

PRÁCTICA 1. ORDENACIÓN DEL USOS DEL SUELO RURAL EN LA COMARCA DE TERRA CHÁ

EJERCICIO 1. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE LA TIERRA

Este ejercicio se van a utilizar las técnicas disponibles en el Módulo de Evaluación de Tierras de OpenRules para la obtención de mapas de aptitud de la comarca de Terra Chá (Galicia) para los siguientes usos: maíz, trigo, otros cereales, patata, hortalizas, frutales, forrajes verdes plurianuales, otros cultivos forrajeros, prados, pastizales, eucalipto, resinosas y frondosas caducifolias. A continuación se define con precisión cada uno de estos usos.

- **Maíz:** incluye el maíz cuyo destino principal es el consumo animal del grano y aquel recolectado para consumo en verde como cultivo forrajero.
- **Trigo:** trigo blando para la producción de grano.
- **Otros cereales:** el centeno y la avena son los únicos que se cultivan en la comarca según las estadísticas (SDC-Xunta de Galicia, 2003).
- **Patata:** incluye tanto las patatas cultivadas en tierra de labor como las patatas en cultivo hortícola.
- **Forrajes verdes plurianuales:** corresponden a las praderas artificiales, constituidas en la zona por ray-grass italiano, ray-grass inglés, ray-grass híbrido, dactilo, festuca, trébol violeta, trébol blanco, etc.
- **Otros cultivos forrajeros:** en esta categoría se ha agrupado la col y la remolacha forrajera.
- **Hortalizas:** “agrupan aquellas especies destinadas al consumo humano que tienen un carácter hortícola y se obtienen tanto en cultivo hortícola o en terreno de labor, (...). Se excluye la patata” (INE, 1999). En la comarca de estudio comprenden los cultivos de lechuga, repollo, coliflor, judía verde, cebolla, ajo, guisante y acelga.
- **Frutales:** se incluyen en este grupo el manzano y el castaño.
- **Prados:** “pastos naturales densos y húmedos, o de regadío, siempre verdes, producidos por el hombre a partir del monte rozado y estercolado o bien a partir de praderas sembradas ‘naturalizadas’, que se aprovechan indistintamente por siega o por pastoreo”.
- **Pastizales:** “pastos de diente en explotación extensiva, constituidos por gramíneas dominantes bastas y que, por efecto del clima, se secan o agostan en verano”.
- **Eucalipto:** incluye las especies *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*.
- **Resinosas:** comprenden las especies *Pinus pinaster*, *Pinus radiata* y *Pinus sylvestris*.
- **Frondosas caducifolias:** las especies predominantes son *Quercus robur* y *Castanea sativa*.

Para la evaluación de tierras en la comarca de Terra Chá se dispone de una serie de factores de evaluación, cuyos valores ya se encuentran normalizados entre 0 y 1:

- **Aptitud para la mecanización, posibilidad de enraizamiento y riesgo de erosión.** (DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/apsuelo.asc, *apsuelocad.asc*, *apsueloec.asc*, *apsuelopastiz.asc*). El significado de este factor se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Clases de tierra según sus cualidades muy difícilmente modificables

Clase de tierra	Descripción	Pendiente (%)	Afloramientos (%)	Profundidad (cm)	Riesgo erosión
A	Suelos que permiten todo tipo de mecanización y con profundidad suficiente para cualquier tipo de vegetación. Riego superficial sin limitaciones. Sin ninguno o con riesgo ligero de erosión.	<3	<10	>100	1-2
B	Suelos sin limitaciones para la mecanización, pero con moderadas limitaciones por profundidad para los cultivos de enraizamiento profundo. Riego superficial con pocas limitaciones. O bien de suficiente profundidad para cualquier tipo de cultivo pero con limitaciones para el riego superficial de gravedad. Riesgo de erosión de nulo a moderado.	<3	<10	50-100	1-2
		3-10	<10	>100	2-3
C	Suelos sin limitaciones para la mecanización pero con limitaciones para el riego superficial por gravedad y para cultivos de enraizamiento profundo. O bien suelos con limitaciones para la maquinaria pesada por la existencia de afloramientos y con ligeros problemas en cuanto a profundidad y/o posibilidades de riego superficial por gravedad. Riesgos de erosión de nulos a moderados.	<3	10-25	50-100	1-2
		<10	10-25	>100	2-3
		3-10	<10	50-100	1-3
C	Tierras en las que la actividad humana ha modificado las condiciones de la pendiente para crear bancales. Suelen dedicarse a cultivo intensivo (maíz, hortalizas, patata) pero en ocasiones se dedican incluso a pastizal.				
D	Suelos en los que se puede emplear maquinaria pesada pero con riesgo de erosión grave. Suelos en los que está impedida la utilización de maquinaria pesada en la mayor parte de los casos por la existencia de afloramientos rocosos y/o por exceso de pendiente. En general con profundidades intermedias que limitan el crecimiento de plantas de enraizamiento profundo. Riesgo de erosión moderado. Se encuentran dedicadas a pastizales o uso forestal.	3-10	<25	>50	4
		3-10	10-25	50-100	1-3
		10-20	<25	>50	2-3
D	Tierras con influencia antrópica (abancalamiento) sobre pendientes entre el 20 y 35%. Corresponden a terrenos cultivados en zonas de montaña.				
E	Suelos que sólo permiten la utilización de maquinaria manual o de tracción animal y con profundidades que varían de someras a profundas. O bien suelos que admiten aplicación de maquinaria ligera pero que su aprovechamiento está limitado o bien por pendientes o afloramientos excesivos, o riesgos de erosión graves. O bien suelos que admiten la aplicación de maquinaria pesada pero que están fuertemente limitados por una escasa profundidad, siendo el riesgo de erosión de nulo a grave. Suelos de tipo marsh costeros. El uso actual es forestal o monte bajo. En las zonas de montaña soportan pastos.	10-20	<25	>50	4
		20-35	<25	>50	3-4
		>35	<25	25-50	1-4
E	Suelos en bancales construidos en laderas				

Clase de tierra	Descripción	Pendiente (%)	Afloramientos (%)	Profundidad (cm)	Riesgo erosión
con una pendiente entre el 35 y 50%.					
F	Suelos que sólo admitirían la utilización de maquinaria manual o forestal. Las limitaciones vendrían dadas o por la gran abundancia de afloramientos rocosos y/o por pendientes demasiado abruptas. Normalmente con riesgo grave de erosión. Uso actual frondosas o monte bajo.	<35	25-50	>25	1-4
		35-50	<50	>25	4
G	Suelos que no soportarían ningún tipo de mecanización o bien suelos cuya profundidad dificultaría el enraizamiento de cualquier especie vegetal. Riesgo de erosión variable.	>50	>50	<25	4

Para la mayor parte de los usos evaluados este factor fue puntuado entre 0 y 1 por asignación directa de la siguiente forma (*aptsuelo.asc*):

- A, B, c – 1
- C – 0.75
- D, d – 0.5
- E – 0.25
- F, G - 0

Excepto para el caso de los usos ‘pastizales’ (*aptsuelopastiz.asc*), ‘eucalipto’ y ‘resinosas’ (*aptsueloeuc.asc*) y ‘caducifolias’ (*aptsuelocad.asc*), en que fue puntuado de la siguiente forma:

Pastizales

- A, B, c – 0.5
- C – 0.75
- D – 1
- d – 1
- E – 0.5
- e – 0.5
- F – 0.25
- G - 0

Eucalipto y Resinosas

- A, B, c – 0
- C – 0.25
- D – 0.75
- d – 0.5
- E – 1
- e – 0.75
- F – 0.75
- G - 0

Caducifolias

- A, B, c – 0
- C – 0.25
- D – 1
- d – 0.75
- E – 1

e – 0.75
F – 1
G – 0.5

- **Régimen hídrico.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/hídrico.asc, hidprados.asc, hidpastiz.asc*). El significado de este factor se describe en la Tabla 2.

Tabla 2. Clases de régimen hídrico

Clase de tierra	Descripción
1	Suelos sumergidos o con submersión casi permanente. Suelos tipo marsh.
2	Suelos con capa freática alta, casi permanente o suelos fuertemente arcillosos con baja conductividad hidráulica. Suelos gley.
3	Suelos con capa freática alta pero que desaparece en verano. Suelos seudogley, anmoor o pelosol.
4	Suelos con capa freática en superficie ocasional con condiciones de buen drenaje natural. Suelos típicos de terrazas fluviales actuales.
5	Suelos bien drenados y con menos de 30 días de déficit de precipitación.
6	Suelos bien drenados y con déficit de precipitación de 30 a 60 días.
7	Suelos bien drenados y con déficit de precipitación de 60 a 90 días.
8	Suelos bien drenados y con déficit de precipitación de 90 a 120 días.
9	Suelos bien drenados y con más de 120 días con déficit de precipitación.

Para la mayor parte de los usos evaluados este factor fue puntuado entre 0 y 1 por asignación directa de la siguiente forma (*hidrico.asc*):

5, 6 – 1
4, 7 – 0.75
8, 9 – 0.5
3 – 0.25
2, 1 – 0

Excepto para el caso de los usos ‘prados’ (*hidprados.asc*) y ‘pastizales’ (*hidpastiz.asc*), en que fue puntuado de la siguiente forma:

Prados

2, 3 – 1
4 – 0.75
5, 1 – 0.5
6, 7 – 0.25
8, 9 – 0

Pastizales

3, 4, 5 – 1
6 – 0.75
7, 8 – 0.5
2 – 0.25
1, 9 – 0

- **Intensidad bioclimática (IBL).** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/ibleuc.asc, iblresin.asc, iblcad.asc*). En la comarca de Terra Chá sólo existen dos rangos diferenciados de Intensidad Bioclimática Libre según la cartografía elaborada por Carballeira et al. (1983):

IBL media-alta: 8,5-10,5 u.b.c¹

IBL media-baja: 6,5-8,5 u.b.c (Xunta de Galicia, 1993)

Para el uso 'eucalipto' este factor fue puntuado entre 0 y 1 por asignación directa de la siguiente forma (*ibleuc.asc*):

Media-baja – 0

Media-alta – 0.25

Para el uso 'resinosas' este factor fue puntuado entre 0 y 1 por asignación directa de la siguiente forma (*iblrerin.asc*):

Media-baja – 0.75

Media-alta – 1

Para el uso 'caducifolias' este factor fue puntuado entre 0 y 1 por asignación directa de la siguiente forma (*iblcad.asc*):

Media-baja – 0.75

Media-alta – 1

- **Nivel de mecanización.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/maquinas.asc*). El nivel de mecanización se determinó en función del número medio de máquinas por explotación según el Censo Agrario 1999. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal:

$$\text{valor normalizado} = \frac{\text{valor sin normalizar} - \text{valor mínimo}}{\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}}$$

- **Concentración parcelaria.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/cp.asc*). El grado de incidencia de la concentración parcelaria se expresa en función del porcentaje de superficie de la parroquia con concentración parcelaria finalizada o en actuación. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.

- **Tamaño de las parcelas.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/tamparc.asc*). Este mapa contiene información sobre el tamaño de las parcelas catastrales en ha. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.

- **Accesibilidad.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/accesib.asc*). La accesibilidad a las parcelas se ha medido en metros lineales de red viaria por metro cuadrado a partir de la cartografía 1:5000 de la CPTOPV. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.

