

EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE TIERRAS AGRÍCOLAS PARA LA CONSERVACION DE SUELOS EN ÁREAS MONTAÑOSAS TROPICALES, SUBCUENCA ALTO MOTATÁN, MÉRIDA-VENEZUELA

AGRICULTURAL LAND EVALUATION AND CLASSIFICATION WITH AIMS OF SOIL CONSERVATION IN MOUNTAINOUS TROPICAL AREAS, SUB-BASIN ALTO MOTATÁN, MÉRIDA- VENEZUELA

**Neida Pineda C., Jhon González A., Gonzalo Segovia S., Edgar Jaimes C., José
Mendoza M. e Hilda Rodríguez**

Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Rafael Rangel (NURR), Grupo de Investigación
de Suelos y Aguas (GISA), Trujillo-Venezuela. E-mail: pineida@ula.ve, jhonkg@cantv.net,
gon4530@hotmail.com, jaimes@ula.ve, jgmendoz@ula.ve, mandoni500@hotmail.com

Resumen

Se aplicó una metodología para evaluar y clasificar tierras en áreas montañosas con fines de conservación de suelos, a partir del índice de productividad (IP) e índice de riesgo de erosión (IRE). El área de estudio comprende parcelas de Los Caracoles (1,05 ha) y El Rincón del Picacho (5,95 ha), subcuenca Alto Motatán, estado Mérida, Venezuela. Se determinó la aptitud de la tierra, clases de tierras y requerimientos de conservación de suelos. El Rincón del Picacho mostró mejor aptitud para la productividad del suelo en comparación con Los Caracoles, para ambos el IRE resultó con una moderada aptitud. Las parcelas clasifican como tierras en reserva (principalmente en Los Caracoles) y en condición subcrítica (mayormente en El Rincón del Picacho). Se recomienda utilizar prácticas de conservación de suelos, combinando prácticas intensivas de manejo, manejo de coberturas vegetales y prácticas moderadas de control de escurrimiento en laderas.

Palabras Clave: Andes venezolanos; aptitud de la tierra; productividad del suelo; riesgo de erosión.

Abstract

A methodology to evaluate and classify land in mountain areas for the purpose of soil conservation, based on the soil productivity index (IP) and soil erosion risk (IRE) were applied. The study area includes plots of Los Caracoles (1.05 has) and El Rincón del Picacho (5.95 has), Alto Motatán sub-basin, Mérida State, Venezuela. Land suitability and classes and soil conservation requirements were determined. El Rincón del Picacho soils showed better aptitude soil productivity in comparison with Los Caracoles, for both the IRE was a moderate aptitude. The plots are classified as lands in reserve (mainly in Los Caracoles) and in sub-critical condition (mostly in El Rincón del Picacho). The utilization of practices for soil conservation, combining intensive practices of management, management of vegetable cover and moderate practices of control of runoff mountainside are recommended.

Key Words: Venezuelan Andes; land suitability; soil productivity; soil erosion.

Recibido: 07/02/2012 - **Aprobado:** 26/07/2012

Introducción

La ausencia de una adecuada aplicación de las políticas conservacionistas que permitan el uso racional de los recursos naturales y, al mismo tiempo, incrementen la productividad de la tierra, en función de las necesidades humanas, ha contribuido a que el deterioro de los recursos suelo, agua y vegetación se haya intensificado en los últimos años a un ritmo alarmante en la totalidad de la cuenca del río Motatán (Venezuela) sobre todo en el sector medio y alto (Mendoza, 2005). Ante esta situación es necesario implementar metodologías o modelos predictivos que permitan la ordenación de las actividades existentes, especialmente las agrícolas, y un uso más eficiente de los recursos naturales, particularmente del recurso suelo.

Por otra parte, Delgado (1997) enfatiza sobre la magnitud, complejidad y elevado número de variables que requieren mucho de los modelos predictivos de las respuestas esperadas a determinadas condiciones de manejo o tipos de utilización de la tierra. Para tal fin, ha planteado la necesidad de contar con herramientas de poca complejidad que permitan estimar la productividad del suelo en función de variables edáficas de fácil obtención e interpretación. Entre tales modelos se destacan los denominados Índices de Productividad (Kiniry, Scrivner y Keener, 1983; citado por Delgado, 1997) fundamentados en la premisa que bajo condiciones similares de cultivo, clima y manejo, la productividad está directamente relacionada con las propiedades edáficas que garantizan un medio óptimo para el crecimiento de las raíces de las plantas.

