

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CAMBIOS EDAFICOS E HIDROLOGICOS DERIVADOS DE LA CONVERSION
DE BOSQUE A PASTO Y CHARRAL (PASTO ABANDONADO) EN UNA ZONA MONTAÑOSA
HUMEDA DE COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

Cecilio Antonio Estribi Chavarría

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Programa de Recursos Naturales Renovables

Turrialba, Costa Rica

1984

DEDICATORIA

A Yoya por su ejemplo
y apoyo constante

A Cecilio Antonio
y Cristián Cecilio

A mi padre (Q.E.P.D.)
A mi madre y
hermanos y hermanas

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su sincero agradecimiento en forma especial: A Carlos Quesada, Ph.D.; Gerardo Budowski, Ph.D.; Craig MacFarland, D.Sc. y Alfredo Alvarado, Ph.D., Consejero Principal y Miembros del Comité respectivamente, por su valiosa colaboración y el estímulo brindado.

Con igual deferencia agradezco a: Gonzalo De las Salas, Dr.; Frank Zadroga, M.S. y Paul Dulin, M.S., antiguos miembros del comité, por su valiosa colaboración, que no pudieron participar en la fase final del trabajo. A Oscar Lucke, M.S. por sus atinadas sugerencias en el borrador final de esta tesis.

Quiero dejar constancia de mi reconocimiento también al Gobierno de Holanda, por la ayuda económica concedida para realizar los estudios, a la Universidad de Costa Rica y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por las facilidades brindadas durante su estadía en Turrialba.

A los compañeros y amigos que colaboraron en la realización de este trabajo, de manera especial a los compañeros Gerardo Cáceres, Erasmo Vallester y a Maricela Chaves por su valiosa colaboración.

BIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de David, Provincia de Chiriquí, República de Panamá; el 27 de octubre de 1948; realizó sus estudios primarios en la Escuela Guillermo Andreves de Arraiján y los secundarios en la Escuela Secundaria de la Chorrera, obteniendo el título de Bachiller en Ciencias en 1967.

Desde 1969 a 1974 realizó estudios en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Panamá, en la cual obtuvo el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica.

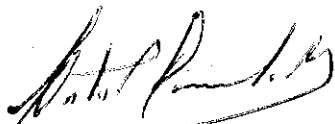
A partir de la fecha prestó sus servicios profesionales en el Departamento de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) en la Provincia de Chiriquí, como Coordinador Regional, puesto que actualmente ocupa.

En marzo de 1979 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado UCR/CATIE y obtuvo un Magister Scientiae en Recursos Naturales Renovables, con especialidad en Planificación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, en 1984.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar al grado de

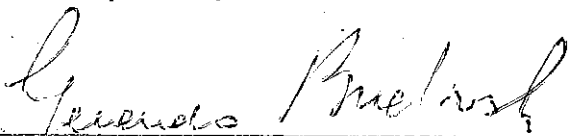
Magister Scientiae.

COMITE ASESOR:



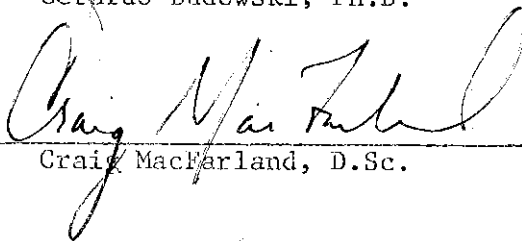
Carlos Quesada, Ph.D.

Consejero Principal



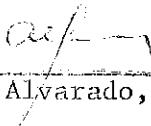
Gerardo Budowski, Ph.D.

Miembro del Comité



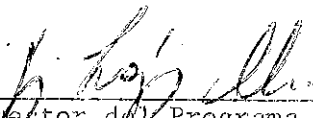
Craig MacFarland, D.Sc.