- **Distancia a mercados.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/distmerc.asc*). Para el cálculo de la distancia a mercados se consideraron únicamente los mercados internos de la comarca, ya que la influencia de los mercados exteriores se evaluó en función de la accesibilidad del lugar a las principales vías de comunicación. La influencia de los centros de consumo existentes se estableció en base a la estructura jerárquica de los núcleos. Distancia muy corta (accesibilidad muy alta): <10 km a mercados de nivel superior o <2,5 km a mercados de nivel intermedio. Distancia corta (accesibilidad alta): 5-10 km a mercados de nivel superior o 2,5-5 km a mercados de nivel intermedio o <5 km a mercados de nivel base. Distancia media (accesibilidad media): 10-15 km mercado de nivel superior y 5-10 km

¹ 1 unidad bioclimática (u.b.c.)=(t-7,5)/5
t=temperatura media mensual (°C)

mercado de nivel intermedio o 10-15 km a mercado de nivel superior y 5-10 km a mercado de nivel base o 5-10 km a mercado de nivel intermedio y 5-10 km a mercado de nivel base. Distancia larga (accesibilidad baja): 10-15 km a mercados de nivel superior o 5-10 km a mercados de nivel intermedio o 5-10 km a mercados de nivel base. Distancia muy larga (accesibilidad muy baja): >15 km a mercados de nivel superior y >10 km a mercados de nivel intermedio y >10 km a mercados de nivel base. Para la normalización de este factor a una escala entre 0 y 1 fue puntuado por asignación directa de la siguiente forma:

Muy corta – 1

Corta – 0.75

Media – 0.5

Larga – 0.25

Muy larga – 0

▪ **Accesibilidad a principales vías de comunicación.**

(*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/distcarr.asc*). La distancia a las principales vías de comunicación de la comarca es utilizada como un indicador de la accesibilidad a los centros de mercado exteriores, la cual se ha clasificado en:

Muy alta: <1 km a autovía o <500 m a red estatal

Alta: 1-2 km a autovía o 0,5-1 a km red estatal o <500 m a red primaria

Media: 0,5-1 km a red primaria o <500 m a red secundaria o carreteras de titularidad de la Diputación

Baja: 0,5-1 km a red secundaria o carreteras de titularidad de la Diputación

Muy baja: las localizaciones restantes

Para la normalización de este factor a una escala entre 0 y 1 fue puntuado por asignación directa de la siguiente forma:

Muy alta – 1

Alta – 0.75

Media – 0.5

Baja – 0.25

Muy baja - 0

▪ **Comercialización.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/commaiz.asc, comtrigo.asc, compatata.asc, comhortal.asc, comforrvp.asc*). La existencia de una red de comercialización adecuada se evalúa en función del número de explotaciones por km² que, según el Censo Agrario 99, comercializan los productos del uso del suelo correspondiente.

Para las explotaciones que comercializan carne:

Muy buena: >4 explotaciones que comercializan/km²

Buena: 3-4 explotaciones que comercializan/km²

Media: 2-3 explotaciones que comercializan/km²

Mala: 1-2 explotaciones que comercializan/km²

Muy mala: <1 explotaciones que comercializan/km²

Para las explotaciones que comercializan leche:

Muy buena: > 3 explotaciones que comercializan/km²

Buena: 2-3 explotaciones que comercializan/km²

Media: 1-2 explotaciones que comercializan/km²

Mala: 0-1 explotaciones que comercializan/km²

Muy mala: 0 explotaciones que comercializan/km²

Para las explotaciones que comercializan trigo:

Muy buena: >1 explotaciones que comercializan/km²

Buena: 0,5-1 explotaciones que comercializan/km²

Media: 0,1-0,5 explotaciones que comercializan/km²
 Mala: 0,05-0,1 explotaciones que comercializan/km²
 Muy mala: <0,05 explotaciones que comercializan/km²

Para las explotaciones que comercializan hortalizas:

Muy buena: >0,1 explotaciones que comercializan/km²
 Buena: 0,01-0,1 explotaciones que comercializan/km²
 Media: 0,005-0,01 explotaciones que comercializan/km²
 Mala: 0-0,005 explotaciones que comercializan/km²
 Muy mala: 0 explotaciones que comercializan/km²

Para las explotaciones que comercializan patatas:

Muy buena: >2 explotaciones que comercializan/km²
 Buena: 1-2 explotaciones que comercializan/km²
 Media: 0,1-1 explotaciones que comercializan/km²
 Mala: 0,05-1 explotaciones que comercializan/km²
 Muy mala: <0,05 explotaciones que comercializan/km²

Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.

- **Agroindustria.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/agroind.asc, agroindfrut.asc*). La existencia de agroindustria se ha valorado en función del número total de industrias agroalimentarias presentes en el municipio según el directorio de agroindustria gallego. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.
- **Industria forestal.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/indforest.asc*). La existencia de industria forestal se ha valorado en función del número de industrias forestales en el municipio. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.
- **Inscritos en el Régimen Especial Agrario (REA).** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/rea.asc*). La disponibilidad de mano de obra se ha valorado en función del porcentaje de inscritos en el Régimen Especial Agrario sobre la población. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.
- **Margen Bruto Total de las explotaciones (MBT).** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/mbt.asc*). El Margen Bruto Total medio (en €) de las explotaciones de un municipio se obtenido del Censo Agrario. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.
- **Nivel de formación técnica.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/formacion.asc*). El nivel de formación técnica del titular de la explotación se ha evaluado en función del porcentaje de explotaciones en las que el titular presenta una formación no exclusivamente práctica según el Censo Agrario 99. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.
- **Grado de asociacionismo.**

(*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/asociacio.asc*). El grado de asociacionismo se ha evaluado en función del número de socios de cooperativas y SATs según el Censo Agrario. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.

- **Red natura.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/rednaturcad.asc, rednatureuc.asc*). El impacto de cada tipo de utilización del suelo en las zonas protegidas bajo la red natura se valoró de la siguiente forma mediante asignación directa.

Eucalipto y resinosas

Zonas con red natura (1): 0

Zonas sin red natura (0): 1

Caducifolias

Zonas con red natura (1): 1

Zonas sin red natura (0): 0

- **Uso actual del suelo.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/usos.asc, usoscad.asc, usoseuc.asc, usospastiz.asc, usosresin.asc*). El uso actual del suelo influirá en la aptitud para un posible tipo de utilización de la tierra debido, en primer lugar, a los costes de transformación derivados de cualquier cambio en el uso del suelo y, en segundo lugar, a que las tierras tradicionalmente dedicadas a un uso son frecuentemente las más adecuadas para el mismo. Se ha utilizado el mapa de usos del suelo del SITGA, que incluye las siguientes categorías: caducifolias (10), caducifolias y pino (11), eucalipto (12), eucalipto-pino-caducifolias (13), eucalipto y pino (14), pino (37), matorral (20), matorral y caducifolias (21), matorral y especies madereras (22), matorral y pastizal (23), matorral y pastizal con roca (24), cultivos forrajeros (35, 36), cultivos forrajeros en mayoría y otros cultivos (29, 30, 32), cultivos forrajeros y especies madereras (60), cultivos forrajeros y matorral (34), cultivos forrajeros y caducifolias (33), prados en mayoría-cultivos anuales-caducifolias (39), prados en mayoría-cultivos anuales-especies madereras (40), prados en mayoría-cultivos anuales-matorral (42), prados en mayoría y cultivos anuales (45), prados (46). La puntuación de los valores de este factor en una escala normalizada entre 0 y 1 se ha realizado por asignación directa de la siguiente forma:

Mafz, trigo, otros cereales, patata, hortalizas, frutales, forrajes verdes plurianuales, otros cultivos forrajeros y prados (*usos.asc*):

Cultivos forrajeros; cultivos forrajeros y otros cultivos; prados y cultivos anuales; prados – 1

Cultivos forrajeros y caducifolias; cultivos forrajeros y madereras; cultivos forrajeros y matorral; prados, cultivos anuales y caducifolias; prados, cultivos anuales y especies madereras; prados, cultivos anuales y matorral – 0.75

Matorral; matorral y pastizal – 0.5

Matorral y caducifolias; matorral y especies madereras; matorral, pastizal y roca – 0.25

Caducifolias; caducifolias y pino; pino; eucalipto y pino; eucalipto, pino y caducifolias – 0

Pastizales (*usospastiz.asc*):

Cultivos forrajeros; cultivos forrajeros y otros cultivos; prados y cultivos anuales; prados; matorral y pastizal; prados en mayoría, cultivos anuales y matorral – 1

Matorral, pastizal y roca; cultivos forrajeros y caducifolias; cultivos forrajeros y especies madereras; cultivos forrajeros y matorral; prados, cultivos anuales y caducifolias; prados, cultivos anuales y especies madereras; – 0.75

Matorral – 0.5

Matorral y caducifolias; matorral y especies madereras – 0.25

Caducifolias; caducifolias y pino; pino; eucalipto; eucalipto y pino; eucalipto, pino y caducifolias – 0

Eucalipto (*usoseuc.asc*):

Caducifolias; cultivos forrajeros; cultivos forrajeros en mayoría y otros cultivos; cultivos forrajeros y caducifolias; prados en mayoría, cultivos anuales y caducifolias; prados en mayoría y cultivos anuales; prados – 0

Caducifolias y pino; matorral y caducifolias; cultivos forrajeros y matorral; prados en mayoría, cultivos anuales y matorral – 0.25

Matorral; matorral y pastizal; matorral y pastizal con roca; cultivos forrajeros y especies madereras; prados en mayoría, cultivos anuales y especies madereras – 0.5

Eucalipto, pino y caducifolias; pino; matorral y especies madereras – 0.75

Eucalipto; eucalipto y pino – 1

Resinosas (*usosresin.asc*):

Caducifolias; cultivos forrajeros; cultivos forrajeros en mayoría y otros cultivos; cultivos forrajeros y caducifolias; prados en mayoría, cultivos anuales y caducifolias; prados en mayoría y cultivos anuales; prados – 0

Matorral y caducifolias; cultivos forrajeros y matorral; prados en mayoría, cultivos anuales y matorral – 0.25

Matorral; matorral y pastizal; matorral y pastizal con roca; cultivos forrajeros y especies madereras; prados en mayoría, cultivos anuales y especies madereras; caducifolias y pino – 0.5

Eucalipto, pino y caducifolias; matorral y especies madereras – 0.75

Pino; eucalipto; eucalipto y pino – 1

Caducifolias (*usoscad.asc*):

Cultivos forrajeros; cultivos forrajeros en mayoría y otros cultivos; prados en mayoría y cultivos anuales; prados – 0

Eucalipto; eucalipto y pino; pino; cultivos forrajeros y especies madereras; cultivos forrajeros y matorral; prados en mayoría, cultivos anuales y especies madereras; prados en mayoría, cultivos anuales y matorral – 0.25

Matorral y pastizal; matorral y pastizal con roca; matorral y especies madereras – 0.5

Prados en mayoría, cultivos anuales y caducifolias; cultivos forrajeros y caducifolias; eucalipto, pino y caducifolias; matorral – 0.75

Caducifolias; caducifolias y pino; matorral y caducifolias – 1

▪ **Mapa Forestal de España (MFE).**

(*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/mfecad.asc, mfeeuc.asc, mferesin.asc*).

Por la misma razón que en el caso anterior, también se han considerado los usos del suelo según el mapa forestal de España III. Los usos del mapa forestal se han reclasificado en: improductivo (6), agrícola (1), monte desarbolado (2), productor rápido (3), productor lento (4) y protector (5). La puntuación de los valores de este factor en una escala normalizada entre 0 y 1 se ha realizado por asignación directa de la siguiente forma:

Eucalipto (*mfeeuc.asc*):

Improductivo – 0

Agrícola – 0

Monte desarbolado – 0.5

Productor rápido – 1
 Productor lento – 0.25
 Protector - 0

Resinosas (mferesin.asc):

Improductivo – 0
 Agrícola – 0
 Monte desarbolado – 0.75
 Productor rápido – 1
 Productor lento – 1
 Protector - 0

Caducifolias (mfecad.asc):

Improductivo – 0
 Agrícola – 0
 Monte desarbolado – 0.75
 Productor rápido – 0.5
 Productor lento – 0.5
 Protector – 1

- **Reforestaciones.** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNormalizados/reforest.asc*). Las reforestaciones se han evaluado en función del porcentaje de superficie reforestada por municipio. Para la normalización de los valores de este factor a una escala comprendida entre 0 y 1 se utilizó una ecuación de normalización lineal.

