

Bases Metodológicas para la Evaluación, Uso y Gestión Sostenible de los Recursos Agrarios. Aplicación a la cuenca Santa Catalina (Argentina)

*Degioanni¹, A
Camarasa Belmonte², A.
Moreno Sanz², F.*

*¹Facultad de Agronomía y Veterinaria
Universidad Nacional de Río Cuarto. Ex Ruta 36 – Km 601.
5800 Río Cuarto (Argentina)*

*²Universidad de Alcalá de Henares
Departamento de Geografía
c/Colegios 2, 28801 Alcalá de Henares (España)*

Resumen

Los recursos agrarios que son utilizados por el hombre para obtener alimentos y generar bienes económicos son el clima, los suelos, los genotipos vegetales y animales mejorados y las tecnologías. La intensificación en el uso del recurso suelo ha conducido a un deterioro del mismo con disminución en los rendimientos afectando negativamente la rentabilidad de las empresas. Esta situación ha generado serios interrogantes sobre el principio de sostenibilidad de la producción agraria. El desarrollo económico - social del área Centro – Sur de la provincia de Córdoba (Argentina) está directamente vinculado con la producción agraria regional, pues constituye la actividad económica más importante. Actualmente, uno de los principales problemas para el desarrollo deriva de la rentabilidad negativa de las empresas agrarias por bajos rendimientos físicos, situación que conduce a quebrantos económicos con el consiguiente éxodo rural.

En este trabajo se propone una metodología para evaluar el potencial productivo de los recursos agrarios de la cuenca Santa Catalina localizada en el Centro - Sur de la provincia de Córdoba, con el fin de optimizar el uso y gestión de dichos recursos bajo principios de máxima eficiencia ecológica y sostenibilidad. Se delimitaron quince unidades ecológicamente homogéneas, se estimó la producción potencial y la susceptibilidad a la degradación ambiental. La producción potencial supera entre un 300% a un 400% a la producción real para la gran mayoría de los productos agrarios y el área presenta un elevado deterioro por erosión hídrica. Se ha realizado un análisis de alternativas productivas viables y, mediante la evaluación multicriterio discreta, se propone una nueva estructura productiva de la cuenca, incrementando de tres a once las alternativas de producción. Se concluye que, mediante la evaluación cuantitativa de la capacidad productiva y de la degradación de los recursos naturales, es posible seleccionar alternativas productivas ecológicamente eficientes, sostenibles y tecnológicamente viables para estabilizar el deterioro ambiental e incrementar la producción física en las actuales condiciones socio - económicas del sector productivo regional.

1. Introducción

La producción agraria a nivel mundial tiene dos misiones básicas: abastecer de alimentos a la población y promover el desarrollo económico – social. En aquellos países o regiones cuyo desarrollo está fuertemente vinculado a la producción agraria, tales misiones presentan serias dudas de ser logradas. Esto se debe fundamentalmente a la disminución en la disponibilidad de tierras aptas para cultivos, el incremento de la degradación de las tierras en producción y las dificultades en el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías de producción. FAO (1995) propone una nueva concepción de la producción agraria como *la gestión optimizada de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de manera tal que, asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras*. Esta filosofía lleva implícito el concepto de eficiencia productiva que consiste en obtener el máximo beneficio físico y económico de los recursos naturales manteniendo la capacidad productiva de los mismos y evitando su degradación para asegurar la sostenibilidad de la actividad en el futuro y contribuir a la estabilidad y mejoramiento de la calidad de vida de la población de una región o país (Cantero y col. 1999). En consecuencia, es menester avanzar en métodos de evaluación, uso y gestión de los recursos agrarios que permitan alcanzar los principios de sostenibilidad y eficiencia productiva.

Actualmente, los sistemas de evaluación de tierras están evolucionando hacia métodos que permitan una mejor predicción del comportamiento productivo de los recursos agrarios ante el uso y gestión que el hombre hace de ellos (Nakama, 1997). En tal sentido, la evaluación de los recursos naturales para una gestión sostenible de la producción agraria ha emergido como una necesidad prioritaria con el objetivo de asegurar la productividad de las tierras con el menor impacto adverso sobre el ambiente. Partiendo de que la *sostenibilidad* es una medida de la probabilidad de que un uso adecuado de la tierra perdure a través del tiempo, la gestión sostenible de los recursos naturales ha sido definida como la combinación de tecnologías, políticas y actividades centrada en la integración de principios socioeconómicos y ambientales tendentes a lograr el mantenimiento o mejora de la producción y servicios, la reducción de los riesgos de producción, la protección del potencial productivo de los recursos naturales, la prevención de su degradación, la viabilidad económica y la aceptación social (Dumansky y col. 1991; Smith y Dumansky, 1994).

En este trabajo se propone una metodología para evaluar el potencial productivo de los recursos agrarios de la cuenca Santa Catalina localizada en el Centro - Sur de la provincia de Córdoba (Argentina), con el fin de optimizar el uso y gestión de dichos recursos, bajo los principios de máxima eficiencia ecológica y sostenibilidad.

2. Bases conceptuales para una producción agraria sostenible

Se puede concebir la producción agraria como el resultado físico - económico obtenido a través del uso y gestión de los recursos agrarios (clima, suelos, genotipos vegetales y animales mejorados y tecnologías) para un determinado mercado y sociedad. Conceptualmente, el sistema productivo agrario está integrado por cuatro funciones básicas (Figura 1) que son la *Función de Producción Agraria*, la *Función de Degradación de los Recursos Naturales*, la *Función de Mejoramiento del Sistema Productivo* y la *Función Económica* (Cantero y Cantú, 1985).

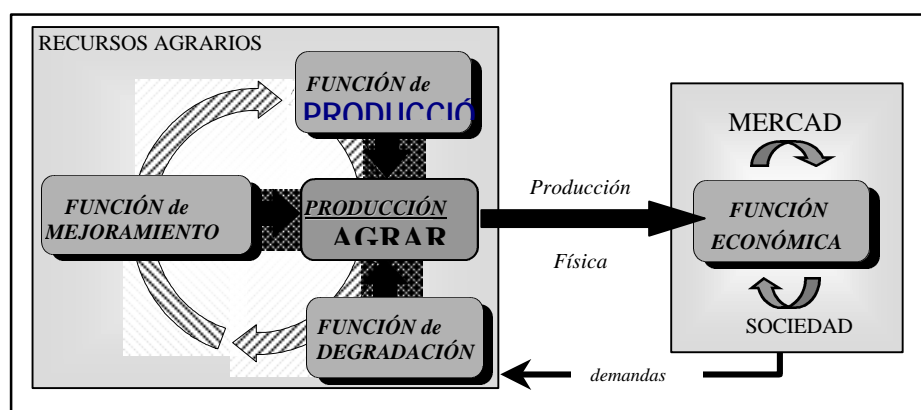


Figura 1: Esquema conceptual de la producción agraria

La *Función de Producción Agraria* es la respuesta de los recursos naturales ante la aplicación de una determinada tecnología para la obtención de maderas, proteínas, harinas, aceites y fibras vegetales y proteínas animales y derivados. Dicha respuesta está definida, en primera instancia, por la calidad de los recursos clima, suelo y vegetación quienes establecen una determinada *producción potencial*. Lograr que tales recursos se expresen en su máximo potencial ecológico dependerá de los medios tecnológicos disponibles y de la eficiencia en la gestión de las tecnologías. En otros términos, los recursos naturales presentan una determinada “oferta ambiental” y el hombre a través del conocimiento y la tecnología que dispone tiene la posibilidad de hacer rendir al máximo lo que la naturaleza le brinda.

La *Función de Degradación de los Recursos Naturales* es un proceso cuyo resultado implica la disminución de la capacidad de producción de los recursos naturales o la extinción de los mismos y es inherente a la *función de producción*. Son funciones de deterioro: la erosión hídrica y eólica, las inundaciones, la salinización, alcalinización o acidificación de los suelos, el agotamiento de nutrientes, las compactaciones, la contaminación de suelos y aguas y pérdida de biodiversidad (FAO,1980).

La *Función de Mejoramiento del Sistema Productivo* es la aplicación de un conjunto de acciones técnicas tendentes a revertir el deterioro causado por la *función de producción* o para superar las limitaciones de productividad de los recursos, en la medida que se cuente con la tecnología apropiada y que sea social y económicamente viable de instrumentar. Esta función realimenta las decisiones sobre el régimen de uso y gestión de los recursos naturales para asegurar la sostenibilidad de la actividad en el tiempo. Algunas funciones de mejoramiento son: el control de la erosión, la regulación del régimen hidrológico, la creación de genotipos vegetales y animales, la protección de la flora y fauna silvestre, el mejoramiento de pastizales naturales, la regulación del balance de nutrientes del suelo, la rehabilitación de suelos hidromórficos, etc.

La *Función Económica* es la valoración del resultado de la *función de producción* y permite analizar la escasez relativa de los insumos y productos en el proceso de producción para una determinada economía y sociedad. Los ingresos se perciben por la comercialización de los productos y los egresos (costos) se producen por el pago a los factores de producción involucrados. Son factores de la función económica el ingreso bruto, el margen bruto, el ingreso neto y la rentabilidad global de la empresa.

