

SIG y Modelización de Fauna Protegida: Delimitación de Hábitat Potencial del Urogallo (*Tetrao Urogallus*) mediante Lógica Borrosa (*Fuzzy Logic*) en el Parque Natural del Cadí- Moixeró (Pirineo oriental)

Miquel Sainz de la Maza (U.A.B.)

Resumen

En este trabajo se presenta la metodología a utilizar en el proceso de modelización del hábitat potencial de esta especie vulnerable, en concreto de un hábitat específico como son las zonas de canto o cantaderos, en un parque natural del Pirineo oriental. Tras una primera parte en que se hace una breve justificación de la elección y utilización de una metodología concreta de modelización de las zonas de hábitat potencial de esta especie, se describirán las variables utilizadas, el proceso de implementación y aplicación del modelo y, para finalizar se ofrecen los primeros resultados obtenidos.

Palabras clave: Modelización, hábitat potencial lógica borrosa, planteamiento de Importación Semántico (SI).

1. Ámbito de estudio

El parque natural del Cadí-Moixeró fue declarado como tal por el Parlamento de Cataluña el 15 de julio de 1983, convirtiéndose en el espacio natural protegido más grande de Cataluña con una extensión de 41.342 ha. La situación del parque en el prepirineo oriental y sus características orográficas, hacen que hasta sus sierras de composición mayoritariamente calcárea, llegue la influencia mediterránea en el vertiente suroriental, mientras que la parte noroccidental esté sometida a la influencia atlántica. Esta particularidad posibilita una alta diversidad de especies de montaña, tanto de origen mediterráneo, como de origen centroeuropeo o eurosiberianas. Las dos grandes sierras principales, la del Cadí y la del Moixeró, constituyen una gran barrera montañosa de 30 Km. orientada de este a oeste. La pluviosidad oscila entre 1500 mm anuales en las montañas de levante y los 700 mm de las partes más bajas de poniente, la nieve está presente en las partes más altas durante seis meses al año, de noviembre a mayo ver Figura 3.

2. Modelización de hábitats de fauna

Morrison (1992) establece en los siguientes los principales objetivos para el desarrollo de modelos de hábitat de fauna:

- ✓ Formalización o descripción de nuestro conocimiento actual sobre la especie o sistema ecológico.
- ✓ Entender cuales son los factores ambientales que afectan a la distribución y abundancia de una especie.
- ✓ Predicción de distribuciones y abundancia de especies.
- ✓ Identificar los puntos débiles en nuestro conocimiento.
- ✓ Generar hipótesis sobre la especie o ecosistema de nuestro interés.

Los diferentes tipos de modelos de hábitats de fauna que podemos desarrollar dependerán en buena medida de las características y objetivos perseguidos así como de la información disponible. Hay que diferenciar en primer lugar, si el origen o fuente de los datos utilizados en el proceso de implementación es empírico o teórico. Los modelos empíricos pueden ser simplemente descriptivos, aquellos derivados de casos de estudios concretos en determinadas localizaciones, o también pueden ser estadísticos ya que los datos recogidos según un determinado modelo de muestreo son utilizados para explicar o predecir probabilidades de presencia de especies en aquellas zonas no muestreadas. Una de las técnicas más utilizadas en estos casos es la regresión logística (Pereira, Itami, 1994) Pero algo que resulta paradójico es que, como en el caso que nos ocupa, para poder implementar modelos estadísticos (regresión logística) hacen falta una gran cantidad de datos empíricos, tanto para su construcción como para su validación, pero en el momento que nos planteamos la necesidad de preservar ciertas áreas vitales de una especie concreta, normalmente esta se encuentra en grave estado de regresión y se disponen de pocos datos de localización que sean fiables (por ejemplo disponibilidad de datos de radio-collares) Los datos irregulares de distribución y o abundancia de especies hacen que, en casos determinados la utilización de una metodología deductiva sea la única posibilidad de delimitación de los hábitats.

3. ¿ Por qué la lógica borrosa?

La teoría de los conjuntos borrosos (fuzzy set theory) desarrollada por L. Zadeh (1965) es una generalización del álgebra booleana (Burrough, P.A. 1989) y es particularmente útil para procesar datos e información cuyos atributos tienen zonas de transición gradual. La clasificación de ciertos elementos del paisaje mediante la asignación a conjuntos de límites bien definidos cuando utilizamos información de tipo continuo lo que hacemos es forzar la observación en uno u otro conjunto por puro pragmatismo (Burrough, P.A., 1998).

