

A APTITUDE DO SOLO NA AVALIACIÓN DE TERRAS PARA A PLANIFICACIÓN TERRITORIALDÍAZ MANSO, José Marcial;
SANTÉ RIVEIRA, Inés;
NIETO ZAS, Encarnación;Servizo de Estudos. Instituto de Estudos do Territorio Consellería de Medio Ambiente e Ordenación do Territorio, Xunta de Galicia. E-mail: jose.marcial.diaz.manso@xunta.gal

Resumo:

O *Plan Territorial Integrado da bacía hidrográfica do río Eume* (PTI do Eume) contempla entre os seus obxectivos protexer o medioambiente e favorecer a actividade económica con criterios de sustentabilidade

Definiuse un modelo de avaliación baseado no desenvolto pola *Food and Agriculture Organization (FAO)* no ano 1976, *A Framework for Land Evaluation*, para asignar a cada unidade territorial unha destas 7 categorías ou clases de terra obtidas a partir da tipificación dos 12 factores máis relevantes que condicionan a aptitude do solo na bacía do río Eume. Esta tipificación cartográfica da aptitude agroforestal ademais de empregarse como indicador da eficiencia na utilización do solo, (comparándoa cas dinámicas das coberturas do solo reflectidas en series cartográficas como o *Sistema de información de ocupación del suelo de España (SIOSE)*), empregouse para elaborar un modelo territorial composto por tres áreas de ordenación integral que segmentarán o territorio da bacía co obxectivo de facer unha ordenación e regulación "ad hoc" dos usos e actividades máis acordes a aptitude do solo co fin de optimizar a eficiencia do uso desde unha perspectiva territorial e sostible.

Palabras clave: solo, aptitude, agroforestal, terra, avaliación, eficiencia, territorio, planificación, sustentabilidade

Abstract:

The *Integrated Territorial Plan of the river basin of the Eume River (PTI of the Eume)* contemplates between its objectives to protect the environment and to favor the economic activity with criteria of sustainability. An evaluation model based on the development by the *Food and Agriculture Organization (FAO)* in the 1976, *A Framework for Land Evaluation*, was defined to assign to each territorial unit one of these 7 categories or classes of land obtained from the classification of the 12 most relevant factors which determine the aptitude of the soil in the Eume river basin. This cartographic classification of the agroforestry aptitude, as well as being used as an indicator of the efficiency in the use of soil, (comparing the dynamic cases of soil coverings reflected in cartographic series such as the *Spanish Land Use Information System (SIOSE)*), was used to produce a territorial model made up of three areas of integral management that will segment the territory of the basin with the objective of "ad hoc" regulation and regulation of the uses and activities more in agreement with the aptitude of the soil in order to optimize the efficiency of the use from a sustainable territorial perspective.

Keywords: soil, aptitude, agroforestry, land, evaluation, efficiency, territory, planning, sustainability, Galicia, Eume basin

1. Síntese

O *Plan Territorial Integrado da bacía hidrográfica do río Eume* (PTI do Eume) contempla entre os seus obxectivos protexer o medioambiente e favorecer a actividade económica con criterios de sustentabilidade promovendo un equilibrio territorial entre as súas compoñentes agrícola, gandeira, forestal, natural, hidrolóxica e paisaxística. Ademais ten

como vocación a de servir de base documental e cartográfica para os *Plans xerais de ordenación municipal* (PXOM).

Para apoiar este cometido, e como soporte na toma de decisións neste PTI, faise preciso un achegamento cartográfico a aptitude do solo desde o punto de vista agroforestal. Trátase polo tanto de caracterizar o solo en función da súa vocación ou capacidade de acollida dos diferentes usos e actividades co fin de avaliala desde unha perspectiva funcional focalizada na eficiencia na utilización da terra e na sustentabilidade territorial.

Nesta aproximación metodolóxica en primeiro lugar analizouse a dispoñibilidade e calidade da información cartográfica necesaria para caracterizar os distintos factores que afectan á aptitude ou capacidade produtiva do solo (pendente, altitude, profundidade, ...) para as actividades agroforestais implantadas na bacía.

Como resultado desta análise determinándose que con 12 factores sería posible acometer a tipificación da aptitude do solo para as actividades ou usos da terra que actividades ou usos da terra que se sintetizáronse en 7 categorías ou clases: cultivos de horta, cultivos forraxeiros, pastos permanentes, tres zonas forestais produtivas cuxas especies índice son : *pinus radiata* e *eucalyptus globulus*, *pinus pinaster* e *eucalyptus nitens* e *pinus sylvestris* e *pseudotsuga*, e una sétima zona forestal de función protectora con cobertura de bosque autóctono e mato.

A continuación definiuse un modelo de avaliación baseado no desenvolto pola *Food and Agriculture Organization* (FAO) no ano 1976, *A Framework for Land Evaluation*, para asignar a cada unidade territorial unha destas 7 categorías ou clases de terra obtidas a partir da tipificación dos 12 factores máis relevantes que condicionan a aptitude do solo na bacía do río Eume.

Esta tipificación cartográfica da aptitude agroforestal ademais de empregarse como indicador da eficiencia na utilización do solo, (comparándoa cas dinámicas das coberturas do solo reflectidas en series cartográficas como o *Sistema de información de ocupación del suelo de España* (SIOSE)), empregouse para elaborar un modelo territorial composto por tres áreas de ordenación integral que segmentarán o territorio da bacía co obxectivo de facer unha ordenación e regulación “*ad hoc*” dos usos e actividades máis acordes a aptitude do solo co fin de optimizar a eficiencia do uso desde unha perspectiva territorial e sostible.

2. Contexto e obxectivo

Contexto

Esta aproximación a aptitude agroforestal do solo enmarcase no *Plan Territorial Integrado da bacía hidrográfica do río Eume* (PTI do Eume). A análise fisiográfica e socioeconómica do ámbito debuxou un diagnóstico que en síntese se asenta sobre os seguintes eixos: un carácter marcadamente rural, un medio físico cunha alta potencialidade agroforestal, un territorio cunha estrutura da poboación avellentada distribuída de xeito irregular con amplas zonas despoboadas e unha presenza relevante de espazos naturais protexidos de alto valor natural que ocupan máis do 40% da superficie do ámbito sendo relevante polos servizos *ecosistémicos* que ofrecen e polo potencial que posúen para xerar rendas complementarias á poboación residente.

