

**VALIDACION DE UNA METODOLOGIA SIMPLE
PARA ESTABLECER LA CAPACIDAD Y USO
APROPIADO DE LA TIERRA EN FINCAS
PEQUEÑAS DE NICARAGUA**

✓
**Alfredo Molina
Prem N. Sharma**

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales
Proyecto RENARM/CUENCAS
1993**

INDICE

Resumen	3
Introduccion	4
Methodologia de validacion	5
Metodos y procedimientos	8
Marco biofisico de la sub-cuenca alta	8
Caracteristicas climaticas	8
Caracteristicas meteorologicas	9
Caracteristicas edofologicas	9
Uso actual de la tierra	10
Resultados y discusiones	10
Caracteristicas biofisicas	
Capacidad de la tierra segun el metodo seleccionado	10
Analisis comparativo de la classificacion de capacidad de la tierra	10
Uso indicativo general de la tierra bajo el metodo seleccionado	13
Comparacion entre los mapas de capacidad (USDA) y uso indicatico general(F/S/S)	13
Marco socioeconomico	15
Determinacion de los conglomerados	15
Caracteristicas predominante de los conglomerados en la subcuenca alta	16
Adoptibilidad de las alternativas de conservacion generadas porpor la clasificacion USDA	16
Aceptabilidad de los medidas, practicas u obras de conservacion de los recursos	18
Conclusiones	19
Bibliografia	21

VALIDACION DE UNA METODOLOGIA SIMPLE PARA ESTABLECER LA CAPACIDAD Y USO APROPIADO DE LA TIERRA EN FINCAS PEQUEÑAS DE NICARAGUA

**Alfredo Molina
Prem Sharma**

RESUMEN

El trabajo propone la validación de una metodología simplificada y adaptada a las condiciones socioeconómicas de la región II de Nicaragua, que permita establecer la capacidad y el uso apropiado de la tierra, por medio de factores claves (pendiente, profundidad y uso actual). Esta metodología detecta áreas en sobreuso, según la capacidad de la tierra y determina tecnologías apropiadas de conservación. Estas recomendaciones se basan en un Diagnóstico Rural Rápido (DRR), y posterior confirmación mediante una encuesta que permitió aglomerar las fincas en grupos, según los sistemas tradicionales de producción que emplean.

Para determinar la precisión de la metodología se utilizó el sistema computarizado ERDAS en su módulo DIGPOL y GIS. Mediante la metodología USDA (1979), se establecieron comparaciones con la realidad del campo. Con la aplicación del muestreo socioeconómico se establecieron grupos de fincas (conglomerados) para diagnosticar los problemas y presentar recomendaciones que permitan una explotación sostenible.

Los resultados de contingencias entre los mapas de capacidad y uso indicativo general de la metodología seleccionada (Sharma, 1990; 1991b) con respecto al mapa de capacidad USDA (1979) muestran un 31% y 25% de similitud, mientras que ambos mapas de la clasificación propuesta comparados con los resultados del muestreo de campo indican una precisión del 86% (mapa de capacidad) y 74% (mapa de uso indicativo general). El mapa de clasificación USDA se asemeja en un 31% a la realidad en ambos casos. En consecuencia el método adaptado por Sharma (1990, 1991b) para la región II de Nicaragua es más real para determinar la capacidad y uso apropiado de la tierra.

INTRODUCCION

La región en estudio presenta un alto grado de deterioro de los ecosistemas naturales, causando un efecto negativo en una de las áreas de mayor potencial agrícola del país. También es de notar los efectos de factores externos altamente negativos para humedales cuya productividad está siendo afectada.

La subcuenca alta número dos, en la cual se localiza el área de estudio se encuentra en la jurisdicción del municipio de Chichigalpa, departamento de Chinandega en la región II de Nicaragua. Comparte las faldas de los volcanes San Cristóbal y Casita, en el tramo 17,4 km de la carretera entre las ciudades de León y Chinandega.

Uno de los principales problemas biofísicos en la subcuenca alta número dos es el uso inadecuado de la tierra. El deterioro de los recursos es consecuencia de la explotación

irracional del recurso bosque, dejando desprotegidas áreas con pendientes críticas utilizadas para la producción de granos básicos (maíz y frijol) y cultivos comerciales (caña, ajonjolí y algodón).

Los suelos son volcánicos de alta fertilidad y textura franco arenosa, muy susceptibles a la erosión (niveles superiores a 40 tm/ha/año, donde los límites permisibles no deben superar 12 tm/ha/año, según IRENA/UICN, 1987). Esto es debido a que el 49,5% del terreno se halla en pendientes >8%, donde el riesgo a la erosión es evidente.

El recurso suelo tiene como uso principal la producción de granos básicos. Estos cultivos se extendieron hasta las tierras extremadamente frágiles del pie de monte de la cordillera, a consecuencia de los latifundios que presionaron a los parceleros de granos básicos hacia las laderas, donde la producción adquirió características migratorias. El desplazamiento de los pequeños campesinos a las tierras altas fomentó el uso de sistemas de producción inadecuados para ese tipo de suelos (Meyrat, 1990).

Para poder establecer la solución del problema biofísico de la subcuenca se propone la distribución y el uso adecuado de la tierra, buscando satisfacer las necesidades básicas bajo condiciones socioeconómicas reales de la población campesina de interés. El sistema es simple y fácilmente transferible a nivel de fincas y aceptable para el campesino.

La experiencia de los últimos años ha demostrado que la explotación de las tierras debe basarse en el análisis de factores ecológicos, sociales y económicos y debe beneficiar a la población a corto y largo plazo (Sharma, 1991c).

Sharma (1990, 1991b), en un estudio de casos, integró la metodología de FAO (1989) para determinar condiciones socioeconómicas por medio del método de Diagnóstico Rural Rápido (Chambers, 1987) con la de Sheng (1989) para las situaciones agroecológicas, específicamente en las actividades biológicas de fertilidad para crear un sistema sostenible. Este método FAO/Sheng/Sharma (F/S/S) es fácil de comprender y permite asegurar su adaptación tecnológica para la explotación sostenible (Cuadro 1)

El objetivo de este trabajo es determinar la precisión de la metodología F/S/S, estableciendo alternativas de conservación bajo las condiciones socioeconómicas de la región II de Nicaragua y comparar su precisión en relación con el método de USDA usado anteriormente en Nicaragua, y por último, determinar el nivel de aceptabilidad por parte de los agricultores.