La lógica borrosa (fuzzy logic) nos ofrece las herramientas teóricas para tratar conceptos expresados en lenguaje natural. Rimscha y Wolf (1997) advierten sobre la posible confusión que se puede producir entre probabilidad y lógica borrosa. La lógica borrosa no nos proporciona un atributo probabilístico, en que el grado de pertenencia a un conjunto está ligado a una función de probabilidad, sino que describe la posibilidad que un individuo sea miembro de un conjunto determinado, posibilidad que puede estar basada en el conocimiento subjetivo de un experto (Burrough, 1998).

Cuando se afrontó la necesidad de delimitar las zonas de hábitat potencial del urogallo en el parque natural del Cadí-Moixeró para así poder establecer medidas protectoras que permitieran salvaguardar ciertas zonas vitales de la presión humana en determinadas épocas de año, se hizo un estudio de los diferentes tipos de modelos que podían adaptarse mejor a las variables y datos disponibles de esta especie en el ámbito de estudio. De los diferentes tipos de modelos posibles (probabilísticos, booleanos, y de conjuntos borrosos) se estudiaron las características y requerimientos hasta llegar a la conclusión de que el modelo mas adecuado era el basado en la teoría de los conjuntos borrosos. Contamos con buena información sobre el hábitat idóneo de la especie (Castroviejo, J. 1975; Canut, J. 1991a; Canut, J. 1993b; Canut, J et al. 1996; De Juan, A. 1981; Menoni, E 1991a; Menoni, E. 1992b; Vazquez, A. 1995) así como el asesoramiento del técnico de fauna del parque natural del Cadí-Moixeró, y esto nos proporcionaba el conocimiento de base necesario para definir el hábitat potencial del urogallo (*Tetrao urogallus*) en el ámbito de estudio. La escasez de datos empíricos de calidad impedía la realización de un modelo estadístico de regresión logística y esto nos motivó a la búsqueda de alternativas válidas que, como ejemplo, presentamos en esta comunicación. La lógica borrosa nos permite desarrollar una clasificación de zonas potenciales de canto del urogallo que relaja las estrictas condiciones de clasificación del álgebra booleana.

Los antecedentes de la utilización de la lógica borrosa para la clasificación de diferentes elementos del terreno lo encontramos en la evaluación de suelos (Burrough, P.A., 1989) En el ámbito de la modelización de hábitats de fauna podemos encontrar algunos ejemplos en la publicación Ecological Modelling (Salski, A. et al. 1996) y tesis doctorales (Hill, K.1997).

4. Características del hábitat

En la actualidad la presencia del urogallo (*Tetrao urogallus*) en Cataluña queda reducida a ciertos bosques del Pirineo y Prepirineo. Desde la prohibición de su caza en la década de los ochenta, disfruta de una cierta estabilidad. Pero en ciertas zonas (comarcas del Ripollés, la Cerdanya y l'Alt Urgell) se ha constatado un descenso poblacional que según los expertos, es consecuencia de las alteraciones del hábitat (silvicultura, estaciones de esquí alpino y nórdico) así como de la mayor frecuentación de su hábitat para usos turísticos y de recreo.

El urogallo en el Pirineo está prácticamente ligado a los bosques del piso subalpino, que en la zona de estudio serían aquellos formados por el Pino Negro (*Pinus uncinata*), aunque también constituyen un buen hábitat bosques de Abeto (*Abies alba*), Hayedo (*Fagus Sylvatica*) y pino albar (*Pinus sylvestris*).

En celo tiene lugar durante el mes de mayo, cuando los machos se concentran en unos lugares muy concretos del bosque llamados “cantaderos” donde realizan espectaculares exhibiciones nupciales con el objetivo de atraer a las hembras y realizar la cópula. Este hábitat es precisamente el objeto de estudio de este trabajo.

Hábitat potencial de canto

Las características de las zonas de canto de este ave en la zona de estudio son muy concretas y las paso a detallar a continuación:

- ✓ Bosque subalpino
- ✓ Orientación Norte
- ✓ Altitud 1600-2200 m
- ✓ Pendientes no superiores a 45°
- ✓ Recubrimiento forestal medio (40-50%)

