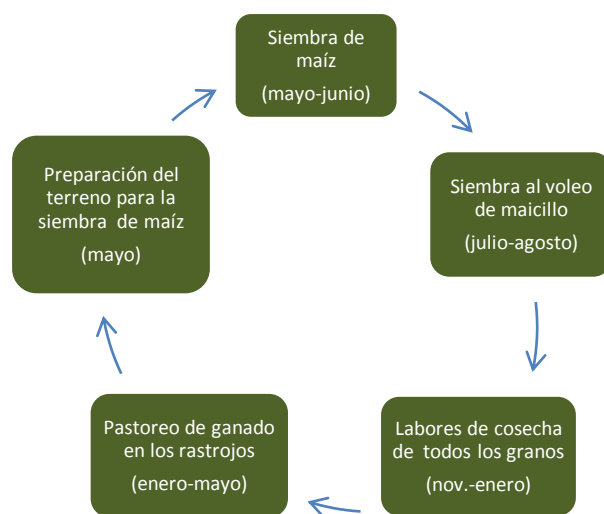


Figura 5. Ciclo anual de una parcela SAQCon en el sur de Lempira, Honduras.

### 3.6.4 Variables evaluadas

### 3.6.5 Densidad aparente

El muestreo se realizó con el método del cilindro de volumen conocido después que el ganado fue retirado de las parcelas (entre abril y mayo). Las muestras se tomaron a 5 cm de profundidad.

<sup>3</sup> El deshierve se realiza principalmente con el uso del hervisida Paraquat.

Se muestrearon 8 parcelas de SAQSin, en cada una de las cuales se tomaron tres muestras en forma diagonal dentro de un área de muestreo de 20 m x 20 m. En tanto para SAQCon se incluyeron 17 parcelas, en las cuales se recolectaron las mismas tres muestras en el área de baja pendiente, pero en el sitio de alta pendiente se tomaron tres muestras en los caminos y tres en los espacios entre caminos, haciendo un total de seis muestras para esta área de muestreo.

Todas las muestras fueron secadas a 105 °C durante 48 horas o hasta que presentaran un peso seco constante. Después, con ayuda de un tamiz, se retiraron todas las piedras mayores a 2 mm, se secaron de nuevo y se calculó su masa (Forsythe 1975).

El contenido de piedras de las muestras estuvo entre 0.15 y 17.39% del volumen del cilindro de muestreo, con una densidad aparente de 2.04 gr cm<sup>-3</sup>. Con esta información se ajustaron los valores de DA del suelo. Según Rivera (2008) el contenido de piedras en SAQ, de 0 a 40 cm de profundidad, puede variar entre 0 y 30% en la zona de estudio.

El cálculo de DA del suelo ajustado por el contenido de piedras se hizo aplicando la siguiente ecuación:

$$DA_{aj} = (MsT - MsP) / (VoT - VoP) \quad ; \quad VoP = MsP / DAP$$

Donde:

$DA_{aj}$  = Densidad aparente del suelo ajustada por el contenido de piedra, en gr cm<sup>-3</sup>

$MsT$  = Masa total de suelo en el cilindro, seco a 105°C, en gramos

$MsP$  = Masa de la piedra contenida en la muestra, en gramos

$VoT$  = Volumen total del cilindro, en cm<sup>-3</sup>

$VoP$  = Volumen de la piedra contenida en la muestra, en cm<sup>-3</sup>

$DAP$  = Densidad aparente de la piedra, en gr cm<sup>-3</sup>

### **3.6.6 Estabilidad de agregados de suelo y fraccionamiento físico de la materia orgánica**

Se tomaron muestras de suelo no disturbadas a 10 cm de profundidad durante la época seca (entre abril y mayo), al mismo tiempo que las muestras para DA tomando una a la par de la otra. Se muestrearon 8 parcelas de SAQSin, en cada una de las cuales se tomaron tres

submuestras en forma diagonal dentro un área de muestreo de 20 m x 20 m. En tanto de SAQCon se incluyeron 17 parcelas, en las cuales se recopilaban las mismas tres submuestras en el área de baja pendiente, pero en el sitio de alta pendiente se tomaron tres en los caminos y tres en los espacios entre caminos, haciendo un total de seis submuestras para este sitio.

Todas las submuestras fueron inicialmente pasadas por un tamiz de 8 mm, separando los terrones por planos de debilidad naturales (sin aplastarlos), luego fueron secados al aire en la sombra. Después las submuestras fueron mezcladas conformando una única muestra por sitio: SAQSin, SAQCon baja pendiente, SAQCon alta pendiente Camino y SAQCon alta pendiente Entre-Camino. Estas dos últimas constituyen el promedio de SAQCon alta pendiente.

Las muestras compuestas fueron fraccionadas por tamizado en húmedo usando una metodología adoptada de Elliott (1986). Para ello se tomó una submuestra de 60 gr y se colocó en un tamiz de 2 mm sumergido en agua filtrada durante 5 minutos, facilitando la ruptura de los agregados por presión del agua. Luego de los 5 minutos, el tamiz con el suelo se movió de arriba a abajo (dentro y fuera del agua) 50 veces en un movimiento circular a lo largo de 2 minutos. El material que quedó en la parte superior del tamiz fue transferido a un recipiente de aluminio previamente pesado. Las partículas más pequeñas que pasaron por el tamiz de 2 mm fueron trasladadas a un tamiz de 250  $\mu\text{m}$  y se repitió el proceso anterior. Lo mismo se hizo con el tamiz de 53  $\mu\text{m}$ .

Al final resultaron cuatro fracciones: macro-agregados grandes ( $> 2000 \mu\text{m}$ ), macro-agregados pequeños (250 a  $2000 \mu\text{m}$ ), micro-agregados (53-250  $\mu\text{m}$ ) y limo y arcilla ( $< 53 \mu\text{m}$ ). Todas las fracciones, a excepción de las partículas finas, fueron secadas al horno a  $60^\circ\text{C}$ . Posteriormente fueron pesadas y se determinó la proporción de cada fracción. La proporción de partículas finas (limo y arcilla) fue determinada por diferencia de peso, ya que estas poseían mucha agua y no se tenían las condiciones para secarlas.

Como un indicador de la estabilidad de los agregados del suelo, se calculó el índice de agregación llamado diámetro promedio ponderado o MWD (por sus siglas en inglés, mean weight diameter) (Bavel 1950), el cual se obtiene mediante la suma de las proporciones ponderadas por el diámetro promedio de cada fracción de agregado:

$$\text{MWD} = [(\text{Pmg} * \text{DMmg}) + (\text{Pmp} * \text{DMmp}) + (\text{Pmi} * \text{DMmi}) + (\text{Ppf} * \text{DMpf})]$$

Donde: Pmg=proporción de macro-agregados grandes; DMmg=diámetro medio de los macro-agregados grandes (5000  $\mu\text{m}$ ); Pmp=proporción de macro-agregados pequeños; DMmp=diámetro medio de macro-agregados pequeños (1125  $\mu\text{m}$ ); Pmi=proporción de micro-agregados; DMmi=diámetro medio de los micro-agregados (151.5  $\mu\text{m}$ ); Ppf=proporción de partículas finas; DMpf=diámetro medio de las partículas finas (26.5  $\mu\text{m}$ ).

Todas las fracciones de suelo fueron enviadas al laboratorio de CIAT en Colombia, donde se analizó el contenido de carbono orgánico (C) en cada tamaño de agregado y en el suelo entero por el método de Walkley y Black (Rabenhorst 1988). Igualmente se analizó la textura del suelo entero, en una muestra compuesta, por el método de Bouyoucos (1927) (sedimentación diferencial).

### 3.6.7 Erosión laminar de suelo

Durante la temporada de lluvias (Junio-julio), se examinó de manera visual la presencia de signos de erosión laminar sobre el suelo, tratando de identificar los factores que favorecen o impiden dicho proceso (Cuadro 7).

La evaluación se llevó a cabo haciendo uso de un marco de 1 m x 1 m, el cual se subdividió cada 0.20 m, formando una especie de cuadrícula (Figura 6). En cada punto de intersección de la cuadrícula se realizó una observación, sumando un total de 25 observaciones por marco.

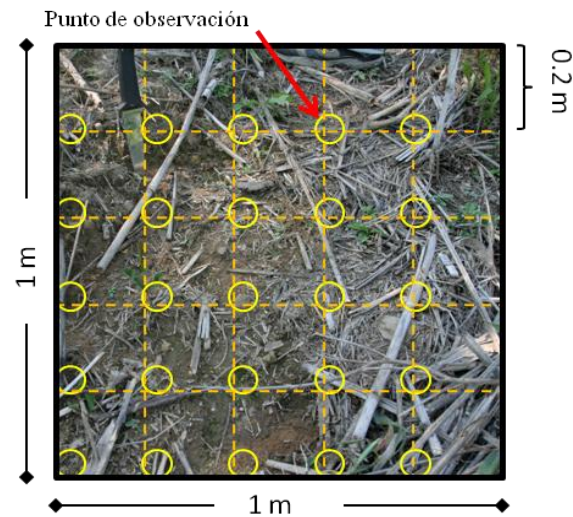


Figura 6. Esquema del marco usado en la estimación visual de la erosión laminar.

En este muestreo se incluyeron 7 parcelas de SAQSin y 16 de SAQCon, dentro de las cuales se muestrearon sitios de baja pendiente (<45%) y alta pendiente (>45%). Se excluyeron dos parcelas por no haber sido cultivadas este año. El área de muestreo de 20 m x 20 m se subdividió en 4 cuadrantes de 10 m x 10 m cada uno, y estos a sus ves se subdividieron en 100



cuadrantes mucho más pequeños de 1 m x 1 m. El punto donde finalmente se colocó el marco se determinó primero seleccionando al azar 3 de los 4 cuadrantes y luego sorteando el punto, de 1 m x 1m, dentro de cada uno de ellos, tomando de esta manera tres repeticiones (marcos) por área de muestreo (en baja y alta pendiente).

En el caso de SAQCon en alta pendiente el marco de muestreo se colocó en el espacio entre caminos, pero además se examinaron los signos de erosión en el segmento de camino más cercano. Utilizando una cinta métrica se marcó un segmento de camino de 2 m de largo, realizando observaciones cada 0.2 m, haciendo un total de 20 observaciones por transepto. De tal manera, las medias de erosión del sitio de alta pendiente, en SAQCon, fueron compuestas por observaciones hechas en el Camino y en el espacio Entre-Camino, al igual que todas las otras variables tomadas en este sitio.

*Cuadro 7. Criterios en la evaluación visual de signos de erosión y no erosión en SAQ, en el sur de Lempira, Honduras, 2011.*

Criterio de evaluación	Nomenclatura
<b>Presencia de erosión laminar (EL):</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta erosión laminar, probablemente favorecida por la presencia de suelo desnudo propenso a ser impactado por la lluvia.</li> </ul>	LD
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se observa deposición de suelo, el cual fue removido y transportado por la erosión laminar.</li> </ul>	DL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta erosión laminar, probablemente favorecida por el uso de herramientas de siembra, que dejan el suelo desagregado y suelto.</li> </ul>	LH
<b>No hay presencia de erosión laminar:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se estima que el suelo es protegido contra la erosión laminar por cobertura de maleza viva, malezas muriendo por el efecto de un herbicida o por maleza cortada y depositada en la superficie del suelo.</li> </ul>	NM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se estima que el suelo es protegido contra la erosión laminar por cobertura de rastrojo y/o hojarasca.</li> </ul>	NR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El suelo se observa suelto, pero aun no se encuentra erosionado.</li> </ul>	SS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de roca (no se puede concluir nada sobre erosión)</li> </ul>	R

### 3.6.8 Biomasa de rastrojos sobre la superficie del suelo

Esta variable fue estimada en dos momentos: 1) antes de la entrada del ganado a las parcelas, y 2) después de la estadía del ganado en el terreno. En este estudio se incluyeron 8 parcelas de SAQSin y 17 de SAQCon. Aunque después del primer muestreo dos de estas parcelas fueron descartadas por presentar abundante pedregosidad, por lo que para el resto de los muestreos fueron sustituidas por otras dos parcelas identificadas posteriormente.

El muestreo de biomasa antes de la entrada del ganado a las parcelas fue la primera actividad que se ejecutó en el campo, de diciembre 2010 a enero 2011, justo después de haber preseleccionado los productores. Se tomaron al azar diez puntos en toda la parcela, aún no se tenían identificadas las áreas de muestreo, en cada punto se delimitó un área de 2 m x 1 m de donde se cortó a ras de suelo y por separado todas las plantas de maíz y maicillo, así como las malezas presentes. Para este tiempo los rastrojos estaban aún en pie, el maíz en surcos y el maicillo disperso por su siembra al voleo. En este muestreo no se colectaron residuos finos, probablemente por no ser evidentes en ese momento.

El segundo muestreo se realizó entre abril y mayo de 2011, después de la salida de los animales de la parcela y antes de que los productores cortaran las malezas. Se diferenciaron rastrojos no consumidos por el ganado (cañas de maíz y de maicillo), biomasa de malezas y residuos finos no reconocibles. Este último tipo de biomasa estaba compuesto por rastrojos, hojarasca y malezas trituradas.

Para el segundo muestreo ya se tenían seleccionadas todas las áreas de muestreo de 20 m x 20 m, por lo que en cada sitio se tomaron al azar cinco puntos en donde se colocó un marco de 1 m x 1 m. Todas las muestras, en ambos momentos, fueron secadas al horno a 65 °C por 48 horas, obteniendo así el peso en materia seca para cada una de ellas.

### **3.6.9 Estado de las leñosas perennes**

El estudio del componente arbóreo se desarrolló entre los meses de junio y julio de 2011, con las labores de poda realizadas y los cultivos ya establecidos. En este estudio se incluyeron 17 parcelas de SAQCon y 7 de SAQSin. De estas últimas no se incluyó una parcela que había sido incluida en los demás muestreos por no haber sido cultivada este año.

En cada área de muestreo, de 20 m x 20 m, se contaron y midieron (DAP y altura) todos los árboles y arbustos con altura superior a 50 cm. Se identificó la especie y el estado sanitario de cada individuo: sano o seco, con daño o sin daño en la corteza. Así como el tipo de poda: severa (troncón), semi-podado, sin podar (entero) (Figura 7).



Figura 7. Niveles de poda practicados por los productores en SAQ, sur de Lempira Honduras: a) sin podar (entero); b) semi-podado, de leve a severo; c) severa (troncón).

### 3.6.10 Carga animal

En todas las parcelas de SAQCon se estimó la carga animal acumulada para lo cual se determinó: el área total de la parcela (determinado con GPS y GIS); el número de animales pastoreados; la estimación del peso de cada animal, mediante la medición de la caja torácica con una cinta calibrada para este fin; los días de pastoreo y el número de horas diarias de ocupación de la parcela. En este cálculo se tomó un peso de 400 kg como el equivalente a una unidad animal (UA), dando como resultado la carga animal acumulada en días de UA por hectárea por año.

Así mismo se determinaron algunas variables del sitio, como pendiente (%) y tiempo en uso (años), las que posteriormente fueron usadas como covariables en el análisis de resultados según el caso.

## 3.7 Descripción del comportamiento del ganado en pastoreo

Esta variable se estudió en febrero de 2011. Se utilizó una metodología de observación adaptada de Prieto *et al.* (1991) y Mandaluniz *et al.* (1998), quienes estudiaron el comportamiento de cabras y bovinos respectivamente. En 3 de las parcelas de este estudio, se observaron animales durante 5 días consecutivos. En cada parcela se siguió el recorrido diario (6 am a 6 pm) de 4 animales pre-identificados, registrando de manera continua la actividad de cada individuo (caminado, rumiando, descansando o pastando). De igual forma se anotó el cuadrante dentro de la parcela donde estaba ubicado el animal en el momento de cada

observación, para lo que fue necesario subdividir, con líneas imaginarias, la parcela en cuadrantes usando como criterios las diferencias en pendiente, la disponibilidad de forraje y la distancia a la puerta de acceso a la parcela (Cuadro 37).

La disponibilidad de forraje en cada cuadrante fue evaluada usando una escala del 1 al 5, en donde 1 fue la peor condición y 5 la mejor que se pudo observar. Esta evaluación fue visual usando algunos criterios que se desarrollaron con la visita a las parcelas (Cuadro 8).

La información generada permitió describir el comportamiento del ganado en las parcelas estudiadas, y se comprobó la hipótesis de que el recorrido de los bovinos es influenciado por las condiciones particulares de pendiente y disponibilidad de forraje. Además, la información permitió generar los criterios con los cuales se seleccionó, posteriormente, las distintas áreas de muestreo en las parcelas de SAQCon: sitio de baja pendiente (<45%) y sitio de alta pendiente (>45%). Y dentro de este último: caminos y espacios entre caminos.

*Cuadro 8. Criterios usados en la evaluación de la disponibilidad de forraje (rastros) en cada cuadrante de las parcelas de observación de comportamiento animal en SAQ.*

Valor	Criterio
1	Suelo descubierto en más del 70%, con poca presencia de malezas. Ya no hay rastrojo en pie, sólo cañas de maíz y maicillo tiradas sobre el suelo, con hojarasca de árboles y residuos triturados sobre el suelo, arbustos comestibles completamente defoliados.
2	Suelo descubierto entre el 50-70%, con presencia de malezas y residuos triturados (más que el valor 1). Se observan cañas de maíz y maicillo aun en pie. Se encuentran algunas tuzas y hojas secas de maicillo sobre el suelo, arbustos comestibles medianamente defoliados.
3	Parches de suelo descubierto a simple vista. Se observa rastrojo sobre el suelo, pero una buena parte sigue en pie, con presencia de algunas plantas de maicillo con hojas, y tuza aun unidas a la caña de maíz, arbustos medianamente defoliados.
4	Se observa abundante vegetación, con plantas de maicillo medianamente defoliadas, rastrojo de maíz intacto, poca defoliación de arbustos y malezas.
5	Esta calificación sería para un guatal <sup>4</sup> bien desarrollado, antes de que entren los animales.

*Desarrollado a partir de observaciones en campo.*

### 3.8 Análisis estadístico

Todos los análisis se desarrollaron haciendo uso del software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2008). Basándose principalmente en el análisis de la varianza de las medias

<sup>4</sup> Nombre que le dan los productores al conjunto de rastros que queda en la parcela después de la cosecha de los granos.

(ANAVAs) y en el análisis de regresión lineal simple o múltiple entre las variables de respuesta y las regresoras identificadas como importantes para cada situación. En algunos casos fue necesario transformar los datos, por la raíz cuadrada o por el logaritmo natural, para conformar con los supuestos de ANAVA. En todas las comparaciones se concluyó con un nivel de significancia del 95%.

El análisis de las variables siempre inició confrontando las medias generales de SAQCon y SAQSin mediante el análisis de varianza de las medias (ANAVAs), para lo que se empleó el modelo estadístico de un diseño completamente aleatorizado con el uso, en muchos de los casos, de una o dos covariables con efecto significativo ( $\alpha=0.05$ ) sobre la variable de interés. Posteriormente se procedió a comparar las medias de los sitios de baja pendiente (<45%) versus sitios de alta pendiente (>45%), que sólo estuvieron presentes en las parcelas de SAQCon. Con algunas variables se realizó el análisis de Camino vs Entre-Camino, que estuvieron presentes sólo en alta pendiente (>45%). En estos dos últimos casos se utilizó el modelo estadístico de un diseño en bloques completos al azar, tomando cada parcela como un bloque.

Para algunas variables se desarrollaron comparaciones entre niveles de carga animal acumulada, a través del análisis de varianza (ANAVA), para lo que se emplearon las medias generales por parcela. En estos casos se utilizó el modelo estadístico de un diseño completamente aleatorizado con el empleo de covariables significativas ( $\alpha=0.05$ ).

Para estudiar la relación entre dos o más variables se hizo uso del análisis de regresión lineal, en el cual se utilizaron las medias por sitio para contar con más datos, pero se descartaron valores extremos justificables. En el caso de las regresiones múltiples se empleó la técnica de paso a paso, que consistió en ir incluyendo y sacando covariables del modelo para determinar las que mayor explicación aportaban y por ende las de mayor significancia ( $p<0.05$ ) para cada variable de interés. En ciertos casos la relación entre variables se analizó mediante el análisis de correlación.

Los supuestos estadísticos de normalidad, homogeneidad de varianza, independencia y en algunos casos aditividad, fueron cuidadosamente revisados en todos los análisis. En los casos donde alguno de estos supuestos no se cumplió (incluso con transformaciones), no se realizó la comparación estadística.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Propiedades físicas de suelo**

#### **4.1.1 Textura de suelo**

En la misma muestra de suelo entero tomada para el estudio del tamaño y estabilidad de agregados de suelo, se analizó el contenido de arena, limo y arcilla, 10 cm. Dichos resultados permitieron desarrollar comparaciones entre sistemas y entre sitios de muestreo (Cuadro 9).

En promedio todos los suelos presentan la misma textura, franco arcilloso, lo que sugiere similitud entre los suelos del estudio. No se observaron diferencias en el contenido de las diferentes partículas entre tratamientos, ni entre sitios de muestreo dentro de SAQCon, presentándose únicamente diferencia marginal ( $p=0.06$ ) en el contenido de limo, siendo el sitio de alta pendiente el que mostró el promedio más alto (Cuadro 9).

Se observó alta correlación negativa de la porción de arena con la de limo, de igual forma con la de arcilla. No se observó correlación entre las partículas de limo y arcilla (Cuadro 10).

Sepúlveda y Roselló (1998) determinaron, en laderas expuestas al uso ganadero, el movimiento de partículas finas por arrastre de escorrentía superficial y deposición de estas en la parte baja de la ladera, disminuyendo así la fracción fina y aumentando la gruesa en las partes altas. Aunque nuestros resultados no muestran esa tendencia con las partículas de limo, y muy levemente con las de arcilla (Cuadro 9), la correlación entre las partículas insinúan la probabilidad de que este fenómeno ocurra en SAQ (Cuadro 10).

Cuadro 9. Contenido promedio de arena, limo y arcilla en los primero 10 cm de suelo en SAQCon y SAQSin, así también en los sitios de muestreo dentro de SAQCon.

	Arena	Limo	Arcilla	Textura de suelo
Tratamiento	----- % -----			
SAQCon	39.5 a	32.2 a	28.2 a	Franco arcilloso
SAQSin	39.1 a	32.0 a	28.8 a	Franco arcilloso
$r^2$	0.29	0.21	0.16	
LSD <sub>0.05</sub>	---	---	---	
CV%	10.74	8.46	10.53	
Sitio en SAQCon				
Pendiente >45%	39.2 a	32.9 a	28.0 a	Franco arcilloso
Pendiente <45%	41.0 a	30.6 b	28.5 a	Franco arcilloso
$r^2$	0.58	0.72	0.54	
LSD <sub>0.05</sub>	---	0.06	---	
CV%	11.95	8.45	10.62	
Espacio en pendiente >45%				
Camino	39.6 a	32.7 a	27.6 a	Franco arcilloso
Entre-camino	38.7 a	33.0 a	28.3 a	Franco arcilloso
$r^2$	0.88	0.86	0.75	
LSD <sub>0.05</sub>	---	---	---	
CV%	7.24	6.40	8.57	

Medias en la misma columna y mismo análisis, seguidas por distinta letra presentan diferencias significativa ( $\alpha=0.05$ ).

Cuadro 10. Correlación entre las distintas partículas del suelo en SAQ. Coeficientes/probabilidades.

	Arena	Limo	Arcilla
Arena	---	<0.0001	<0.0001
Limo	-0.79	---	0.14
Arcilla	-0.78	0.24	---

Correlación de Pearson,  $p < 0.05$  indica correlación significativa.

#### 4.1.2 Densidad aparente

Se determinó la densidad aparente del suelo (DA) en 17 parcelas de SAQCon y 8 de SAQSin (Cuadro 11), subdividiendo las parcelas de SAQCon en: sitios con baja pendiente (<45%), y sitios con alta pendiente (>45%) (Cuadro 12). En los sitios de alta pendiente, por la presencia de caminos de ganado, se tomaron muestras tanto del camino como del espacio entre caminos.

Cuadro 11. Densidad aparente del suelo (0 a 5 cm), promedio por parcela de SAQCon y SAQSin.

Tratamiento	n	DA promedio (gr cm <sup>-3</sup> )	D.E.	Mínimo	Máximo	R <sup>2</sup>	LSD <sub>0.05</sub>	DMS <sub>0.05</sub>	CV%
SAQCon	17	1.15 a	0.07	1.04	1.27	0.69	<0.0001	0.0454	4.75
SAQSin	8	1.03 b	0.10	0.84	1.13				

Medias con distinta letra presentan diferencia significancia ( $\alpha=0.05$ ).

ANAVA con el uso de las covariables tiempo en uso de la parcela (años) y contenido promedio de arena en el suelo (%).

Cuadro 12. Densidad aparente de suelo (0 a 5 cm), promedio por sitios de baja pendiente (<45%) y alta pendiente (>45%) dentro de SAQCon.

Sitio	n	DA promedio (gr cm <sup>-3</sup> )	D.E.	Mínimo	Máximo	R <sup>2</sup>	LSD <sub>0.05</sub>	DMS <sub>0.05</sub>	CV%
Alta pendiente	17	1.16 a	0.09	1.05	1.35	0.78	0.032	0.0404	4.89
Baja pendiente	17	1.11 b	0.07	0.96	1.20				

Medias con distinta letra presentan diferencia significancia ( $\alpha=0.05$ ).

Los valores de DA encontrados son similares a los hallados por Rivera (2008) quien reportó, para parcelas SAQ en la misma zona, valores entre 1.05 a 1.20 gr cm<sup>-3</sup>, aunque es importante señalar que su estudio no diferenció parcelas con y sin ganado, por lo que no cuantificó el efecto del pisoteo del ganado sobre este indicador.

Los resultados muestran claramente el efecto que puede llegar a tener el pisoteo del ganado sobre las propiedades físicas del suelo. El suelo de SAQSin resultó ser el menos compactado. Esta misma tendencia ha sido encontrada en otros estudios, en donde igualmente las parcelas sin pastoreo mostraron menor compactación (Willatt y Pullar 1984; Taddese *et al.* 2002; Steffens *et al.* 2008).

Dentro de SAQCon los sitios de baja pendiente (<45%) presentaron menor compactación. Si bien es cierto en los sitios de menor pendiente es donde el ganado pasa su mayor tiempo (ver sección 4.6), también es cierto que la carga animal se distribuye por toda la superficie sin llegar a formar caminos. En cambio en los sitios con alta pendiente (>45%) las



terrazas de ganado siempre estuvieron presentes. En estos sitios de alta pendiente se tomaron muestras tanto del camino como de los espacios entre caminos, por lo que resulta interesante analizar las diferencias entre estos (Cuadro 13).

*Cuadro 13. Densidad aparente del suelo (0 a 5 cm) en caminos de ganado y espacios entre caminos en sitios de alta pendiente (>45%) de parcelas SAQCon.*

Espacio	DA					R <sup>2</sup>	LSD <sub>0.05</sub>	DMS <sub>0.05</sub>	CV%
	n	promedio (gr cm <sup>-3</sup> )	D.E.	Mínimo	Máximo				
Camino	17	1.21 a	0.11	1.06	1.44	0.90	<0.0001	0.041	4.96
Entre-camino	17	1.08 b	0.10	0.87	1.27				

*Medias con distinta letra presentan diferencia significancia ( $\alpha=0.05$ ).*

Los resultados anteriores muestran compactación de suelo evidente en los senderos por donde transita el ganado, y mucho menor en los espacios entre caminos por ser franjas de terreno en donde el animal casi nunca llega a pisar por su elevada pendiente. Resultados muy similares encontraron Sepúlveda y Nieuwenhuys (2011) al hallar valores de DA entre 1.26 y 1.59 gr cm<sup>-3</sup> en caminos de sitios con pendiente por arriba del 50%, en cambio sitios con pendiente menor al 30% mostraron valores entre 1.09 y 1.33 gr cm<sup>-3</sup>. Los resultados indican claramente que terrenos con pendientes fuertes que favorezcan la formación de terrazas de ganado están más propensos a los procesos de degradación favorecidos por la compactación de las capas superficiales del suelo.

Además del nivel de pendiente, parece ser que la carga animal acumulada (CAA) y los años de uso de la parcela influyen directamente sobre la densidad aparente del suelo. Tomando los promedios de DA por sitio se llevó a cabo el análisis de regresión lineal múltiple entre la DA y CAA en la parcela (dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), la pendiente promedio del sitio (%) y la edad de uso de la parcela (años) (Figura 8). Se incluyeron todas las variables en un solo análisis a sabiendas de las múltiples combinaciones que pueden existir de estas en el campo y de su importancia para el modelo estadístico.

