

Evaluación de la erosión hídrica en la microcuenca de las quebradas Roja y Colorada en el municipio Valmore Rodríguez, estado Zulia

Hydric erosion evaluation at the micro basin of Roja and Colorada creeks in the Valmore Rodriguez municipality, Zulia state

L. Mármol, J. Díaz, M. Larreal y L. Jiménez

Departamento de Ingeniería, Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Venezuela

Resumen

El suelo junto a la cobertura vegetal juegan un papel fundamental en el régimen hidrológico de las aguas superficiales, sus evaluaciones permiten establecer medidas que garanticen la conservación de las cuencas. Con la finalidad de establecer áreas críticas sobre las que es necesario aplicar prácticas de conservación de suelos y aguas, se realizó un levantamiento con fines de erosión, la zona de estudio comprende la microcuenca de las quebradas Roja y Colorada, pertenecientes a la cuenca del río Pueblo Viejo, estado Zulia, Venezuela. Se analizaron imágenes aerofotográficas a escala 1:25.000 y se realizó la interpretación de los cambios de tonos y densidad de drenaje, a fin de clasificar el área de estudio de acuerdo al tipo y grado de erosión hídrica presente. Posteriormente se confirmó esta información con los respectivos chequeos de campo y finalmente se generó el mapa de erosión actual. Del presente estudio se concluye que el uso de la tierra sin considerar su capacidad de uso es uno de los factores más importante que promueven la erosión en el área bajo estudio, presentándose 872,27 ha (22,24%) sin erosión, 371,08 ha (9,46%) con erosión ligera, 1.908,34 ha (48,66%) con erosión moderada, 707,03 ha (18,04%) con erosión fuerte y 62,81 ha (1,60%) con erosión severa.

Palabras clave: Erosión hídrica, microcuenca de drenaje, conservación del suelo.

Abstract

The soils besides of being the production basement of foods for mankind, plays a main role, next to the vegetable covering, in the hydrological regime of the superficial waters. For that purpose they should be evaluated, to establish the necessary measures that guarantee the basins conservation that will permit to maintaining and/or improving the quantity and the quality of the produced water, as well as to increase the life span of the dams. For these reason a soil erosion survey was carried out in the micro basin of the Roja and Colorada creeks, located in the Pueblo Viejo river basin, Zulia state, Venezuela. Aerial photographs were characterized to scale 1:25.000 and the interpretation tones changes and drainage density, in order to classify the study area according to the type and degree of soil water erosion. Fields checkups were made to verify the photo interpretation and finally a map of current erosion was generated. Results showed the existence of a surface of 872,27 ha (22,24%) without erosion, 371,08 ha (9,46%) with light erosion, 1.908,34 ha (48,66%) with moderate erosion, 707,03 ha (18,04%) with strong erosion and 62,81 ha (1,60%) with severe erosion. We can conclude that land use without considering its capacity is one of the most important factors that promote the erosion in the study area.

key words: water erosion, basin, soils conservation.

Introducción

La sociedad actual es dinámica y cambiante y para satisfacer sus necesidades hace uso de los recursos naturales, creando en la mayoría de los casos efectos negativos que conllevan a la alteración del funcionamiento del ecosistema. Uno de los efectos más críticos es la erosión del suelo y la contaminación de las aguas (5), siendo el agua el principal responsable del proceso de transporte de sedimentos (10, 12).

En el trópico las pérdidas de suelo por erosión hídrica resultan cada vez más acentuadas, al punto de llevar a los suelos a un grado de degradación de difícil recuperación (7). Esta situación se intensifica debido a factores tales como el material geológico, el relieve, las características de los suelos, el régimen de precipitaciones

Introduction

The actual society is dynamic and changing, and for satisfying its requirements employ its natural resources, by creating in the majority of cases, negative effects that conduce to the ecosystem functioning alteration. One of the more critical effects is the soil erosion and the water contamination (5) being water the principal responsible of sediments transportation process (10, 12).

In the tropic, the soil losses by hydric erosion result each time more accentuated, to the point of taking soils to a degradation degree of difficult recovery (7). This situation is intensified because of factors like the geological material, the relief, the soil characteristics, the rainfall regime and the use change that man does about

y el cambio de uso que el hombre hace de la tierra, como consecuencia de prácticas agrícolas mal aplicadas (6).

Una gran parte de los problemas ambientales de la costa oriental del Lago de Maracaibo se vinculan a la degradación de los suelos debido al desencadenamiento de procesos erosivos que resultan de la intervención antrópica. Estos problemas se asocian generalmente a la actividad agropecuaria y se expresan mediante el acarreo de sedimentos que modifica el régimen de los ríos, disminuye la vida útil de los embalses y alteran la cobertura vegetal, a la vez que produce un impacto negativo sobre el habitat de la fauna silvestre (7). Además también se produce un impacto potencial sobre la calidad de las aguas, acidificándolas, enriqueciéndolas con nutrimentos, sales, plaguicidas y otros compuestos orgánicos (12).

Con esto en mente y atendiendo a los principios que hoy por hoy rigen la sustentabilidad, se desarrollo el presente trabajo, cuyo propósito fue el de obtener información básica relacionada con la pendiente, cobertura vegetal y estado actual de erosión hídrica del área de influencia de las quebradas Roja y Colorada, ubicadas en el municipio Valmore Rodríguez, estado Zulia. El objetivo final fue establecer áreas críticas sobre las cuales es necesario aplicar prácticas de conservación de suelos y aguas, debido a que la zona de estudio forma parte de la cuenca del embalse Pueblo Viejo, el cual surte de agua a varias poblaciones de la costa oriental del Lago de Maracaibo y que actualmente esta cuenca presenta serios problemas de intervención.

land, as a consequence of agricultural practices not well applied (6).