METODOLOGIA DE VALIDACION

Para determinar la precisión de la metodología seleccionada se establecieron comparaciones con muestras de campo y con el método de clasificación de capacidad de la tierra de USDA (1979), el cual es usado en la región II de Nicaragua (Fig. 1). Además se trató de determinar la tecnología de conservación más apropiada según el DRR (Chambers, 1987). La aceptación de método y la recomendación de técnicas de conservación es determinada por un encuesta social.

Cuadro 1. Resumen de criterios utilizados con el método F/S/S para planificar el uso de la tierra en la región II de Nicaragua

Aptitud del suelo (FAO)	Clase de tierra	Pendiente (%)	Profundidad de suelo (cm)	Uso gral. apropiado	Medidas de conserv. agua/suelo /bosque
Apropiado					
S1	I	0-8			
S1(a)	Ia	0-1.5	>40	todo	ninguna
S1(b)	Ib	1.5-8	>40	todo	callejones tejidos en base
S2	II	8-15	>40	todo	barreras tejidas en base
S3	III	15-25	>20	árboles frutales o pasturas o bosques	barreras o leguminosos con árboles
		todo < 15%	20-40	idem	idem
Medianamente apropiado					
NS1	IV	25-35	>20	bosques comunales	cultivos de cobertura o pastura
		todo < 25%	20-40	bosques comunales o pasturas con cultivos de cobertura	cultivo o pasto
No apropiado					
NS2	V	>35	todo	bosque natural protegido	área totalmente protegida /sin fuego

*Los métodos de mejoramiento de la fertilidad biológica del suelo son una parte integral de todas las medidas de conservación, en todas las tierras exceptuando la clase V.

Métodos y procedimientos

PRIMERA ETAPA

El trabajo se inició con un reconocimiento general del área en estudio y recopilación de información biofísica y socioeconómica disponible a nivel de campo y de las instituciones involucradas en el área de estudio. Posteriormente se tomó contacto con los técnicos del Proyecto Pikín Guerrero (PPG) y se realizó el Diagnóstico Rural Rápido (DRR).

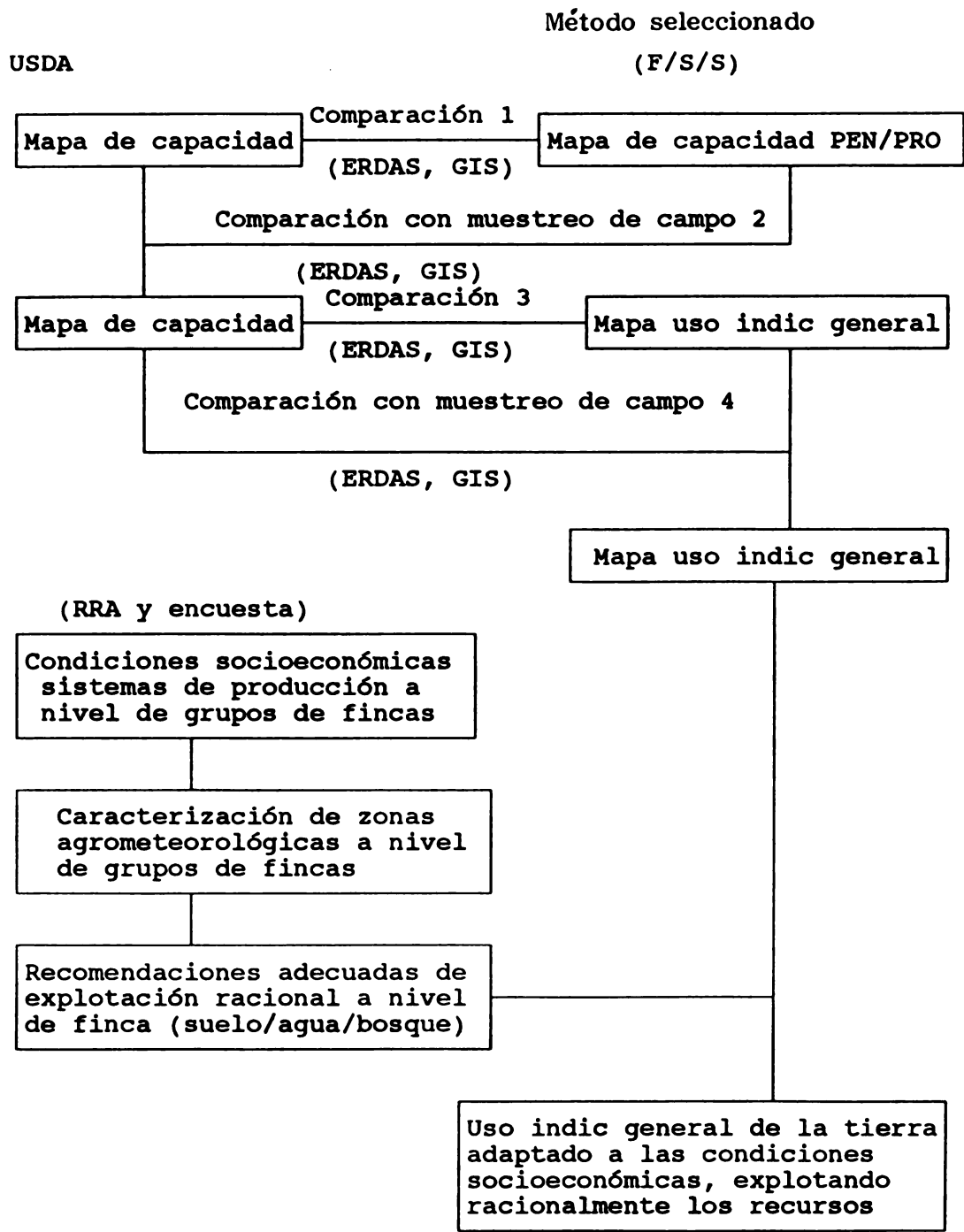


Fig. 1. Esquema de la metodología aplicada en el estudio

SEGUNDA ETAPA

Se seleccionó y analizó la información biofísica y socioeconómica recolectada de la subcuenca alta. Los datos espaciales (cartográficos) básicos se almacenaron en el sistema ERDAS (600), se digitalizaron en el módulo DIG-POL con formato vectorial, poste-



riormente se pasó la información al módulo GIS de formato raster; a partir de la información básica se elaboraron los mapas temáticos a iguales escalas con la superficie exacta de la subcuenca alta Pikín Guerrero. Los mapas que se establecieron con el módulo GIS son los siguientes: zonas agrometeorológicas, pendientes, serie de suelos, uso actual, capacidad de tierra según método USDA, capacidad y uso indicativo según método F/S/S.