Elementos de perturbación del hábitat

Entre los factores que afectan la calidad del hábitat del urogallo y que suponen su regresión en Europa, encontramos todas aquellas actividades antrópicas que se desarrollan en el medio natural de la especie como son las actividades turísticas o de recreo. Estas perturbaciones son especialmente críticas en que la especie tiene escasez de recursos energéticos durante la época de hibernación entre los meses de diciembre a marzo, o también durante el periodo de apareamiento y cría los meses de abril a agosto. Si bien las actividades de aprovechamiento forestal suponen una clara perturbación sobre el medio natural del urogallo, en el caso del parque natural del Cadí-Moixeró al tratarse de un espacio protegido todas las licencias de explotación forestal están fuertemente controladas por los técnicos del parque. Así pues en nuestro caso de estudio las actividades que potencialmente afectan la distribución de la especie son principalmente aquellas derivadas de la frecuentación humana. El parque natural del Cadí-Moixeró experimenta a lo largo del año las variaciones estacionales características de las áreas de montaña ofreciendo al visitante la posibilidad de realizar un amplio abanico de actividades de ocio y deportes de invierno, de montaña y aventura. El paisaje resultante del relieve y las extensas masas forestales constituyen un innegable atractivo turístico que supone una fuente de ingresos para los municipios colindantes en especial para el sector de la hostelería. Otra actividad lúdica gastronómica muy arraigada en Cataluña es la búsqueda de setas, un auténtico fenómeno de masas que llena las carreteras de acceso a los bosques los fines de semana de otoño. El parque no dispone todavía de un estudio preciso de frecuentación de sus instalaciones a pesar de que se efectúan conteos puntuales y se tiene la voluntad de conseguir resultados fiables en este sentido. Por esta razón he considerado el estado de la red viaria como indicador de frecuentación potencial ya que se dispone de una base de carreteras, caminos y pistas diferenciando para estas dos últimas según su estado de conservación sea bueno o malo.

Otros elementos generadores de perturbación son los núcleos de población así como las casas aisladas, ermitas y santuarios, actividades agrícolas y zonas de actividades extractivas. Cada uno de estos elementos de ha sido clasificado en función de su perturbación potencial y capacidad de restricción de zonas de canto.

5. Construcción de la base de datos

Para la aplicación del modelo de hábitat potencial del urogallo (*Tetrao urogallus*) en el parque natural del Cadí-Moixeró, se han utilizado diferentes fuentes de información de diversa procedencia. Algunas de ellas son fruto del trabajo de otros investigadores del departamento de Geografía de la U.A.B.¹ como la base de información de pueblos, casas y otras construcciones y la base de la red viaria, el autor de las cuales es David Molina. La tabla 1 resume las bases de información utilizadas detallando la fuente, el formato de origen, la escala de adquisición o resolución, las unidades y el tipo de elemento que contiene.

Relación de bases de información utilizadas						
Base	Fuente	Formato origen	Resolución / escala	Bases derivadas	unidades	Tipo de elemento original
MDE	I.C.C.	ráster	45	3	m	celdas
				orientaciones	°	celdas
				pendientes	°	celdas
				curvas de nivel	m	líneas
vegetación	I.C.C./U.B.	vectorial	1:25000	-	m	polígonos
Recubrimiento forestal	Fotointerpretación ortofotomapa color I.C.C.	vectorial	1:25000	-	%	polígonos
Red viaria	Ortofotomapa b/n y topográfico	vectorial	1:5000 1:50000	3	m	líneas
			45	Dist.carreteras via1	m	celdas
			45	Dist.pista bien via2	m	celdas
			45	Dist.pista mal via3	m	celdas
Pueblos, casas y otras construcciones	Fotointerpretación ortofotomapa b/n I.C.C. y trabajo de campo	vectorial	1:5000	3	m	polígonos
			45	Dist perturba1	m	celdas
			45	Dist perturba2	m	celdas
			45	Dist perturba3	m	celdas
Actividades extractivas	Dept. de Medi Ambient Generalitat de Catalunya	vectorial	1:5000	Dist perturba1	m	polígonos
P.E.I.N.	“	vectorial	1:25000	-	m	polígonos

Tabla 1.Relación de bases de información cartográfica digital utilizadas.

¹ Universitat Autònoma de Barcelona.

El modelo digital de elevaciones (MDE) utilizado proviene del Institut Cartogràfic de Catalunya ICC de resolución espacial 45m en que cada celda contiene el valor de la altura medido en el centro. El MDE contiene información explícita, los datos de altitud, e información implícita derivada de las relaciones espaciales entre los elementos que forman parte de él como la pendiente y la orientación (Felicísimo, A. 1994). La orientación en un punto se define como el ángulo existente entre el vector que indica el norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en ese punto (Felicísimo, A. 1994). El concepto de orientación se refiere al punto cardinal hacia el cual están inclinadas las superficies y por tanto hacia donde vierten las aguas. Cada celda contiene la orientación del terreno expresada en grados donde 0° corresponden al norte y los 180 al sur. En este caso pendiente y orientación se han derivado del MDE mediante la utilización del Software ArcView y su módulo de análisis espacial *Spatial Analysis*.