Miembro del Comité

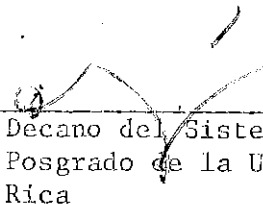


Alfredo Alvarado, Ph.D.

Miembro del Comité



Director del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, UCR-CATIE



Decano del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica



Cecilio Antonio Estribi Chavarría
Candidato

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	x
SUMMARY	xii
LISTA DE CUADROS EN EL TEXTO	xiv
LISTA DE CUADROS EN EL APENDICE	xv
LISTA DE FIGURAS EN EL TEXTO	xvii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Efecto del uso de la tierra sobre las propiedades físicas del suelo	3
2.1.1 Estructura	5
2.1.2 Densidad aparente	6
2.1.3 Porosidad	8
2.1.4 Infiltración	11
2.1.5 Humedad del suelo	14
2.1.6 Cobertura vegetal	16
2.1.7 Materia orgánica	18
2.1.8 Nitrógeno	22
2.1.9 Relación carbono - nitrógeno	24
2.2 Efecto de la lluvia sobre el suelo	27
2.2.1 Escorrentía y erosión	28
3. MATERIALES Y METODOS	33
3.1 Ubicación del área de estudio y sus características físicas	33
3.1.1 Localización	33
3.1.2 Clima	33
3.1.3 Geología y suelo	35
3.2 Historia y uso de la tierra	36

	Página
3.3 Caracterización de los suelos.....	38
3.3.1 Densidad aparente	38
3.3.2 Densidad de partículas	38
3.3.3 Porosidad total	39
3.3.4 Distribución del tamaño de las partículas	39
3.3.5 Retención de humedad	39
3.3.6 Determinación del color	40
3.4 Variables edáficas estudiadas	40
3.4.1 Retención de humedad	40
3.4.2 Infiltración	41
3.4.3 Materia orgánica	43
3.4.4 Nitrógeno total	44
3.4.5 Estimación de la pérdida de materia orgánica y nitrógeno	44
3.4.6 Compactación	45
3.5 Otras mediciones	45
3.5.1 Precipitación	45
3.5.2 Humedad relativa y temperatura	46
3.5.3 Parcelas de escorrentía	46
3.5.3.1 Dimensiones y límites	46
3.5.3.2 Sistema colector de agua y sedimento ...	48
3.5.3.3 Determinación de la escorrentía	48
3.5.4 Diseño experimental	50
3.5.5 Tamaño de la muestra	50
4. RESULTADOS Y DISCUSION	52
4.1 Precipitación	52

	Página	
4.2	Temperatura	55
4.3	Humedad relativa	55
4.4	Características de los suelos basados en los perfiles..	56
4.4.1	Características morfológicas	59
4.4.1.1	Color	59
4.4.1.2	Estructura	60
4.4.1.3	Consistencia	60
4.4.2	Características físicas	61
4.4.2.1	Textura	61
4.4.2.2	Densidad aparente	61
4.4.2.3	Densidad de partícula	62
4.4.2.4	Porosidad total	62
4.4.2.5	Retención de humedad a 0,33 y 15 bares.	62
4.4.3	Características químicas	63
4.4.3.1	Reacción del suelo	63
4.4.3.2	Materia orgánica	64
4.4.3.3	Nitrógeno total	64
4.4.3.4	Relación carbono/nitrógeno	65
4.4.3.5	Bases cambiables	65
4.5	Clasificación de los suelos	66
4.6	Relación entre las variables edáficas	67
4.6.1	Compactación	67
4.6.1.1	Densidad aparente	67
4.6.1.2	Porosidad total	69
4.6.2	Infiltración	70