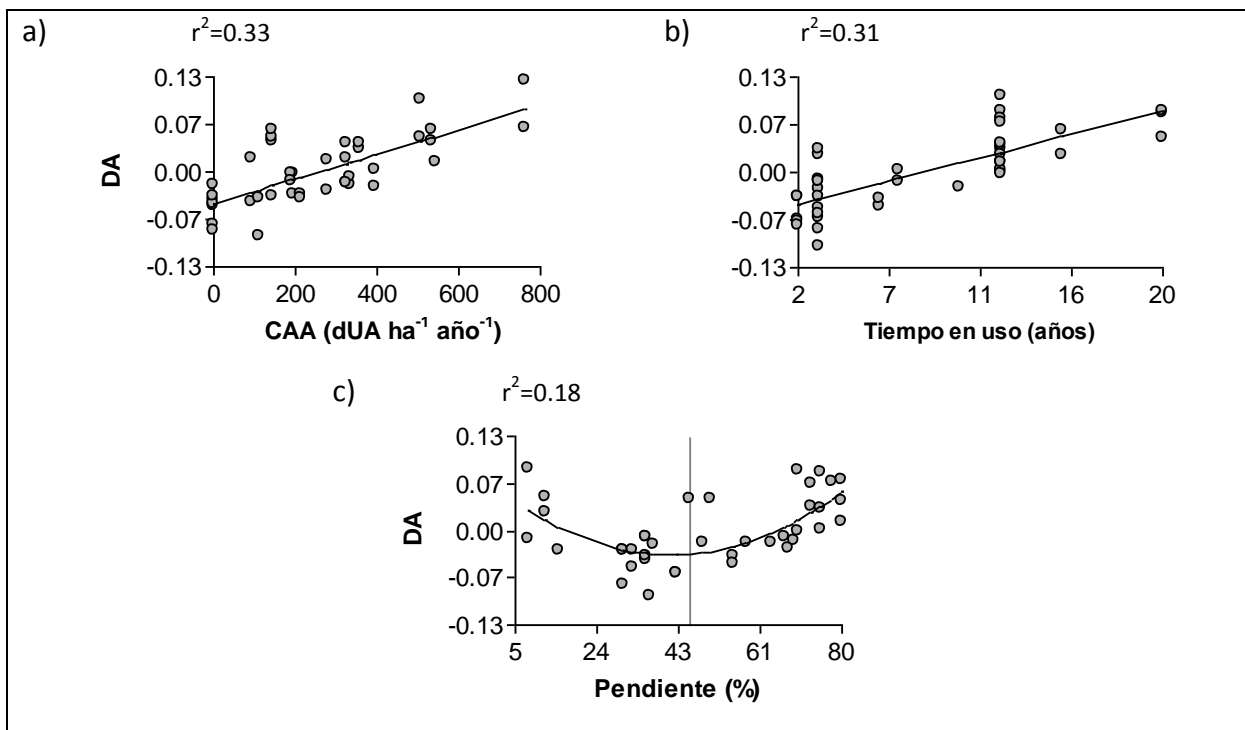


Figura 8. Residuos parciales de la regresión múltiple entre densidad aparente del suelo ( $\text{gr cm}^{-3}$ ) en SAQ y: a) carga animal acumulada en la parcela; b) tiempo de uso continuo de la parcela; c) pendiente promedio del sitio.

El modelo de regresión múltiple explica el 82% de la varianza. Se observó una relación positiva altamente significativa entre la densidad aparente del suelo (DA) y la carga animal acumulada ( $p < 0.0001$ ), de igual forma con el tiempo de uso de la parcela ( $p < 0.0001$ ) (Figura 8a, b). También la DA mostró una relación lineal cuadrática con la pendiente promedio del sitio de muestreo (tendencia negativa  $p = 0.0001$ ; positiva  $p < 0.0001$ ) (Figura 8c).

Los resultados del análisis de regresión anterior indican que cualquier aumento en la CAA y/o en los años de uso de la parcela conlleva a un aumento significativo de la densidad aparente del suelo. La relación encontrada entre la DA del suelo y la pendiente promedio del sitio (%) es más difícil de explicar. En la Figura 8c, se puede observar cómo la línea de la ecuación cuadrática mantiene una tendencia negativa al inicio, pero cerca del 45% de pendiente comienza a cambiar de sentido hasta volverse una relación positiva, lo que significa que por arriba del 45% de inclinación la DA se ve aumentada a medida que sube el nivel de pendiente.

Lo anterior puede estar estrechamente relacionado con el comportamiento del ganado según el nivel de pendiente del terreno. Los animales pasan la mayor parte del tiempo en los sitios más planos del terreno (0 a 20%), lo que pudiera ser la justificación de los valores altos de DA al inicio de la relación lineal. Luego están los sitios con pendientes moderadas (20-40%) que permiten la libre movilización del ganado por toda la superficie. Esto diluye la presión del pisoteo, lo que puede explicar la baja DA en estos sitios. Por último tenemos las pendientes por arriba del 45%, en donde se empieza a observar la formación de terrazas de ganado, siendo más severo a medida incrementa la inclinación y por ende se ve acrecentada la DA del suelo en estos sitios.

El análisis de regresión múltiple de la DA por sitio y todas sus variables regresoras, dio como resultado una ecuación de predicción que pudiera ser de importancia para el desarrollo de recomendaciones de manejo en SAQ.

$$Y = 1.09 + 1.7E^{-04}*(CAA) + 0.01*(TU) - 5.0E^{-03}*(Pen) + 5.9E^{-05}*(Pen)^2$$

Donde:

Y= valor predicho de la variable densidad aparente del suelo, dada en  $\text{gr cm}^{-3}$

CAA= carga animal acumulada, dada en  $\text{dUA Ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$

TU= tiempo en uso continuo de la parcela, dado en años.

Pen= pendiente promedio del sitio, dada en porcentaje (%)

En sitios de alta pendiente, en donde existan caminos y espacios entre caminos, el valor predicho resultante de esta ecuación sería la DA promedio del sitio.

Para profundizar en el análisis se decidió clasificar a todas las parcelas según la carga animal acumulada a la que fue sometida en la época seca entre el 2010 y 2011, definiendo: ALTA ( $>400 \text{ dUA Ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), MEDIA ( $200-400 \text{ dUA Ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), BAJA ( $<200 \text{ dUA Ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) y NULA (SAQSin). La clasificación anterior fue con el objetivo de analizar las diferencias entre ellas a través del análisis de la varianza (Figura 9).

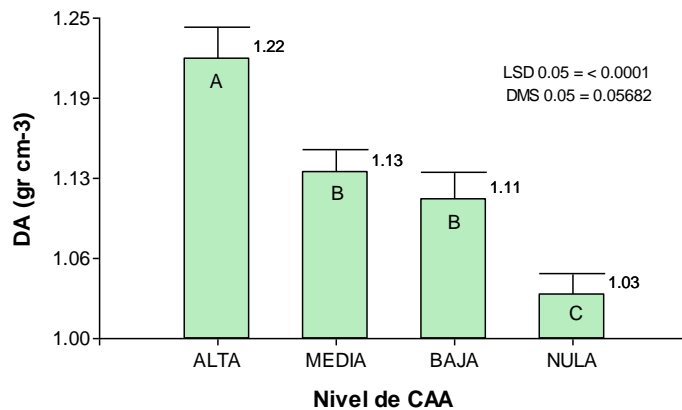


Figura 9. Densidad aparente del suelo en SAQ según el niveles de carga animal acumulada: ALTA (>400 dUA Ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), MEDIA (200-400 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), BAJA (<200 dUA Ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y NULA (sin ganado).

Los resultados muestran menor compactación en los niveles de CAA más bajos. Resulta oportuno resaltar que la DA del nivel BAJA, 1.11 gr cm<sup>-3</sup>, fue estadísticamente inferior a la DA del nivel ALTA, 1.22 gr cm<sup>-3</sup> (Figura 9). Esto sugiere que una carga animal acumulada por debajo de 200 dUA Ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> pudiera no causar efectos negativos significativos sobre las propiedades físicas del suelo en SAQ. Willatt y Pullar (1984) encontraron una tendencia similar, al observar menor compactación y mayor infiltración a medida que bajó la presión del ganado. Incluso Toit *et al.* (2009) encontraron una carga animal con la cual las propiedades físicas del suelo mejoraron con respecto a sitios sin pastoreo.

#### 4.1.2.1 Relación de la densidad aparente con la textura del suelo

Se observó correlación positiva de la DA con el contenido de arcilla del suelo, de igual forma con el contenido de limo. En cambio la correlación con el contenido de arena fue negativa (Cuadro 14).

Los resultados indican que los suelos con mayor contenido de limo y arcilla están más propensos a sufrir compactación a causa del pisoteo de ganado. Esta misma tendencia ha sido encontrada en otros estudios (Haveren 1983; Pinzón y Amézquita 1991b; Toit *et al.* 2009), aunque en la mayoría de los casos ha estado relacionado a condiciones de suelo húmedo o saturado (Taddese *et al.* 2002; Drewry *et al.* 2004). Los resultados del presente estudio

sugieren que suelos de textura fina son igualmente más propensos a compactación aún con el suelo seco.

**Cuadro 14. Correlación de la DA con el contenido de arena, limo y arcilla (%) en el suelo. Coeficientes de probabilidades.**

	DA	Arena	Limo	Arcilla
DA	---	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.01</b>	<b>0.0019</b>
Arena	<b>-0.63</b>	---		
Limo	<b>0.46</b>		---	
Arcilla	<b>0.52</b>			---

Correlación de Pearson,  $p < 0.05$  indica correlación significativa.

### 4.1.3 Tamaño y estabilidad de agregados de suelo

Se determinó la proporción de los tamaños y estabilidad de agregados del suelo en SAQCon y SAQSin. Se subdividieron las parcelas de SAQCon en: sitios con baja pendiente (<45%), y sitios con alta pendiente (>45%) (Cuadro 6). En los sitios de alta pendiente, por la presencia de caminos de ganado, se tomaron muestras tanto del camino como del espacio entre caminos.

**Cuadro 15. Proporción de los tamaños de agregados de suelo y diámetro medio ponderado (MWD), promedios por parcela, en SAQCon y SAQSin.**

Tratamiento	n	Macro-agregados		Micro-agregados	Limo y arcilla	MWD µm
		Grandes >2000 µm	Pequeños 2000-250 µm	250-53 µm	<53 µm	
		-----%-----				
SAQCon	17	44.1 a	31.5 a	16.4 a	8.7 a	2577 a
SAQSin	6	55.8 b	29.6 a	8.6 b	6.0 a	3141 b
R <sup>2</sup>		0.59	0.32	0.55	0.23	0.58
LSD <sub>0.05</sub>		0.0140	---	0.0036	---	0.0103
DMS <sub>0.05</sub>		8.320	---	4.507	---	381.32
CV%		18.93	20.05	33.73	39.39	15.03

Medias en la misma columna con distinta letra presentan diferencia significancia ( $\alpha=0.05$ ).

ANAVAs con el uso de las covariables tiempo en uso de la parcela (años) y contenido promedio de arena en el suelo (%).

Estos resultados tienen similitud con los encontrados por Fonte *et al.* (2010), quienes entre el 2006 y 2007 encontraron en SAQ en promedio: 31.7% de macro-agregados grandes, 44.5% de macro-agregados pequeños, 18.0% de micro-agregados, y 5.7% de limo y arcilla; y

valores medios de MWD entre 2000 y 2500  $\mu\text{m}$ . Es oportuno señalar que este estudio fue desarrollado en la misma zona y época del año (época seca) que el nuestro, sin embargo estos autores no diferenciaron parcelas con y sin ganado, aunque por conocimiento propio del estudio se sabe que todas sus parcelas fueron parcelas con ganado, por lo que están más cercanos a los valores encontrados en SAQCon.

Los resultados en el cuadro 15 expresan que SAQSin posee mayor estabilidad de agregados y por ende mejor estructura de suelo que SAQCon, pues presentó una mayor proporción de macro-agregados grandes y un valor de MWD mucho más alto. Esto puede deberse, en parte, a la compactación que provoca el ganado sobre el suelo de SAQCon (Cuadro 11), y a la mayor cantidad de residuos orgánicos sobre el suelo de SAQSin (Cuadro 22). La materia orgánica actúa como adherente de partículas finas contribuyendo a la formación de agregados más grandes y estables (Six *et al.* 2002; Gentile *et al.* 2008). En tanto en SAQCon la introducción de ganado puede estar afectando directamente la estructura del suelo, por la compactación que provoca el pisoteo (Pinzón y Amézquita 1991b; Maughan *et al.* 2009) (Figura 12).

Dentro de las parcelas de SAQCon se compararon sitios con pendientes inferiores al 45% y sitios de pendientes superiores al 45% (Cuadro 16).

*Cuadro 16. Proporciones de los tamaños de agregados de suelo y Diámetro Medio Ponderado (MWD) en sitios con pendiente <45% y >45% en parcelas SAQCon.*

Sitio	n	Macro-agregados		Micro-agregados 250-53 $\mu\text{m}$	Limo y arcilla <53 $\mu\text{m}$	MWD $\mu\text{m}$
		Grandes >2000 $\mu\text{m}$	Pequeños 2000-250 $\mu\text{m}$			
		-----%-----				
Baja pendiente	17	50.0 a	28.7 a	14.1 a	7.7 a	2840 a
Alta pendiente	17	43.8 a	31.1 a	17.3 a	9.3 b	2541 a
R <sup>2</sup>		0.74	0.64	0.77	0.89	0.75
LSD <sub>0.05</sub>		---	---	---	0.028	---
DMS <sub>0.05</sub>		---	---	---	1.397	---
CV%		23.51	19.02	38.70	22.60	18.72

*Medias en la misma columna con distinta letra presentan diferencia significancia ( $\alpha=0.05$ ).*

Los resultados muestran pocas diferencias, solamente indican un ligero aumento en la cantidad de partículas finas (limo y arcilla) en sitios con pendientes >45%. Dentro de estos sitios de alta pendientes se observa una mayor proporción de macro-agregados grandes en las

partes “Entre-Caminos”. En tanto los caminos muestran mayor proporción de micro-agregados (53-250  $\mu\text{m}$ ) en detrimento de los macro-agregados grandes (>2000  $\mu\text{m}$ ) (Cuadro 17).

Sin duda en los caminos o senderos hay un importante efecto del pisoteo del ganado sobre la estabilidad de agregados del suelo, evidenciando una deficiente estructura (Cuadro 17). Esto se debe a la compactación que provoca el tránsito del ganado, algo que también fue comprobado en este mismo estudio por el alto valor de la densidad aparente (Cuadro 12).

*Cuadro 17. Proporción de los tamaños de agregados de suelo y Diámetro Medio Ponderado (MWD) en caminos (terrazas) y espacios entre caminos en los sitios de alta pendiente (>45%) de SAQCon.*

Espacio	n	Macro-agregados		Micro-agregados	Limo y arcilla	MWD	
		Grandes >2000 $\mu\text{m}$	Pequeños 2000-250 $\mu\text{m}$				
		-----%-----					
Camino	17	35.8 a	34.2 a	20.3 a	10.1 a	2200 a	
Entre-Camino	17	51.4 b	27.4 b	13.9 b	8.1 a	2883 b	
R <sup>2</sup>		0.83	0.78	0.89	0.78	0.84	
LSD <sub>0.05</sub>		0.0002	0.0024	0.0005	---	0.0003	
DMS <sub>0.05</sub>		7.008	4.048	3.096	---	312.32	
CV%		22.12	18.08	24.92	31.95	16.90	

*Medias en la misma columna con distinta letra presentan diferencia significancia ( $\alpha=0.05$ ).*

El pisoteo del ganado hace colapsar parte de los agregados del suelo, lo que conlleva a la pérdida de la estructura del mismo (Pinzón y Amézquita 1991b; Pinzón y Amézquita 1991a; Maughan *et al.* 2009). Los espacios “Entre-Caminos” presentaron menor afectación en la estabilidad de agregados, ya que estos son sitios donde el ganado nunca o casi nunca llega a pisar (Figura 10).

La formación de terrazas está directamente relacionada al nivel de pendiente del terreno, observándose en este estudio que los caminos se empiezan a evidenciar a partir de 45% inclinación y siendo más manifiesto al incrementar la pendiente. Este mismo fenómeno fue observado por Sepúlveda y Nieuwenhuyse (2011) en potreros permanentes en el norte de Honduras, pero ellos concluyeron que los caminos se formaban por arriba de 50% de pendiente.



*Figura 10. Representación de Caminos y espacios Entre-Caminos en los sitios de alta pendiente en SAQ con ganado en el sur de Lempira, Honduras, 2011.*

Para investigar la relación entre el índice de estabilidad de agregados (MWD) en los sitios de muestreo (Todos), la carga animal acumulada (CAA) y el tiempo en uso continuo de la parcela (años) se realizó un análisis de regresión múltiple (Figura 11).

El modelo de regresión múltiple explica el 62% de la varianza, mostrando relación lineal negativa entre la estabilidad de agregados del suelo (MWD) y el tiempo de uso de la parcela ( $p < 0.0001$ ), de igual forma con la pendiente del sitio ( $p = 0.0002$ ) y con la carga animal acumulada en la parcela ( $p = 0.0109$ ) (Figura 11).

Los resultados del análisis indican que cualquier aumento en los años de uso de la parcela, en el grado de inclinación del terreno (%) y en la carga animal acumulada ( $dUA \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) conlleva una disminución significativa de la estabilidad de agregados del suelo. Con respecto al tiempo de uso de la parcela, Rivera (2008) encontró una tendencia similar a la de este estudio, al observar cómo parcelas SAQ menores de 2 años tuvieron mejor estabilidad de agregados que SAQ de más de 5 años.



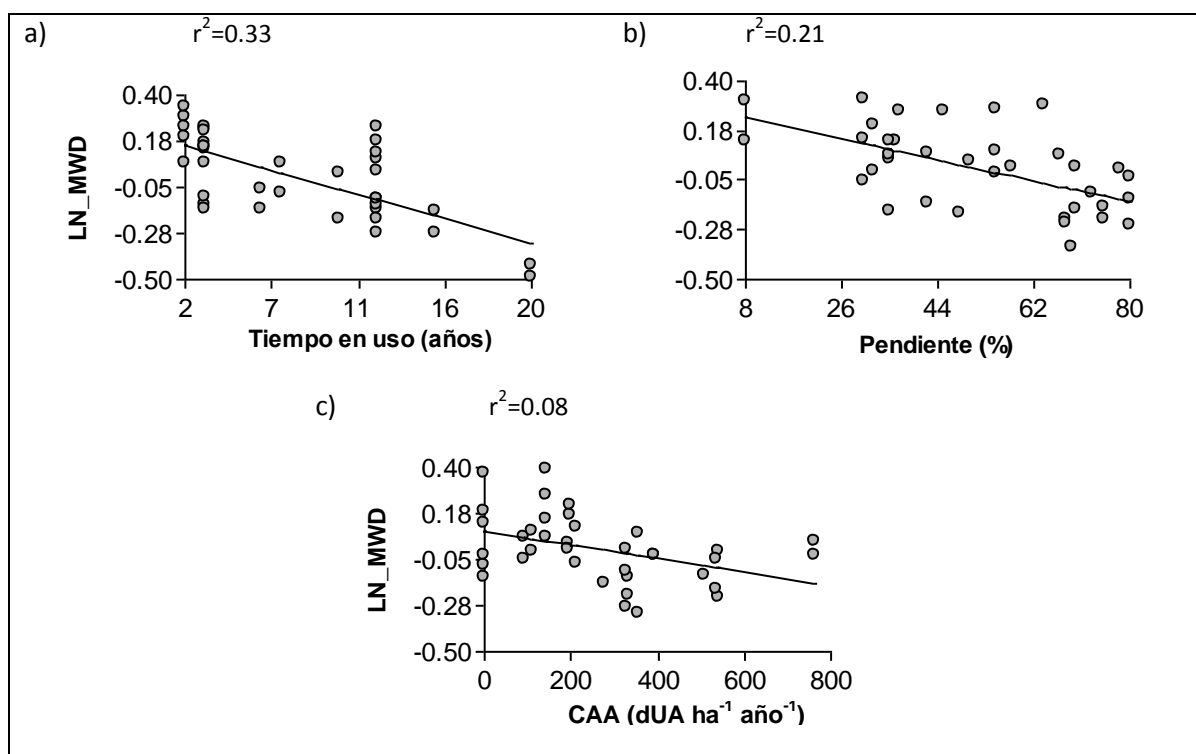


Figura 11. Residuos parciales de la regresión lineal múltiple entre el índice de estabilidad de agregados de suelo (MWD;  $\mu\text{m}$ ) en los sitios de muestreo y: a) el tiempo en uso continuo de la parcela; b) pendiente promedio del sitio; c) carga animal acumulada (CAA).

El análisis de MWD con sus variables regresoras dio como resultado una ecuación lo suficientemente ajustada como para hacer predicciones que pueden ser de importancia al momento de desarrollar recomendaciones de manejo en SAQ.

$$y = \ln^{-1} [8.5 - 3.5E^{-04}*(CAA) - 0.01*(Pen) - 0.03*(TU)]$$

Donde:

$y$  = valor predicho de la variable MWD dada en  $\mu\text{m}$ .

CAA= carga animal acumulada dada en  $\text{dUA ha}^{-1} \text{año}^{-1}$

TU= tiempo en uso continuo de la parcela dado en años.

Pen= pendiente de la parcela dada en porcentaje

Es evidente que la compactación del suelo tiene un efecto negativo directo sobre la estabilidad de agregados ( $p < 0.0001$ ), observándose claramente como baja el índice de estabilidad de agregados (MWD) a media sube el valor de densidad aparente del suelo (Figura 12).

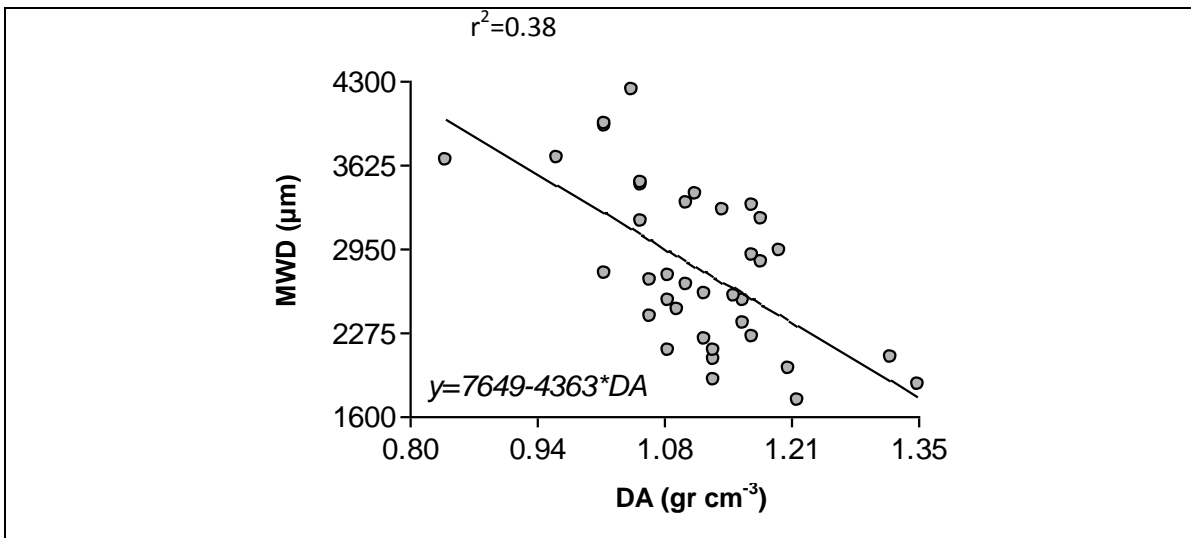


Figura 12. Regresión entre el índice de estabilidad de agregados (MWD) y la densidad aparente del suelo (DA) en SAQ.

Para profundizar en el análisis se clasificó a todas las parcelas según la carga animal acumulada a la que fue sometida en: ALTA (>400 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), MEDIA (200-400 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), BAJA (<200 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y NULA (SAQSin). La clasificación fue hecha para analizar las diferencias a través del análisis de la varianza (Cuadro 18).

Cuadro 18. Índice de estabilidad de agregados (MWD) en SAQ, promedio por parcela, según el niveles de carga animal acumulada (CAA): ALTA (>400 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), MEDIA (200-400 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), BAJA (<200 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y NULA (sin ganado).

Nivel de CAA	n	MWD promedio (µm)	R <sup>2</sup>	LSD 0.05	DMS 0.05	CV%
ALTA	4	2454 a	0.67	0.0032	469.81	13.7
MEDIA	8	2362 a				
BAJA	5	3053 b				
NULA	6	3112 b				

Medias con distinta letra presentan diferencia significancia ( $\alpha=0.05$ ). ANAVA con el uso de la covariable tiempo en uso de la parcela (años).

Es importante resaltar el hecho de que no hubo diferencia significativa en el MWD entre una carga animal BAJA y una NULA (sin ganado), lo que insinúa que puede haber una carga animal por debajo de las 200 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> que pudiera ser sostenible en SAQ, ya que no mostró una afectación significativa sobre la estabilidad de agregados de suelo. Resultados similares se observaron con la DA en este mismo estudio (Figura 9).

#### 4.1.4 Carbono en los agregados de suelo

Fue analizado el contenido de C en cada fracción de agregados de suelo, se hicieron las comparaciones entre SAQCon y SAQSin, así también entre sitios dentro de SAQCon. Los resultados se muestran a continuación (Cuadro 19 y 20).

*Cuadro 19. Concentración y distribución de C en los distintos tamaños de agregados de suelo en SAQCon y SAQSin.*

Tratamiento	Macro-agregados		Micro-agregados	Macro-agregados		Micro-agregados	C total
	Grandes >2000 $\mu\text{m}$	Pequeños 2000-250 $\mu\text{m}$	250-53 $\mu\text{m}$	Grandes >2000 $\mu\text{m}$	Pequeños 2000-250 $\mu\text{m}$	250-53 $\mu\text{m}$	
	-----gr C kg <sup>-1</sup> de agregado-----			-----gr C kg <sup>-1</sup> de suelo-----			
SAQSin	22.7 a	21.4 a	20.3 a	12.0 a	6.2 a	1.6 a	26.6 a
SAQCon	21.9 a	19.4 a	18.1 a	10.0 a	5.8 a	2.6 b	23.4 a
r <sup>2</sup>	0.03	0.12	0.17	0.33	0.04	0.46	0.26
LSD <sub>0.05</sub>	---	---	---	---	---	0.01	---
CV%	10.71	9.96	13.91	16.69	15.93	17.16	9.85

*Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ). ANAVAs con el uso de la covariable tiempo en uso de la parcela (años) y con los datos transformados por la raíz cuadrada.*

Los valores en el cuadro anterior se asemejan a los encontrados por Fonte *et al* (2010), quienes, en la misma zona y época del año, observaron en promedio 7.1, 6.9 y 2.3 gr de C kg<sup>-1</sup> de suelo, en macro-agregados grandes, macro-agregados pequeños y micro-agregados. Aunque ellos no diferenciaron entre SAQ con y sin ganado, se sabe que todas sus parcelas fueron con ganado. Sus resultados se acercan a los obtenidos en este estudio para SAQCon.

SAQSin presenta tendencia a poseer mayor concentración de C en todas las fracciones de agregados de suelo (Cuadro 19). Así mismo se observa la predisposición de mayor C contenido en los macro-agregados de este sistema. En tanto el suelo de SAQCon presenta significativamente más C en los micro-agregados ( $p=0.01$ ). No se observó diferencia significativa en el C total entre tratamientos, sin embargo SAQSin exhibió 13.7% más carbono (Cuadro 19).

Dentro de SAQCon, fueron comparados los sitios con “baja pendiente” <45% y con alta pendiente >45%, y dentro de los sitios con alta pendiente se tomaron muestras tanto del camino como del espacio entre caminos, ambos resultados se presentan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Concentración y distribución de C en los agregados de suelo en sitios con pendientes <45% y >45% en SAQCon. Así también en caminos y espacios entre-caminos.

	Macro-agregados		Micro-agregados	Macro-agregados		Micro-agregados	C total
	Grandes >2000 $\mu\text{m}$	Pequeños 2000-250 $\mu\text{m}$	250-53 $\mu\text{m}$	Grandes >2000 $\mu\text{m}$	Pequeños 2000-53 $\mu\text{m}$	250-53 $\mu\text{m}$	
Sitio en SAQCon	-----gr C kg <sup>-1</sup> de agregado-----			-----gr C kg <sup>-1</sup> de suelo-----			
Pendiente <45%	21.9 a	19.9 a	18.7 a	10.7 a	5.6 a	2.2 a	24.0 a
Pendiente >45%	22.0 a	19.1 a	17.8 a	9.5 a	5.8 a	2.7 b	23.5 a
r <sup>2</sup>	0.83	0.85	0.76	0.80	0.81	0.79	0.87
LSD <sub>0.05</sub>	---	---	---	---	---	0.05	---
CV%	6.79	6.72	11.30	14.89	10.30	14.88	6.66
Espacio							
Camino	22.3 a	19.1 a	17.9 a	7.8 a	6.5 a	3.4 a	24.0 a
Entre-camino	21.6 a	18.9 a	17.7 a	11.0 b	5.1 b	2.1 b	22.9 a
r <sup>2</sup>	0.87	0.87	0.91	0.83	0.84	0.87	0.86
LSD <sub>0.05</sub>	---	---	---	0.003	0.005	<0.0001	---
CV%	5.35	6.43	6.24	14.54	11.61	11.96	6.43

Medias dentro del misma columna y análisis seguidas con distinta letra, presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

Los sitios con pendiente <45% mostraron tendencia a poseer más concentración de carbono en los agregados de suelo (Cuadro 20). Así mismo se observó la predisposición de mayor C contenido en los macro-agregados grandes en estos sitios más planos. En tanto los sitios con pendiente >45% presentaron más C en los micro-agregados ( $p=0.05$ ). No se observó diferencia significativa en el C total entre sitios.

En los sitios de alta pendiente (>45%), los caminos presentaron una leve tendencia a poseer más concentración de C en los distintos agregados de suelo (Cuadro 20). Esto quizá se deba en parte a la deposición de biomasa en estas terrazas, por los residuos que se desplazan desde los espacios Entre-Caminos por ser estos de elevada pendiente (Figura 10). Los espacios Entre-Caminos presentaron significativamente más C almacenado en los macro-agregados grandes, esto por la mayor abundancia de esta fracción (Cuadro 17). Mientras el camino presentó más C en los macro-agregados pequeños y micro-agregados, en detrimento del C en los macro-agregados grandes. No se observó diferencia en el C total entre estos espacios.

En numerosos estudios se ha observado la disminución de C en el suelo con la intensificación del uso ganadero (Abril y Bucher 2001; Taddese *et al.* 2002; Steffens *et al.* 2008). El C almacenado en los macro-agregados es más sensible a ser afectado por el manejo,

en tanto el C de los micro-agregados y partículas finas es mucho más estable (Tisdall y Oades 1982; Six *et al.* 2002; Fonte *et al.* 2010). Es en este sentido que el C en los macro-agregados grandes de SAQCon, en particular en los caminos, muestra una visible disminución (Cuadro 20). En tanto el C contenido en el micro-agregado se ve aumentado con el uso ganadero, siendo esto producto de una mayor proporción de este tamaño de agregado en el suelo (Cuadro 17).

