

PROPUESTA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN DEL TERRITORIO PARA SU USO PASCÍCOLA. PARQUE NATURAL DE AIAKO HARRIA

O. ARTIEDA¹, I. AMEZAGA², I. ALBIZU³, A. CANTERO⁴,
D. SÁENZ⁴, J. ADURIZ⁵ y G. BESGA³

¹Universidad de Extremadura. Departamento de Biología y Producción Vegetal. Centro Univeristario de Plasencia (Explotaciones Forestales). Avenida Virgen del Puerto, 2. E-10600 Plasencia (Cáceres, España). e-mail: oartieda@unex.es

²Universidad del País Vasco. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Apartado 644. E-48080-Bilbao (Bizkaia, España).

³NEIKER, A.B. Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Berreaga. 1. E-48160-Derio (Bizkaia, España).

⁴IKT, S.A. Granja Modelo, s/n. E-01192-Arkaute (Araba, España).

⁵Departamento de Agricultura y Medioambiente. Diputación Foral de Gipuzkoa. San Sebastián (Gipuzkoa, España).

RESUMEN

El Parque Natural de Aiako Harria se encuentra situado en el extremo nororiental del País Vasco, y el uso es mayoritariamente forestal. La transformación de áreas de argomal-helechal y helechal en pastos garantizaría las necesidades alimenticias del ganado de la zona, aumentando, además, la diversidad biológica y paisajística.

El presente trabajo describe la metodología utilizada para elegir las áreas a transformar en pasto, basada en la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG), y para ello fue necesario cartografiar los suelos y la vegetación de la zona.

Se valoraron los recursos pascícolas, apreciándose la escasez de éstos para cubrir las necesidades alimenticias del ganado existente, proponiéndose la ampliación de la superficie dedicada a pastos. La elección de estas nuevas superficies se estableció teniendo en cuenta, entre otros factores: el uso actual (argomal-helechal, helechal y plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, *Pinus nigra* J.F. Arnold y *Larix kaempferi* (Lam.) Carr.), la tasa de erosión potencial tras la implantación del pasto (inferior a 10 Tm/ha/año), y que las áreas a transformar perteneciesen a zonas en las que el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) permitiese el uso y potenciación ganaderos.

Palabras clave: Erosión, USLE, pastos, SIG.

INTRODUCCIÓN

En el Parque Natural (PN) de Aiako Harria el aprovechamiento forestal es mayoritario, mientras que, el uso pastoral posee una realidad socioeconómica menor, como lo demuestra la escasa superficie de pasto existente (65 ha). Sin embargo, su presencia cobra, por esta razón, una mayor importancia desde el punto de vista ecológico, ya que contribuye a la diversidad estructural, y ello se traduce en diversidad biológica y paisajística, aspectos fundamentales en un área protegida.

El objetivo general del trabajo es desarrollar un sistema de soporte de decisiones en la gestión de los recursos pascícolas de manera que permita la integración del aprovechamiento pastoral en el contexto de los objetivos generales del PN de Aiako Harria.

En el presente trabajo se propone un método para evaluar la aptitud del territorio para su uso pascícola. El método parte de una serie de premisas que deben ser consideradas. En primer lugar, se considera la necesidad de incrementar las zonas de pastoreo de modo que se cubran las necesidades alimenticias del ganado existente. Como condición debe cumplirse que las tasas de erosión no aumenten tras la transformación. En segundo lugar, no se ha tenido en cuenta el factor costo/beneficio económico, ni ambiental en sentido amplio. En tercer lugar, se ha aceptado que, aunque los valores absolutos obtenidos mediante la aplicación de la USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo) no se han comprobado con medidas en campo, los valores relativos de erosión potencial pueden ser válidos.

Las prioridades a la hora de elegir las zonas a transformar han sido:

- Zonas de argomal-helechal y helechal, como zonas intermedias en la sucesión natural que pueden revertir a pasto.
- Zonas correspondientes a plantaciones forestales de *Pinus radiata* D. Don, *Pinus nigra* J.F. Arnold y *Larix kaempferi* (Lam.) Carr., con un ciclo corto de gestión.
- Zonas que, tras la implantación de pasto abierto, tengan una tasa de erosión inferior a 10 Tm/ha/año.
- Zonas que pertenezcan a las denominadas Zonas de Conservación Activa, de Potenciación Ganadera y Forestal, y de Protección de Cumbres, en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), y que en conjunto ocupan una superficie de 3 688 ha.

MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio

La zona estudiada es el Parque Natural de Aiako Harria situado en el extremo nororiental del País Vasco (Figura 1), limitando con Navarra y Francia, abarcando territorio mayoritariamente de los municipios de Irún, Oiartzun y Rentería, y parte de San Sebastián y Hernani. Por lo tanto, se trata de un territorio comprendido entre el litoral, los montes vascos, y el comienzo occidental de los Pirineos, caracterizándose por ser el único enclave granítico de Euskadi. Tiene una extensión de 6 913 Hectáreas y el PORN lo subdivide en 5 zonas.

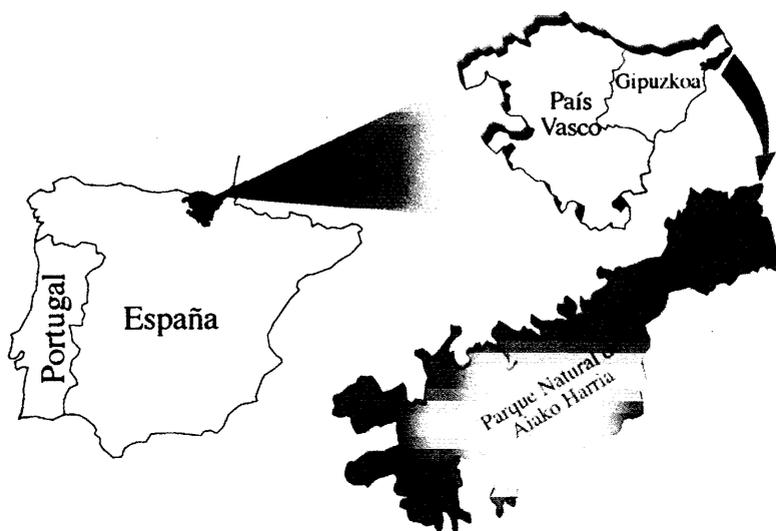


FIGURA 1

Localización de la zona de estudio.

Location of the study area.

Esta zona registra las mayores precipitaciones del País Vasco, siendo la media anual superior a los 2 000 mm en los valles, mientras que en las Peñas de Aia se alcanzan los 2 900 mm, registrándose el máximo pluviométrico en los meses de invierno. Sin embargo, tanto en invierno como en verano las temperaturas son suaves, debido a la influencia marina. La temperatura media anual ronda los 12°C, siendo 17°C la media de las máximas y 8°C la de las mínimas.

El paisaje del PN de Aiako Harria es eminentemente forestal (superficie superior al 80%). De esta masa forestal, un 26% corresponde a los bosques naturales de *Quercus robur* L. y *Fagus sylvatica* L., y un 33% a plantaciones de diferentes especies coníferas (*Pinus radiata* D. Don, *Pinus nigra* J.F. Arnold y *Larix kaempferi* Carr.) y frondosas (*Quercus rubra* L.).

Los suelos de la zona estudiada son mayoritariamente Umbrisoles Háplicos, Umbrisoles Lépticos, Umbrisoles Húmicos, Cambisoles Dístricos, Cambisoles Húmicos, Cambisoles Lépticos, Cambisoles Esqueléticos, Leptosoles Líticos y Regosoles Húmicos (NEIKER, 2002).

Cartografía de la vegetación

Con objeto de conocer la distribución espacial de áreas potencialmente transformables a pasto se cartografió la vegetación de la zona de estudio. Para ello, se utilizaron los mapas de vegetación a escala 1:5 000 del PORN del PN de Aiako Harria, fotogramas aéreos (escala 1:15 000) y ortofotos (escala 1:10 000).

La primera sectorización se realizó teniendo en cuenta caracteres fisionómicos siguiendo el nomenclator de pastos de la SEEP (Ferrer *et al.*, 2001) (bosque denso, bosque ralo, matorral denso, matorral ralo, pasto y pasto degradado), encontrándose en el parque solamente los tres primeros. Además se definió una nueva unidad (*otros*) en la que se incluyen plantaciones jóvenes y matarrasas. Así mismo, el término *bosque denso* se sustituyó por *masa forestal*, de manera que se agrupan en un único término los bosques naturales y las plantaciones forestales. Paralelamente a esta primera sectorización del territorio se delimitaron las distintas unidades de vegetación sobre los fotogramas aéreos.

Una vez realizada la sectorización y delimitación de unidades se procedió a su comprobación en campo, corroborándose la correcta sectorización, la presencia, límites y extensión de las unidades de vegetación, así como la densidad del estrato arbóreo y arbustivo, en el caso de la masa forestal y matorral. En esta segunda fase se definieron 112 unidades de vegetación, agrupadas en 6 categorías: masa forestal (98), matorral denso (4), pasto (1), helechal (*Pteridium aquilinum*(L.) Kuhn, con una cobertura >60%) (1), otros (7) y arboretum (1).

A partir de esta sectorización del territorio, en base al tipo de vegetación, se seleccionaron aquellas unidades más representativas dentro del Parque, para su posterior muestreo. Las unidades de vegetación seleccionadas fueron:

Masas forestales: *Quercus robur*, *Quercus rubra*, *Fagus sylvatica*, *Pinus radiata*, *Pinus nigra* y *Larix kaempferi*.

Matorral denso: No se diferenciaron tipos diferentes ya que en casi todos ellos los arbustos dominantes eran *Ulex* spp. y *Erica* spp.

Pasto: Se muestrearon todas las zonas de pasto por ser objeto de estudio prioritario en este trabajo.

Helechal: Se muestrearon todas las zonas por ser objeto de estudio prioritario en este trabajo.

Caracterización de las unidades de vegetación

Tras esta primera sectorización del territorio en unidades de vegetación homogéneas se procedió a la subdivisión en unidades más específicas, en función de la homogeneidad/heterogeneidad de la zona, según las observaciones realizadas en campo.