Las bases originales de la vegetación actual que cubren todo el parque natural del Cadí-Moixeró son las correspondientes a las hojas 1:50000 del MTN 254, 255, 216 y 217, realizadas por el equipo de biología vegetal de la facultad de Biología de la Universidad de Barcelona. La base de recubrimiento forestal es producto del laborioso trabajo de fotointerpretación sobre los ortofotomapas 1:25000 en color de 2m de resolución, elaborados por el ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya) a partir de las fotografías aéreas a escala 1:60000 del año 1993. Las categorías resultantes fueron recubrimiento forestal bajo (1-30%), medio (40-60%), y alto (>60%).

Las actividades que se realizan dentro del ámbito del parque y que limitan la disponibilidad de zonas favorables al urogallo son, a demás de las derivadas de la frecuentación por la red viaria, aquellas relacionadas con los núcleos de población, explotaciones agrarias, casas aisladas, iglesias y ermitas, refugios, estaciones de esquí (ámbito de influencia) áreas de pic-nic, albergues juveniles, hostales y hoteles, y las actividades extractivas de carbones minerales, calcáreas y arenas. Para la aplicación del modelo necesitamos una base de distancias relativas a todos estos elementos de actividades antrópicas. Esto se obtiene automáticamente mediante el Software ArcView y su módulo de análisis espacial *Spatial Analysis*.

6. Modelización

La principal utilidad de los modelos es su uso como herramienta para añadir valor a la información (Clarke, 1990). La evaluación de la posibilidad de que un individuo sea miembro de un conjunto puede basarse en el conocimiento intuitivo (experto). Un conjunto borroso se define matemáticamente como indica la Figura 1.

Figura 1. Definición matemática de un conjunto borroso.

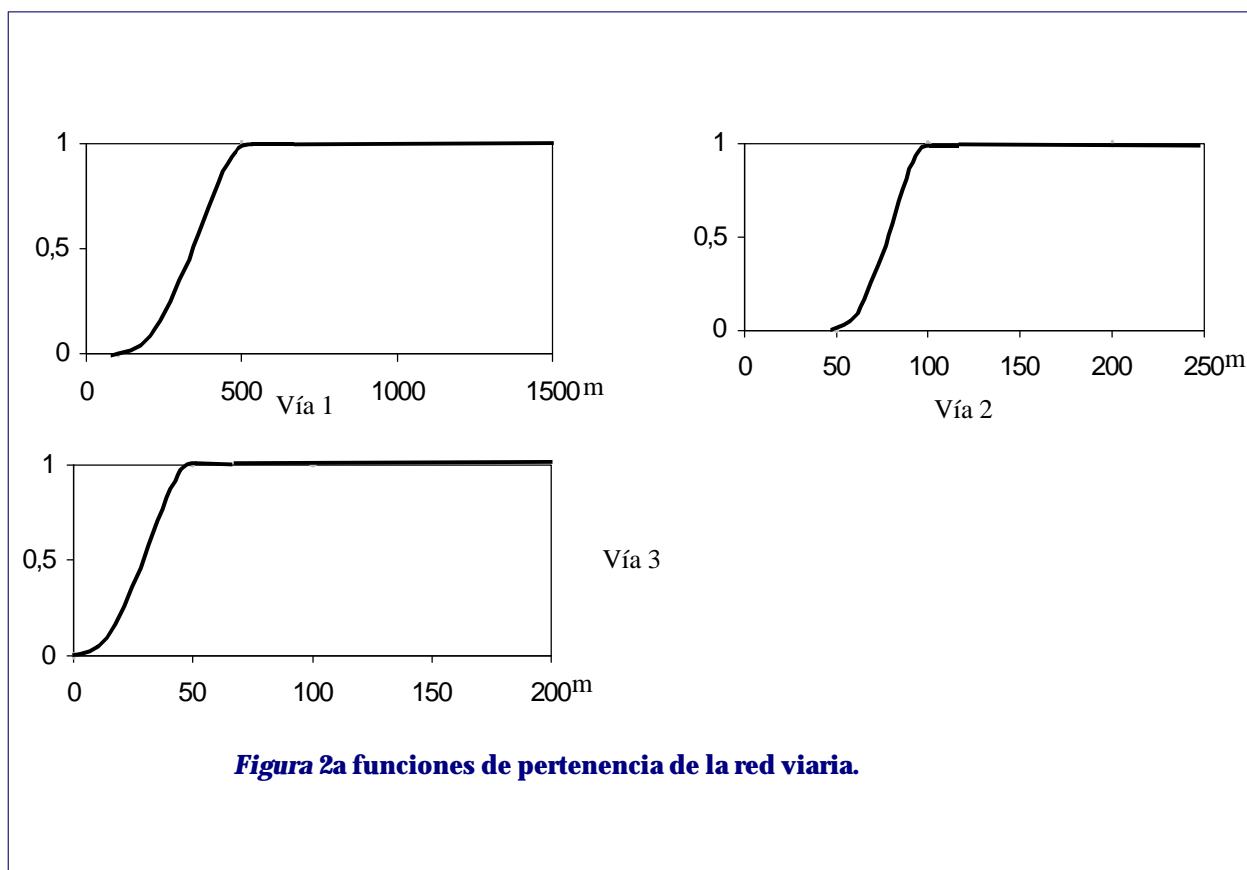
$$F = \{(x, \mathbf{m}_F(x)) | x \in X\}$$