La base de la producción agraria sostenible reside, primeramente, en la articulación espacio - temporal de las funciones de *producción, degradación y mejoramiento*, cuyo conocimiento permitirá seleccionar los tipos de producción y las tecnologías apropiadas para que cada unidad del territorio produzca en su máximo potencial posible.

Para seleccionar alternativas productivas bajo esta concepción teórica, es preciso espacializar el territorio en unidades ecológicamente homogéneas (FAO, 1976), determinar el tipo de uso general sobre la base de las limitaciones permanentes de los recursos y cuantificar las respectivas funciones de la producción, ya sea en términos energéticos, físicos, económicos o una combinación de ellos, para establecer parámetros comparativos que permitan seleccionar la actividad más adecuada. La decisión final sobre la elección de una alternativa preferente, puede apoyarse en la *Evaluación Multicriterio Discreta* (Barba Romero, S. y Pomerol, J., 1997).

3. Zona de estudio y metodología

Se seleccionó como área de estudio la cuenca del arroyo Santa Catalina localizada entre los paralelos 32° 53' 36" y 33° 11' 54" de latitud sur y entre los meridianos 64° 28' 40" y 64° 58' 36" de longitud oeste, en el Departamento de Río Cuarto, provincia de Córdoba (Argentina). Se trata de una zona representativa de este sector que abarca una superficie de 823,2 km².

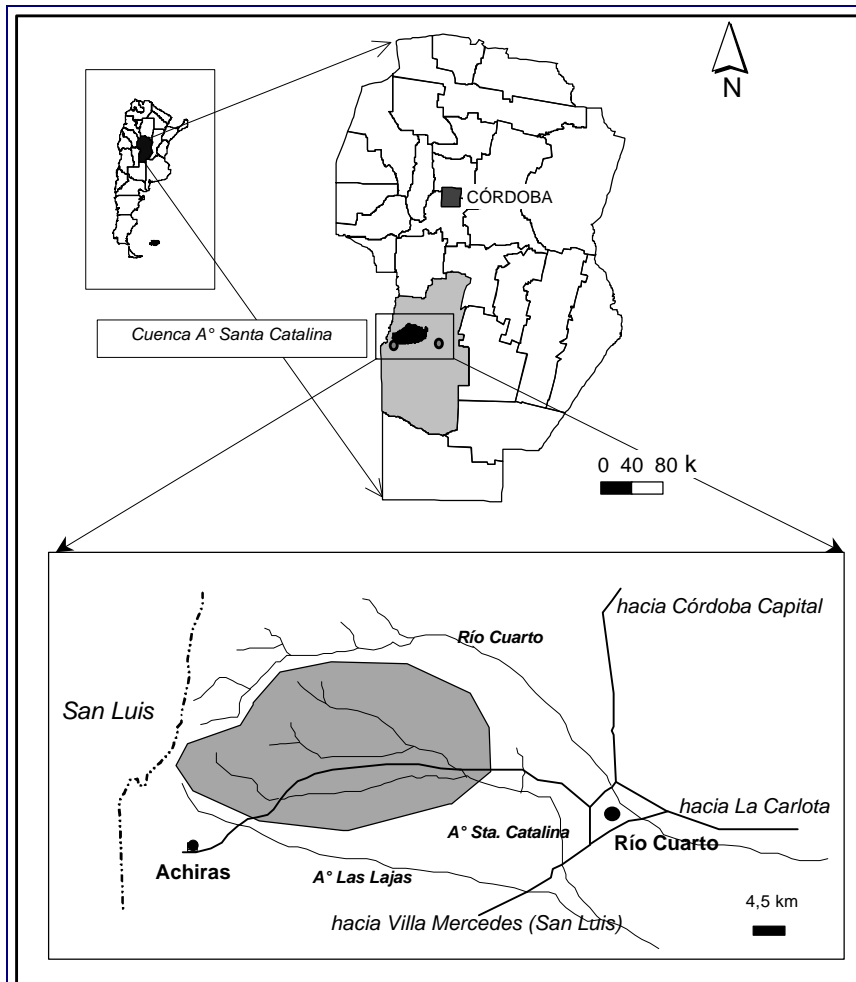
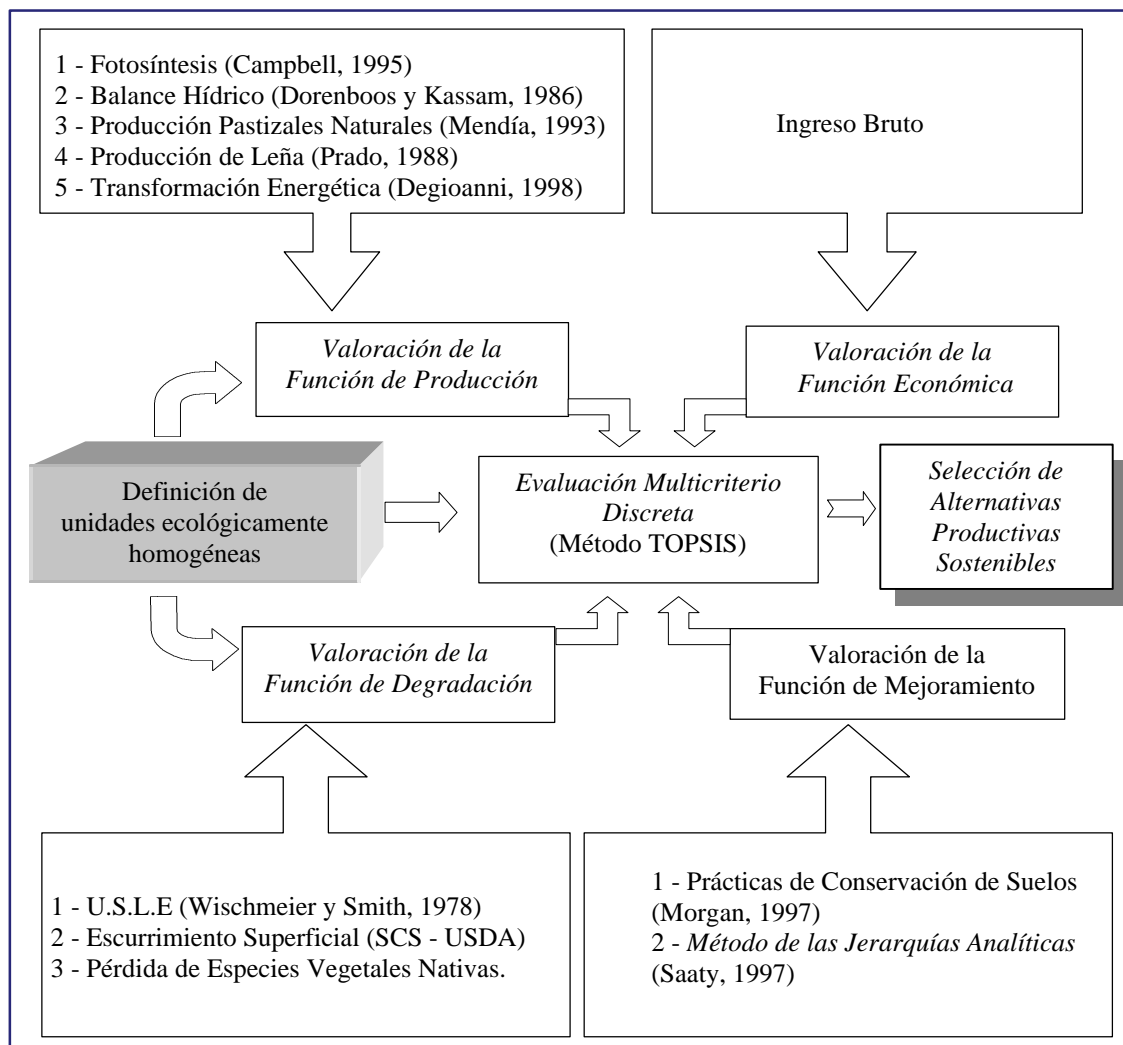


Figura 2: Localización de la cuenca A° Santa Catalina

En el Cuadro 1 se presenta una síntesis del proceso metodológico seguido para definir las alternativas productivas sustentables en la cuenca.



Cuadro 1: Esquema metodológico

3.1. Definición de unidades ecológicamente homogéneas

Para determinar las unidades ecológicamente homogéneas, se procedió a la espacialización de la cuenca superior del arroyo Santa Catalina a partir de la geomorfología, la topografía y los suelos. La información cartográfica de base utilizada fue la Zonificación y Descripción de las Tierras del Depto. Río Cuarto, escala 1:500.000 (Cantero y col., 1986); Principales Asociaciones de Suelos de la Cuenca del Sistema Arroyo Santa Catalina - del Gato - Laguna del Tigre Muerto, escala 1:250.000 (Cantero y col., 1981), hojas topográficas La Barranquita y Cuatro Vientos, escala 1:50.000 (IGM, 1968), Mapa Topográfico de la cuenca arroyo La Colacha, escala 1:60.000 (Cantú, 1995) y una imagen digital Landsat TM V.

Geomorfológicamente se diferencian tres grandes unidades: al oeste el extremo meridional de las Sierras Comechingones, al este la Llanura Eólica Loésica correspondiente a la Llanura Periserrana Distal (INTA - MAGyRR, 1994) y en el sector de contacto entre ambas unidades el Pie de Monte (Cantero y col., 1986) (Figura 3).