El C total y el C en los macro-agregados grandes (>2000  $\mu\text{m}$ ), se vieron significativamente disminuidos con el aumento de la compactación del suelo (Figura 13a y c) mostrando la importancia de esta fracción para la estabilización de C y en la medición de impactos de manejo de suelo sobre la MO. Así mismo estos parámetros se agrandaron con mayor estabilidad de agregados de suelo (Figura 13b y d).

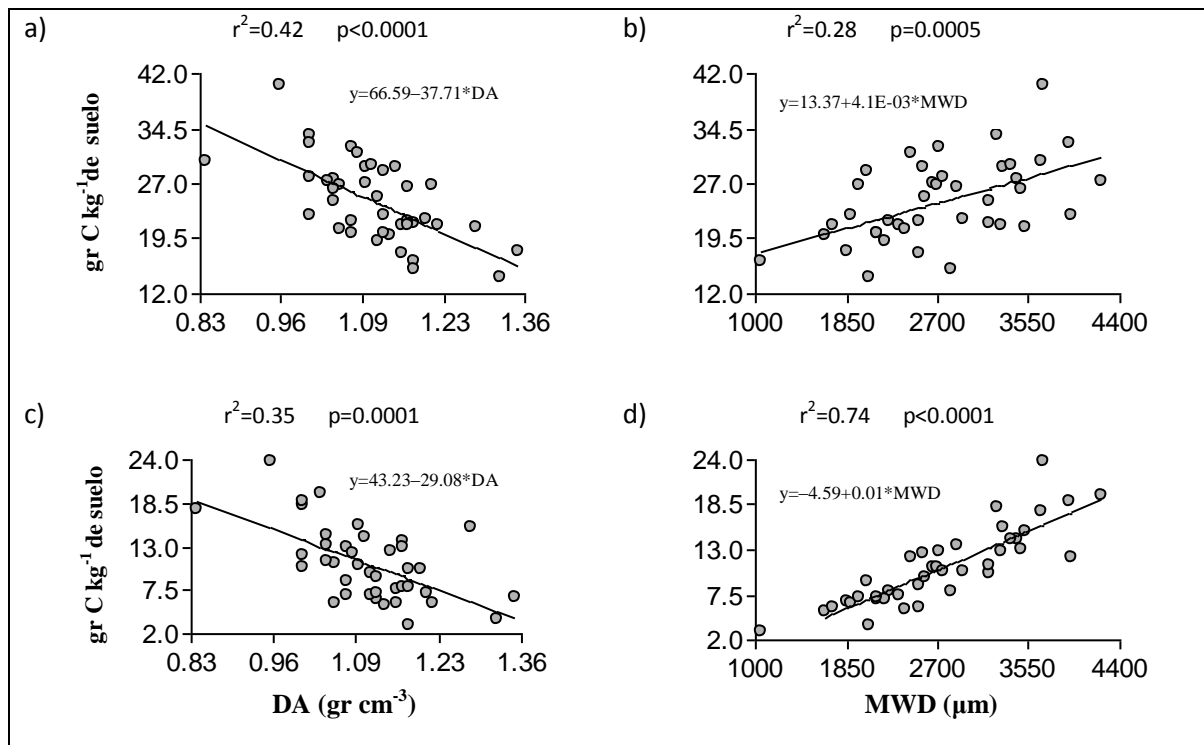


Figura 13. a) Relación entre C total y DA; b) relación entre C total y la estabilidad de agregados (MWD); c) relación entre C en macro-agregados grandes (>2000  $\mu\text{m}$ ) y la DA; d) relación entre C en macro-agregados grandes y la estabilidad de agregados.

Esto resultados sugieren que la ruptura de los macro-agregados de suelo a causa del pisoteo o compactación puede liberar el C contenido en ellos, quedando disponible la MO a procesos de descomposición. Este proceso disminuye el contenido de C en el suelo y el potencial para estabilizar C nuevo en los agregados (Six *et al.* 2002). Es en este sentido que

una apropiada estabilidad de agregados puede dar protección a la MO, y esta a su vez contribuye a la agregación del suelo, por lo que ambos parámetros son mutuamente dependientes (Figura 13).

La función que cumplen los macro-agregados grandes en la estabilización o almacenamiento de MO en el suelo se ve manifiesta en la Figura 14, en donde se visualiza una relación positiva altamente significativa ( $p < 0.0001$ ) entre el C total y el C almacenado en los macro-agregados grandes, lo que sugiere que una disminución de los macro-agregados de suelo tiene efecto directo sobre el contenido de MO en este.

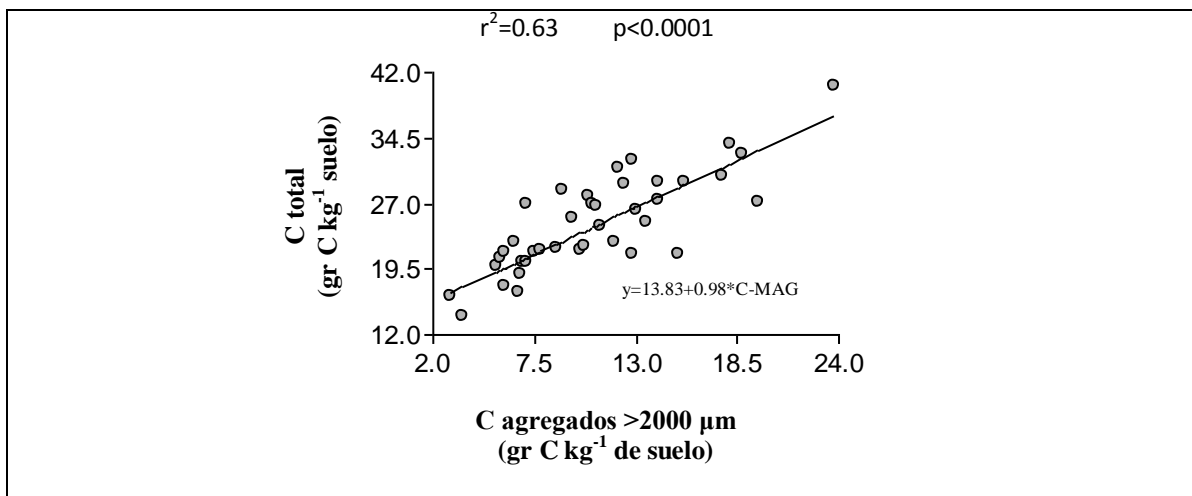


Figura 14. Regresión lineal entre el C total y el C contenido en los macro-agregados grandes de suelo.

## 4.2 Biomasa de rastrojos sobre la superficie del suelo

### 4.2.1 Biomasa de rastrojos antes de la entrada del ganado

Antes de introducir el ganado a las parcelas se determinó la presencia de biomasa de rastrojos y malezas sobre la superficie del suelo en SAQCon y SAQSin, identificando en ese momento, aun en pie, plantas semi-secas de maíz y maicillo (rastrojos) y malezas.

Se encontró diferencia entre tratamientos para casi todas las variables: rastrojo de maíz, rastrojo de maicillo y biomasa de maleza, únicamente habiendo igualdad en la biomasa total (Cuadro 21). SAQCon exhibió 106% más rastrojo de maíz y 79% más de maicillo. Por el contrario SAQSin exhibió mayor cantidad de biomasa de malezas (176%) que SAQCon. Con

respecto a la biomasa total SAQCon acumuló en promedio 6545 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras SAQSin alcanzó 5326 kg MS ha<sup>-1</sup>.

*Cuadro 21. Cantidad de biomasa existente sobre la superficie del suelo en SAQCon y SAQSin antes de la entrada del ganado a las parcelas de SAQCon.*

Tratamiento	n	Rastrojo de Maíz	Rastrojo de Maicillo	Malezas	Biomasa Total
-----kg MS ha <sup>-1</sup> -----					
SAQCon	16	1319 a	4322 a	707 a	6545 a
SAQSin <sup>a</sup>	6	640 b	2419 b	1950 b	5326 a
r <sup>2</sup>		0.25	0.24	0.39	0.10
LSD <sub>0.05</sub>		0.0186	0.0215	0.0019	---
DMS <sub>0.05</sub> <sup>b</sup>		8.477	13.068	9.700	---
CV%		27.00	22.65	32.81	14.23

Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>a</sup> Se excluyeron dos parcelas por no tener rastrojo de maicillo, sólo habían sido cultivadas con maíz.

<sup>b</sup> ANAVA's corridas con variable transformada por la raíz cuadrada.

Los resultados indican que antes de la entrada del ganado, SAQCon posee un 23% más biomasa (rastrojos + maleza) que SAQSin. Esto se debe quizá a las diferencias en el manejo de los cultivos. Los productores de SAQCon por lo general siembran el maicillo (al voleo) a una mayor densidad, lo que podría explicar el porqué de la mayor proporción de rastrojos. Además en SAQCon se realiza un evento de control de malezas más, al momento de la dobla del maíz, ya que interesa que las plantas de maicillo (*Sorghum sp.*), que aún quedan en el campo, crezcan lo mejor posible y así promover una mayor cantidad de alimento para el ganado en época seca, lo cual explica el porqué SAQCon presentó menor cantidad de malezas al momento del muestreo. Resalta el hecho que del total de biomasa acumulada en SAQSin el 37% fue de malezas, en cambio en SAQCon sólo el 11%.

#### 4.2.2 Biomasa de rastrojos después de la salida del ganado

Inmediatamente después de la salida del ganado de las parcelas de SAQCon, se determinó la biomasa de rastrojos remanentes en ambos sistemas (SAQCon y SAQSin). En este momento los residuos de rastrojos se encontraban mezclados sobre el suelo ya que en el caso de SAQCon el ganado los había consumido parcialmente y otra parte había sido trillada (pisada y triturada). En las parcelas de SAQSin en algunos casos los rastrojos habían sido chapeados o arrancados y puestos como cobertura sobre el suelo, y en uno de los casos habían

sido cortados y sacados de la parcela para darlo de alimento a un equino. En la medición se diferenció: cañas de maíz, cañas de maicillo, malezas y “residuos finos mezclados”. Dentro de este último tipo de biomasa había residuos triturados de maíz, maicillo, maleza y hojas de árboles, no siendo posible determinar ninguno de ellos por separado. La suma de todos los tipos de rastrojo y malezas se reportó como biomasa total (Cuadro 22).

*Cuadro 22. Cantidad de biomasa remanente sobre la superficie del suelo en SAQCon y SAQSin después de la salida del ganado de las parcelas de SAQCon.*

Tratamiento	n	Caña de Maíz	Caña de Maicillo	Malezas <sup>a</sup>	“Residuos Finos”	Biomasa Total
-----Kg MS Ha <sup>-1</sup> -----						
SAQCon	17	606 a	698 a	114 a	2711 a	<b>4261 a</b>
SAQSin	6	670 a	800 a	1133 b	5366 b	<b>8196 b</b>
r <sup>2</sup>		0.04	0.28	0.75	0.48	0.61
LSD <sub>0.05</sub>		----	----	<0.0001	0.0016	0.0002
DMS <sub>0.05</sub> <sup>b</sup>		----	----	6.009	10.558	9.998
CV%		28.50	28.8	38.79	19.04	14.44

Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>a</sup> Variable con falta de homogeneidad de varianza.

<sup>b</sup> ANAVA *s* corridas con variables transformadas por la raíz cuadrada, y con el uso de la covariable pendiente promedio de la parcela.

Se encontraron diferencias entre tratamientos para las variables: malezas, residuos finos y biomasa total, siendo SAQSin el que presentó las medias más altas. En las variables caña de maíz y caña de maicillo no hubo diferencias.

Los resultados revelaron que después de retirar el ganado de las parcelas, SAQCon quedó con menor cantidad de biomasa sobre el suelo, tal como se esperaría por el consumo del ganado. En ambos sistemas la mayor proporción de biomasa se encontró como residuos finos, el 63.6% en SAQCon y 65.5% SAQSin. SAQSin sigue mostrando mucha mayor cantidad de biomasa de malezas en este momento de muestreo.

Para profundizar en la interpretación de los resultados anteriores, en el cuadro 23 se comparan los resultados de los dos momentos de muestreo de biomasa. No se incluyeron residuos finos en el primer muestreo porque no fueron identificados en ese momento, lo que



probablemente se debió a su poca presencia. La metodología de muestreo usada antes y después de la estadía del ganado fue distinta.

*Cuadro 23. Cantidad de biomasa sobre la superficie del suelo en SAQCon y SAQSin, antes y después de la estadía del ganado en las parcelas de SAQCon.*

Tratamiento-Momento		Rastrojo de Maíz	Rastrojo de Maicillo	Malezas	“Residuos finos”	Biomasa Total
		----- kg MS ha <sup>-1</sup> -----				
SAQCon	Antes	1319	4322	707	ns	6545
	Después	606	698	114	2711	4261
SAQSin	Antes	640	2419	1950	ns	5326
	Después	670	800	1133	5366	8196

En SAQCon se observó una marcada mengua en la cantidad de biomasa entre el antes y después. Siendo la disminución del 54% en residuos de maíz, 84% en maicillo e igualmente del 84% de las malezas. Esta disminución muy probablemente se deba al consumo del ganado. Sin embargo, por no tener datos antes del pastoreo, también es posible que parte de esta biomasa fue triturada durante el pastoreo y se convirtió en “residuos finos”, o por otros procesos no determinados en este estudio (Cuadro 24). Aun así en las parcelas de SAQCon, entre el antes y después, la biomasa total se redujo en al menos 35%.

En SAQSin se observó una leve disminución en la cantidad de biomasa de malezas y una más acentuada mengua en la biomasa de maicillo (Cuadro 23). Esto puede significar que parte de esta fue descompuesta entre los meses de observación o sufrió algún tipo de trituración y se convirtió en “residuos finos”. En SAQSin los residuos finos fueron abundantes y estuvieron compuestos principalmente por malezas secas y hojarasca.

En resumen, en SAQSin entre el antes y después la biomasa total sobre el suelo se incrementó en al menos un 54% (Cuadro 23). La mayor cantidad de biomasa en las parcelas de SAQSin, a mediano y largo plazo, podría favorecer a las condiciones físicas y químicas del suelo (Abril y Bucher 2001; Steffens *et al.* 2008), y a corto plazo a una menor erosión de suelo por su función de cobertura (Taddese *et al.* 2002).

*Cuadro 24. Posibles entradas y salidas de biomasa de la superficie del suelo entre el antes y después de la estadía del ganado en las parcelas de SAQCon.*

Probables entradas	Probables salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Crecimiento de maleza</u>: el crecimiento de las malezas probablemente fue limitado, ya que el estudio se desarrolló en los meses más secos del año (enero-abril) y el ganado consumió parte de ellas o limitó su crecimiento por el pisoteo.</li> <li>• <u>Hojarasca de árboles y arbustos</u>: La hojarasca cae a la superficie del suelo, lo que pudo aportar una cantidad significativa de biomasa, considerando que en promedio se encontraron 170 árboles enteros y 937 troncos <math>ha^{-1}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Consumo de rastrojos por parte del ganado</u>: es importante. Se observó que en un inicio, de los rastrojos, los animales sólo consumen las hojas de maicillo, pero al escasear el alimento, proceden a comer la tuza de maíz y luego los tallos de maicillo más delgados. Los animales evitan comer los tallos de maíz, pero en condiciones extremas lo hacen.</li> <li>• <u>Consumo de maleza por parte del ganado</u>: se observó que el ganado consume una gran variedad de malezas, aunque no fueron identificadas.</li> <li>• <u>Consumo de hojarasca arbórea por parte del ganado</u>: se observó que el ganado puede llegar a comer hojas de árboles que encuentre en la superficie de suelo.</li> <li>• <u>Descomposición de biomasa en contacto con el suelo</u>: aunque el estudio fue desarrollado en la época seca, según Castro (2010), en SAQ la descomposición de biomasa puede llegar a ser importante en este periodo, en ese caso toda la biomasa en contacto con el suelo, estuvo en descomposición.</li> </ul>

*Elaborado en base a observaciones tomadas durante el periodo de la investigación, en especial durante la observación del comportamiento del ganado en SAQ.*

*Cuadro 25. Posibles entradas y salidas de biomasa de la superficie del suelo en las parcelas de SAQSin, durante el mismo periodo de ocupación de SAQCon.*

Probables entradas	Probables salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Crecimiento de maleza</u>: aunque el estudio se desarrolló en época seca, se pudo observar mayor crecimiento de malezas que en SAQCon, considerando además que no hubo pastoreo de ganado.</li> <li>• <u>Hojarasca de árboles y arbustos</u>: la hojarasca que cae a la superficie del suelo es un aporte significativo de biomasa, recordando que en promedio en SAQSin se encontró 561 árboles enteros y 755 troncos <math>ha^{-1}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Descomposición de biomasa en contacto con el suelo</u>: probablemente en SAQSin esta es la causa principal por la cual podría desaparecer biomasa de la superficie de suelo, sabiendo que no hay entrada de ganado a estas parcelas. Según Castro (2010), en SAQ la desintegración de biomasa en época seca puede llegar a ser importante, en ese caso la biomasa en contacto con el suelo estuvo en descomposición. Esta puede ser una de las causas del porque se encontró menor cantidad de biomasa de maicillo en el segundo momento de muestreo, recordando que en el primer muestreo (antes) se tomó toda la planta y para el segundo muestreo (después) ya sólo estaban las cañas*.</li> </ul>

*Elaborado en base a observaciones tomadas durante el periodo de la investigación, en especial durante la observación del comportamiento del ganado en SAQ.*

*\*También es posible que las hojas secas de maicillo hayan sido trituradas y transportadas por el viento, o quedando en la parcela como "residuos finos".*

Antes de la entrada del ganado a las parcelas de SAQCon, estas poseían una importante cantidad de biomasa, incluso 23% más que SAQSin (Cuadro 21). Es en este sentido que en SAQCon podría haber condiciones que permitan una buena disposición de biomasa sobre el suelo.

Los resultados de biomasa presentados hasta ahora han sido promedios generales por parcela. Sin embargo, para el segundo momento de muestreo la biomasa en SAQCon fue estimada tanto en sitios de “baja pendiente” (<45%) como de alta pendiente (>45%), cuyas diferencias resulta importante discutir (Cuadro 26). En SAQSin hubo un único sitio de muestreo.

Se encontraron diferencias entre sitios con pendientes <45% y pendiente >45% dentro de las parcelas de SAQCon, para todos los tipos de biomasa a excepción de malezas, presentando los sitios de menor pendiente los valores más altos (Cuadro 26).

*Cuadro 26. Cantidad de biomasa encontrada en la superficie del suelo de sitios de baja pendiente (<45%) y alta pendiente (>45%) en parcelas de SAQCon después de la salida del ganado.*

Sitio	n	Rastrojo de Maíz	Rastrojo de Maicillo	Malezas	“Residuos Finos”	Biomasa Total
		----- Kg MS Ha <sup>-1</sup> -----				
Alta pendiente	16	474 a	643 a	133 a	2023 a	3272 a
Baja pendiente	16	733 b	910 b	125 a	3745 b	5512 b
r <sup>2</sup>		0.83	0.79	0.59	0.85	0.87
LSD <sub>0.05</sub>		0.0011	0.045	---	<0.0001	<0.0001
DMS <sub>0.05</sub>		136.30	260.43	---	643.20	756.92
CV%		29.98	44.50	72.08	29.60	22.87

*Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).*

Los resultados indican que dentro de las parcelas de SAQCon, los sitios de baja pendiente acumulan mayor cantidad de biomasa sobre el suelo. Si bien es cierto es en estos sitios “planos” donde el ganado pasa la mayor parte del tiempo (ver capítulo de comportamiento animal), también es cierto que este tiempo lo pasan en su mayoría descansando o rumiando, lo que favorece el pisoteo y contaminación de los rastrojos con orina y heces, lo cual reduce su consumo. Probablemente esta sea una de las causas de la mayor

cantidad de biomasa sobre el suelo de estos sitios. Otro aspecto que quizá influya es el mayor crecimiento de las plantas en estos sitios más planos, naturalmente por su mayor fertilidad.

En cambio en los sitios de alta pendiente existen terrazas o caminos por donde transita el ganado, y entre estos caminos hay una franja de superficie por donde el animal nunca o casi nunca llega a pisar, por la elevada pendiente, y es precisamente de estos sitios de donde el animal prefiere consumir la mayor parte de forraje dejando el suelo más descubierto (ver capítulo de comportamiento animal).

#### **4.2.2.1 Biomasa de rastrojos en función de la CAA y pendiente del terreno**

Además del nivel de pendiente, parece ser que la carga animal acumulada (CAA) a la cual se somete la parcela influye directamente sobre la cantidad de biomasa que queda sobre el suelo. Es por esta razón que se analizó la cantidad de biomasa encontrada por sitio después de la salida del ganado, en función de la CAA a la que fue sometida la parcela y a la pendiente promedio del sitio (Figura 15). La variable de interés con sus dos variables regresoras fueron puestas juntas en el análisis de regresión, a sabiendas de las múltiples maneras como estas se pueden combinar en el campo.

Se observó una relación lineal altamente significativa de la biomasa total al final del periodo de ocupación ( $\text{Kg MS ha}^{-1}$ ) con la pendiente del sitio (%) ( $p < 0.0001$ ), y una relación cuadrática significativa con la carga animal acumulada (CAA) ( $p = 0.0002$ ;  $p = 0.0337$ ). Siendo en ambos casos una relación negativa, lo que implica que un aumento en la pendiente del terreno y/o en la CAA conlleva a una disminución significativa de la biomasa que queda al final del periodo de ocupación (Figura 15).

Sin embargo la relación lineal entre la biomasa total y la CCA pierde su fuerte tendencia negativa cerca de  $500 \text{ dUA ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Figura 15b), lo que probablemente significa que una carga animal acumulada cercana a este valor está dejando sobre el terreno únicamente la fracción de biomasa (rastrojo+malezas+hojarasca) no comestible o difícilmente consumible por el ganado, y por ende no se reduce al aumentar la CAA por arriba de este punto. Según observaciones tomadas durante el estudio, el ganado es capaz de consumir gran variedad de vegetación que encuentra sobre el suelo, pero muy difícilmente consumirá los tallos de maíz y tallos gruesos de maicillo, además de algunas malezas no identificadas.

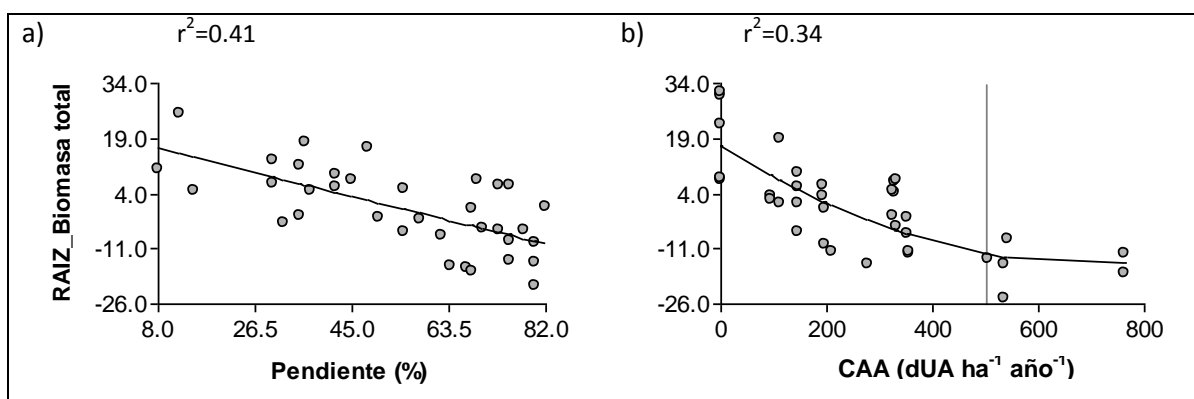


Figura 15. Residuos parciales de la regresión múltiple entre la biomasa total (Kg MS ha<sup>-1</sup>) encontrada al final de la estadía del ganado en la parcela y: a) la pendiente promedio del sitio; b) la carga animal acumulada en la parcela (CAA).

El análisis de regresión proporcionó una ecuación de predicción lo suficientemente ajustada como para realizar recomendaciones para el manejo sostenible de SAQ.

$$y = (105.18 - 0.35*Pen - 0.09*CAA + 6.6E^{-05}*CAA^2)^2$$

Donde:

y= valor predicho de la variable Biomasa total (Kg MS ha<sup>-1</sup>),

Pen= pendiente promedio del sitio dada en porcentaje (%)

CAA= carga animal acumulada dada en dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

### 4.3 Erosión hídrica de suelo

Se evaluaron los procesos erosivos de suelo en SAQCon y SAQSin mediante la apreciación visual de signos de erosión sobre la superficie del suelo. Las estimaciones fueron hechas en 16 parcelas de SAQCon y 7 de SAQSin. Se excluyó una parcela de cada tratamiento debido a que no fueron cultivadas este año.

SAQCon mostró mayor frecuencia de erosión laminar favorecida por suelo desnudo (LD) y deposiciones ocasionadas por erosión laminar. No se observó diferencia en la erosión laminar favorecida por el uso de la herramienta de siembra (LH). Al sumar la frecuencia de todos los signos de erosión (EL) resultó que SAQCon acumuló en promedio 48% de erosión laminar, lo que fue superior a lo acumulado por SAQSin que alcanzó 18% (p<0.0001) (Cuadro 27).

Cuadro 27. Frecuencia relativa (%) de signo de erosión y no erosión, promedios por parcela, encontrados en la superficie del suelo en SAQCon y SAQSin.

Tratamiento	n	Se presentó erosión <sup>a</sup>				No se presentó erosión			
		LD	DL	LH	EL	NM	NR	SS	R
		----- % -----							
SAQCon	16	38 a	5 a	5 a	<b>48 a</b>	9 a	34 a	5 a	1
SAQSin	7	14 b	1 b	3 a	<b>18 b</b>	14 a	54 b	9 a	0
r <sup>2</sup>		0.63	0.30	0.03	0.59	0.06	0.28	0.17	---
LSD <sub>0.05</sub>		<0.0001	0.0073	---	<0.0001	---	0.0089	---	---
DMS <sub>0.05</sub> <sup>c</sup>		0.813	0.899	---	0.951	---	1.038	---	---
CV%		16.57	58.25	34.03	17.11	44.25	18.29	32.70	---

Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>a</sup> Se observó erosión: LD=erosión laminar favorecida por suelo desnudo; DL=deposición ocasionada por erosión laminar; LH=erosión laminar favorecida por remoción de suelo con la herramienta de siembra (pujaguante); EL= suma de las frecuencias de todos los tipos de erosión laminar.

<sup>b</sup> No se observó erosión: NM=no erosión por cobertura de maleza; NR=no erosión por cobertura de rastrojo y/o hojarasca; SS=suelo suelto aun no erosionado; R=roca.

<sup>c</sup> ANAVA 's con transformación de las variables por la raíz cuadrada.

Los resultados anteriores indican que el uso ganadero de SAQ favorece los procesos de erosión laminar del suelo, lo que está directamente relacionado a la disminución de la cobertura vegetal por su consumo (Figura 17), y probablemente a la remoción de partículas de la superficie del suelo (Sepúlveda y Roselló 1998), que posteriormente, con el inicio de las lluvias, son arrastradas por la escorrentía favorecida por un suelo más compactado (Taddese *et al.* 2002). No hubo diferencia en la erosión laminar favorecida por el uso de la herramienta de siembra (LH), debido a que en ambos sistemas se utiliza pujaguante o espeque para la siembra de maíz.

De igual forma se encontró diferencia en la frecuencia con que se observaron los signos de “no erosión”, siendo en SAQSin donde se exhibió mayor frecuencia de no erosión por cobertura de rastrojo y/o hojarasca (NR), lo que confirma la importancia de este tipo de cobertura en la prevención de la erosión laminar. Es relevante señalar la función que cumplió la cobertura de malezas, y la frecuencia con que se observó suelo suelto (SS) (Cuadro 27).

Los resultados demuestran que entre ambos sistemas, SAQSin posee mejores condiciones para evitar la erosión laminar, debido a la mayor presencia de residuos de rastrojos, hojarasca y maleza sobre la superficie de suelo, algo igualmente cuantificado en este

estudio (Cuadro 22). Referente al suelo suelto (SS) se sabe que los productores de la zona usan el llamado machete de vuelta para complementar el control de malezas, el cual se hace principalmente con el uso de herbicidas (2,4-D y Paraquat). Sin embargo en las parcelas de SAQSin se tiende a usar el machete de vuelta con mayor empeño, probablemente por el menor tamaño de las parcelas (Cuadro 5), y a la percepción de los productores de que arrancar las malezas desde la raíz es la mejor forma de controlar las malas hierbas.

Cuando se analizó la relación entre la erosión observada y niveles de pendiente (baja <45% y alta >45%) se comprobó que tanto en SAQCon como en SAQSin, los sitios de alta pendiente mostraron mayor erosión laminar (EL). Con respecto a las causas de *no erosión*, se observó que la cobertura de rastrojo y/o hojarasca (NR) fue más determinante en la reducción de la erosión laminar en los sitios de baja pendiente (Cuadro 28 y 29).

Los sitios de alta pendiente además de presentar mayores signos de erosión laminar, exhibieron también mayor frecuencia de suelo suelto (SS) (Cuadro 28 y 29), lo que confirma a los sitios de alta pendiente como las zonas más propensas a la erosión. Mientras los sitios de baja pendiente presentaron mejores condiciones para proteger el suelo, lo que está directamente ligado a la mayor presencia de cobertura vegetal, parámetro igualmente determinado en este estudio (Cuadro 26).