TERCERA ETAPA

Se realizaron las actividades de campo para el muestreo biofísico y socioeconómico.

El muestreo físico de campo se estableció con el objeto de hacer una inferencia sobre la realidad física de la subcuenca alta en estudio. La metodología del muestreo consistió en distribuir la superficie de la subcuenca alta en tres conglomerados:

- I la montaña**
- II el pie de monte**
- III la semiplanicie**

Los conglomerados se subdividieron en superficies de 100 ha; cada subconglomerado se numeró y posteriormente, utilizando la tabla aleatoria, se tomaron muestras al azar de parcelas de 25 ha que finalmente fueron muestreadas, tomando un total de 15 muestras de profundidad, de pendiente y de descripción del uso actual de la tierra.

El muestreo socioeconómico se hizo con base en el DRR realizado a nivel de campo. Primero se establecieron cuatro grupos organizacionales: fincas privadas, Cooperativa Agrícola Sandinista, Cooperativa de Crédito y Servicio y fincas de transición. Cada grupo fue considerado como un estrato y dentro de cada estrato se realizó un muestreo aleatorio simple (MAS).

CUARTA ETAPA

Consistió en el análisis de los datos levantados a nivel de campo en la segunda visita. La información biofísica levantada a nivel de campo se obtuvo con ayuda del mapa a escala 1:25000. Con la misma escala se dibujó la información en un área de 25 ha, para un total de 250 ha de toda la subcuenca alta.

Cada mapa fue digitalizado en el sistema computarizado ERDAS, obteniéndose un mapa de capacidad de uso de la tierra y uso indicativo general (Sharma, 1990; 1991) producto del muestreo de campo. Luego, los mapas resultantes del muestreo de campo se superpusieron (SUMMARY) en el módulo GIS a los mapas de capacidad de uso y uso indicativo general, resultantes de la colección cartográfica biofísica. También los mapas de uso a capacidad y uso indicativo general, producto del muestreo de campo se superpusieron sobre el de capacidad de uso de la tierra del método USDA (1979); para ambos casos se estableció la diferencia porcentual de precisión con respecto al obtenido en el campo (comparaciones 2 y 4).

Utilizando el comando SUMMARY del módulo SIG del ERDAS (1987), se compararon estadísticamente las áreas de clases entre los mapas de capacidad y uso indicativo

general (Sharma, 1990) y el mapa de capacidad propuesto por USDA (1979), midiendo el grado de precisión de ambos (comparaciones 1 y 3).

La información socioeconómica obtenida a nivel de fincas fue levantada con un muestreo estratificado, mientras que el análisis se fundamentó en obtener grupos de fincas representativas. El método estadístico utilizado fue el de conglomeración jerárquica de WARD, el número de grupos de fincas recomendado se seleccionó en base a los criterios estadísticos PseudoT₂ (SAS User's Guide: Estadística, 1987). También se realizó una prueba de dependencia Chi-cuadrado entre los grupos resultantes y las dos zonas agrometeorológicas establecidas por Bruno y Rodríguez (1990) en el área.

La encuesta de campo se acompaña con dos cuadros de contingencia, que permiten medir índices de adoptabilidad y aceptabilidad dentro de cada conglomerado. Además se aplicó para ambos casos el análisis de varianza y una prueba de rango múltiple.

MARCO BIOFÍSICO DE LA SUBCUENCA ALTA

Características climáticas

El clima es uno de los factores considerados en la determinación de la capacidad de uso de la tierra a nivel de pequeñas fincas. La zonificación climática que se utiliza en Nicaragua es la de "Zonas de Vida" definida por Holdridge para América Latina. La clasificación de Holdridge no es muy precisa, por lo que no permite una interpretación agrícola de los resultados. Entonces se empleó la zonificación agrometeorológica realizada por Bruno y Rodríguez (1990), la cual utiliza criterios que permiten una mayor precisión para establecer recomendaciones que optimicen el uso de la tierra.

Características meteorológicas

La zonificación agrometeorológica se presenta en cuatro grandes categorías que se subdividen en tres grupos cada una. A continuación se presenta la descripción pluviométrica de las zonas y grupos que interesan para esta investigación.

ZONA 2: llueve más de 1400 mm durante el invierno; de los cuales más de 600 mm caen durante el período de primera cosecha. En el grupo C (Chinandega, Ingenio San Antonio), las precipitaciones se asemejan a las del Pacífico. Durante el período de Apante casi no llueve, hay un descenso general de precipitación en julio y agosto, y las reservas hídricas de los suelos disminuyen causando considerables efectos negativos en la agricultura. La canícula es muy poco probable.

ZONA 3: llueve entre 1100 y 1650 mm durante el invierno, sin que exista la posibilidad de sembrar en Apante. La repartición de las precipitaciones entre la primera cosecha y la postrera es variable. Sin embargo, permite habitualmente la realización de dos ciclos de cultivo. La separación entre los dos ciclos corresponde a la canícula. En el Grupo C (El Sauce, León) llueve alrededor de 1400 mm durante todo el ciclo lluvioso. La canícula es probable y no caen lluvias durante el período de Apante. En

precipitación, el área presenta dos épocas marcadas: el invierno con el período de lluvia desde mayo a octubre y el verano, que es seco y va de noviembre a abril (IRENA/UICN, 1986). La temperatura media anual es de 24°C o ligeramente menor.

La estación denominada como invierno en Nicaragua se inicia entre el 10 y el 20 de mayo. El invierno presenta tres períodos marcados, dos de fase húmeda -el primero y el último- con una fase intermedia más seca, la canícula, llamada también veranillo (Bruno y Rodríguez, 1990).

Características edafológicas

Los suelos son desde superficiales hasta profundos, predominando la textura gruesa; es decir, franco arenosa. La permeabilidad es rápida o moderada. El contenido de materia orgánica en general es medio y presenta un coeficiente medio de erodabilidad (K) que oscila entre 0,16 a 0,19 indicando una susceptibilidad moderada a la erosión.

De acuerdo con la clasificación taxonómica de suelos USDA (1979), se encontraron en el área de la subcuenca alta los órdenes entisoles e inceptisoles.