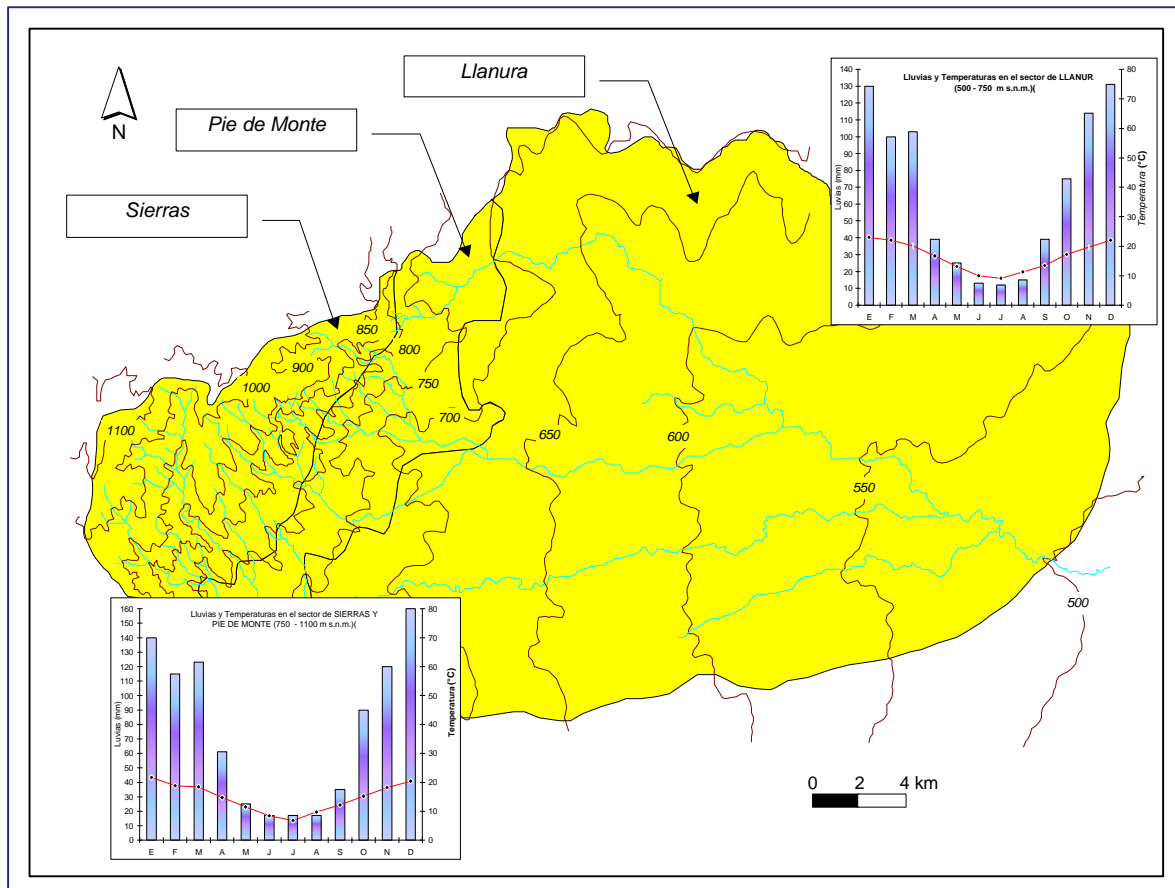


Figura 3: Características geomorfológicas y climáticas la cuenca Santa Catalina

La cuenca presenta transicionalidad climática desde el subhúmedo en la Llanura al húmedo en las Sierras, con estación invernal seca y un régimen de temperatura de tipo mesotermal. (Seiler y col, 1995). De acuerdo a la clasificación de Köppen es tipo *BSk* (estepario frío).

El área serrana está compuesta por rocas metamórficas e intrusiones graníticas, con desarrollo de suelos profundos sólo en los valles. En este sector de la cuenca se determinaron tres unidades homogéneas según la clasificación del gradiente de pendiente propuesta por Cantero y col. (1996): *valles* (0% - 6%), *laderas suaves* (6,1% - 15%) y *laderas moderadas* (15,1% - 25%).

El Pie de Monte se caracteriza por poseer sedimentos gruesos de origen aluvial y coluvial e intercalaciones eólicas de sedimentos arenosos y de relieve fuertemente ondulado. Este sector se espacializó en dos unidades homogéneas según el gradiente de pendiente: *relieve normal* (gradientes menores al 6%) y *relieve pronunciado* (6,1% -13%). Las unidades homogéneas determinadas por la topografía se obtuvieron en *Idrisi* (Eastman, 1995) mediante el desarrollo y clasificación de un modelo digital de pendientes.

El área de Llanura está desarrollada sobre una cubierta loessica espesa, de granulometría arenosa fina y muy fina, con relieves fuertemente ondulados a ondulados. Los suelos son Haplustoles énticos, Hapludoles típicos y Argiudoles típicos. Este sector fue espacializado en nueve unidades: 6 de aptitud de uso agrícola delimitadas como *Asociaciones de Suelos* (Cantero y col, 1981 y Cantero y col. 1986) y 3 unidades no aptas para el cultivo, delimitadas por sus características geomorfológicas: *Médanos*, *Barrancos*, *Áreas Deprimidas* y *Afloramientos Graníticos* mediante análisis visual de la imagen de satélite.

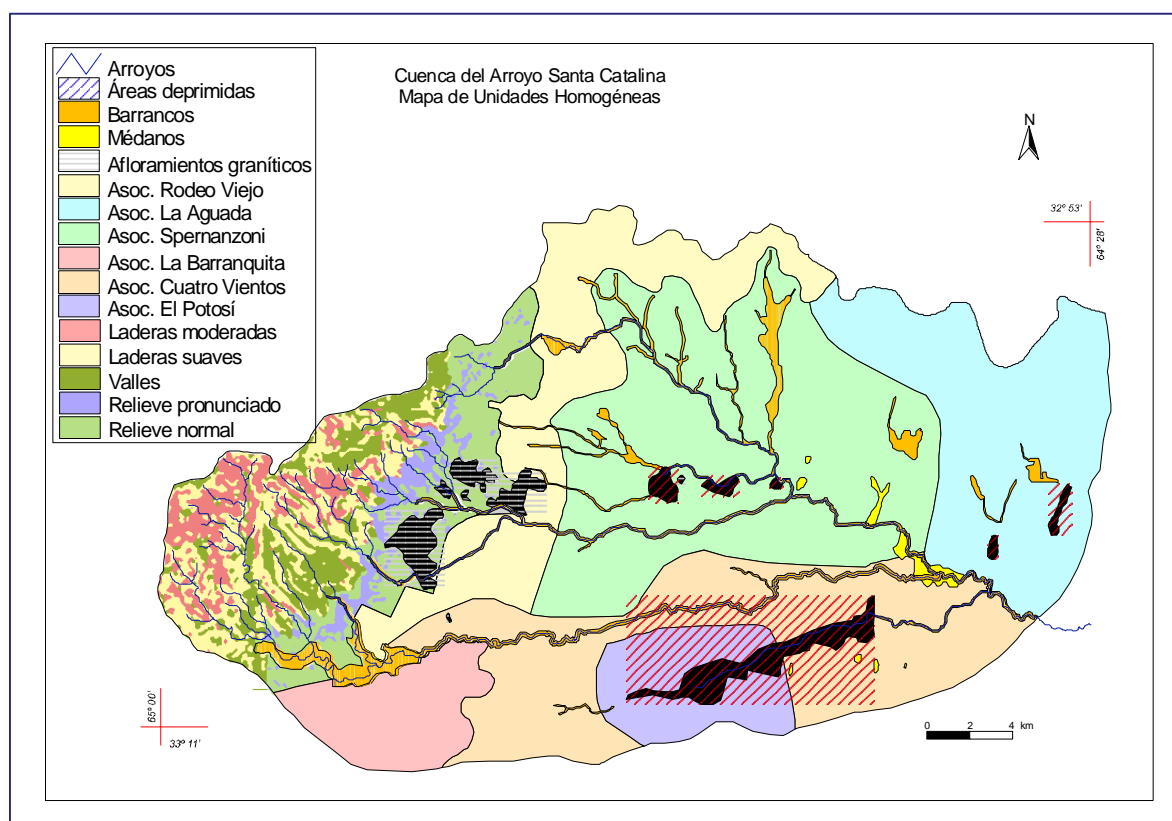


Figura 4: Mapa de Unidades Homogéneas de la cuenca del Arroyo Santa Catalina

La estructura social de la cuenca es netamente *rural* ya que solo existen pequeñas poblaciones que no superan los 15 habitantes. En cuanto a la estructura económica del sistema productivo, en las Sierras predominan los grandes establecimientos (superficie promedio de 3.500 has.) siendo la principal actividad productiva la ganadería bovina de cría (producción de terneros) sobre las pasturas naturales (ADESUR, 1996). En la Llanura, los establecimientos son medianos a pequeños (superficie promedio 241 has.), con predominio de la producción mixta: ganadería y agricultura, siendo los tipos de producción más importantes el ganado bovino de carne, el ganado porcino y el maíz.