Donde $\mathbf{m}_F(x)$ es la función de pertenencia de x en F . La función de pertenencia expresa en qué grado el valor de x es compatible con el concepto F .

La lógica borrosa diferencia dos tipos principales de aproximaciones en la definición de conjuntos borrosos, el planteamiento de importación semántico o *SI* y el método *fuzzy K-means* (Burrough, P.A. et al 1998, Klir, G. 1995). En este trabajo se ha utilizado el planteamiento *SI* que es la aproximación más simple y utiliza una función de pertenencia a priori con la cual asignaremos a los

elementos por clasificar, un grado de pertenencia al conjunto de hábitat potencial de canto del urogallo de 0 a 1. Existen diferentes métodos de construcción de las funciones de pertenencia *FP* que se clasifican principalmente en métodos directos y métodos indirectos (con uno o mas expertos) (Klir, G. et al.1995).

La capacidad para determinar la función de pertenencia apropiada así como las operaciones *fuzzy* en el contexto de cada aplicación es crucial para hacer de la teoría de la lógica borrosa útil en la práctica (Klir, G. et al.1995). La forma de un conjunto borroso es flexible (Hill, K. 1997) ya que hay disponible un amplio orden de funciones de pertenencia para definir los grados en que cada elemento considerado pertenece al conjunto. En este ejemplo he utilizado funciones sigmoidales, dado que son las funciones de pertenencia mas utilizadas en la teoría de conjuntos borrosos y son apropiadas para estudios de distribuciones de especies (Eastman R., 1997). De todas formas la elección de una función de pertenencia es una elección subjetiva y esta es una de las críticas mas frecuentes a esta metodología, pero esta elección nos ofrece la oportunidad de plantear una hipótesis sobre la cuestión (Hill, K. 1997), en este caso la relación del urogallo con su entorno .Las *Figuras 2a* y *2b* muestran las funciones de pertenencia elegidas para la modelización de las zonas potenciales de canto del urogallo en el ámbito de estudio.