Entre los entisoles se identificaron los subgrupos lithic ustorthents, tanto rocosos como indiferenciados. Los suelos producidos por aluviones recientes pueden ser altamente productivos o improductivos: en algunos casos presentan ausencia total del perfil. Con tratamientos de conservación especiales, estos suelos pueden ser usados en agricultura, forestería y producción de cítricos, otras frutas y legumbres. Con fertilización y control en calidad y cantidad del agua presentan una alta productividad, pero la restricción siempre es en cuanto a la profundidad de los suelos.

Los inceptisoles son suelos superficialmente drenados con régimen de humedad ácuico; en ocasiones presentan >30% de saturación de sodio a 50 cm de profundidad. Sus horizontes almacenan arcillas, óxidos ferrosos y aluminicos, pero la producción agrícola se ve limitada porque tienen drenajes impedidos. Estos suelos son recomendables para la reforestación y agricultura con manejo intensivo de conservación luego de reforestar.

Uso actual de la tierra

El diagnóstico del uso de la tierra permite evaluar las características del uso actual con respecto al más adecuado. Una superficie de 1422 ha de la subcuenca alta se dedican a la explotación agrícola; es decir, fincas que producen granos básicos y comerciales. Unas 1970 ha están cubiertas de bosques (36% de la superficie total del área). La parte media presenta unas 160 ha de pasturas que han sido mejoradas por el Proyecto Pikín Guerrero (PPG) y campesinos. Además existen 452 ha de cárcavas de hasta 10 m de ancho y 5 m de profundidad, lo que demuestra el grado crítico de erosión de los suelos en toda la subcuenca alta.

En la semiplanicie y en el pie de monte se da una explotación agrícola de subsistencia, predominando la siembra de cultivos anuales o granos básicos como maíz, arroz, frijol etc., mientras que en la parte alta predominan las áreas boscosas, pero sujetas a una explotación irracional.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Características biofísicas

CAPACIDAD DE LA TIERRA SEGÚN EL MÉTODO SELECCIONADO

La propuesta metodológica está adaptada a las condiciones de la región II de Nicaragua, usando seis clases de capacidad de la tierra establecidas con base en seis clases de pendiente como el factor más crítico y cuatro categorías de profundidad de suelos (Fig. 2).

Prácticamente el 45% de la superficie de la tierra se mantuvo en la clase Ib y II; es decir, que la pendiente y la profundidad del suelo son adecuados para la explotación agrícola, aplicando ciertas medidas y prácticas apropiadas de conservación. El 30% de la subcuenca alta calificó como clase III, donde la pendiente y la profundidad del suelo se presentan como limitante para la explotación agrícola; el uso más adecuado serían los cultivos perennes o pasturas.

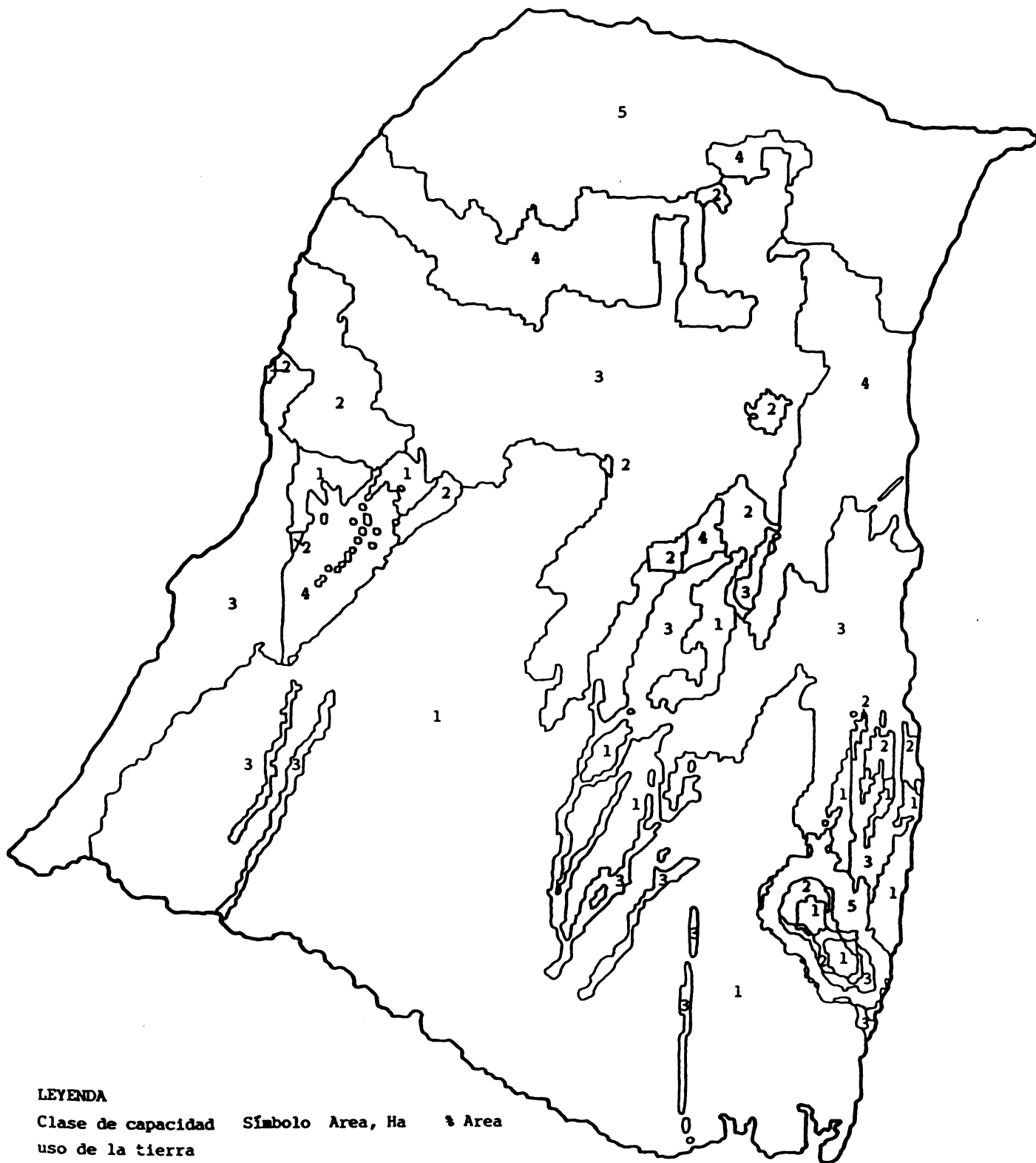
El 12% del área es de clase IV, tierras que deben destinarse exclusivamente a la explotación forestal. El 14% restante corresponde a grandes pendientes donde predominan las coladas de lavas, por lo que deben declararse áreas protegidas.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CLASIFICACIÓN DE CAPACIDAD DE LA TIERRA POR EL MÉTODO USDA Y EL F/S/S

El análisis de contingencia se realizó considerando la equivalencia que muestra el Cuadro 2. Los resultados muestran que el 31% de la clasificación del área total coinciden en ambos métodos. La razón de la diferencia significativa que se presenta entre ambos métodos radica en que el método USDA es solo una interpretación del mapa de suelos, teniendo como limitante tan solo la profundidad. El método seleccionado considera como factores limitantes la pendiente y la profundidad de los suelos.