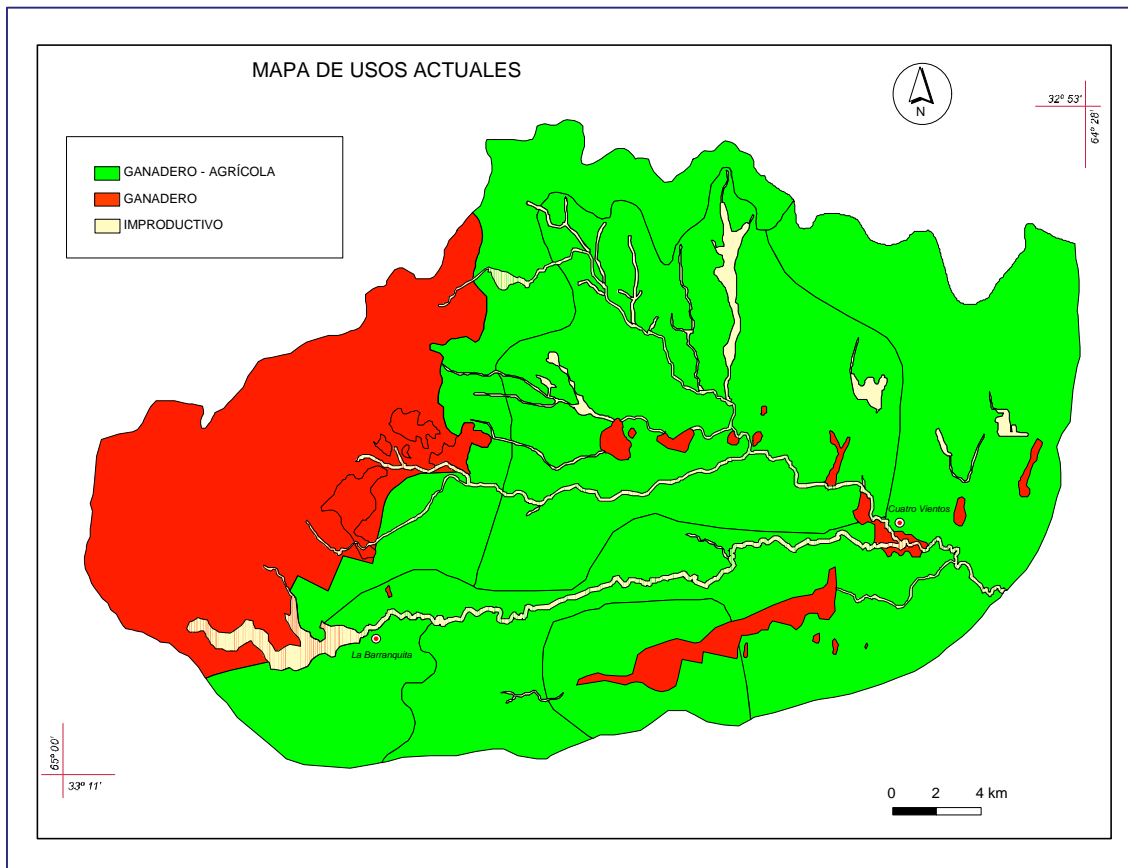


Figura 5: Mapa de usos actuales

Uno de los principales problemas que atañen a la producción agraria son los bajos rendimientos alcanzados en todos los rubros productivos. Estos se debe a una inadecuada organización espacio - temporal de los tipos de producción y a una gestión técnica ineficaz (Freyre y col, 1994). A esta situación hay que sumar un severo proceso de erosión hídrica. Entre los factores desencadenantes destacan: lluvias intensas en primavera – verano, con intensidades de más de 60 mm/h (Cantero y col., 1986), relieves ondulados, suelos de textura franca arenosa muy fina y baja estabilidad de agregados, suelos susceptibles a compactaciones superficiales y subsuperficiales y alta proporción de cultivos anuales que implican un mayor desmenuzamiento del suelo por labranzas y desprotección de la superficie ante el impacto de la gota de lluvia. Tampoco se utilizan técnicas de control de la erosión hídrica, todo lo cual conduce a una permanente pérdida de agua y suelos

Para proponer cambios en el uso y gestión de los recursos agrarios que aumenten la base productiva de la cuenca bajo criterios de sostenibilidad y eficiencia es menester conocer cuál es el potencial de producción agraria mediante la modelización de las cuatro *funciones de producción* (Figura 1).

3.2. Modelización de las funciones de producción

Las variables físico - biológicas que regulan el crecimiento y desarrollo de la producción vegetal son, en orden jerárquico: la *genética vegetal*, la *radiación solar*, la *temperatura*, el *balance hídrico* y la *disponibilidad de nutrientes* (FAO, 1981).

- a) La *función de producción agraria* se inicia con la modelización del proceso de fotosíntesis (de Witz, 1965; Feddes, 1971 y Rijtema, 1973). En este trabajo se utiliza el modelo propuesto Campbell (1995). Este modelo considera al proceso fotosintético en su máxima tasa a saturación de dióxido de carbono como dependiente de la temperatura de la hoja y la densidad de flujo de la radiación fotosintéticamente activa y cuya formulación matemática es la siguiente:

$$P_n = 0,75 \cdot \left(\frac{P_{mlt} \cdot G_T}{1 + \frac{Kl}{PAR \cdot K}} \right) + 2,2 \cdot Lt$$

donde: P_n : tasa de fotosíntesis neta ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$), P_{mlt} : máxima tasa de fotosíntesis de la especie ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$), Kl : constante, PAR : radiación fotosintéticamente activa (Wm^{-2}), K : área iluminada que depende de la distribución de las hojas del dosel y el ángulo de elevación solar y Lt : índice de área foliar. La fotosíntesis neta diaria durante el ciclo vegetativo del vegetal define el volumen total de biomasa. Pero como el producto cosechable es sólo una fracción de la biomasa total (índice de cosecha), para calcular la producción potencial de materia seca cosechable se utiliza la siguiente ecuación:

$$MSC = \sum_N^1 P_n \cdot IC$$

donde: MSC : materia seca cosechable ($g.m^{-2}$), P_n : fotosíntesis neta ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$), N : período de vegetativo del cultivo (días) y IC : índice de cosecha.

Cuantificada la producción de materia seca cosechable regulada por la genética de la especie, la radiación solar y la temperatura, la tercera variable que regula la función de producción es el balance hídrico (de Witz, 1958; Arkley, 1963; Hanks y col., 1969; Bierhuizen y Slatyer, 1965; Tanner y Sinclair, 1983). En este trabajo se utiliza el modelo de Doorenbos y Kassam (1986). La base teórica de este modelo reside en considerar que un cultivo no sufrirá reducción del rendimiento si sus necesidades de evapotranspiración a lo largo de su ciclo son plenamente satisfechas. Como esta situación frecuentemente es alterada por el factor suelo, factor cultivo o simplemente por la falta de agua, se ha establecido una relación entre la evapotranspiración máxima del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración potencial o de referencia (ET_r) mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = k_c \cdot ET_r$$

donde: k_c es el coeficiente empírico del cultivo y representa la relación entre la ETc y ETr cuando dicho cultivo crece y se desarrolla bajo condiciones óptimas de manejo tecnológico, libre de enfermedades y plagas y sin limitantes nutritivas. El efecto del suministro de agua sobre el rendimiento se cuantifica mediante el factor k_y que relaciona la disminución del rendimiento relativo con el déficit de evapotranspiración relativa. Un déficit de agua puede tener lugar durante todo el ciclo biológico o en alguna de las etapas del mismo, situación que ha sido contemplada en la determinación del coeficiente k_y . La ecuación matemática que relaciona la reducción del rendimiento por posibles déficit hídricos es la siguiente:

$$1 - \left(\frac{Y}{Y_m} \right) = k_y \left(1 - \frac{ETc}{ETr} \right)$$

donde: Y : producción obtenida, Y_m : producción máxima sin limitación de agua, k_y : factor del efecto sobre el rendimiento, ETr : evapotranspiración potencial o de referencia y ETc : evapotranspiración máxima del cultivo. El cálculo de la función de producción con esta metodología ha sido adoptado por FAO (1978), Dumanski and Stewart (1983) y Mingkui y col., (1995).

La siguiente limitación de la producción potencial es la disponibilidad de nutrientes. Según Bricchi y col., (1992); Cantero y col., (1986) y Cholaky y col., (1986) los suelos de aptitud agrícola de la cuenca no presentan limitaciones importantes para nutrientes vinculados a la fase mineral. En cuanto a los nutrientes vinculados a la fase orgánica, la respuesta a fertilizantes nitrogenados y fosfatados depende, en primera instancia, de la disponibilidad de agua (Cantero y col., 1985; Castillo y col. 1997) y si bien, en la mayoría de los casos existen respuestas a la fertilización, no siempre las diferencias son estadísticamente significativas o económicamente rentables (Cholaky y col., 1986; Cantero y col., 1985). En definitiva, se asume que no existen limitaciones nutritivas para los cultivos o que la misma puede superarse mediante la fertilización.

La *función de producción* en la cuenca Santa Catalina puede calcularse para 285 cultivos en unidades de aptitud agrícola y 180 cultivos para unidades de aptitud no agrícola (Degioanni, 1998).