Estas características definidoras do ámbito fan preciso dun modelo territorial que teña en conta a diversidade e a potencialidade do medio físico así como a capacidade de acollida

dos distintos usos tal que sirva de referencia para a posta en marcha de diferentes estratexias de desenvolvemento. Este modelo territorial será a base para a planificación que se levará a cabo desde os diferentes instrumentos de ordenación territorial, e particularmente desde este *PTI do río Eume* e dos *Plans xerais de ordenación municipal (PXOM)* desta cunca.

O modelo territorial do *PTI do río Eume* formalízase mediante a identificación e caracterización de ámbitos territoriais, estratexias desenvolvidas sobre elementos territoriais singularizados, a definición de indicadores de sustentabilidade e a formulación de criterios que orientan a ordenación das actividades e usos. Para a delimitación destas áreas, e como soporte á toma de decisións, precisouse dun achegamento cartográfico á aptitude ou potencialidade do solo desde o punto de vista agroforestal tal e como se propón nas *Directrices de ordenación do territorio (DOT)*.

Así, a determinación 3.3.2. establece que: ... a Xunta de Galicia cartografará as zonas do territorio de maior aptitude agrogandeira e forestal, tendo en conta, entre outros criterios, as condicións edafoclimáticas, orografía, usos actuais e evolución pasada, os valores culturais asociados a estruturas e usos, a presenza de explotacións agrogandeiras e forestais, e a consideración dos distintos aproveitamentos forestais ...

Obxectivo

Planificar e regular os usos no territorio da cunca do río Eume de forma sostible promovendo medidas de desenvolvemento rural que fagan un uso da terra eficiente segundo a aptitude agroforestal do solo.

3. Material e métodos

Para o desenvolvemento metodolóxico deste modelo territorial da aptitude agroforestal optouse por definir un propio baseado no proposto desde a *Food and Agriculture Organization (FAO 1976)* que se estrutura nas seguintes fases :

determinación dos factores que condicionan a aptitude do solo das clases de uso da terra,

determinación das clases ou categorías de utilización ou uso da terra,

avaliación das clases de usos de terra segundo os factores que condicionan a aptitude solo, cuantificación do peso dos factores da aptitude do solo para cada una das clases de uso da terra,

elaboración dos mapas de limitacións da aptitude do solo para cada clase da terra e laboración do mapa de aptitude para as 7 clases de terra.

A continuación desenvolverase cada unha destas fases no contexto do *Plan Territorial Integrado da bacía do río Eume, (PTI do río Eume)* e expónse unha breve discusión metodolóxica.

Determinación dos factores que condicionan a aptitude do solo das clases de uso da terra

Cada clase de uso ou utilización da terra esixe diferentes condicións agronómicas, ambientais, socioeconómicas e de manexo para que a súa explotación sexa sustentable e economicamente rendible.

Na actualidade a aptitude do solo para os usos agroforestais depende cada vez menos dos factores edafolóxicos. A mellora xenética, a capacidade de emendar as condicións naturais dos solos, etc..., fan que os factores máis restritivos para a implantación dun cultivo ou

aproveitamento sexan máis de carácter político, económico ou medio ambiental. Entre os factores inicialmente identificados para unha caracterización óptima da aptitude do solo, seleccionáronse aqueles cuxa avaliación era posible coa información dispoñible nas bases de datos cartográficas existentes no *Instituto de Estudos do Territorio* (IET).

Segundo *Díaz Fierros, F e Gil Sotres, F. (1984)* os factores relacionados coa capacidade produtiva do solo pódense clasificar en dous tipos: os moi dificilmente mellorables, entre os que se atopan a capacidade de mecanización, de enraizamento e a temperatura, e os mellorables, como a dispoñibilidade de nutrientes ou o réxime hídrico.

Os factores non mellorables son básicos e deben ser cartografados con precisión pois son os máis estables e determinantes para caracterizar a capacidade produtiva do solo. Como criterio xeral, e segundo as fontes bibliográficas consultadas, recoméndase a utilización de 5 a 15 factores para a avaliación da capacidade produtiva dos solos, tendo en conta que cantos máis factores se incorporen, maior será o custo do sistema e maior a dificultade para explicar os resultados (*Pease e Coughlin, 1996*).

Neste caso seleccionáronse 12 factores tendo en conta a consistencia e escala, pouco correlacionados e soportados por fontes de datos robustas contemplándose tres grandes grupos: os relacionados coa produtividade do solo (orografía, alterabilidade da rocha, ...), os relativos á actividade ou cobertura do solo (cobertura actual e histórica) e os vinculados os riscos para o medio ambiente.

Os factores relativos á orografía normalmente non son facilmente modificables, permanecendo invariables ao longo do tempo. Os relativos á cobertura do solo reflicten a existencia de determinados usos no territorio, o cal “presupón” a potencial aptitude deses solos para eses usos e normalmente un custe de implantación para un uso diferente. E os factores referidos a riscos para o medio ambiente son aqueles que resaltan aspectos ou ciclos naturais ou hidrolóxicos que se poden ver afectados por certos usos.

Con respecto o primeiro grupo de factores, o relativo á produtividade do solo, tivéronse en conta os seguintes:

a pendente (correlacionado ca capacidade de enraizamento das plantas, a profundidade do solo, o risco de erosión, a aptitude para a mecanización e a retención de auga dos solos;

a alterabilidade do solo (condiciona a fertilidade dos solos, a súa profundidade e a capacidade de enraizamento das plantas así, as rochas máis alterables producen solos máis profundos e fértiles, mentres que as menos alterables producen solos menos profundos condicionando a viabilidade dalgúns cultivos);

a profundidade do solo (ligado a capacidade de enraizamento das plantas, o desenvolvemento vexetativo, a fertilidade e a capacidade para a retención de auga;

a orientación (afecta a humidade e a intensidade luminosa que reciben os cultivos e a vexetación en xeral); a altitude (correlacionada co período libre de xeadas o cal é un factor determinante na implantación, viabilidade e rendemento económico de moitas especies vexetais).