Cuadro 2. Equivalencia entre los mapas de capacidad de uso generados por los métodos comparados

Clases	CONTINGENCIA		USDA		USDA*F/S/S	
	USDA	F/S/S	ha	%	ha	%
1	II	Ib	881.80	16.03	810.64	91.93
2	III	II	513.24	9.33	16.88	3.29
3	IV	III	1024.92	18.63	166.08	16.20
4	VI	IV	250.96	4.56	32.04	12.77
5	VII	IV	1311.48	23.84	366.96	27.98
6	VIII	V	1519.12	27.61	319.80	21.05
TOTAL			5501.52	100.0	1712.40	31.13



LEYENDA

Clase de capacidad uso de la tierra	Símbolo	Area, Ha	% Area
Ib	1	2271.160	41.28
II	2	219.120	3.98
III	3	1629.120	29.61
IV	4	635.720	11.56
V	5	746.400	13.57

Fig. 2 Mapa de capacidad de la tierra, según método F/S/S. Cuenca alta 2, región II, Nicaragua



LEYENDA

Símbolo	Clase	Area, Ha	% Area
1	Ib	1188.120	21.60
2	II	25.360	0.46
3	III	978.920	17.79
4	IV	1751.680	31.84
5	V	707.320	12.86
6	IIIc	171.200	3.11
7	IVc	135.840	2.47
8	Vc	486.400	8.84
9	Vivienda	56.680	1.03

Fig. 3 Mapa indicativo general de uso apropiado, según método F/S/S. Cuenca alta 2, región II, Nicaragua

USO INDICATIVO GENERAL DE LA TIERRA BAJO EL MÉTODO SELECCIONADO

La metodología F/S/S tiene como principio el mantener el uso actual que esté dentro de la capacidad de uso; si este no fuera el caso, se cambia el uso actual a un uso apropiado acorde a la capacidad de la tierra. Toda el área que presenta un uso superior al uso a capacidad se denomina "crítico" o en conflicto.

La Fig. 3 muestra el mapa de uso indicativo general resultado del acomodo o acoplamiento de la información cartográfica de capacidad de la tierra a la modalidad del uso actual de la tierra. El mapa de uso indicativo general de la tierra muestra que el 84% del área puede ser mantenido en su uso actual mientras se apliquen métodos apropiados de conservación; pero 16% de la superficie total de la subcuenca alta esta siendo explotada por encima de su capacidad permitida y no puede mantener su uso actual. El cambio de uso debe ir acompañado de alternativas apropiadas de conservación de los recursos en todo momento.

COMPARACIÓN ENTRE LOS MAPAS DE CAPACIDAD (USDA) Y USO INDICATIVO GENERAL F/S/S

La comparación entre el mapa de capacidad de USDA y el mapa de uso indicativo general de la tierra no es válida teóricamente porque ambas clasificaciones tienen objetivos distintos, debido a que el uso a capacidad es distinto al uso apropiado de la tierra. La relación entre ellos pone en evidencia la diferencia significativa existente cuando se utiliza el mapa de capacidad (USDA) como un mapa de uso apropiado.

Los resultados del Cuadro 3 (ERDAS) muestran que solo el 25% del mapa de uso indicativo general (Sharma, 1990; 1991b) forma parte del mapa original de la metodología USDA (1979). El resultado final evidencia que existen diferencias significativas entre la clasificaciones de uso apropiado de la tierra resultantes de la metodología propuesta y la de USDA. El mapa de capacidad por el método USDA y el de uso indicativo general de la tierra por el método propuesto se relacionan tan solo en 25%.

Cuadro 3. Equivalencia entre los mapas de uso general de la tierra generados con los métodos comparados

CLASES	CONTINGENCIA		USDA		USDA*F/S/S	
	USDA	F/S/S	ha	%	ha	%
1	II	Ib	881.80	16.03	537.40	60.94
2	III	II	513.24	9.33	13.12	2.56
3	IV	III	1024.92	18.63	360.24	35.17
4	VI	IV	250.96	4.56	51.40	20.48
5	VII	IV	1311.48	23.84	356.08	23.44
6	VIII	V	1519.12	27.61	56.68	1.03
TOTAL			5501.52	100.0	1361.80	24.75

La máscara de capacidad de la tierra generada del muestreo en el módulo GIS se sobrepuso y se comparó estadísticamente con las áreas del mapa a capacidad de tierra de la metodología seleccionada y el de USDA (Cuadro 4). Los resultados alcanzados con la metodología de Sharma para la región II de Nicaragua son similares a los del muestreo de campo en 86%, y en un 31% a los del mapa de capacidad de USDA. El método propuesto es mucho más adecuado para establecer una clasificación de uso a capacidad de la tierra para el área de la región II, ya que considera elementos biofísicos que son limitantes críticos en áreas montañosas y suelos volcánicos (Fig. 4)

Asimismo, la máscara de uso indicativo general generada con el muestreo de campo en el módulo GIS (ERDAS) se sobrepuso y comparó estadísticamente (SUMMARY) con el mapa de uso indicativo general obtenido con la metodología F/S/S, y con el de capacidad de tierra de USDA (Fig. 5). Los resultados muestran que la metodología de clasificación basada en los criterios de Sharma para la región II de Nicaragua concuerda con la del muestreo de campo en un 74%, mientras que con la de USDA tan solo en un 31%.