One part of environmental problems of Oriental Cost of Maracaibo Lake are related to soil degradation because the unchaining of erosive process that result of the antropic intervention. This problems are generally associated to the agro and livestock activity and they are expressed through the sediments took that modifies the river regimen, diminish the useful life of dams and alters the vegetal cover, and at the same time, it produces a negative impact on the habitat of wild fauna (7). Besides, a potential impact on the water quality is produced, by acidifying water and enriches it with nutriments, salts, pesticides and other organic compounds (12).

Keeping this in mind and attending to the principles that control the sustainability, this work was developed with the purpose of obtaining basic information related to the slope, vegetal cover and actual state of hydric erosion of influent area of Roja and Colorada creeks, located at Valmore Rodríguez municipality, Zulia state. The final objective was to establish critical areas in which it is necessary to apply soil and water conservation practices, because the study region is a part of dam basin Pueblo Viejo, which provides water to several populations of Oriental Cost of Maracaibo Lake. Nowadays this basin shows serious intervention problems.

Materials and Methods

Study area

Corresponds to the micro basin formed by the Roja and Colorada

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio corresponde a la microcuenca formadas por las quebradas Roja y Colorada ubicadas en el municipio Valmore Rodríguez, estado Zulia y forma parte de la cuenca del río Pueblo Viejo, enmarcada en la Cuenca del Lago de Maracaibo. Geográficamente el área se encuentra entre las coordenadas: 10° 08' 03" – 10° 13' 9" Norte y 70° 56' 18" – 71° 07' 12" Este y ocupa una superficie de 3.921,53 ha (8).

Revisión del material cartográfico

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Fotografías aéreas pancromáticas de la misión 0201127 a escala 1:25.000. Diciembre, 1976.

- Mapa de geología superficial de la cuenca de los ríos Grande y Chiquito de CONZUPLAN y CORPOZULIA a escala 1:50.000. Julio, 1973.

- Mapa de Suelos a escala 1:50.000 del Estudio Integral de la Cuenca Alta y Media del Río Pueblo Viejo "Cuenca Media". Convenio Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Universidad del Zulia y Maraven. Marzo, 1980.

- Mapas Cartográficos a escala 1:25.000 de la Dirección de Cartografía Nacional, cartas 5946-I-SE, 6046-III-NO y 6046-IV-SO. Edición I DCN-1978.

Recolección y selección de la información básica existente

Se realizó la revisión de diferentes trabajos relacionados con el

creeks located at the Valmore Rodríguez municipality, Zulia state as a part of Pueblo Viejo river, inside of the Maracaibo Lake basin. Geographically, area is located between coordinates

10° 08' 03" – 10° 13' 9" North and 70° 56' 18" – 71° 07' 12" East and have a surface of 3.921,53 ha (8).

Cartographic material revision

The following materials were used:

- PANCHROMATIC aerial photograph of mission 0201127 to a scale 1:25.000. December, 1976.

- Superficial geology map of the basin of rivers Grande and Chiquito of CONZUPLAN and CORPOZULIA to scale 1:50.000. July, 1973.

- Soils map to scale 1:50.000 of Estudio Integral de la Cuenca Alta y Media del Río Pueblo Viejo "Cuenca Media", Convenio Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Universidad del Zulia. March, 1980.

- Cartographic map to scale 1:25.000 of Dirección de Cartografía Nacional letters 5946-I-SE, 6046-III-NO and 6046-IV-SO. Edition I DCN-1978.

Basic information collection and selection

Revision of different works related to study object, especially the referents to geology, geomorphology, land use, soils, climate, integral advantage of hydrographic basins, hydrography and vegetation aspects, by selecting the information more adequate to study purposes. An exploratory visit to study area was also accomplished.

objetivo del estudio, especialmente los referentes a los aspectos de geología, geomorfología, uso de la tierra, suelos, clima, aprovechamiento integral de cuencas hidrográficas, hidrografía y vegetación, seleccionando la información más adecuada a los fines de estudio. También se realizó una visita exploratoria del área de estudio.

Fotointerpretación

Se analizaron las imágenes de cobertura aerofotográficas y conjuntamente con la información recabada (2, 3, 8, 11), se establecieron los patrones relacionados con la geología, relieve, pendiente, vegetación y cobertura del suelo. Se establecieron unidades cartográficas delimitándolas sistemáticamente hasta donde fue posible en las fotografías aéreas en función de cada tipo de paisaje existente en la zona de estudio, para generar un mapa de geomorfología según la metodología propuesta por Zinck (16).

Con ayuda del mapa de suelo existente y la interpretación de las fotografías aéreas se agruparon los suelos a nivel de familia según la taxonomía norteamericana (15).

Se realizó la interpretación de los cambios de tonos y densidad de drenaje en suelos descubiertos con ayuda de las fotografías aéreas delimitando áreas con diferentes grados de erosión, utilizando como criterio el porcentaje de área afectada por erosión y evidencias visuales en la fotografía.

Medida de la precipitación

La precipitación fue analizada a partir de los registros climáticos de las estaciones Hda. El Porvenir, para

Photo interpretation

The aerial photographic cover images were analyzed with the information obtained (2, 3, 8, 11) the patterns related to geology, relief, slope vegetation and soil cover were established. Cartographic units were established by delimiting in a systemic way as possible in the aerial photographs in function of each landscape type existent in region for generating a geomorphology map according to methodology proposed by Zinck (16).

With the aid of soil map existent and the aerial photographs interpretation, soils at a level of family according the North American taxonomy were grouped (15).

The interpretation of tones changes and drainage density was made in soils discovered with aid of aerial photographs by delimiting areas with different erosion degrees, by using as criterion the area percentage affected by erosion and visual evidences in the photograph.