No referente ao grupo de factores relacionados coa actividade ou uso levado a cabo no territorio consideráronse tres aspectos:

a proximidade a zonas de asentamento,

o uso actual do solo (segundo o mapa dos usos do solo da cunca do río Eume (IET 2014)

e a cartografía do (SIOSE 2011) e o uso histórico do solo (obtido mediante fotointerpretación do voo americano de 1956).

Por último o grupo de factores referidos os riscos ambientais trata de cubrir principalmente o espazo da *sustentabilidade* territorial que os outros dous puideran non contemplar. Seleccionáronse os seguintes factores:

as zonas de especial relevancia hidrolóxica, as zonas con risco de erosión, as zonas de alto valor natural (en concreto a zona 1 da Rede Natura 2000) e zonas con risco de contaminación (zonas con alta concentración de nitritos segundo información obtida do plan hidrolóxico).

Determinación das categorías ou clases de utilización da terra

Os requerimentos propostos para a determinación das clases de utilización da terra que serán cartografados foron son as seguintes: ser un uso actual importante en termos de superficie, ser un uso relevante desde o punto de vista socio económico, ser un uso sustentable desde o punto de vista medio ambiental e por último dispoñer de información sobre os factores que condicionan a aptitude do solo para es clase ou categoría de uso.

Para a determinación destes usos tomouse como base a información sobre aproveitamentos da terra reflectida no *Anuario de Estadísticas Agrarias de Galicia* e no *Sistema de Información da Ocupación do Solo de España en Galicia (SIOSE)*, chegándose á conclusión de que cas seguintes 7 clases abarcábase toda a diversidade dos usos agroforestais existentes na cunca.

Estas categorías son as seguintes:

cultivos de horta (pataca, verza, tomate, viñado, maceiras,...) enfocados ao mercado ou ao autoconsumo, cultivos forraxeiros (pradeira, o millo, o *ray grass*, etc., e outros como grelo, trigo, etc.),

pastos permanentes (prados e pasteiros que soportan a alimentación animal baixo sistemas de manexo extensivos),

forestal produtor cuxas especies máis representativas son *pinus radiata* e *eucalyptus globulus*, (destino madeireiro e requirimentos climáticos máis esixentes),

forestal produtor cuxas especies máis representativas son *pinus pinaster* e *eucalyptus nitens*, (con destino madeireiro e menos esixentes en recursos climáticos que as anteriores),

forestal produtor cuxas especies máis representativas son *pinus sylvestris* e *pseudotsuga*, (con destino madeireiro e susceptibles de ser implantadas en zonas con maiores limitacións climáticas),

e por último, forestal protector con cobertura de bosque autóctono ou mato e cun papel moi importante na conservación da biodiversidade e dos recursos hidrolóxicos).

Avaliación das clases de usos de terra segundo os factores que condicionan a aptitude solo

En liñas xeras, aínda que poden existir solapes en determinadas zonas da cunca a orde de maior a menor esixencia en termos de aptitude do solo para as 7 categorías de uso propostas é a seguinte: cultivos de horta, cultivos forraxeiros, pastos permanentes (prados e pasteiros), forestal produtor (*pinus radiata* e *eucalyptus globulus*), forestal produtor (*pinus pinaster* e *eucalyptus nitens*), forestal produtor (*pinus sylvestris* e *pseudotsuga*) e forestal protector (bosque autóctono e mato).

Os criterios empregados para puntuar ou cuantificar a influencia de cada un dos 12 factores seleccionados na aptitude para as 7 clases de usos propostos descríbense a continuación.

En canto a pendente, as zonas máis chas presupóñense máis aptas para os usos máis demandantes de solos profundos e fértiles como é o caso dos cultivos de horta e os forraxeiros. Límitanse estes usos en pendentes maiores do 20%. Considerase esta porcentaxe como un limiar por riba do cal se poderían favorecer procesos de erosión se as labores sobre o solo fosen continuadas.

Para outras clases de usos modúlanse numericamente a súa aptitude a pendentes maiores pero non se limitan eses usos en función da mesma.

No referente o factor alterabilidade do solo a aptitude é maior nos solos máis alterables, máis fértiles, polo que se propoñen estes solos para os cultivos de horta e forraxeiros e modúlase para o resto dos usos. Con respecto a profundidade do solo a aptitude é maior nos solos máis profundos xa que estes favorecen a capacidade de enraizamento das plantas polo que se propoñen estes solos para os cultivos de horta e forraxeiros. A orientación afecta a aptitude de forma que é maior nas zonas de máxima radiación solar: sur, sueste e suroeste.

Considerase que a aptitude agroforestal diminúe na cunca por riba dos 700 m de altitude xa que o clima se estrema, diminuíndo o período libre de xeadas limitando o desenvolvemento vexetativo dalgunhas especies como certos cultivos de horta e algunhas especies forestais (*eucalyptus globulus*, ...).

Nas zonas de especial relevancia hidrolóxica restrínxese a aptitude para os usos máis demandantes de auga como son os cultivos de horta ou os forraxeiros polo seu potencial impacto nesta función.

Nas zonas con risco de erosión a aptitude para os usos que requiren arado continuo da terra, como os cultivos de horta ou os forraxeiros, diminúe a aptitude e favorécese a clase pastos permanentes e o bosque protector nestes solos.

Nas zonas de alto valor natural a aptitude para as clases de uso cultivos ou forestal produtor, máis esixentes, límitanse substancialmente favorecendo o uso forestal protector ou pastos permanentes. Nas zonas con risco de contaminación a aptitude para as clases de usos máis demandantes de abonados ou tratamentos *fitosanitarios* é menor.

Nas zonas máis próximas os asentamentos da poboación a aptitude para os cultivos, especialmente os de horta, é maior e límitase drasticamente para os usos arborados por ser estes solos de alta aptitude e por supoñer o arborado un incremento do risco de incendios. No referente o uso actual do solo asúmese que a existencia dun uso actual reflicte a aptitude do solo esa clase de uso da terra.