Cuadro 4. Prueba de rango múltiple por índices de adopción por conglomerados (USDA, 1979)

Grupo de fincas	INDX1	Grupo de fincas	INDX2
IV	0.087 (A)	III	0.143 (A)
II	0.074 (A)	II	0.110 (B)
I	0.073 (A)	IV	0.073 (C)
V	0.037 (A)	I	0.055 (C)
III	0.027 (A)	V	0.023 (D)

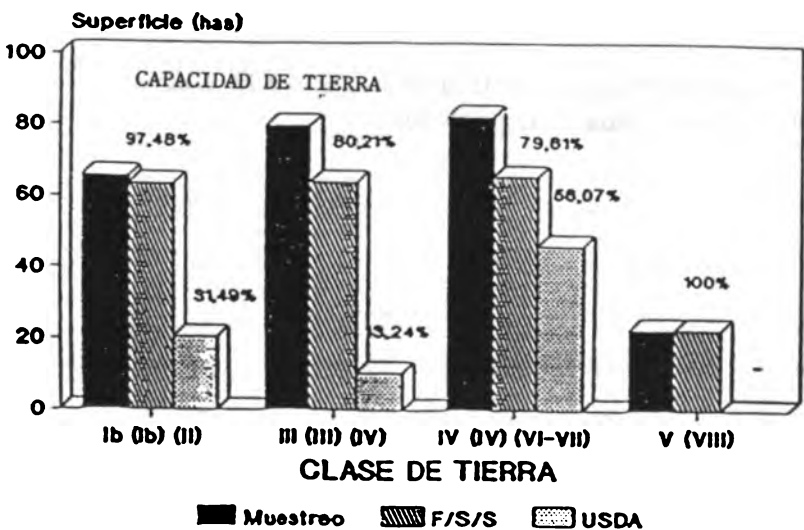


Fig. 4 Contingencia entre los métodos USDA y F/S/S con respecto a la realidad

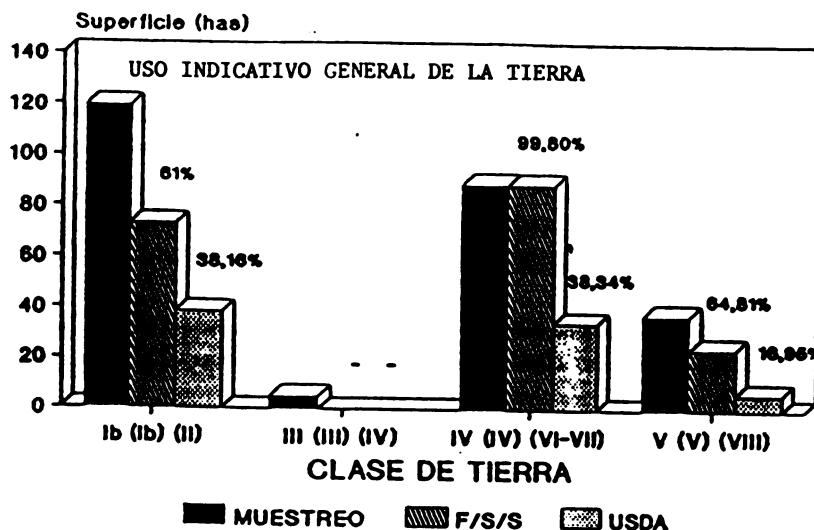


Fig. 5 Comparación de los métodos USDA y F/S/S con respecto a la realidad

Marco socioeconómico

DETERMINACIÓN DE LOS CONGLOMERADOS

Debido a la imposibilidad de llevar a cabo un experimento en cada finca para determinar las recomendaciones en cada sitio de interés, se optó por definir grupos de fincas. El agrupamiento de las 110 fincas muestreadas se realizó utilizando variables medidas en el muestreo, pertenecientes principalmente a los sistemas de producción de mayor significancia para la zona de estudio.

El método utilizado fue el de conglomeración jerárquica de WARD (SAS, 1987). El criterio usado fue minimizar las sumas de cuadrados dentro de cada grupo, y por lo tanto maximizar la suma de cuadrados entre grupos.

La prueba de Chi-cuadrado o dependencia entre zonas agrometeorológicas y los cinco conglomerados de fincas de mayor peso en la subcuenca alta fue hecha mediante la siguiente prueba de hipótesis:

H_0 = no existe relación

H_a = presenta dependencia significativa en referencia con el mapa de zonificación agrometeorológica de la región II.

La prueba resultó altamente significativa (probabilidad < 1%), lo que descarta la H_0 (Hipótesis nula). En conclusión existe una dependencia significativa entre los cinco grupos de fincas y la clasificación de zonas agrometeorológicas.

Los resultados finales del Chi-cuadrado permitieron evaluar la relación asociativa existente entre las zonas agrometeorológicas y los cinco grupos de más peso dentro de la subcuenca alta Pikín Guerrero. La medida de asociación puesta en práctica fue la llamada CRAMER V. Esta mostró un valor de 0,758; es decir, el valor de la correlación alcanzado es alto y positivo.

CARACTERÍSTICAS PREDOMINANTES DE LOS CONGLOMERADOS EN LA SUBCUENCA ALTA

La superficie promedio de las fincas dentro del grupo I tienen una distribución uniforme, por estar dentro de la estructura de Cooperativas en Transición. Cada finca tiene una superficie de 18,48 ha distribuidas en potreros y una parte de reserva forestal. La superficie por finca es adecuada para los cooperativistas, lo cual permite una explotación racional en caso de presentarse una reorganización de los sistemas de producción.

El grupo II está compuesto por minifundistas con fincas de una superficie promedio de 2,61 ha (hasta 3,82 ha). Existen casos en que los campesinos deben alquilar tierras para poder producir.

Las fincas pertenecientes al grupo III se ubican en pendientes menores al 8%. La mayoría de los propietarios están organizados en cooperativas. La superficie de tierra promedio para cada finquero es de 7,68 ha, con un máximo de 9,88 ha. Esta diferencia de superficies se debe a que algunos campesinos vendieron parte de la finca.

El grupo V, como el caso del I, están organizados en cooperativas. El tamaño de la tierra es estrictamente proporcional para cada campesino y la superficie destinada para la siembra depende del financiamiento crediticio.

ADOPTABILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN GENERADAS POR LA CLASIFICACIÓN USDA

El Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales (IRENA) elaboró un estudio para la región II de Nicaragua sobre el uso a capacidad de la tierra, basado en los principios de USDA (1979). El estudio presenta recomendaciones sobre la adoptabilidad de cultivos específicos para la región, y alternativas prácticas de conservación para una explotación adecuada del suelo (Marín, 1977).

