

ORDENACIÓN AGRO-HIDROLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO AGUISEJO (SEGOVIA). POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE GIS (GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS).

Ricardo García Díaz.
Carlos Mantecas Alonso.

U. D. Hidráulica e Hidrología. Dpto. Ingeniería Forestal. E. T. S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.
rgardiaz@montes.upm.es
cmantecas@lycos.es

Mesa temática 4: Hidrología forestal y lucha contra la desertificación.

Resumen.

En esta comunicación se expone la ordenación agrohidrológica de la cuenca del Río Aguiasejo. La finalidad de este tipo de ordenación es disminuir la erosión y mantener la sostenibilidad, en aquellos casos en que aquella sea considerable, por medio de cambios de uso del suelo y/o mejoras en los mismos. En este ejemplo, se aplica un sistema de información geográfica (ARCGIS) cartografía y fotografías digitales, dichas herramientas son imprescindibles para los fines del estudio. La realización de la ordenación agrohidrológica se realiza a partir del estado físico y en concreto de la erosión de toda la cuenca, ésta se ha realizado por medio de la aplicación del modelo USLE complementado con visitas de campo, detectando las zonas con mayor nivel de erosión, sin vegetación. Los resultados obtenidos reflejan un estado aceptable de la cuenca, con un valor medio de pérdidas por erosión hídrica de 9,4 tn/ha·año, si bien existen zonas con mayor erosión, en las cuales se proponen actuaciones agroforestales o cambios de uso.

Key Word: Soil Erosion, Erosión hídrica, USLE, Sustainability.

Summary.

In this document is exposed the agro hydrological arrangement of the Aguiasejo river catchment area. The goal of this kind of arrangement is to reduce erosion and sure the sustainability; in those situations where this erosion is high, will be made land use changes and/or improvement of them. In this case, it has been applied a Geographical Information System (ArcGis) and digital aerial photos and cartography, these tools are essential to reach the goal of these arrangements. The agro hydrological arrangement has been made using the physical situation as the first source of information, with preciseness, studying the erosive levels in the whole area. These have been made applying the USLE method and with information from fieldwork, detecting high erosion areas, those with vegetation cover. The results obtained show an acceptable condition in the catchment area, the average of the losses soil by hydric erosion is 9,4 tn/ha-year, although there are areas with a higher erosion, where agro forestall actions or land use changes are proposed.

INTRODUCCIÓN.

Se puede definir la Ordenación agrohidrológica-forestal de una cuenca como la planificación de los usos del suelo de tal forma que se produzca una disminución de la erosión por debajo de unos niveles de pérdidas de suelo que sean compensados por la producción o generación de suelo por parte de la cubierta vegetal, es decir que el uso del suelo sea sostenible en cuanto al recurso suelo y vegetación. La ordenación agrohidrológica forestal supone una ampliación de la Restauración Hidrológica Forestal puesto que además de considerar las superficies de vocación silvo-pastorales, trata las superficies destinadas a usos agrícolas, detectando las zonas con problemas de erosión y proponiendo medidas correctoras, cubriendo por tanto toda la superficie de la cuenca.

MÉTODO.

El estudio de la erosión potencial se empezó a sistematizar con la aparición del método USLE (Universal Soil Loss Equation) dado a conocer por W. H. Wischmeier y D. D. Smith (1965), el método evalúa la erosión potencial de la cuenca, estudia de forma independiente los factores que intervienen en el proceso, en concreto, la intensidad de la lluvia (factor R), el suelo (factor K), la vegetación (factor C) y la topografía (factor LS).

La aplicación del método USLE requiere “territorializar” cada uno de los cuatro factores que forman la ecuación ($A = R K LS C$), si bien existe un quinto factor correspondiente a las prácticas de conservación de suelos “P”, no se ha tenido en cuenta, puesto que no se practican en la cuenca de estudio, por lo tanto se debe crear un mapa para cada factor. Superponiendo los mapas factoriales se obtiene un quinto mapa producto de los anteriores en el cual se refleja el valor de la erosión potencial de cualquier punto de la cuenca y consecuentemente se delimitan las zonas con erosión mayor de la permitida. La realización de estas operaciones se ha llevado a cabo por medio del software ARCGIS, detectadas las superficies donde se produce una erosión por encima de la tolerable (entendiendo por tal aquella que es mayor a 10 tn/ha·año) se proyectarán actuaciones para reducirla a niveles inferiores a la admisible.