Además, la notoria escasez de información en estas áreas dificulta sensiblemente los procesos de planificación conservacionista del uso de la tierra. De allí, la necesidad de contar con métodos sencillos que permitan estimar la susceptibilidad a la erosión hídrica o riesgo de erosión en cuencas montañosas con escasa información. En tal sentido, la metodología propuesta por Delgado (2003) permite evaluar de forma alterna la productividad de los suelos y el riesgo de erosión; variables que en combinación pueden constituir una base para orientar los usos de la tierra en cuencas altas tropicales y, a su vez, determinar las prioridades de conservación de suelos.

Actualmente, la subcuenca Alto Motatán está sujeta a una creciente intervención antrópica, expresada principalmente en una agricultura intensiva, basada en el desarrollo de cultivos hortícolas adaptados a las particulares condiciones agroclimáticas de la zona, con escasa utilización de prácticas de conservación, a esta situación no escapan las tierras ubicadas en los comités de riego “Los Caracoles” y “El Rincón del Picacho”, localizados en la parroquia Andrés Eloy Blanco del municipio Miranda del estado Mérida, por lo que este trabajo tiene como objetivo realizar una clasificación de tierras agrícolas a partir de la estimación del Índice de Productividad y del Riesgo de Erosión, aplicando la metodología de Delgado (2003) en parcelas bajo uso de horticultura de piso alto para luego formular prácticas de conservación y manejo del recurso suelo que contribuyan a reducir la degradación de los recursos naturales.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubica en la República Bolivariana de Venezuela, región Los Andes, específicamente en el estado Mérida, municipio Miranda, parroquia Andrés Eloy Blanco, dentro de la parte alta de la subcuenca del río Motatán, formando parte de la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo.

Se trabajó en las áreas de influencia de las comunidades de productores hortícolas organizados en los comités de riego El Rincón del Picacho y Los Caracoles. El área de estudio del comité de riego Los Caracoles se localiza entre 2677 y 2735 metros sobre el nivel del mar (msnm) (coordenadas: Norte: 988.200 - 988.400 UTM, Este: 305.900 - 306.250 UTM); y el área de estudio del comité de riego El Rincón del Picacho se ubica entre 3370 y 3509 msnm (coordenadas: Norte: 986.650 - 987.150 UTM, Este: 300.300 - 301.300 UTM).

En el comité de riego Los Caracoles la formación geológica presente es la Mucuchachí y en el comité de riego El Rincón del Picacho es la Palmarito, con intrusiones litológicas del granito de Chachopo (Ochoa et al. 2008).

Según información obtenida del Ministerio del Ambiente, División de Hidrología y Meteorología, estado Trujillo, zona 19, para la estación Timotes, que se localiza dentro de la subcuenca Alto Motatán, la precipitación para un período de registro de 20 años (1988-2007), tiene un promedio anual de 703,9 mm, ocurriendo el valor más alto en el mes de octubre (104,4 mm). Con respecto a la temperatura media anual es de 15,43°C para el período 1969-1990. De acuerdo a los criterios de las zonas de vida establecidos por Ewel, Madriz y Tosi (1976), basados en la metodología de Holdridge, la vegetación que caracteriza al área de estudio se encuentra en la zona de vida bosque húmedo montano para el comité de riego Los Caracoles y en la zona transicional de las zonas de vida bosque húmedo montano y páramo subandino para el comité de riego El Rincón del Picacho.

Metodología

Metodología de campo y de laboratorio: Se describieron siete perfiles de suelo en parcelas representativas de cada comité de riego para un total de catorce perfiles descritos. Los puntos de muestreo de suelo se ubicaron tomando como criterios: relieves relativamente homogéneos y la disponibilidad de las parcelas por parte de los productores. La profundidad del perfil de suelo dependió del espesor del suelo, desde la superficie hasta el manto rocoso, tomándose muestras de suelo que se analizaron en el laboratorio. También se determinó la densidad aparente en campo para el epipedón, a través del método del hoyo (Pla, 1983) y se recolectaron las muestras de suelo que fueron analizadas en el laboratorio. El Cuadro 1 muestra las características y variables descritas en el campo y obtenidas en el laboratorio, indicando la metodología utilizada para su obtención. De cada parcela se obtuvo las coordenadas UTM, utilizando Geoposicionador Satelital (GPS), para ser referenciadas mediante el programa AutoCAD 2006 (Autodesk 2006) en un mapa topográfico.