Rainfall measure

Rainfall was analyzed from climatic registers of the following stations: "El Porvenir" ranch, for a period of 24 years (1975-99), "La Bandera" for a period of 6 years (1978-84), "Plan Bonito" for a period of 28 years (1956-84) and "La Sabana" for a period of 31 years (1968-99). The hydric balance reveals that the dry period of region is between January and April and rainfalls were concentrated in two periods, April-May and July-October. The mean annual go from 1226.1 mm toward the south in the station "Plan Bonito" to 1560.5 mm in the station

un periodo de 24 años (1975-99), La Bandera, para un periodo de 6 años (1978-84), Plan Bonito, para un periodo de 28 años (1956-84) y La Sabana, para un periodo de 31 años (1968-99). El balance hídrico revela que el período seco en la zona está entre enero y abril y las lluvias se concentran en dos períodos: abril-mayo y julio-octubre. Los promedios anuales van desde 1.226,1 mm hacia el sur en la estación Plan Bonito hasta 1.560,5 mm en la estación La Bandera. La evaporación promedio anual es de 1.758,3 mm y el promedio anual de temperatura es de 27,6°C.

Verificación de campo

Una vez realizada la interpretación de las imágenes y la información existente, con la información colectada en el trabajo de campo desde el año 2000 hasta el 2004, se procedió a la reinterpretación y corrección con la finalidad de actualizar la información existente debido a la antigüedad de ésta.

Interpretación de la información

De esta interpretación se delimitaron cuatro grados de erosión: Erosión ligera (Clase I), 25% o menos del área afectada, con poca o ninguna evidencia visual de erosión tales como surquillos; Erosión moderada (Clase II), entre el 25 y 75% del área se encuentra afectada, con evidencias visuales como surcos pequeños y pérdida parcial o completa del horizonte A en algunos sectores de la unidad; Erosión fuerte (Clase III), más del 75% del área de la unidad ha sido afectada al punto que en prácticamente en toda la superficie se encuentra expuesto el

"La Bandera". The mean annual evaporation is of 1758.3 mm and the mean annual temperature is of 27.6°C.

Field verification

Once accomplished the images interpretation and the information existent with the collected information in the field work from 2000 to 2004, the re interpretation and correction was made with the purpose of actualizing the information existent because this ambiguous character.

Information interpretation

From this interpretation four erosion degrees were delimited: light erosion (Class I), 25% or least of the affected area, with little or none visual evidence of erosion like little furrows; Moderate erosion (Class II) between 25 and 75% of the affected area, with visual evidences like little furrows and partial or total loss of the argilic horizon in some unit sectors; Strong erosion (Class III), more of 75% of unit area have been affected to the point that almost in the total surface the sub soil is exposed accompanied with visual evidences like profound furrows and little carcaves in several zones and Severe erosion (Class IV), the total area is affected by erosive processes very marked that have caused the destruction of soil profile with visual evidences like profound carcaves (14).

Map elaboration

From aerial photographs and the leaves 5946-I-SE, 6046-II-NO and 6046-IV-SO to an scale 1:25.000 published by the Direccion de Cartografia Nacional, a map of drainage patters of region was

subsuelo acompañado con evidencias visuales como surcos profundos y pequeñas cárcavas en algunas zonas y Erosión severa (Clase IV) la totalidad del área se encuentra afectada por procesos erosivos muy marcados que han provocado la destrucción del perfil de suelo con evidencias visuales como cárcavas profundas (14).

Elaboración de mapas

A partir de las fotografías aéreas y las hojas 5946-I-SE, 6046-III-NO y 6046-IV-SO a escala 1:25.000, publicadas por la Dirección de Cartografía Nacional, se elaboró un mapa de los patrones de drenaje de la zona y utilizando las curvas de nivel se elaboró un mapa de pendiente a esa misma escala. Los rangos de pendientes utilizados se basan en lo señalado la metodología para Estudios de Integrales en Cuencas Altas del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (13). Se elaboró un mapa de cobertura vegetal a escala 1:25.000 basado en la interpretación de las fotografías aéreas, los estudios realizados por PDVSA-Palmaven (11), corregido con la verificación en campo.

Digitalización, análisis e interpretación de la información

Los mapas digitalizados fueron editados con el programa Arcview ver 3.2 (4), la información del área representada en los diferentes mapas bases digitalizados conformaron la unidad integrada de terreno, con lo cual se corrigieron los errores e imprecisiones ocurridas durante las fases previas. Finalmente, se trasladó la información a sus respectivos mapas donde se presentan las unidades predominantes de geomorfología,

elaborated and by using the level curves a map of slope to that same scale was made. slopes ranks used are based on the methodology for Estudios de Integrales de Cuencas Altas del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (13). A vegetal cover map to a scale 1:25.000 based on the aerial photographs interpretation, the studies accomplished by PDVSA-Palmaven (11), corrected with field verification.

Digitalization, analysis and interpretation of the information

The digitalized maps were edited with the Arcview Program version 3.2 (4), the area information represented in the different digitalized bases maps, the land integrated unit, by correcting errors and lack of precisions occurred during previous phases. Finally, information was translated to its respective maps where the predominant geomorphology units, slope classes, land use and vegetable cover, soil units and erosion degrees, which were crossed in the geographical information system for the interpretation realization that permit to understand the actual hydric erosion state of study region and factors related to it.

Results and discussion

Lithology

From the lithological point of view, region is conformed by materials of formations: Isnotu, Mene Grande and Pauji, constituted by rocks of different ages and mineralogical

clases de pendiente, uso de la tierra y cobertura vegetal, unidades de suelo y grados de erosión, los cuales fueron cruzados en el sistema de información geográfico para la realización de interpretaciones que permitieron comprender el estado de erosión hídrica actual del área de estudio y los factores relacionados con la misma.

Resultados y discusión

Litología

Desde el punto de vista litológico la zona está conformada por materiales de las formaciones: Isnotú, Mene Grande y Paují, constituidas por rocas de diferentes edades y composiciones mineralógicas con mayor o menor metamorfismo y espesores, caracterizadas por presentar arcillas poco consolidadas, lutitas y areniscas (9).

Suelos

La variabilidad de los suelos se presentan como consecuencia de la acción de los diferentes factores y procesos de formación: Clima, organismos, relieve, material parental y tiempo (1). Los órdenes de suelos predominantes en el área de estudio corresponden a los Ultisoles, Entisoles e Inceptisoles (8).