Para evaluar la adopción de la tecnología se establecieron índices o tasas de adopción:

- INDX1 = Cultivos recomendados para las diferentes clases de suelo
- INDX2 = Prácticas simples y especiales recomendadas para la conservación de suelos y aguas en las diferentes clases de suelo

El análisis de varianza determinó que el uso de la tierra en los cinco grupos de fincas (conglomerados) no presentan diferencias significativas. El índice de adopción no supera la media del 10%, por lo que se considera que los campesinos no adoptaron el uso recomendado de la tierra (Cuadro 5). Los índices de aceptabilidad de las prácticas simples y especiales recomendadas por la USDA (1979) para las diferentes clases de suelo en la subcuenca alta presentan una diferencia significativa entre los cinco conglomerados (INDX2).

Las prácticas de conservación de suelo y aguas para la aplicación en las diferentes clases de capacidad de tierra (INDX2) presentaron un índice de adopción que tampoco llega a superar el 15% entre todos los grupos; es decir, tampoco fueron adoptadas por los campesinos.

Cuadro 5. Prueba de rango múltiple por índices de aceptabilidad de varias opciones de conservación de suelo, agua y bosque en los cinco conglomerados

Grupo fincas	IND1	Grupo fincas	IND2	Grupo fincas	IND3
III	0,41 (A)	IV	0,41 (A)	V	0,56 (A)
IV	0,38 (B)	I	0,41 (A)	I	0,51 (A)
II	0,36 (B)	II	0,39 (B)	II	0,43 (B)
V	0,25 (C)	III	0,34 (C)	IV	0,41 (B)
I	0,17 (D)	V	0,32 (C)	III	0,37 (C)

Cuadro 6. Prueba de rango múltiple por índices de aceptabilidad de varias opciones de sistemas agroforestales para mejorar la fertilidad y conservar los suelos, agua y bosque en los cinco conglomerados

Grupo fincas	SIND6	Grupo fincas	SINF7	Grupo fincas	SIND8
IV	0,30 (A)	IV	0,88 (A)	IV	0,24 (A)
II	0,26 (B)	II	0,83 (A)	I	0,22 (A)
I	0,23 (B)	III	0,79 (B)	II	0,18 (B)
V	0,23 (B)	I	0,76 (B)	III	0,09 (C)
III	0,18 (C)	V	0,51 (C)	V	0,07 (C)

Los grupos II, III y IV presentaron los mejores índices debido a que están ubicados en la zona semiplana de la subcuenca alta, donde en épocas anteriores el gobierno construyó terrazas y cortinas rompevientos para el control de la erosión. Además, los créditos o financiamientos del Banco Nacional de Desarrollo (BND) inducen, dentro del paquete tecnológico, a la compra de fertilizantes.

Para los grupos I y V los índices son menores. Las plantaciones de algodón en las semiplanicies obligaron a los campesinos a refugiarse en las pendientes de los volcanes, con una técnica poco propicia para el área.

En conclusión, las recomendaciones técnicas de la clasificación de capacidad propuesta por USDA se aplican prácticamente solo en las explotaciones agrícolas de la subcuenca alta. La presencia de técnicas adecuadas disponibles no es suficientes para que puedan ser adoptadas fácilmente; existen diversos bloqueos sociales, económicos y culturales que impiden la adopción en los sectores campesinos.

ACEPTABILIDAD DE LAS MEDIDAS, PRÁCTICAS U OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS

En la entrevista se presentó un paquete de técnicas con varios componentes complementarios, pero que no pueden ser adoptados simultáneamente. Esto explica por qué el agricultor eligió entre distintas combinaciones de componentes modernos, resultando así un índice de aceptabilidad que lleva implícita de alguna manera la decisión del campesino.

Los índices de aceptabilidad medidos fueron:

- IND1 = Medidas agronómicas y culturales de conservación de suelo y agua**
- IND2 = Prácticas forestales, agroforestales y agrostológicas de conservación de suelo, agua y bosque**
- IND3 = Obras para la conservación de los suelos y agua**

Los resultados muestran que existen medidas, prácticas y obras recomendadas con una alta diferencia significativa entre los índices de aceptabilidad por los diferentes conglomerados (Cuadro 6). Los vecinos de los conglomerados I y V, ubicados en las laderas más altas de los volcanes, muestran el mayor índice de aceptabilidad ante las obras de conservación (IND3), por estar ubicados en pendientes pronunciadas que obligan a una mayor técnica para poder producir con éxito. Pero, de igual manera, son las más reacios a aceptar medidas agronómicas y culturales y prácticas agroforestales.

La propuesta de la metodología se fundamenta en el mejoramiento biológico de la fertilidad del suelo, por medio de sistemas agroforestales para la conservación de los recursos naturales. Los índices de aceptabilidad que fueron medidos en esta parte del análisis fueron:

- SIND6 = árboles más cultivos**
- SIND7 = árboles en protección**
- SIND8 = árboles en producción**

El árbol como medio de protección y mejorador de la capacidad productiva del suelo (SIND7) presenta un índice de aceptabilidad alto que varía entre 50% y 88%. Aplicar obras mecánicas cuesta y el financiamiento es limitado; por eso los sistemas agroforestales (SAF) de protección tienen buena aceptación, por mejorar la fertilidad y proteger los suelos, agua y bosque. Pero otras prácticas como plantaciones de árboles más cultivo (SIND6) y los sistemas de árboles en producción (SIND8) son menos aceptables debido a que no conservan directamente el suelo y el agua; y además, no necesariamente redundan en una mejoría en la productividad del suelo a nivel de finca.

La aceptabilidad elevada de SIND7 puede principalmente deberse a que existen actualmente proyectos específicos como el Pikín Guerrero, o instituciones como IRENA y FAO que están desarrollando actividades de introducción de árboles, principalmente a nivel de fincas. Existe además en la misma área (semiplanicie) buenos ejemplos de obras de conservación hechas por el gobierno durante el período de 1970 a 1980.

CONCLUSIONES

Basado en la revisión de los métodos de clasificación de tierra disponibles en Nicaragua, son dos las metodologías más importantes aplicadas en la región II que fueron seleccionadas para compararlas: el método USDA (1979) y los métodos FAO (1989) y Sheng (1989) adaptado por Sharma (1990, 1991b). Analizando comparativamente su precisión (en porcentaje) y nivel de comprensión por el campesino (adopción y aceptabilidad en índices), se tiene:

1. La comparación de los mapas de capacidad generados con las metodologías seleccionadas (USDA y F/S/S) muestra una similitud del 31%. Ambos mapas por separado, comparados con los datos reales de campo, indican que el método Sharma tiene una precisión del 86%, en tanto que el mapa del método USDA tan sólo una precisión del 31%.