Metodología de gabinete: La información recopilada en campo y obtenida en el laboratorio fue tabulada en dos matrices utilizando la hoja de cálculo en Excel: una para estimar el Índice de Productividad (IP) y otra para calcular el Índice de Riesgo de Erosión

(IRE) en las parcelas aplicando la metodología para la evaluación de la calidad de las tierras agrícolas con fines de conservación de suelos en áreas montañosas de los andes venezolanos propuesta por Delgado (2003). Es importante destacar que tanto los valores de IP como los de IRE se estimaron para el horizonte superficial (epipedón).

a. Estimación del Índice de Productividad (IP). Para calcular el IP se utilizó el siguiente modelo multifactorial (Ecuación 1):

$$(1) \quad IP = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot B_i \cdot C_i \cdot K_i)$$

donde:

IP es el Índice de Productividad del suelo, tiene un valor entre 0 y 1, representando el valor 1 la condición óptima del suelo para el crecimiento radical del cultivo.

A_i es el factor que evalúa las condiciones que regulan las relaciones agua-aire del horizonte i . Se estima a partir de la capacidad de almacenamiento de agua útil y/o a partir del contenido de arcilla y del grado de desarrollo de la estructura del suelo.

B_i es el factor que evalúa las condiciones que determinan las resistencias mecánicas a la exploración radical del cultivo en el horizonte i . Se evalúa a partir de la densidad aparente relacionándola con la textura del suelo, y/o a partir del contenido volumétrico de fragmentos gruesos.

C_i es el factor que evalúa las condiciones que regulan la fertilidad potencial del horizonte i . Se estima a partir del pH del suelo obtenido en relación 1:1 y/o a partir de la relación entre la materia orgánica con el contenido de arcilla del horizonte superficial.

K_i es el factor que evalúa la importancia relativa del horizonte i en el perfil del suelo (factor de ponderación del horizonte respectivo). Se evalúa a partir de la profundidad de enraizamiento del cultivo y la profundidad del epipedón.

n es cada uno de los horizontes morfogénéticos del suelo hasta la profundidad efectiva del suelo.

b. Estimación del Índice de Riesgo de Erosión (IRE). Para la cuantificación del riesgo de erosión se utilizó la ecuación 2:

$$(2) \quad IRE = \frac{\eta}{10(1-\alpha)}$$

donde:

IRE es el Índice de Riesgo de Erosión, tiene un valor entre 0 y 1, correspondiendo el valor 1 a un suelo que presenta condiciones potenciales más favorables para que se desarrollen, eventualmente, severos procesos erosivos.

α evalúa el potencial de escorrentía del suelo, a partir de la granulometría y el grado de desarrollo de la estructura del suelo.

η evalúa el impacto de la agresividad de las lluvias en relación con la pendiente del terreno. Para el cálculo de este factor se utilizó el valor de precipitación media anual y el valor de la precipitación media mensual del mes más lluvioso (octubre: 104,4 mm) de la estación Timotes, y la pendiente media del terreno.

c. Determinación de los grados de aptitud de la productividad del suelo y del riesgo de erosión. Los grados de aptitud de la tierra se determinaron a partir de una combinación de las metodologías de Delgado (1997 y 2003), una vez obtenido el valor del IP y del IRE de cada parcela (Cuadro 2). A partir del IP se determinó el grado de aptitud de la cualidad “Productividad del suelo” que comprende las cualidades agronómicas del sistema de evaluación de tierras de la FAO (1985, 1990): condiciones de enraizamiento, aireación, capacidad de retención de nutrientes, pH y toxicidades del suelo; y, el valor del IRE se utilizó para evaluar la cualidad “riesgo de erosión” (Cuadro 2).

d. Clasificación de las tierras agrícolas ubicadas en áreas montañosas tropicales. El valor de ambos índices se introdujo en una tabla de doble entrada (Cuadro 3), en la cual se logró obtener la clasificación agrícola de cada parcela y las prioridades y requisitos generales de conservación de suelo, así como los usos más prometedores para cada una de las clases de tierras definidas. Finalmente, se realizó la representación cartográfica digital de los resultados obtenidos para los IP, IRE y para la clasificación de tierras utilizando el programa AutoCAD 2006 (Autodesk 2006).

e. Identificación de las prácticas de conservación y manejo de los suelos de las parcelas estudiadas.

Al clasificar las tierras del área de estudio, se establecieron los requerimientos de conservación de suelos, que sirven de base para la identificación de las prácticas de manejo y conservación de suelos, las cuales se clasifican en tres categorías principalmente:

- Categoría I: prácticas dirigidas a reducir la erosionabilidad del suelo o los impactos de la erosividad de la lluvia.
- Categoría II: prácticas dirigidas a reducir los impactos de la escorrentía en laderas.
- Categoría III: prácticas complementarias.