A aptitude é maior nas zonas onde o uso actual é cultivos e propóñense estas zonas para os cultivos de horta e os forraxeiros. Pola contra, enténdese que a aptitude é menor nas zonas actualmente ocupadas por arboredo ou mato e propóñense estas zonas as clases forestais.

Por último, no que se refire o uso histórico do solo asúmese que a existencia dun uso histórico reflicte a aptitude do solo esa clase de uso da terra. A aptitude é maior nas zonas onde o uso histórico era terra arable e proponse para estas zonas os cultivos de horta e os forraxeiros. Pola contra, a aptitude é menor nas zonas onde o uso histórico era mato ou

arboredo e proponse no modelo da aptitude agroforestal desenvolto estas zonas para as clases de uso forestais.

Cuantificación do peso dos factores da aptitude do solo para cada una das clases de uso da terra

Para esta tarefa empregouse como método de avaliación o sistema de puntuación da limitación empregado por *Triantafylis et al. (2001)*. Este sistema cuantifica o grao de limitación de cada factor para cada uso o categoría da terra proposto. Define cinco graos de limitación (0,1,3,9 e 27) que expresan a influencia (limitación) dun determinado factor na aptitude do solo para cada categoría de uso da terra.

A determinación da puntuación do grao de limitación das categorías de usos da terra realizouse mediante revisión bibliográfica e consultas a expertos. A información bibliográfica dispoñible sobre os requirimentos dos factores para cada tipo de utilización, sobre todo no que se refire ás calidades socioeconómicas, é escasa e normalmente non extrapolable dun ámbito a outro, polo que o emprego do coñecemento de expertos locais é o máis empregado.

Aplicando fundamentalmente o coñecemento experto definiuse un cadro de puntuacións a partir do cal se elaborará un mapa *raster* continuo de aptitude para cada una das 7 categorías de usos da terra propostas. A modo de exemplo amosase a continuación a táboa de ponderación para a clase ou categoría : cultivos forraxeiros.

Táboa 1.1. Clase de aptitude. Opcións A1, A2 e A3

Cultivos forraxeiros	Clase de aptitude	A1: apto sen limitación	A2: apto con limitacións débiles	A3: apto moderadamente
Uso gandeiro	Grado de limitación: puntuación de limitación	Ningún: 0	Débil: 1	Moderado: 3
Produc-tividade Do solo	Pendente	0 - 3 %	3 - 10%	10 - 20%
	Alterabilidade do solo	Xistros-rochas básicas-ultrabásicas	Sedimentos-rochas graníticas	Lousas e rochas similares
	Profundidade do solo	maior	media	menor
	Altitude	Menor de 700 m		
	Orientación	Superficies planas e as orientacións Sur, Sureste ou Suroeste: Sur		
Zonas: Medio Ambiente	Especial relevancia hidrolóxica	fora		
	Risco de erosión	Moi baixo	baixo	
	Alto valor natural	non		
	Risco de contaminación	Moi baixo, baixo, medio, alto	Moi alto	
Actividade ou Cobertura Do solo	Proximidade a asentamentos da poboación	todas		
	Uso actual do solo	Terra arable	Prado-pasteiro	Mato - arborado repoboación
	Uso histórico do solo	agrícola	mato	

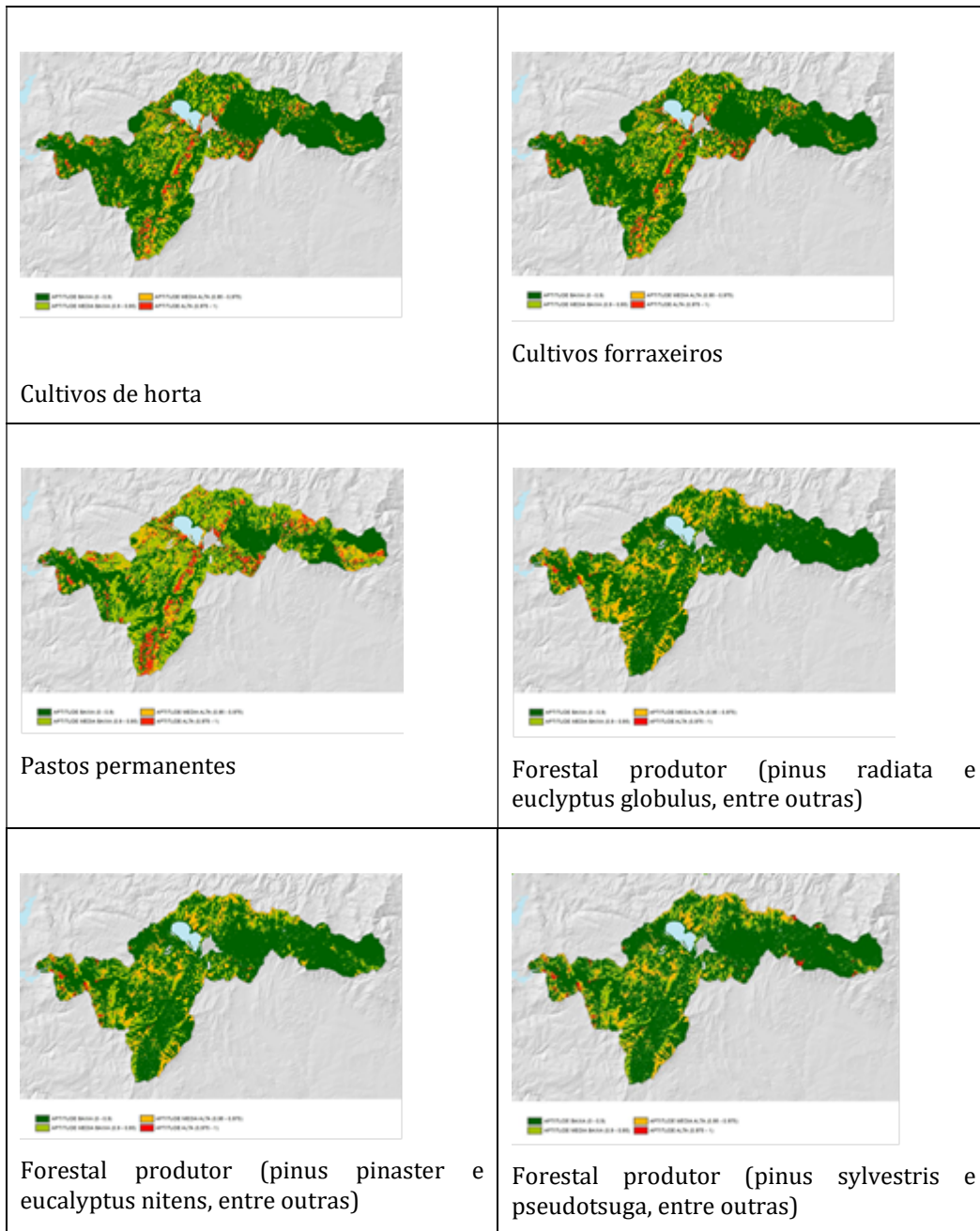
Táboa 1.2. Clase de aptitude: Opcións N1 e N2