La aplicación de la USLE se realiza para determinar las zonas que potencialmente presentan erosión, si bien no confirma la situación real de las vertientes, para determinar la erosión real se realiza una supervisión con ortofotos aéreas con el programa ARCGIS. Así se confirma la existencia de zonas donde se producen erosión, las zonas detectadas son siempre superficies que previamente se significaron por presentar un nivel de erosión superior al admisible. La comprobación definitiva se lleva a cabo con una visita al campo, en la que se comprueba el estado erosivo y se recogen los datos necesarios para proyectar las actuaciones correctoras. El resultado de la elaboración de la aplicación del método USLE se muestra en la tabla 1.

Se aprecia que esta cuenca no presenta problemas significativos de erosión.

Las medidas correctoras para disminuir la erosión por debajo del nivel admisible (que es de 10 tn/ha·año) están en función de la pendiente y el tipo de cubierta vegetal y/o el uso del suelo al que se dedica, de tal forma que se limitan, de forma aproximada, unos niveles de pendientes máximas. Estos niveles de pendientes están basados en la investigación realizada por GARCÍA NÁJERA (1954), estas categorías son:

Los terrenos con pendientes menores al 12 % se pueden cultivar sin limitación alguna. Los comprendidos entre el 12 % y el 18 % solo se pueden cultivar con prácticas de conservación de suelos. Los terrenos por encima de esta pendiente deben de considerarse forestales, pudiéndose dedicar a pastizales aquellos con pendientes inferiores al 30 % y a bosques aquellas zonas por encima de esta pendiente. La obtención del mapa de pérdidas de suelo se ha llevado a cabo aplicando el método USLE y, por lo tanto, los resultados obtenidos están en función de la matriz de los valores de los factores de los que depende, incluida la pendiente del terreno. Por este motivo se han obtenido superficies con erosiones por encima de las tolerables en zonas agrícolas con pendientes menores del 12 % (aunque en muy pequeña cantidad) y en pastizales con pendientes menores al 30 %.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, MINTEGUI A. J. A. y LOPEZ U. F. (1990) desarrollaron las tablas con los correspondientes criterios para la ordenación agrohidrológica de la cuenca alimentadora, en las cuales se han basado las actuaciones proyectadas.

Todo este proceso se ha esquematizado en la figura 1.

DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO AGUISEJO.

El río Aguiasejo nace en la Sierra de Ayllón en las cercanías de Grado del Pico y desemboca en

el río Riaza en el municipio de Languilla. La cuenca hidrográfica está incluida en los tt. mm de Ayllón y Riaza. La zona de estudio comprende una superficie de 18.455 ha.

La geología de la cuenca corresponde básicamente a estratos del terciario y del cuaternario en las zonas bajas, mientras que en las zonas de cotas mayores abundan sustratos del paleozoico. Los materiales del cuaternario son muy erosionables. Con los resultados de análisis de suelos realizados se obtuvieron unos valores del factor K que variaron entre 0,09 hasta 0,63.

La vegetación actual varía en función de la altitud, del tipo de suelo y del uso dado por el hombre. Existen pinares jóvenes de *Pinus silvestris* procedentes de repoblación artificial ubicados entre las altitudes de 1.120 m hasta 1.630 m, sumando en total 1.190 ha, a este sustrato de vegetación se le ha asignado un valor del factor C de 0,01. El rebollo (*Quercus pyrenaica*) se extiende por una superficie de 1.646 ha, entre las altitudes de 1.080 m hasta 1.720 m, también en este caso se le ha aplicado el mismo valor del factor C, 0,01. Los pastizales ocupan una superficie de 323 ha, en este caso el valor de C es de 0,15. Los matorrales, principalmente de jaras, se sitúan entre 1.100 m y 1.770 m, ocupando una superficie de 5.830 ha, con un factor C de 0,08. A los encinares (*Quercus ilex ssp ballota*) 835 ha, situados entre 1.030 m y 1.240 m, se les han asignado la cantidad de 0,03 para el factor C. Adicionalmente se encuentran otras especies de árboles (*Pinus nigra*, fresnos, sauces, *Populus*) sobre una superficie total de 603 ha, con un valor de 0,03. Los cultivos agrícolas comprenden zonas entre las altitudes más bajas hasta 1.320 m sumando una superficie total de 7.089 ha, con un valor del factor C de 0,20. El resto de la superficie se distribuye en roquedos (480 ha) y zonas descubiertas de vegetación (452 ha), con un valor de C de 0.