1. SUMA LINEAL PONDERADA

La suma lineal ponderada es el procedimiento de evaluación multicriterio más comúnmente empleado para la obtención de mapas de aptitud para una actividad y además es fácilmente implementable en un SIG ráster. En la suma lineal ponderada los factores de evaluación son combinados aplicando un peso a cada uno y sumando los resultados según la siguiente ecuación:

$$a_i = \sum_{j=1}^J w_j x_{ij}$$

donde a_i es la aptitud de la celda i , w_j es el peso asignado al factor j y x_{ij} es el valor del factor j en la celda i . Para la aplicación de este método la suma de los pesos asignados a los factores debe ser igual a 1.

Para poder combinar diferentes factores de evaluación mediante la suma línea ponderada, estos deberán estar en las mismas unidades de medida y en una escala común, en concreto, para utilizar Openrules, todos los factores deben estar normalizados a una escala comprendida entre 0 y 1, es decir, los valores de los mapas ráster correspondientes a cada factor deben estar comprendidos entre 0 y 1, en donde 0 indique el peor valor de ese factor para el uso para el cual se está calculando el mapa de aptitud y 1 indique el mejor valor de ese factor para el uso para el cual se está calculado el mapa de aptitud. Por ejemplo, para calcular el mapa de aptitud para el uso ‘maíz’, dentro del factor ‘uso del suelo actual’ el mejor valor corresponderá a los usos agrícolas (cultivos forrajeros; cultivos forrajeros y otros cultivos; prados y cultivos anuales; prados) por lo que se les asignó la puntuación 1, y el peor valor corresponderá a los

usos forestales (Caducifolias; caducifolias y pino; pino; eucalipto y pino; eucalipto, pino y caducifolias) por lo que se les asignó la puntuación 0.

Una vez que se dispone de un mapa ráster para cada factor de evaluación, con valores comprendidos entre 0 y 1, y con la misma extensión y tamaño de píxel para todos los mapas, para aplicar la suma lineal ponderada en Openrules se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- En primer lugar debe decidirse qué factores se utilizarán en el cálculo de cada mapa de aptitud y cuál será el peso asignado a cada uno de ellos. Estos datos pueden resumirse en una tabla:



	Maíz	Trigo	Otros cereales	Patata	Hortalizas	Frutales	Forrajés	Otros forrajés	Prado	Pastizal	Eucalipto	Resinosas	Caducifolias
Suelo	0.1 apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo	apt suelo
Régimen hídrico	0.1 hídrico	hídrico	hídrico	hídrico	hídrico	hídrico	hídrico	hídrico	hidprados	hidpastiz	ibleuc	ibiresin	iblcad
IBL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mecanización	0.02 maquinas	maquinas	maquinas	maquinas	maquinas	maquinas	maquinas	maquinas	maquinas	maquinas	-	-	-
Concentración parcelaria	0.06 cp	cp	cp	cp	cp	cp	cp	cp	cp	cp	-	-	-
Tamaño parcela	0.2 tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	tamparc	-
Accesibilidad	0.06 accesib	accesib	accesib	accesib	accesib	accesib	accesib	accesib	accesib	accesib	accesib	accesib	-
Distancia a mercados	0.02 distmerc	distmerc	distmerc	distmerc	distmerc	distmerc	distmerc	distmerc	distmerc	distmerc	-	-	-
Accesibilidad a vías	0.03 distcarr	distcarr	distcarr	distcarr	distcarr	distcarr	distcarr	distcarr	distcarr	distcarr	-	-	-
Comercialización	0.01 commaiz	comtrigo	comtrigo	compata	comhortal	-	comforrvp	comforrvp	comforrvp	comforrvp	-	-	-
Agroindustria	0.03 agroind	agroind	agroind	agroind	agroind	agroindfrut	agroind	agroind	agroind	agroind	-	-	-
Industria forestal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	indforest	indforest	-
REA	0.06 rea	rea	rea	rea	rea	rea	rea	rea	rea	rea	-	-	-
MBT	0.01 mbt	mbt	mbt	mbt	mbt	mbt	mbt	mbt	mbt	mbt	-	-	-
Formación	0.01 formación	formación	formación	formación	formación	formación	formación	formación	formación	formación	-	-	-
Asociacionismo	0.09 asociacio	asociacio	asociacio	asociacio	asociacio	asociacio	asociacio	asociacio	asociacio	asociacio	-	-	-
Red Natura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rednatureuc	rednatureuc	rednatureuc
Usos del suelo	0.2 usos	usos	usos	usos	usos	usos	usos	usos	usos	usospastiz	usoseuc	usosresin	usoscad
MFE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mfeuc	mferesin	mfecad
Reforestaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	reforest	reforest	reforest

- A continuación deberá cargar los mapas ráster correspondientes a cada factor, para ello haga clic en el icono **Añadir capa**  y en el cuadro de diálogo **Añadir capa** haga clic en el botón **Añadir**. Se abrirá el cuadro de diálogo **Abrir**, en donde deberá seleccionar los archivos correspondientes a los mapas de los factores de evaluación. En este caso, para calcular el mapa de aptitud para el maíz, seleccione los archivos: *.../DatosTerraCha/FactoresAptitud/accesib, agroind, aptsuelo, asociacio, commaiz, cp, distcarr, distmerc, formación, hídrico, maquinas, mbt, rea, tamparc, usos*. Haga clic en **Abrir** en el cuadro de diálogo **Abrir** y en **Aceptar** en el cuadro de diálogo **Añadir capa**. Se visualizarán en pantalla los mapas correspondientes a los 15 factores.
- Seleccione la herramienta de Openrules para el cálculo de mapas de aptitud mediante la suma lineal ponderada, para ello haga clic en el icono de **Sextante**  y en el cuadro de diálogo de **SEXTANTE** navegue por el árbol de algoritmos desplegando las **Herramientas de planificación RULES (Evaluación de tierras)** y haciendo doble clic en la opción **Evaluación por suma lineal ponderada**.
- En el cuadro de diálogo **Evaluación por suma lineal ponderada**, en la pestaña **Parámetros** en la lista desplegable **Mapas de factor** seleccione el mapa *aptsuelo.asc* y en el cuadro de texto **Peso** introduzca el valor *0.1*. Haga clic en el botón **Añadir** y en la tabla de la parte derecha del cuadro de diálogo se añadirá en la columna **Factor** el archivo *aptsuelo.asc* y en la columna **Peso** el valor *0.1*. Repita estos pasos para añadir los restantes 14 factores con su peso correspondiente.
- Una vez añadidos todos los mapas correspondientes a los factores de evaluación con sus correspondientes pesos, en el cuadro de texto **Resultado** introduzca la ruta y el nombre del archivo donde se almacenará el mapa de aptitud para el maíz, por ejemplo: *.../ResultadosEjercicio1/aptmaizslp.asc*. El mapa resultante puede guardarse en formato *.tif* o *.asc*, en función de la extensión que se escriba en el nombre del archivo. Si no se indica la extensión se almacena como *.tif* por defecto. Si no se indica el archivo de salida el resultado se almacena en un archivo temporal. Se obtendrá un mapa de aptitud con valores comprendidos entre 0 y 1 (Fig. 1).

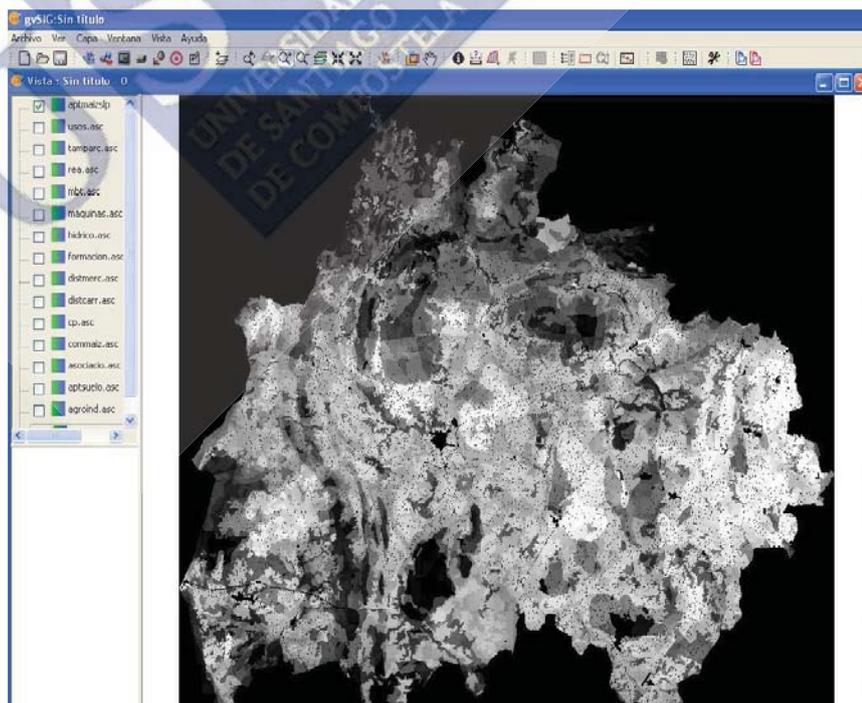


Figura 1. Mapa de aptitud para uso 'maíz' obtenido mediante suma lineal ponderada.

- Puede cambiar las opciones de visualización del mapa para facilitar su interpretación. Para ello haga clic con el botón derecho encima de la capa *aptmaizslp* y seleccione la opción **Tablas de color**. En la lista desplegable **Tablas predefinidas** seleccione la opción *blue-red* y se representarán con un color azul más oscuro las zonas menos aptas y con un color más rojo las zonas más aptas (Fig. 2).

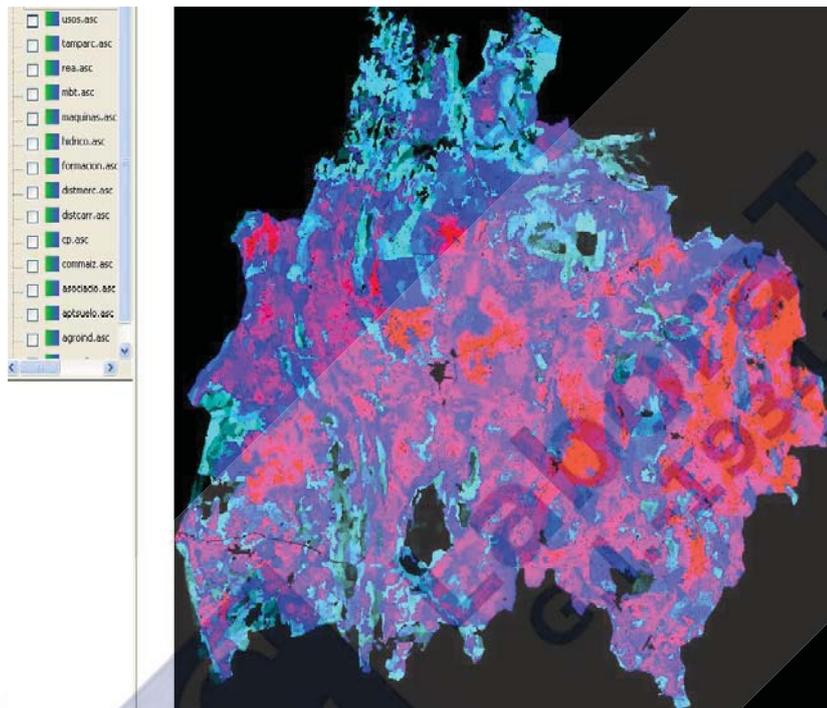


Figura 2. Mapa de aptitud para uso 'maíz' visualizado con la tabla de color *blue-red*.