Geomorfología

El área de estudio ubica en la provincia fisiográfica de la Depresión del Lago de Maracaibo, dentro de la región natural del Sistema Montañoso Coreano (3). Geomorfológicamente más de la mitad del área presenta un paisaje Colinar, cuyas elevaciones no son mayores de 300 m con respecto a su nivel base, con superficies que se diferencian en sus formas y grados de

condiciones with higher or little metamorphism and thickness, characterized by presenting clays little consolidated, lutites and areniscas (9).

Soils

The soils variability is presented as a consequence of the action of different factors and formation processes: climate, organisms, relief, parental material and time (1). The soil orders predominant in the study area correspond to ultisols, entisols and inceptisols (8).

Geomorphology

The study area is located at the physiographic province of the Maracaibo Lake Depressure, inside the natural region of the Corean Mountain System (3). Geomorphologically, more of half of region presents a hill landscape, whose elevations are not superior to 300 m respect to its level basement with surfaces that are different in its shapes and slope degrees where they are distinguished the relief units Hills and little Hills. La Colorado creek is oriented in the sense East-West, by forming a wide colluvium-alluvial valley that collect the high part of precipitated water by conducting it to dam. In East and South Oriental extremes, plain terraces as a result of higher erosive processes at the quaternary time and/or with tectonic influence (8). Table 1 shows a summary of the geomorphological conformation of area, which are presented the following landscapes from high to low positions:

1. The mountain landscape is located toward North-West of micro

pendientes, donde se distinguen las unidades de relieve Lomas y Colinas. La quebrada la Colorada se orienta en sentido este-oeste, formando un Valle coluvio-aluvial estrecho que recoge la mayor parte del agua precipitada conduciéndola hasta el embalse. En los extremos este y sur-oriental se presentan Terrazas planas como resultado de los grandes procesos erosivos en la época del cuaternario y/o con influencia tectónica (8).

El cuadro 1 presenta un resumen de la conformación geomorfológica del área, en la cual se presentan de los siguientes paisajes desde las posiciones altas hacia las bajas:

1. El paisaje de Montaña se ubica hacia el nor-este de la microcuenca y corresponde al sector más bajo de la cuenca alta del río Pueblo Viejo, el cual presenta rangos de pendientes de entre 15-25% y 25-35%. Con elevaciones sobre el nivel del mar desde alrededor de los 300 msnm hasta 360 msnm, ocupando una superficie de 137,51 ha (3,51%).

2. El paisaje Colinar ocupa 2.237,70 ha (57,07%), con elevaciones no mayores de 300 m con respecto a su nivel de base, y constituidos por unidades de relieve de Lomas y Colinas. Las Lomas se encuentran distribuidas en toda el área, en un sistema de relieve Lomas/terciarias, presentan formas alargadas y crestas redondeadas (en forma de lomo), con Vertientes simples convexas-cóncavas con pendientes predominantes entre los rangos 4-8% y 8-15%, seguidas por el rango 15-25%. Las Colinas se localizan en la porción central, limitadas

basin and corresponds to lower sector of the high basin of Pueblo Viejo river, which presents slope ranks between 15-25% and 25-35%, with elevations over the sea level from around the 300 msnm to 360 msnm by occupying a surface of 137.51 ha (3.51%).

2. The hill landscape occupies 2237.70 ha (57.07%) with elevations below to 300 m respect to its basement level and constituted by relief units Hills and little Hills. Hills are distributed in all the area, in a relief system Hills/tertiary, by presenting enlarged forms and rounded crests (in a back way) with simple convex-concaves slopes with predominant slopes between ranks 4-8% and 8-15% followed by the rank 15-25%. The Hills are located in the central portion, limited to south with colluvium-alluvial valley of La Colorada creek, by arriving to the north limit. Inside the hill landscape, this unit represents approximately a fifth part and is characterized by presenting half orange shapes (rounded) that have a tendency to form structural mass with concave-convex slopes, with slope degrees ranks of 8-15% like predominant and 4.8% in a low proportion, in relief system Hills/tertiary.

3. The Piedemonte landscape occupies a surface of 699.62 ha (17.84%) distributed to north and south of area formed by Inclined plains like relief system and terraces as relief unit which are characterized by presenting a flat relief of alluvial origin with different levels from 2 to 4, as a product of the big erosive

Cuadro 1. Resumen de la caracterización geomorfológica de la microcuenca de las quebradas Roja y Colorada.

Table 1. Geomorphological characterization summary of the micro basin of the Roja y Colorada creeks.

Paisaje	Sistema de Relieve	Unidad de Relieve	Superficie	
			ha	%
Montaña (M)	Estructural Complejo/Terciario (M22)	Vertiente Convexo-Cóncava (Vo)	137,72	3,51
Valle (V)	Acumulación Indiferenciada (Va)	Coluvio-Aluvial (Vv)	685,54	17,48
Colinar (C)	Lomas/Terciarias (Ci.4)	Intrapiedemontino (Vap)	160,95	4,10
	Colinas/Terciarias (C2)	Lomas (Lo)	1.770,62	45,15
Piedemonte (P)	Planos Inclinados (Pi)	Colinas (Ci)	467,08	11,92
		Terrazas (Te)	699,62	17,84
		Total:	3.921,53	100,00

al sur con un Valle coluvio-aluvial de la quebrada Colorada, llegando hasta el límite norte. Dentro del paisaje Colinar, ésta unidad representa aproximadamente una quinta parte, y se caracteriza por presentar formas en media naranja (redondas) que tienden a formar masas estructurales con Vertientes cóncavo-convexas, con rangos de pendientes de 8-15% como predominante, y 4-8% en menor proporción, en sistema de relieve Colinas/terciarias.

3. El paisaje Piedemonte ocupa una superficie de 699,62 ha (17,84%), distribuidas al norte y sur del área, conformado por Planos inclinados como sistema de relieve y Terrazas como unidad de relieve, las cuales se caracterizan por presentar un relieve plano de origen aluvial con diferentes niveles que van del 2 al 4, productos de los grandes procesos erosivos en la época del cuaternario y/o con influencia tectónica, y pendientes que oscilan en el rango del 2 al 4%.