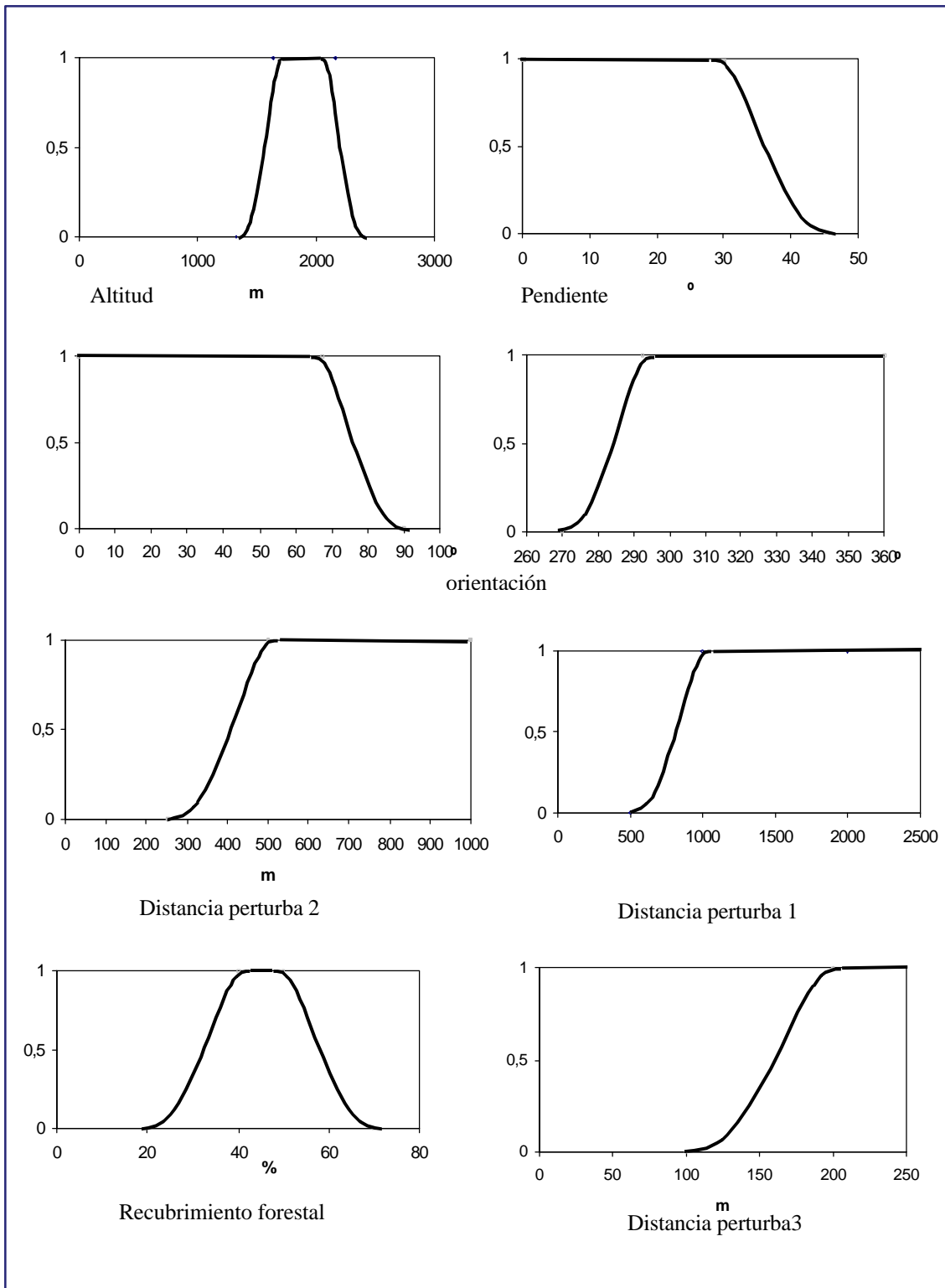
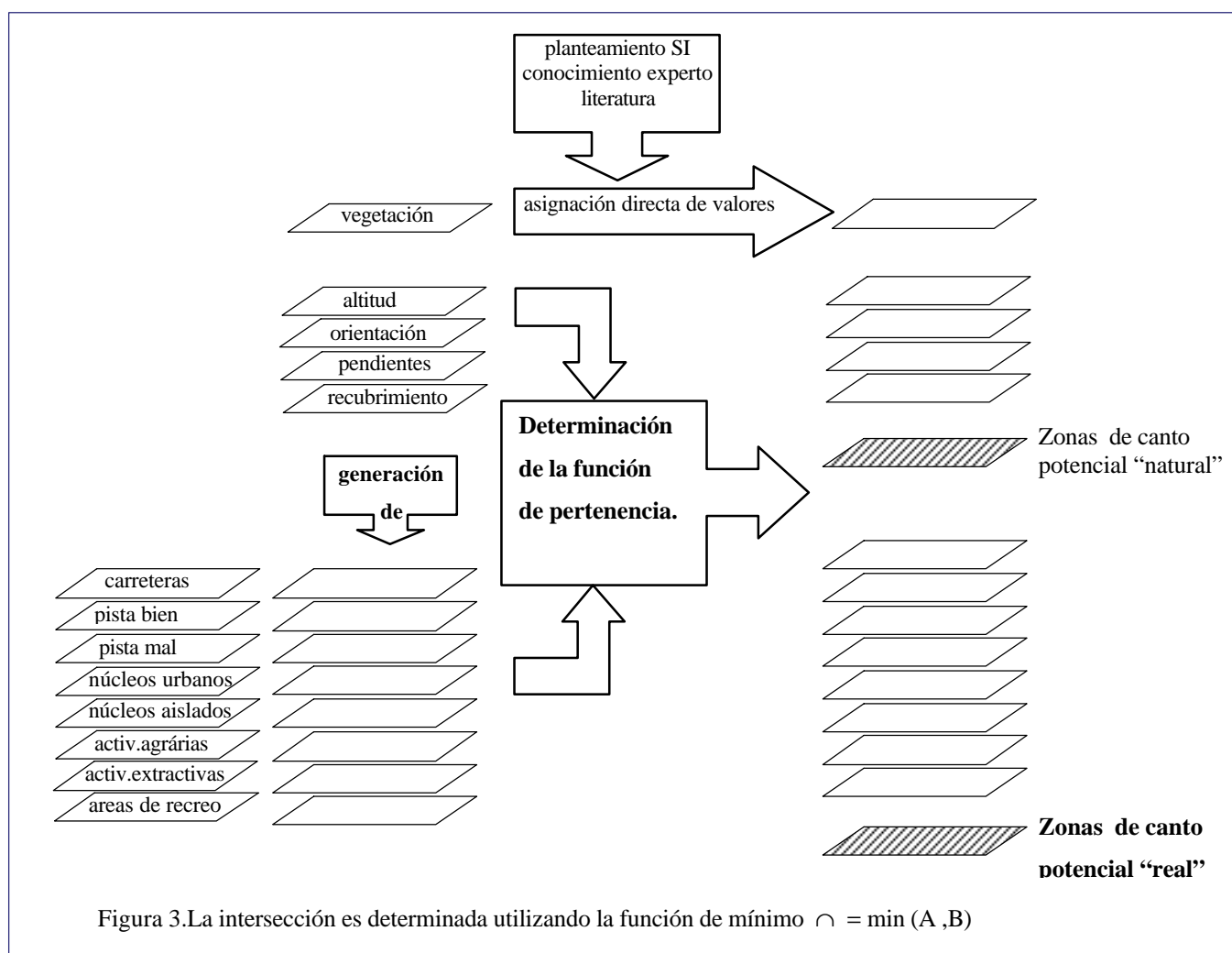