Los muestreos para la caracterización de las unidades se basaron en la composición florística, especies dominantes y su cobertura (expresada en porcentaje), en cada uno de los tres estratos a estudiar: arbóreo, arbustivo y herbáceo, así como la presencia de suelo desprovisto de vegetación.

En el caso de las unidades de *masas forestales* se realizaron controles de los tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. En las unidades de *matorral denso* se desarrollaron los procedimientos referidos al estrato arbustivo y herbáceo; y para el *pasto* se determinó la estructura del estrato herbáceo.

Para la caracterización de las unidades definidas se siguió el siguiente esquema:

Organización estructural. Informa del porcentaje de cobertura de cada uno de los estratos, además del suelo desnudo. Sin embargo, al detectar otras variantes durante el muestreo, esta información se completó con datos de porcentaje de suelo cubierto por piedras, porcentaje de suelo cubierto por briófitos, número de plántulas de regeneración de especies arbóreas y estrato no dominante de especies arbóreas, si procedía.

Clasificación según su espectro biológico. Basada en las formas biológicas definidas en la Clave Ilustrada de la Flora del País Vasco y territorios limítrofes (Aizpurua *et al.*, 1999) que a su vez está adaptada, con leves modificaciones, de la clasificación de Raunkier (1934).

Agrupación en grupos de especies. En el caso del estrato herbáceo, se han agrupado de acuerdo a los grupos más importantes desde el punto de vista del aprovechamiento del ganado: porcentaje de gramíneas, leguminosas, compuestas y otras.

Aprovechamientos actuales. En las salidas de campo se anotaron los diferentes aprovechamientos de cada una de las unidades de vegetación delimitadas: maderero, pascícola etc.

Estado de conservación. Dentro de cada zona muestreada se valoró el estado de conservación teniendo en cuenta el porcentaje de suelo desnudo en las unidades de masas forestales, de matorral denso y de pastos. En las unidades forestales, además, se tuvo en cuenta la estructura del sotobosque y la presencia de plántulas de regeneración de las especies autóctonas para la valoración del estado de conservación de las mismas.

Valoración de los recursos pascícolas existentes

Los recursos pascícolas se han valorado a partir del mapa de vegetación, y de la composición botánica obtenida de la caracterización de las unidades vegetales. Además, se han utilizado los datos de producción de pasto en zonas similares, obtenidos a partir de jaulas de exclusión.

Para el caso de las unidades de vegetación argomal-helechal, helechal y pasto se utilizan los datos recogidos por la Diputación Foral de Gipúzkoa en zonas de pastos naturales y condiciones ambientales parecidas a las de Aiako Harria (Tabla 1). El periodo del que se dispone de datos comprende desde mayo hasta octubre, coincidiendo con la estancia del ganado en el monte. Son datos de los años 1998 al 2001, dependiendo de las zonas, como queda recogido en la Tabla 1.

TABLA 1

Datos de la distribución mensual de la biomasa aérea (kg MS/ha) de pastos en condiciones ambientales parecidas a las del Parque Natural de Aiako Harria, y tomadas como referencia. Años 1998 al 2002 (Fuente: Diputación Foral de Gipúzkoa).

Monthly distribution (1998-2002) of aerial biomass (kg DM/ha) of pastures grown in similar conditions to the Aiako Harria Natural Park, taken as reference pastures (Source: Gipuzkoa County Council).

| Año | Distribución mensual | | | | | | | |
|--------------|----------------------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
| 00-01 | - | - | 1003 | 1685 | 2498 | 1293 | 859 | - |
| 98-99 | - | - | 1368 | 1306 | 1213 | 737 | 746 | 294 |
| 01 | - | - | 726 | 797 | - | - | 1353 | - |
| 01 | - | - | 997 | 975 | 2110 | 1406 | 1630 | - |
| 01 | - | - | 867 | 920 | 1369 | 2107 | 1023 | - |
| 98 | - | - | - | 1608 | 884 | 669 | 1380 | 578 |
| Media | 566* | 681* | 905 | 1285 | 1548 | 1178 | 1105 | 436 |

* dato estimado, explicación en el texto

Cómo se puede observar en la Tabla 1, las producciones de los meses de marzo y abril se han estimado debido a la falta de datos. Así mismo, para estimar la producción en los meses de invierno se ha utilizado la media del mes de octubre; de este modo la producción de febrero sería 436 kg MS/ha. Como la producción empieza de febrero a marzo, debido a la climatología estacional, se ha estimado un incremento de la producción de entre un 25-30% entre febrero-marzo, marzo-abril y abril-mayo.

Para el pasto bajo arbolado se han utilizado datos recogidos en plantaciones de *Pinus radiata* y bosques de *Fagus sylvatica* (Tabla 2) ubicados en el Parque Natural de Urkiola (Neiker, 2000), zona más próxima de la que se tiene información. Los datos corresponden al periodo de mayo a septiembre del año 1999.

TABLA 2

Datos de la distribución mensual correspondiente al año 1999 de la biomasa aérea (kg MS/ha) de pasto bajo arbolado (*Pinus radiata* y *Fagus sylvatica*) en el Parque Natural de Urkiola, y tomados como referencia (Fuente: Neiker, 2000).

*Data on monthly distribution (1999) of aerial biomass (kg DM/ha) corresponding to the reference pastures located within forests (*Pinus radiata* and *Fagus sylvatica*)*

(Source: Neiker, 2000).

| Masa forestal | Distribución mensual | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|
| | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
| <i>Pinus radiata</i> | 476* | 572* | 688 | 1374 | 693 | 581 | 397 | 159* |
| <i>Fagus sylvatica</i> | 271* | 353* | 436 | 780 | 788 | 344 | 209 | 84* |

* dato estimado, explicación en el texto

Los datos de producción para las coníferas (*Larix kaempferi*, *Pinus radita* y *Pinus sylvestris*) se han estimado a partir de los datos de producción de dos pinares maduros situados entre 200 y 350 m de altitud. Por otro lado, los datos de producción de biomasa aérea de los robledales y hayedos se han obtenido a partir de los datos de un hayedo maduro a más de 700 m de altitud.

En el caso de las masas forestales la estimación de la producción, de los meses de marzo y abril, se ha obtenido por el mismo método que el utilizado en las unidades de pasto y argomal-helechal. Sin embargo, para poder completar la serie de datos en el periodo de pastoreo (de mayo a octubre) se estimó el dato de octubre a partir del de septiembre aplicando un descenso del 40% en la producción. Este porcentaje es el valor medio del descenso entre septiembre y octubre en la unidad de pastos.

Salvo en las unidades de pasto y helechal, siempre se ha tenido en cuenta la superficie improductiva, introduciendo una corrección en la estima de producción de

pasto por superficie, ya que las jaulas se situaban en zonas con cubierta herbácea, rechazando zonas de suelo desnudo, piedras, y demás posibilidades que se engloban como improductivas en este estudio.

Desde el punto de vista de la dinámica temporal, se trabajó agrupando los datos por estaciones (primavera, verano, otoño e invierno), permitiendo así homogeneizar la información de partida. Así, el reparto por estaciones fue: primavera (abril, mayo y junio), verano (julio, agosto y septiembre), otoño (octubre) e invierno (marzo). Los meses sin dato (noviembre, diciembre, enero y febrero) se consideran no productivos. Esta distribución temporal de la producción es muy variable en función de la meteorología del año, sin embargo está justificada por falta de información más precisa.

Estimación de la erosión potencial

La metodología utilizada, para estimar la erosión potencial, se basó en el uso del modelo USLE -Ecuación Universal de Pérdida de Suelo- (Wischmeier y Smith, 1978) utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG) a partir de los datos obtenidos de estaciones meteorológicas, modelo digital del terreno y mapa de suelos.

La ecuación de este modelo es:

$$A = (0,224) \cdot R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

donde:

A = Pérdida de suelo (Tm/ha/año)

R = Erosividad de la lluvia ([J*cm]/[m².hora.año])

K = Erodibilidad del suelo ([Tm.m².hora]/[ha.J*cm])

L = Factor de longitud de la ladera

S = Factor de pendiente

C = Cultivo y manejo del suelo

P = Prácticas de conservación

Factor erosividad de la lluvia (R)

Según las estadísticas, la zona del PN Aiako Harria se distingue por ser la más lluviosa del País Vasco, además de ser la que tiene un mayor riesgo erosivo relacionado con la lluvia. Para el cálculo del factor R se utilizó el estudio realizado por la Diputación Foral de Gipuzkoa (1999) que proporcionó datos referentes a la distribución espacio-temporal de las precipitaciones tormentosas. En este estudio se recogen los datos de precipitación máxima diaria calculados para las dos estaciones situadas en el interior del Parque (Oiartzun-Arditurri y Añarbe) y las cuatro situadas en sus inmediaciones (Tabla 3).

TABLA 3
Valores de precipitación máxima diaria para distintos periodos de retorno
de las estaciones utilizadas en este estudio.

*Maximum values of daily rainfall (mm) for different return periods
in the meteorological stations.*

| Estación | Nº años | Prec. máx. diaria (mm) según distintos periodos de retorno (años) | | | | | |
|--------------------|---------|---|---------|---------|---------|----------|----------|
| | | P24, 5 | P24, 10 | P24, 25 | P24, 50 | P24, 100 | P24, 500 |
| SS-Igueldo | 58 | 112 | 133 | 159 | 179 | 198 | 243 |
| Hondarribia | 37 | 115 | 133 | 155 | 172 | 188 | 226 |
| Oiartzun | 20 | 116 | 133 | 153 | 168 | 184 | 218 |
| Añarbe | 26 | 127 | 147 | 173 | 193 | 212 | 256 |
| Oiartzun-Arditurri | 36 | 172 | 208 | 253 | 286 | 320 | 396 |
| Artikutza | 42 | 181 | 213 | 253 | 283 | 313 | 381 |

Para el cálculo de R se empleó la siguiente expresión, obtenida de ICONA (1988):

$$R = e^{(-0.834)} * (PMEX)^{(1.314)} * (MR)^{(-0.388)} * (F24)^{(0.563)}$$

siendo:

e = base de los logaritmos neperianos

PMEX = valor medio de las series anuales de precipitación mensual máxima (mm)

MR = precipitación media en el periodo octubre-mayo (mm)

F24 = cociente entre la precipitación máxima de la lluvia en 24 horas del año, elevado al cuadrado, y la suma de las precipitaciones máximas en 24 horas de todos los meses de ese mismo año (mm)

Factor erodibilidad del suelo (K)

La erodibilidad del suelo es la vulnerabilidad a la erosión determinada por factores exclusivamente intrínsecos o inherentes al propio suelo. La determinación del factor K, de erodibilidad del suelo, debería estimarse a partir de medidas experimentales en parcelas tipo. Sin embargo, el alto costo de estas medidas hace que se utilicen ecuaciones y nomogramas que permiten aproximarse a su valor a través de otros parámetros más fácilmente medibles.