4. El paisaje de Valle se localiza entre el paisaje Colinar, denominado por ello Valles coluvio-aluviales, se presentan formados por aportes de la quebrada Colorada, generalmente cubiertas de vegetación, con un sistema de relieve de Acumulaciones indiferenciadas, ocupando una superficie de 685,54 ha (17,48%). Colindando con el río Grande se presenta un Valle intrapiedemontino de aporte aluvial con una superficie de 160,95 ha (4,10%).

Distribución de las clases de pendientes en el área de estudio

Los rangos y superficies de las categorías de pendientes encontradas

processes in the quaternary period and/or with tectonic influence and slopes that oscillate in the rank of 2 to 4%.

4. The valley landscape is located between the hill landscape called colluvium-alluvial valleys, they are formed by the contribution of La Colorada creek, generally covered by vegetation, with a relief system of indifferential accumulations by occupying a surface of 685.54 ha (17.48%). adjoining with Grande river is present a Infra Piedemontino valley of alluvial contribution with a surface of 160.95 ha (4.10%).

Class distribution of slopes in the study area

Ranks and surfaces of slope categories found in the study area are shown in the table 1, in which it is observed the following details:

The flat or almost flat areas with slope ranks between 0-4% occupies a surface of 1319.76 ha which represents a 33.65% of the total surface, these slopes predominate at Rio Grande valley and the Roja and Colorada creeks, and the Piedemonte landscape located to north-west lying across by the final section of the Roja creek before of flowing on Grande river.

The lightly rolled areas with slopes between 4-8% are located on its majority in the Hill landscape by covering a surface of 1674.36 ha, which represents the 42.69% of total.

Areas with moderately rolled slopes (8-15%) cover a surface of 745.52 ha that represents the 19.02% of the total area which are located at the center occidental extreme, by

en el área de estudio se presentan en el cuadro 2, en el cual se observan los siguientes detalles:

Las áreas planas o casi planas con rangos de pendiente entre 0-4% ocupan una superficie de 1.319,76 ha, lo que representa un 33,65% de la superficie total, estas pendientes predominan en los valles del río Grande y las quebradas Roja y Colorada, y el paisaje de Piedemonte ubicado al nor-este atravesado por el tramo final de la quebrada Roja antes de desembocar en el río Grande.

Las áreas ligeramente onduladas con pendientes entre 4-8% se localizan en su mayoría en el paisaje Colinar, cubriendo una superficie de 1.674,36 ha, lo cual representa el 42,69% del total.

Las áreas con pendientes moderadamente onduladas (8-15%) cubren una superficie de 745,52 ha, lo cual representa el 19,02% del área total,

corresponding in its majority to the Hill landscape.

Areas with rolled topography whose slopes oscillates between 15-25%, are located to the north-west, represent the 2.98% (116.31 ha) of the total area and it cover the Hill and Mountain landscapes.

Regions with slopes strongly rolled (25-35%) are located in the north-oriental extreme of area, represents the 1.67% and corresponds to the mountain area.

Vegetable cover and land use in the study area

Table 3 summarizes the shapes of vegetable cover and land use identified in the study area. It can be observed that the 38.62% of the surface presents woods with different parts and cover from which the predominant ones corresponds to low forest sparse (440.30 ha) located from the central part to the north-occiden-

Cuadro 2. Rangos y superficies de las categorías de pendientes presentes en la microcuenca de las quebradas Roja y Colorada.

Table 2. Ranks and surfaces of the slopes categories presents in the micro basin of the Roja and Colorada creeks.

Símbolo	Rango %	Denominación	Superficie	
			ha	%
A	0 – 4	Plana o casi plana	1.319,76	33,65
B	4 – 8	Ligeramente ondulado	1.674,36	42,69
C	8 – 15	Moderadamente ondulado	745,52	19,02
D	15 – 25	Ondulado	116,31	2,97
E	25 – 35	Fuertemente ondulado	65,58	1,67
F	35 – 50	Quebrado o mod. quebrado	0	-
G	50 – 64	Muy quebrado	0	-
Total:			3.921,53	100,00

las cuales se ubican principalmente en el extremo centro-occidental, correspondiendo en su mayoría al paisaje Colinar.

Las áreas con topografía ondulada cuyas pendientes oscilan entre 15-25%, se ubican al nor-oeste, representan el 2,98% (116,31 ha) del total del área y abarca los paisajes Colinar y Montaña.

Las zonas con pendientes fuertemente onduladas (25-35%) se ubican en el extremo nor-oriental del área, representan el 1,67% y corresponden al área de Montaña.

Cobertura vegetal y uso de la tierra en el área de estudio

El cuadro 3 resume las formas de cobertura vegetal y uso de la tierra identificadas en el área de estudio. En el mismo puede observarse que el 38,62% de la superficie presenta bosques con diferentes portes y coberturas de los cuales los predominantes corresponden al Bosque bajo ralo (440,30 ha) ubicado desde la parte central hasta el extremo nor-occidental; Bosque bajo y medio denso (399,42 ha) ubicado al nor-oeste y sur de la población de Zipayare y los Bosques medios ralos y densos que ocupan una superficie de 307,98 ha y 270,90 ha respectivamente, ubicados el primero en la vega de cursos de agua, principalmente bordeando la quebrada Colorada, en franjas de ancho variable que se extienden desde el sector nor-este hasta el sur-oeste y el segundo hacia el norte del área de estudio. En proporciones menores se encuentran los Bosques alto denso con 81,10 ha ubicadas al norte y nor-este de la microcuenca y bajo denso con 15,07

tal extreme; Wood low and medium dense (399.42 ha) located at north-west and south of Zipayare population and the Wood medium sparse and dense that occupies a surface of 307.98 ha and 270.90 ha respectively, located in the fertile valley of water courses, especially on the edge of La Colorada creek into strips of variable wide that are extended from north-west sector to the south-west the first one and to the north of the study area the other one.