	Página
4.6.3 Pérdida de materia orgánica	75
4.6.4 Pérdida de nitrógeno total	78
4.6.5 Régimen de agua en el suelo	81
4.6.5.1 Comparación de humedad entre diferentes tipos de cobertura	86
4.6.6 Escorrentía superficial	94
4.6.6.1 Relación de la lluvia con la escorren- tía	96
4.6.6.2 Relación entre la escorrentía superfi- cial y los índices de agresividad de la lluvia	96
4.6.6.2.1 En pasto	98
4.6.6.2.2 En charral	100
4.6.6.2.3 En bosque	101
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
6. LITERATURA CONSULTADA	108
7. APENDICE	121

RESUMEN

CAMBIOS EDAFICOS E HIDROLOGICOS DERIVADOS DE LA CONVERSION DE BOSQUE A PASTO Y CHARRAL (PASTO ABANDONADO) EN UNA ZONA MONTAÑOSA HUMEDA DE COSTA RICA*

Con el objeto de estimar los cambios edáficos e hidrológicos en relación a diferentes usos de la tierra, se llevó a cabo un estudio en Balalaica, Turrialba, Costa Rica, en un bosque Muy Húmedo Premontano afectado por neblina. El período de estudio abarcó desde el 12 de julio de 1980 al 7 de febrero de 1981.

Los objetivos del presente estudio consistieron en: a) determinar cuales características físicas del suelo son afectadas, y en que forma, por el cambio en el uso de la tierra; b) caracterizar los regímenes de humedad del suelo bajo bosque, charral y pastizal y c) evaluar la escorrentía superficial para los tres tipos de cobertura vegetal utilizados en este estudio.

Se caracterizaron los perfiles de suelo en cada sitio y se midieron las siguientes variables: retención de humedad, infiltración, materia orgánica, nitrógeno total, compactación (densidad aparente y porosidad), precipitación, temperatura y humedad relativa, escorrentía y diferentes índices de agresividad de la lluvia.

El grado de asociación entre las variables se llevó a cabo mediante comparación de las medias utilizadas la prueba de F y por análisis de regresión entre los índices de agresividad de la lluvia y la escorrentía generada en los diferentes tratamientos.

Se observó que los suelos investigados son similares en características físicas y químicas. Bajo las condiciones de clasificación estos suelos clasifican como Andeptic Tropohumults (nuevo subgrupo).

Con base en los resultados observados se concluye que: 1) la conversión del bosque a pasto y la sucesión natural en un pastizal durante siete años (charral) mostraron cambios en la densidad aparente del suelo del orden de 14,3% en suelos con pasto y 5,4% en suelo con charral, respecto al suelo del bosque; 2) el efecto de la compactación causó los siguientes cambios en infiltración: en aquellos suelos cubiertos con pasto se presentó una disminución del 75,4% con respecto al bosque y del 42,1% con respecto al charral; 3) el suelo cubierto con pasto presentó una disminución de 24,1 ton/ha de materia orgánica y de 760 kg de nitrógeno total con respecto al bosque; 4) el hecho de dejar el pasto sin alterar durante siete años provocó una recuperación de 36,6% (8,8 toh/ha) de materia orgánica y 34,1% (259,3 kg/ha) de nitrógeno total; 5) el porcentaje de escurrimiento en todos los tratamientos fue muy bajo, presentándose la mayor escorrentía en la parcela con pasto, con un promedio de 1,4% (6068 l/ha), luego el charral con 0,68% (2943 l/ha) y finalmente el bosque con 0,62% (2654 l/ha) y 6) en el análisis de regresión entre precipitación y escorrentía la función lineal se ajustó mejor que la logarítmica a la predicción de la escorrentía. Entre los índices de agresividad de la lluvia estudiados, los que dieron mejor resultados fueron el AIm (producto de la cantidad de lluvia por la intensidad máxima) y el AIm + P10a (P10a = antecedente de humedad 10 días antes).

*PALABRAS CLAVES = Edafología, agua del suelo, bosque nublado, uso de la tierra, escorrentía, Costa Rica.