El factor K se estimó a partir del mapa de suelos del Parque de Aiako Harria (NEIKER, 2002); adicionalmente se utilizó la información de BASOINSA (1994), de este modo la zona de estudio quedó dividida en 22 unidades atendiendo al valor de este factor.

En el presente trabajo el valor de K ([Tm.m².hora]/[ha.J.cm]) se ha calculado en base a la fórmula propuesta por Renard *et al.* (1997):

$$100 \cdot K = (2,71 \cdot 10^{-4} * [12-M.O.] * T^{1,14} + 4,2 * [E-2] + 3,2 * [P-3])$$

Donde M.O. es el contenido de materia orgánica en porcentaje en peso. Si el contenido de materia orgánica es superior al 12%, el valor consignado ha sido 0,001. En el caso de haber variaciones del contenido en materia orgánica en los primeros 15 cm, los distintos porcentajes se han ponderado por el espesor del horizonte.

T es el parámetro de textura, siendo $T = [(100-Ac)*(L + Ar \text{ muy fina})]$

donde L + Ar muy fina, es la fracción de 0,1-0,002 mm

Ac es la arcilla (< 0,002 mm)

Los porcentajes de las diferentes fracciones granulométricas se han obtenido para los 15 primeros centímetros. En el caso de haber diferencias texturales en esos primeros 15 centímetros, las distintas fracciones se han ponderado según el espesor de los horizontes.

E es el coeficiente de estructura que adopta diferentes valores según el tipo y grado de desarrollo de ésta atendiendo a la tabulación de la Tabla 4.

TABLA 4
Valores del coeficiente E en función del tipo y grado de desarrollo de
la estructura del suelo.

Values of E-coefficient depending on type and degree of soil structure development.

| Código de estructura | Estructura |
|----------------------|--|
| 1 | Granular muy fina (< 1mm) |
| 2 | Granular fina (1-2 mm) |
| 3 | Granular media a gruesa (2-10 mm). En bloques subangulares muy finos |
| 4 | Laminar, maciza y en bloques |

El coeficiente de estructura utilizado ha sido el mayor de los existentes en los primeros 15 cm, es decir el más restrictivo.

P es el coeficiente de permeabilidad. Para estimarlo se han considerado los primeros 50 cm o el espesor hasta un contacto lítico (lo que sea más superficial) y se ha seguido la tabla del National Soil Survey Handbook (USDA, 2002) simplificada por Renard *et al.* (1997), siempre y cuando no se observaran en campo rasgos limitantes de dicha propiedad. La codificación de este parámetro queda recogida en la Tabla 5.

Factor LxS (longitud del declive x pendiente)

Para calcular el factor LxS se ha construido un modelo digital del terreno a partir de la información altimétrica de la cartografía digital de Gipuzkoa a escala 1:5 000, máxima precisión disponible para la totalidad de la zona de estudio. Para la construcción del

citado modelo se ha empleado tanto la información asociada a las curvas de nivel como la información asociada a cotas puntuales. Se ha realizado un chequeo de posibles errores, sobre todo la localización de elementos altimétricos con cota de valor nulo, que pueden provocar una gran distorsión en la construcción del modelo digital del terreno. La interpolación se ha realizado a través de las funciones *arctin* y *tinlatic* del SIG Arc/Info. La malla de puntos empleada para exportar los valores de altitud ha sido de cinco por cinco metros. El ámbito geográfico sobre el que se ha construido el modelo digital del terreno abarca todas las subcuencas hidrográficas incluidas, total o parcialmente, en la zona de estudio.

TABLA 5

Valor del coeficiente P, de permeabilidad, según la textura del horizonte.

Value of P-coefficient (permeability) depending on horizon texture.

| Coefficiente de permeabilidad (P) | Textura |
|-----------------------------------|---|
| 6 | Arcillosa o arcillo-limosa |
| 5 | Arcillo-arenosa o franco-arcillo-limosa |
| 4 | Franco-arcillosa o franco-arcillo-arenosa |
| 3 | Franco-limosa o franca |
| 2 | Franco-arenosa o arenosa-franca |
| 1 | Arenosa |

En el caso de las subcuencas que se extienden por Navarra sólo se ha empleado la información altimétrica de esta provincia que se encuentra contenida en la cartografía de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

El análisis de la longitud del declive (L) y la pendiente del declive (S) se ha realizado a través de un programa en Visual Basic de desarrollo propio. Este programa va calculando para cada uno de los puntos de la malla la dirección de máxima pendiente y el valor de la misma, en intervalos de análisis similares al tamaño de la malla (cinco metros). Este proceso, se da por concluido para cada punto cuando se alcanzan valores de pendiente máxima próximos a cero. En función de la información anterior, el factor L*S se calcula para cada punto según la siguiente expresión:

$$LS = (\text{Longitud del declive}/22,13)^{0,3} * (\text{pendiente}/9)^{1,3}$$

Al tratarse de pendientes heterogéneas, esta fórmula se ha aplicado por tramos, calculando para cada uno el siguiente coeficiente de ajuste:

$$A = \frac{j^{1.3} - (j-1)^{1.3}}{n^{1.3}}$$

siendo:

j: número de orden del tramo (de arriba abajo)

n: número de tramos de igual longitud, en que se ha dividido el declive

Factor de cobertura de vegetación C

El factor C expresa la relación existente entre la pérdida de suelo que se produciría en una parcela con una determinada vegetación y la pérdida que tendría lugar si dicha parcela estuviese con barbecho continuo. Wischmeier y Smith (1978) proporcionan tablas para el cálculo de este factor, tanto para cultivos como para el caso de vegetación permanente. En este segundo caso, dichos autores proponen la utilización de dos tablas, según se trate de matorrales y vegetación permanente (pastizales) o se trate de bosques no alterados.

En el presente trabajo se estimó el valor del factor C en zonas de argomal-helechal y helechal, y plantaciones forestales de *Pinus radiata*, *Pinus nigra* y *Larix kaempferi* por ser estas unidades de vegetación las potencialmente establecidas como transformables a pastos.

En el caso de superficies no arboladas se ha seguido el método propuesto por Wischmeier y Smith (1978) resumido en la Tabla 6. Para ello se hace necesario conocer los porcentajes ocupados por las diferentes cubiertas, fundamentalmente arbustiva s.l. y herbácea; datos que se han obtenido de los inventarios de vegetación realizados.

En el caso de las masas arboladas, Wischmeier (1975) estima el factor C a través del producto de tres subfactores ($C = CI * CII * CIII$) que reflejan distintas influencias. El subfactor CI se refiere a la influencia de la cubierta vegetal aérea, el subfactor CII refleja la influencia de los residuos vegetales y de la cubierta vegetal en contacto con la superficie, y el subfactor CIII hace referencia a la influencia de diferentes efectos residuales de la vegetación (efectos sobre la densidad del suelo, sobre la estructura del suelo, actividad biológica, etc.). Posteriormente De Tar *et al.* (1980) modificaron el método de Wischmeier (1975) sistematizándolo. Siguiendo con la idea de Wischmeier (1975), Dissmeyer y Foster (1980; 1983) propusieron otra fórmula de cálculo introduciendo nuevos subfactores y haciendo más compleja su determinación. Teniendo en cuenta la mayor o menor complejidad de estos métodos se optó por utilizar el método de De Tar *et al.* (1980) que sin ser tan complejo como el Dissmeyer y Foster (1980; 1983), es más sistemático que el método de Wischmeier (1975).

TABLA 6
Valores del factor de cobertura de vegetación (C) de la USLE, para matorrales y
vegetación permanente (Wischmeier y Smith, 1978).
Values of C-factor (USLE) for shrubs and perennial vegetation
(Wischmeier and Smith, 1978).

| Cubierta aérea | | Cobertura superficial | | | | | | |
|---|----|-----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Tipo y altura | % | Tipo* | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | >95 |
| Ninguna | | G | 0,45 | 0,20 | 0,10 | 0,042 | 0,012 | 0,003 |
| | | W | 0,45 | 0,24 | 0,15 | 0,091 | 0,043 | 0,011 |
| Plantas herbáceas altas o matorral bajo con una altura media de caída de gota de lluvia de 0,5 m. | 25 | G | 0,36 | 0,17 | 0,09 | 0,038 | 0,013 | 0,003 |
| | | W | 0,36 | 0,20 | 0,13 | 0,083 | 0,041 | 0,011 |
| | 50 | G | 0,26 | 0,13 | 0,07 | 0,035 | 0,012 | 0,003 |
| | | W | 0,26 | 0,16 | 0,11 | 0,076 | 0,039 | 0,011 |
| | 75 | G | 0,17 | 0,10 | 0,06 | 0,032 | 0,011 | 0,003 |
| | | W | 0,17 | 0,12 | 0,09 | 0,068 | 0,038 | 0,011 |
| Apreciable cubierta de arbustos y matorral con una altura media de caída de gota de lluvia de 2 m. | 25 | G | 0,40 | 0,18 | 0,09 | 0,040 | 0,013 | 0,003 |
| | | W | 0,40 | 0,22 | 0,14 | 0,087 | 0,042 | 0,011 |
| | 50 | G | 0,34 | 0,16 | 0,08 | 0,038 | 0,012 | 0,003 |
| | | W | 0,34 | 0,19 | 0,13 | 0,082 | 0,041 | 0,011 |
| | 75 | G | 0,28 | 0,14 | 0,08 | 0,036 | 0,012 | 0,003 |
| | | W | 0,28 | 0,17 | 0,12 | 0,078 | 0,040 | 0,011 |
| Árboles, sin cubierta apreciable de matorral. Altura media de caída de la gota de lluvia de 4 metros. | 25 | G | 0,42 | 0,19 | 0,10 | 0,041 | 0,013 | 0,003 |
| | | W | 0,42 | 0,23 | 0,14 | 0,089 | 0,042 | 0,011 |
| | 50 | G | 0,39 | 0,18 | 0,09 | 0,040 | 0,013 | 0,003 |
| | | W | 0,39 | 0,21 | 0,14 | 0,087 | 0,042 | 0,011 |
| | 75 | G | 0,36 | 0,17 | 0,09 | 0,039 | 0,013 | 0,003 |
| | | W | 0,36 | 0,20 | 0,13 | 0,084 | 0,042 | 0,011 |