Para el cálculo de la *función de producción* en pastizales naturales se utilizó el modelo empírico de Mendía y col., (1993) y aplicado por González, y col., (1997) para los ambientes serranos de Córdoba.

$$PP = PPP \times fE \times fU \times fF$$

donde: PP : producción ($KgMS/ha.año$), PPP : productividad potencial primaria, variable calculada a partir del modelo de producción bruta de materia seca según radiación global recibida, período de crecimiento según temperatura y disponibilidad de humedad edáfica y eficiencia energética de la comunidad herbácea. Las siguientes variables son factores empíricos: fE : factor edáfico; fU : factor utilización y fF : factor forrajero.

Para calcular la producción de madera se utilizó la información generada mediante medidas directas en bosques implantados por Plevich y col., (1997) y el

modelo propuesto por Prado y col. (1988) para estimar la producción de leña en bosques nativos cuya formulación es la siguiente:

$$L = [(0,04 \cdot DB^2 \cdot NR \cdot HMF) - 0,086] \cdot Pl$$

donde: L : producción de leña (kg/ha), DB : diámetro basal medio (m), NR : número de ramas mayores de 3 cm y HMF : altura máxima de las plantas (m).

Por último la función de producción animal fue calculada mediante el modelo teórico de conversión de la energía propuesto por Degioanni (1998). Los productos animales (carne, leche, huevos y lana) son el resultado de la transformación biológica de la energía solar acumulada en los tejidos vegetales, en energía acumulada en dichos productos. Conociendo la cantidad de alimento ofrecido, la calidad del mismo medida como la energía metabólica contenida por cada kg. de alimento, y la demanda diaria de la energía metabólica para fabricar un kg. de producto animal, es posible modelizar la función de producción potencial con la siguiente ecuación:

$$Pa = \frac{A \cdot Ec \cdot EM}{Em}$$

donde: Pa : producto animal comercial (kg/Ha), A : alimento ofrecido (kg/ha), Ec : eficiencia de cosecha del alimento, EM : energía metabólica del alimento ($Mcal/kg. Mat. Seca$) y Em : energía metabólica diaria para hacer 1 kg. de producto animal. ($Mcal$).

- b) La elección de una *función de degradación de los recursos naturales* debe ser implícita a la función de producción en cuanto a las variables que la integran y resuelta con la información disponible. Un modelo apropiado para cuantificar el deterioro causado por la producción en las unidades de llanura es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos *U.S.L.E* (Wischmeier y Smith, 1978).

En los ambientes de Sierras y Pie de Monte, el escurrimiento superficial y la desaparición de especies vegetales nativas son los principales procesos de degradación (Cantero y col., 1996) En consecuencia, las *funciones de degradación* seleccionadas para estos ambientes son: el escurrimiento superficial calculado mediante el modelo Número de Curva (*SCS USDA*), y la pérdida potencial de especies vegetales nativas. Ésta se ha considerado (sin considerar alteraciones por fuego) que es total por reemplazo en sistemas forestales, reemplazo del 50% en sistemas ganaderos de cría caprina debido al hábito de cosecha del forraje del ganado (corte al ras del suelo) y sin alteración significativa en sistemas ganaderos de cría bovina.

- c) La *función de mejoramiento del sistema productivo* significa la adopción de técnicas para controlar la *función de degradación*. Se adopta esta función seleccionando técnicas de control de la erosión hídrica en las unidades homogéneas con aptitud agrícola para mantener una pérdida tolerable de suelo de 15 t/ha.año (Hudson, 1981; Schertz, 1983). Para la unidades de las Sierras y Pie de Monte, esta función se adopta consignando un mayor peso en la decisión de las alternativas productiva que controlan escurrimientos y mantienen la biodiversidad vegetal nativa.

- d) La *función económica* que se utiliza es el *Ingreso Bruto Potencial* que resulta de multiplicar el precio del producto a moneda constante por el rendimiento potencial de cada tipo de producción.

3.3. Selección de alternativas productivas

Definidas las *funciones de la producción agraria*, el procedimiento para seleccionar nuevas alternativas productivas que se utiliza es la *Evaluación Multicriterio Discreta (EMD)*: se trata de un conjunto de técnicas orientadas a asistir la toma de decisiones con el objetivo de analizar un número de alternativas de elección bajo la luz de múltiples criterios y prioridades en conflicto (Voogd, 1983). Si el número de alternativas es muy amplio, una estrategia reductora del conjunto es definir *restricciones* para una determinada actividad (Barredo Cano, 1996).

El procedimiento general de la *EMC* consiste en la definición de un número finito de *alternativas* para evaluar, la formulación, valoración y asignación de pesos relativos de los *criterios* de evaluación y adopción de una *regla de decisión* que expresa el nivel de preferencia que ha obtenido cada alternativa en una matriz de decisión. En este trabajo, las *funciones de producción agraria* pasan a constituir los criterios de la *EMC*, el peso de los criterios se determinó mediante *Tasación Simple* el cual consiste en asignar el peso directamente de acuerdo a una escala arbitraria en función del conocimiento o perspectiva del problema que posea el centro decisor y el *Método de las Jerarquías Analíticas* (Saaty, 1997) que establece una matriz de comparación entre pares de criterios y el decisor determina la importancia relativa entre los mismos. Este procedimiento permite también transformar una escala de valores cualitativos a cuantitativos.

La regla de decisión que se utiliza es el método de aproximación al punto ideal: *TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) que es un método compensatorio donde se asume la preferencia de una alternativa en un criterio puede compensarse por su rendimiento en otro u otros criterios. Antes de aplicar la regla de decisión, es necesario establecer la *normalización* de los criterios en una escala de valores comparables entre sí. Otro aspecto a considerar, es la *dirección* de los criterios. Suele ocurrir que a mayor valor del criterio mejor posiciona, en el orden de preferencia, la alternativa en el conjunto (maximiza) o a menor valor del criterio mejor posiciona la alternativa en el orden de preferencias (minimiza). Por consiguiente es necesario direccionar los valores de los criterios antes de aplicar la regla de decisión.

4. Resultados y Discusiones

En la Tabla 1 se presentan resultados de la función de producción expresados como rendimientos reales, potenciales teóricos y experimentales como medio de verificación de estos últimos.

Tabla 1: Rendimientos en kg/ha.

Producto	Real	Potencial Máx.	Potencial Mín.	Experimental
Maíz	2.900	11.840	7.600	11.832
Soja	1.200	9.170	5.880	10.124
Girasol	1.200	5.380	3.540	4.150
Maní	2.000	6.517	4.407	8.500
Carne bovina	121	793	350	970

La producción potencial promedio para las unidades de Sierras es de 23 kg./ha.año de ternero en pie para bovinos y 131 kg./ha.año para cabritos. La producción real del área serrana registra valores promedios de 20,1 kg./ha.año y 5 kg./ha.año de terneros y cabritos respectivamente. Resulta evidente que la producción *real* está muy distanciada de la producción *potencial* (excepto la producción de terneros en las Sierras). Este contraste indica por un lado, el elevado potencial de producción de los recursos naturales de la cuenca y por el otro, la subutilización de los mismos por parte de los gestores del sistema productivo.

En la Figura 6 se presenta el mapa de erosión hídrica potencial para la condición de uso actual de la cuenca. De acuerdo a los valores obtenidos se trata de un ambiente altamente susceptible a este proceso de degradación.

Para seleccionar nuevas alternativas productivas en las unidades con aptitud agrícola de la Llanura se fijaron como restricciones seleccionar alternativas con diversidad de productos (sistemas mixtos), incluyendo producciones económicamente viables y factibles de adoptar por los productores de la cuenca con la tecnología que disponen. Sobre la base de estas restricciones, se seleccionaron 6 sistemas de producción mixtos (ganaderos – agrícolas): 1- bovinos de carne ciclo completo, porcinos y maíz; 2- bovinos de carne invernada, porcinos y maíz; 3- bovinos de carne ciclo completo, porcinos, maíz y girasol; 4- bovinos de carne ciclo completo, porcinos y maíz y soja; 5- bovinos de carne ciclo completo y maíz y 6- bovinos de carne ciclo completo, bovinos de leche y maíz.