In little proportions are found the Wood highly dense with 81.10 ha located to the north and north-west of the micro basin and low dense with 15.07 ha located to the south-west of the study area by limiting with Pueblo Viejo dam.

As can be appreciate at the table 3, the surface affected by the antropic intervention correspond to the 61.38% of the study area represented by the Agricultural use with 9.43 ha (0.24%), Livestock use with 108.52 ha (2.77%), combination of crops with Livestock use with an extension of 335.88 ha (8.57%), urban center occupying a surface of 108.18 ha (2.76%), association of livestock use with wood little sparse with dominium of the first one) with an area of 1119.27 ha (28.54%) and the combination of the livestock with material by having an extension of 725.38 ha (18.50%). The visits to the study area showed the occurrence of continuous invasions to the wood area as a medium for the expansion of the agricultural frontier. As a result of this process, arboreal species such as Cedar (*Cedrela odorata*) and Mahogany (*Sweietenia*

Cuadro 3. Cobertura vegetal y uso de la tierra localizados en el área de la microcuenca de las quebradas Roja y Colorada.

Table 3. Vegetable cover and land use located at micro basin area of Roja and Colorada creeks.

Designación	Descripción de unidades	Superficie	
		ha	%
Bad	Bosque alto denso	81,10	2,07
Bmd	Bosque medio denso	307,98	7,85
Bmr	Bosque medio ralo	270,90	6,90
Bbd	Bosque bajo denso	15,07	0,38
Bbr	Bosque bajo ralo	440,30	11,23
B(b-m)d	Bosque (bajo y medio) denso	399,42	10,19
A	Agrícola	9,43	0,24
P	Pecuario	108,62	2,77
AP	Agropecuario	335,88	8,57
AU	Área Urbana	108,18	2,76
P-Bbr	Pecuario y Bosque bajo	1.119,27	28,54
P-M	Pecuario-Matorral	725,38	18,50
	Total:	3.921,53	100,00

ha ubicado al sur-oeste del área de estudio limitando con el embalse Pueblo Viejo.

Como se puede apreciar en el cuadro 3 la superficie afectada por intervención antrópica comprende el 61,38 del área en estudio, representada por el uso Agrícola con 9,43 ha (0,24%), uso Pecuario con 108,52 ha (2,77%), combinación de cultivos con uso Pecuario con una extensión de 335,88 ha (8,57%), centro urbano ocupando una superficie de 108,18 ha (2,76%), asociación de uso Pecuario con Bosque bajo ralo (con dominio del primero) con un área de 1.119,27 ha (28,54%) y la combinación de uso Pecuario con Matorral abarcando una extensión de 725,38 ha (18,50%). Las

macrophylla) have been affected by the felling and the soil degradation of hillside have been accelerated by increasing the sediments dragging to the dam; this situation has not be quantified.

Erosion degrees distribution

The actual erosion map resulting is showed in the figure 1 and in the table 4 it is showed the erosion degrees present in the study area and its relationship with landscape, slope and land use factors.

Area without erosion occupies a surface of 872.27 ha (22.24%) and corresponds to the Infra Piedemontino Valley and Colluvium-Alluvial Valley landscapes with slopes between 0 and 4% and vegetable cover of woods little

visitas al área de estudio demostró la ocurrencia de continuas invasiones al área boscosa como medio para la expansión de la frontera agrícola. Como resultado de este proceso especies arbóreas tales como el cedro (*Cedrela odorata*) y la caoba (*Swietenia macrophylla*) se han visto afectadas por la tala y la degradación de los suelos de laderas se ha acelerado aumentado con ello el arrastre de sedimentos hasta el embalse, situación que no ha sido cuantificada.

Distribución de los grados de erosión.

El mapa de erosión actual resultante, se presenta en la figura 1 y en el cuadro 4 se muestra la distribución de los grados de erosión hídrica existentes en el área de estudio y su relación con los factores paisaje, pendiente y uso de la tierra.

El área sin erosión abarca una superficie de 872,27 ha (22,24%), y corresponde mayormente a los paisajes Valle intrapiedemontino y Valle coluvio-aluvial con pendientes entre 0 y 4% y cobertura vegetal de Bosques bajos denso y ralo, Bosques medios densos y ralos; y usos Pecuario, Agrícola y la combinación de Agrícola y Pecuario. En menor proporción se localizó esta clase de erosión en el paisaje de Piedemonte colindante con el Valle en la posición de Terrazas con pendientes entre 8 y 15% con cobertura vegetal de Bosque bajo ralo.

Los terrenos ligeramente erosionados (Clase I) ocupan una extensión de 371,08 ha que se ubican en el paisaje de Piedemonte específicamente en las posiciones de Terrazas con pendientes que varían

dense and sparse, woods medium dense and sparse, and Livestock, Agricultural use and the combination of both. This erosion type was found in a little proportion in the Piedemonte landscape next to Valley in the Terraces position with slopes between 8 and 15%, with vegetable cover of low forest sparse.

Lands with light erosion (Class I) occupies an extension of 371.08 ha that are located in the Piedemonte, especially in the Terraces position with slopes that vary from 0 to 4% with Livestock use and cover of low forest sparse; and the Inclined Planes that shows slopes between 4 and 8% occupied in a higher proportion by the Livestock use and the Livestock-Shrubby with little areas of Wood medium sparse.

The moderate erosion (Class II) corresponds to a surface of 1908.34 ha (48.66%) located in the little Hills landscape in the relief unit of Hills with slopes lightly rolled between 4 and 8%, with vegetable cover of Wood little and medium dense and land use -in its majority- based on the Livestock-Shrubby and Livestock-Low forest sparse in Hills combinations, in where slopes oscillate between 4-15%, vegetable cover of Wood little sparse and with the same use.