- Para simplificar el análisis de este mapa los valores de aptitud se pueden reclasificar en varias clases, por ejemplo:
Muy baja (1): 0-0,2
Baja (2): 0,2-0,4
Media (3): 0,4-0,6
Alta (4): 0,6-0,8
Muy alta (5): 0,8-1

Para ello navegue por el árbol de algoritmos de **SEXTANTE** hasta la herramienta **Reclasificación de capas ráster > Reclasificar** y haga doble clic sobre ella. En el cuadro de diálogo **Reclasificar**, en la pestaña **Parámetros** seleccione en la lista desplegable **Capa a reclasificar** el mapa *aptmaizslp*, en **Opciones** deje la opción por defecto, *Min < x < Max*, y en el cuadro **Tabla de asignación** haga clic en el botón de los tres puntos para introducir la siguiente tabla de valores:

Valor mínimo	Valor máximo	Nuevo valor
0	0.2	1
0.2	0.4	2
0.4	0.6	3
0.6	0.8	4
0.8	1	5

En el cuadro de diálogo **Tabla fija** haga clic en **Aceptar**. En el cuadro de diálogo **Reclasificar** en el cuadro **Reclasificación** deje la opción *Temporal* y haga clic en **Aceptar**. Para visualizar mejor

este mapa temporal reclasificado, haga clic con el botón derecho del ratón encima de la capa *aptmaizslp.as[reclasificado]*, seleccione la opción **Propiedades del ráster** y en la pestaña **Realce** desmarque la casilla **Realce lineal directo**. A continuación vuelva a hacer clic con el botón derecho del ratón encima de la capa y seleccione la opción **Tablas de color** para construir la tabla mostrada en la Fig. 3. El mapa reclasificado se representará con un color diferente para cada clase de aptitud.

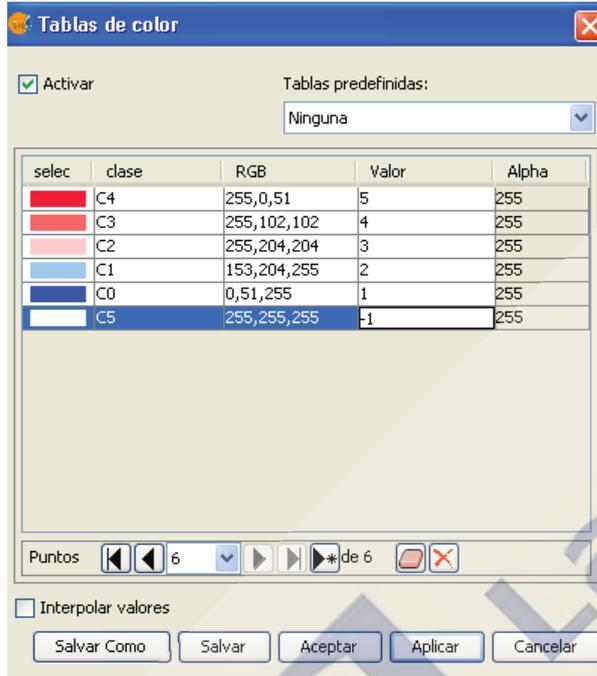


Figura 3. Tabla de color para la representación del mapa de aptitud reclasificado.

- Para saber la superficie correspondiente a cada clase de aptitud navegue por el árbol de algoritmos de **SEXTANTE** hasta **Herramientas básicas para capas ráster** y haga doble clic en **Histograma**. En el cuadro de diálogo **Histograma**, en la pestaña **Parámetros**, en el cuadro **Capa ráster** seleccione *aptmaizslp[reclasificado]* y haga clic en **Aceptar**. Se mostrará el histograma de la Fig. 4, donde en el eje Y puede ver el número de celdas del mapa que poseen el valor del eje X.

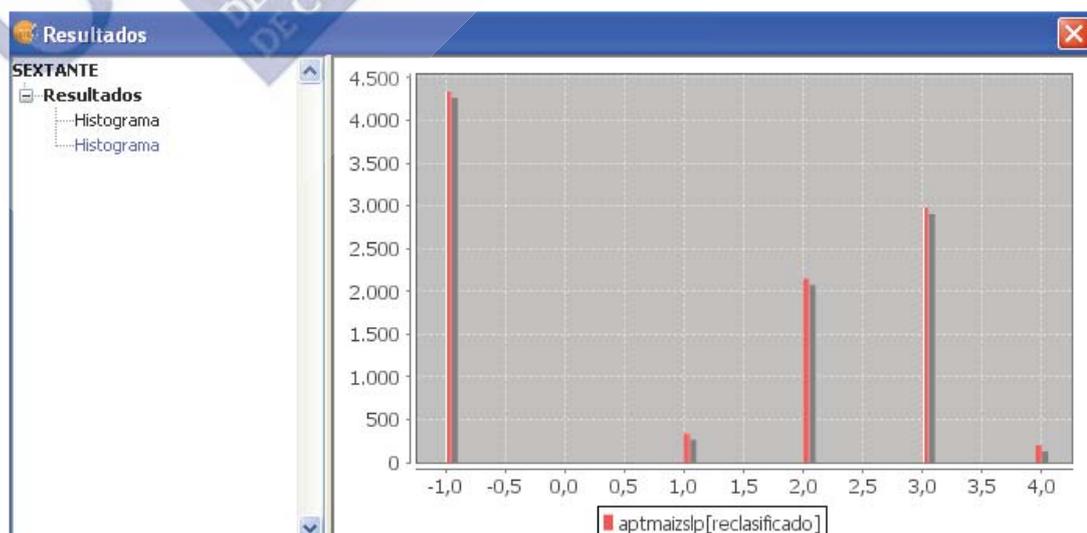


Figura 4. Histograma del mapa de aptitud para el maíz reclasificado.

Repita los pasos anteriores para obtener los mapas de aptitud para los restantes 12 usos del suelo utilizando los factores y los pesos que haya introducido en la tabla.

2. ANÁLISIS DE PUNTO IDEAL

El análisis de punto ideal es otra técnica de evaluación multicriterio de fácil aplicación en un SIG *ráster* y gran potencia operativa, que se basa en el cálculo de la distancia de cada alternativa (celda) al punto ideal. Las alternativas (celdas *ráster*) más cercanas al punto ideal serán las más aptas para el uso evaluado, mientras que las más distantes serán las más desfavorables. La distancia de cada alternativa al punto ideal se obtiene a través de la ecuación

$$L_p = \left[\sum_{j=1}^n w_j |e_{ij} - 1|^p \right]^{1/p}$$

siendo L_p la distancia entre la alternativa i (celda i) y el punto ideal de aptitud, w_j el peso del factor j , e_{ij} el valor normalizado de la alternativa i en el factor j , 1 el valor del punto ideal para factores normalizados entre 0 y 1 y p la métrica utilizada para el cálculo de la distancia. El grado en que los factores con una puntuación baja pueden ser compensados por otros más positivos depende del valor del parámetro p , el cual indica el grado de compensación entre factores. A medida que p aumenta, adquieren mayor importancia relativa las desviaciones de factores individuales. Un valor de p igual a 1 supone una compensación total entre factores, por lo que es equivalente a la suma lineal ponderada, un valor de p igual a 2 representa una compensación parcial de los factores de evaluación y, para factores normalizados en el rango [0,1], la mayor desviación domina totalmente la evaluación cuando p es mayor que un valor aproximadamente igual a 10, por lo que la compensación entre factores sería prácticamente nula.

Para convertir los valores de distancia al punto ideal en el mapa de aptitud final, donde 1 represente la máxima aptitud y 0 la mínima, se emplea la siguiente ecuación de normalización que usa los valores mínimo y máximo del mapa de distancias:

$$a_i = \frac{\max L - L}{\max L - \min L}$$

siendo a_i la aptitud de la alternativa i y L la distancia al punto ideal calculada por la fórmula anterior.

Para aplicar este método en OpenRules:

- Utilice los mismos factores y pesos que en el ejercicio anterior.
- Seleccione la herramienta de Openrules para el cálculo de mapas de aptitud mediante el análisis de punto ideal, para ello haga clic en el icono de **Sextante**  y en el cuadro de diálogo de **SEXTANTE** navegue por el árbol de algoritmos desplegando las **Herramientas de planificación RULES (Evaluación de tierras)** y haciendo doble clic en la opción **Evaluación por análisis de punto ideal**.
- En el cuadro de diálogo **Evaluación por análisis de punto ideal**, en la pestaña **Parámetros** deje el valor por defecto del parámetro p en el cuadro de texto **Parámetro p** , ya que implica una compensación parcial entre los factores de evaluación. En la lista desplegable **Mapas de factor** seleccione el mapa *aptsuelo.asc* y en el cuadro de texto **Peso** introduzca el valor *0.1*. Haga clic en el botón **Añadir** y se añadirán en la tabla de la parte derecha del cuadro de diálogo en la columna **Factor** el archivo *aptsuelo.asc* y

en la columna **Peso** el valor *0.1*. Repita estos pasos para añadir los restantes 14 factores con su peso correspondiente.

- Una vez añadidos todos los mapas correspondientes a los factores de evaluación con sus correspondientes pesos, en el cuadro de texto **Resultado** introduzca la ruta y el nombre del archivo donde se almacenará el mapa de aptitud para el maíz, por ejemplo: *.../ResultadosEjercicio1/ptmaizapi.asc*. El mapa resultante puede guardarse en formato .tif o .asc, en función de la extensión que se escriba en el nombre del archivo. Si no se indica la extensión se almacena como .tif por defecto. Si no se indica el archivo de salida el resultado se almacena en un archivo temporal. Se obtendrá un mapa de aptitud con valores comprendidos entre 0 y 1.

Repita los pasos anteriores para obtener los mapas de aptitud para los restantes 12 usos del suelo utilizando los factores y los pesos que haya introducido en la tabla.

3. ESQUEMA FAO

El esquema FAO comprende las siguientes etapas: i) definición de los tipos de utilización de la tierra, ii) determinación de los requerimientos de los tipos de utilización de la tierra, iii) descripción de las cualidades de la tierra, iv) definición de las unidades cartográficas de evaluación y v) comparación de las cualidades de la tierra de cada unidad cartográfica con los requerimientos de cada tipo de uso del suelo. La implementación de este esquema en un SIG *ráster* permite la utilización de las celdas *ráster* como unidades cartográficas básicas. La etapa del esquema FAO que puede facilitar la utilización de un SIG es la comparación de las cualidades de la tierra de cada unidad cartográfica, en este caso cada celda de un mapa *ráster*, con los requerimientos de cada tipo de uso del suelo. Esta última etapa es la que se puede ejecutar con OpenRules.

En este método el usuario debe reclasificar los valores, no necesariamente normalizados, de cada factor de evaluación en las cinco clases de aptitud del esquema FAO; S1, muy apto, S2, apto, S3, marginalmente apto, N1, actualmente no apto y N2, permanentemente no apto. Esta reclasificación se puede hacer mediante valores discretos, asignando a cada clase un conjunto de valores enteros, o mediante rangos de valores, en el caso de factores continuos, asignando a cada clase de aptitud un rango de valores (valor mínimo y valor máximo incluidos en esa clase).

Para la aplicación de este método se emplearán mapas de los factores de evaluación no normalizados (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNONormalizados*). Los valores que contienen estos mapas no normalizados son:

- **Aptitud para la mecanización, posibilidad de enraizamiento y riesgo de erosión** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNONormalizados/ptsuelo.asc*): **1** (A), **2** (E), **3** (B), **4** (c), **5** (D), **6** (F), **7** (C), **8** (G), **9** (d).
- **Régimen hídrico** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNONormalizados/hidrico.asc*): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 significan lo descrito en la Tabla 2.
- **Intensidad bioclimática (IBL)** (*DatosTerraCha/FactoresAptitudNONormalizados/ibl.asc*): 1 (6,5-8,5 u.b.c), 2 (8,5-10,5 u.b.c).