El factor R toma el valor de 70,26 para toda la cuenca.

Los valores del factor LS depende de la pendiente, el método aplicado, ha sido el desarrollado por MINTEGUI et al (1993), el cual asigna unos valores comprendidos entre el mínimo de 0,25 para pendientes comprendidas entre 0 y 3 %, hasta el máximo de 20,5 para aquellas pendientes mayores al 60 %.

RESULTADOS.

Los resultados de la aplicación del método USLE se reflejan en la figura 2 y en la tabla 1, de los datos que se reflejan en esta tabla se puede concluir que la mayor parte de la superficie 15.377 ha, de un total para toda la cuenca de 18.419, es decir un 83,48 % del total, presenta un nivel de erosión por debajo del admisible por lo tanto en esta superficie se consigue la sostenibilidad del medio. El resto de la superficie, 3.042 ha, presenta una erosión por encima de lo admisible, si bien prácticamente toda esta superficie está dentro del nivel comprendido entre 10 y 50 tn/ha·año lo que se considera, según la clasificación de la FAO-Pnuma-Unesco (1981) de erosión moderada.

En la tabla 2 se exponen las actuaciones propuestas según el tipo del uso del suelo y el valor de la pendiente siguiendo el criterio expuesto anteriormente. Esta tabla se define como matriz de ordenación agrohidrológica. En principio se dan dos posibilidades:

Si la erosión es menor a la tolerable entonces se mantiene el uso actual del suelo.

Si la erosión es mayor a la admisible, ($A > A_c$), es necesario ejecutar actuaciones.

Para poder realizar la ordenación agrohidrológica y saber que actuación se debe de proyectar es necesario saber el tipo de uso de suelo y cual es el valor de la pendiente en esa zona en concreto. Para ello se procede a superponer el mapa de pendientes y el mapa de usos del suelo con el mapa de pérdidas de suelo. El resultado cuantitativo de esta superposición se muestra en la tabla 2, de la cual se puede resaltar los siguientes aspectos:

Terreno forestal:

- Los pastizales solo presentan una cantidad pequeña de superficie con erosión superior a la admisible; cuando la pendiente es menor al 30 % se mantiene su uso, si bien llevando a cabo

una ordenación del pastoreo. En la parte de pastizales que presenta una pendiente superior al 30 % se procede al cambio de uso realizando en la misma repoblaciones forestales.

- La superficie cubierta de matorral con erosión por encima de la tolerable se destinará en su totalidad a superficie arbolada por medio de repoblaciones artificiales.
- En el caso de la superficie cubierta de arbolado que tenga una erosión por encima de la tolerable, se debe de mejorar las condiciones de protección de este arbolado, es decir que se mantiene el uso del suelo, es decir, arbolado pero practicando tratamientos selvícolas encaminados a mejorar el dosel protector de los árboles, en el presente caso se ha decidido acotar el pastoreo y realizar cortas de regeneración.

Terreno agrícola (todos los cultivos son de secano):

- Erosión menor a 10 tn/ha-año, es decir inferior a la admisible ($A < A_t$), no es preciso realizar ninguna actuación.
- Erosión mayor a 10 tn/ha-año, ($A > A_t$).
 - o Pendiente inferior a 12 %. se procede a realizar cultivos en fajas y laboreo por curvas de nivel.
 - o Pendientes comprendidas entre el 12 y el 18 % se practicarán cultivos en terrazas y/o bancales.
 - o Pendientes comprendidas entre el 18 y el 30 % se cambiará el uso a pastizales.
 - o Pendientes mayores al 30 %, se cambiará el uso a bosques.

CONCLUSIONES.

- El método llevado a cabo en el presente estudio, consistente en la aplicación de la USLE por medio de GIS (Geographical Information Systems) contrastándolo con fotografías aéreas digitalizadas y complementada con las visitas a campo, supone un método óptimo para el estudio de la erosión en una cuenca hidrográfica.
- De la aplicación de este método a la cuenca del río Aguijoso se desprende que la cuenca se encuentra en un estado aceptable frente a la erosión, produciéndose una erosión moderada (entre 10 y 50 tn/ha-año) en un 16,52 % de la superficie total.
- El criterio para estipular las medidas correctoras en la ordenación agrohidrológica, basado en las pendientes máximas admisibles para distintos usos del suelo, es un criterio válido para garantizar la sostenibilidad del suelo y la vegetación.
- En la elección de las actuaciones correctoras se han tenido en cuenta las características ecológicas y económicas.