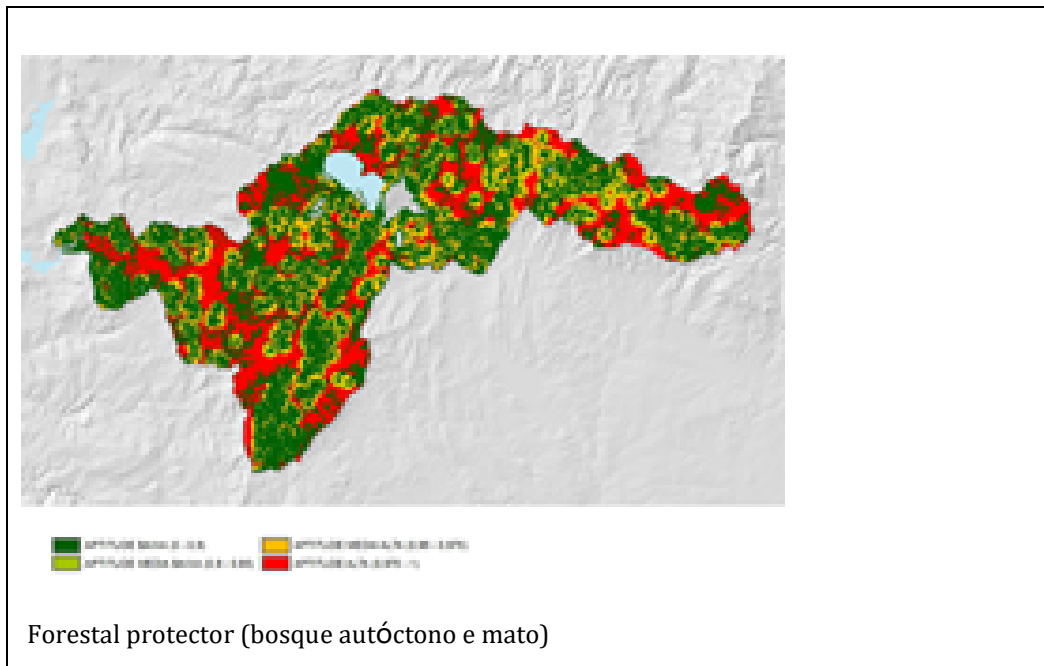
Cultivos forraxeiros	Clase de aptitude	N1: Non apto actualmente	N2: Non apto permanentemente
Uso gandeiro	Grado de limitación: puntuación de limitación	Severo: 9	Moi severo: 27
Productividade Do solo	Pendente	20 - 35%	Maior de 35%
	Alterabilidade do solo	cuarcitas	
	Profundidade do solo		
	Altitude	Maior de 700 m	
	Orientación		
Zonas: Medio Ambiente	Especial relevancia hidrolóxica		dentro
	Risco de erosión		Medio, alto, moi alto
	Alto valor natural		sí
	Risco de contaminación		
Actividade ou Cobertura Do solo	Proximidade a asentamentos da poboación		
	Uso actual do solo		Arborado natural - artificial - auga
	Uso histórico do solo		Arborado - artificial - auga

Elaboración dos mapas de limitacións da aptitude do solo para cada clase ou categoría da terra

Os mapas continuos normalizados da aptitude para estas 7 clases obtivéronse a partir da avaliación mediante a puntuación da limitación acumulada para os 12 factores, utilizando a seguinte función lineal : $\mu = (d-x) / (d-c)$, onde: μ é a aptitude do solo de cada cela para a clase da terra avaliada, x é a puntuación de limitación acumulada nesa cela e c e d son respectivamente o valor mínimo e máximo da puntuación de limitación acumulada para esa clase de uso ou categoría. A efectos de normalización empregouse unha función lineal.

Os resultados cartográficos amósanse a continuación reflectindo a potencialidade do territorio para acoller as diferentes clases de uso da terra.





Elaboración da mapa de aptitude para as 7 clases de terra

Esta fase consistiu na asignación das diferentes categorías da terra a cada unidade territorial da cunca. Existen múltiples técnicas para a asignación dunha clase de uso da terra a unha unidade territorial, sen embargo, a complexidade deste problema é moito maior cando se trata de localizar simultaneamente múltiples clases de usos da terra incompatibles entre si nun ámbito determinado polo que a selección do método é importante.

O deseño dun mapa óptimo de clases de usos da terra debe tratar de conciliar os múltiples intereses conflitivos de xeito tan racional e transparente como sexa posible, o cal entre outras cousas, implica avaliar a asignación de clases de usos da terra ás unidades territoriais, non só en relación á súa aptitude para as diferentes clases usos senón que tamén en función da distribución espacial destas clases de usos da terra no territorio.