- **Nivel de mecanización** (*maquinas.asc*): valores continuos entre 0,9 y 3,8 máquinas por explotación.
- **Concentración parcelaria.** (*cp.asc*): valores continuos entre 0 y 100%.
- **Tamaño de las parcelas.** (*tamparc.asc*): valores continuos entre 0 y 745 ha.
- **Accesibilidad** (*accesibilidad.asc*): 5 (Muy alta: >0,008 m lineales/m²), 4 (Alta: 0,006-0,008 m lineales/m²), 3 (Media: 0,004-0,006 m lineales/m²), 2 (Baja: 0,002-0,004 m lineales/m²), 1 (Muy baja: <0,002 m lineales/m²).
- **Distancia a mercados** (*distmerc.asc*): **1** (Distancia muy corta: <10 km a mercados de nivel superior o <2,5 km a mercados de nivel intermedio), **2** (Distancia corta: 5-10 km a mercados de nivel superior o 2,5-5 km a mercados de nivel intermedio o <5 km a mercados de nivel base), **3** (Distancia media: 10-15 km mercado de nivel superior y 5-10 km mercado de nivel intermedio o 10-15 km a mercado de nivel superior y 5-10 km a mercado de nivel base o 5-10 km a mercado de nivel intermedio y 5-10 km a mercado de nivel base), **4** (Distancia larga: 10-15 km a mercados de nivel superior o 5-10 km a mercados de nivel intermedio o 5-10 km a mercados de nivel base), **5** (Distancia muy larga: >15 km a mercados de nivel superior y >10 km a mercados de nivel intermedio y >10 km a mercados de nivel base).
- **Distancia a principales vías de comunicación** (*distcarr.asc*): **1** (Distancia muy corta: <1 km a autovía o <500 m a red estatal), **2** (Distancia corta: 1-2 km a autovía o 0,5-1 a km red estatal o <500 m a red primaria), **3** (Distancia media: 0,5-1 km a red primaria o <500 m a red secundaria o carreteras de titularidad de la Diputación), **4** (Distancia larga: 0,5-1 km a red secundaria o carreteras de titularidad de la Diputación), **5** (Distancia muy larga: las localizaciones restantes).
- **Comercialización.** Para explotaciones que comercializan carne y leche (*comcarneleche.asc*): valores continuos entre 1,5 y 5,5 explotaciones que comercializar/km². Para las explotaciones que comercializan cereales (*comcereales.asc*): valores continuos entre 0 y 0,54 explotaciones/km². Para las explotaciones que comercializan hortalizas (*comhortalizas.asc*): valores continuos entre 0 y 0,02 explotaciones/km². Para las explotaciones que comercializan patatas (*compatata.asc*): valores continuos entre 0 y 2,1 explotaciones/km².
- **Agroindustria** (*agroind.asc*): valores entre 0 y 15 industrias.
- **Industria forestal.** (*indforest.asc*): valores entre 0 y 3 industrias.
- **Inscritos en el Régimen Especial Agrario (REA)** (*rea.asc*): valores continuos entre 0 y 40%.
- **Margen Bruto Total de las explotaciones (MBT).** (*mbt.asc*): valores continuos entre 0 y 11000 €.
- **Nivel de formación técnica** (*formacion.asc*): valores continuos entre 0 y 20% de explotaciones en las que el titular presenta una formación no exclusivamente práctica.

- **Grado de asociacionismo** (*asociacio.asc*): valores entre 0 y 80 socios.
- **Red natura** (*rednat.asc*): 1 (zonas con red natura), 0 (zonas sin red natura).
- **Uso actual del suelo** (*usos.asc*): 52 (tejido urbano continuo), 53 (urbanizaciones), 54 (urbanización agrícola difusa), 27 (núcleos de población), 59 (zonas industriales, comerciales y de servicios), 25 (minas), 4 (cultivos anuales), 55 (viñedo), 8 (cultivos anuales en mayoría y viñedo), 56 (viñedo en mayoría y cultivos anuales), 58 (viñedo y vegetación forestal), 46 (prados), 45 (prados en mayoría y cultivos anuales), 43 (prados en mayoría, cultivos anuales y viñedo), 42 (prados en mayoría, cultivos anuales y matorral), 39 (prados en mayoría, cultivos anuales y caducifolias), 7 (prados, cultivos anuales y castaño), 40 (prados en mayoría, cultivos anuales y especies madereras), 36 (cultivos forrajeros – vacuno de leche), 35 (cultivos forrajeros – vacuno de carne), 30 (cultivos forrajeros en mayoría y otros cultivos – vacuno de leche), 29 (cultivos forrajeros en mayoría y otros cultivos – vacuno de carne), 32 (cultivos forrajeros en mayoría y otros cultivos – vacuno de leche y carne), 34 (cultivos forrajeros y matorral – vacuno de leche y carne), 33 (cultivos forrajeros y caducifolias – vacuno de leche y carne), 60 (cultivos forrajeros y especies madereras-vacuno de leche y carne), 12 (eucalipto), 6 (castaño), 10 (caducifolias), 37 (pino), 14 (eucalipto y pino), 11 (caducifolias y pino), 13 (eucalipto, pino y caducifolias), 26 (mimosas en mayoría, pino y caducifolias), 21 (matorral y caducifolias), 22 (matorral y especies madereras), 23 (matorral-pastizal), 3 (brezal-pastizal), 24 (matorral-pastizal con roca), 20 (matorral), 1 (brezal), 38 (playas, dunas y arenales), 48 (rocas costeras), 15 (zonas húmedas y pantanosas interiores), 18 (marismas), 47 (embalses), 17 (lagunas continentales), 16 (lagunas litorales).
- **Mapa Forestal de España (MFE)** (*mfe.asc*): 6 (improductivo), 1 (agrícola), 2 (monte desarbolado), 3 (productor rápido), 4 (productor lento) y 5 (protector).
- **Reforestaciones.** (*reforest.asc*): valores continuos entre 0 y 3% de superficie reforestada por municipio.

Para aplicar la suma lineal ponderada en Openrules se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- En primer lugar debe decidirse a qué clase FAO se asignará cada valor de cada factor de evaluación. Estos datos pueden resumirse en una tabla:

USO DEL SUELO MAÍZ	S1 0	S2 1	S3 3	N1 9	27
Aptitud para la mecanización, posibilidad de enraizamiento y riesgo de erosión	1, 3, 4	7	5, 9	2	6, 8
Régimen hídrico	4, 5	6	7	3, 8	1, 2, 9
Nivel de mecanización					
- nº de máquinas agrícolas/explotación	>1,5	1,2-1,5	1-1,2		<1
Requerimientos estructurales					
- incidencia concentración parcelaria (%)	> 50	25-50	20-25	0-20	0
- tamaño de la parcela (ha)	> 5	1-1,5		0,5-1	< 0,5
- accesibilidad (m lineales/m2)	5, 4	3		2	1
Localización					
- distancia a mercados	1-5				
- accesibilidad a principales vías de comunicación	1-5				
- número de explotaciones que comercializan/km2	>1	0-1	0		
- existencia de agroindustria (nº industrias)	>5	2-5	1-2	0	
Intensidad de mano de obra					
- % inscritos en REA s/población total	>15	10-15	5-10	<5	
Intensidad de capital					
- MBT medio de las explotaciones(€)	>6000	4500-6000	3000-4500	<3000	
Nivel de formación técnica					
%titulares con formación no exclusiva práctica	>10	5-10	<5		
Grado de asociacionismo					
- nº de socios de cooperativas y SATs	>20	11-20		0-10	0
Uso actual/distribución actual del cultivo	29, 30, 32, 35, 36, 45, 46	33, 34, 39, 40, 42, 60	20, 23	21, 22, 24	10, 11, 12, 13, 14, 37

- Seleccione la herramienta de Openrules para el cálculo de mapas de aptitud mediante el esquema FAO, para ello haga clic en el icono de **Sextante**  y en el cuadro de diálogo de **SEXTANTE** navegue por el árbol de algoritmos desplegando las **Herramientas de planificación RULES (Evaluación de tierras)** y haciendo doble clic en la opción **Evaluación por esquema FAO**.
- En el cuadro de diálogo **Evaluación por esquema FAO**, en la pestaña **Parámetros** seleccione en la lista desplegable **Mapas de factor** el archivo correspondiente a un factor de evaluación, p. ej. *aptsuelo.asc*. Para este factor seleccione la opción **Valores discretos** en los botones de opción **Reclasificar por:**. En los cuadros de texto correspondientes a la columna **Valores** introduzca los valores de dicho factor asignados a cada clase de aptitud FAO (S1, S2, S3, N1, N2). Los valores asignados en la tabla anterior deberían introducirse de la forma indicada en la Fig.5. Haga clic en el botón **Añadir** y el factor, con su reclasificación correspondiente, se añadirá al cuadro de factores de la parte inferior del marco.

Evaluación por esquema FAO

Parámetros Salida raster

Puntuación FAO

Mapas de factor
 aptsuelo.asc

Reclasificar por:
 Rangos de valores
 Valores discretos

Añadir
 Quitar
 Editar

Factor	Modo	Clasificación

Valores

S1 (0) Muy apto	1,3-4
S2 (1) Apto	7
S3 (3) Marginalmete apto	5,9
N1 (9) Actualmente no apto	2
N2(27) Permanentemente no apto	6,8

Tipo de función de pertenencia
 Pertenencia Lineal

Resultado temporal

< 0.0,0.0,100.0,20.0,11.0,10.0,0.0, "#") >

Aceptar Cancelar i

Figura 5. Asignación de clases FAO a los valores del factor 'Aptitud para la mecanización, posibilidad de enraizamiento y riesgo de erosión'.

- Para los factores cuantitativos continuos debe seleccionarse la opción **Rangos de valores**. Por ejemplo, la introducción de los valores del factor '*mecanización*' debería realizarse según la Fig. 6.

Evaluación por esquema FAO

Parámetros Salida raster

Puntuación FAO

Mapas de factor
maquinas.asc

Reclasificar por:
 Rangos de valores
 Valores discretos

Añadir
Quitar
Editar

	Mínimo	Máximo
S1 (0) Muy apto	1.5	4
S2 (1) Apto	1.2	1.2
S3 (3) Marginalmete apto	1	1.2
N1 (9) Actualmente no apto		
N2 (27) Permanentemente no apto	0	1

Factor	Modo	Clasificación
aptsuelo.asc	discrete	[[1.0, 3.0, 4.0], [7.0], [5.0, 9.0], [2.0], [...

Tipo de función de pertenencia
Pertenencia Lineal

Resultado temporal

< 0.0,0.0,100.0,20.0,11.0,10.0,0.0", "#") >

Aceptar Cancelar i

Figura 6. Asignación de clases FAO a los valores del factor 'mecanización'.

- Reclasifique el resto de factores y seleccione como un tipo de función lineal para transformar las puntuaciones de limitación en valores de aptitud, seleccionando la opción *Lineal* en la lista desplegable **Pertenencia**.
- En el cuadro de texto **Resultado** introduzca la ruta y el nombre del archivo donde almacenará el mapa de aptitud resultante, por ejemplo: *aptmaizfao.asc*.

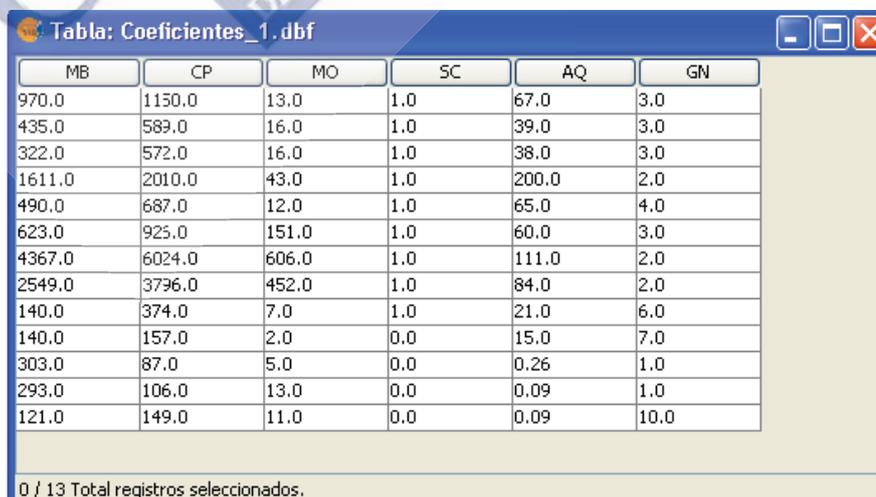
EJERCICIO 2. CÁLCULO DE SUPERFICIES PARA LOS USOS DEL SUELO

En este ejercicio se va a utilizar una de las técnicas de programación lineal implementadas en el módulo de Optimización de áreas de OpenRules para calcular la superficie óptima para cada uno de los trece usos del suelo. OpenRules ofrece la posibilidad de diseñar un modelo de programación lineal multiobjetivo propio, pero en este caso vamos a utilizar el modelo por defecto que consiste en optimizar seis funciones objetivo: (i) maximización del margen bruto, (ii) minimización de los costes de producción, (iii) maximización del empleo generado, (iv) maximización de la superficie cultivada, (v) minimización del empleo de agroquímicos, (vi) maximización del grado de naturalidad.