Agradecimientos.

Los autores de la presente comunicación agradecen a los Ingenieros de Montes Antonio Castrillo, Marta Jerez y Patricia Riquelme así como a los Agentes Forestales de la comarca de Riaza y Ayllón de la Delegación Territorial de Segovia de la Dirección General del Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León por su colaboración desinteresada sin la cual no hubiera sido posible realizar el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA.

GARCÍA NÁJERA J. M: 1954 "Pendientes máximas admisible en las tierras de cultivo y cálculo de las terrazas intermitentes con desagüe para la conservación del suelo (banquetas de infiltración) " ed. I.F.I.E. Madrid. 29 p.

GARCÍA NÁJERA J. M. 1955 "El bosque, el agua y la conservación del suelo, pendiente máxima admisible en los pastizales". ed. I.F.I.E., Madrid.7 p.

MANTECAS ALONSO C. 2004 “Proyecto de Restauración de las zonas afectadas de erosión dentro de la cuenca del río Aguijejo, provincia de Segovia”. (Sin editar). Madrid.

MINTEGUI AGUIRRE J. A.; LOPEZ UNZU F. 1990 “La ordenación agrohidrológica en la planificación” ed. Servicio Central de Publicaciones del gobierno Vasco. Vitoria. 292-295.

MINTEGUI AGUIRRE J. A.; GARCÍA RODRIGUEZ J. L.; GARCÍA ROBREDO J.C.; SIMON NAVARRETE E.1993 “La restauración Hidrológica-Forestal en las cuencas hidrográficas de la vertiente mediterránea”. Ed. 22/93 Informaciones Técnicas Junta de Andalucía. Granada. 105-106.

WISCHMEIER, W. H. y SMITH D. D.1978. “Predicting rainfall erosion losses- A guide to conservation planning”. U.S.D.A. *Agriculture Handbook* n.º 537-Washington D.C. 58 p.