*Cuadro 28. Frecuencia relativa (%) de signo de erosión y no erosión encontrados en la superficie del suelo, promedio por sitio, en baja pendiente (<45%) y alta pendiente (>45%) en parcelas de SAQCon.*

Tratamiento	Sitio	N	Se observó erosión <sup>a</sup>				No observó erosión <sup>b</sup>			
			LD	DL	LH	EL	NM	NR	SS	R
			----- % -----							
SAQCon	Alta pendiente	16	42 a	5 a	5 a	<b>52 a</b>	8 a	26 a	6 a	1
	Baja pendiente	16	30 b	4 a	4 a	<b>38 b</b>	7 a	46 b	2 b	0
	r <sup>2</sup>		0.83	0.63	0.46	0.75	0.54	0.76	0.75	---
	LSD <sub>0.05</sub>		0.0002	---	---	0.003	---	0.001	0.007	---
	DMS <sub>0.05</sub> <sup>c</sup>		0.4795	---	---	0.638	---	0.874	0.639	---
	CV%		10.69	61.87	28.82	12.58	59.07	19.44	42.76	---

Cuadro 29. Frecuencia relativa (%) de signo de erosión y no erosión encontrados en la superficie del suelo en sitios de baja pendiente (<45%) y alta pendiente (>45%) en parcelas de SAQSin.

Tratamiento	Sitio	n	Se observó erosión <sup>a</sup>				No observó erosión <sup>b</sup>			
			LD	DL	LH	EL	NM	NRH	SS	R
			----- % -----							
SAQSin	Alta pendiente	4	23 a	1 a	6 a	<b>30 a</b>	13 a	35 a	17 a	0.1
	Baja pendiente	6	11 b	1 a	3 a	<b>15 b</b>	14 a	62 b	4 b	0.0
	r <sup>2</sup>		0.55	0.33	0.27	0.56	0.15	0.45	0.54	----
	LSD <sub>0.05</sub>		0.059	----	----	0.040	----	0.049	0.032	----
	DMS <sub>0.05</sub> <sup>c</sup>		NS	----	----	1.503	----	1.925	1.792	----
	CV%		25.54	81.77	49.16	22.09	37.29	18.01	40.61	----

Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>a</sup> Se observó erosión: LD=erosión laminar favorecida por suelo desnudo; DL=deposición ocasionada por erosión laminar; LH=erosión laminar favorecida por el uso de herramienta; EL= suma de las frecuencias de todos los tipos de erosión laminar.

<sup>b</sup> No se observó erosión: NM=no erosión por cobertura de maleza viva, cortada o lana; NR=no erosión por cobertura de rastrojo y/o hojarasca; SS=suelo suelto aun no erosionado; R=roca.

<sup>c</sup> ANAVA's con transformación de variables por la raíz cuadrada.

En los sitios de alta pendiente la presencia de suelo suelto (SS) fue evidente, principalmente en SAQSin con el 17%, mientras en los sitios “planos” sólo el 4% ( $p=0.032$ ). El sólo hecho de transitar por los sitios de alta pendiente provoca mayor remoción de suelo y más aun con el laboreo (control de malezas, siembra, poda de árboles, etc.). En los sitios de alta pendiente el SS se moviliza con la escorrentía (Sepúlveda y Roselló 1998), lo que quizá sucede en SAQCon, o se puede quedar retenido por la cobertura vegetal (Taddese *et al.* 2002), lo que posiblemente ocurre en SAQSin.

### 4.3.1 Relación de la erosión laminar (EL) con la CAA y la pendiente del terreno

Sabiendo del efecto que tiene el nivel de pendiente y la introducción de ganado en las parcelas sobre la erosión de suelo, se hizo el análisis de regresión lineal múltiple entre la erosión laminar observada (EL) y la pendiente promedio del sitio, así también con la carga animal acumulada (CAA) (Figura 16). Se incluyeron ambas variables regresoras en un mismo análisis conociendo de las múltiples combinaciones que existían de estas en el campo, además de su importancia en el modelo estadístico.



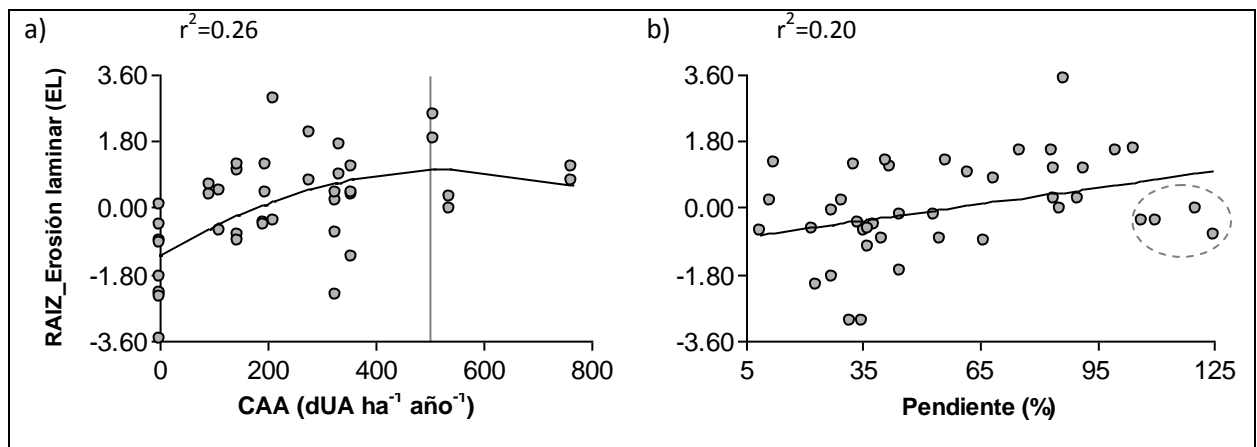


Figura 16. Residuos parciales de la regresión múltiple entre la erosión laminar del suelo (%) y: a) carga animal acumulada (CAA); b) pendiente promedio del sitio.

El modelo de regresión explica el 46% de la varianza. Se observó una relación lineal significativa entre la erosión laminar (EL) y la CAA ( $p=0.0017$ ;  $p=0.035$ ), siendo al inicio una relación positiva que muestra un fuerte incremento en la erosión laminar a medida aumenta la CAA, pero cerca de  $500 \text{ dUA ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  la erosión laminar alcanza su máximo valor, por lo que la pendiente de la regresión se debilita. Por sobre este punto la ecuación deja de ser confiable por su efecto cuadrático (Figura 16a).

El comportamiento de esta relación se puede explicar sabiendo del efecto negativo que el uso ganadero tiene sobre la erosión del suelo (Taddese *et al.* 2002), pero se presume que en las condiciones encontradas (pastoreo de rastrojos en laderas) existe una CAA con la cual se alcanza el 100% de erosión laminar. De esta manera el incremento de la CAA por sobre ese punto debería mantener la erosión laminar al 100%, pudiendo una CAA extrema provocar otros procesos erosivos más severos como lo son los surquitos y cárcavas (Sepúlveda y Roselló 1998; Martínez-Mena *et al.* 2001), pero que con las condiciones de lluvia hasta el momento del muestreo no se presentaron. En este análisis se estimó que con una CAA de  $500 \text{ dUA ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y pendientes pronunciadas se podría alcanzar el máximo valor de erosión laminar en SAQ, 100%.

La relación entre EL y la pendiente del sitio muestra la tendencia de aumento de EL a medida sube el nivel de inclinación del sitio ( $p=0.04$ ), algo ya discutido anteriormente (Cuadros 28 y 29). En la Figura 16b se señalan algunos valores de EL, en estos puntos se observó particularmente el crecimiento de musgo, lo que forma parches impermeables y es por ello que a extremas pendientes se encontraron algunos registros relativamente bajos.

Los resultados del análisis anterior sugieren que una carga animal baja o nula y una pendiente de terreno de moderada a plana, son las mejores combinaciones para evitar la erosión laminar de suelo. De igual forma indican que existen combinaciones de CAA y de pendiente con las cuales se alcanza el 100% de erosión laminar en SAQ.

El modelo de regresión múltiple dio como resultado una ecuación de predicción que pudiera ser de importancia en la generación de recomendación para SAQ.

$$y = (4.12 + 0.01*Pen + 0.01*CAA - 8.1E^{-06}*CAA^2) ^2$$

Donde:

y= valor predicho de la variable erosión laminar observada, dada %.

CAA= carga animal acumulada, dada en dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

Pen= pendiente del sitio, marco de muestreo, dada en porcentaje (%).

### **4.3.2 Relación entre la erosión laminar (EL) y la cobertura vegetal**

Son muchos los motivos por los cuales el ganado puede favorecer la erosión laminar del suelo: compactación, remoción de suelo, resbalones entre otros (Sepúlveda y Roselló 1998; Drewry *et al.* 2004). Pero en este estudio la mayor parte de la erosión laminar fue favorecida por la falta de cobertura sobre el suelo (Cuadro 27), por lo que se decidió hacer el análisis de regresión entre la erosión laminar observada y la cantidad de biomasa encontrada sobre la superficie del suelo después de la salida del ganado de las parcelas (Figura 17).

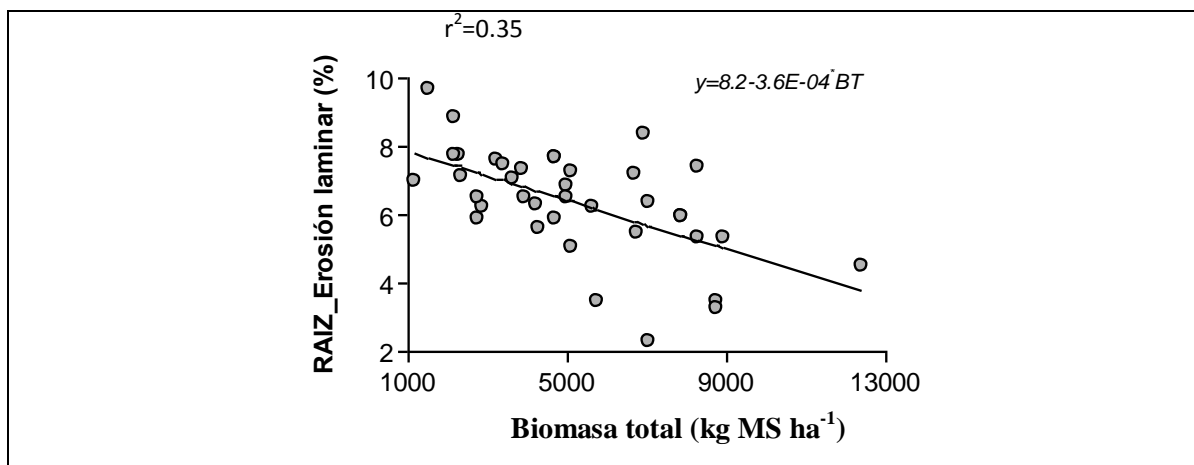


Figura 17. Regresión entre la erosión laminar observada (EL) y la cantidad de biomasa sobre el suelo después de la salida de los animales de las parcelas de SAQCon.

Se encontró una relación lineal negativa altamente significativa entre la erosión laminar observada (EL) y la cantidad de biomasa sobre el suelo después de la salida del ganado de las parcelas ( $p=0.0001$ ), mostrando la disminución en los signos de erosión laminar a medida que incrementó la cantidad de biomasa sobre el suelo de SAQ. Esta misma tendencia fue encontrada por Taddese *et al.* (2002), quienes observaron cómo la cantidad de suelo erosionado fue menor cuando existió mayor cobertura sobre el suelo. En ese mismo estudio, al igual que en el presente (Figura 15b), se comprobó que la cantidad de biomasa sobre el suelo disminuye con el incremento del uso ganadero.

#### 4.4 Leñosas perennes

Se hizo el conteo y evaluación de todos los árboles con altura superior a 50 cm. El estudio se desarrolló en 17 parcelas de SAQ con ganado y 7 parcelas de SAQ sin ganado, con áreas de muestreo de 800 m<sup>2</sup> por parcela. Se identificó la especie, el tipo de poda, estado sanitario, así como el DAP y altura total de cada individuo.

Los resultados señalan que SAQCon tiene estadísticamente menor número de árboles enteros<sup>5</sup> por hectárea que SAQSin. Tanto en árboles juveniles ( $p=0.009$ ), árboles grandes ( $p=0.0016$ ), y árboles totales ( $p=0.0006$ ) (Cuadro 31). SAQCon mostró en total 170 árboles ha<sup>-1</sup>, pero con valores que van de 13 a 388, pertenecientes a 28 especies de las cuales el Laurel (*Cordia alliodora*) es la más abundante con 59 árboles ha<sup>-1</sup>, equivalente al 34.7% de los

<sup>5</sup> Árboles enteros o semi podados, pero con crecimiento apical.

árboles. En tanto en SAQSin se encontró un promedio de 561 árboles ha<sup>-1</sup>, en un rango de 113 a 1075, pertenecientes a 24 especies diferentes donde el Laurel siguió siendo la más abundante con 345 árboles ha<sup>-1</sup> que representa el 61.6% del total (Cuadro 30).

Estos resultados son similares a los encontrados por Barragán (2004), quien encontró en SAQ 59 especies de árboles enteros, con un promedio de 304 árboles ha<sup>-1</sup>, pero en un rango de 18 hasta 1503, de los cuales el 48% fue Laurel (*Cordia alliodora*). Aunque es oportuno señalar que ella no hizo diferencia entre SAQ con y sin ganado.

*Cuadro 30. Especies de árboles más comunes dejados enteros o semi-podados, su abundancia y estado sanitario en SAQCon y SAQSin, Lempira, Honduras, 2011.*

Tratamiento	Nombre común	Nombre científico <sup>a</sup>	Familia	Ar ha <sup>-1</sup>	FR %	Ar-S <sup>c</sup> %	Ar-D <sup>d</sup> %	
SAQCon	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	59	34.7	2.5	6.3	
	Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	Papilionoideae	21	12.6	3.5	13.8	
	Silimera	<i>Leucaena lempirana</i>	Mimosoideae	19	11.3	11.5	38.5	
	Pievenado	<i>Bauhinia sp.</i>	Caesalpinoideae	14	8.2	0.0	10.5	
	Sombra de armado <sup>b</sup>	<i>Casearia sp.</i>	Salicaceae	11	6.5	0.0	26.7	
	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> , <i>S. humilis</i>	Meliaceae	8	4.8	0.0	0.0	
	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malphiaceae	7	4.3	20.0	60.0	
	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	4	2.2	0.0	80.0	
	Aceituno	<i>Simarouba glauca</i>	Simaroubaceae	3	1.7	0.0	50.0	
	Chaperno	<i>Lonchocarpus sp.</i>	Papilionoideae	3	1.7	0.0	25.0	
	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	2	1.3	0.0	0.0	
	Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	2	1.3	0.0	0.0	
	Otros (16 especies)			17	9.4	0.0	26.0	
	<b>Total/promedio</b>				<b>170 a</b>	<b>100.0</b>	<b>3.5 a</b>	<b>21.0 a</b>
	SAQSin	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	345	61.6	0.7	0.0
		Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	Papilionoideae	38	6.7	13.3	26.7
Frijolillo <sup>b</sup>		<i>Leucaena sp.</i>	Fabaceae	25	4.5	0.0	20.0	
Guayabillo		<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	20	3.6	12.5	0.0	
Macuelizo		<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	20	3.6	0.0	0.0	
Silimera		<i>Leucaena lempirana</i>	Mimosoideae	18	3.1	0.0	14.3	
Caoba		<i>Swietenia macrophylla</i> , <i>S. humilis</i>	Meliaceae	10	1.8	0.0	0.0	
Naranja		<i>Citrus sinensis (L.) Osbeck</i>	Rutaceae	8	1.3	0.0	0.0	
Caulote		<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	5	0.9	0.0	50.0	
Chaperno/cincho		<i>Lonchocarpus sp.</i>	Papilionoideae	10	1.8	0.0	50.0	
Guayabo		<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	5	0.9	0.0	0.0	
Is canal		<i>Acacia demii</i>	Mimosoideae	5	0.9	0.0	0.0	
Nance		<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malphiaceae	5	0.9	0.0	50.0	
Pievenado		<i>Bauhinia sp.</i>	Caesalpinoideae	5	0.9	0.0	0.0	
Otros (10 especies)				42	7.7	0.0	20.0	
<b>Total/promedio</b>				<b>561 b</b>	<b>100.0</b>	<b>1.1 a</b>	<b>7.8 a</b>	

Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>a</sup> Nombre científico consultados en Barragán (2004).

<sup>b</sup> Nombre científico consultado directamente con Oscar Ferreira, catedrático UNA Honduras, e-mail: oifc.001@gmail.com

<sup>c</sup> Ar-S=árboles secos o muertos

<sup>d</sup> Ar-D=árboles con daño en la corteza: pelado, raspados, macheteados etc.

Cuadro 31. Número de árboles dejados enteros o semi-podados por hectárea: árboles juveniles (< 2 m de alto), árboles grandes (> 2 m de alto) y árboles totales en SAQCon y SAQSin en Lempira, Honduras, 2011.

Tratamiento /Descripción	SAQCon				SAQSin			
	Media	D.E.	Min.	Max.	Media	D.E.	Min.	Max.
Juveniles (< 2 m de alto)	<b>29 a</b>	42	0	150	<b>109 b</b>	98	0	263
Grandes (> 2 m de alto)	<b>141 a</b>	99	0	350	<b>452 b</b>	333	50	875
Total árboles ha <sup>-1</sup>	<b>170 a</b>	117	13	388	<b>561 b</b>	369	113	1075

Medias en la misma fila seguidas de distinta letra presentan diferencia estadística significativa ( $\alpha=0.05$ ).

Es posible que el menor número de árboles enteros en SAQCon se deba a la menor sobrevivencia en las parcelas donde se realiza el pastoreo de rastrojos, o que los productores estén eliminando más árboles para reducir sombra y favorecer el crecimiento del forraje de maicillo (que es el rastrojo más importante para el ganado). Se observó que el Laurel (*Cordia alliodora*), la especie más preferida por los agricultores (Barragán 2004), es defoliada por el ganado en sus primeras etapas de vida (Figura 19c). Esto posiblemente se ve reflejado en el hecho de que SAQCon mostró únicamente 59 árboles enteros de Laurel por hectárea, en tanto que SAQSin reportó 345 en la misma área (Cuadro 30). Villacis *et al.* (2003), en potreros permanentes en Costa Rica, encontraron que la densidad de árboles disminuye con el incremento de la intensidad de pastoreo, lo que denota que el ganado influye en la regeneración y sobrevivencia de los árboles. Los mismos autores concluyeron que el productor generalmente corta más árboles para permitir el mayor crecimiento del pasto en potreros con pastoreo intensivo.

También se registró el número de árboles enteros encontrados en estado seco (muertos) y los que presentaron daño en la corteza en los dos sistemas (Figura 18).

Aunque la variabilidad entre las parcelas fue muy grande, los resultados denotan una tendencia hacia un mayor porcentaje de árboles secos y dañados con la introducción de ganado en las parcelas, lo que pudiera ser por daño directo del ganado al ramonear, quebrar, rascarse o frotarse en los fustes de los árboles (Botero y Russo 1998; Barrios *et al.* 1999; Peri 2005). Otro factor que pudiera estar causando daño a los árboles es la acción de las podas frecuentes (machete), pero estas prácticas de manejo son comunes en ambos sistemas (con y sin ganado).

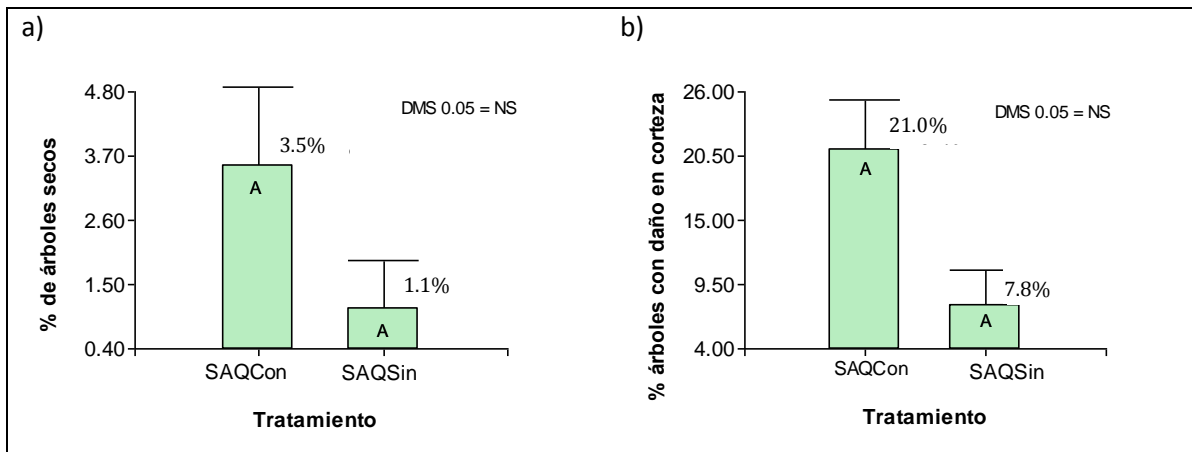


Figura 18. Evaluación del estado sanitario de los árboles enteros en SAQ: a) porcentaje de árboles enteros secos; b) porcentaje de árboles enteros con daño en la corteza.

Con el fin de profundizar en el análisis de las especies leñosas del SAQ, se hizo la medición de DAP y altura total de cada árbol entero con altura superior a 0.5 m, donde se encontró algunas diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre SAQCon y SAQSin (Cuadro 32).

En promedio los árboles en SAQCon mostraron un DAP de 8.7 cm, en cambio SAQSin reportó 5.2 cm ( $p<0.0001$ ). De igual forma los árboles en SAQCon reportaron una altura total promedio de 5.2 m, la cual fue estadísticamente superior a la altura mostrada en SAQSin, 4.3 m ( $p=0.0084$ ).

Está demostrado que en SAQSin hay mayor densidad de árboles que en SAQCon (Cuadro 31). Esto podría estar provocando mayor competencia entre ellos, viéndose reflejado en menor tamaño (Cuadro 32). Por ejemplo, el Laurel (la especie más abundante en SAQ, ver Cuadro 30), mostró una densidad de 345 árboles  $ha^{-1}$  en SAQSin y sólo 59 en SAQCon. Al analizar las dimensiones de esta especie, se observa que en SAQSin alcanzó un DAP promedio de 8.8 cm con un máximo de 25.5 cm, en cambio en SAQCon esta misma especie reportó 12.5 cm de DAP y logró un máximo de 31.2 cm (Cuadro 32). Villacis *et al.* (2003) sostienen que una menor densidad de árboles en potreros permite un mayor crecimiento de estos.

Cuadro 32. Dimensiones de las principales especies de árboles enteros y semi-podados en SAQCon y SAQSin en el sur de Lempira, Honduras, 2011.

Tratamiento	Nombre común	Nombre científico <sup>a</sup>	DAP (cm)				Altura (m)				
			Media	D.E.	Mín	Máx	Media	D.E.	Mín	Máx	
SAQCon	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	12.5	7.4	0.6	31.2	8.3	3.9	0.8	17.0	
	Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	21.3	7.1	3.5	38.2	8.0	2.7	2.0	12.0	
	Silimera	<i>Leucaena lempirana</i>	15.8	10.6	0.6	41.1	8.2	4.7	1.3	18.0	
	Pievenado	<i>Bauhinia sp.</i>	3.0	4.6	0.6	18.8	2.4	1.8	0.9	8.0	
	Sombra de armado <sup>b</sup>	<i>Casearia sp.</i>	2.5	2.5	0.6	8.9	1.9	1.2	0.6	5.0	
	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> , <i>S. humilis</i>	16.0	11.7	4.8	41.1	6.6	2.5	4.0	12.0	
	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	27.9	4.0	21.3	36.3	6.4	3.0	4.0	12.0	
	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	10.9	7.5	2.2	19.1	3.1	1.7	1.9	6.0	
	Aceituno	<i>Simarouba glauca</i>	34.6	18.1	13.1	57.3	11.9	4.5	5.5	15.0	
	Chaperno	<i>Lonchocarpus sp.</i>	8.3	7.3	3.8	19.1	4.6	0.8	4.0	5.5	
	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	10.6	8.7	0.6	15.9	3.3	2.1	1.0	5.0	
	Macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i>	8.9	11.9	1.0	22.6	2.6	1.8	0.6	4.0	
	Otros especies (16)		15.5		0.3	40.4	5.2		1.0	12.0	
			<b>Promedio</b>	<b>8.7 a</b>	<b>3.3</b>	<b>0.3</b>	<b>57.3</b>	<b>5.2 a</b>	<b>2.2</b>	<b>0.6</b>	<b>18.0</b>
	SAQSin	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	8.8	6.2	0.6	25.5	6.5	3.8	0.7	17.0
		Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	11.1	12.7	0.6	36.3	4.6	3.7	0.7	14.0
Frijolillo <sup>b</sup>		<i>Leucaena sp.</i>	2.8	1.7	0.6	5.7	2.4	1.2	1.0	5.0	
Guayabillo		<i>Psidium sartorianum</i>	10.1	13.6	1.6	40.1	6.3	5.7	2.0	18.0	
Macuelizo		<i>Tabebuia rosea</i>	3.5	3.4	1.3	11.5	2.3	1.3	1.2	5.0	
Silimera		<i>Leucaena lempirana</i>	7.5	6.2	1.3	17.5	5.7	3.1	2.0	10.0	
Caoba		<i>Swietenia macrophylla</i> , <i>S. humilis</i>	12.4	3.0	9.5	15.3	7.0	0.8	6.0	8.0	
Naranja		<i>Citrus sinensis (L.) Osbeck</i>	6.2	4.6	1.3	10.5	2.6	1.6	0.8	4.0	
Caulote		<i>Guazuma ulmifolia</i>	12.7	17.1	0.6	24.8	3.5	3.5	1.0	6.0	
Chaperno/cincho		<i>Lonchocarpus sp.</i>	3.8	2.2	2.3	5.4	2.3	0.2	2.2	2.4	
Guayabo		<i>Psidium guajava</i>	4.3	3.8	1.6	7.0	3.4	2.3	1.8	5.0	
Iscanal		<i>Acacia demii</i>	3.1	0.2	2.9	3.2	3.5	0.0	3.5	3.5	
Nance		<i>Byrsonima crassifolia</i>	3.1	2.1	1.6	4.5	2.7	1.2	1.8	3.5	
Pievenado		<i>Bauhinia sp.</i>	0.8	0.3	0.6	1.0	1.1	0.4	0.8	1.4	
Otras especies (10)			3.8		1.0	7.3	2.7		1.4	5.5	
			<b>Promedio</b>	<b>5.2b</b>	<b>2.7</b>	<b>0.6</b>	<b>40.1</b>	<b>4.3b</b>	<b>2.1</b>	<b>0.7</b>	<b>18.0</b>

Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>a</sup> Nombre científico consultados en Barraán (2004).

<sup>b</sup> Nombre científico consultado directamente con Oscar Ferreira, catedrático UNA Honduras, e-mail: oifc.001@gmail.com

Además de los árboles enteros, en SAQ existe un importante número de troncos, que son árboles y/o arbustos severamente podados (Cuadro 33) y que por lo general son de menor valor para el productor, pero cumplen numerosas funciones descritas anteriormente.

No se encontró diferencia estadística en el número de troncos presentes entre tratamientos (Cuadro 34). Sin embargo, SAQCon reportó 24% más troncos que SAQSin. SAQCon mostró un promedio de 938 troncos ha<sup>-1</sup>, pero con valores entre 163 y 2238, pertenecientes a 43 especies diferentes de las cuales el llamado Pievenado (*Bauhinia sp.*) fue la más abundante con 170 troncos ha<sup>-1</sup>, lo que es equivalente al 18.1% de los troncos totales. Mientras tanto, SAQSin reportó un promedio de 756 troncos ha<sup>-1</sup>, en un rango de 200 a 1250, de 33 especies diferentes de las cuales el mismo Pievenado (*Bauhinia sp.*) y el Chaperno (*Lonchocarpus sp.*) son las más abundantes con 130 y 123 troncos ha<sup>-1</sup>, lo que representa el 17.2% y 16.3% de los troncos respectivamente (Cuadro 33).

Estos resultados tienen una gran similitud a los encontrados por Barragán (2004), quien encontró en SAQ 61 especies de troncones con un promedio de 877 troncones ha<sup>-1</sup>, pero con valores que podían ir de 141 a 2405, donde igualmente el Chaperno (*Lonchocarpus* sp) y el Pievenado (*Bauhinia* sp.) fueron los más abundantes con el 14 y 13.5% respectivamente. Es importante recordar que ella no hizo diferencia entre SAQ con ganado y sin ganado.

Cuadro 33. Especies de árboles más comunes dejados como troncones, su abundancia y estado sanitario en SAQCon y SAQSin, Lempira, Honduras, 2011.