*G: la cubierta superficial es césped o acumulación de residuos orgánicos de un espesor considerable (5 cm)

W: la cubierta superficial son plantas espontáneas con escaso entramado horizontal de raíces cerca de la superficie o residuos vegetales no descompuestos

Este método queda recogido en Almorox *et al.* (1994). Así el factor CI de Wischmeier (1975) es expresado según De Tar *et al.* (1980) por la siguiente expresión

$$CI = [1-F1 \cdot Pc \cdot (1-Pm) \cdot (1-CH)] \cdot [1-F1 \cdot Pc \cdot (1-F2)]$$

donde:

Pm = área cubierta por cobertura vegetal superficial y *mulching* (tanto por uno)

Pc = cobertura vegetal aérea (tanto por uno)

CH = efecto de la cobertura aérea para una cubierta del 100% y suelo desnudo

F1 = Expresa el periodo de tiempo en el que la planta está con hojas (perenne = 1, caduca-salida de la hoja tardía = 0,7 ; caduca-salida de la hoja temprana = 0,8)

F2 = Refleja la cantidad de precipitación que llega al suelo por escorrentía cortical. Se evalúa a partir de la densidad vertical (plantas con ramas y tallos densos = 0,4 ; plantas con densidad media = 0,7 ; plantas con densidad baja=1)

Los factores que tienen en cuenta el efecto de la cobertura aérea (CH y Pc) dependen específicamente de la altura del arbolado, forma de la copa y de la densidad (fracción de cabida cubierta), respectivamente. El cálculo del factor CH puede realizarse a través de la ecuación planteada por Renard *et al.* (1997) que permite hacer estimaciones cuando la altura de caída de gota es superior a 4 metros:

$$CH=1-e^{(-0,33*hmed)}$$

Donde *hmed* representa la altura de caída de la gota.

En cuanto al valor del parámetro Pc, éste representa la cobertura vegetal aérea en tanto por uno, mientras que los factores CII y CIII de Wischmeier (1975), son agrupados por De Tar *et al.* (1980) en un factor llamado Cm dependiente de la cobertura superficial (Pm) y para cuya obtención proponen la utilización de un gráfico cuya expresión matemática es:

$$Cm=0,45*e^{(-3,79 Pm)}$$

Factor P (prácticas de conservación)

El factor P considera las prácticas de control de la erosión existentes o hipotéticas, de modo que expresa la proporción de pérdida de suelo que se produce o produciría con esa práctica en comparación con la pérdida de suelo que se produciría en condiciones de suelo desnudo y labrado según la máxima pendiente.

RESULTADOS

Oferta de los recursos pascícolas en el PN de Aiako Harria

La producción anual (kg Materia Seca/ha) de las unidades de vegetación, como ya se ha comentado anteriormente, se ha estimado con la suma de los sucesivos cortes realizados en el periodo de pastoreo (de marzo a octubre) en zonas similares a las del estudio.

La producción de pasto (kg Materia Seca/ha), bien sobre pasto abierto, bien bajo arbolado, presenta una dinámica estacional, alcanzando un pico de máxima producción retrasado hacia los meses de verano y descendiendo nuevamente para el otoño (Figura 2).

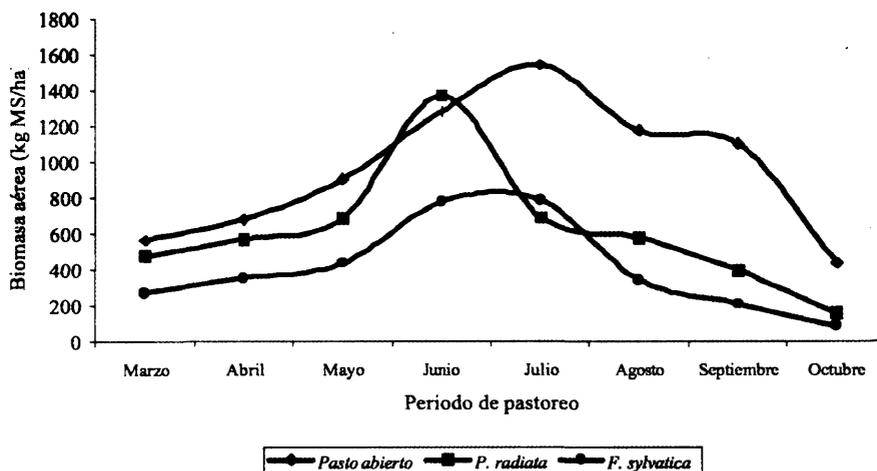


FIGURA 2

Evolución estacional de la biomasa aérea (kg Materia Seca/ha) en los pastos abiertos (Fuente Diputación Foral de Gipuzkoa), bajo arbolado de *Pinus radiata* y *Fagus sylvatica* (Fuente: Neiker).

*Seasonal variation of aerial biomass (kg DM/ha) in open pastures (Source: Gipuzkoa County Council), within forests of *Pinus radiata* and *Fagus sylvatica* (Source: Neiker).*

El efecto de sombra bajo el arbolado determina una producción menor (tanto anual como estacional) en las unidades de *Pinus radiata* y *Fagus sylvatica* en comparación con el pasto abierto, siendo mayor su efecto bajo *Fagus sylvatica*. Además de reducir la producción, concentra el pico de máxima oferta en los meses en los que penetra la luz de forma más intensa y prolongada. En el pasto abierto, por el contrario, el pico de oferta se prolonga en el tiempo hasta septiembre, a partir del cual desciende bruscamente (Figura 2).

En general, la superficie improductiva presente en las distintas unidades de vegetación (suelo desnudo, materia muerta, hojarasca, rocas, etc.) es un factor muy importante en la valoración de los recursos pascícolas. De esta manera se explica el descenso del recurso pascícola del argomal-helechal frente al helechal y pasto, ya que el estrato arbustivo (cobertura >75%) se ha considerado improductivo. Del mismo modo, el valor tan bajo de *Quercus robur* se explica por la alta proporción de suelo desnudo en esta unidad (Tabla 7).

TABLA 7
Categorías pascícolas definidas tras la agrupación de las masas forestales mixtas en intervalos y biomasa aérea (kg MS/ha).

Pasture categories defined after grouping the mixed forests (in intervals) and aerial biomass (kg DM/ha).

| Categoría pascícola | Biomasa aérea (kg MS/ha) |
|---|--------------------------|
| Masa forestal de <i>Quercus robur</i> | 1763 |
| Masa forestal de <i>Quercus rubra</i> | 1469 |
| Masa forestal de <i>Fagus sylvatica</i> | 980 |
| Masa forestal de <i>Pinus radiata</i> | 2025 |
| Masa forestal de <i>Pinus nigra</i> | 2223 |
| Masa forestal de <i>Larix kaempferi</i> | 3409 |
| Masa forestal de caducifolios | 1404 |
| Masa forestal de perennifolios | 2124 |
| Argomal-helechal | 1541 |
| Helechal | 7704 |
| Pastos | 7704 |
| Improductivo | 0 |
| Masa forestal mixta | 1200-1600 |
| Masa forestal mixta | 1601-2100 |
| Masa forestal mixta | 2101-2750 |

Los datos de producción de las nueve unidades de vegetación muestreadas (*Quercus robur*, *Quercus rubra*, *Fagus sylvatica*, *Pinus radiata*, *Pinus nigra*, *Larix kaempferi*, argomal-helechal, helechal y pasto) se extendieron al resto de las unidades de vegetación (que hacen un total de 112), a excepción de las unidades de helechal y pasto, ya que éstas se muestrearon.

Para hacer esta extrapolación se procedió inicialmente a la agrupación de las especies en caducifolias (*Quercus robur*, *Quercus rubra*, *Fagus sylvatica*) y perennifolias (*Pinus radiata*, *Pinus nigra*, *Larix kaempferi*). Se obtuvieron así las producciones medias para cada agrupación, estimándose la producción de cada unidad de *masa forestal*, en función de las especies presentes en ellas (las muestreadas, otras caducifolias u otras perennifolias). La densidad de árboles no se consideró ya que todas las masas forestales se clasificaron como densas (cobertura >60%). Considerando este criterio se reclasificaron todas las unidades correspondientes a la categoría de masas forestales dando un total de 59 unidades.

Debido a que el número total de categorías pascícolas resultante es elevado para ser plasmado en un mapa (un total de 59 categorías), se simplificó la información agrupando las masas forestales mixtas en tres intervalos según la biomasa aérea (1200-1600, 1601-2100, 2101-2750 kg MS/ha). Así, en la Tabla 7 se presentan las categorías pascícolas definitivas utilizadas y localizadas en el área de Utilidad Pública englobadas en las zonas de Conservación Activa, Zonas de Potenciación Ganadero-forestal y Zonas de Protección de Cumbres del PN de Aiako Harria.

Teniendo en cuenta los datos estimados de biomasa aérea anual de pasto en la totalidad de las unidades de vegetación que configuran el parque, y considerando la superficie que ocupa cada una de ellas, se puede estimar la oferta de los recursos pascícolas del PN de Aiako Harria en su totalidad y en cada uno de los municipios (Tabla 8). En todos ellos, los recursos pascícolas bajo arbolado son claramente superiores (81%) a los recursos de zonas no arboladas (argomal-helechal, helechal y pasto abierto) (19%), destacando Oiartzun con una aportación de casi la mitad de la oferta de los recursos pascícolas (47%).