ESQUEMA DEL PROCESO DEL ESTUDIO

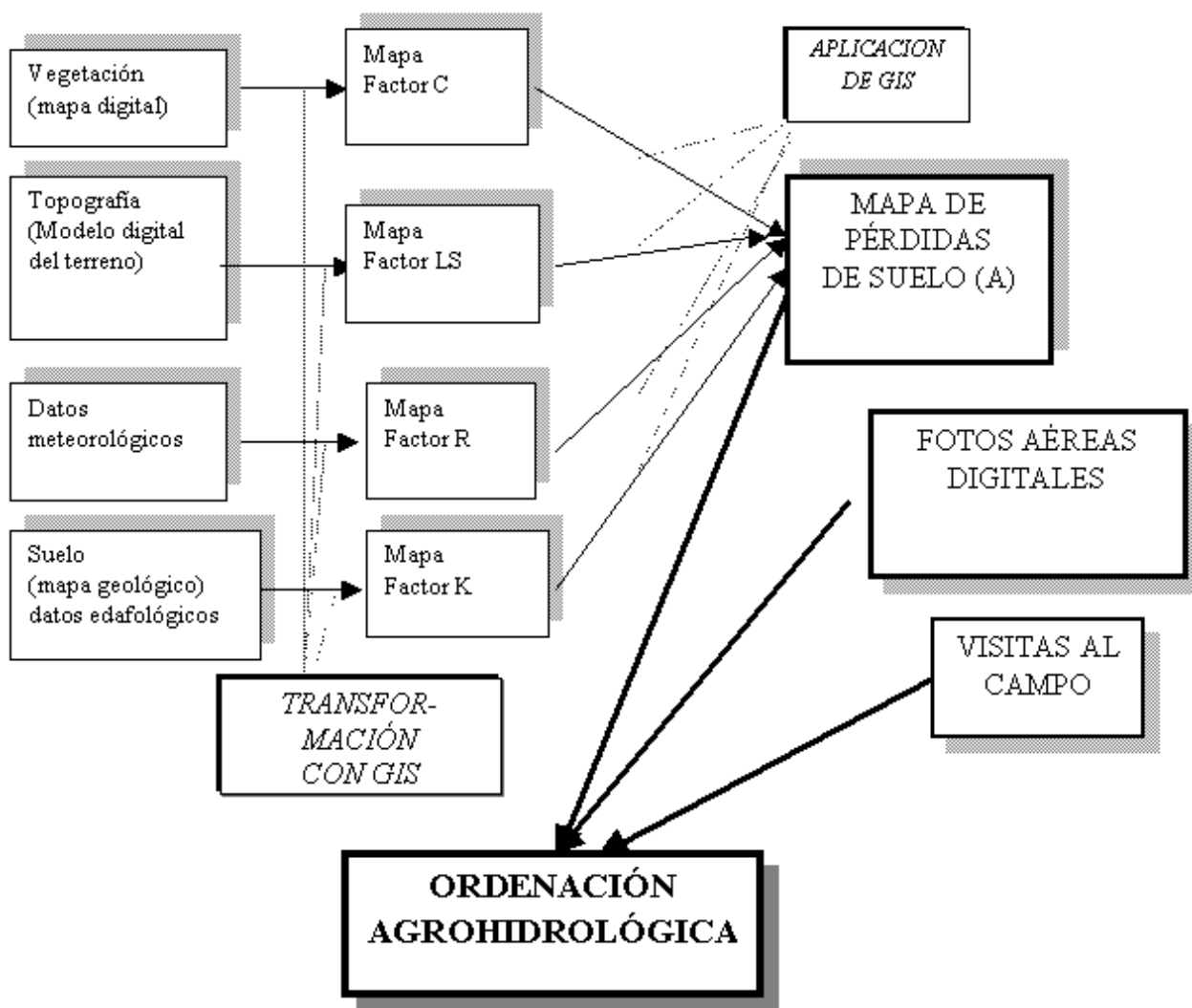


Figura 1

Pérdidas de suelo (t/ha-año)	Superficie (ha)	Superficie (%)
<10	15.377	83,48
10-50	2.965	16,10
50-100	52	0,28

100-200	22	0,12
>200	3	0,02

Tabla 1

Vocación del suelo	Estado	Vegetación	Pendiente (%)	Sup (has)	Sup (%)	Actuación propuesta
Terreno forestal	$A_i > A_t$	Pastizales	0 – 30	75	0,41	Mantener y ordenación del pastoreo
			> 30	32	0,17	Repoblación forestal protectora
		Matorral	Cualquiera	1.525	8,31	Repoblación forestal protectora
		Arbolado Fcc: 20-50	Cualquiera	11	0,06	Acotado al pastoreo. Tratamientos de mejora. Cortas de regeneración
	$A_i < A_t$ $A_i > A_t$	Arbolado Fcc>50 Cultivos de secano	Cualquiera	8	0,04	Acotado al pastoreo. Tratamientos de mejora. Cortas de regeneración
			Cualquiera	6.106	33,26	No actuación
		Cultivos de secano	0 – 12	58	0,32	Cultivo por fajas y laboreo por curvas de nivel
		Arbolado Fcc: 20-50	12 - 18	673	3,67	Cultivo en terrazas y/o bancales
		Arbolado Fcc>50	18 - 30	238	1,30	Conversión a pastizal con ordenación del pastoreo
Terreno agrícola			> 30	3	0,02	Repoblación forestal protectora
	Roquedos Descubiertos de vegetación			442	2,41	No actuación
					452	2,46