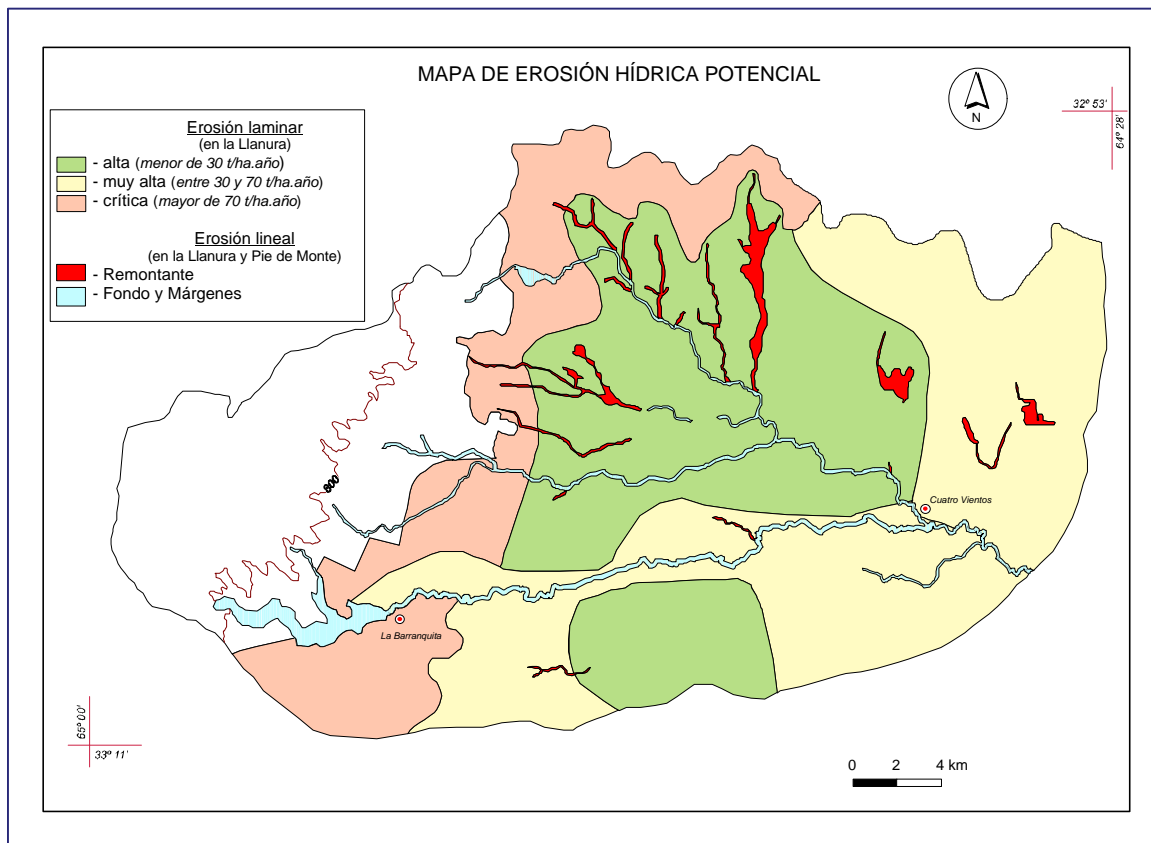


Figura 6: Mapa de erosión hídrica potencial.

Los resultados obtenidos en el cálculo de las *funciones de la producción agraria* (Tabla 3) indica que el máximo y mínimo valor de la producción física y económica corresponde a la misma alternativa para todas las unidades y esto se explica por la jerarquía en el potencial ecológico de las mismas: las mejores unidades son Spernanzoni y El Potosí pues cuentan con los suelos más productivos. Por otra parte, el mayor rendimiento físico corresponde para las alternativas con mayor participación de cultivos agrícolas (alternativas 3 y 4) y esto se debe a la mayor eficiencia productiva de la agricultura frente a la producción ganadera. Por último, se observa que el mayor ingreso económico potencial reside en la alternativa 6 que es la actividad que incluye la producción lechera. En lo referente a la *función de degradación* la pérdida de suelos está por debajo del umbral tolerable y esto se debe a la acertada selección de la técnica de control de la erosión hídrica.

Valorados, normalizados y direccionados los criterios de evaluación¹ se procedió a establecer la ponderación o peso de los criterios mediante el método de *Tasación Simple*. Se adoptó para el criterio *función de producción* un peso de 0,3; para la *función económica* 0,5 y para las *funciones de degradación y mejoramiento* un peso de 0,1 para cada una. Por último, se obtuvo la matriz de evaluación final mediante el método *TOPSIS* (Tabla 4)

¹ Para valorar la *función de mejoramiento* se estableció una escala cualitativa ordinal según el grado de complejidad de implementación de la técnica y luego fue transformada a valores cuantitativos a través del *Método de las Jerarquías Analíticas*.

Tabla 3: Valores de las funciones de la producción agraria

Unidad homogénea	Alternativa productiva	f. producción (Mcal/ha.año)	f. económica (\$/ha.año)	f. degradación (t/ha.año)	f. mejoramiento
Rodeo Viejo	1	5906,3	561,95	14,3	<i>cult. franjas</i>
	2	7251,34	804,64	14,3	<i>cult. franjas</i>
	3	10055,68	726,51	11,4	<i>cult. franjas</i>
	4	10964,42	773,79	12,2	<i>cult. franjas</i>
	5	8110,16	440,34	15	<i>cult. nivel</i>
	6	5673,39	1173,45	11,4	<i>cult. franjas</i>
La Aguada	1	6404,21	611,69	8,6	<i>cult. franjas</i>
	2	7886,51	879,15	8,6	<i>cult. franjas</i>
	3	10900,29	786,39	13,7	<i>cult. nivel</i>
	4	11766,31	832,55	14,6	<i>cult. nivel</i>
	5	8716,14	468,23	15	-
	6	6128,22	1268,71	13,7	<i>cult. nivel</i>
Spernanzoni	1	8134,23	778,59	14,2	<i>cult. nivel</i>
	2	10035,13	1121,58	14,2	<i>cult. nivel</i>
	3	13792,29	1007,99	11,3	<i>cult. nivel</i>
	4	14959,85	1070,27	12	<i>cult. nivel</i>
	5	11396,66	656,95	13	-
	6	8005,61	1731,15	11,3	<i>cult. nivel</i>
La Barranquita	1	5155,52	487,3	14,9	<i>cult. franjas</i>
	2	6486,94	727,53	14,9	<i>cult. franjas</i>
	3	8805,72	629,64	11,9	<i>cult. franjas</i>
	4	9482,04	664,93	12,7	<i>cult. franjas</i>
	5	6957,79	355,95	8,2	<i>cult. franjas</i>
	6	4845,22	958,24	11,9	<i>cult. franjas</i>
Cuatro Vientos	1	5966,33	568	12,7	<i>cult. franjas</i>
	2	7139,88	779,75	12,7	<i>cult. franjas</i>
	3	10166,76	731,42	10,2	<i>cult. franjas</i>
	4	10966,6	773,8	10,8	<i>cult. franjas</i>
	5	8100,53	428,91	14	<i>cult. nivel</i>
	6	5678,31	1159,56	10,2	<i>cult. franjas</i>
El Potosí	1	7383,83	709,79	11,8	<i>cult. nivel</i>
	2	9136,98	1026,12	11,8	<i>cult. nivel</i>
	3	12545,17	910,39	15	-
	4	13613,58	967,68	10	<i>cult. nivel</i>
	5	10119	561,65	10,8	-
	6	7152,99	1523,79	15	-

La ponderación se realizó con el método *Tasación Simple*. Se adoptó para el criterio *función de producción* un peso de 0,3; para la *función económica* 0,5 y para las *funciones de degradación y mejoramiento* un peso de 0,1 para cada una. Por último, se obtuvo la matriz de evaluación final mediante el método *TOPSIS* (Tabla 4)

Tabla 4: Matriz de evaluación de alternativas productivas en la Llanura

Unidad	Nivel de preferencia de cada alternativa					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Rodeo Viejo	5	4	6	3	2	1
La Aguada	6,4,5	4	3,6,2	2,3,6	2,3,5	1
Spernanzoni	5	4	6	3	2	1
La Barranquita	4	6,3,5	6,3,2	2	5	1
Cuatro Vientos	6,4,5	4	3	2,3,6	2	1
El Potosí	6	4,3,6	3	2,3,4	2	1

Esta matriz indica, en primer lugar, que hay alternativas que son equivalentes en las preferencias, situación que es atribuida a una razón de orden físico y no a una inestabilidad del método de evaluación y resulta interesante de cara a generar variabilidad de alternativas igualmente posicionadas. En segundo lugar, la matriz de valoración indica que la alternativa 1 (que es la predominante actualmente en la cuenca) es la más ineficaz y que las alternativas 6 y 5 son las más eficientes.

Con iguales restricciones que en la Llanura, se seleccionaron como alternativas productivas para las unidades de Sierras y Pie de Monte la Ganadería Bovina de Cría (producción de terneros); la Ganadería Caprina (producción de cabritos) y la Forestación con *Pinus sp.* En cuanto a los criterios que componen la EMC se optó por la *función económica* (ingreso bruto) y la *función de degradación* (escurrimiento potencial y la pérdida potencial de especies vegetales nativas).

Tabla 5: Valores de las funciones económica y deterioro (escurrimiento) en Sierras.

Unidad	Terneros \$/ha.año	Cabritos \$/ha.año	Madera \$/ha.año	Escurrim. anual. % ¹	Escurrim. anual % ²
Laderas Moderadas	7	58,5	204	50	23
Laderas Suaves	22	174,7	283	36	19
Valles	40,2	318,7	441	23	13

Formación vegetal: ¹ pastizal - ² bosque implantado (sin pastoreo).

La función de producción para las alternativas productivas del Pie de Monte son la actividad forestal con *Pinus sp.* y la producción de leña valorada conjuntamente con la producción de terneros y cabritos (Tabla 6)

Tabla 6: Valores de las funciones económica y deterioro en el Pie de Monte.

Unidad	Ternero – leña \$/ha.año	Cabrito - leña \$/ha.año	Madera \$/ha.año	Escurrim anual % ¹	Escurrim anual % ²
Pendiente ≤ 6%	22,7	98	283	23	13
Pendiente > 6%	13	82	283	30	15

Formación vegetal: ¹ monte - ² bosque implantado (sin pastoreo).