Tratamiento	Nombre común	Nombre Científico <sup>a</sup>	Familia	Tr Ha <sup>-1</sup>	FR %	Tr-S %	Tr-D %
SAQCon	Pievenado	<i>Bauhinia</i> sp.	Caesalpinoideae	170	18.1	21.7	95.2
	Sombra de armado	<i>Casearia</i> sp.	Salicaceae	129	13.7	50.9	96.0
	Chaperno/cincho	<i>Lonchocarpus</i> sp.	Papilionoideae	103	11.0	18.6	77.5
	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	99	10.5	35.8	70.2
	Cirín	<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	67	7.1	48.4	96.7
	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	66	7.1	13.3	71.1
	Aguja de arra			30	3.2	22.0	92.7
	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	30	3.2	24.4	87.8
	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	29	3.1	27.5	85.0
	Silimera	<i>Leucaena lempirana</i>	Mimosoideae	26	2.7	54.3	80.0
	Guachipilin	<i>Diphysa robinoides</i>	Papilionoideae	25	2.7	41.2	85.3
	Chaparro	<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae	21	2.3	13.8	86.2
	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malphiaceae	15	1.6	65.0	95.0
	Canelillo <sup>b</sup>	<i>Trichilia</i> sp.	Meliaceae	14	1.5	42.1	73.7
	Jagua	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	13	1.3	5.9	11.8
	Queibra muela <sup>b</sup>	<i>Asclepia curassavica</i>	Apocynaceae	13	1.3	11.8	47.1
	Frijolillo <sup>b</sup>	<i>Leucaena</i> sp.	Fabaceae	12	1.3	62.5	100.0
	Sucunán <sup>b</sup>	<i>Vernonia deppeana</i>	Asteraceae	11	1.2	40.0	86.7
	Otros (25 especies)			66	7.0	33.9	68.9
	<b>Total/promedio</b>				<b>938 a</b>	<b>100.0</b>	<b>33.3 a</b>
SAQSin	Pievenado	<i>Bauhinia</i> sp.	Caesalpinoideae	130	17.2	26.9	90.4
	Chaperno/cincho	<i>Lonchocarpus</i> sp.	Papilionoideae	123	16.3	0.0	85.7
	Guachipilin	<i>Diphysa robinoides</i>	Papilionoideae	105	13.9	21.4	81.0
	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	93	12.3	29.7	56.8
	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	45	6.0	16.7	72.2
	Canelillo	<i>Trichilia</i> sp.,	Meliaceae	35	4.6	21.4	57.1
	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae	35	4.6	7.1	78.6
	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	33	4.3	0.0	100.0
	Silimera	<i>Leucaena lempirana</i>	Mimosoideae	33	4.3	0.0	46.2
	Jocote	<i>Spondias</i> sp.	Anacardiaceae	25	3.3	0.0	90.0
	Frijolillo <sup>b</sup>	<i>Leucaena</i> sp.	Fabaceae	20	2.6	37.5	75.0
	Ujuste	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	18	2.3	14.3	57.1
	Chumuruco	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malphiaceae	15	2.0	16.7	100.0
	Zorrillo	<i>Tohuinidium dodecandrum</i>	Sapindaceae	10	1.3	25.0	25.0
	Otros (19 especies)			37	4.9	10.8	64.9
<b>Total/promedio</b>				<b>756 a</b>	<b>100.0</b>	<b>14.2 b</b>	<b>69.2 b</b>

Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>a</sup> Nombre científico consultados en Barragán (2004).

<sup>b</sup> Nombre científico consultado directamente con Oscar Ferreira, catedrático UNA Honduras, oifc.001@gmail.com

<sup>c</sup> Ar-S=árboles secos o muertos

<sup>d</sup> Ar-D=árboles con daño en la corteza: pelado, raspados, macheteados etc.



*Cuadro 34. Número de troncones por hectárea en SAQCon y SAQSin en el sur de Lempira Honduras, 2011.*

Tratamiento	Troncones ha <sup>-1</sup>	D.E.	Mínimo	Máximo	n	R <sup>2</sup>	LSD 0.05	DMS 0.05	CV%
SAQCon	<b>938 a</b>	527	163	2238	17				
SAQSin	<b>756 a</b>	426	200	1250	7	0.03	---	---	56.67

*Medias con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).*

Según Barragán (2004) los productores dejan enteros árboles de especies que consideran valiosas, en tanto las menos valiosas son podadas severamente (troncones). Es posible que en SAQCon haya una mayor proporción de árboles de especies no tan valiosas y por eso los productores estén podando más severamente en este sistema, permitiendo el mayor crecimiento del forraje (rastros) al reducir sombra. Probablemente las especies apreciadas estén teniendo problemas para regenerarse y/o sobrevivir bajo la presión del ganado, en tanto otras estén proliferando debido a su sistema de dispersión o porque no son de consumo del ganado (Figura 19).

Al igual que con los árboles enteros, el estado sanitario de los troncones también fue evaluado (Figura 20). Se encontró diferencia estadística significativa en el porcentaje de troncones secos entre tratamientos ( $p=0.0196$ ). SAQCon mostró el 33.3% de troncones en estado seco (muertos) en tanto SAQSin exhibió únicamente el 14.2%. Referente al daño en la corteza, SAQCon mostró el 85.0% de los troncones con algún daño en la corteza, lo que fue significativamente mayor a lo mostrado por SAQSin que reportó 69.2% ( $p=0.0138$ ) (Figura 9).

Estos resultados denotan una mayor disposición de troncones secos y dañados con la introducción de ganado en las parcelas, lo que pudiera ser en parte por el daño directo del ganado. Al igual que con los árboles enteros, la acción de las podas frecuentes (machete) puede ser un factor importante en el estado sanitario de los troncones, pero este es un manejo común para ambos sistemas (con y sin ganado).



Figura 19. Algunas especies que son consumidas por el ganado y otras que no lo son: a) toro ramoneando troncón de Jagua (*Genipa americana*); b) troncón de Jagua completamente defoliado y troncón de Cirín (*Miconia sp.*) con todo su follaje; c) planta juvenil de Laurel (*Cordia alliodora*) completamente defoliada; d) plántula de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*); e) plántula de Sombra de armado (*Casearia sp.*) no consumida por el ganado.

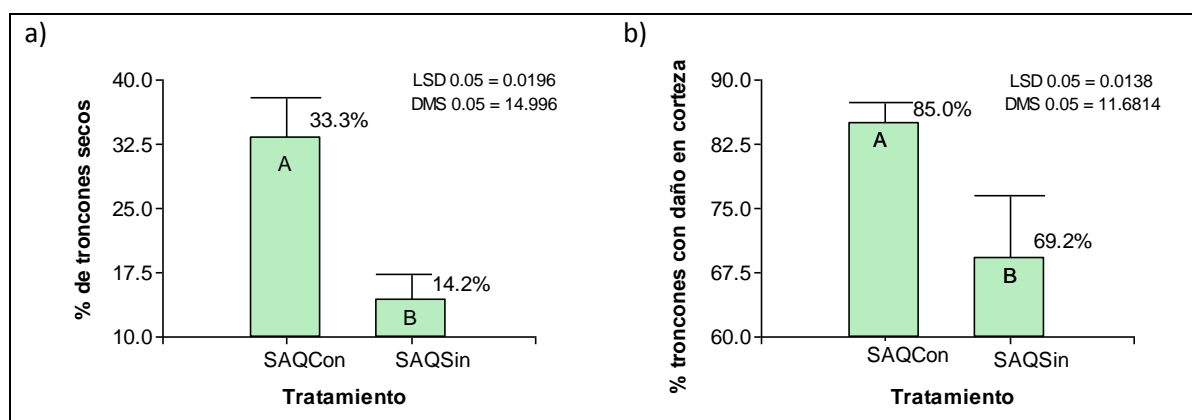


Figura 20. Estado sanitario de los troncos en SAQ: a) porcentaje de troncos secos; b) porcentaje de troncos con daño en la corteza.

Para profundizar en el análisis de las especies leñosas del SAQ, se hizo la medición del DAP y la altura de cada troncón, donde se encontró algunas diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre SAQCon y SAQSin que resulta interesante señalar (Cuadro 35).

Cuadro 35. Dimensiones de las principales especies dejadas como troncones en SAQCon y SAQSin, en el sur de Lempira, Honduras, 2011.

Tratamiento	Nombre común	Nombre científico <sup>a</sup>	DAP (cm)				Altura (m)			
			Media	D.E.	Mín	Máx	Media	D.E.	Mín	Máx
SAQCon	Pievenado	<i>Bauhinia sp.</i>	4.1	1.5	1.3	12.7	1.6	0.4	0.5	2.3
	Sombra de armado <sup>b</sup>	<i>Casearia sp.</i>	6.1	2.4	1.9	21.6	1.5	0.3	0.5	2.1
	Chaperno/cincho	<i>Lonchocarpus sp.</i>	5.8	3.0	2.4	20.2	1.6	0.4	0.5	2.9
	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	6.5	3.8	1.6	20.1	1.7	1.4	0.7	17.0
	Cirín	<i>Miconia sp.</i>	7.6	3.6	2.5	18.1	1.5	0.4	0.3	2.2
	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	5.9	3.2	1.9	16.9	1.6	0.4	0.6	2.3
	Aguja de arra		6.4	1.9	2.9	11.8	1.5	0.4	0.7	2.2
	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8.9	4.2	1.9	17.5	1.7	0.4	0.6	2.5
	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	5.2	2.7	2.2	14.3	1.6	0.4	0.7	2.3
	Silimera	<i>Leucaena lempirana</i>	8.1	5.5	2.5	24.8	2.4	3.2	1.0	20.0
	Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	6.9	3.4	3.2	16.9	1.5	1.1	0.4	7.0
	Chaparro	<i>Curatella americana</i>	10.5	6.9	3.2	31.2	1.6	0.4	1.0	2.5
	Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>	12.8	4.0	7	21.6	1.8	0.5	0.4	2.6
	Canelillo <sup>b</sup>	<i>Trichilia sp.</i>	6.02	2.5	2.9	10.5	1.2	0.5	0.4	2.2
	Jagua	<i>Genipa americana</i>	7.2	3.4	2.9	13.4	1.7	0.5	0.4	2.5
	Quebra muela	<i>Asclepia curassavica,</i>	5.3	2.1	3.2	9.2	1.5	0.4	0.7	2.3
	Frijolillo <sup>b</sup>	<i>Leucaena sp.</i>	6.5	3.4	3.5	14.3	1.6	1.3	0.3	6.0
	Sucunán <sup>b</sup>	<i>Vernonia deppeana</i>	3.6	1.2	1.6	5.7	1.5	0.4	0.9	2.1
	Otras especies (25)		8.9		1.0	34.7	1.6		0.5	3.5
		<b>Promedio</b>		<b>5.5 a</b>	<b>1.7</b>	<b>1.0</b>	<b>34.8</b>	<b>1.51 a</b>	<b>1.4</b>	<b>0.3</b>
SAQSin	Pievenado	<i>Bauhinia sp.</i>	3.9	1.7	0.6	9.2	1.6	0.4	0.4	2.3
	Chaperno/cincho	<i>Lonchocarpus sp.</i>	6.8	2.7	2.9	12.4	1.7	0.4	1.1	2.9
	Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	6.3	5.0	1.0	22.0	1.6	0.9	0.4	6.0
	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	5.6	3.6	1.6	22.0	1.7	0.5	0.6	3.0
	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	5.8	3.6	1.0	15.3	1.5	0.5	0.7	2.2
	Canelillo	<i>Trichilia sp.</i>	4.2	2.1	1.0	9.5	1.4	0.5	0.5	2.3
	Guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i>	5.3	2.5	2.2	11.1	1.6	0.3	1.3	2.0
	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	10.2	6.6	1.3	28.3	2.2	0.6	1.2	3.5
	Silimera	<i>Leucaena lempirana</i>	5.7	2.7	2.2	10.2	2.3	0.9	1.4	5.0
	Jocote	<i>Spondias sp.</i>	7.2	2.6	2.9	11.1	1.9	0.4	1.2	2.6
	Frijolillo <sup>b</sup>	<i>Leucaena sp.</i>	5.8	2.4	2.5	9.5	1.8	0.6	0.6	2.5
	Ujuste <sup>b</sup>	<i>Brosimum alicastrum</i>	5.6	1.9	3.2	8.6	1.7	0.1	1.6	1.9
	Chumuruco	<i>Byrsonima crassifolia</i>	4.2	1.8	2.5	7.3	1.1	0.3	0.7	1.6
	Zorrillo	<i>Tohuinidium dodecandrum</i>	1.7	1.0	1.0	3.2	1.2	0.4	0.8	1.8
	Otras especies (19)		6.8		1.0	43.3	1.5		0.7	2.3
		<b>Promedio</b>		<b>4.8 b</b>	<b>1.9</b>	<b>0.6</b>	<b>43.4</b>	<b>1.57 a</b>	<b>1.4</b>	<b>0.4</b>

Medias en la misma columna seguidas con distinta letra presentan diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ).

<sup>a</sup> Nombre científico consultados en Barragán (2004.)

<sup>b</sup> Nombre científico consultado directamente con Oscar Ferreira, catedrático UNA Honduras, e-mail: oifc.001@gmail.com

En promedio los troncones en SAQCon mostraron mayor tamaño que en SAQSin (Cuadro 35). Los troncones en SAQCon exhibieron un DAP promedio de 5.5 cm, siendo esto estadísticamente superior a lo mostrado por SAQSin que presentó un DAP de 4.8 cm ( $p=0.0001$ ). Con respecto a la altura de los troncones no hubo diferencia estadística entre tratamientos ( $p=0.0613$ ), donde SAQCon presentó una altura promedio de 1.51 m y SAQSin de 1.57 m.

Es posible que el mayor crecimiento de los troncones en SAQCon, sea producto de la menor densidad de árboles en este sistema. Los troncones, aunque son podados severamente, en periodos del año presentan rebrotes que cumplen su función fotosintética que podría ser favorecida por la mayor radiación solar que reciben. Con respecto a la altura de los troncones,

es evidente que los productores aplican la misma altura de poda en ambos sistemas (con y sin ganado), que según FAO (2005) es en promedio de 1.5 m.

Lo discutido en este capítulo, se resume en el Biplot obtenido del análisis de correspondencia de las variables: tipo de poda en troncones (T), árboles sin podar (E) y se incluyó también la categoría de árboles semi-podados (P); estado sanitario en seco y sano; daño en la corteza en con daño (SI) y sin daño (NO). Se representa también a las especies de árboles encontradas en el estudio, pero sólo se nombran las más relevantes (Figura 21).

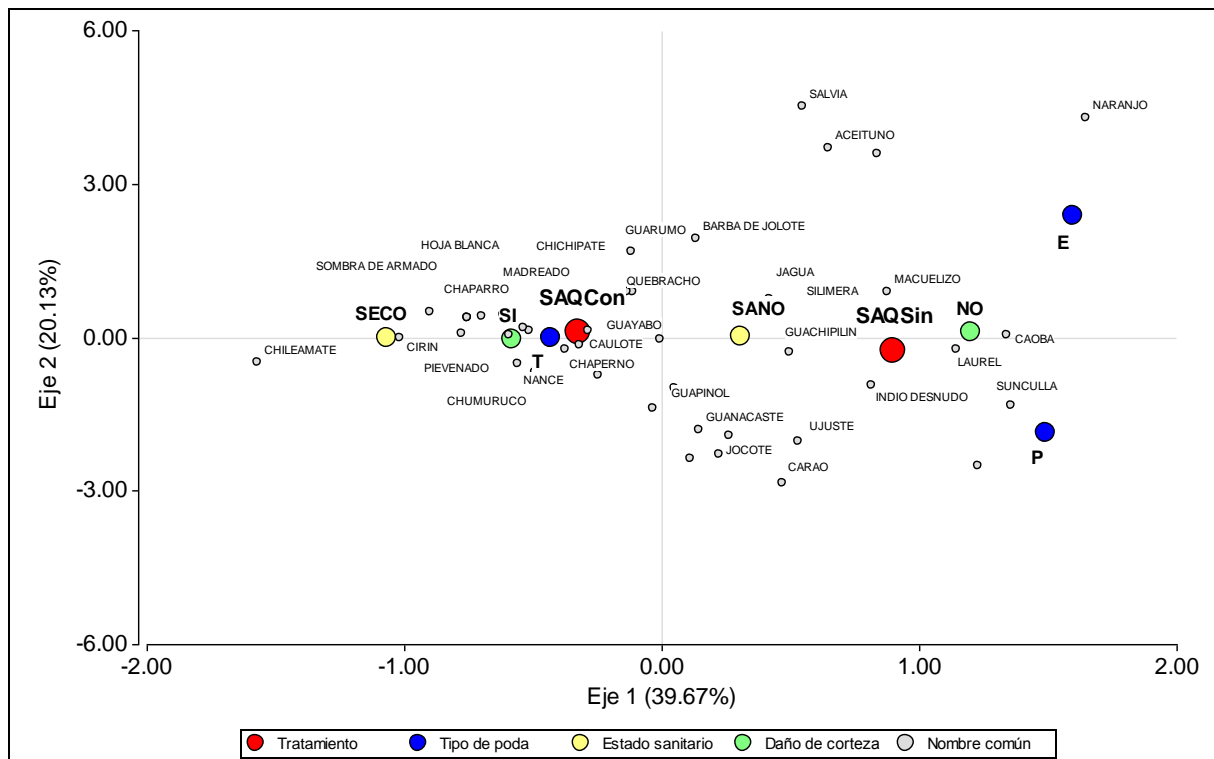


Figura 21. Biplot del análisis de correspondencia de las variables: tipo de poda en troncones (T), árboles sin podar (E) y árboles semi-podados (P); estado sanitario en seco y sano; daño en la corteza en con daño (SI) y sin daño (NO).

En la Figura 21 se visualizan dos ejes del análisis de correspondencia referente al cruce de las variables tipo de poda, estado sanitario y daño de corteza, así también se incluye a los sistemas de SAQCon y SAQSin. El gráfico indica en su primer eje, con una inercia de 39.67%, que SAQCon está relacionado con troncones (T), con individuos con daño de corteza (SI) y en estado seco (SECO). En tanto SAQSin presenta relación con individuos sanos (SANO), sin daño de corteza (NO) y con un tipo de poda no tan severa (P) y con árboles sin podar (E). Es importante señalar que al incluir las especies de árboles al análisis de

correspondencia, el Biplot muestra lo que ya se ha discutido anteriormente y es el hecho de que las especies más valiosas para el productor como el Laurel (*Cordia alliodora*), Guachipilín (*Diphysa robinoides*), Caoba (*Swietenia macrophylla*, *S. humilis*) y Silimera (*Leucaena lempirana*), tienen cierta relación con los sistemas de SAQ sin ganado.

#### 4.5 Comportamiento del ganado en las laderas de SAQ

El estudio se llevó a cabo en tres de las parcelas de SAQ con ganado, donde se observaron cuatro animales por día, durante cinco días. Aunque las condiciones de tamaño, pendiente y disponibilidad de forraje en cada una de las tres parcelas fueron distintas (Cuadro 37), es notorio que la distribución del tiempo por actividad fue similar entre ellas. El ganado invirtió 57 a 59% del tiempo en pastorear (caminar-comer) los rastrojos. Seguido por 23 a 29% del tiempo para descansar (de pie o echado). La actividad de rumia (de pie o echado) ocupó entre 9 y 14% del tiempo. En tanto la actividad caminar, entendiéndose como el traslado de un lugar a otro sin pastorear, presentó la menor proporción del tiempo (entre 3 y 6% del tiempo total).

*Cuadro 36. Comportamiento del ganado de 6 am a 6 pm en tres parcelas de SAQ, en Lempira, Honduras, febrero de 2011.*

Parcela	Actividad	Tiempo (%)
1	Caminar	6.2
	Descansar	22.8
	Pastorear	58.6
	Rumiar	12.5
	<b>Total</b>	<b>100.0</b>
2	Caminar	4.1
	Descansar	29.0
	Pastorear	57.4
	Rumiar	9.4
	<b>Total</b>	<b>100.0</b>
3	Caminar	2.8
	Descansar	26.1
	Pastorear	56.9
	Rumiar	14.3
	<b>Total</b>	<b>100.0</b>

Para un mejor entendimiento, es importante profundizar sobre las condiciones en las cuales se hicieron las observaciones. En las tres parcelas de observación se delimitaron

cuadrantes con condiciones particulares de pendiente, área, disponibilidad de forraje y acceso (Cuadro 37).

Se observó que en términos generales el ganado prefiere permanecer el mayor tiempo del día en aquellos cuadrantes con pendiente de moderada a baja (<45%) y cercanos a la puerta de acceso a la parcela. Por ejemplo, en el cuadrante 1 de la parcela 1 que tiene una pendiente de 20% y es el más cercano a la puerta de acceso (33 m), los animales permanecieron durante el 54% del tiempo de observación. El área de este cuadrante fue sólo el 12% del tamaño total de la parcela y no es el cuadrante con la mayor disponibilidad de forraje, evaluado con 1.0, habiendo otros cuadrantes con más rastrojo disponible (Cuadro 37). Una situación similar se presentó en la parcela 2, donde el ganado permaneció 19% de su tiempo en el cuadrante 7, el cual ocupa tan sólo el 3.5% del área total, tiene una pendiente promedio de 35%, una disponibilidad de forraje evaluada en 1.0. Resalta también el hecho de que este cuadrante sólo se encuentra a 20 metros de la puerta de acceso (Cuadro 37).

Por otra parte, en la parcela 2 destaca la discrepancia en el comportamiento del ganado entre los cuadrantes 2 y 8, ambos con pendientes similares, 56% y 54% respectivamente. En el cuadrante 8 el ganado no permaneció ni un minuto, en cambio en el cuadrante 2 el ganado perduró el 13% del tiempo. Esto es atribuido a la mayor disponibilidad de rastrojo en el cuadrante 2, con una valoración de 3.0, en cambio en el cuadrante 8 la disponibilidad de forraje se evaluó con 1.0 (Cuadro 37).

Estos resultados indican que en sitios con pendientes elevadas el ganado selecciona permanecer en aquellos con mayor disponibilidad de alimento. Esto se distingue más claramente en la parcela 3. Dentro de esta parcela el ganado permaneció el 53% del tiempo en el cuadrante 2, siendo este el único sitio de la parcela con pendiente moderada de 27% y representa el 18.3% del área total de la parcela. El resto de cuadrantes presentan pendientes promedio entre 69 a 72%, pero sobresale el comportamiento del ganado en el cuadrante 3, en donde el ganado permaneció durante el 32% del tiempo de observación, siendo esto atribuido a la mayor disponibilidad de forraje en este cuadrante en comparación con otras con pendientes similares, cuadrantes 1, 4 y 5 (Cuadro 37).

*Cuadro 37. Características de los cuadrantes y tiempo promedio de estadía diaria diurno del ganado por cuadrante en tres parcelas de SAQ bajo observación.*

Parcela	Cuadrante	Pendiente (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	Forraje <sup>a</sup> (1-5)	Acceso <sup>b</sup> (m)	Tiempo <sup>c</sup> (min)	Tiempo (%)
1	1	20	3036	12.0	1.0	33	390	54
	2	46	1638	6.5	2.0	78	12	2
	3	56	5050	20.0	2.0	140	14	2
	4	37	1987	7.9	1.5	171	2	0
	5	16	4149	16.4	2.0	120	173	24
	6	42	4153	16.4	1.5	137	51	7
	7	48	4163	16.5	2.0	73	79	11
	8	98	1121	4.4	2.0	84	0	0
	<b>Total</b>			<b>25297</b>	<b>100.0</b>			<b>720</b>
2	1	37	2286	11.0	2.5	115	57	8
	2	56	2856	13.8	3.0	159	93	13
	3	36	3348	16.2	4.0	180	32	5
	4	24	1909	9.2	2.0	126	51	7
	5	37	2653	12.8	1.0	100	78	10
	6	62	2389	11.5	4.0	190	53	7
	7	35	732	3.5	1.0	20	138	19
	8	54	4438	21.4	1.0	55	0	0
	corral	5	100	0.5	1.0	Corral	218	30
<b>Total</b>			<b>20711</b>	<b>100.0</b>			<b>720</b>	<b>100</b>
3	1	69	691	6.6	1.5	106	73	10
	2	27	1919	18.4	1.0	42	384	53
	3	70	2854	27.3	2.0	124	228	32
	4	71	3836	36.7	1.0	68	26	4
	5	72	1147	11.0	1.0	30	9	1
	<b>Total</b>			<b>10447</b>	<b>100.0</b>			<b>720</b>

<sup>a</sup> Evaluación de la disponibilidad de forraje en el cuadrante, valores de 1 a 5, donde 1 es la peor condición.

<sup>b</sup> Distancia desde la puerta de acceso a la parcela hasta el centro del cuadrante.

<sup>c</sup> Registro de actividad diaria de 6:00 am a 6:00 pm; 720 minutos.

Al analizar todo lo anterior se puede formular la pregunta *¿Qué actividad del ganado predomina según las características del cuadrante?* La respuesta se trató de definir con el cuadro siguiente (Cuadro 38).

Resulta ser que el tiempo que el ganado permanece en los cuadrantes de baja pendiente, lo distribuye entre descansar y pastorear. En cambio cuando el ganado visita los cuadrantes de alta pendiente, lo hace casi exclusivamente para pastorear, siendo esta la explicación por la cual dentro de los cuadrantes con alta pendiente el ganado pasa más tiempo en aquellos que tienen mayor disponibilidad de rastrojo (Cuadro 38).

La aseveración anterior se ve manifiesta, por ejemplo, en la parcela 1 cuadrantes 1 y 5 (Cuadro 38), en donde el ganado dedicó aproximadamente la mitad del tiempo a descansar y la otra mitad a pastorear. En esta misma parcela se observó que el ganado en los cuadrantes con



alta pendiente (cuadrantes 2, 3, 4, 6 y 7) casi exclusivamente se dedicó a pastorear. En las parcelas 2 y 3 se observan las mismas tendencias.

*Cuadro 38. Características de los cuadrantes y proporción de tiempo dedicado por el ganado a actividades de descanso y pastoreo en cada uno de los cuadrantes en tres parcelas de SAQ.*

Parcela	Cuadrante	Pendiente (%)	Forraje <sup>a</sup> (1-5)	Tiempo <sup>b</sup> (min)	% en descanso <sup>c</sup>	% en pastoreo <sup>d</sup>	Total %
1	5	16	2	173	50	50	100
	1	20	1	390	47	53	100
	4	37	1.5	2	0	100	100
	6	42	1.5	51	7	93	100
	2	46	2	12	0	100	100
	7	48	2	79	6	94	100
	3	56	2	14	0	100	100
	8	98	2	0	0	0	0
	<b>Total</b>			<b>720</b>			
2	4	24	2	51	14	86	100
	7	30	1	138	66	34	100
	3	36	4	33	6	94	100
	1	37	2.5	57	8	92	100
	5	37	1	78	12	88	100
	2	56	3	93	1	99	100
	6	62	4	53	12	88	100
	8	54	1	0	0	0	0
	corral	5	1	218	82	18	100
	<b>Total</b>			<b>720</b>			
3	2	27	1	384	72	28	100
	1	69	1.5	73	25	75	100
	3	70	2	228	4	96	100
	4	71	1	26	0	100	100
	5	72	1	9	0	100	100
	<b>Total</b>			<b>720</b>			

<sup>a</sup> Evaluación de la disponibilidad de forraje en el cuadrante, valores de 1 a 5, donde 1 es la peor condición.

<sup>b</sup> Registro de actividad diaria de 6:00 am a 6:00 pm; 720 minutos o 12 horas.

<sup>c</sup> Dentro del % de descanso está incluido también el tiempo de rumia.

<sup>d</sup> Dentro del % de pastoreo está incluido también la pequeña fracción de tiempo en caminar.

Con los resultados anteriores se demuestra que el ganado se siente mucho más a gusto permaneciendo en las zonas de baja pendiente y sólo se ve obligado a subir a los sitios con alta pendiente en busca de alimento cuando el hambre se acentúa.

#### 4.6 Condiciones apropiadas para la práctica ganadera en SAQ

Se trata de identificar condiciones que, en este caso, minimizan el efecto negativo del ganado sobre las propiedades físicas del suelo y la vegetación del sistema.



Con los resultados obtenidos en las parcelas de *SAQ sin ganado* se crearon intervalos de confianza para las variables que consideramos concluyentes en el estudio (Cuadro 39). Se considera que dentro de estos intervalos no habría afectación del ganado.

*Cuadro 39. Intervalos de confianza de las principales variables determinadas en las parcelas de SAQ sin ganado (SAQSin).*

Variable	Media <sup>a</sup>	LI (95%)	LS (95%)
DA (gr cm <sup>-3</sup> )	1.04	0.94	1.13
Índice de estabilidad de agregados de suelo (MWD;µm)	3006	2155	3858
% macro-agregados grandes (>2000 µm)	52.8	33.2	72.5
% partículas finas (<53 µm)	6.3	3.9	8.8
C en Macro-agregados grandes (gr C kg <sup>-1</sup> de suelo)	10.7	9.0	12.4
Biomasa total (segundo muestreo) (Kg MS ha <sup>-1</sup> )	9153	7531	10775
Erosión laminar observada (EL) (%)	19	9	30
Árboles enteros por hectárea	561	95	819
% de individuos dañados de la corteza <sup>b</sup>	39.4	15.2	63.5
% de individuos secos <sup>b</sup>	9.4	2.6	16.1

<sup>a</sup> Medias sin ningún ajuste por covariables, por lo que pueden presentar alguna diferencia con las medias resultantes de las ANAVAs

<sup>b</sup> Árboles + troncos

Debido a que en cada parcela de SAQCon se midieron los mismos indicadores, nos permite compararan esos resultados con los obtenidos en SAQSin (Cuadro 39), observando si la media encontrada para cada variable, en cada parcela de SAQCon, se ubica dentro del respectivo intervalo de confianza considerado sin afectación (SAQSin). Esto con el propósito de identificar sitios, con condiciones, que no hayan presentado afectación por el uso ganadero en ninguna de las variables consideradas como las más importantes.

Habiendo determinado que los sitios de alta pendiente (>45%) son los más afectados por el ganado, estos fueron descartados de este análisis, por lo que las medias que se presentan por variable corresponden al sitio de baja pendiente de la parcela (<45%) (Cuadro 40).

Cuadro 40. Parcelas de SAQCon incluidas en el estudio, sus características y valores promedio de las variables consideradas concluyentes, obtenidos en los sitios de menor pendiente de la parcela (<45%).