Para apoiar a resolución deste tipo de problemas con obxectivos múltiples e conflitivos soen empregarse técnicas baseadas na avaliación multicriterio ou algoritmos de optimización. Neste caso, para a asignación das 7 clases de usos ás unidades territoriais (*pixels* ou celas) empregouse o algoritmo descrito en *Santé Riveira et al. (2008)*.

Trátase dun algoritmo baseado no *simulated annealing* que optimiza a asignación das unidades territoriais a un conxunto de posibles clases de usos da terra en función da aptitude do solo para esas clases e da compactación das áreas asignadas a unha mesma clase de uso. Este algoritmo obtén o valor óptimo para unha función obxectivo composta por dous termos: un que maximiza a aptitude global das unidades territoriais para as

clases de usos da terra que lles son asignados e outro que maximiza a compactación das rexións asignadas a cada clase uso.

Para a elaboración deste *mapa de aptitude agroforestal das 7 clases de uso* introducíronse como datos de entrada neste algoritmo os mapas de limitacións da aptitude para cada clase uso da terra calculados segundo o descrito no apartado anterior e unhas condicións (restricións) as superficies desexadas para cada clase uso da terra no futuro *PTI do río Eume*.

Estes condicionantes as superficies requiridas para cada clase de uso da terra no mapa final foron determinadas en función das necesidades de terra para cada clase detectadas e determinadas no diagnóstico territorial inicial e apoiado na información das superficie destinadas actualmente a cada unha das clases de terra segundo o *Anuario de Estatística Agraria de Galicia* e o *IV Inventario Forestal Nacional (IFN)*.

Como consecuencia do diagnóstico territorial inicial determinouse que a superficie ocupada por cultivos de horta, cultivos forraxeiros e prados e pasteiros debería conservarse e incrementarse preferentemente sobre zonas de mato debido as necesidades de superficie agraria útil das explotacións, a superficie forestal con función protectora ocupada polo bosque autóctono debería conservarse y promoverse pola zonas próximas ocupadas por mato e preferentemente por especies da especie *Eucalyptus globulus* e a superficie forestal con función produtora debería manterse, preferente nas zonas de aptitude menor para cultivos, e expandirse por zonas con cobertura actual de mato de boa aptitude para esta clase de uso da terra.

A continuación amósanse a información relativa as clases de uso actuais: cultivos de horta 3,68 %, cultivos forraxeiros 8,72 % , prados e pasteiros 6,98 % , forestal produtor (*P. radiata*, *E. globulus*, ...) 16,88 % , forestal produtor (*P. pinaster*, *E. nitens*, ...) 9,00 % , forestal produtor (*P. sylvestris*, *Pseudotsuga*, ...) 1,00 % , bosque autóctono 21,00 % , artificial e auga 5,00 % e mato 27,74 %.

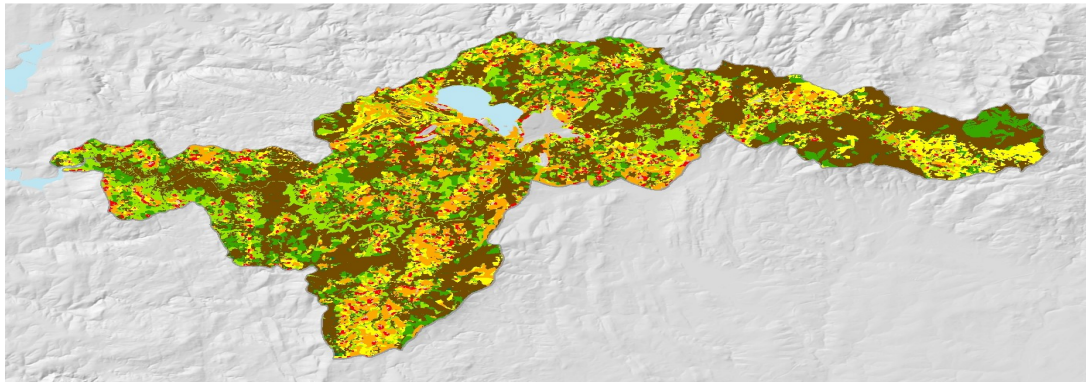
Así e conforme o descrito anteriormente asignóuselle a cada clase de uso no mapa final a súa superficie actual máis aquela que resultou de distribuír o 27,74% de superficie de mato entre as 7 categorías ou clases de usos da terra propostas nas seguintes proporcións: un 10% para cultivos forraxeiros, un 15% para prados e pasteiros, un 7% para forestal produtor e un 68% para bosque autóctono e mato.

Esta distribución deu lugar ás superficies obxectivo que se obterán no mapa de aptitude agroforestal final : cultivos de horta 3,68 %, cultivos forraxeiros 11,50 % , prados e pasteiros 11,14 % , forestal produtor (*P. Radiata* e *E. Globulus*, entre outras) 17,43 % , forestal produtor (*P. Pinaster* e *E. Nitens*, entre outras) 10,11 % , forestal produtor (*P. Sylvestris* e *Pseudotsuga*, entre outras) 1,28%, forestal protector (Bosque autóctono e mato) 39,86 % e artificial e auga 5,00 %.

En canto os parámetros para a execución do algoritmo determinouse asignarlle o mesmo peso a todas as clases ou categorías da terra e con respecto á función obxectivo a optimizar, acordouse asignar un peso de 0,8 á aptitude e un peso de 0,2 á compactación, xa que se comprobou empiricamente que esta ponderación permite acadar unha axeitada distribución espacial das clase de usos da terra sen apenas reducir o valor global obtido para a aptitude do solo no territorio da cunca.

Deste xeito, asignouse a cada cela ou unidade territorial (*pixel*) unha clase de uso da terra en función da súa aptitude do solo idónea co fin de acadar unha eficiencia máxima na aptitude do solo, baixo os criterios de sustentabilidade de partida establecidos no

diagnóstico territorial e segundo as restricións de superficies óptimas destinadas a cada clase de uso da terra. O resultado cartográfico representa a distribución espacial das 7 clases usos da terra que optimiza a eficiencia global na utilización do territorio desde o punto de vista agroforestal, hidrolóxico e medio ambiental no ámbito do PTI do río Eume.