Tabla 2

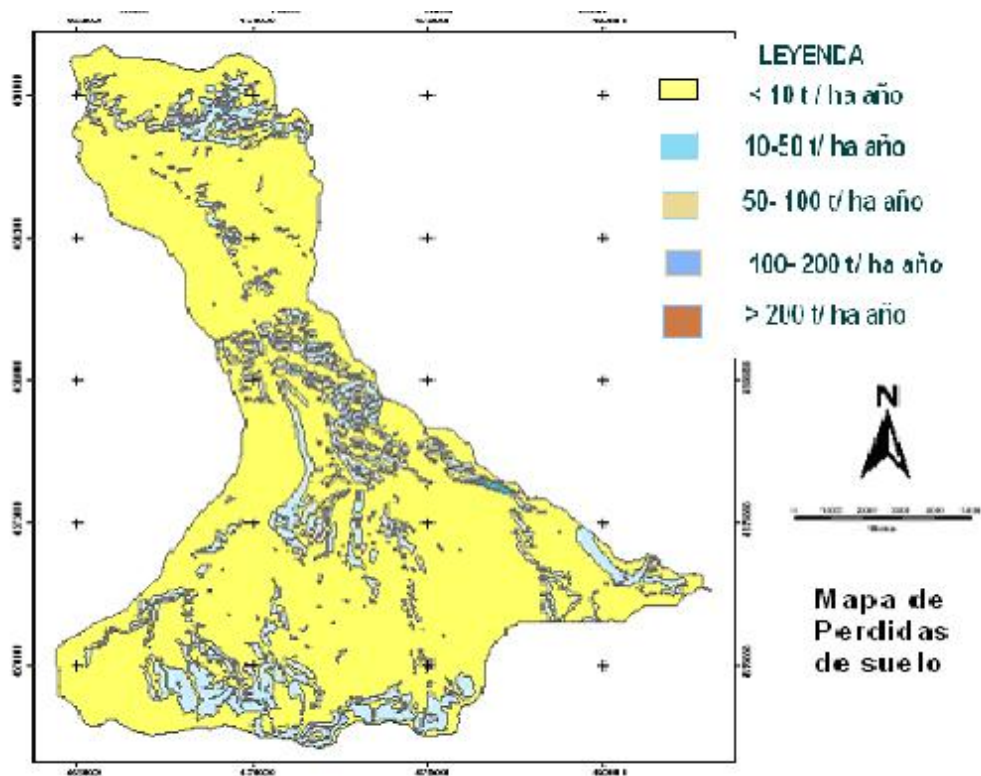


Figura 3

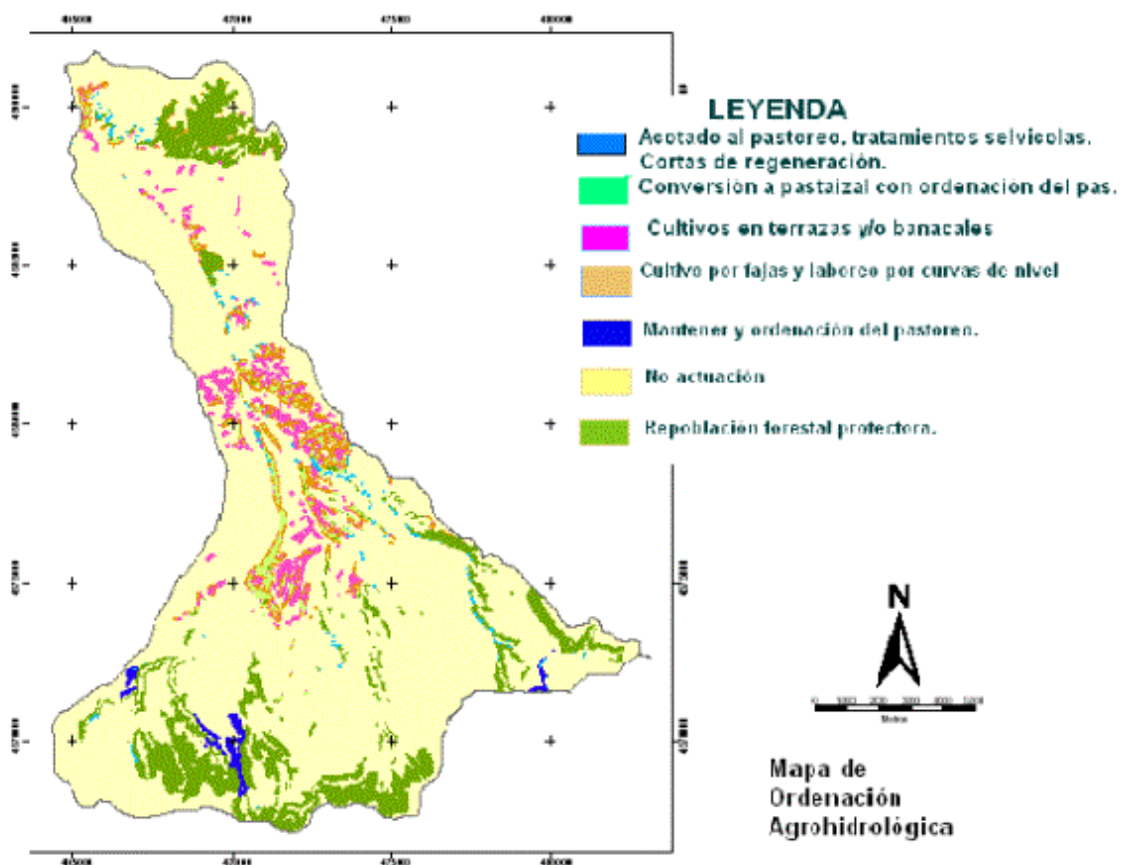


Figura 4