SUMMARY

EDAPHOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CHANGES DERIVED FROM THE CONVERSION OF FOREST TO PASTURE AND SEVEN YEARS NATURAL SUCCESSION FROM PASTURE IN A HUMID, MOUNTAINNOUS ZONE OF COSTA RICA*

A study to estimate the edaphic and hydrological changes with different land uses was carried out in Balalaica, Turrialba, Costa Rica in a Pre-Montane Humid forest, influenced by clouds. The period of study was from July 12, 1980 to February 7, 1981.

The objectives of this study were: a) to determinate which physical soil properties are affected, and how, by the changes in land use; b) to characterize the moisture regime of the soil under three categories: forest, a seven year old succession from grassland and pasture, and c) to evaluate the surface run-off response from different levels of vegetation cover.

The soils under study were similar in physical and chemical properties. These soils were classified as Audeptic Tropohumults (a new subgroup).

The soil profiles at each site were characterized and the following variables were measured: humidity retention, infiltration rates, organic matter, total nitrogen, compaction (bulk density and porosity), rainfall, temperature, relative humidity, run-off and different aggressivity indices of the rainfall.

The degree of association between the variables was estimated by comparing treatment means using the F-test and by run-off for the different treatments.

Based on the results it was concluded that: 1) with respect to forest there was an increase in the bulk density of 14,3% in the soil under pasture and 5,4% increase in the soil under the seven year old succession; 2) the compaction effect in pasture caused changes in the infiltration rates reflected in a decrease of 75,4% with respect to the forest and of 42,1 with respect to the seven year old succession; 3) the soil under grassland also presented a decrease of 24,1 ton/ha of organic matter, and 760 kg/ha of total nitrogen, with respect to the forest; 4) leaving the native grassland undisturbed for seven years (succession) resulted in a recovery of 36,6% (8,8 ton/ha) of organic matter and 34,1% (259,3 kg/ha) of total nitrogen; 5) the run-off percentage in all treatments was very low; the highest run-off was 1,4% (6068 l/ha) in the plot under pasture, followed by the seven year old succession with 0,68% (2943 l/ha). The least amount was recorded under forest with 0,62% run-off (2654 l/ha) and 6) the simple linear regression model fitted best for estimating run-off. From the aggressivity indices studies, AI_m (the product of the quantity rainfall, the maximum intensity) and $AI_m + P_{10a}$ (P_{10a} : antecedent of moisture content 10 days before) gave the highest regression coefficients.

*KEY WORDS: Edaphologic, soil and water, cloud forest, land use, run-off, Costa Rica.

LISTA DE CUADROS

<u>En el Texto</u>	<u>Página No.</u>	
1	Magnitud de escorrentía del suelo en cuatro localidades de Africa Occidental según Charreau citado por Sánchez (119)	31
2	Escorrentía (m ³ /ha) y erosión (ton/ha) por tratamiento en las dos localidades	32
3	Precipitación mensual en Balalaica para el período de estudio (12 de julio de 1980 al 7 de febrero de 1981)	53
4	Distribución de eventos agrupados según la cantidad precipitada en Balalaica	53
5	Promedio de temperaturas máximas y mínimas mensuales y media mensual en Balalaica	55
6	Promedios mensuales de humedad relativa máxima y mínima en Balalaica	56
7	Características físicas correspondientes a los nueve perfiles de suelo ubicados en el lugar de estudio	57
8	Características químicas correspondientes a los nueve perfiles de suelos ubicados en el lugar de estudio	58
9	Densidad aparente bajo tres tipos de cobertura a una profundidad de 0-5 cm en Balalaica	68
10	Porosidad total bajo tres tipos de cobertura a una profundidad de 0-5 cm en Balalaica	70
11	Valores promedio de velocidad de infiltración instantánea y acumulada bajo tres coberturas en Balalaica	71
12	Contenido de materia orgánica en el suelo bajo tres tipos de uso de la tierra en Balalaica	76
13	Contenido de nitrógeno total en el suelo bajo tres tipos de uso de la tierra en Balalaica	79

En el Texto

Página No.