No.	Área (ha)	CAA <sup>a</sup>	Pend <sup>b</sup> %	T-uso (años)	DA (gr cc)	MWD (μm)	>2000μm (%)	<53μm (%)	C-MAG (g ka <sup>-1</sup> suelo)	BT (kg ha <sup>-1</sup> )	EL (%)	Ár ha <sup>-1</sup>	IndD %	IndS %
1	0.42	197	37	2	1.04*	4236*	82*	3*	19.7*	5670	39	251*	54.4*	17.4
2	0.85	542	8	10	1.18	3194*	57*	6*	10.0*			150*	62.5*	25.0
3	1.28	507	35	12	1.16	2347*	40*	10	7.5	6921	69	250*	50.0*	10.0*
4	0.85	327	12	3	1.14	1651	20	16	5.5	7869*	35	0	100.0	20.0
5	3.39	193	35	12	1.10*	2657*	46*	7*	10.7*	6775	29*	25	88.4	46.5
6	2.61	94	8	12	1.20	2938*	51*	4*	10.2*	7869*	35	150*	60.0*	30.0
7	2.42	277	12	12	1.11*	1058	13	16	3.0	3258	57	175*	68.8	15.6*
8	4.06	112	36	3	0.96*	3685*	69*	8*	23.8*	8957*	28*	50	69.2	56.4
9	1.69	145	50	3	1.10*	3322*	60*	6*	15.7*	5128	25*	25	87.5	41.7
10	0.95	761	30	12	1.18	2833*	49*	6*	7.9	3648	49	51	93.2	9.1*
11	1.54	212	32	2	1.01*	3931*	74*	3*	18.8*	4287	31*	0	88.9	33.3
12	0.69	357	35	3	1.09*	2465*	40*	6*	12.1*	2911	39	425*	48.3*	32.8
13	1.10	333	42	5	1.06*	2399*	42*	14	5.7	4694	59	550*	41.5*	2.4*
14	3.27	327	30	15	1.16	2530*	44*	9	5.9	5770	12*	200*	52.0*	12.0*
15	0.35	535	58	7	1.15	2575*	42*	6*	12.4*	2738	41	50	96.8	17.7
16	0.52	394	42	3	1.05*	3177*	56*	5*	11.1*	5023	41	75	75.6	48.8
17	0.46	145	45	12	1.17	3289*	60*	6*	12.8*	6682	51	275*	48.2*	11.1*

<sup>a</sup> Carga animal acumulada en la parcela en la época seca del 2010-2011, dada en dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

<sup>b</sup> Pendiente promedio del sitio de baja pendiente de la parcela.

T-uso=tiempo en uso continuo de la parcela, años; MWD=índice estabilidad de agregados del suelo; >2000μm=proporción de macro-agregados grandes; <53 μm=proporción de partículas de limo y arcilla; C-MAG= C en macro-agregados grandes; BT=biomasa total sobre el suelo después de la salida del ganado de la parcela; EL=erosión laminar total observada sobre el suelo; IndD=% de individuos, árboles+troncones, que presentaron daño de corteza; IndS=% de individuos, árboles+ troncones, encontrados secos.

\* Media ubicada dentro del respectivo intervalo de confianza, por lo que no presenta diferencia con SAQSin.

El razonamiento anterior indica que no hubo sitio de SAQCon que haya mostrado igualdad a SAQSin en todas las variables, lo que probablemente significa que actualmente no existen condiciones que anulen completamente el efecto del ganado en SAQ. Sin embargo se observó un buen número de sitios que no presentaron afectación sobre las propiedades físicas del suelo: 1, 5, 8, 9, 11, 12 y 16 (Cuadro 40). La mayoría de estos sitios tienen en común una CAA inferior a 200 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en tanto los sitios 11, 12 y 16 se ubican en parcelas jóvenes que han estado en uso por menos de 3 años, pudiendo haber otros aspectos del historial de uso, no conocidos, que explican mejor estos resultados.

Según este análisis los efectos negativos más acentuados del uso ganadero en sitios de baja pendiente (<45%) son los relacionados con la reducción de la cobertura vegetal sobre el suelo (BT) y en consecuencia con mayor erosión laminar (EL), ya que sólo el sitio “8” no

mostró afectación en ambas variables, pues se ubica en una parcela con baja CAA, de apenas 3 años en uso y además es la parcela de mayor tamaño incluida en el estudio, 4.06 ha, condiciones que probablemente influyeron en la proporción de rastrojos remanentes sobre el suelo después de la estadía del ganado. Sepúlveda y Nieuwenhuyse (2011), en estudio desarrollado en la zona montañosa del norte de Honduras, llegaron a la conclusión que el efecto más marcado del pastoreo de ganado es la reducción de la cobertura vegetal lo que trae consigo procesos de degradación de todo tipo.

En análisis previos se comprobó que el componente arbóreo es afectado significativamente por el ganado (Cuadro 31; Figura 18, 19 y 20). Sin embargo el Cuadro 40 expone algunos sitios (3, 13, 14 y 17) que no manifestaron afectación por el ganado en los tres indicadores tomados de este componente (Ar ha<sup>-1</sup>, IndD y IndS). No obstante, estos resultados no muestran un patrón lógico, ya que estos, a excepción del sitio 17, son sitios sometidos a una CAA de media a alta y con muchos años en uso continuo. Es posible que el ganado no haya causado daño significativo al componente arbóreo de estos lugares por el mayor tamaño de los árboles en estos sitios en particular. Árboles que son en su mayoría de las especies Laurel (*Cordia alliodora*), Aceituno (*Simarouba glauca*), Silimera (*Leucaena lempirana*), Guachipilín (*Diphysa robinoides*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*), todos consideradas de alto valor por el productor.

Como resultado de este y otros análisis anteriores, se identificó que la carga animal acumulada más adecuada para SAQ (pastoreo de rastrojos en época seca) está por debajo de 200 dUA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, debiendo además el sitio cumplir algunas condiciones mínimas: sitios con pendientes de moderadas a bajas (<45%); no usar un mismo sitio por más de 3 años continuos; retirar el ganado del sitio al evidenciar parches de suelo desnudo; evitar introducir ganado en parcelas donde se observan árboles pequeños de alto valor que puedan ser comidos o quebrados.

El periodo crítico en el establecimiento del componente arbóreo en sistemas agroforestales son los primeros dos años de vida del árbol, por lo que normalmente se recomienda evitar el contacto con el ganado durante los dos años después del establecimiento o hasta que el árbol esté fuera de alcance del ganado, 3 m de altura (Somarriba 2010). Aunque en SAQ el componente arbóreo es producto de la regeneración natural, este mismo principio

puede ser aplicado a manera de minimizar el efecto del ganado sobre este indispensable componente del sistema.

## 5. CONCLUSIONES

El pastoreo, con ganado bovino, de rastrojos durante la época seca en SAQ, modifica las propiedades físicas de los primeros 10 cm de suelo: aumenta la densidad aparente, disminuye la estabilidad de agregados y mengua el carbono en los macro agregados grandes del suelo. Los efectos negativos del uso ganadero sobre las propiedades físicas del suelo se acentúan con el incremento en la carga animal y en terrenos con pendientes por arriba del 45%.

Con el uso ganadero de SAQ, en época seca, se incrementa la susceptibilidad del suelo a la erosión laminar al inicio de la siguiente época de lluvias. La mayor erosión laminar mostrada en parcelas SAQCon está relacionada a la disminución de la cobertura vegetal del suelo. Los signos de erosión laminar se agravan con el aumento en la carga animal acumulada y en pendientes por arriba del 45% de inclinación.

Los residuos vegetales sobre el suelo de SAQ se disminuyen en promedio en un 35% debido al pastoreo del ganado y se acentúa con un incremento en la carga animal acumulada y en sitios con pendientes mayores al 45%. La mayor reducción de biomasa en sitios de alta pendiente, posiblemente se explica por diferencias en el comportamiento del ganado, que visita estos sitios casi exclusivamente para alimentarse, razón por la cual hay poco rechazo del alimento por contaminación con excrementos, comparado con sitios menos inclinados donde el ganado pasa mucho tiempo descansando.

El ganado en SAQ invierte entre el 57 y 59% del día en pastorear los rastrojos, teniendo preferencia por permanecer en los sitios con pendiente <45%, en los cuales descansa entre el 50 y 70% del tiempo y pastorea el resto, visitando los sitios con pendiente >45% casi exclusivamente (75 a 100%) para alimentarse.

La ganadería está afectando el componente arbóreo de SAQ. Las parcelas SAQCon presentan un menor número de árboles por hectárea, tendencia a mayor disposición de árboles secos y/o con daño en la corteza, y mayor presencia de troncos secos y dañados en

comparación a SAQSin, lo que probablemente es producto de los daños directos e indirectos del ganado. Indirectamente el ganado influye para que los productores corten y poden más severamente los árboles y así promover un mayor crecimiento del forraje (rastros). De forma directa el ganado ramonea y quiebra principalmente los individuos juveniles.

En la situación actual, la carga animal acumulada (CAA) más adecuada para SAQ está por debajo de 200 días de UA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Siendo esta CAA aplicable sólo en sitios con pendientes <45%. Además existe una tendencia al aumento del efecto negativo del ganado al incrementar el tiempo de uso ganadero de la parcela por sobre tres años continuos. Por lo que la rotación entre periodos de uso y descanso que permita la regeneración y crecimiento de los árboles es aconsejable.

## **6. RECOMENDACIONES**

Tomando en cuenta el creciente interés de las familias productoras del sur de Lempira en la ganadería, se recomienda investigar alternativas para los sistemas de manejo ganadero actual. Por ejemplo, se podría investigar más la viabilidad de un sistema de semi-estabulación. Por otra parte, en vista de la poca disponibilidad de terreno, cada productor podría realizar un ordenamiento de su parcela, destinando al uso ganadero sólo áreas con pendiente menor al 45%, manteniendo el resto para los cultivos habituales.

En las fincas se podría experimentar con la introducción de especies de plantas forrajeras, anuales y perennes, de alto potencial para la producción de forraje en áreas pequeñas, las cuales podrían ser cultivadas, en parte de la parcela, en asocio y/o relevo con los cultivos actuales, exclusivamente para la generación y conservación de alimento para el ganado.

No se recomienda el establecimiento de pasturas permanentes en terrenos con pendiente mayor a 45% debido a que resulta prácticamente imposible evitar la erosión del suelo. En el caso que se decida establecer pasturas permanentes, procurar que sea en terrenos con pendiente menor a 45%, establecer pastos mejorados con hábito de crecimiento rastrero e intentar siempre mantener una buena cobertura de suelo.

A nivel de instituciones de apoyo al sector ganadero, se recomienda tecnificar los criterios de asesoramiento a los productores en la selección de las especies y sitios más apropiados para el establecimiento de pasturas o plantas forrajeras dentro de su finca.

Debido a que se observó que el ganado daña directamente árboles juveniles de especies valiosas como el Laurel (*Cordia alliodora*), no se recomienda el uso ganadero en parcelas con alta presencia de esta especie. En el caso de que se decida hacer uso de estas parcelas, los árboles juveniles (menor a 2 m de alto) podrían ser protegidos con algún tipo de cerca para aislarlos del contacto directo con el ganado.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A; Bucher, EH. 2001. Overgrazing and soil carbon dynamics in the western Chaco of Argentina. *Applied Soil Ecology* 16:243-249.
- Amézquita, E. 1998. Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y requerimientos de labranza. En: Memorias I Encuentro Nacional de Labranza de Conservación. Romero, C.G.; Aristizabal, Q.D.; Jaramillo, S.C. Villavicencio, Colombia p.
- Barragán, JO. 2004. Main factors influencing maize production in the Quesungual agroforestry system in Southern Honduras: An exploratory study. M.Sc. Wageningen, The Netherlands In collaboration with TSBF –CIAT Cali-Colombia, Wageningen University.
- Barrantes, RE. 1999. Investigación. Un Camino al Conocimiento: un enfoque cuantitativo y cualitativo. San José, Costa Rica, EUNED. 280 p.
- Barrios, C; Beer, J; Ibrahim, M. 1999. Pastoreo regulado y bostas del ganado para la protección de plántulas de *Pithecolobium saman* en potreros. *Agroforestería en las Américas* 6:63-65.
- Barrios, E; Buresh, RJ; Sprent, JI. 1996. Nitrogen mineralization in density fractions of soil organic matter from maize and legume cropping systems. *Soil Bid. Biochem.* 28:1459-1465.
- Bavel, CHMv. 1950. Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 14:20-23.
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10:80.
- Boshier, D; Hellin, J; Finegan, B; Kass, D. La diversidad de América Central enriquece -clima y suelos de la región: El Sistema Quezungal: un sistema agroforestal indígena que mejora el suelo. OFI-CATIE. 67 p.
- Botero, R; Russo, RO. 1998. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica.*
- Bouyoucos, GJ. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soil. *Soil Science* 23:343-353.
- Bustillos, RHC. 2008. Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el valle de Talamanca, Costa Rica. M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 56
- Cabalceta, G; Molina, E. 2006. Niveles críticos de nutrimentos en suelos de Costa Rica utilizando la solución extractora Mehlich 3. *Agronomía Costarricense* 30(2):31-44.
- Caicedo, CA. 2007. Patrones de regeneración natural establecida de especies leñosas y su relación con aspectos estructurales, funcionales y de manejo en un agropaisaje mesoamericano. M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 196
- Carmona, JC; Bolívar, D; Giraldo, LA. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 18:49-63.
- Casanova, M; Seguel, O; Joel, A; Messing, I; Lnzio, W; Vera, W. 2003. Funciones de pedotransferencia para conductividad hidráulica en laderas de secano. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 3:42-48.
- Castro, A; Asakawa, N; Borrero, G; Rao, IM; Menjivar, JC; Barrios, E; Amezcuita, E; Garcia, E; Ayarza, M. Dynamics of nitrogen and phosphorus in Quesungual Slash and Mulch

- Agroforestry System. Poster paper presented at the 3rd Internal Scientific Poster Competition of CIAT. *In*. 2009. Palimira, Colombia.
- CEPAL-FAO-IICA. 2009. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: Una mirada hacia América Latina y el Caribe. San José, Costa Rica, IICA. 158 p.
- Cortéz, MES. 2009. Evaluación del diseño de pequeñas fincas agropecuarias y de la condición de las pasturas mejoradas en la zona sur de Costa Rica. M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Cruz, J; Nieuwenhuys, A. 2008. El establecimiento y manejo de leguminosas arbustivas en bancos de proteínas y cultivos en callejones. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 151 p. (86)
- Di Marco, O; Aello, M. 2003. Costo energético de la actividad de vacunos em pastoreo y su efecto en la Produccion. Unidad Integrada Balcarce.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Gonzales, LA; Tablada, EM; Díaz, MdP; Robledo, CW; Balzarini, MG. 2008. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Séptima Edición ed. Cordoba Argentina, Editorial Brujas. p.
- Díaz-Romeu, R; Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.
- Doran, JW; Coleman, DC; Bezdicek, DF; Stewart, BA. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, United States of America. Madison, USA, Soil Science Society of America, Inc. 244 p.
- Drewry, JJ; Paton, RJ; Monaghan, RM. 2004. Soil compaction and recovery cycle on a Southland dairy farm: implications for soil monitoring. Australian Journal of Soil Research 42:851-856.
- Elliott, ET. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:627-633.
- FAO. 2002. Agricultura de conservación: Estudios de casos en América y África. Roma p.
- \_\_\_\_\_. 2005. El Sistema Agroforestal Quesungual: Una opción para el manejo de suelos en zonas secas de ladera. Tegucigalpa, Sistema de Extensión Lempira (SEL). 50 p.
- \_\_\_\_\_. 2009. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma, FAO. p.
- Fernández-Baca, S. 1980. La producción pecuaria como componente del desarrollo agrícola en las zonas de ladera de América Tropical. Turrialba Costa Rica, CATIE. 229 p.
- Ferreira, O. 2008. Flujos de gases de efecto invernadero, potencial de calentamiento global y evaluación de emergencia del sistema agroforestal Quesungual en el sur de Lempira, Honduras. M.Sc., Universidad Nacional de Colombia. 98
- Fonte, SJ; Barrios, E; Six, J. 2010. Earthworms, soil fertility and aggregate-associated soil organic matter dynamics in the Quesungual agroforestry system. Geoderma 155:320-328.
- Forsythe, W. 1975. Manual de laboratorio. Física de suelos. San José, Costa Rica, IICA. p.
- Gamboa, H; Gómez, W; Ibrahim, M. 2009. Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie técnica. Informe técnico No. 377. 47-68.



- Gentile, R; Vanlauwe, B; Kavoo, A; Chivenge, P; Six, J. 2008. Residue quality and N fertilizer do not influence aggregate stabilization of C and N in two tropical soils with contrasting texture. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* .
- Gil, R. 2002. El comportamiento físico-funcional de los suelos.19.
- Giraldo, VA. 1996. El potencial de los sistemas silvopastoriles para la ganadería sostenible. *Memorias del curso sobre pasturas tropicales. Corpoica -Ciencia y Tecnología Agropecuarias:141-172.*
- Gliessman, SR. 2002. *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible.* Turrialba, Costa Rica, CATIE. 359 p.
- Haveren, BPV. 1983. Soil bulk density as influenced by grazing intensity and soil type on a shortgrass. *Journal of Range Management* 36 (5):586-588.
- Hellin, J; Welchez, LA; Cherrett, I. 1999. The Quezungual system: an indigenous agroforestry system from western Honduras. *Agroforestry Systems* 46:229-237.
- Herrero, MA; Gil, SB. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecología Austral* 18:273-289.
- Hevia, GG; Buschiazzo, DE; Hepper, EN; Urioste, MA; Anton, EL. 2003. Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. *Geoderma* 116:265-277.
- Holguín, VA; Ibrahim, M; Mora, J; Rojas, A. 2003. Caracterización de sistemas de manejo nutricional en ganaderías de doble propósito de la región Pacífico Central de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10:40-46.
- Lal, R. 1996. Deforestation and land - use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological Properties. *Land Degradation & Development* 7:19-45.
- Mandaluniz, N; Oregui, LM; Ruiz, R. 1998. Mountain grazing activity of cows in the Massif of Gorbea [Spain], preliminary data; Actividad del vacuno en pastoreo en el Macizo del Gorbea [España], datos preliminares. *Serie Ciencias-Universidad de Valladolid (España).*
- Martínez-Mena, M; Abadía, R; Castillo, V; Albaladejo, J. 2001. Diseño experimental mediante lluvia simulada para el estudio de los cambios en la erosión del suelo durante la tormenta. *Rev. C. & G.* 15 (1-2):31-43.
- Maughan, MW; Flores, JPC; Anghinoni, I; Bollero, G; Fernández, FG; Tracy, BF. 2009. Soil Quality and Corn Yield under Crop-Livestock Integration in Illinois. *Agronomy Journal* 101(6):1503-1510.
- Molina, E; Meléndez, G. 2002. Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Mimeo.
- Morgan, RPC. 1997. *Erosión y conservación del suelo.* Mundi-Prensa Libros. p.
- Murgueitio, E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. *Livestock Research for Rural Development* 15.
- \_\_\_\_\_. 2008. Aspectos relacionados con la Sustentabilidad Social y Ambientas de los Sistemas Silvopastoriles en América Tropical (en línea). Colombia.
- Nair, PKR. 1985. Classification of agroforestry systems. Working paper no. 28. Nairobi, Kenia, INCRAF. 52 p.
- \_\_\_\_\_. 1997. *Agroforestería.* Centro de agroforestería para el desarrollo sostenible. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 542 p.
- Osuji, PO. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *Journal of Range management* 27:437-443.
- Pantzay, JJC; León, EMHd; Galindo, AS; Sánchez, ACC. 2000. Evaluación de soluciones extractoras en la fertilidad de los suelos para las regiones fisiográficas: Llanura costera

- del pacífico y pendiente volcánica reciente de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p.
- Pauli, N. 2008. Environmental influences on the spatial and temporal distribution of soil macrofauna in a smallholder agriforestry system of western Honduras. Ph.D. Perth, Australia, University of Western Australia. 333
- Paz González, A; Thonon, I; Bertolani, FC; Castro, MMT; Vázquez, EV; Dafonte, JD. 2001. Variabilidad espacial de la infiltración en una ladera determinada con permeámetro de Guelph e infiltrómetro de tensión. Temas de investigación en la zona no saturada. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España:1-10.
- Pérez, E. 2002. La Situación de la Ganadería en Centroamérica. Intensificación de la ganadería en Centroamérica. FAO.
- Peri, P. 2005. Sistemas silvopastoriles en ñirantales. IDIA XXI Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario INTA:255-261.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Módulos de Enseñanza Agroforestal. San José, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. (2)
- Pinzón, A; Amézquita, E. 1991a. Compactación por ganadería intensiva en algunos suelos del Caquetá (Colombia). Suelos Ecuatoriales 21 (1):104-111.
- \_\_\_\_\_. 1991b. Compactación de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. Pasturas Tropicales 13:21-26.
- Prieto; Somlo, R; Barroso, FG; Boza, J. 1991. Estimación del gasto energético del caprino en pastoreo en la comarca de Andarax (Almería). I. El costo de la locomoción. Arch. Zootec 40:55-72.
- Prieto Pinzón, B; Peroza Sierra, J; Tamara, R. 2006. Determinación de las propiedades hidráulicas de los suelos del sinú con infiltrómetros de tensión de disco.
- Rabenhorst, MC. 1988. Determination of organic carbon and carbonate carbon in calcareous soils using dry combustion. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:965-969.
- Raintree, JB. 1987. D & D user's manual an introduction to agroforestry diagnosis and design. Nairobi, ICRAF. 110 p.
- Rivera, M. 2008. Determinación de la dinámica del agua en el sistema agroforestal Quesungual e identificación de factores Suelo-planta para el mejoramiento de la productividad del agua en los cultivos. Ph.D., Universidad Nacional de Colombia. 335
- Rivera, M; Collazos, A; Rao., I; Flores, JCM. 2009. Spatial and daily variability of soil moisture content in three agroforestry systems. Acta Agronómica, Universidad Nacional de Colombia 58:75-83.
- Rubio, G; Lavado, RS. 1990. Efectos de alternativas de manejo pastoril sobre la densidad aparente de un Natracualf. Ciencia del Suelo 8:79-82.
- Ruiz, ME. 1997. Clasificación de sistemas de producción animal. Publicación CIAT 295:153-164.
- Russell, JR; Betteridge, K; Costall, DA; Mackay, AD. 2001. Cattle treading effects on sediment loss and water infiltration. Journal of Range Management 54 (2):184-190.
- Russo, RO. 1994. Sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible. Agroforestería en las Américas 1:10-13.
- Sadeghian, S; Rivera, JM; Gamez, ME. 1999. Impact of cattle ranching on the soil physical, biological and chemical characteristics of the Andes in Colombia.123-141.
- Sánchez, PA; Palm, CA; Szott, LT; Cuevas, E; Lal, R. 1989. Organic input management in tropical agroecosystems. In Coleman, DC; Oades, JM; Uehara, G. eds. *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*. Honolulu, NIFTAL Project Department of

- Agronomy and Soil Science College of Tropical Agriculture and Human Resources University of Hawaii. 125-152.
- Sch, AE; Grez, R; Ramírez, C. 1997. La conductividad hidráulica en fase saturada como herramienta para el diagnóstico de la estructura del suelo. *Agro sur* 25:51-56.
- Scherr, SJ. 2000. Poverty-Environment Interactions in Agriculture: Keys Factors and Policy Implications. Program and European Community, Policy and Environment Initiative 3.
- Sepúlveda, RB; Roselló, MJP. 1998. Degradación física de suelos como consecuencia de la erosión en laderas sometidas a distintos usos agropecuarios. *Estudios de Arte, Geografía e Historia* 20:21-34.
- Sepúlveda, RB. 2004. El tratamiento del concepto "Carga ganadera" en los sistemas de evaluación de suelos para uso ganadero. *Estudios Geográficos*, LXV 254:143-150.
- \_\_\_\_\_. 2008. La evaluación de la vulnerabilidad del suelo a la degradación por uso ganadero en espacios montañosos. Análisis metodológico. *Estudios Geográficos*, LXIX 264:51-80.
- Sepúlveda, RB; Nieuwenhuys, A. 2011. Influence of topographic and edaphic factors on vulnerability to soil degradation due to cattle grazing in humid tropical mountains in northern Honduras. *Catena* 86:130-137.
- Six, J; Conant, RT; Paul, EA; Paustian, K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241:155-176.
- Somarriba, E. 2010. Apuntes de clase: Sistemas agroforestales con cultivos anuales y perennes.
- Soto, G. 2010. Conceptos básicos. Materia Orgánica del Suelo (Soil Organic Matter SOM). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Presentación Power Point 77 diapositivas.
- Steffens, M; Kölbl, A; Totsche, KU; Kögel-Knabner, I. 2008. Grazing effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of Inner Mongolia (P.R. China). *Geoderma* 143:63-72.
- Steinfeld, H. 2002. Ganadería y medio ambiente en Centroamérica. Intensificación de la Ganadería en Centroamérica. FAO.
- Taddese, G; Saleem, MAM; Abyie, A; Wagnew, A. 2002. Impact of Grazing on Plant Species Richness, Plant Biomass, Plant Attribute, and Soil Physical and Hydrological Properties of Vertisol in East African Highlands. *Environmental Management* 29 (2):279-289.
- Tiessen, H; Stewart, JWB. 1983. Particle size-fractions and their use in studies of soil organic matter. II. Cultivation effects on organic matter composition in size fractions. *Soil Science Society of America Journal* 41:509-514.
- Tijerino, JDP. 2008. Aplicación de los principios del sistema agroforestal Quesungual en Nicaragua, caracterización de la calidad física y química del suelo y susceptibilidad a la erosión en La Danta, Somotillo. M.Sc. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 111
- Tisdall, JM; Oades, JM. 1982. Organic matter and waterstable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163.
- Toit, GvNd; Snyman, HA; Malan, PJ. 2009. Physical impact of grazing by sheep on soil parameters in the Nama Karoo subshrub/grass rangeland of South Africa. *Journal of Arid Environments* 73:804-810.
- Torquebiau, E. 1990. Conceptos de agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 92 p.
- Urricariet, S; Lavado, RS. 1999. Indicadores de deterioro en suelos de la Pampa Ondulada. *Ciencia del Suelo* 17:37-44.

- Vanegas, CMP. 2006. Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba–Jiménez, Costa Rica. M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 131
- Videla, C; Trivelin, PCO. 2008. Influence of soil dispersion method on organic matter quality separated by particle-size fractionation. *Ciencia del Suelo* 26:97-103.
- Villacis, J; Harvey, CA; Ibrahim, M; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10:39-40.
- Wélchez, LA; Ayarza, M; Amézquita, E; Barrios, E; Rondón, M; Castro, A; M. Rivera; Ferreira, O; Pavón, J; Rao, I. 2006a. Qesungual Slash and Mulch Agroforestry System. In: Annual Report-TSBF Institute; Integrated Soil Fertility Management in the Tropic. CIAT. 308 p.
- Wélchez, LA; Ayarza, M; Amézquita, E; Barrios, E; Rondón, M; I., R. 2006b. Unravelling the mysteries of the Qesungual slash and mulch agroforestry. Paper presented at 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia.
- Willatt, ST; Pullar, M. 1984. Changes in soil physical properties under grazed pastures. *Aust. J. Soil Res.* 22:343-348.
- Wu, J; Joergensen, R; Pommerening, B; Chaussod, R; Brooks, P. 1990. Measurement of soil microbial biomass C by fumigation-extraction: an automated procedure. *Soil Biology and Biochemistry* 22:1167-1169.