Lands with severe erosion (Class III) occupies an extension of 707.03 ha corresponding to Hills landscape in the relief unit of Hills with slopes lightly rolled (4-8%) and moderate rolled (8-15%), with vegetable cover of Wood medium dense in little sectors and occupation in the higher part of

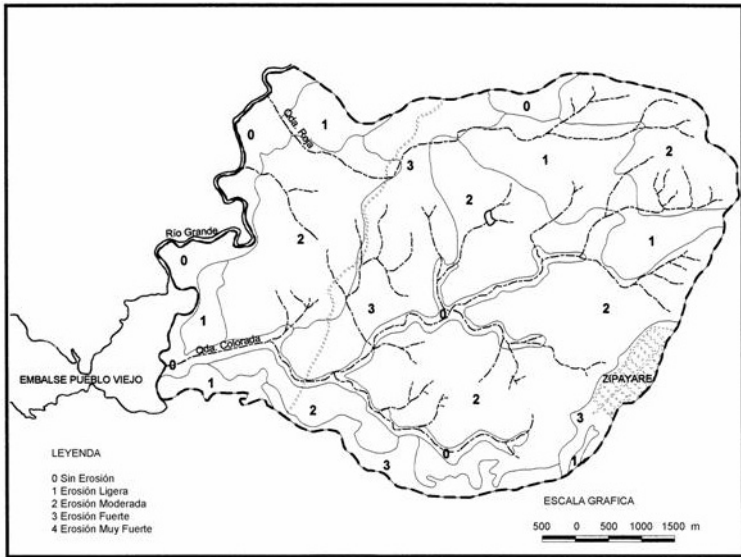


Figura 1. Mapa de erosión de la microcuenca de las quebradas Roja y Colorada

Figure 1. Erosion map of the micro basin of the Roja and Colorada creeks.

de 0 a 4% con uso pecuario y cobertura de Bosque bajo ralo; y los planos inclinados los cuales presentan pendientes entre 4 y 8% ocupado predominantemente por el uso Pecuario y la asociación Pecuario-Matorral con pequeñas áreas de Bosque medio ralo.

La erosión moderada (Clase II) corresponde a una superficie de 1.908,34 ha (48,66%) localizadas en el paisaje Colinar en la unidad de relieve de Lomas con pendientes ligeramente onduladas entre 4 y 8%, con cubierta vegetal de Bosque bajo y medio denso y uso de la tierra en su gran mayoría a base de las combinaciones Pecuario-Matorral y Pecuario-Bosque bajo ralo en Colina donde las pendientes van de 4 a 15%; y Lomas

and occupation in the higher part of Livestock, Livestock-Wood little spars use and the Agricultural and Livestock combination; and the "Piedemonte" landscape in the Terraces and Inclined Planes with slopes lightly rolled (4-8%) and moderate rolled (8-15%), vegetable cover under the association of Wood little sparse and medium dense and with Urban and Livestock land use.

There are 62.81 ha (1.60%) affected by severe erosion (Class IV) in where occurs high erosive process corresponding to Mountain with convex slopes with slopes degrees between 15 and 25% with vegetable cover in little sectors considered as inclusions based on Woods high den-

Cuadro 4. Distribución por grados de erosión en la microcuenca de las quebradas Rojas y Colorada.
Table 4. Distribution by erosion degrees in the micro basin of the Roja and Colorado creeks.

Erosión	Paisaje	Pendiente	Uso y vegetación	Superficie	
				ha	%
Sin (0)	Vap	A (0-4%)	Bosque bajo denso, bosque (medio y bajo) denso, agropecuario	872,27	22,24
	VV		Bosque bajo ralo, bosque medio ralo, bosque bajo denso, pecuario, agropecuario		
	PiTe	A (8-15%)	Bosque bajo ralo		
Ligera (1)	PiTe	A (0-4%)	Bosque bajo ralo, agropecuario	371,08	9,46
	PiTe	A (4-8%)	Bosque medio ralo, pecuario-matorral, agropecuario		
Moderada (2)	CI.4.LO	B (4-8%)	Bosque bajo denso (aislados), bosque bajo ralo, bosque (medio y bajo) denso, pecuario-matorral, pecuario y bosque bajo	1.908,34	48,66
		C (8-15%)	Bosque bajo ralo, pecuario y bosque bajo, pecuario-matorral		
Fuerte (3)	C2.Ci	B (4-8%)	Bosque medio denso (pequeños sectores), pecuario y bosque bajo, agropecuario, pecuario-matorral	707,03	18,04
	PiTe	C (8-15%)	Bosque (bajo y medio) denso, pecuario		
Severa (4)	M22.VO	D (15-25%)	Bosque alto denso (inclusión), pecuario-matorral	62,81	1,60

con pendientes de 8 a 15% cobertura vegetal de Bosque bajo ralo y con el mismo uso.

Los terrenos severamente erosionados (Clase III) abarcan una extensión de 707,03 ha correspondientes a los paisajes Colinar en la unidad de relieve de colinas con pendientes ligeramente ondulada (4-8%) y moderadamente ondulada (8-15%), con cobertura vegetal de Bosque medio denso en pequeños sectores y ocupación en la mayor parte del área de los usos Pecuario, Pecuario-Bosque bajo ralo y la combinación Agrícola y Pecuario; y el paisaje de Piedemonte en las posiciones de Terrazas y Planos inclinados con pendientes ligeramente onduladas (4-8%) y moderadamente onduladas (8-15%), cobertura vegetal bajo la asociación de Bosque bajo y medio denso y con uso de la tierra Urbano y Pecuario.

Existen 62,81 ha (1,60%) afectadas por erosión severa (Clase IV) en las que se han desencadenados fuertes procesos erosivos correspondientes al paisaje de Montaña con Vertiente convexa con pendientes entre 15 y 25% con cobertura vegetal en pequeños sectores considerados como inclusiones a base de Bosques altos densos en los que se aprecia ligera erosión y uso en la gran mayoría del área Pecuario-Matorral.

Conclusiones y recomendaciones

La microcuenca de las quebradas Roja y Colorada muestra la ocurrencia de procesos de erosión hídrica muy activos con grados predominan-

erosion and use on the majority of the Livestock-Brushwood area.