Figura 2b. Gráficos de las funciones de pertenencia de las diferentes variables.

Integración de la información

La *Figura 3* muestra el proceso mediante el cual se han integrado todas las bases de información en el SIG. El proceso empieza con la recogida de información y asesoramiento de expertos. Por ejemplo, sabemos a través de diferentes estudios existentes que los cantaderos se sitúan siempre en orientaciones norte (noreste y noroeste). A partir de este conocimiento, una vez elegida la función de pertenencia (*Figura 2*) determinamos dos puntos en el eje de coordenadas, el punto en que la función cruza el eje de las x (90°) y el punto a partir del cual consideramos que la orientación pertenece completamente al conjunto de hábitat de cantadero, 1 (67.5, correspondiente a una orientación noreste). El proceso de *fuzzyficación* se ha realizado mediante el módulo de toma de decisiones fuzzy del programa SIG IDRISI.



En la integración de la vegetación, al tratarse de una variable no continua, hay que realizar un gran esfuerzo de asignación directa de valores de 0 a 1 para poderla integrar en el análisis de lógica borrosa. En este caso se han asignado los valores de 1 a las formaciones de Pino Negro (*Pinus uncinata*), Abeto (*Abies alba*) y Hayedo (*Fagus Sylvatica*) y 0.9 para el pino albar (*Pinus sylvestris*), aunque se podrían hacer mas clasificaciones basadas en el tipo de formación arbustiva asociada a cada clase de vegetación.

En el caso de las bases de perturbación del hábitat se han clasificado en tres grupos, tanto para las actividades antrópicas como para la red viaria, según se ha considerado aquella la actividad puede afectar mas o menos al hábitat con el siguiente resultado:

Actividad	Perturbación
Núcleo de población, actividades extractivas, estación esquí Explotación agraria, casa aislada, refugio, área de pic-nic, hostal, hotel, albergue. Cabaña, iglesia, ermita, santuario	Alta (Perturba 1) Media (Perturba 2) Baja (Perturba 3)
Red Viaria	
Carreteras Pista buen estado Pista mal estado	Alta (via1) Media (via2) Baja (via3)

Tabla 2. Clasificación de los elementos de perturbación

Se considera que los 50-100 a ambos lados de una carretera están ecológicamente degradados de forma permanente (Kaule, G., 1997), aunque las perturbaciones son evidentes más allá de esta primera zona especialmente en ámbitos abiertos. Los sistemas forestales actúan atenuando los impactos y por tanto la franja de afectación es menor. En zonas abiertas, de prados y cultivos esta franja de perturbación puede sobrepasar 1 km. mientras que en zonas de árboles densos los efectos no son aparentes en puntos situados a más de 500 m del trazado (Hooftman, M. et al. 1997). Podemos observar como han quedado definidas las funciones en la figura 2a.

Operaciones

Las operaciones con los diferentes subconjuntos son similares a aquellas que se pueden utilizar en conjuntos booleanos². En este caso se ha utilizado la intersección con la función de mínimo (figura 3). La superposición se ha hecho con el comando overlay min del software IDRISI. Por qué el mínimo? Las variables están conectadas por la palabra y (AND), por lo tanto una variable es dependiente sobre la otra entonces seleccionando el valor mínimo estaremos escogiendo un valor que cumplirá las dos condiciones. Así también nos aseguramos que en caso de que una variable tenga valor 0 obtendrá 0 en el conjunto final.