# **ANEXOS**

**Anexo 1. Análisis de fertilidad de suelo para las 25 parcelas, 17 de SAQCon y 8 SAQSin, incluidas en el estudio (comparar el código de “Finca” con el listado en los Cuadros 5 y 6 del documento).**



**INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ**  
LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



DATOS GENERALES

PRODUCTOR: LINDOLFO ARIAS

LABO: 6312-11

ALDEA:

FINCA: L

MUNICIPIO: CANDELARIA

LOTE:

DEPTO: LEMPIRA

FECHA: 02/11/2011

RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio meq/100g suelo	Calcio meq/100g suelo	Magnesio meq/100g suelo	Al meq/100g suelo	Zn Ppm	Mn Ppm	Fe Ppm	Cu meq/100g suelo	AI meq/100g suelo
5.56	1.07	6.23	0.24	9.29	2.35	0.04	0.31	64.88	9.83	0.05	0.08

RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



**INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ**  
LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



DATOS GENERALES

PRODUCTOR: REINA MEJIA

LABO: 6311-11

ALDEA: 0

FINCA: R

MUNICIPIO: CANDELARIA

LOTE:

DEPTO: LEMPIRA

FECHA: 02/11/2011

RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio meq/100g suelo	Calcio meq/100g suelo	Magnesio meq/100g suelo	Al meq/100g suelo	Zn Ppm	Mn Ppm	Fe Ppm	Cu meq/100g suelo	AI meq/100g suelo
5.90	2.68	24.13	0.09	11.29	2.95	0.04	1.60	64.23	10.08	0.26	0.08

RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 Lbs/mz 15-15-15  
41.00 Lbs/mz UREA  
66.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 41.00 Lbs/mz UREA  
66.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 41.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *JUAN CARLOS PARCULA*

LABO: *6313-11*

ALDEA:

FINCA: *JC1*

MUNICIPIO: *CANDELARIA*

LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA*

FECHA: *02/11/2011*

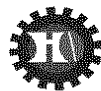
### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.61	2.68	6.12	0.26	9.11	1.86	0.06	1.12	52.41	7.96	0.09	0.12

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *ARTURO MENJIVAR*

LABO: *6314-11*

ALDEA:

FINCA: *A*

MUNICIPIO: *CANDELARIA*

LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA*

FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
4.87	5.36	8.40	0.24	6.21	1.49	0.39	0.40	59.32	13.35	0.05	0.50

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
53.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 53.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 53.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *TOÑO ARIAS*

LABO: *6315-11*

ALDEA:  
MUNICIPIO: *CANDELARIA*  
DEPTO: *LEMPIRA*

FINCA: *T1*  
LOTE:  
FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm				mcq/100g suelo	
5.59	1.34	5.11	0.12	8.94	2.36	0.06	0.69	55.43	9.09	0.19	0.12

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *JUAN SIBRIAN*

LABO: *6316-11*

ALDEA:  
MUNICIPIO: *CANDELARIA*  
DEPTO: *LEMPIRA*

FINCA: *JS*  
LOTE:  
FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm				mcq/100g suelo	
5.46	1.34	65.90	0.05	8.60	2.24	0.08	0.46	66.95	14.50	0.18	0.16

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 Lbs/mz 15-15-15  
41.00 Lbs/mz UREA  
66.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 41.00 Lbs/mz UREA  
66.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 41.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA





# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *MANUEL DIAZ*

LABO: *6317-11*

ALDEA:

FINCA: *MD*

MUNICIPIO: *CANDELARIA*

LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA*

FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
	%	Ppm	mcq/100g suelo				Ppm				mcq/100g suelo
6.00	2.68	10.25	0.12	8.42	3.31	0.01	0.24	55.93	12.07	0.26	0.04

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 lbs/mz 12-24-12  
54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
 Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *BERNARDA LAINEZ*

LABO: *6318-11*

ALDEA:

FINCA: *Y*

MUNICIPIO: *CANDELARIA*

LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA*

FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
	%	Ppm	mcq/100g suelo				Ppm				mcq/100g suelo
5.68	2.68	4.19	0.20	7.82	1.80	0.04	0.75	54.17	10.84	0.06	0.08

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 lbs/mz 12-24-12  
54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
 Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *FRAN HENRIQUEZ*

LABO: *6319-11*

ALDEA: FINCA: *FH2*

MUNICIPIO: *CANDELARIA* LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA* FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.23	4.02	28.77	0.12	6.90	2.14	0.10	0.60	61.21	15.88	0.21	0.20

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 Lbs/mz 15-15-15  
40.00 Lbs/mz UREA  
65.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 40.00 Lbs/mz UREA  
65.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 40.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *UVENCE ARIAS*

LABO: *6320-11*

ALDEA: FINCA: *H2*

MUNICIPIO: *CANDELARIA* LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA* FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.88	2.68	9.14	0.21	9.09	2.99	0.06	1.00	73.83	18.93	0.09	0.12

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *FRAN HENRRIQUEZ*

LABO: *6321-11*

ALDEA: FINCA: *FH1*  
MUNICIPIO: *CANDELARIA* LOTE:  
DEPTO: *LEMPIRA* FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
	%	Ppm	mcq/100g suelo			Ppm				mcq/100g suelo	
5.32	2.68	7.19	0.10	6.68	2.65	0.05	0.64	93.12	27.47	0.16	0.10

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 lbs/mz 12-24-12  
54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *MARCOS HENRRIQUEZ*

LABO: *6322-11*

ALDEA: FINCA: *MH1*  
MUNICIPIO: *CANDELARIA* LOTE:  
DEPTO: *LEMPIRA* FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
	%	Ppm	mcq/100g suelo			Ppm				mcq/100g suelo	
5.43	4.02	9.18	0.18	6.27	1.92	0.10	0.74	23.32	15.32	0.06	0.20

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 lbs/mz 15-15-15  
40.00 lbs/mz UREA  
65.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 40.00 lbs/mz UREA  
65.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 40.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: MIGUEL CRUZ

LABO: 6323-11

ALDEA:  
MUNICIPIO: CANDELARIA  
DEPTO: LEMPIRA

FINCA: MC  
LOTE:  
FECHA: 02/11/2011

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.83	0.40	6.20	0.11	10.50	2.47	0.05	0.87	67.25	12.00	0.01	0.10

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: TOÑO ARIAS

LABO: 6324-11

ALDEA:  
MUNICIPIO: CANDELARIA  
DEPTO: LEMPIRA

FINCA: T2  
LOTE:  
FECHA: 02/11/2011

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.59	6.70	8.03	0.11	9.42	2.26	0.05	0.78	64.59	7.02	0.12	0.10

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
53.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 53.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 53.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *FRAN HENRIQUEZ*

LABO: *6325-11*

ALDEA: FINCA: *FH3*  
MUNICIPIO: *CANDELARIA* LOTE:  
DEPTO: *LEMPIRA* FECHA: *02/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.35	2.68	7.76	0.11	6.68	1.98	0.06	1.15	42.71	15.24	0.26	0.12

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 lbs/mz 12-24-12  
54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *JUAN ORELLANA*

LABO: *6326-11*

ALDEA: FINCA: *J*  
MUNICIPIO: *CANDELARIA* LOTE:  
DEPTO: *LEMPIRA* FECHA: *04/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.44	2.68	22.39	0.09	8.24	3.19	0.08	0.94	110.02	24.27	0.36	0.16

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 lbs/mz 15-15-15  
41.00 lbs/mz UREA  
66.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 41.00 lbs/mz UREA  
66.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 41.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *JUAN CARLOS*

LABO: *6327-11*

ALDEA:  
MUNICIPIO: *CANDELARIA*  
DEPTO: *LEMPIRA*

FINCA: *JC2*  
LOTE:  
FECHA: *04/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.53	6.70	4.35	0.16	6.99	1.41	0.09	0.29	61.56	11.05	0.28	0.18

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
53.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 53.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 53.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *MARCOS HENRIQUEZ*

LABO: *6328-11*

ALDEA:  
MUNICIPIO: *CANDELARIA*  
DEPTO: *LEMPIRA*

FINCA: *MHZ*  
LOTE:  
FECHA: *04/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm					mcq/100g suelo
5.52	4.02	79.90	0.23	10.13	2.48	0.07	1.01	43.70	13.25	0.18	0.14

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 Lbs/mz 15-15-15  
40.00 Lbs/mz UREA  
65.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 40.00 Lbs/mz UREA  
65.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 40.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: DAVID LAINEZ

LABO: 6329 - 11

ALDEA:

FINCA: DL

MUNICIPIO: CANDELARIA

LOTE:

DEPTO: LEMPIRA

FECHA: 04/11/2011

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			meq/100g suelo			Ppm					meq/100g suelo
5.98	2.88	11.80	0.30	10.54	3.51	0.04	1.46	61.16	6.93	0.24	0.08

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 lbs/mz 12-24-12  
54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: JUAN ANGEL

LABO: 6330 - 11

ALDEA:

FINCA: JA

MUNICIPIO: CANDELARIA

LOTE:

DEPTO: LEMPIRA

FECHA: 04/11/2011

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			meq/100g suelo			Ppm					meq/100g suelo
5.44	4.02	15.40	0.17	12.62	5.46	0.04	1.58	38.31	17.62	0.72	0.14

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 lbs/mz 15-15-15  
40.00 lbs/mz UREA  
65.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 40.00 lbs/mz UREA  
65.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 40.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: JOSE ALBERTO

LABO: 6331 - 11

ALDEA:  
MUNICIPIO: CANDELARIA  
DEPTO: LEMPIRA

FINCA: BC  
LOTE:  
FECHA: 04/11/2011

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
	%	Ppm	mcq/100g suelo				Ppm				mcq/100g suelo
5.46	4.02	30.38	0.35	12.99	3.69	0.07	1.07	33.88	2.20	0.01	0.14

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 Lbs/mz 15-15-15  
40.00 Lbs/mz UREA  
42.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 40.00 Lbs/mz UREA  
42.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 40.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: UVENCE ARIAS

LABO: 6332 - 11

ALDEA:  
MUNICIPIO: CANDELARIA  
DEPTO: LEMPIRA

FINCA: H1  
LOTE:  
FECHA: 04/11/2011

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
	%	Ppm	mcq/100g suelo				Ppm				mcq/100g suelo
5.81	1.34	35.61	1.23	9.07	2.28	0.08	1.24	48.06	8.60	0.13	0.16

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 Lbs/mz 15-15-15  
41.00 Lbs/mz UREA  
66.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 41.00 Lbs/mz UREA  
66.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 41.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
Coordinador LQA





## INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

### LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



#### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *MANUEL COREA*

LABO: *6333-11*

ALDEA:

FINCA: *MCO*

MUNICIPIO: *CANDELARIA*

LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA*

FECHA: *04/11/2011*

#### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm				mcq/100g suelo	
5.34	4.02	13.07	0.49	10.95	3.10	0.34	1.13	52.10	26.20	0.31	0.48

#### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 256.00 lbs/mz 15-15-15  
40.00 lbs/mz UREA  
42.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 40.00 lbs/mz UREA  
42.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 40.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
 Coordinador LQA



## INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

### LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



#### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *DAVID LAINEZ*

LABO: *6334-11*

ALDEA:

FINCA: *DL2*

MUNICIPIO: *CANDELARIA*

LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA*

FECHA: *04/11/2011*

#### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

PH	Materia Orgánica %	Fósforo Ppm	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
			mcq/100g suelo			Ppm				mcq/100g suelo	
5.66	2.68	9.00	0.27	9.80	2.79	0.05	1.86	56.37	7.33	0.17	0.10

#### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 lbs/mz 12-24-12  
54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
81.00 lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 54.00 lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
 Coordinador LQA



# INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ

## LABORATORIO QUIMICO AGRICOLA



### DATOS GENERALES

PRODUCTOR: *VICTOR BUESO*

LABO: *6335-11*

ALDEA:

FINCA: *V*

MUNICIPIO: *CANDELARIA*

LOTE:

DEPTO: *LEMPIRA*

FECHA: *04/11/2011*

### RESULTADOS DE LABORATORIO QUIMICO

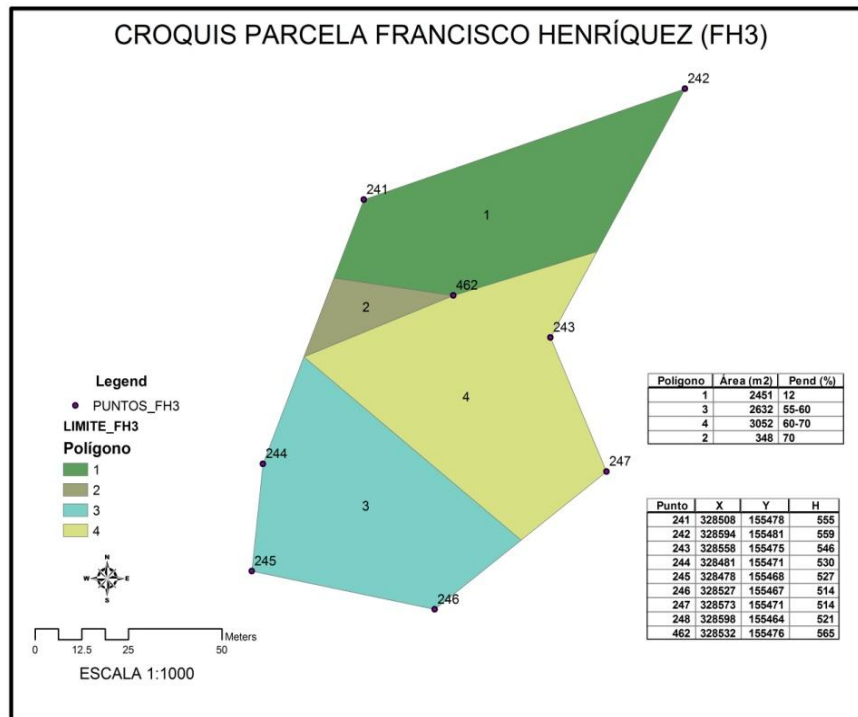
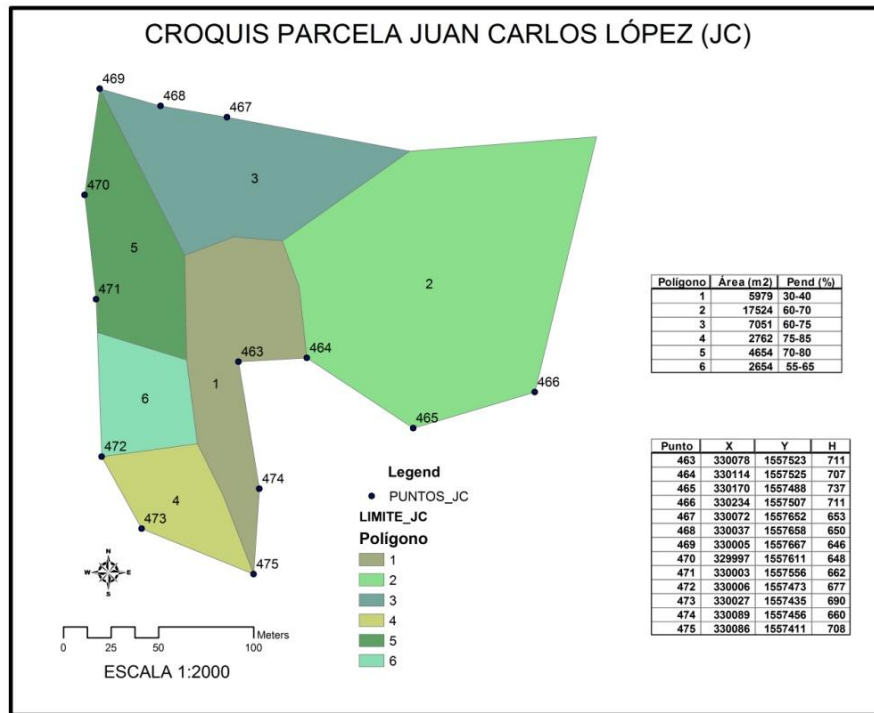
PH	Materia Orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	AI
	%	Ppm	meq/100g suelo				Ppm				meq/100g suelo
5.98	5.36	30.89	0.16	10.56	2.43	0.01	0.47	49.33	4.00	0.15	0.04

### RECOMENDACIONES PARA CULTIVO DE MAIZ

- \* A los 10 días de germinado aplique: 166.00 Lbs/mz 12-24-12  
53.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 25 días de germinado aplique: 53.00 Lbs/mz UREA  
81.00 Lbs/mz KCl
- \* A los 45 días de germinado aplique: 53.00 Lbs/mz UREA  
foliarmente aplique a los 18 y 35 días de germinado 4 cc de zinc quelatado/litro de agua

-----  
*Allan Erazo*  
 Coordinador LQA

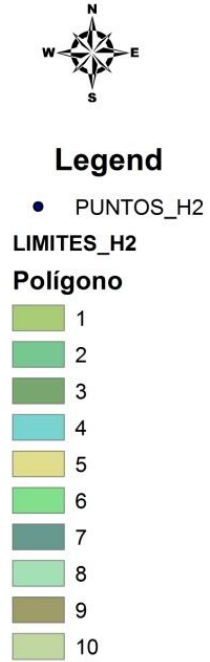
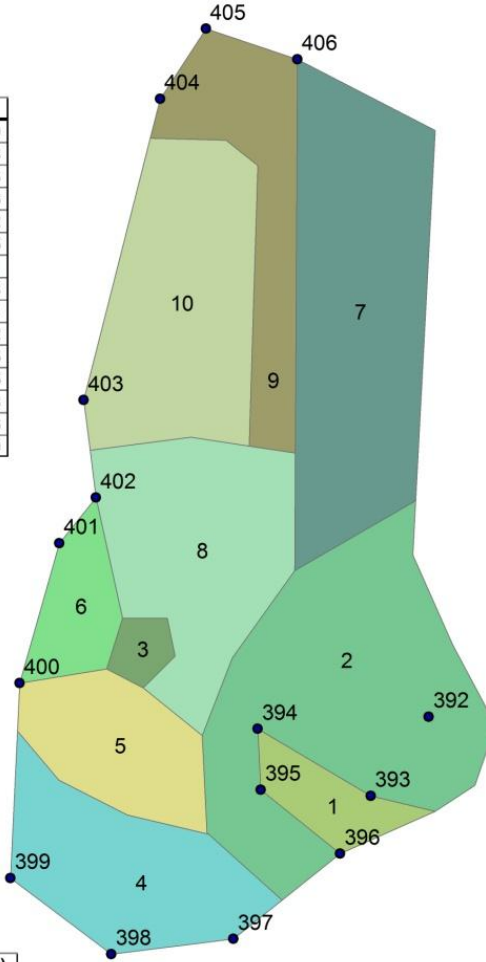
**Anexo 2. Croquis de las parcelas incluidas en el estudio; polígonos o cuadrantes en cada parcela con áreas aproximadas (m<sup>2</sup>) y pendiente promedio (%); coordenadas “XY” y altura (m.s.n.m) de algunos puntos en las parcelas (WGS\_1984\_UTM\_Zone\_16N).**



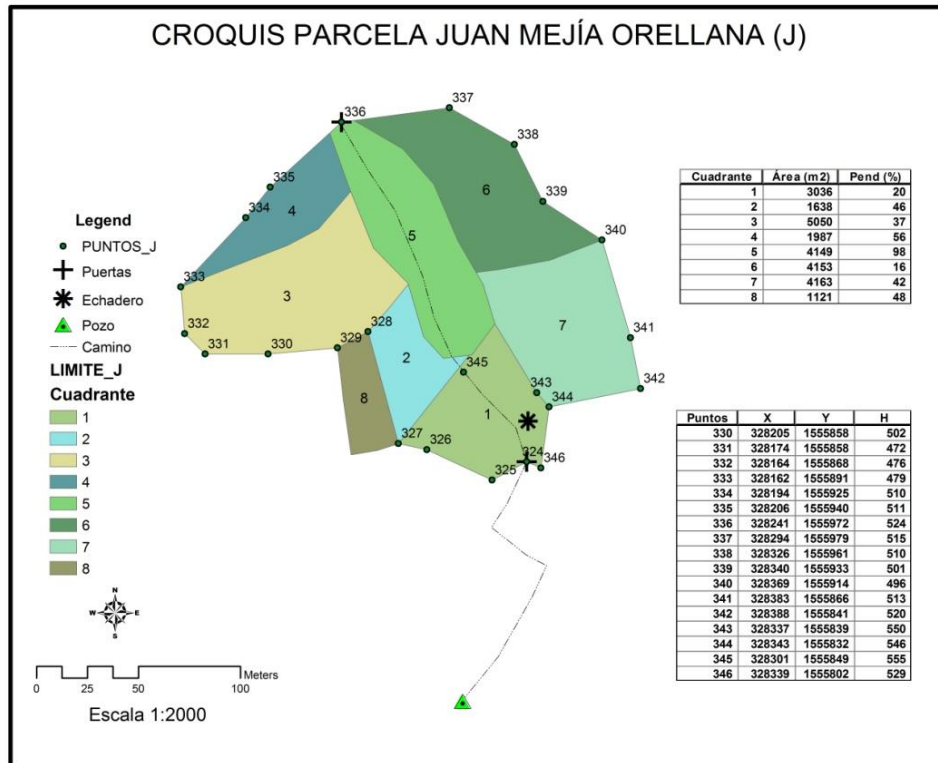
# CROQUIS PARCELA UVENCE ARIAS (H2)

Punto	X	Y	H
392	32824	155538	639
393	32822	155535	638
394	32818	155538	623
395	32818	155536	616
396	32821	155533	622
397	32817	155531	595
398	32813	155530	591
399	32810	155533	578
400	32810	155539	601
401	32812	155544	602
402	32813	155545	605
403	32813	155548	605
404	32815	155558	588
405	32817	155561	566
406	32820	155560	550

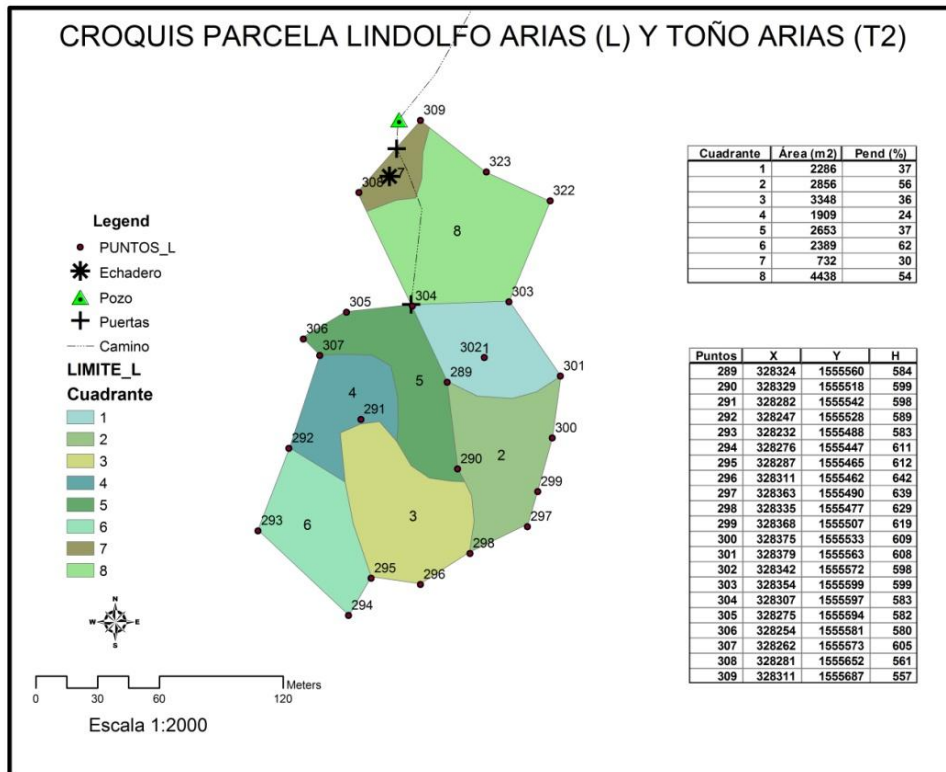
Polígono	Área (m2)	Pend (%)
1	937	65
2	6631	55-60
3	363	55
4	3277	55-60
5	2221	20-30
6	1163	55
7	6139	30-35
8	4219	8-12
9	2790	40-50
10	4572	15-20

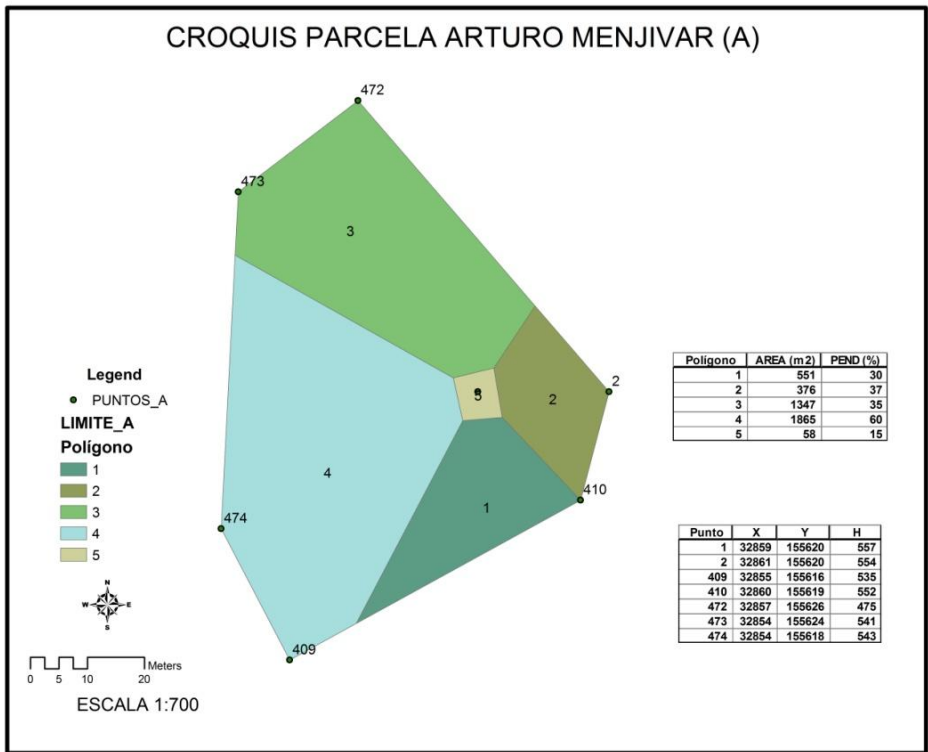
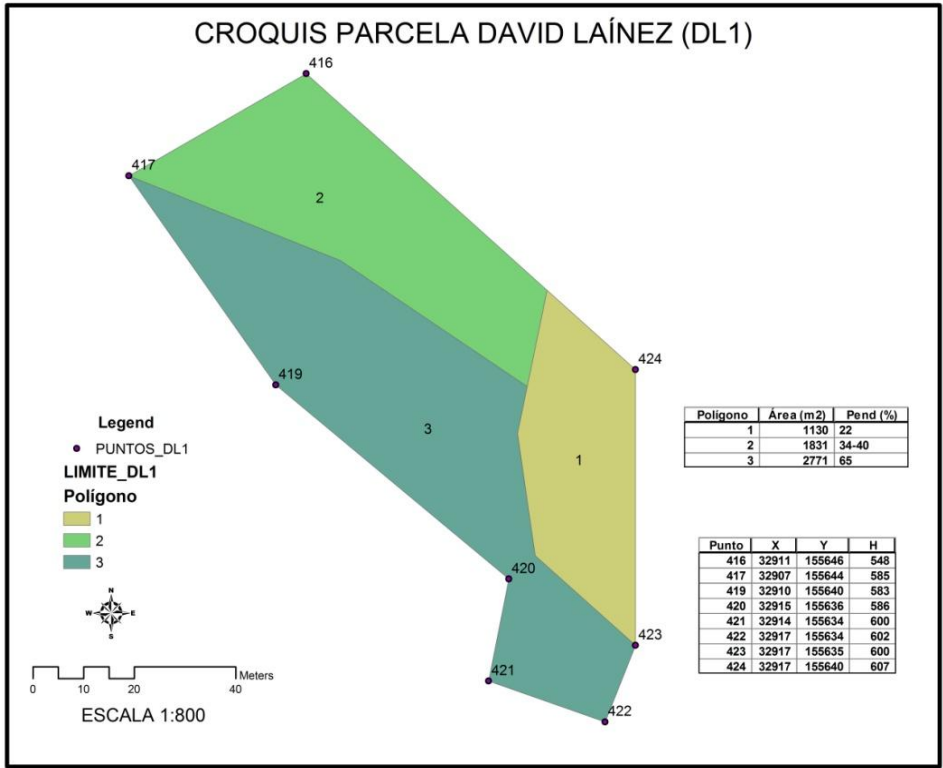


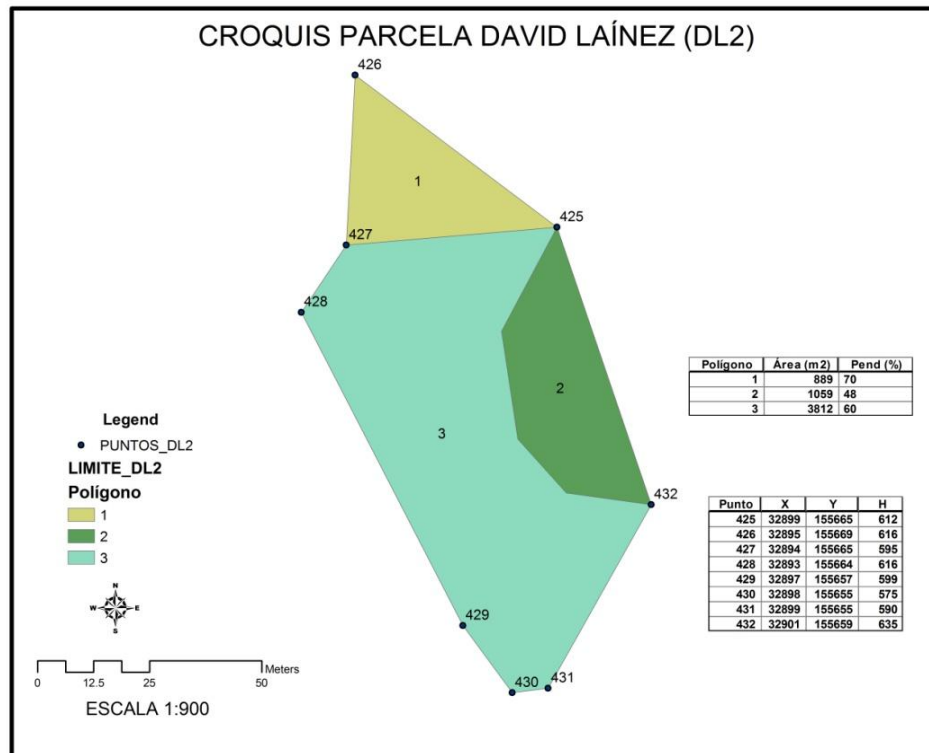
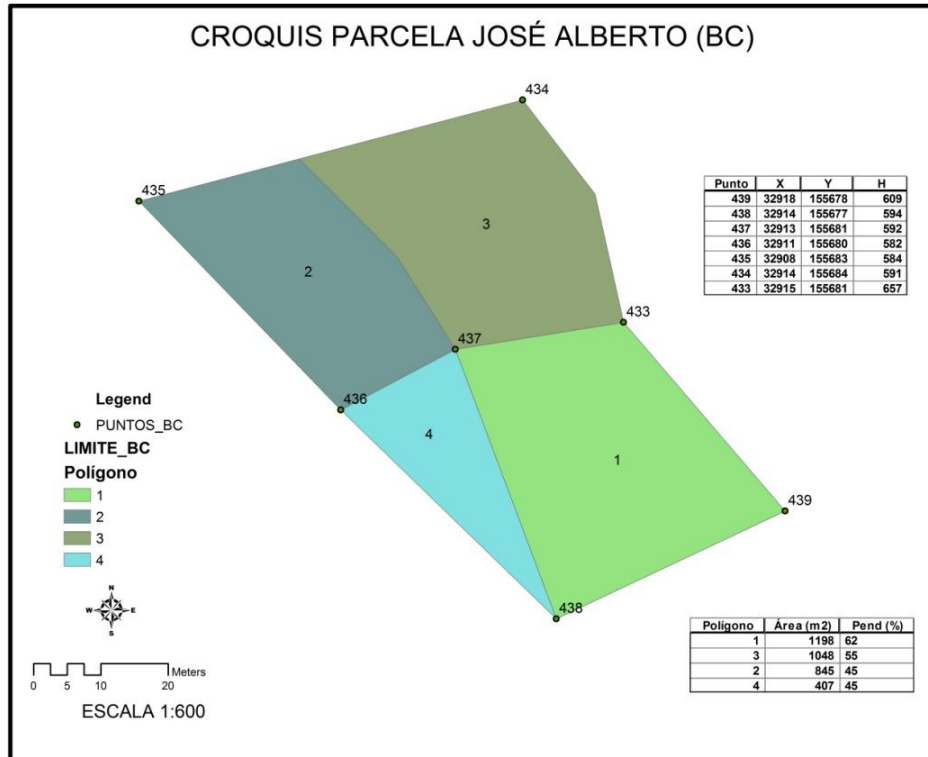
### CROQUIS PARCELA JUAN MEJÍA ORELLANA (J)