Conclusions and recommendations

The micro basin of Roja and Colorada creeks shows the occurrence of hydric erosion process very actives with degrees between moderate and severe erosion, depending on land use and landscape.

The flat areas located at Valleys and at the "Piedemonte" Terraces with wood cover in a little proportion did not showed evidences of being affected by the erosion process.

The "Piedemonte" landscape in the positions of Terraces and Inclined Planes with Livestock use and cover in a little proportion with woods showed evidences of light hydric erosion.

Area corresponding to Hills landscape, with slopes lightly rolled with Agriculture and Livestock use, like the corresponding to "Piedemonte" in the forms of Terraces and Inclined Plans with slopes moderately rolled and especially Livestock and Urban use, showed clear evidences of the erosion occurrence in a strong and severe degree.

In the Mountain landscape, in a convex rolled slope degree and predominant Livestock-Shrubby use and at the Hills landscape in the Hills form moderately rolled and especially the Livestock-Shrubby or Livestock-Low forest sparse, evidences of a erosion degree moderate were showed.

The promoter factors of the

tes entre moderadamente y severamente erosionado, dependiendo del uso de la tierra y el paisaje.

Las áreas planas ubicadas en los Valles y en las Terrazas de Piedemonte con cobertura boscosa y con uso Pecuario en menor proporción, no mostraron evidencias de estar afectadas por el proceso de erosión.

El paisaje de Piedemonte en las posiciones de Terrazas y Plano inclinados con uso Pecuario y cobertura en menor proporción con bosques mostraron evidencias de ligera erosión hídrica.

El área correspondiente al paisaje Colinar, con pendientes ligeramente onduladas y moderadamente onduladas con uso predominante Agrícola y Agropecuario, así como las correspondientes al Piedemonte en las formas de Terrazas y Planos inclinados con pendientes moderadamente onduladas y uso mayoritariamente pecuario y urbano mostraron evidencias claras de la ocurrencia de erosión en grado fuerte y severa.

En el paisaje de Montaña en posición de Vertiente convexa ondulada y uso predominante Pecuario-Matorral y en el paisaje Colinar en la forma de Lomas moderadamente onduladas y predominio del uso Pecuario-Matorral o Pecuario-Bosque ralo se encontraron evidencias de un grado erosión moderado.

Los factores promotores del proceso de degradación por erosión hídrica de mayor influencia en el área de estudio son el grado de pendiente, la cobertura vegetal y el uso de la tierra. Este último es el más importante

degradation process by hydric erosion of a higher influence in the study area are the slope degree, the vegetable cover and the land use. This last one is the more important since the shapes and antropic intervention degrees located have not taking into account the soil use capacity, so the area could be the protector region and the hydraulic reserve of the Pueblo Viejo dam.

It have to be established an effective environmental supervision program with a real and active presence for avoiding burning, wood exploitation, over stocking and any promote activity of the erosive processes.

Acknowledges

Authors want to express their thanks to the Consejo de Desarrollo Cientifico y Humanistico de la Universidad del Zulia (CONDES) by the financing of this project, No. 531-2000.

End of english version

ya que las formas y grados de intervención antrópica localizados no han considerado la capacidad de uso de los suelos, así como la necesidad que el área sea la zona protectora y reserva hidráulica del embalse Pueblo Viejo.

Se debe establecer un programa de vigilancia ambiental efectivo con presencia real y activa para prevenir las quemas, explotación de madera, sobre pastoreo y cualquier actividad promotora de los proceso erosivos.

Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) de la Universidad del Zulia por el cofinanciamiento a este proyecto N° 531-2000.

Literatura citada

1. Brady, N. and R., Weil. 1998. The Nature and Properties of Soil. 12th Edition, Prentice Hall, Inc.
2. COPLANARH. 1974. Las regiones meridionales de la Cuenca del Lago de Maracaibo. Caracas-Venezuela.
3. COPLANARH. 1975. Estudio geomorfológico de la región del Lago de Maracaibo. Publicación n° 42. Caracas-Venezuela.
4. Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). 2000. Getting to know ArcView GIS. 3rd edition. ESRI Press. Redlands, CA.
5. Guevara, E., H. Cartaza. 2004. Hidrología ambiental. 1ra. Edición, Gráficas Valpres, C.A. Venezuela.
6. Hudson, N. 1995. Soil Conservation. Third Edition. B T Batsford Limited. London. 391 p.
7. Lal, L. 2000. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. *Soil Sci.* 165: 191-207.
8. MARNR, 1980. Estudio Integral de la Cuenca Alta y Media del Río Pueblo Viejo. Sector Cuenca Media. Dtto. Lagunillas- Edo Zulia. Convenio MARNR-LUZ-MARAVEN. Maracaibo-Edo. Zulia.
9. Ministerio de Energía y Minas. 1999. Léxico Estratigráfico de Venezuela. Edición CD-ROM. Caracas-Venezuela.
10. Morgan, R.P.C. 1996. Soil Erosion and Conservation. Second Edition. Longman Group Limited. England.
11. PALMAVEN, 1997. Estudio de Vegetación y Uso Actual de la Tierra en las Cuencas Media y Alta de los Ríos Pueblo Viejo y Machango. Maracaibo. Edo. Zulia. Venezuela.
12. Pierzynsky G, G.M. Melliarachchi, J.K. Koelliker. 1997. Methods for assessing the impacts of soil degradation on water quality. En: Methods for assessment of soil degradation. R. Lal. (Ed.) CRC Press. Boca Ratón. FLA.
13. Steegmayer P. y R. Bustos. 1980. Metodología de Estudios Integrales en Cuencas Altas. MARNR-DIIA. Zona 6. San Cristóbal. Venezuela.
14. USDA. 1981. Soil Survey Manual. SCS-USDA. Washington, D.C.
15. USDA. 1998. Keys to Soil Taxonomy. Eighth edition. NRCS. Washington, D.C.
16. Zinck A 1981. Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. CIDIAT. SC-46. Mérida, Venezuela. 114 pp.