Para la resolución de este modelo Openrules proporciona: (i) técnicas generadoras o con asignación de preferencias *a posteriori*, que aproximan el conjunto de posibles soluciones para que el planificador seleccione la solución final, (ii) técnicas con asignación de preferencias *a priori*, en las que se establece el peso de cada objetivo al inicio del proceso, y (iii) técnicas interactivas, en las que hay una secuencia de fases en las que el planificador establece sus preferencias y fases de cálculo en las que se calculan nuevas soluciones para esas preferencias. En este ejercicio se utilizará una técnica con asignación de preferencias *a priori*, la programación por metas, en la cual el usuario asigna un peso para cada objetivo y la solución óptima es aquella que minimiza las diferencias entre el valor alcanzado para cada objetivo y el valor máximo de ese objetivo.

Para calcular la superficie de cada uso utilizaremos dos tablas .dbf; *Coeficientes_1.dbf*, que contiene los coeficientes técnicos de cada uso para cada objetivo, y *Limites_1.dbf*, que contiene las restricciones de superficie mínima y máxima para cada uso. Para cargar estas tablas:

- En la ventana **Gestor de proyectos** haga clic en el icono **Tabla** y a continuación en el botón **Nuevo**. En la ventana **Nueva tabla** haga clic en el botón **Añadir** y en el cuadro de diálogo **Abrir** seleccione el archivo *.../DatosTerraCha/CoeficientesPL/Coeficientes_ad.dbf*. Haga clic en el botón **Abrir** del cuadro de diálogo **Abrir** y en el botón **Aceptar** del cuadro de diálogo **Nueva tabla**. Se abrirá la tabla *Coeficientes_1.dbf* (Fig. 7).



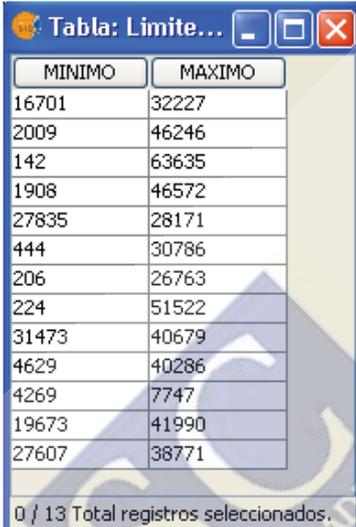
MB	CP	MO	SC	AQ	GN
970.0	1150.0	13.0	1.0	67.0	3.0
435.0	589.0	16.0	1.0	39.0	3.0
322.0	572.0	16.0	1.0	38.0	3.0
1611.0	2010.0	43.0	1.0	200.0	2.0
490.0	687.0	12.0	1.0	65.0	4.0
623.0	925.0	151.0	1.0	60.0	3.0
4367.0	6024.0	606.0	1.0	111.0	2.0
2549.0	3796.0	452.0	1.0	84.0	2.0
140.0	374.0	7.0	1.0	21.0	6.0
140.0	157.0	2.0	0.0	15.0	7.0
303.0	87.0	5.0	0.0	0.26	1.0
293.0	106.0	13.0	0.0	0.09	1.0
121.0	149.0	11.0	0.0	0.09	10.0

0 / 13 Total registros seleccionados.

Figura 7. Tabla *Coeficientes_1.dbf*

La primera fila de esta tabla contiene los coeficientes técnicos para el uso 'maíz', es decir, el margen bruto (MB) del maíz es de 970 €/h, su coste de producción (CP) es de 1150 €/ha, la mano de obra (MO) que genera es 13 h/ha, es un cultivo por lo que una ha de maíz contribuye en 1 unidad al objetivo superficie cultivada (SC), el empleo de agroquímicos (AQ) es de 67 uds/ha y su grado de naturalidad (GN) es 3 en una escala entre 1 y 10. Las restantes filas corresponden en este orden a los usos; trigo, otros cereales, patata, forrajes verdes, otros cultivos forrajeros, hortalizas, frutales, prados, pastizales, eucalipto, resinosas y caducifolias.

- En la ventana **Gestor de proyectos** haga clic en el botón **Nuevo**. En la ventana **Nueva tabla** haga clic en el botón **Añadir** y en el cuadro de diálogo **Abrir** seleccione el archivo *.../DatosTerraCha/CoeficientesPL/Limites_1.dbf*. Haga clic en el botón **Abrir** del cuadro de diálogo **Abrir** y en el botón **Aceptar** del cuadro de diálogo **Nueva tabla**. Se abrirá la tabla *Limites_1.dbf* (Fig. 8).



MINIMO	MAXIMO
16701	32227
2009	46246
142	63635
1908	46572
27835	28171
444	30786
206	26763
224	51522
31473	40679
4629	40286
4269	7747
19673	41990
27607	38771

Figura 8. Tabla *Limites_1.dbf*

La primera fila de esta tabla contiene la superficie mínima en ha (columna MINIMO) requerida para el uso 'maíz' y la superficie máxima (columna MAXIMO) disponible para este uso. Las restantes filas corresponden en este orden a los usos; trigo, otros cereales, patata, forrajes verdes, otros cultivos forrajeros, hortalizas, frutales, prados, pastizales, eucalipto, resinosas y caducifolias.

- Para calcular la superficie óptima para cada uso seleccione la herramienta de Openrules que implementa la programación por metas. Para ello haga clic en el icono de **Sextante**  y en el cuadro de diálogo de **SEXTANTE** navegue por el árbol de algoritmos desplegando las **Herramientas de planificación RULES (Optimización de áreas)** y haciendo doble clic en la opción **Evaluación por método de Metas**.
- En el cuadro de diálogo **Evaluación por método de Metas** defina el modelo a resolver de la siguiente forma: en el marco **Coefficientes** active la opción **Desde tabla** y seleccione la tabla *Coeficientes_1.dbf* en la lista desplegable correspondiente, en el marco **Restricciones** active la opción **Desde tabla** y seleccione la tabla *Limites_1.dbf* en la lista desplegable correspondiente, y en el cuadro de texto **Área total** introduzca la superficie total de la zona de estudio en ha, que en este caso es *173589* ha.
- A continuación introduzca el peso para cada objetivo de forma manual seleccionando el botón de opción **Introducir escenarios manualmente** y haciendo clic en el botón de

los tres puntos. Se abrirá el cuadró de diálogo **Tabla fija** en donde deberá introducir el peso para los objetivos MB (margen bruto), CP (coste de producción), MO (mano de obra), SC (superficie cultivada), AQ (agroquímicos) y GN (grado de naturalidad). Introduzca los pesos que desee (p. ej.: Fig 9) y haga clic en **Aceptar**. En el cuadro de texto **Resultado** introduzca la ruta y el nombre del archivo .dbf en el que se almacenará la superficie calculada para cada uso, p. ej.: *metas222211.dbf*. Haga clic en **Aceptar**.

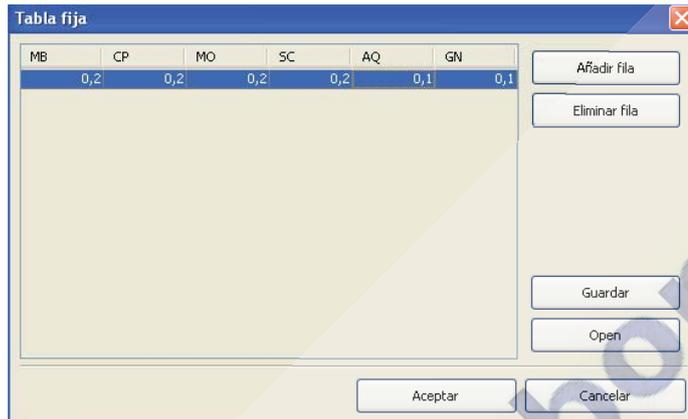


Figura 9. Asignación de pesos a los seis objetivos a optimizar.

- En la ventana **Gestor de proyectos**, en el marco **Tabla**, aparecerá la tabla *metas222211*. Seleccione esta tabla y haga clic en el botón **Abrir**. Se abrirá una tabla que contiene los siguientes campos (columnas) con los siguientes valores:

X_1 – superficie en ha de maíz
 X_2 – superficie en ha de trigo
 X_3 – superficie en ha de otros cereales
 X_4 – superficie en ha de patata
 X_5 – superficie en ha de forrajes verdes
 X_6 – superficie en ha de otros cultivos forrajeros
 X_7 – superficie en ha de hortalizas
 X_8 – superficie en ha de frutales
 X_9 – superficie en ha de prados
 X_10 – superficie en ha de pastizales
 X_11 – superficie en ha de eucalipto
 X_12 – superficie en ha de resinosas
 X_13 – superficie en ha de caducifolias
 MB – margen bruto en € para esas superficies
 CP – coste de producción en € para esas superficies
 MO – mano de obra en horas para esas superficies
 SC – superficie cultivada en ha
 AQ – nº de unidades de agroquímicos empleadas en esas superficies
 GN – valor de naturalidad para esas superficies
 MB_% - tasa de satisfacción del objetivo margen bruto
 CP_% – tasa de satisfacción del objetivo coste de producción
 MO_% – tasa de satisfacción del objetivo mano de obra
 SC_% – tasa de satisfacción del objetivo superficie cultivada
 AQ_% – tasa de satisfacción del objetivo agroquímicos
 GN_% – tasa de satisfacción del objetivo grado de naturalidad

EJERCICIO 3. LOCALIZACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO

Para el diseño del mapa de usos del suelo se utilizarán los mapas de aptitud obtenidos en el ejercicio 1 y las superficies de cada uso calculadas en el ejercicio 2. El mapa de usos del suelo se obtendrá mediante las tres técnicas disponibles en OpenRules: (1) optimización jerárquica, (2) análisis de punto ideal para objetivos conflictivos y (3) algoritmo basado en el *simulated annealing*.