■	CULTIVOS DE HORTA: hortícolas, froiteiras e outros
■	CULTIVOS FORRAXEIROS: millo, pradeiras e outros
■	PASTOS PERMANENTES: prados e pasteiros
■	FORESTAL PRODUCTOR: pinus radiata, eucalyptus globulus e outras
■	FORESTAL PRODUCTOR: pinus pinaster, eucalyptus nitens e outras
■	FORESTAL PRODUCTOR: pinus sylvestris, pseudotsuga e outras
■	FORESTAL PROTECTOR: bosque autóctono e mato

Discusión metodolóxica

Estratificar o territorio en función da aptitude agroforestal do solo é unha ferramenta imprescindible para facer unha regulación de usos máis eficiente desde unha perspectiva da diversidade, sustentabilidade e funcionalidade territorial.

A selección dos factores que caracterizan un modelo de aptitude agroforestal do solo debe ter como premisa principal a dispoñibilidade e consistencia das fontes de datos que os van a soportar, así como o grao de correlación existente entre eles co fin de facelo máis operativo, sinxelo e comprensible. Neste senso é mellor empregar menos factores soportados por fontes máis precisas que moitos cun alto grao de correlación e soportados por fontes menos robustas. A escala e a resolución dos datos empregados débese ter en conta a hora de interpretar e avaliar os resultados obtidos.

Os modelos de aptitude agroforestal do solo deben ofrecer unha caracterización funcional da terra acorde os obxectivos propostos para un territorio dado. Cos datos existentes e a tecnoloxía actual estes modelos deben estar enfocados a obxectivos e necesidades concretas.

Poderá haber tantos modelos como obxectivos se teñan proposto. Diferentes autores con diferentes obxectivos poden aportar distintos modelos para apoiar os procesos de toma de decisións no ámbito da planificación e a ordenación territorial. Facendo unha asimilación entre a aptitude e a temperatura, poderíamos dicir esta última é susceptible de ser medida con precisión en termos absolutos e existen diferentes escalas ben definidas para facelo como é a *Celsius*, a *Kelvin* ou a *Fahrenheit*.

Con respecto a variable aptitude do solo non existen escalas de medida estandarizadas, polo tanto os modelos desenvoltoos deben estar enfocados a apoiar procesos de toma de

decisión para casos concretos e obxectivos definidos, sendo a súa homologación una tarefa non desenvolvida de forma definitiva pola comunidade científica, polo que nos movemos no ámbito dos valores relativos. Para o control de calidade dos resultados e preciso empregar métodos baseados na “*verdade terreo*” aplicando técnicas de mostraxe dirixidas as zonas limitadas máis conflitivas con fin de abaratar o seu custe.

Unha aproximación multidisciplinar a aptitude do solo mediante a incorporación de factores socioeconómicos como a distancia a núcleos de poboación ou a ríos, as zonas sometidas a procesos de concentración parcelaria, o tamaño das parcelas, etc; poden máis interesantes para ser empregadas como factores externos para apoiar a toma decisións, ben como restricións, condicións, bonificacións ou penalizacións, que como factores que alimenten o modelo territorial. Incluílos dentro dun análise multicriterio xerarquizado pode, ou non, favorecer a interpretación e a funcionalidade do mesmo segundo a súa coherencia e o obxectivo a acadar.

É importante subliñar que a asunción que se fai neste modelo da correlación existente entre a pendente e a profundidade do solo ten limitacións pois sobrevalora a aptitude nas zonas altas de cumios que presentan unha orografía plana, onde realmente os solos son pouco profundos, e penaliza aquelas que a igual pendente se encontran no fondo das ladeiras, con respecto as que están a cotas superiores.

A integración da aptitude agroforestal en bases de datos vectoriais como as do catastro ou as de coberturas do solo pode aportar funcionalidade, aplicando estimadores como a media, a mediana ou a moda a nivel recinto/parcela, sempre e cando o tamaño destas unidades espaciais non sexa demasiado grande.

Este aspecto é especialmente relevante en modelos que pretenden soportar decisións no ámbito de planificación municipal, e dicir, a escalas grandes como 1:5.000 ou maiores, onde as parcelas son unidades obxectivo de posterior clasificación.

Posiblemente se fai necesaria unha revisión destas zonas (parcelas/recintos de gran tamaño) e definir algún procedemento que corrixa a posible desviación que poida cometer o algoritmo en parcelas grandes e moi heteroxéneas. Sen embargo, o caracterizar os recintos ou as parcelas (*vector*) ca media/mediana/maioría das celas (*raster*) de información sobre a aptitude pode ter un efecto homoxenizador e simplificador moi interesante a nivel operativo, facilitando ter nunha mesma base de datos cartográfica información sobre a aptitude agroforestal, a cobertura, a propiedade, etc.

Por outra banda, é importante resaltar que a escalas onde o variabilidade climática (moi correlacionada ca altitude no ámbito de estudo) e moi escasa pode ser interesante minimizar o seu peso no modelo e incrementar o peso de outros factores máis relacionados ca capacidade produtiva do solo como pode ser o uso actual ou histórico dos que existen fontes de datos mais robustas.

Unha das fontes de información empregadas neste modelo foi a dispoñible no *Mapa de Capacidad Productiva de los Suelos de Galicia de Díaz Fierros, F y Sotres F. 1982*. Un activo importante desta cartografía debido o traballo de campo realizado referente a profundidade do solo, aínda que a escala non sexa de moito detalle, (eiva de datos que segue sen acometerse en Galicia).

4. Resultados

Con respecto a funcionalidade desta cartografía da aptitude agroforestal do solo no ámbito do PTI do Eume, ademais de ser susceptible de ser empregada como indicador de eficiencia no uso do solo (comparándoa coas dinámicas reais do uso do solo reflectidas en

fontes cartográficas como SIOSE, IFN, etc.), empregase como base para a delimitación das áreas de ordenación integral neste co fin de segmentar o territorio e optimizar a súa planificación e regulación.