TABLA 8
Oferta de los recursos pascícolas (t MS) en el Parque Natural de Aiako Harria.
Herbaceous biomass (t DM) in Aiako Harria Natural Park.

| | Oferta Recursos pascícolas (Tm MS) | | | Oferta Recursos pascícolas (%) | | |
|-----------------------|------------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------|-------|
| | No arbolado | Arbolado | Total | No arbolado | Arbolado | Total |
| Oiartzun | 1508,54 | 4319,84 | 5828,4 | 12 | 35 | 47 |
| Irun | 463,66 | 1927,89 | 2391,6 | 4 | 16 | 19 |
| Hernani | 321,16 | 922,78 | 1243,9 | 3 | 7 | 10 |
| Erresteria | 65,63 | 2683,21 | 2748,8 | 1 | 22 | 22 |
| Parque Natural | 2362,66 | 10061,12 | 12423,8 | 19 | 81 | 100 |

Arbolado: Frondosas, Coníferas, Masas forestales mixtas

No arbolado: Argomal-Helechal, Helechal y Pasto

Todos los municipios, exceptuando Erresteria, mantienen, aproximadamente, la misma proporción de oferta de recursos pascícolas en zonas no arboladas/arboladas que se da en la totalidad del Parque (Oiartzun 26/74; Irun 19/81; Hernani 26/74 y Erresteria 2/98). Obtenida la oferta existente y la estimación de la demanda que pueda haber en la zona, es posible plantear la necesidad o no de mayor superficie de pastoreo.

Las directrices que se han planteado para abordar esta problemática son dos:

- Pastoreo en zonas de pasto abierto: Ampliación de superficie
- Pastoreo bajo arbolado: Prácticas silvopastorales en plantaciones forestales

En ambos casos, se reduce la superficie utilizada por el ganado, tratando de agrupar las zonas de pastoreo en torno a una red de infraestructuras ganaderas (puntos de agua, mangadas), además de considerar zonas relativamente amplias, próximas y con fácil acceso que hagan viable económicamente su gestión.

Factor erosividad de la lluvia (R)

Teniendo en cuenta que el factor R mide el riesgo erosivo ligado a la torrencialidad anual y que ésta puede ser desglosada mes a mes, la Tabla 9 muestra el valor de este factor correspondiente a las estaciones meteorológicas disponibles según las precipitaciones mensuales.

TABLA 9
Valores medios mensuales y anuales del factor de erosividad de la lluvia R
([J*cm]/[m²*hora]) en las estaciones consideradas.

*Mean monthly and yearly R-factor values ([J*cm]/[m²*hora])
in the meteorological stations.*

| Estación | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. | Año |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| SS-Igueldo | 21 | 16 | 15 | 17 | 17 | 12 | 11 | 16 | 18 | 21 | 22 | 24 | 212 |
| Hondarribia | 21 | 19 | 20 | 20 | 17 | 11 | 9 | 17 | 20 | 18 | 25 | 25 | 222 |
| Oiartzun | 30 | 25 | 26 | 31 | 26 | 20 | 20 | 22 | 22 | 25 | 35 | 33 | 315 |
| Añarbe | 36 | 28 | 34 | 35 | 29 | 24 | 19 | 23 | 19 | 33 | 38 | 31 | 349 |
| Oiartzun-Arditurri | 40 | 31 | 32 | 35 | 35 | 24 | 23 | 30 | 28 | 38 | 44 | 46 | 406 |
| Artikutza | 49 | 58 | 36 | 38 | 46 | 12 | 11 | 7 | 42 | 76 | 57 | 22 | 455 |

Se observa una mayor concentración del factor R mensual en la época otoñal (octubre-noviembre), sobre todo en las estaciones más montañosas.

La Figura 3 muestra el mapa de distribución espacial del factor R anual.

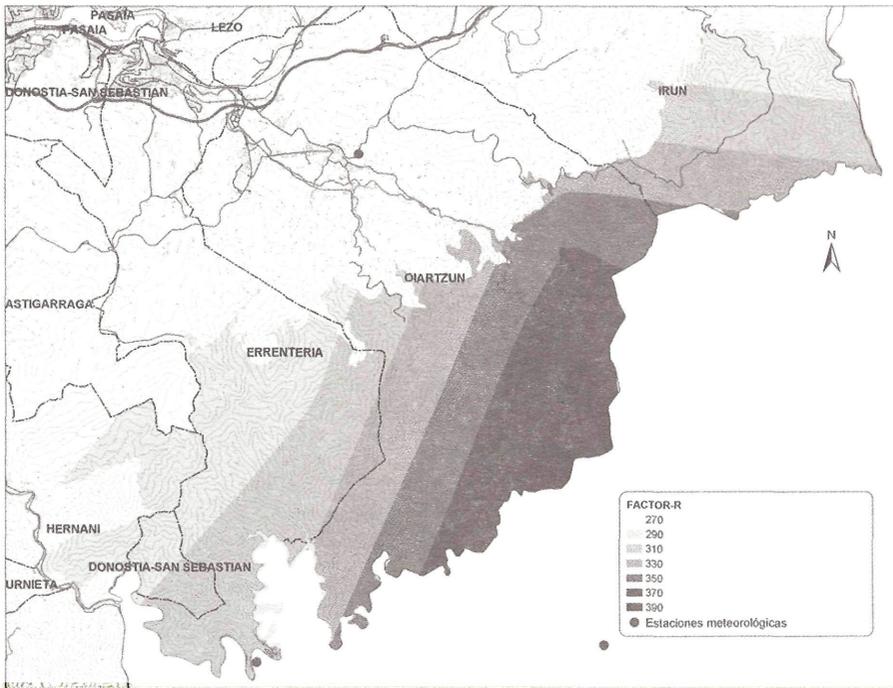


FIGURA 3

Distribución espacial de la erosividad de la lluvia -factor R- ($[J \cdot cm] / [m^2 \cdot hora]$) en el Parque de Aiako Harria.

Rainfall erosivity ($[J \cdot cm] / [m^2 \cdot hora]$) in Aiako Harria Natural Park.

Factor erodibilidad del suelo (K)

El factor K de erodibilidad de los suelos en el Parque Aiako Harria varía entre 0,001 ($[Tm \cdot m^2 \cdot hora] / [ha \cdot J \cdot cm]$), en aquellos suelos cuyo contenido en materia orgánica supera el 12% y 0,334 ($[Tm \cdot m^2 \cdot hora] / [ha \cdot J \cdot cm]$) en suelos desarrollados, mayoritariamente, sobre coluviones de arenitas del Bundsandstein en áreas con pendiente superior al 25%.

Atendiendo al valor del factor K, la zona de estudio se divide en 22 unidades. La Tabla 10 muestra los valores de este factor K.

A partir de estos datos y tomando como base el mapa de suelos realizado se procedió a elaborar un mapa de unidades en función del valor del factor K. La Figura 4 muestra el mapa de distribución del factor K en la zona de estudio.

TABLA 10

Valores del factor erodibilidad del suelo K ($[Tm \cdot m^2 \cdot hora] / [ha \cdot J \cdot cm]$) para las diferentes unidades de suelos diferenciadas en la zona de estudio.

Values of K-factor ($[Tm \cdot m^2 \cdot hora] / [ha \cdot J \cdot cm]$) for the different soil units.

| K-USLE | Unidad de suelos | K-USLE | Unidad de suelos |
|--------|-----------------------------|-----------|------------------|
| 0,001* | B2; B3; B3i; D0 | 0,213 | I1; I2 |
| 0,012 | A2; A2w; A3; A3rw; A3e | 0,220 | G3; G4 |
| 0,028 | A1; A1e | 0,221 | G2 |
| 0,049 | B4 | 0,244 | E4; E5 |
| 0,063 | B1 | 0,240 | K |
| 0,134 | D2 | 0,247 | D3; D4 |
| 0,139 | J1; J2 | 0,254 | G1 |
| 0,148 | E1, E2 | 0,264 | F2 |
| 0,163 | D1; F1 | 0,334 | H1; H2 |
| 0,167 | E3 | 0,300 | L2 |
| 0,180 | C1; C1w; C2; C2w; C2r; C2rw | Excluidas | X; XA; XB |

* Valor estimado por tener un porcentaje de material orgánica superior al 12%

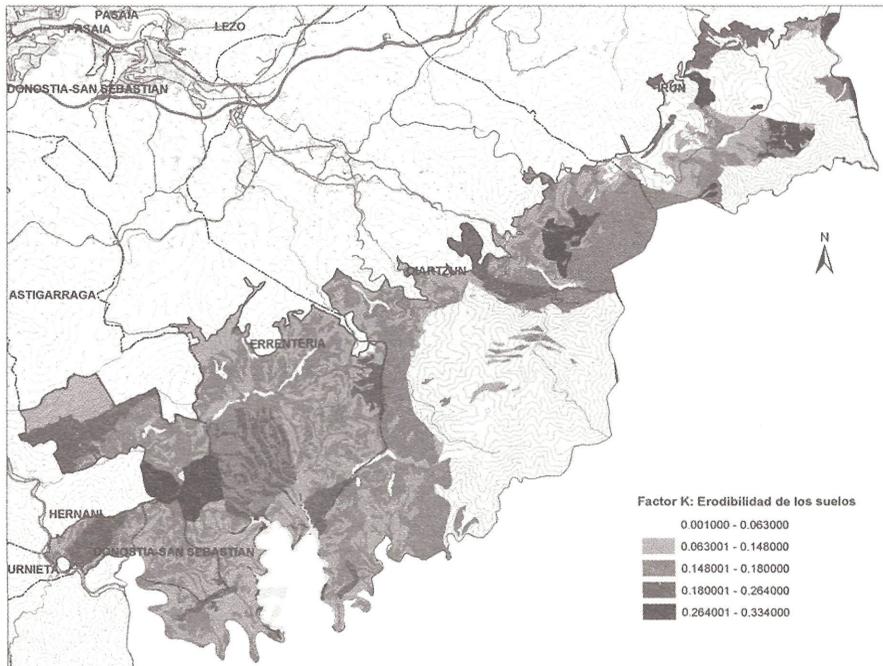


FIGURA 4

Mapa de distribución de la erodibilidad del suelo -factor K- ($[Tm \cdot m^2 \cdot hora] / [ha \cdot J \cdot cm]$) en el Parque de Aiako Harria.

Soil erodibility ($[Tm \cdot m^2 \cdot hora] / [ha \cdot J \cdot cm]$) in Aiako Harria Natural Park.