14	Valores promedio de tensión de humedad en P^F del 12 de julio al 1° de diciembre de 1980 en Balalaica	82
15	Contenido de agua en mm, durante el período de estudio	87
16	Agrupación de eventos mayores de 12,5 mm que causaron escorrentía en parcelas de pasto	97
17	Coefficientes de determinación (R^2) para la escorrentía con los diferentes índices de agresividad de la lluvia	99

En el Apéndice

1A	Programa de tensión de humedad (método de papel de filtro)	122
2A	Programa para el cálculo de infiltración	124
3A	Información del lugar de estudio	125
4A	Análisis de varianza para la densidad aparente a 0-5,0 cm de profundidad, por tratamiento	130
5A	Prueba de Duncan para la densidad aparente por tratamiento	130
6A	Análisis de varianza para la porosidad total a 0-5,0 cm de profundidad	131
7A	Prueba de Duncan para la porosidad total de 0-5,0 cm de profundidad	131
8A	Análisis de varianza para el contenido de materia orgánica de 0-10 cm de profundidad por tratamiento	132
9A	Prueba de Duncan para el contenido de materia orgánica por tratamiento	132

10A	Análisis de varianza para el contenido de nitrógeno total a 0-10 cm de profundidad por tratamiento	133
11A	Prueba de Duncan para el contenido de nitrógeno por tratamiento	133
12A	Análisis de varianza para la tensión de humedad del suelo en P^F	134
13A	Prueba de Duncan para la tensión de humedad del suelo en P^F por profundidad	135
14A	Prueba de Duncan para la tensión de humedad del suelo en P^F por tratamiento	135
15A	Análisis de varianza para la cantidad de agua en mm de 0-10 cm de profundidad por tratamiento . .	136
16A	Prueba de Duncan para contenido de agua en mm por tratamiento	136
17A	Análisis de varianza para la cantidad de agua en mm a una profundidad de 10-30 cm por tratamiento	137
18A	Prueba de Duncan para el contenido de agua en mm por tratamiento, a una profundidad de 10-30 cm .	137
19A	Análisis de varianza para la cantidad de agua en mm a una profundidad de 30-50 cm por tratamiento	138
20A	Prueba de Duncan para el contenido de agua en mm por tratamiento, a una profundidad de 30-50 cm .	138

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página No.</u>
1	Ubicación del sitio de estudio	35
2	Comportamiento de los datos observados al calibrar el papel filtro Whatman 42 de 7 cm de diámetro y modelos estadísticos a los que se ajustaron	42
3	Localización de las parcelas de investigación.	47
4	Detalle de la instalación de las parcelas de escorrentía	49
5	Distribución de las precipitaciones en Balalaica	54
6	Curvas de regresión para la relación de velocidad de infiltración en función del tiempo, bajo tres coberturas	73
7	Curvas de infiltración acumulada bajo tres tipos de cobertura	74
8	Variación estacional de la tensión de humedad del suelo en P ^F bajo cobertura de pasto	83
9	Variación estacional de la tensión de humedad del suelo en P ^F bajo cobertura de charral	84
10	Variación estacional de la tensión de humedad del suelo en P ^F bajo cobertura de bosque	85
11	Humedad del suelo y lluvia en las fechas de observación expresadas en mm de agua bajo cobertura de pasto, charral y bosque a una profundidad de 0-10 cm	88
12	Humedad del suelo y lluvia en las fechas de observación expresada en mm de agua bajo cobertura de pasto, charral y bosque a una profundidad de 10-30 cm	89
13	Humedad del suelo y lluvia en las fechas de observación expresadas en mm de agua bajo cobertura de pasto, charral y bosque a una profundidad de 30-50 cm	90
14	Escorrentía (l/ha) con diferente cobertura	95