Para esta función agrupáronse as 7 categorías de aptitude da terra en tres:

agropecuaria (que inclúe a terra arable: cultivos de horta e forraxeiros e os pastos permanentes),

forestal produtor (que inclúe as 3 clases cunha maior potencialidade para o uso forestal produtor)

e forestal protector (que inclúe a clase cunha maior aptitude para un uso de conservación e protección ambiental).

Este modelo de aptitude agroforestal agregado, ponderado cun mapa de elementos hidrolóxicos críticos enfocado cara á conservación dos recursos hídricos e a conectividade (*Albite Díaz, Ramiro*), emprégase de base para definir o modelo territorial do PTI do río Eume constituído por 3 áreas de ordenación integral :

a área da infraestrutura verde,

a área de ordenación rural agropecuaria e asentamentos

e a área de ordenación rural forestal sobre a que se propoñen e regularán as usos ou actividades en función da capacidade de acollida do solo para cada una delas.

Así a modo de síntese, os usos ou actividades propios de área denominada de *ordenación integral infraestrutura verde* serán todos aqueles que permitan ou propicien a conservación e a potenciación dos servizos *ecosistémicos* que caracterizan esta área polo que conservarse e fomentarse a superficie ocupada polo bosque autóctono e a vexetación natural, propiciando a rexeneración arbórea e, de ser o caso, a repoboación con especies de frondosas autóctonas aplicando medidas de conservación e mellora ambiental.

Garantirase nesta área a conservación e a restauración da vexetación de ribeira ao longo dos cursos fluviais e as masas de auga, seguindo os criterios descritos na medida, *US-f-041 Conservación de bosques de ribeira*, e a extensión transversal do bosque de ribeira será maior canto maior sexa a pendente.

Manteranse e restauraranse os humidais polas súas funcións hidrolóxicas e medioambientais. Conservaranse e favoreceranse as sebes nas marxes dos campos de cultivo, valados, infraestruturas viarias e na rede hidrográfica segundo os criterios descritos na medida *US-a-03 Conservación e restauración de sebes*.

Manteranse e promoveranse as parcelas ocupadas por prados e pasteiros xa que polo seu carácter permanente contribúen á mellora da biodiversidade e dos valores paisaxísticos, así como pola súa función produtiva de forraxe e protectora contra os lumes, sempre que non supoñan unha diminución substancial da superficie ocupada polo bosque autóctono ou un impacto sobre os hábitats do anexo I da *Directiva 92/43/CEE e as poboacións de especies de interese para a conservación*.

Na área denominada de *ordenación rural agropecuaria e asentamentos* os usos propios serán os relacionados coa actividade agrícola e gandeira, tales como a produción de alimentos, forraxe e a cría de gando, os cales deberán ser potenciados polo que fomentaranse as prácticas que favorezan a implantación de cultivos, nomeadamente aqueles de tipo ecolóxico, así como a aplicación de medidas agroambientais como a

naturalización —*greening*—, a eco condicionalidade e os criterios derivados do *Código de Boas Prácticas Agrarias*.

Nesta área, debido á súa alta potencialidade agrícola, procurarase o mantemento e expansión da superficie de cultivos para o consumo humano ou forraxeiros. Así mesmo, manteranse e promoveranse as parcelas ocupadas por prados e pasteiros seminaturais polo seu carácter permanente de cara á mellora da biodiversidade e dos valores paisaxísticos. A estes efectos, os mapas de aptitude para cultivos de horta, forraxeiros ou prados e pasteiros sinalan as zonas de maior aptitude para estes usos da terra.

Procurarase preservar os exemplares, bosques e bosquetes de masas arboradas adultas de frondosas polo seu valor natural e paisaxístico e favoreceranse as sebes nas marxes dos campos de cultivo, valados, infraestruturas viarias e na rede hidrográfica, así como as pantallas vexetais, a vexetación orla e de ribeira.

Fomentarase os elementos lineais mediante especies arbóreas e arbustivas, especialmente as frondosas autóctonas, para conformar nestes espazos o ambiente máis natural posible segundo os criterios descritos na medida *US-a-034 Conservación e restauración de sebes*. Os 3 mapas de aptitude para usos cultivos de horta, cultivos forraxeiros e pastos permanentes sinalan as zonas máis aptas para as distintas clases de uso da terra co fin de aproximar os requirimentos das especies ás características dos solos e optimizar a eficiencia na súa utilización.

Por último na área denominada de *ordenación rural forestal* os usos propios desta área serán os relacionados coas actividades silvícolas e de aproveitamento dos recursos forestais, incluídos os madeireiros e os non madeireiros (pasteiros, actividade cinexética, apícola e produtos complementarios do bosque como as cortizas) así como as actividades recreativas extensivas. Manterase e promoverase a expansión da superficie forestal arborada.

Os 3 mapas de aptitude para usos forestais sinalan as zonas máis aptas para distintos grupos de especies co fin de aproximar os requirimentos das especies ás características dos solos e optimizar a eficiencia na súa utilización.

Fomentaranse as prácticas que favorezan a implantación de certificacións forestais, así como a aplicación de medidas agroambientais que favorezan a compatibilidade da produción forestal, a biodiversidade e a paisaxe.

Manteranse e promoveranse as parcelas ocupadas por prados e pasteiros seminaturais permanentes pola súa produtividade, contribución a mellora da biodiversidade e dos valores paisaxísticos, así como pola súa función protectora contra os lumes, promovendo os sistemas silvopastorais.

Referencias

- California Department of Conservation. 1997. California Agricultural Land Evaluation and Site Assessment Model. Instruction Manual. California: California Department of Conservation.
- Corbelle, E. 2010. Abandono da Agricultura e Cambios na Cuberta do Solo: Aplicación de Fotografía Aérea Histórica, Modelos de Regresión Loxística e Sistemas de Axuda á Decisión para o Planeamento Territorial na Comarca da Terra Chá (Lugo). Tese de doutoramento. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.

- Díaz Fierros, F., Gil, F. 1984. Capacidad Productiva de los Suelos de Galicia. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation.
- Santé Riveira, I., Crecente Maseda, R. 2005, Evaluación de métodos para la obtención de mapas continuos de aptitud para usos agroforestales. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, 5, 40-68.