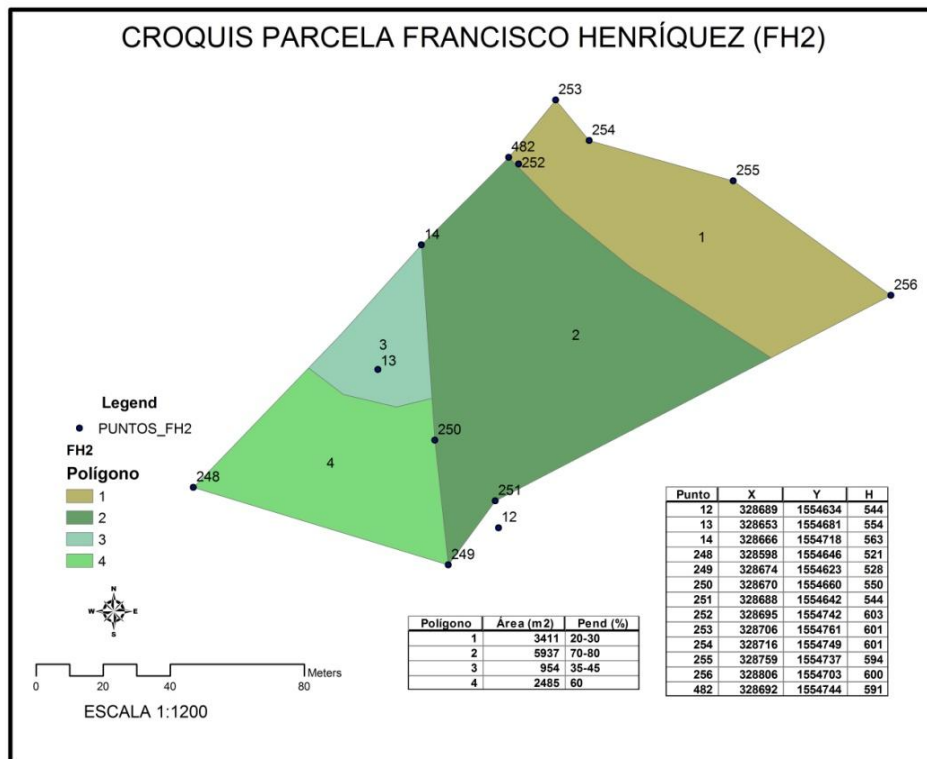
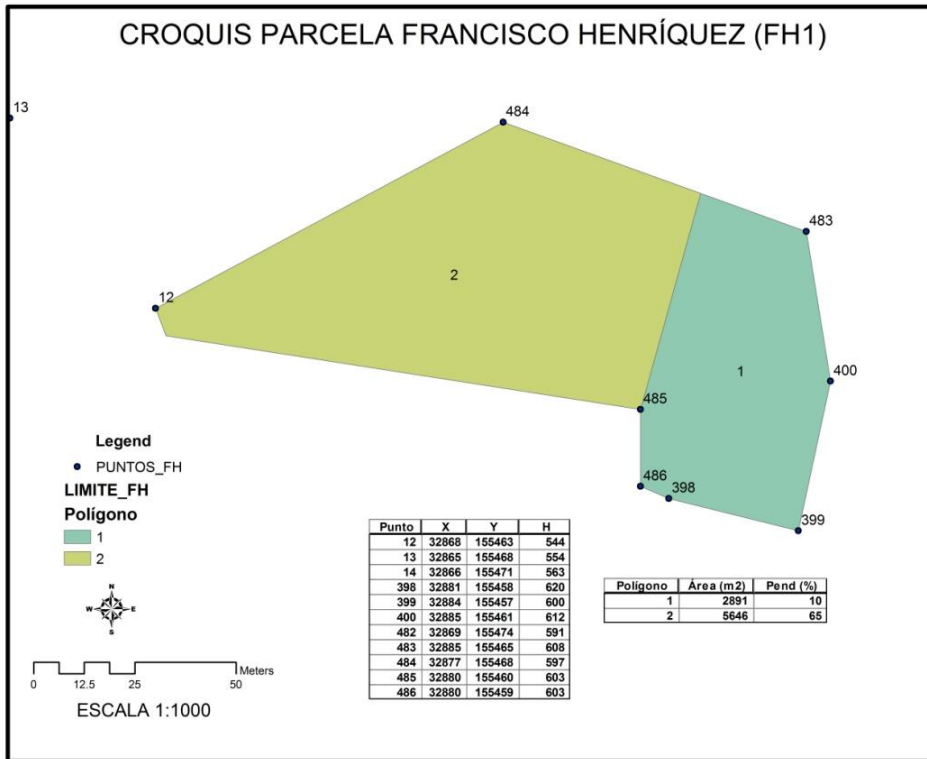


### CROQUIS PARCELA LINDOLFO ARIAS (L) Y TOÑO ARIAS (T2)



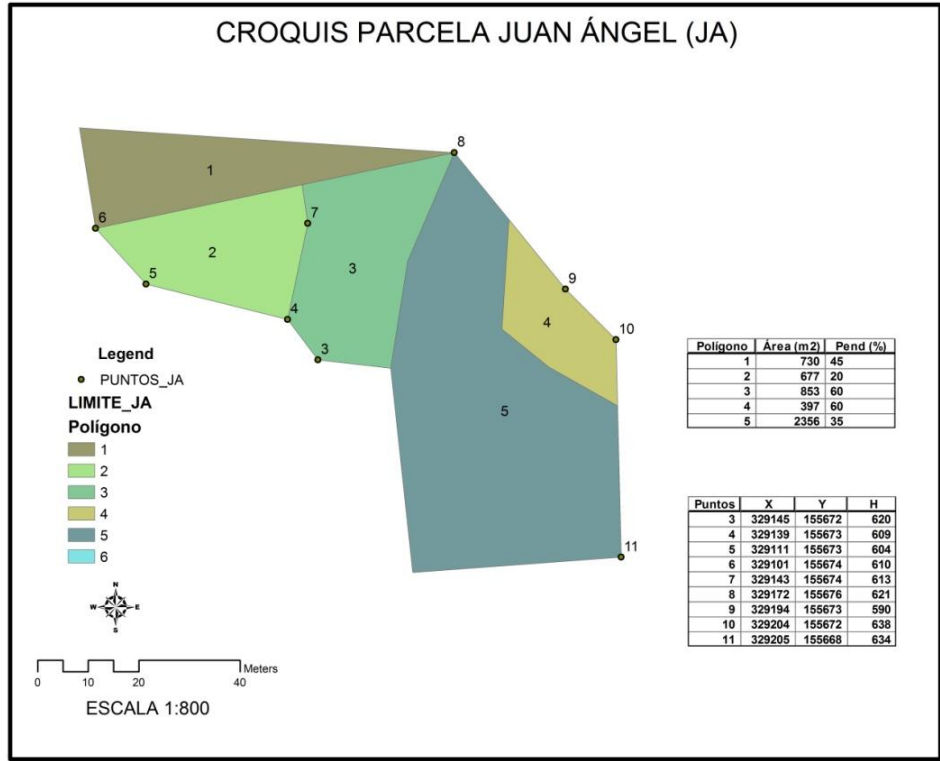




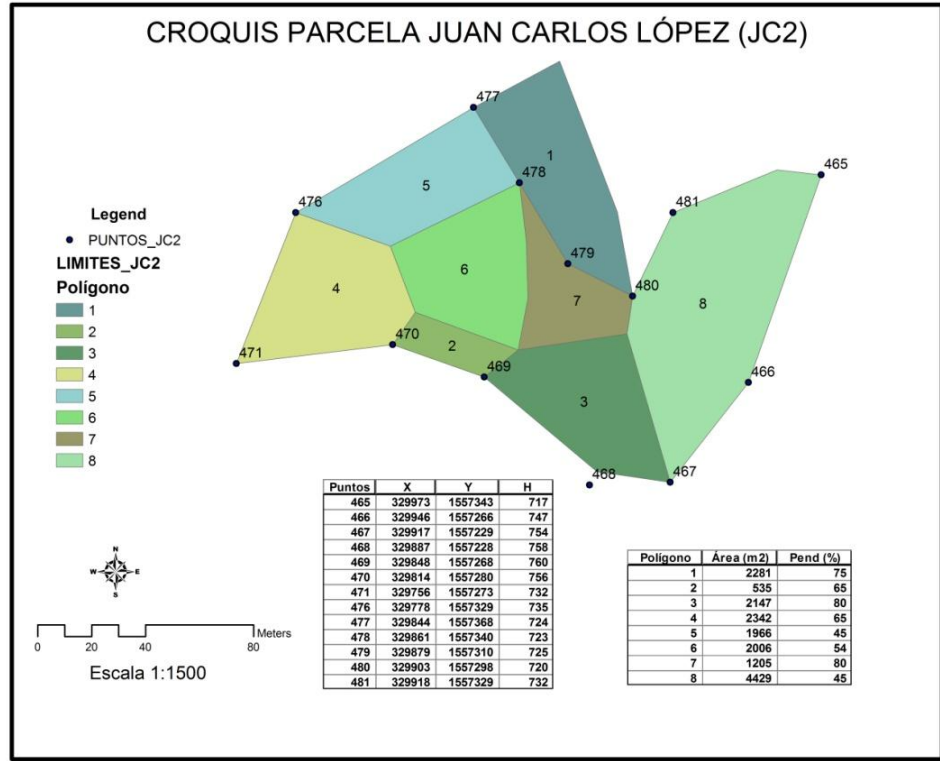


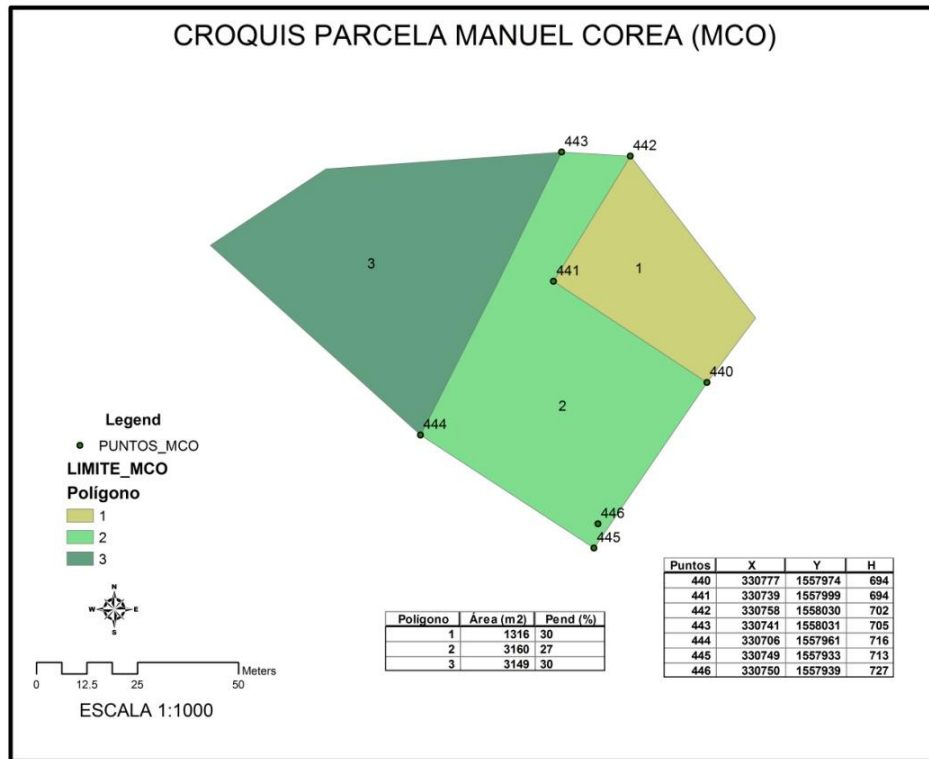
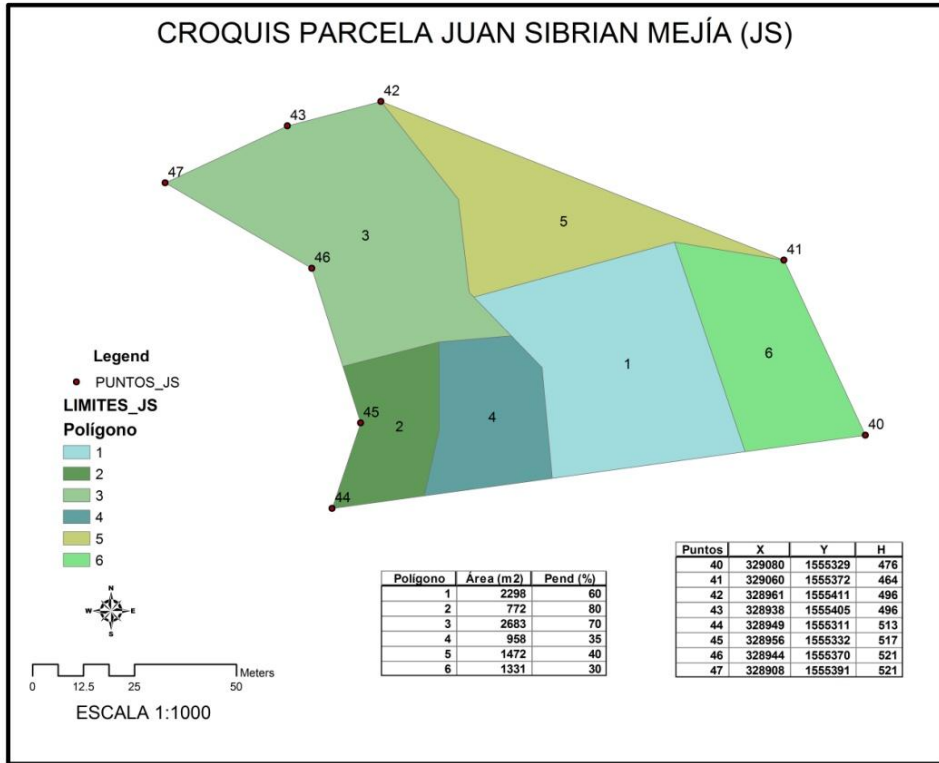


### CROQUIS PARCELA JUAN ÁNGEL (JA)

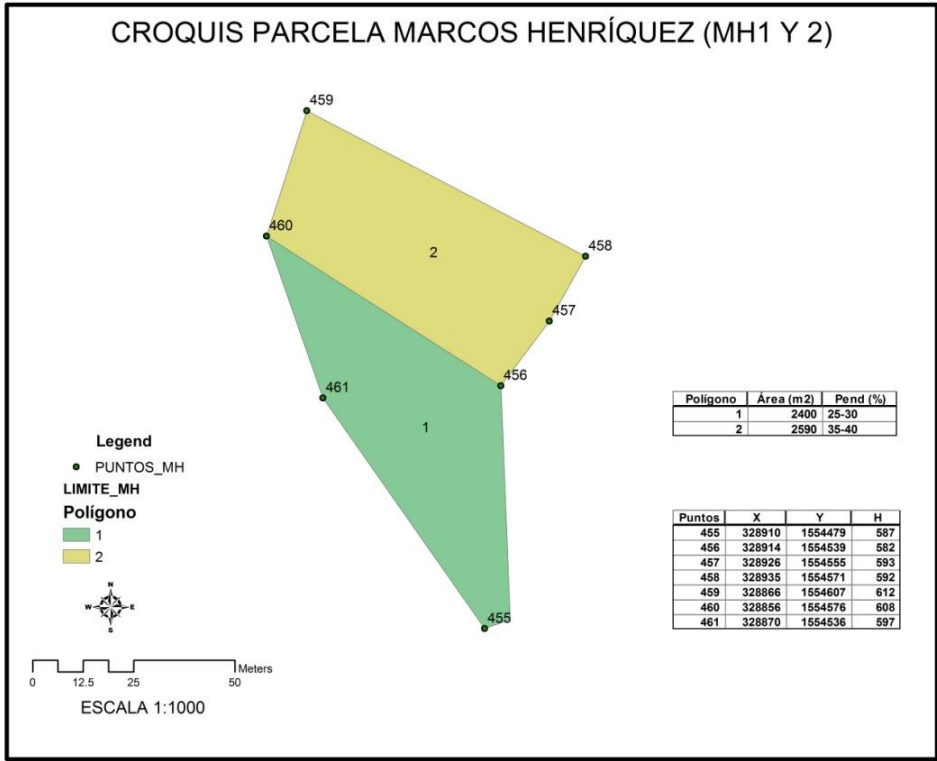


### CROQUIS PARCELA JUAN CARLOS LÓPEZ (JC2)

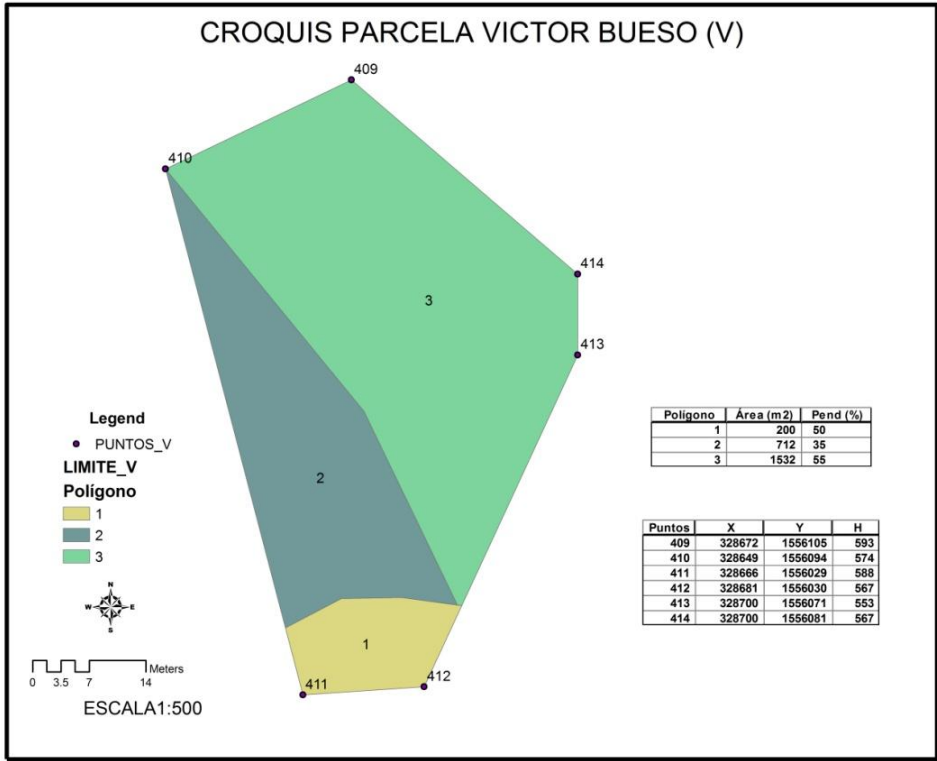




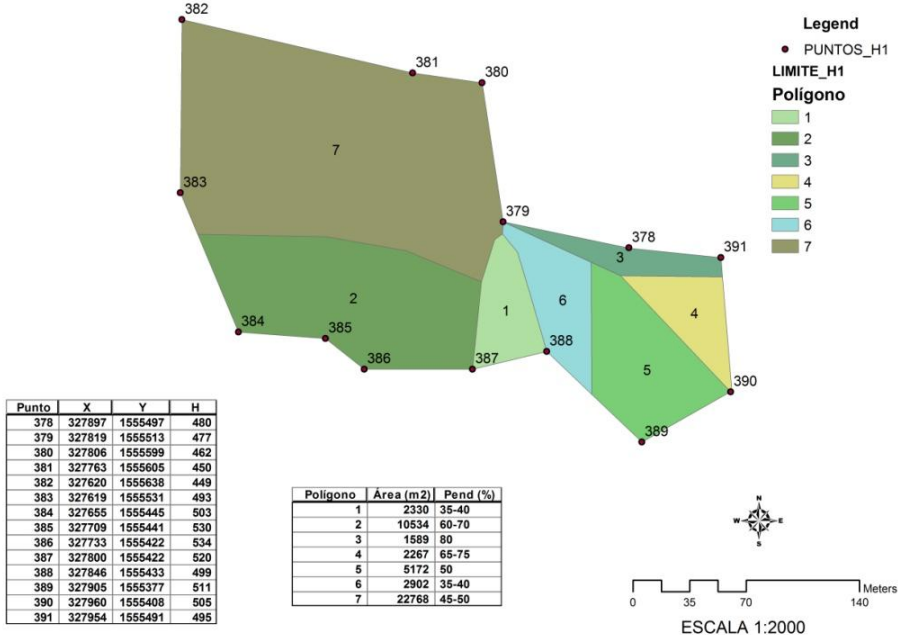
### CROQUIS PARCELA MARCOS HENRÍQUEZ (MH1 Y 2)



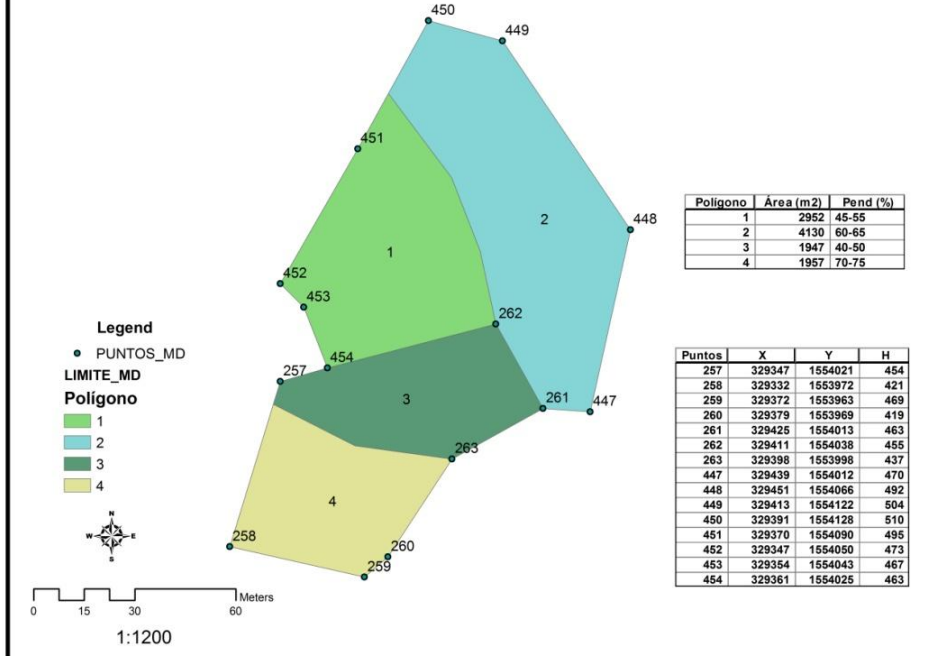
### CROQUIS PARCELA VICTOR BUESO (V)



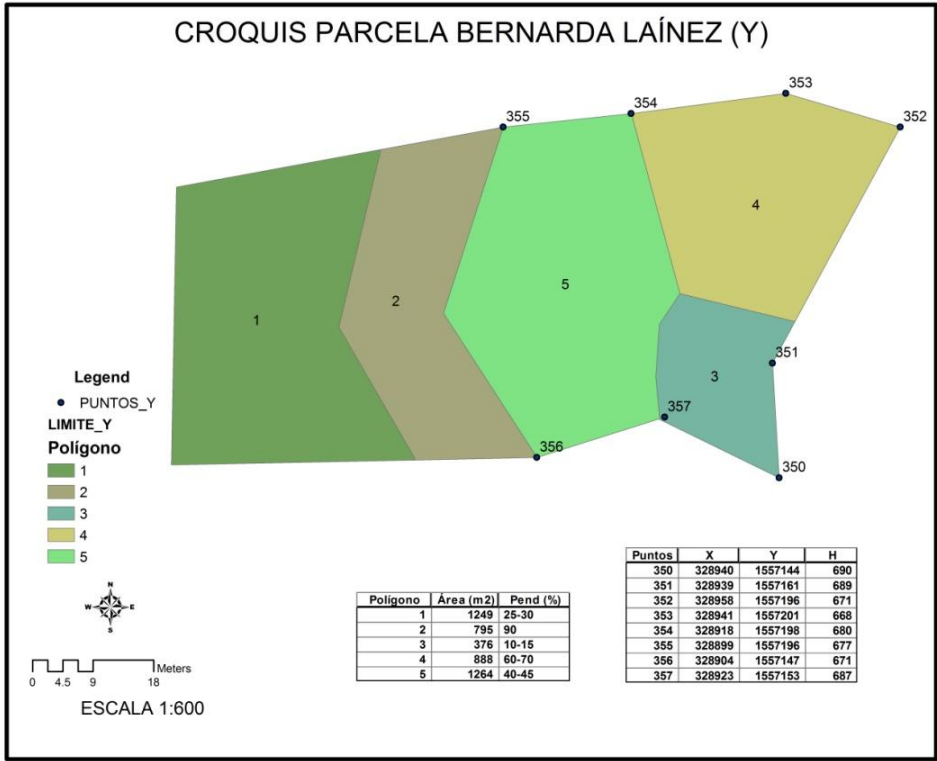
### CROQUIS PARCELA UVENCE ARIAS (H1)



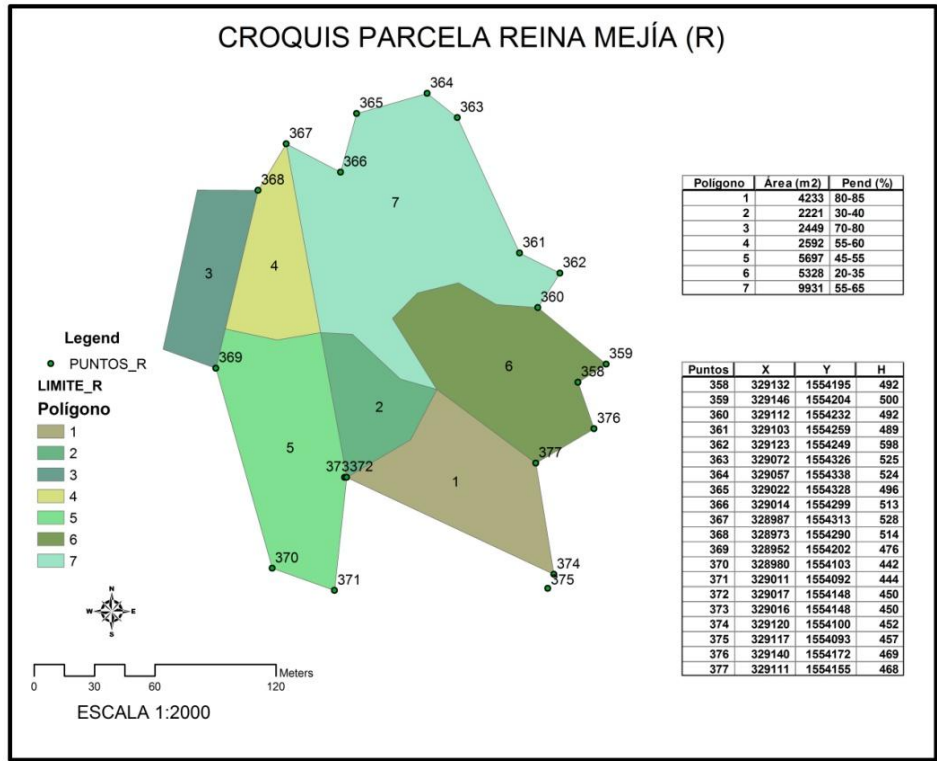
### CROQUIS PARCELA MANUEL DE JESÚS DÍAZ (MD)



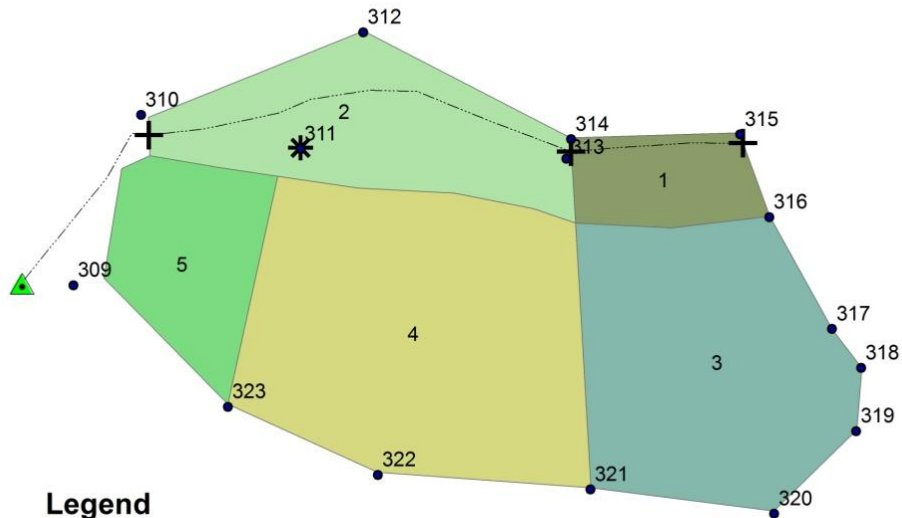
### CROQUIS PARCELA BERNARDA LAÍNEZ (Y)



### CROQUIS PARCELA REINA MEJÍA (R)



# CROQUIS PARCELA MIGUEL CRUZ (MC) Y TOÑO ARIAS (T)



## Legend

- PUNTOS\_MC Y T1
- ⊕ Puertas
- \* Echadero
- ▲ Pozo
- Camino

Poligono	Área (m2)	Pend (%)
1	691	69
2	2854	70
3	1919	27
4	3836	71
5	1147	72

## LIMITE\_MC Y T1

### Cuadrante

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Puntos	X	Y	H
309	328311	1555687	557
310	328325	1555722	542
311	328358	1555715	562
312	328371	1555739	550
313	328413	1555713	551
314	328414	1555717	565
315	328449	1555718	555
316	328455	1555701	564
317	328468	1555678	574
318	328474	1555670	575
319	328473	1555657	579
320	328456	1555640	587
321	328418	1555645	606
322	328374	1555648	605
323	328343	1555662	585