La selección de las prácticas se hizo en función de dos aspectos; en primer lugar, se consideró la cualidad de la tierra que más limita el uso agrícola, ya sea la productividad del suelo o el riesgo de erosión, o ambos, y en segundo lugar, se identificó el factor más limitante de la cualidad respectiva.

Resultados

En el Cuadro 4 se observa que en las parcelas estudiadas en el comité de riego Los Caracoles los valores del Índice de Productividad (IP) oscilan entre 0,14 y 0,37 calificando con baja, moderada y alta productividad, con grados de aptitud de la cualidad de la tierra “Productividad del suelo” que califican como no apto (n), marginalmente apto (a_3) y

moderadamente apto (a_2) lo que indica que se deben implementar prácticas muy intensivas, intensivas y moderadas de manejo de suelos, respectivamente para mejorar su productividad. En las parcelas que presentan una baja a moderada productividad de los suelos se determinó que los factores más limitantes (más bajos) son K (parcelas P-1 y P-4) y C (P-6); por presentar poca profundidad del suelo y tener pH ácido, respectivamente.

Para el comité de riego El Rincón del Picacho los valores oscilan entre 0,17 y 0,59 (Cuadro 4), lo que permite calificar la productividad del suelo entre moderada y muy alta, y el grado de aptitud de la cualidad de la tierra "Productividad del suelo" como marginalmente apto (a_3), moderadamente apto (a_2) y muy apto (a_1), esto indica que se deben implementar prácticas intensivas y moderadas de manejo de suelos para mejorar su productividad. En las parcelas estudiadas el factor limitante resultó K (RP-5), A (RP-5) y C (RP-4); atribuido a limitaciones de profundidad del horizonte superficial (poco profundo), bajo contenido de agua útil y pH ácido, respectivamente. Los resultados obtenidos permiten afirmar que las parcelas del comité de riego El Rincón del Picacho presentan una mejor productividad del suelo en comparación con las del comité de riego Los Caracoles.

Con respecto al Índice de Riesgo de Erosión (Cuadro 5) se tiene que en todas las parcelas calificó como moderado, presentando también una moderada aptitud a la cualidad de la tierra "Riesgo de Erosión". Se determinó que los suelos de los dos comités de riego tienen un alto potencial de escorrentía del suelo (α) por presentar valores mayores a 0,5 siendo estas parcelas susceptibles a la erosión hídrica. Estos valores son más elevados en los suelos localizados en "El Rincón del Picacho" por presentar un grado débil de desarrollo de la estructura y texturas franco arenosas; mientras que los suelos de las parcelas localizadas en Los Caracoles tienen estructura moderada a fuerte pero con presencia de fragmentos gruesos en el suelo.

El otro parámetro que influye en el IRE es la agresividad climática y topográfica (η) cuyos valores oscilan de 0,70 a 1,00; es decir están muy cercanos a 1,00 siendo por lo tanto este parámetro el que potencia el riesgo de erosión de los suelos en el área de estudio. Los valores más altos corresponden a los suelos de las parcelas de Los Caracoles por presentar pendientes más pronunciadas (30-60%) en comparación con las existentes en las parcelas del comité de riego El Rincón del Picacho (10-20%). Por su parte, la agresividad climática no tienen una influencia notable en los valores de IRE obtenidos puesto que las dos área de estudio presentan las mismas características climáticas, por lo que es la agresividad topográfica la que contribuye notablemente a potenciar el riesgo de erosión de estos suelos.

Al combinar los valores obtenidos de los Índices de Productividad (IP) y Riesgo de Erosión (IRE) en el Cuadro 3 se obtuvo las clases de tierra (Cuadro 6), así las parcelas estudiadas en ambos comités de riego clasificaron como tierras en condición sub-crítica (S) y tierras en reserva (R) (Figuras 1 y 2). En las parcelas del comité de riego Los Caracoles predominan las tierras en reserva (R) y en las parcelas del comité de riego El Rincón del Picacho las tierras en condición sub-crítica (S).

Las tierras en condición sub-crítica (S) poseen suelos que tienen una productividad alta a muy alta y un riesgo de erosión moderado. En la actualidad estas tierras se encuentran bajo un uso agrícola intensivo, aunque sean aptas para la producción agrícola continua, intensiva

y diversificada, se deben implementar prácticas conservacionistas que permitan mantener la productividad de los suelos. Se ubican en el tercer nivel de prioridad conservacionista. Por otra parte, las tierras en reserva (R) tienen una productividad del suelo moderada y un riesgo de erosión moderado. Actualmente se encuentran bajo uso agrícola intensivo aún cuando estas tierras deberían ser utilizadas con usos agrícolas limitados o con propósitos no agrícolas, por lo que es necesario implementar prácticas de manejo y conservación de suelos para mejorar su productividad y disminuir la erosión del suelo. Se ubican en el cuarto nivel de prioridad para su tratamiento conservacionista.