1. OPTIMIZACIÓN JERÁRQUICA

La optimización jerárquica consiste en asignar al uso con mayor prioridad las áreas más aptas para el mismo hasta alcanzar la superficie requerida, estas zonas son excluidas para los restantes usos del suelo y el proceso continúa asignando el segundo uso con mayor prioridad y repitiendo el proceso hasta asignar la superficie total. Para aplicar esta técnica en OpenRules:

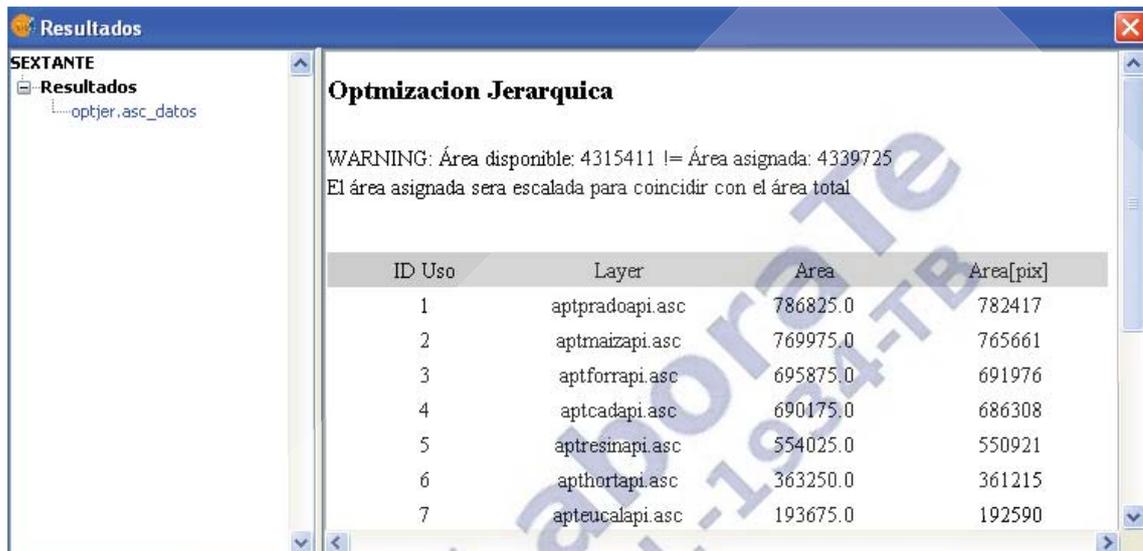
- Abra una Vista en gvSIG y cargue en ella los mapas de aptitud para los 13 usos del suelo obtenidos mediante el análisis de punto ideal: *aptmaizapi.asc*, *apttrigoapi.asc*, *aptotcerapi.asc*, *aptpatata.asc*, *aptforrvapi.asc*, *aptotforrapi.asc*, *aphortalpi.asc*, *aptfrutalpi.asc*, *aptpradoapi.asc*, *aptpastizalapi.asc*, *apteucaliptoapi.asc*, *aptresinosasapi.asc* y *aptcaducifolapi.asc*.
- Seleccione la herramienta de Openrules para la localización de los usos del suelo mediante la optimización jerárquica, para ello haga clic en el icono de **Sextante**  y en el cuadro de diálogo de **SEXTANTE** navegue por el árbol de algoritmos desplegando las **Herramientas de planificación RULES (Localización espacial)** y haciendo doble clic en la opción **Optimización Jerárquica**.
- Para aplicar la optimización jerárquica es necesario jerarquizar u ordenar los usos del suelo. Para ello, introduzca, en orden de mayor a menor prioridad, los mapas de aptitud para cada uso del suelo, así como la superficie demandada para cada uso en número de celdas. Por ejemplo, para introducir la siguiente jerarquía y superficie de usos:

	Superficie (nº celdas)	Orden
Maíz	769.975	2
Trigo	50.225	10
Otros cereales	3.550	13
Patata	47.700	11
Forrajes plurianuales	695.875	3
Otros forrajeros	63.125	9
Hortalizas	363.250	6
Frutales	5.600	12
Prado	786.825	1
Pastizal	115.725	8
Eucalipto	193.675	7
Resinosas	554.025	5
Fronosas caducifolias	690.175	4

En la lista desplegable **Mapa de aptitud** seleccione en primer lugar el mapa *aptpradoapi.asc*, en el cuadro **Superficie** introduzca *786825 celdas* y haga clic en el botón

Añadir. Repita estos pasos para añadir los restantes mapas de aptitud y superficies de la tabla anterior. En el cuadro **Resultado** introduzca la ruta y el nombre del archivo en el que se almacenará el mapa de usos del suelo (p. ej., *optjer.asc*). Haga clic en **Aceptar**.

Si la superficie introducida no coincide exactamente con la superficie total del mapa ráster el programa la reescalará automáticamente y aparecerá un mensaje como el de la Fig. 10.



ID Uso	Layer	Area	Area[pix]
1	aptpradoapi.asc	786825.0	782417
2	aptmaizapi.asc	769975.0	765661
3	aptferrapi.asc	695875.0	691976
4	aptheadapi.asc	690175.0	686308
5	aptresinapi.asc	554025.0	550921
6	apthortapi.asc	363250.0	361215
7	apteucalapi.asc	193675.0	192590

Figura 10. Informe de la ejecución del comando Optimización Jerárquica.

El mapa resultante estará constituido por valores comprendidos entre 1 y 13, en donde cada número representa el uso del suelo introducido en la posición indicada por ese número. En la Fig.10 puede observarse como en la columna **ID Uso** se indica el código asignado a cada uso.

Para asignar a cada uso un color específico para su representación, haga clic con el botón derecho del ratón encima de la capa *optjer.asc*, seleccione la opción **Propiedades del ráster** y en la pestaña **Realce** desmarque la casilla **Realce lineal directo**. A continuación vuelva a hacer clic con el botón derecho del ratón encima de la capa y seleccione la opción **Tablas de color** para construir la tabla mostrada en la Fig. 11:

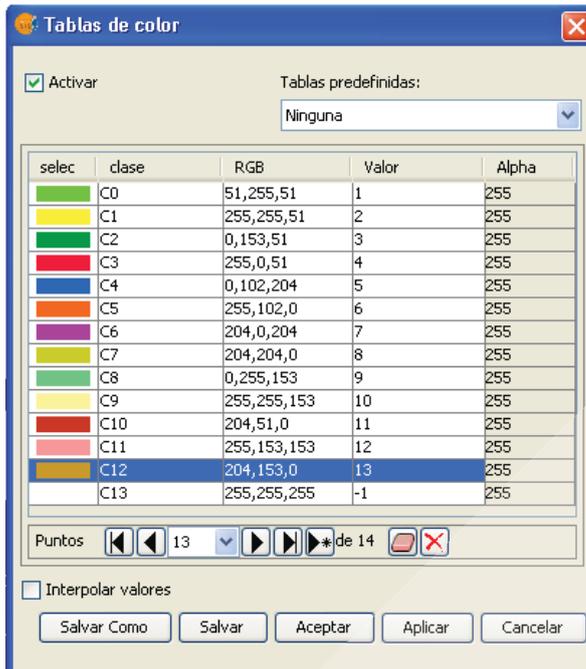


Figura 11. Tabla de color para la representación del mapa de usos del suelo.

Para guardar esta tabla de color haga clic en el botón **Salvar Como** y en el cuadro de diálogo que se abre introduzca el nombre *usos*. El mapa de usos del suelo resultante se visualizará de la siguiente forma (Fig.12):

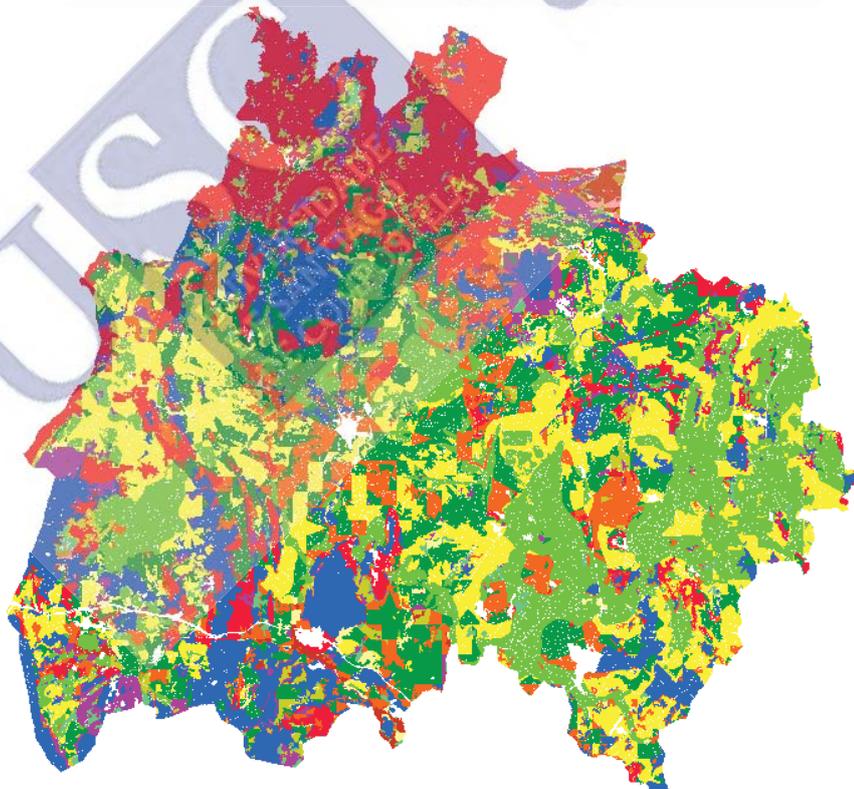


Figura 12. Mapa de usos del suelo resultante de la optimización jerárquica.

2. ANÁLISIS DE PUNTO IDEAL PARA OBJETIVOS CONFLICTIVOS

El análisis de punto ideal para la asignación espacial de usos del suelo conflictivos consiste en maximizar la aptitud para un uso del suelo al mismo tiempo que se minimiza la de los restantes usos, de forma que el cálculo de la distancia al punto ideal se realiza según la ecuación:

$$L_{im} = \left[\left(\sum_{j=1}^n w_j |x_{ij} - 0|^p \right) + \left(w_m |x_{im} - 1|^p \right) \right]^{1/p}$$

donde L_{im} es la distancia entre la celda i y el punto ideal del uso m , p es la métrica (distancia euclídea: $p=2$), w_j es el peso del uso j , x_{ij} es el valor normalizado de aptitud de la celda i para el uso j , x_{im} es el valor normalizado de aptitud de la celda i para el uso m , 1 es el valor del punto ideal y 0 es el valor mínimo para mapas de aptitud normalizados entre 0 y 1.

Este algoritmo de OpenRules implementa el siguiente procedimiento; i) cálculo de la distancia al punto ideal para cada uso del suelo según la ecuación anterior, ii) asignación de cada celda al uso para el que presente una menor distancia, iii) cálculo de la superficie asignada a cada uso, iv) si esta superficie es mayor que la requerida se asignan a ese uso las celdas más aptas (con menor distancia) hasta cubrir la superficie introducida por el usuario, v) si existen usos que no hayan cubierto sus metas de superficie se elimina el área de los usos ya asignados y se repite el proceso desde el paso ii. Para aplicar este procedimiento con OpenRules:

- Abra una Vista en gvSIG y cargue en ella los mapas de aptitud para los 13 usos del suelo obtenidos mediante el análisis de punto ideal: *aptmaizapi.asc*, *apttrigoapi.asc*, *aptotcerapi.asc*, *aptpatata.asc*, *aptforrvapi.asc*, *aptotforrapi.asc*, *aphortalpi.asc*, *aptfrutalpi.asc*, *aptpradoapi.asc*, *aptpastizalapi.asc*, *apteucaliptoapi.asc*, *aptresinosasapi.asc* y *aptcaducifolapi.asc*.
- Seleccione la herramienta de Openrules para la localización de los usos del suelo mediante la optimización jerárquica, para ello haga clic en el icono de **Sextante**  y en el cuadro de diálogo de **SEXTANTE** navegue por el árbol de algoritmos desplegando las **Herramientas de planificación RULES (Localización espacial)** y haciendo doble clic en la opción **Optimización por Punto Ideal**.
- Para aplicar el análisis de punto ideal es necesario asignar un peso a cada uso del suelo, si bien es posible asignar el mismo peso a todos los usos. Además, si los pesos introducidos no suman 1, el programa los reescala automáticamente para que la suma de todos ellos sea 1. Para aplicar los siguientes pesos y superficies:

	Superficie (nº celdas)	Peso
Maíz	765.661	0,2037
Trigo	49.944	0,0147
Otros cereales	3.530	0,0070
Patata	47.433	0,0108
Forrajes plurianuales	691.976	0,1483
Otros forrajeros	62.771	0,0208
Hortalizas	361.215	0,0557
Frutales	5.568	0,0083
Prado	782.417	0,2770
Pastizal	115.077	0,0289
Eucalipto	192.590	0,0401
Resinosas	550.921	0,0773
Fronosas caducifolias	691.976	0,1074

- En el cuadro **Parámetro p** deje el valor por defecto, 2, y en la lista desplegable **Unidades** deje también el valor por defecto, *Celdas*. En la lista desplegable **Mapa de aptitud** seleccione el mapa *aptmaizapi.asc*, en el cuadro **Superficie** introduzca 765661 *celdas*, en el campo **Peso** introduzca 0,2037 y haga clic en el botón **Añadir**. Repita estos pasos para añadir los restantes mapas de aptitud, superficies y pesos de la tabla anterior. En el cuadro **Resultado** introduzca la ruta y el nombre del archivo en el que se almacenará el mapa de usos del suelo (p. ej., *api.asc*). Haga clic en **Aceptar**.