El análisis de equivalencia entre el mapa de capacidad de USDA y el mapa de uso indicativo general propuesto muestran una similitud del 25%; pero comparando los mapas separadamente con los datos reales tomados en el campo, el mapa de capacidad mantiene una precisión del 31%, mientras que el mapa de uso indicativo general tiene una equivalencia precisa del 74%.

En conclusión, el método propuesto representa más adecuadamente la realidad para determinar capacidad (86%) y uso apropiado (74%) de la tierra, por su alta precisión (escala 1:50000) y por la simplicidad en la aplicación para ser transferido a nivel de finca en las condiciones de la región II de Nicaragua.

2. La metodología propuesta es de fácil manejo para el campesino porque sólo necesita un nivel A y un azadón o pala para determinar la capacidad de la tierra en su finca.
3. La utilización del GIS (Sistema de Información Geográfica) es una herramienta valiosa para establecer objetivos específicos. El sistema es más eficiente cuando la información cartográfica es de alta densidad (detallado); es decir, datos espaciales a escala 1:20 000 a 1:30 000, que describen adecuadamente un paisaje de 5000 ha a 10 000 ha para posteriormente llegar al detalle de fincas.
4. Con base en los resultados de la encuesta se agrupó a las fincas encuestadas en conglomerados con un mismo sistema tradicional de producción. Los conglomerados o grupos de fincas provenientes del sistema tradicional de producción están altamente correlacionados con las zonas agrometeorológicas (Bruno y Rodríguez, 1990), con un coeficiente de correlación de CRAMER V de 0,758.
5. Las alternativas propuestas para uso apropiado y para la conservación de recursos por el método USDA presentaron en todos los grupos de finca un índice de adopción menor al 15%.
6. Las recomendaciones para obtener una explotación adecuada, manteniendo el

84% del área de la subcuenca con su uso actual, presentaron un buen índice de aceptabilidad, especialmente en los sistemas agroforestales (50% a 88%), debido al bajo costo de implementación y por sus efectos sobre la fertilidad de los suelos. Además, el componente arboreo origina beneficios básicos importantes como leña, forraje y madera para consumo a nivel de fincas; las cercas vivas, cortinas rompevientos, siembra en contornos y barreras vivas bien manejados ayudan a mejorar y conservar la productividad (fertilidad) de los suelos con un bajo costo. Estos sistemas han formado y seguirán formando parte de los sistemas de producción tradicionales de las fincas.

7. Para las varias opciones de conservación de los recursos naturales, los análisis evidencian los índices de aceptabilidad para los cinco grupos de fincas en medidas agronómicas y culturales (17%-41%), sistemas forestales, agroforestales y agrostológicos (37%-56%) y obras estructurales (37%-56%). Los grupos de fincas I y V, ubicados en fuertes pendientes (>25%), aceptaron en 51 a 56% los métodos mecánicos estructurales porque sólo aplicando estos métodos aseguran la conservación de suelos y aguas; pero son conscientes que la falta de financiamiento imposibilita la aplicación de los mismos en sus fincas. La solución, entonces, es el uso adecuado de los sistemas agroforestales.

Los índices de aceptabilidad para los grupos II, III y IV, ubicados en el pie de monte y semiplanicies representan entre el 25% y 43% de aceptabilidad en las tres alternativas de conservación, porque el campesino no cuenta con financiamiento para ejecutarlos. En referencia a los sistemas agroforestales como protector y mejorador de la fertilidad del suelo, agua y productor de leña, madera y forraje, los índices de aceptabilidad se manejan entre 50% y 88%, debido a la difusión (extensión) realizada por los proyectos de IRENA/FAO e IRENA/UICN durante los últimos años.

BIBLIOGRAFIA

- BRUNO, R.; RODRIGUEZ, J., 1990. Zonificación agrometeorológica de las lluvias en Nicaragua. Managua, Nicaragua, Programa Nacional Agrometeorología. DGTA/MAG, CATIE/CIRAD/ ORSTOM. 24 p.**
- CHAMBERS, R. 1987. Shortcut methods in social information gathering for rural development projects. In RRA proceedings, 1985. Khon Kaen University, Thailand. p. 33-46.**
- ERDAS M. V. SYSTEM. 1987. GIS Module: P.C. USER'S Guide Modules. USDA, EE.UU. p. 1-2**
- FAO. 1989. Guidelines for land use planning. FAO, Rome.**
- IRENA/UICN. 1986. Proyecto Héroes y Mártires de Veracruz; informe de la segunda fase, Región II. Nicaragua. 75 p.**
- _____. 1987. Proyecto Héroes y Mártires de Veracruz, Informe del subproyecto Pikín Guerrero. Región II. Nicaragua. 48 p.**
- MARIN, E. J. 1971. Manual práctico para interpretación de los mapas de suelos. Catastro e inventarios de recursos naturales, Managua DN, Nicaragua. 38 p.**
- MEYRAT, A. 1990. Concepto de desarrollo sostenible: Curso de manejo de los recursos naturales y agricultura sostenible. Managua, Nicaragua, UNA. 80 p.**
- SAS INSTITUTE. 1987. SAS/STAT user's guide. Release 6.03 Edition Cary, N.C.:SAS. 450 p.**
- SHARMA, P. 1990. Final Report of Consulting soil conservation and agroforestry. Managua, Nicaragua, FAO/GCP/NIC/019/NET. 72 p.**
- _____. 1991 a. A conceptual framework for determining incentives for different type of farmers: Natural resources conservation with people participation in the uplands of the Maribios Volcanic Ranges of Nicaragua. León, Nicaragua. 16 p.**
- _____. 1991 b. Appropriate land use and rural social diversity: Natural resources conservation with peoples participation in the uplands of the Maribios Volcanic Ranges of Nicaragua. León, Nicaragua. 22 p.**
- _____. 1991 c. Conservation technology adaptation to farmers traditional practices, needs and limitations: Natural resources conservation with people participation in the uplands of the Maribios Volcanic Ranges of Nicaragua. León, Nicaragua. 29 p.**
- SHENG, T.C. 1989. Soil conservation for small farmer in the humid tropic, FAO, Rome, 1989. p. 20-99 (Soils bulletin No. 60).**