Factor LxS (longitud del declive x pendiente)

La Figura 5 muestra la distribución espacial del factor L*S dentro de la zona estudiada.

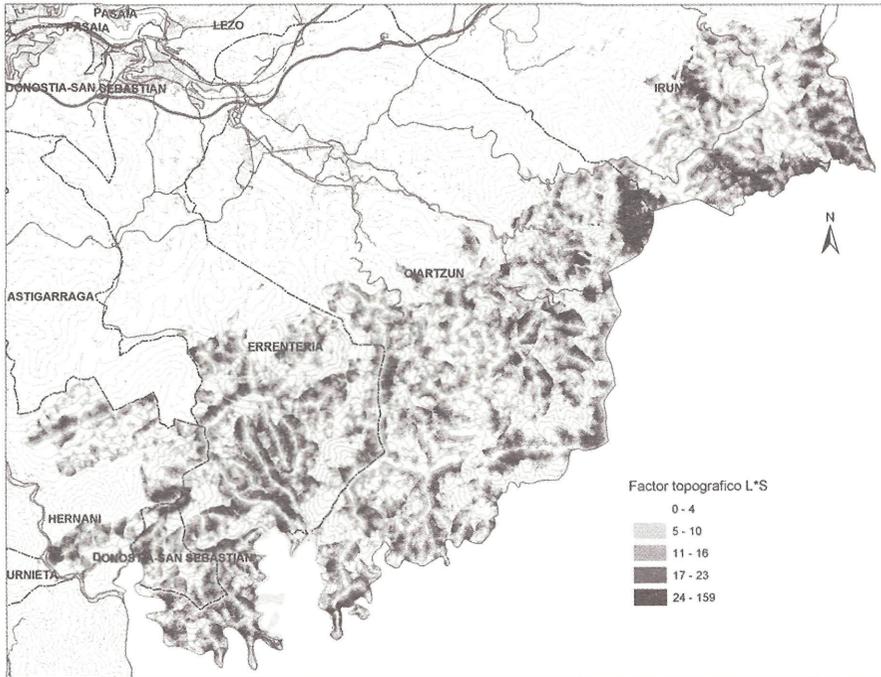


FIGURA 5

Distribución espacial del factor LxS (longitud del declive x pendiente) en la zona de estudio.

Spatial distribution of LxS factor in the study area.

Factor de cobertura de vegetación C

De las quince categorías pascícolas en que se agrupan las unidades de vegetación, únicamente se ha estimado el valor del factor C en aquellas implicadas en la transformación propuesta, es decir: pastos, argomal-helechal, helechal, y plantaciones forestales de *Pinus radiata*, *Pinus nigra* y *Larix kaempferi*.

La aplicación de los criterios de Wischmeier y Smith (1978) a las diferentes unidades de vegetación no arboladas descritas en el presente trabajo dan como resultado los valores del factor C que aparecen en la Tabla 11.

La cubierta superficial, para el helechal, ha sido considerada como un valor medio anual, de manera que, a pesar de poseer una cobertura herbácea de 74% en el momento

de muestreo (inicio primavera), se estima que puede reducirse por el efecto de sombreo en el momento de máximo desarrollo vegetativo del helecho (inicio verano) llegando a un valor de 60%. En el caso del argomal-helechal, la cubierta superficial se considera 60% ya que en la base del estrato arbustivo se intercalan brotes y distintas especies herbáceas que contribuyen a incrementar este valor.

TABLA 11

Valores del factor de cobertura de vegetación C de las diferentes Unidades de vegetación consideradas no arboladas siguiendo los criterios de Wischmeier y Smith (1978).

Values of C-factor in the different non-wooded vegetation units according to Wischmeier and Smith (1978).

| <i>Unidad básica de vegetación</i> | Cubierta aérea (%) | Tipo cubierta aérea | Cubierta superficial (%) | Valor C |
|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------|
| Argomal-helechal | 75 | h<2m, tipo W | 60 | 0,078 |
| Helechal | 75 | h<0,5m, tipo W | 60 | 0,068 |
| Pasto | Ninguna | G | 80 | 0,012 |
| Argomal-helechal y roquedo | 25 | h<0,5m, tipo W | 20 | 0,200 |
| Matarrasa (reciente) | 25 | h<0,5m, tipo W | 40 | 0,130 |

Tipo G: la cubierta superficial es césped o acumulación de materia orgánica de un espesor considerable (5 cm)
 Tipo W: la cubierta superficial son plantas espontáneas con escaso entramado horizontal de raíces cerca de la superficie o residuos vegetales no descompuestos
 h = altura

Para el cálculo del factor C en masas arboladas siguiendo el método de De Tar *et al.* (1980b; en Almorox *et al.*, 1994) y teniendo en cuenta las unidades de vegetación básicas descritas anteriormente, así como el tiempo que éstas permanecen sin hojas a lo largo del año se han propuesto los valores del factor F1 que quedan recogidos en la Tabla 12.

TABLA 12

Periodo de tiempo sin hojas, densidad y valores de los factores F1 y F2 de De Tar *et al.* (1980) asignados a las diferentes Unidades Básicas de vegetación arboladas del Parque Natural de Aiako Harria.

Time periods without leaves, density and values of F1 and F2-factors (De Tar et al., 1980) corresponding to the different basic wooded vegetation units in Aiako Harria Natural Park.

| Unidad básica de vegetación | Días sin hojas | Densidad | Factor F1 | Factor F2 |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|
| <i>Pinus radiata</i> | 0 | Media-alta | 1,00 | 0,5 |
| <i>Pinus nigra</i> | 0 | Media-alta | 1,00 | 0,5 |
| <i>Larix kaempferi</i> | 140 | Media | 0,89 | 0,7 |

El factor F2 refleja la cantidad de precipitación que llega al suelo por escorrentía cortical y depende de la densidad de ramas y tallos de la planta. De Tar *et al.* (1980b; en Almorox *et al.*, 1994) proponen tres clases de densidad: densas, densidad media y densidad baja, a las cuales les asignan valores de F2 de 0,4; 0,7 y 1,0 respectivamente. Este parámetro se estimó a partir de la cantidad de biomasa aérea y la disposición típica de las ramas en cada especie forestal, de forma que se consideran valores de mayor densidad en las especies capaces de generar un mayor flujo de escorrentía cortical. De este modo los valores del factor F2 asignados a cada unidad básica de vegetación arbolada quedan recogidos en la Tabla 12.

El factor Pm expresa el área cubierta por cobertura vegetal superficial y *mulching* en tanto por uno. Para su estimación se utilizaron los datos de las parcelas inventariadas, de modo que la superficie cubierta por materia muerta (M.M.), briófitos, pteridófitos, estrato herbáceo y rocas se consideró cobertura vegetal superficial y *mulching*, siguiendo los criterios de Simanton *et al.* (1984), Box (1981) y Meyer *et al.* (1972). La Tabla 13 muestra los valores de cobertura de cada uno de estos componentes y el valor de Pm asignado a cada unidad de vegetación básica.

TABLA 13

Valores de cobertura (%) en cada una de las unidades de vegetación básicas obtenidas en las parcelas inventariadas y valor del factor Pm de De Tar *et al.* (1980) asignado.

Cover values (%) for each basic vegetation unit in the sampled plots and the corresponding Pm-factor (De Tar et al., 1980).

| Unidad básica de vegetación | M.M.* | Briófitos | Pteridófitos | Estrato herbáceo | Rocas | Suma | Pm |
|--------------------------------|-------|-----------|--------------|------------------|-------|-------|-----|
| | (%) | | | | | | |
| <i>Pinus radiata</i> | 43,34 | 0,87 | 5,43 | 36,87 | 0 | 86,51 | 0,9 |
| <i>Pinus nigra</i> | 26,00 | 28,28 | 0 | 44,79 | 0 | 99,07 | 1,0 |
| <i>Larix kaempferi</i> | 8,90 | 21,99 | 0,17 | 68,66 | 0 | 99,72 | 1,0 |

*M.M.: materia muerta

En la Tabla 14 aparecen los valores de *hmed* para cada una de las clases establecidas y diferenciando según se trate de masas adultas o jóvenes, información recogida en el mapa de vegetación. Estos valores de altura media de caída de gota fueron estimados siguiendo el criterio de altura media de la rama más baja, que puede considerarse equivalente a la mitad de la altura media inventariada para cada especie forestal. En el caso de las masas jóvenes, se considera que la altura media del arbolado es la mitad de la correspondiente al arbolado adulto.

TABLA 14

Valores de altura media de caída de gota (hmed) y factor CH, de De Tar *et al.* (1980), propuesto para cada una de las unidades básicas de vegetación, diferenciadas según se trate de masas adultas y masas jóvenes.

Values of mean drop fall height (hmed) and the proposed CH-factor (De Tar et al., 1980) for each of the basic vegetation units in adult and young systems.

| Unidad básica de vegetación | Masa adulta | | Masa joven | |
|-----------------------------|---------------------|-------|---------------------|--------------|
| | Altura media (hmed) | CH | Altura media (hmed) | CH |
| <i>Pinus radiata</i> | 11,46 | 0,977 | 5,73 | 0,849 |
| <i>Pinus nigra</i> | 7,56 | 0,917 | 3,78 | 0,713 |
| <i>Larix kaempferi</i> | 8,32 | 0,936 | 4,16 | 0,747 |

A falta de datos de densidad aérea (fracción de cubierta) de cada una de las unidades cartografiadas, se tomaron las clases del Inventario Forestal del País Vasco de 1996 (Gobierno Vasco, 1998), asignando a cada clase su valor central (Tabla 15).

TABLA 15

Clases de densidad establecidas en el Inventario Forestal del País Vasco (Gobierno Vasco, 1998) y valores del factor Pc, de De Tar *et al.* (1980), asignado a cada una de ellas.

Density classes established in the Forest Inventory of the Basque Country (Gobierno Vasco, 1998) and their corresponding values of Pc-factor (De Tar et al., 1980).

| Densidad | Pc |
|----------|------|
| 70-100% | 0,85 |
| 40-70% | 0,65 |
| 20-40% | 0,30 |

Teniendo en cuenta las clases de densidad predominantes en el PN Aiako Harria correspondientes a los estados de masa establecidos en el Inventario Forestal del País Vasco, se estableció la siguiente equivalencia:

Masas adultas – Arbolado tipo fustal - Cubierta densa – Pc = 0,85

Masas jóvenes – Arbolado tipo monte bravo - Cubierta de densidad media – Pc = 0,65

Teniendo en cuenta los valores de Pm estimados para cada una de las unidades básicas de vegetación, recogidas en la Tabla 13, y teniendo en cuenta la expresión matemática $Cm=0,45 * e^{(-3,79 Pm)}$, los valores del factor Cm para cada una de ellas quedan recogidos en la Tabla 16.