El resultado de la valoración de la *función de degradación* pérdida potencial de especies vegetales, se asignó el valor 0 (reemplazo total de especies) para la alternativa Forestal, y 1 para la alternativa Ganadería Bovina de Cría . Para la alternativa Ganadería Caprina se estableció una escala cualitativa del impacto de deterioro sobre la biodiversidad vegetal y mediante el *Método de las Jerarquías Analíticas* se realizó la valoración cuantitativa, siendo las unidades de Laderas las más susceptibles a la pérdida de especies nativas seguida por las unidades del Pie de Monte y por último las unidades de Valles. El peso relativo de cada criterio se realizó mediante el método de Tasación Simple priorizando en un 70% del peso las *funciones de degradación* (0,35 para el escurrimiento y pérdida de la biodiversidad vegetal respectivamente) y un 30% del peso sobre la *función económica*. Normalizados y direccionados los valores de los criterios se obtuvo la matriz de decisión de preferencia de actividades con el método *TOPSIS*.

Tabla 7: Matriz de evaluación de alternativas productivas en Sierras y Pie de Monte

	Unidad	Alternativa
Sierras	Laderas. Moderadas	Forestal
	Laderas suaves	Caprinos
	Valles	caprinos
Pie de Monte	Pendiente ≤ 6%	Forestal
	Pendiente > 6%	forestal

El resultado de la matriz de evaluación excluye la actividad ganadería bovina de cría para todas las unidades pues se trata de una actividad de muy baja eficiencia productiva que se magnifica de sobremanera cuando se la ubica en un ambiente de bajo potencial de producción. La actividad forestal es la alternativa que mejor se posiciona en las laderas moderadas y en el Pie de Monte y se incorpora de la actividad Ganadería Caprina en las unidades de valles y laderas suaves.

Por último para las unidades de Llanura y Pie de Monte de aptitud no agrícola, al ser áreas vinculadas directamente a procesos de degradación se han definidos sistemas de producción compatibles con la estabilización y recuperación de estos ambientes:

- ✓ *Barrancos*: forestación con *Salix sp.* o *Populus sp.* en las márgenes de cursos permanentes y con *Ulmus sp.*, *Eucaliptus sp.* o *Acacias* en la red de drenaje temporaria.
- ✓ *Áreas deprimidas*: ganadería bovina (cría o invernada) sobre forrajeras cultivadas de "agropiros" o forestación con *Populus sp.*
- ✓ *Médanos*: ganadería bovina de cría sobre forrajeras nativas y producción de leña con especies nativas (*chañar, espinillo, acacias*).
- ✓ *Afloramientos graníticos*: ganadería bovina de cría o caprina sobre forrajes nativas.

Seleccionadas y evaluadas las alternativas productivas para las todas las unidades homogéneas de la cuenca Santa Catalina se ha logrado pasar de 3 a 11 usos posibles (Tabla 8 y Figura 7) bajo el criterio de plena utilización del potencial ecológico de los recursos agrarios y de sostenibilidad de la actividad productiva en el tiempo.

Tabla 8: Tipos de producción para los usos seleccionados.

USOS	TIPOS DE PRODUCCIÓN
FORESTAL 1	<i>Forestación con Acacias, Olmos o Eucaliptos</i>
FORESTAL 2	<i>Forestación con Pinos.</i>
FORESTAL 3	<i>Forestación con Sauces o Álamos.</i>
GANADERO 1	<i>Caprinos sobre forrajeras nativas.</i>
GANADERO 2	<i>Bovinos (cría o invernada) sobre forrajeras cultivadas (Agropiros).</i>
GANADERO 3	<i>Bovinos (cría) sobre forrajeras nativas.</i>
SILVO – GANADERO	<i>Leñosas nativas y Bovinos (cría) sobre forrajeras nativas.</i>
GANADERO - AGRÍCOLA 1	<i>Bovinos (invernada) y Maíz (Alternativa 5).</i>
GANADERO - AGRÍCOLA 2	<i>Bovinos (cría, invernada y leche), Porcinos, Girasol, Soja y Maíz (Alternativas 4,5,6)</i>
GANADERO - AGRÍCOLA 3	<i>Bovinos (cría, invernada y leche) y Maíz (Alternativa 6)</i>
GANADERO - AGRÍCOLA 4	<i>Bovinos (cría, invernada y leche), Porcinos, Soja y Maíz (Alternativa 4)</i>

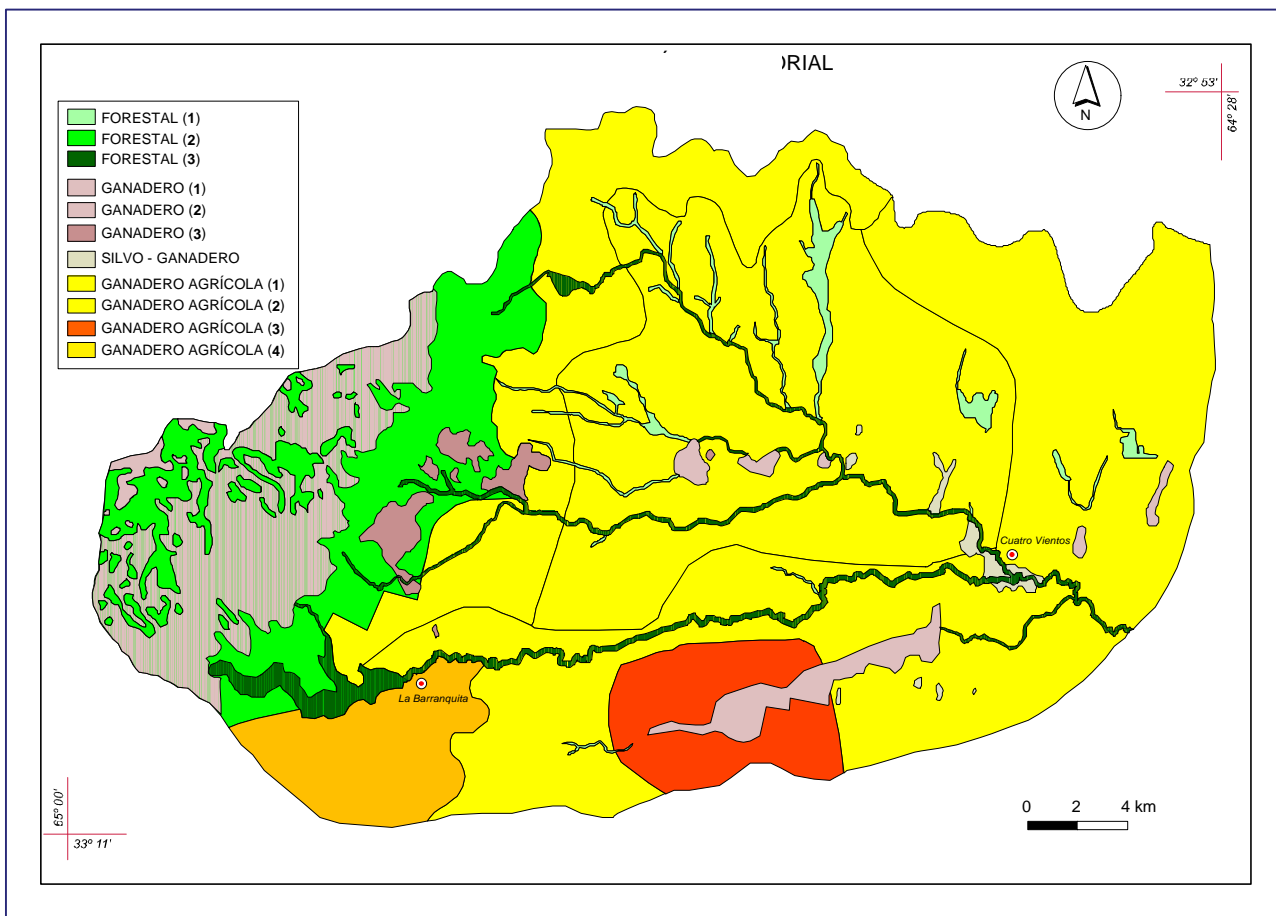


Figura 7: Mapa de usos propuestos para la cuenca Santa Catalina.

5. Conclusiones

La metodología utilizada para seleccionar, evaluar y proponer alternativas productivas con criterios de sostenibilidad y eficiencia productiva de los recursos agrarios ha resultado ser operativa a escala regional. Su aplicación a la cuenca Santa Catalina ha corroborado la subutilización del potencial ecológico y una elevada susceptibilidad a la degradación por pérdida de agua y suelo. Esta situación realimenta la caída de los rendimientos físicos y por, ende, la rentabilidad de las empresas agrarias. Para mejorar la eficiencia de utilización de los recursos naturales de la cuenca se debe intervenir modificando la actual estructura productiva, ya sea por reemplazo de los sistemas de producción actuales o por modificaciones parciales en la estructura de producción de los mismos.