Obtenida la clasificación de las tierras y sus requerimientos de conservación, se seleccionó las prácticas en función de los factores o parámetros que resultaron limitantes tanto para el Índice de Productividad como para el Índice de Riesgo de Erosión. Así, las prácticas seleccionadas son aquellas que pueden ser implementadas según las condiciones particulares de la zona de estudio, tienen pocas limitaciones para su ejecución y pueden ser fácilmente adoptadas por los agricultores. En el Cuadro 7 se muestra, a manera de ejemplo, las prácticas más adecuadas para cada una de las parcelas estudiadas en el comité de riego Los Caracoles.

Conclusiones

La conservación de suelos en zonas de ladera es una necesidad impostergable debido al uso intensivo a que están sometidas. En este sentido, la metodología utilizada es específica y detallada, ya que permite evaluar algunos atributos de calidad de la tierra, además contribuye a orientar y apoyar la toma de decisiones para la recuperación y protección de los suelos.

Las parcelas estudiadas en el comité de riego El Rincón del Picacho presentan una mejor productividad del suelo en comparación con las del comité de riego Los Caracoles, ya que ellas calificaron con IP de moderado a muy alto mientras que las de Los Caracoles presentaron un IP de bajo a alto; por lo que el grado de aptitud de las parcelas del comité de riego El Rincón del Picacho van de marginalmente apto (a_3) a muy apto (a_1) y el de las parcelas localizadas en el comité de riego Los Caracoles califican de no apto (n) a moderadamente apto (a_2). La poca profundidad de estos suelos, la presencia de pH ácidos y el bajo contenido de agua útil en el horizonte superficial son las principales limitantes de su productividad.

Todas las parcelas califican con un IRE moderado que a su vez permitió valorar la cualidad de la tierra “Riesgo de Erosión” como moderadamente apta (a_2). En este caso, la presencia de pendientes pronunciadas y la alta escorrentía son características existentes en estas parcelas que favorecen la erosión hídrica, resultando el factor que evalúa la agresividad climática y topográfica (η) el más determinante para estimar el IRE por presentar valores de 1 ó cercanos a 1.

Las parcelas clasificadas como tierras en reserva (R) están siendo utilizadas para la producción hortícola intensiva, continua y diversificada con pocas prácticas de mejoramiento y conservación de los suelos, de continuar así pueden, en poco tiempo convertirse en tierras en condición crítica (C); por lo tanto se deben introducir prácticas de conservación y manejo de suelos de acuerdo a las condiciones particulares de cada parcela para evitar su eminente degradación.

Se recomienda la utilización de prácticas de conservación de suelos, combinando prácticas de manejo del suelo (labranza conservacionista, abonos verdes, encalado del suelo), manejo de coberturas vegetales (cultivos de cobertura, rotación de cultivos, siembras de alta densidad y cultivos asociados), prácticas moderadas de control de escurrimiento en laderas (siembras en contorno, cultivos en fajas y barreras vivas) y prácticas complementarias (despiedre del terreno, riego localizado, muros de piedra).

Las prácticas de conservación y manejo de suelos seleccionadas para las parcelas, por lo general, pueden ser adoptadas con relativa facilidad por los agricultores, debido a que son generalmente menos costosas, se integran fácilmente a las prácticas cotidianas de manejo agronómico de los cultivos y están orientadas a controlar las causas originales de la erosión del suelo.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes (ULA), por el financiamiento otorgado bajo el código SE-NURR-10-10-01

Referencias bibliográficas

- AUTODESK, INC. AutoCAD 2006. Software. California (USA), 2006.
- DELGADO F. Sistema para la clasificación de tierras agrícolas y prioridades de conservación de suelos en áreas montañosas tropicales. Suelos y clima SC73 CIDIAT. Mérida (Venezuela), Pp. 26, 1997.
- DELGADO F. Un Protocolo para apoyar la selección de prácticas de conservación de suelos en tierras montañosas tropicales. I Seminario Internacional Agricultura de Conservación en Tierras de Laderas. Manizales (Colombia), Pp. 27, 2003.
- EWEL J., MADRIZ A., TOSI J. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Editorial Sucre. Segunda Edición. Caracas (Venezuela), Pp. 265, 1976.
- FAO. 1985. Evaluación de tierras para la agricultura en secano. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Boletín 52. Roma (Italia), Pp. 228, 1985.
- FAO. 1990. Evaluación de tierras para la agricultura en regadío. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Boletín 55. Roma (Italia), Pp. 201, 1990.
- FONAIAP. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Brito J., López I., Pérez R. (compiladores). Fondo Nacional para la Investigación Agropecuaria. Maracay (Venezuela). Pp. 190, 1990.
- JAIMES E. Términos de referencia para la realización de estudios de suelo. Trabajo de ascenso. Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Departamento de Ciencias Agrarias. Trujillo (Venezuela), Pp. 257 p. y anexos, 1994.