TABLA 16

Valores del factor Cm, de De Tar et al. (1980), de cada una de las unidades básicas de vegetación obtenido a partir de la expresión $Cm = 0,45 * e^{(-3,79 Pm)}$.

Values of Cm-factor (De Tar et al., 1980) for each basic vegetation unit according to the following equation: $Cm = 0,45 * e^{(-3,79 Pm)}$.

| Unidad básica de vegetación | Pm | Cm |
|-----------------------------|-----|-------|
| <i>Pinus radiata</i> | 0,9 | 0,015 |
| <i>Pinus nigra</i> | 1,0 | 0,010 |
| <i>Larix kaempferi</i> | 1,0 | 0,010 |

En resumen, los diferentes parámetros utilizados en el cálculo del factor C para masas arboladas quedan recogidos en la Tabla 17, para cada una de las unidades básicas de vegetación, diferenciando entre masa adulta y masa joven según los criterios adoptados en el presente trabajo.

TABLA 17

Valores de los diferentes parámetros que intervienen en el cálculo del factor C (cobertura de vegetación) en masas arboladas según el método de De Tar et al. (1980).

Values of the different factors involved in the calculation of C-factor in forests according to De Tar et al. (1980).

| Unidad básica de vegetación | F1 | F2 | Pm | Pc | CH | Cm | C |
|-----------------------------|---------------|-----|------|------|-------|-------|--------|
| | Masas Adultas | | | | | | |
| <i>Pinus radiata</i> | 1 | 0,5 | 0,90 | 0,85 | 0,977 | 0,015 | 0,0085 |
| <i>Pinus nigra</i> | 1 | 0,5 | 1,00 | 0,85 | 0,917 | 0,010 | 0,0058 |
| <i>Larix kaempferi</i> | 0,89 | 0,7 | 1,00 | 0,85 | 0,936 | 0,010 | 0,0079 |
| Masas Jóvenes | | | | | | | |
| <i>Pinus radiata</i> | 1 | 0,5 | 0,90 | 0,65 | 0,849 | 0,015 | 0,0099 |
| <i>Pinus nigra</i> | 1 | 0,5 | 1,00 | 0,65 | 0,713 | 0,010 | 0,0069 |
| <i>Larix kaempferi</i> | 0,89 | 0,7 | 1,00 | 0,65 | 0,747 | 0,010 | 0,0084 |

En la Tabla 18, se exponen los valores del factor C asignados a cada una de las unidades básicas de vegetación, apreciándose como las especies coníferas, especialmente *Pinus nigra*, presentan los valores más bajos del factor C. En principio, se trata de las unidades de vegetación más protectoras del suelo; no obstante, y aunque el modelo USLE presenta una situación fija en el tiempo, hay que tener en cuenta que estas plantaciones se talan (el ciclo de corta varía según la especie) quedando el suelo, tras esa operación, con el valor más elevado del factor C (matarrasa C = 0,130).

TABLA 18

Resumen de las unidades básicas de vegetación consideradas en la evaluación de la erosión potencial y sus respectivos valores del factor C (cobertura de vegetación) del modelo USLE.

Summary of the basic vegetation units taken into account during the evaluation of the erosion potential and their corresponding C-values (USLE).

| Unidades de vegetación | | Factor C de la USLE |
|------------------------|-------------|---------------------|
| <i>Pinus radiata</i> | Masa adulta | 0,0085 |
| | Masa joven | 0,0099 |
| <i>Pinus nigra</i> | Masa adulta | 0,0058 |
| | Masa joven | 0,0069 |
| <i>Larix kaempferi</i> | Masa adulta | 0,0079 |
| | Masa joven | 0,0084 |
| Argomal-helechal | | 0,078 |
| Helechal | | 0,068 |
| Pastos | | 0,012 |
| Matarrasa | | 0,130 |

A partir del valor C obtenido para cada una de las unidades básicas de vegetación se han establecido los valores de C de las diferentes mezclas de especies cartografiadas ponderando los valores individuales de cada especie y tipo de masa con el porcentaje que representan en cada mezcla. La Figura 6, muestra la distribución espacial del factor C en la zona de estudio.

Factor P (prácticas de conservación)

En el Parque de Aiako Harria las prácticas de conservación de suelos son inexistentes, por lo que se ha tomado para este factor el valor 1 en toda el área, siguiendo el criterio de Wetzl *et al.* (1987) para áreas forestales sin prácticas de conservación. Sin

embargo de la definición del factor P se deduce que el valor 1 asignado resulta excesivo, ya que supone admitir que las condiciones de partida son las de un suelo desnudo, labrado según la máxima pendiente.

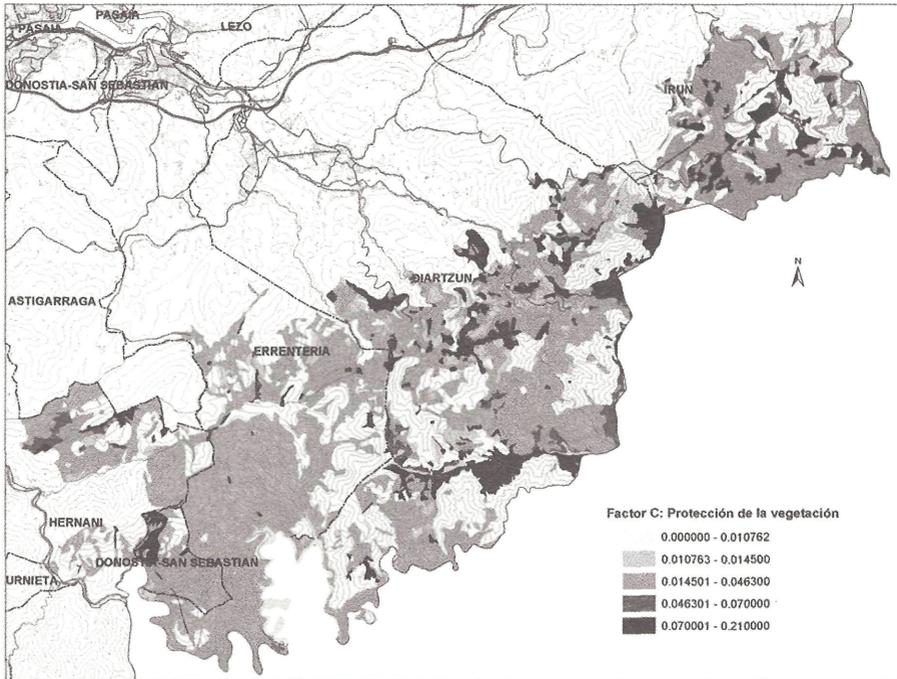


FIGURA 6

Distribución del factor C (cobertura de la vegetación) en el Parque Natural de Aiako Harria.

Distribution of C-factor in Aiako Harria Natural Park.

Aplicación del modelo USLE a la zona de estudio. Escenario hipotético

A partir de los datos anteriores se generó un mapa con los factores R, K, LxS, C (el factor P se ha considerado constante en todo el parque), donde C tomaba el valor 0,012 estimado como valor medio de los pastos del parque.

Los factores K y R se rasterizaron con la misma malla y resolución que el modelo digital del terreno, de modo que cada celda de 5m², tenía un valor de los factores K, R, LxS y C (Figura 7).

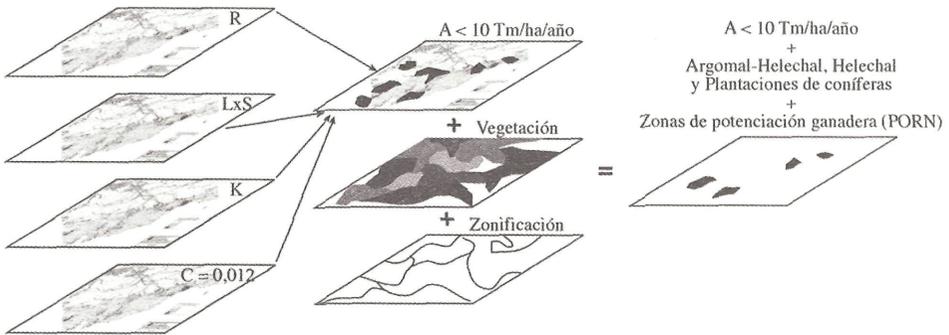


FIGURA 7

Esquema ilustrativo del proceso de aplicación de la USLE en la zona de estudio.

Illustrative diagram of the USLE application process in the study area.

Así se obtuvieron las zonas en las que la erosión potencial era inferior a 10 Tm/ha/año, suponiendo que dichas zonas tuviesen un pasto implantado y estable (factor $C = 0,012$). La superposición de este mapa con el mapa de vegetación permitió delimitar aquellas áreas ocupadas actualmente por argomal-helechal, helechal, y plantaciones forestales de *Pinus radiata*, *Pinus nigra* y *Larix kaempferi* (Figura 8).

Las superficies así obtenidas son las que se consideraron potencialmente transformables a pastos (Figura 8). A partir de esa información se procedió a aplicar los otros criterios considerados: localización de puntos de agua, mangadas, áreas de utilidad pública, etc.

DISCUSIÓN

La propuesta metodológica planteada se basa fundamentalmente en el uso de la USLE. Este modelo se ha utilizado asumiendo que es posible hacer estimaciones, al menos relativas, de las tasas de erosión potencial en unas condiciones ambientales y edáficas diferentes a las de la zona donde fue planteado el modelo.