La utilización de técnicas de apoyo a la toma de decisiones como la *Evaluación Multicriterio Discreta* ha servido para seleccionar criterios que representan la producción agraria, homogeneizar variables cuantitativas y cualitativas en una única escala y aplicar un procedimiento matemático para la valorización final. De esta manera sólo cambiando las formas de valoración de los criterios, el procedimiento podría ser utilizado para evaluar cualquier alternativa de producción agraria. Por otra parte, se ha logrado asignar un uso a las unidades territoriales a partir de actividades productivas complejas que no compiten por el espacio y no se excluyen mutuamente.

En definitiva, se puede concluir que, los métodos utilizados para evaluar alternativas de producción no presentan limitaciones operativas para incluir todos los aspectos que integran la producción agraria, poseen un marco operativo no rígido en la valoración de los criterios y pueden ser aplicados a cualquier condición de producción física - productiva. Por último, se concluye que, mediante la evaluación cuantitativa de la capacidad productiva y de la degradación de los recursos naturales, es posible seleccionar alternativas productivas ecológicamente eficientes, sostenibles y tecnológicamente viables para estabilizar el deterioro ambiental e incrementar la producción física en las actuales condiciones socioeconómicas del sector productivo regional.

6. Bibliografía

- ADESUR (1996) *Plan Director*. Asociación Institucional para el Desarrollo del Sur de Córdoba. ADESUR. Secretaría Técnica. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.
- Arkley, R. (1963) Relationships between plant growth and transpiration. *Higaldia*, 34, 559-584
- Barba Romero, S. y Pomerol, J. (1997) *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. Colección de Economía. Univ.de Alcalá de Henares. España.
- Barredo Cano, J. (1996) *Evaluación Multicriterio y SIG*. Ed. RA-MA. Madrid.
- Bierhuizen, J. and R. Slatyer. (1965) Effect of atmospheric concentration of water vapour and CO₂ in determining transpiration - photosynthesis relationships of cotton leaves. *Agric. Meteorolog.* 2, 259 - 270.
- Bricchi, E., Cantero, A. y E. Bonadeo. (1992) Caracterización física de los principales subgrupos de suelos y su relación con cultivos y sistemas de labranzas en el sur oeste de Córdoba. *Actas III Jornadas Científico Técnicas FAV - UNRC*. Argentina.
- Campbell, G. (1995) *Introducción a la biofísica ambiental*. Traducción de Rabie Uauy, E., Valenzuela Aviles, A. y J.M. Villar Mir. De. EUB. Barcelona.
- Cantero, A., Cantú, M., Bricchi, E., Hampp, E., Becerra, V., Bonadeo, E., Moreno, I. y I Bernardo. (1981) *Principales Asociaciones de Suelos en la Cuenca del Sistema Arroyo Santa Catalina - del Gato - Laguna del Tigre Muerto*. Inédito: Manejo de suelos en una cuenca representativa del área de influencia de la UNRC. Argentina.
- Cantero, A., Bricchi, E., Becerra, V., Cisneros, J. y H. Gil. (1986) *Zonificación y Descripción de las Tierras del Departamento Río Cuarto (Córdoba)*. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.
- Cantero, A. y M. Cantú. (1985) Manejo Integrado de los Recursos Naturales para la Optimización de su Productividad en el Centro Sur de Córdoba (Argentina). *Revista UNRC* 4:2-179-213
- Cantero, J; Cisneros, J; Gonzalez, J; Nuñez, C; Pretyna, L. y C. Cholaky (1996) Ordenamiento y manejo integrado de los recursos naturales suelos, aguas y vegetación en la Sierra de Comechingones, Córdoba. *Informe del estado de avance programa de investigación de la SECYT. UNRC*. Argentina.
- Cantero, A., J., Gil, H., Cisneros, J. y Bricchi, E. (1999) *La agricultura en el siglo XXI. El desafío de la sustentabilidad*. Inédito. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Cantú, M. (1995) *Estudio geoambiental de la cuenca del arroyo La Colacha. Depto. Río Cuarto. Córdoba*. Tesis Doctoral. UNRC. Argentina.
- Degioanni, A. (1998) *Organización territorial de la producción agraria en la región de Río Cuarto (Argentina)*. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares. España.
- De Witz, C. (1958) *Transpiration and Crop Yield*. Versl. Landbouk Onderz. Wageningen.
- De Witz, C. (1965) Photosynthesis of leaf canopies. *Agricultural Research Reports*. 44 - 49.
- Doorenbos, J. y H. Kassam. (1986) Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. *FAO - Serie Riego y Drenaje N° 33*. Roma.

- Dumanski, J. and R.B. Stewart. (1983) *Crop production potentials for land evaluation in Canada*. Land Resource Research Institute. Ottawa.
- Dumansky, J., Eswaran, H. and M. Latham. (1991) A proposal for an international framework for evaluating sustainable land management in IBSRAM. Proceeding of an International Workshop on Evaluation of Sustainable Land Management in the Developing World. Chiang Rai, Thailand, *International Board fo Soil Research and Management. Bangkok Vol II pp 25-49*
- Eastman, J. (1995) *IDRISI for Windows*. Ver. 1.0. Clark University. Worcester, Mass.
- FAO (1976) A framework for land evaluation. *Soils Bulletin N° 29*, Rome.
- FAO (1978) Report of de Agro-ecological Zones Project: Results for Southwest Asia. World Soil Resources. *Volume 2 Report 48/2*.
- FAO (1981) Report of de Agro-ecological Zones Project: Metodology and Results for South and Central America. World Soil Resources. *Volume 3 Report 48/3*.
- FAO (1980) *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Roma.
- FAO (1995) *Nuevas Orientaciones para el Sector Agrícola, Forestal y Pesquero*. Estrategias para la Agricultura y el Desarrollo Rural Sostenibles. Roma.
- Feddes, R. (1971) *Water, heat and crop growth*. Thesis, Agric. Univ. Wageningen.
- Freyre, V., Salminis, J., Issaly, L. y M. Villaberde. (1994) *Caracterización de Establecimientos Agropecuarios de las Colonias: La Aguada, La Piedra, Rodeo Viejo y Costa del Tambo*. Departamento Economía Agraria. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Argentina.
- González, J., Cisneros, J. y J. Cantero (1997) Evaluación de tierras para fines múltiples en la cuenca arroyo La Tapa. Depto. de Río Cuarto. Argentina. *Actas IV Jornadas Científico Técnicas FAV - UNRC. pp 123-125*. Argentina.
- Hanks, R., Gardner, H. and R. Florian. (1969) Plant growth evapotranspiration relations for several crops in the Central Great Plains. *Agron. Journal 61,31-34*.
- Hudson, N. (1981) *Soil Conservation*. London.
- IGM - Instituto Geográfico Militar. (1968) *Cartas Topográficas*. Hojas 3366-24-2 Cuatro Vientos y 3366-24-1 La Barranquita. Argentina.
- INTA - MAGyRR. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables de la Provincia de Córdoba. (1994) Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3366 - 18 Alpa Corral. Plan Mapa de Suelos, Córdoba.
- Mendía, J., Irrisarri, J. y J. Ferrer. (1993) *Evaluación de la capacidad de pastoreo de las tierras en la Pcia. de Neuquén*. Inédito. Universidad Nacional del Comahue. Argentina.
- Mingkui, C.; Shijun, M. and H. Chunru (1995) Potential Productivity and Human Carrying Capacity of an Agro-Ecosystem: An Analysis of Food Production Potential of China. *Agricultural System 47, 387-414*.
- Nakama, V. (1997) Mesa redonda sobre evaluación de tierras. *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Boletín Informativo Nro 72*.
- Plevich, O., Gil, H. y O. Barotto. (1997) *Evaluación preliminar de la producción forestal del sector SO de las sierras Comechingones*. Córdoba. Argentina. Informe Técnico. Depto. de Producción Vegetal. FAV - UNRC. Río Cuarto.

- Prado, D., Infante, P., Arriagada, M. y S. Aguirre. (1988) Funciones de biomasa para siete especies arbustivas en la IV Región. *Documento N° 14. Corporación Nacional Forestal - Naciones Unidas - FAO. Chile.*
- Rijtema, P. (1973) The effect of light and water potential on dry matter production of yield crops. In: Plant Response to Climate Factors. *Ecology and Conservation, 5, 513-518.* UNESCO. París.
- Saaty, T. (1997) A scaling method for priorities in hierarquical structures. *Journal of Mathematical Psychology. N° 5 pp 234-281.*
- Schertz, D. (1983) The basis for soil loss tolerance. *Journal of Soil and Water Conservation. 38: 10-14.*
- Seiler, R., Fabricius, R., Rotondo, V. y M. Vinocur. (1995) *Agroclimatología de Río Cuarto. 1974/1993* FAV - UNRC. Argentina.
- Smyth, A. and J. Dumansky. (1994) Progress toward an International Framework for Evaluating Sustainable land Management (FELSM). *Proceedings 15th World Congress of Soil Science. Acapulco, Mexico. pp 373-378.*
- Tanner, C. and T. Sinclair. (1983) Efficient water use in crop production: Research or Reasearch?. In: *Limitations to Efficient Water Use in Crop Production, 1-27* H.M. Taylor Eds. Pub by ASA, CSSA and SSSA. Maison. WI.
- Voogd, H. (1983) *Multicriteria Evaluation of Urban and Regional Planning.* Pion. Londres.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith (1978) Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. *USDA Agriculture Handbook No. 537.* Washington D.C.