MENDOZA J. Análisis causa-efecto del deterioro agroecológico y ambiental en cuatro comités de riego, subcuenca Alto Motatán, municipio Miranda, estado Mérida. Tesis de Maestría. Universidad de los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Coordinación de Investigación y Postgrado. Programa de Maestría en Desarrollo Regional. Trujillo (Venezuela), Pp. 125, 2005.

OCHOA G., MALAGÓN D., OBALLOS J. Influencia del material parental y del bioclima en la pedogénesis de la cuenca media y alta del río Motatán. Mérida-Trujillo. Venezuela. *Agronomía Tropical*. 58(2): 125-140, 2008.

PLA I. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista Alcance* N° 32. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay (Venezuela), Pp. 94, 1983.

Anexos:

Cuadro 1. Características y variables descritas en el campo y obtenidas en el laboratorio.

Características	Variable	Unidad	Método de obtención
Físicas	• Constante de humedad	%	Pla (1983)
	• Fragmento grueso	vol	Evaluaciones volumétricas
	• Espesor	cm	Utilizando cinta métrica
	• Arcilla	%	Análisis granulométrico por densimetría de Bouyoucos (FONAIAP, 1990)
	• Textura	clase	
	• Densidad Aparente	g/cm ³	Método del hoyo o de excavación (Pla, 1983)
	• Estructura (grado)	adimensional	Jaimes (1994)
	• Profundidad del suelo	cm	Utilizando cinta métrica
• Pendiente	%	Utilizando el clisímetro	
Químicas	• pH 1:1	adimensional	Potenciómetro (FONAIAP, 1990)
	• Materia orgánica	%	A partir del carbono orgánico obtenido por Walkley-Black en FONAIAP (1990)

Cuadro 2. Calificación del IP e IRE y grado de aptitud de la tierra según la calificación de la productividad del suelo y del riesgo de erosión como cualidades de la tierra del sistema FAO para su aplicación en tierras montañosas.

IP	Productividad del suelo	IRE	Riesgo de erosión	Grados de aptitud
$\geq 0,51$	muy alta	$\leq 0,10$	bajo	muy apto a_1
0,36 – 0,50	alta	0,11 – 0,30	moderado	moderadamente apto a_2
0,16– 0,35	moderada	$> 0,30$ – 0,60	alto	marginalmente apto a_3
$\leq 0,15$	baja	$> 0,61$	muy alto	no apto n

Fuente: Delgado (1997 y 2003), con modificaciones propias.

Cuadro 3. Sistema para la clasificación de tierras (Delgado, 2003).

Índice de Riesgo de Erosión (IRE)					
Índice de Productividad del suelo(IP)	$\leq 0,10$ (bajo)	0,11 – 0,30 (moderado)	0,31 – 0,60 (alto)	$> 0,61$ (muy alto)	Uso general de la tierra
$\leq 0,15$ (bajo)	Tierras en reserva (R) (4ª prioridad de tratamiento conservacionista)		Tierras en condición crítica (C) (2ª prioridad de tratamiento conservacionista)		Vegetación permanente
0,16 – 0,35 (moderado)					Cultivos especiales Agroforestería
0,36 – 0,50 (alto)	Tierras en condición sub-crítica (S) (3ª prioridad de tratamiento conservacionista)		Tierras en condición super-crítica (P) (1ª prioridad de tratamiento conservacionista)		Agricultura semi-intensiva
$> 0,50$ (muy alto)					Agricultura intensiva
	Ligeros	Moderados	Altos	Muy altos	
Requerimientos de conservación de suelos					

Cuadro 4. Calificación de los Índices de Productividad (IP) y grado de aptitud para las parcelas de los comités de riego estudiados.