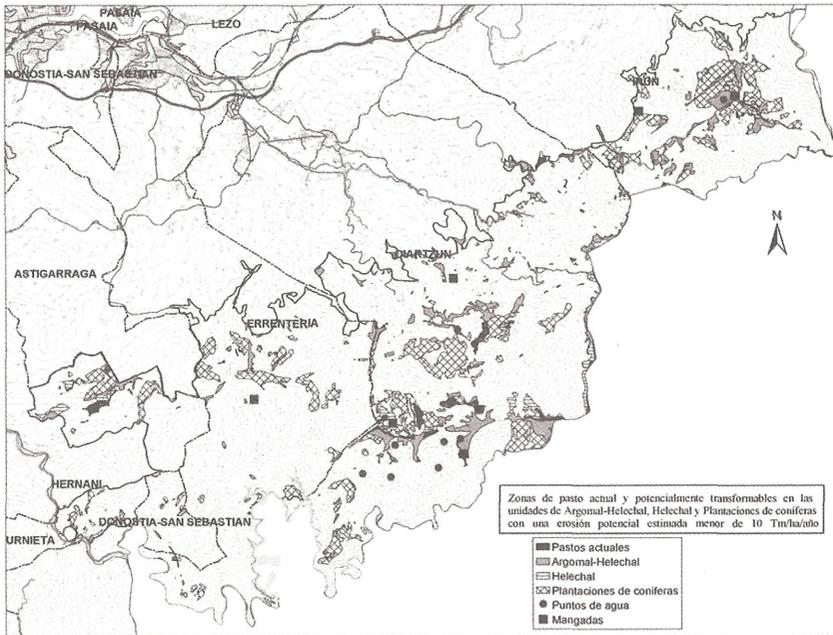


FIGURA 8

Distribución de las áreas potencialmente transformables a pasto en las que, al tomar el factor C (cobertura de la vegetación) un valor de 0,012, la tasa de erosión es inferior a 10 Tm/ha/año.

Distribution of the areas potentially convertible to pasture in which, when C-factor equals 0.012, the erosion rate is lower than 10 tonnes/ha/year.

Los factores que intervienen en la ecuación (USLE) inciden, sin lugar a dudas, sobre los procesos erosivos, sin embargo su peso relativo debería comprobarse en las áreas concretas de aplicación. Así algunas características particulares de la zona estudiada, como los elevados contenidos en materia orgánica de muchos de los suelos o las elevadas pendientes, se alejan considerablemente de las características de la zona donde originalmente se formuló dicha ecuación. Por tanto se hace necesario tener medidas de campo, que abarquen un periodo amplio, y que permitan validar o adaptar el modelo a las condiciones particulares del área estudiada.

Además, hay que tener en cuenta que la USLE no es capaz de predecir el comportamiento de una zona concreta al hacer un cambio de uso, debido a la existencia de fases intermedias de establecimiento del cultivo, cuya dinámica no puede ser resuelta a través de la modelización planteada, no considerando tampoco otros cambios biofísicos que pueden producirse.

No obstante, y pese a estas limitaciones, la metodología planteada puede servir como herramienta para la ordenación de los usos del territorio, mejorando su fiabilidad con el incremento de medidas de campo, tanto de tasas de erosión real como de comportamiento, frente a la escorrentía, de diferentes cubiertas vegetales.

CONCLUSIONES

Este trabajo propone y desarrolla un método de optimización del uso del territorio mediante la aplicación de la USLE y el uso de un SIG. El método permite tomar decisiones acerca del uso y gestión de los recursos pascícolas dentro del contexto de otros objetivos generales.

Se trata de una primera aproximación cuyo mayor inconveniente es la validación de los resultados obtenidos al aplicar la USLE. Por ello se hace necesario disponer de medidas de campo que permitan en un futuro corroborar los resultados obtenidos o, en su caso, modificar algún parámetro de dicho modelo, mejorando así las estimaciones. Estas mejoras futuras del modelo podrán implementar el SIG desarrollado, con poco esfuerzo debido al riguroso inventario realizado.

No obstante los resultados obtenidos son preliminares, debiendo continuarse los trabajos de medidas directas en campo con el fin de validar el método.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZIZPURUA, I.; ASEGINOLAZA, C.; URIBE-ECHEBARRIA, P.M.; URRUTIA, P.; ZORRAKIN, I., 1999. *Claves ilustradas de la Flora del País Vasco y territorios limítrofes*. Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco, 831 pp. Vitoria-Gasteiz (España).
- ALMOROX, J.; DE ANTONIO, R.; SAA, A.; DÍAZ, M^a.C.; GASCÓ, J.M^a. 1994. *Métodos de estimación de la erosión hídrica*. Ed. Agrícola Española S.A., 152 pp. Madrid (España).
- BASOINSA S.L., 1994. *Estudio de propuesta de usos de la cuenca del embalse del Añarbe para salvaguardar las características de calidad del agua y vida útil del embalse. Fase I*. Mancomunidad de aguas del Añarbe. (Doc inédito).
- BOX, J.E. Jr., 1981. The effects of surface slaty fragments on soil erosion by water. *Soil Sci, Soc, Am, J.*, **45**, 111-116.
- DE TAR, W.R.; ROSS, J.J.; CUNNINGHAM, R.L., 1980. Estimating the C factor in the universal Soil Loss Equation for landscape slopes. *J. Soil & Water Cons.*, **35** (1), 40-41.
- DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA (DFG), 1999. *Estudio de Precipitaciones Intensas, Tiempos de Concentración y Caudales de Cálculo de las cuencas del territorio Histórico de Gipuzkoa*. Diputación Foral de Gipuzkoa (Doc. Inédito). San Sebastián (España).

- DISSMEYER, G.E., FOSTER, G.R., 1980. *A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land*. Technical Publication SA-TP-11. USDA, Forest Service and Private Forestry Southeastern Area, 40 pp. Atlanta, Georgia (Estados Unidos).
- DISSMEYER, G.E.; FOSTER, G.R., 1983. Modifying the Universal Soil Loss Equation for forest land. En: *Soil Erosion and Conservation*, 480-495. Eds. S.A. EL-SWAIFY, W.C. MOLDENHAUER, L.O. ANDREW. Soil Conservation Society of America. Iowa (Estados Unidos).
- FERRER, C.; SAN MIGUEL, A.; OLEA, L., 2001. Nomenclátor básico de pastos en España. *Pastos*, **29**, 7-44.
- GOBIERNO VASCO, 1988. *Inventario Forestal 1986*. Ed. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 341 pp. ISBN 84-7542-624-7. Vitoria-Gasteiz (España).
- ICONA, 1988. *Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 40 pp. Madrid (España).
- MEYER, L.D.; JOHNSON, C.B.; FOSTER, G.R., 1972. Stone and woodchip mulches for erosion control on construction sites. *J. Soil Water Conserv.*, **27**, 264-269.
- NEIKER, 2000. *Estudio de la potencialidad ganadera de los pastizales de montaña en el Parque Natural de Urkiola*. Informe Técnico Inédito. Diputación Foral de Guipúzcoa, 131 pp. San Sebastián (España).
- NEIKER, 2002. *Plan Técnico para la Ordenación y Gestión de los Recursos Pascícolas en el Parque Natural de Aiako Harria*. Informe Técnico Inédito. Departamento de Agricultura y Medioambiente. Diputación Foral de Gipuzkoa. San Sebastián (España).
- RAUNKIER, C., 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford Clarendon press, 632 pp.
- RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; MCCOOL, D.K.; YOODER, D.C. (Coord.), 1997. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Loss Equation (RUSLE)*. Agriculture Handbook, N° 703. U.S. Department of Agriculture, 404 pp. Washington, D.C. (Estados Unidos).
- SIMANTON, J.R.; RAWITZ, E.; SHIRLEY, E.D., 1984. The effects of rocks fragments on erosion of semiarid rangeland soils. En: *Erosion and Productivity of Soils Containing Rock Fragments*, 65-72. Soil Sci. Soc. Amer., Spec. Publ. 13. Madison, WI (Estados Unidos).
- U.S.D.A. (U.S. Department of Agriculture), Natural Resources Conservation Service. 2002. *National Soil Survey Handbook*. (430-VI). (<http://soils.usda.gov/technical/handbook>).
- WELTZ, M.A.; RENARD, K.G.; SIMANTON, J.R. 1987. Revised Universal Soil Loss Equation for Western Rangelands. En: *Strategies for classification and management of native vegetation for food production in arid zones*, 104-111. Coords.: E.F. ALDON, C.F. GONZALES, W.H. MOIR. USDA Forest Service. GTR RM-150. Fort Collins, CO (Estados Unidos).
- WISCHMEIER, W.H., 1975. Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed areas. En: *Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources*, 118-140. Agricultural Research Service. USDA. ARS-S-40. (Estados Unidos).
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. 58 pp. USDA Agr. Res. Ser. Handbook, 537. Washington, D.C. (Estados Unidos).

PROPOSAL ON A METHODOLOGY TO EVALUATE THE POTENTIAL OF AN AREA TO BE USED AS A PASTURE. THE 'AIAKO HARRIA' NATURAL PARK

SUMMARY

The 'Aiako Harria' Natural Park is located in the northeastern corner of the Basque Country (northern Spain). So far, forestry appears to be the main activity carried out in this Park. The transformation of those areas covered by shrubs-ferns and ferns into pastures would allow to meet the nutritional needs of the cattle bred in that area, leading concomitantly to an increase in biological and landscape diversity.

In this work, the methodology used to choose the most appropriate areas to be converted into pastures, taking always into account that the rate of potential erosion, insofar as it is possible, must not be increased, is described. The method shown here is based on the Universal Soil Loss Equation (USLE) combined with the utilization of a Geographic Information System (SIG), which compelled us to map the soils and vegetation of the area. Likewise, every vegetation unit was thoroughly sampled so that the value of the protection factor corresponding to the plant cover of each unit could be determined.

Herbaceous biomass was estimated, finding out that it was insufficient to meet the nutritional needs of the cattle that regularly grazes in that area. Therefore, it was proposed to increase the surface of the Park covered by pastures. In order to do so, the new areas covered by pastures were chosen according to the following factors (among others): current use (shrubs, ferns, *Pinus radiata* D. Don, *Pinus nigra* J.F. Arnold and *Larix kaempferi* (Lam.) Carr. plantations), rate of potential erosion after pasture establishment (lower than 10 tonnes/ha/year), and the recommendations given by the local Natural Resources Regulation Plan (PORN) in this respect (i.e., the areas were cattle raising was envisaged in this Plan).

Key words: Erosión, USLE, pasture, GIS