El mapa resultante estará constituido por valores comprendidos entre 1 y 13, en donde cada número representa el uso del suelo introducido en la posición indicada por ese número. Para asignar a cada uso un color específico para su representación, haga clic con el botón derecho del ratón encima de la capa *api.asc*, seleccione la opción **Propiedades del ráster** y en la pestaña **Realce** desmarque la casilla **Realce lineal directo**. A continuación vuelva a hacer clic con el botón derecho del ratón encima de la capa y seleccione la opción **Tablas de color**. En la lista desplegable **Tablas predefinidas** seleccione la tabla *usos* creada en el ejercicio anterior y cambie el **Valor** de cada color para que se correspondan con los mismos usos que en el ejercicio anterior.

3. ALGORITMO BASADO EN EL SIMULATED ANNEALING

Este algoritmo de OpenRules permite maximizar la aptitud de la tierra para los usos asignados (igual que los dos métodos anteriores) pero, además, proporciona la posibilidad de optimizar dos criterios espaciales; la compacidad de las áreas asignadas a cada uso del suelo y la proximidad de usos del mismo tipo. Para aplicar este algoritmo con OpenRules:

- Abra una Vista en gvSIG y cargue en ella los mapas de aptitud para los 13 usos del suelo obtenidos mediante el análisis de punto ideal: *aptmaizapi.asc*, *apttrigoapi.asc*, *aptotcerapi.asc*, *aptpatata.asc*, *aptforrvapi.asc*, *aptotforrapi.asc*, *aphortalpi.asc*, *aptfrutalpi.asc*, *aptpradoapi.asc*, *aptpastizalapi.asc*, *apteucaliptoapi.asc*, *aptresinosasapi.asc* y *aptcaducifolapi.asc*.
- Seleccione la herramienta de Openrules para la localización de los usos del suelo mediante la optimización jerárquica, para ello haga clic en el icono de **Sextante**  y en el cuadro de diálogo de **SEXTANTE** navegue por el árbol de algoritmos desplegando las **Herramientas de planificación RULES (Localización espacial)** y haciendo doble clic en la opción **Optimizacion Simulated Annealing**.
- En el marco **Mapa de inicialización** deje seleccionada la opción por defecto *Crear mapa altamente disperso*. Esta opción creará como solución inicial un mapa aleatorio. En el marco **Función de optimización** deje los valores por defecto para los pesos correspondientes a las tres funciones a optimizar. En el marco **Esquema de enfriamiento** deje también los valores por defecto de los parámetros del esquema de enfriamiento que regulan la evolución del algoritmo heurístico. En el marco **Mapas de aptitud** seleccione en la lista desplegable **Mapa de aptitud** el mapa *aptmaizapi.asc*, en el cuadro **Superficie** introduzca 765661 *celdas*, en el campo **Peso** introduzca 0,2037, en el cuadro **Grupo** introduzca 1 y haga clic en el botón **Añadir**.

- Repita estos pasos para añadir los restantes mapas de aptitud, superficies, pesos y grupos de la siguiente tabla:

	Superficie (nº celdas)	Peso	Grupo*
Maíz	765.661	0,2037	1
Trigo	49.944	0,0147	1
Otros cereales	3.530	0,0070	1
Patata	47.433	0,0108	2
Forrajes plurianuales	691.976	0,1483	1
Otros forrajeros	62.771	0,0208	1
Hortalizas	361.215	0,0557	2
Frutales	5.568	0,0083	2
Prado	782.417	0,2770	1
Pastizal	115.077	0,0289	1
Eucalipto	192.590	0,0401	3
Resinosas	550.921	0,0773	3
Fronosas caducifolias	691.976	0,1074	4

* Grupos: 1 – cultivos extensivos, 2 – cultivos intensivos, 3 – forestal productor, 4 – forestal protector

- En el cuadro **Resultado** introduzca la ruta y el nombre del archivo en el que se almacenará el mapa de usos del suelo (p. ej., *sa.asc*). Haga clic en **Aceptar**. El algoritmo tardará varias horas en ejecutarse en un ordenador de características medias, ya que se está trabajando con mapas de 7 millones de celdas. Una vez finalizada la ejecución, se visualizará un informe como el que se presenta a continuación, en el que se describe la evolución de los parámetros del algoritmo:

Optimizacion Simulated Annealing

- dWAptitud: 0.5
- dWCompactacion: 0.4
- dWCompGrupo: 0.1
- dTInit: 1273.0
- iNMov: 20000000
- iNTemp: 200
- dCte: 0.98

Area_total 4315411[pix]

ID Uso	Layer	Area	Area[pix]	Peso	Grupo
1	aptmaizapi.asc	765661.0	765661	0.2037	1
2	apttrigoapi.asc	49944.0	49944	0.0147	1
3	aptotrcerapi.asc	3530.0	3530	0.0070	1
4	aptpalataapi.asc	47433.0	47433	0.0108	4
5	aptforrapi.asc	691976.0	691976	0.1483	1
6	aptotforrapi.asc	62771.0	62771	0.0208	1
7	aphortapi.asc	361215.0	361215	0.0557	4
8	aptfrutapi.asc	5568.0	5568	0.0083	4
9	aptpradoapi.asc	782417.0	782417	0.277	1
10	aptpastizalapi.asc	115077.0	115077	0.0289	1
11	apteucalapi.asc	192590.0	192590	0.0401	3
12	aptresinapi.asc	550921.0	550921	0.0773	3
13	aptcadapi.asc	686308.0	686308	0.1074	2

Energía	Aptitud	Compacidad	ComGrupo
0.6521429115999623	0.45438032691341396	0.9086357663285951	0.6149844161181731

startMap

Nº	Temperatura	acceptDirecta	acceptBoltzmann	noAccept	time	Energía	Aptitud	Compacidad	CompGrupo
1	1273.0	6862303	5985145	7152552	87688	0.5311023454527435	0.3248762118104001	0.7827746695244057	0.5408804951216581
2	1247.54	5886641	5849972	8263387	175985	0.523726307720958	0.31683837300945866	0.7765687685871923	0.5342115956698194
3	1222.5892	5756510	5741311	8502179	263969	0.5204111273238166	0.31333827676813286	0.7735380499180997	0.530856155598531
4	1198.1374159999998	5663299	5652796	8683905	352360	0.5176282494959048	0.3104855370879649	0.7709197197075989	0.5280876334162588
5	1174.1746676799999	5572475	5554159	8873366	440625	0.5137295799034403	0.3064477992174265	0.7673367903816584	0.5243273464074966
6	1150.6911743263997	5475409	5458984	9065607	528860	0.5104059282012506	0.30308704075561677	0.76407005648331	0.5209749215239409
7	1127.6773508398717	5376054	5361385	9262561	617375	0.506672824375311	0.29930393111736375	0.7605066210406118	0.5172529042056302
8	1105.1238038230742	5277046	5255713	9467241	706094	0.502878001224055	0.2955453670700169	0.7568270345435946	0.5132834095557329
9	1083.0213277466128	5169186	5153730	9677084	794625	0.4992074735346055	0.29186348944359874	0.7531675221049162	0.5097458985329024
10	1061.3609011916806	5072675	5053562	9873763	883500	0.4954727944145288	0.288326773562337	0.7493019314719613	0.5057822023209524
11	1040.133683167847	4964771	4944851	10090378	972594	0.4911818700542683	0.2843032641336995	0.7448294776880683	0.5013338726653749
12	1019.3310095044901	4858749	4836559	10304692	1061172	0.48682919113423456	0.2801393263152111	0.740294597063792	0.49685539113247207
13	998.9443893144003	4747752	4726898	10525350	1149922	0.482995011545866	0.27640273473681004	0.7364821504696764	0.4927597224728436
14	978.9655015281122	4646022	4618928	10735050	1238360	0.4783797725479374	0.27214255813086163	0.731608679659083	0.48784021174967634
15	959.3861914975499	4527255	4500695	10972050	1327219	0.47392817917823926	0.2681053785415904	0.7268101674709575	0.48307760675736044
16	940.198467667599	4416436	4392249	11191315	1415610	0.46907362481739723	0.26382528692263285	0.721406416622164	0.47782468585222887
17	921.3944983142469	4298325	4271506	11430169	1504297	0.46397151451466623	0.2592718982974989	0.7158165456024134	0.47234446617956694
18	902.9666083479619	4187551	4157963	11654486	1593094	0.45900267660205274	0.25495439939224623	0.7102199445515435	0.4668796703518446
19	884.9072761810027	4066761	4041200	11892039	1682110	0.45421377604164787	0.2508556450092862	0.7047906659985039	0.46158094178693015
20	867.2091306573826	3958463	3925627	12115910	1770844	0.44894153133736475	0.24639679109518134	0.6987039330261116	0.4556485599231452
21	849.8649480442349	3838147	3805053	12356800	1859828	0.44333349953556755	0.24166995226961482	0.6921987777741239	0.4494874876667225

El mapa resultante (Fig. 13) estará constituido por valores comprendidos entre 1 y 13, en donde cada número representa el uso del suelo introducido en la posición indicada por ese número.

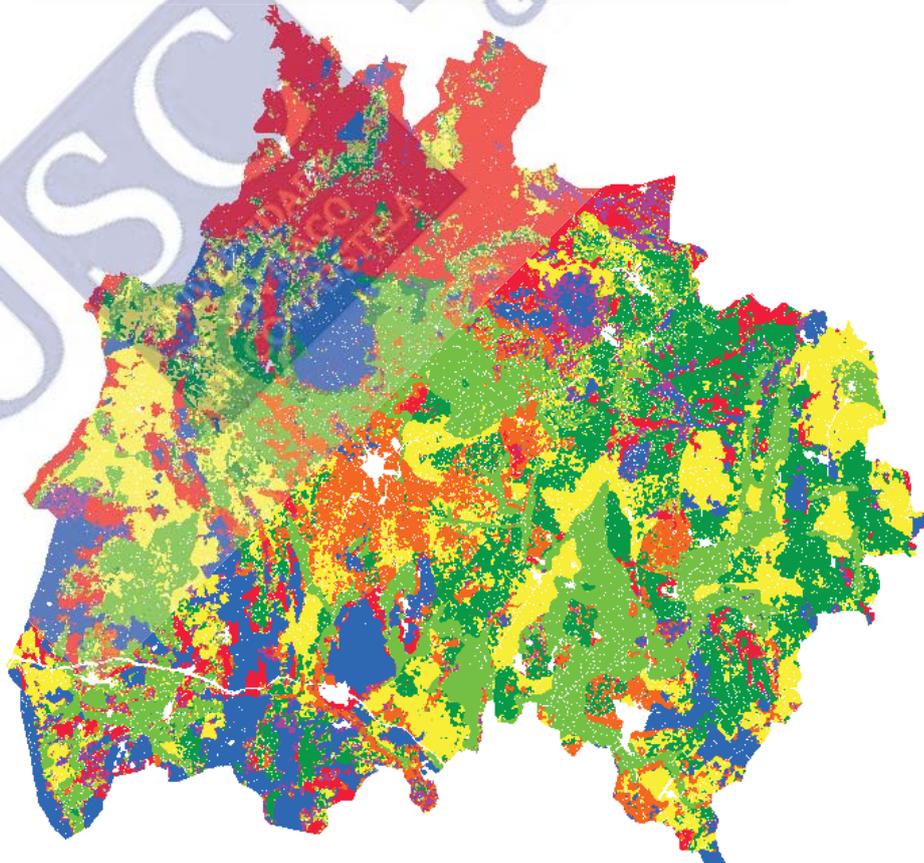


Figura 13. Mapa de usos del suelo resultante del algoritmo basado en el *simulated annealing*.