	Perfil	Horizonte	Espesor (cm)	A	B	C	K	IP	Calificación del IP	Grado de aptitud
Los Caracoles	P-1	Ap	0-12	0,97	0,94	0,70	0,30	0,19	Moderado	a ₃
	P-2	Ap	0-35	0,83	0,64	0,87	0,67	0,31	Moderado	a ₃
	P-3	Ap	0-42	0,94	0,94	0,53	0,77	0,36	Alto	a ₂
	P-4	Ap	0-20	0,62	0,93	0,70	0,44	0,18	Moderado	a ₃
	P-5	Ap-Ah	0-45	0,79	0,56	0,57	0,81	0,20	Moderado	a ₃
	P-6	A1	0-29	0,83	0,64	0,47	0,58	0,14	Bajo	n
	P-7	Ap	0-36	0,70	0,89	0,85	0,69	0,37	Alto	a ₂
El Rincón del Picacho	RP-1	Ap-Ah	0-37	0,31	1,00	0,87	0,70	0,19	Moderado	a ₃
	RP-2	Ap	0-25	0,76	1,00	0,90	0,52	0,36	Alto	a ₂
	RP-3	Ap-Ah	0-41	0,62	1,00	0,80	0,76	0,38	Alto	a ₂
	RP-4	Ap	0-28	0,88	1,00	0,50	0,57	0,25	Moderado	a ₃
	RP-5	Ap	0-22	0,53	1,00	0,70	0,47	0,17	Moderado	a ₃
	RP-6	Ap-Ah	0-37	0,93	1,00	0,90	0,70	0,59	Muy alto	a ₁
	RP-7	Ap-Ah	0-45	0,92	1,00	0,77	0,81	0,57	Muy alto	a ₁

a₁ = Muy apto; a₂ = Moderadamente apto; a₃ = Marginalmente apto; n = No apto

Cuadro 5. Calificación de los Índices de Riesgo de Erosión (IRE) y grado de aptitud para las parcelas de los comités de riego estudiados.

	Perfil	Potencial de escorrentía del suelo (α)	Agresividad climática y topográfica (η)	IRE	Calificación del IRE	Grado de aptitud
Los Caracoles	P-1	0,65	0,97	0,28	Moderado	a ₂
	P-2	0,64	1,00	0,28	Moderado	a ₂
	P-3	0,64	1,00	0,28	Moderado	a ₂
	P-4	0,67	0,99	0,30	Moderado	a ₂
	P-5	0,61	1,00	0,25	Moderado	a ₂
	P-6	0,62	1,00	0,26	Moderado	a ₂
	P-7	0,63	0,97	0,26	Moderado	a ₂

El Rincón del Picacho	RP-1	0,69	0,70	0,23	Moderado	a ₂
	RP-2	0,69	0,70	0,23	Moderado	a ₂
	RP-3	0,67	0,70	0,21	Moderado	a ₂
	RP-4	0,69	0,70	0,23	Moderado	a ₂
	RP-5	0,69	0,70	0,22	Moderado	a ₂
	RP-6	0,64	0,91	0,25	Moderado	a ₂
	RP-7	0,65	0,91	0,26	Moderado	a ₂

Cuadro 6. Clasificación de tierras y priorización de la conservación de los suelos en cada parcela estudiada.

	Perfil	Clase de tierra	Prioridad de tratamiento	Requerimientos de conservación de suelos
Los Caracoles	P-1	R	4 ^a	Moderados
	P-2	R	4 ^a	Moderados
	P-3	S	3 ^a	Moderados
	P-4	R	4 ^a	Moderados
	P-5	R	4 ^a	Moderados
	P-6	R	4 ^a	Moderados
	P-7	S	3 ^a	Moderados
El Rincón del Picacho	RP-1	R	4 ^a	Moderados
	RP-2	S	3 ^a	Moderados
	RP-3	S	3 ^a	Moderados
	RP-4	R	4 ^a	Moderados
	RP-5	R	4 ^a	Moderados
	RP-6	S	3 ^a	Moderados
	RP-7	S	3 ^a	Moderados

S = tierras en condición sub-crítica R = tierras en reserva

Cuadro 7. Selección de las prácticas de conservación y manejo de los suelos más adecuadas para las parcelas estudiadas en el comité de riego Los Caracoles.

Prácticas de conservación	Parcela/Perfil						
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7
Labranza conservacionista	x	x	x	x	x	x	x
Incorporación de restos de cosechas	x	x	x	x	x	x	x
Incorporación de abonos orgánicos	x	x	x	x	x	x	x
Abonos verdes	x	x	x	x	x	x	x
Enmienda para suelos ácidos	x	x	x	x	x	x	
Rotación de cultivos	x	x	x	x	x	x	x
Cultivos asociados o intercalados		x			x	x	

Cultivos tolerantes	X	X	X	X	X	X	
Barreras vivas	X	X	X	X	X	X	X
Cultivos en fajas	X	X	X	X	X	X	X
Fajinas	X	X	X	X	X	X	X
Muro de piedras	X	X	X	X	X	X	X
Despiedre del terreno		X			X	X	
Riego por aspersión	X	X	X	X	X	X	X
Riego localizado	X	X	X	X	X	X	X

Figura 1. Mapa de clases de tierra de las parcelas del comité de riego Los Caracoles.

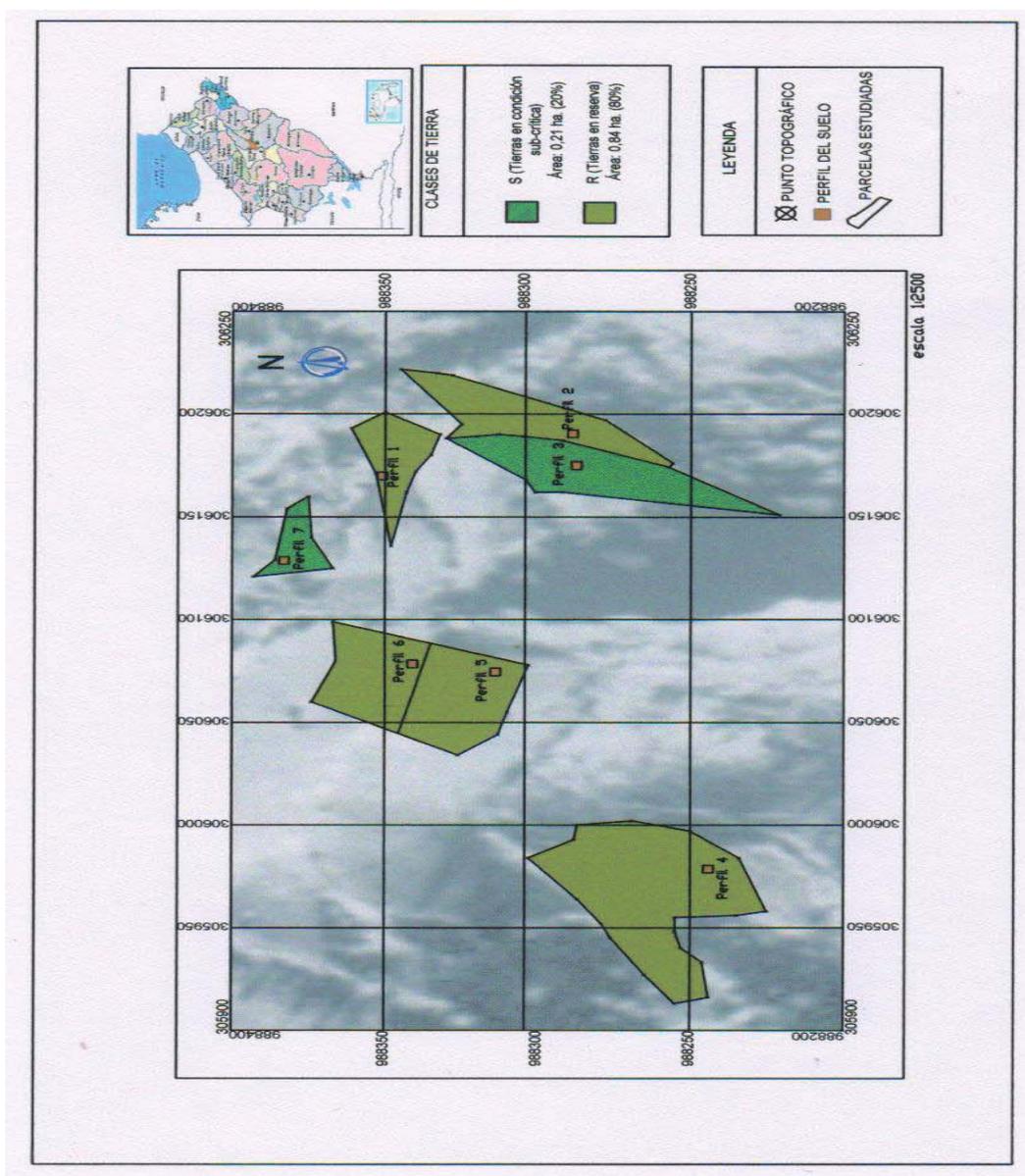


Figura 2. Mapa de clases de tierra del comité de riego El Rincón del Picacho.