² Para más información ver P.A Burrough 1989, pág. 482; Klir, G. 1995, Pág. 50.

7. Resultados

Tras la realización de todas las superposiciones obtenemos los resultados que se pueden observar en los diferentes mapas de la figura 4. El mapa 2a contiene los valores de 0 a 1 de aquellas celdas según su grado de pertenencia al conjunto de zonas potenciales de canto (o cantaderos) del urogallo (*Tetrao urogallus*) en el parque natural del Cadí-Moixeró. El estudio se ha basado en las variables disponibles para el interior del parque y, por tanto, no hay que considerar la zona exterior a pesar de que su color se corresponda con un valor en la leyenda. Se aprecia en estos resultados una clara disposición de las zonas potenciales de canto de urogallo en la vertiente norte. La peculiar geomorfología del parque, que queda dividido de este a oeste por las sierras que dan nombre al parque.

El mapa 2b corresponde a la intersección de todos los elementos de perturbación considerados en el modelo, red viaria y elementos de presencia humana y actividades diversas. Como se puede observar se han considerado los elementos interiores al parque y aquellos externos a él pero, que por su proximidad pueden aportar elementos de perturbadores en el hábitat potencial del urogallo (*Tetrao urogallus*).

El mapa 2c corresponde al que denominaremos hábitat potencial de canto perturbado, resultado de la intersección de los dos primeros, hábitat potencial de zonas de canto “naturales” y zonas de perturbación antrópica.

8. Conclusiones

Este trabajo explica la metodología utilizada para la modelización de un tipo de hábitat potencial, las zonas de canto, de una especie vulnerable en España, el urogallo (*Tetrao urogallus*), mediante la teoría de los conjuntos borrosos. Quiero resaltar que no es un estudio finalizado ya que se trabaja para mejorar el modelo mediante la posible utilización de otras variables como la insolación potencial, la edad de los bosques, o la rugosidad del terreno. Una segunda fase consistirá en la modelización de otros hábitats de esta especie como son las zonas de hibernación y las zonas potenciales de cría.

También hay que seguir investigando en las diferentes operaciones entre los conjuntos borrosos. Aunque no se disponen de suficientes datos de origen empírico para implementar un modelo estadístico, es evidente que todo modelo hay que someterlo a unos tests para su validación y esto está previsto que se realizará con los datos empíricos existentes para cada tipo de hábitat. La aproximación a la modelización de hábitats de fauna desde la lógica borrosa nos permite trabajar con el conocimiento incierto sobre algunos de los elementos del ecosistema y nos proporciona los medios para combinar las afirmaciones lingüísticas y las variables numéricas (Salski, A, et al. 1996).

La parte más débil del planteamiento *semantic import model* en conjuntos borrosos es la forma en que se definen las funciones de pertenencia (Burrough, P.A.,1989) pero puede ser mejorada con experiencia práctica.

El punto fuerte del planteamiento de los conjuntos borrosos es precisamente que se basa en la premisa que la naturaleza puede ser inherentemente vaga o imprecisa, es decir, no pretende que el mundo real es más exacto o más perfecto de lo que en realidad es.

Aunque los evidentes avances en el campo de las tecnologías de la información geográfica nos han proporcionada un buen medio de desarrollo y difusión de toda una serie de métodos de modelización del espacio, las verdaderas innovaciones se producen en la forma como el espacio y los objetos de este espacio son percibidos y descritos (Wilson, J.P y Burrough, P.A. 1999).

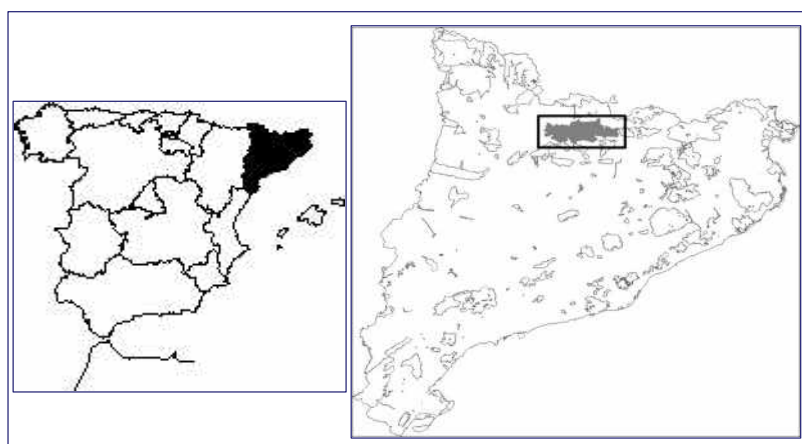
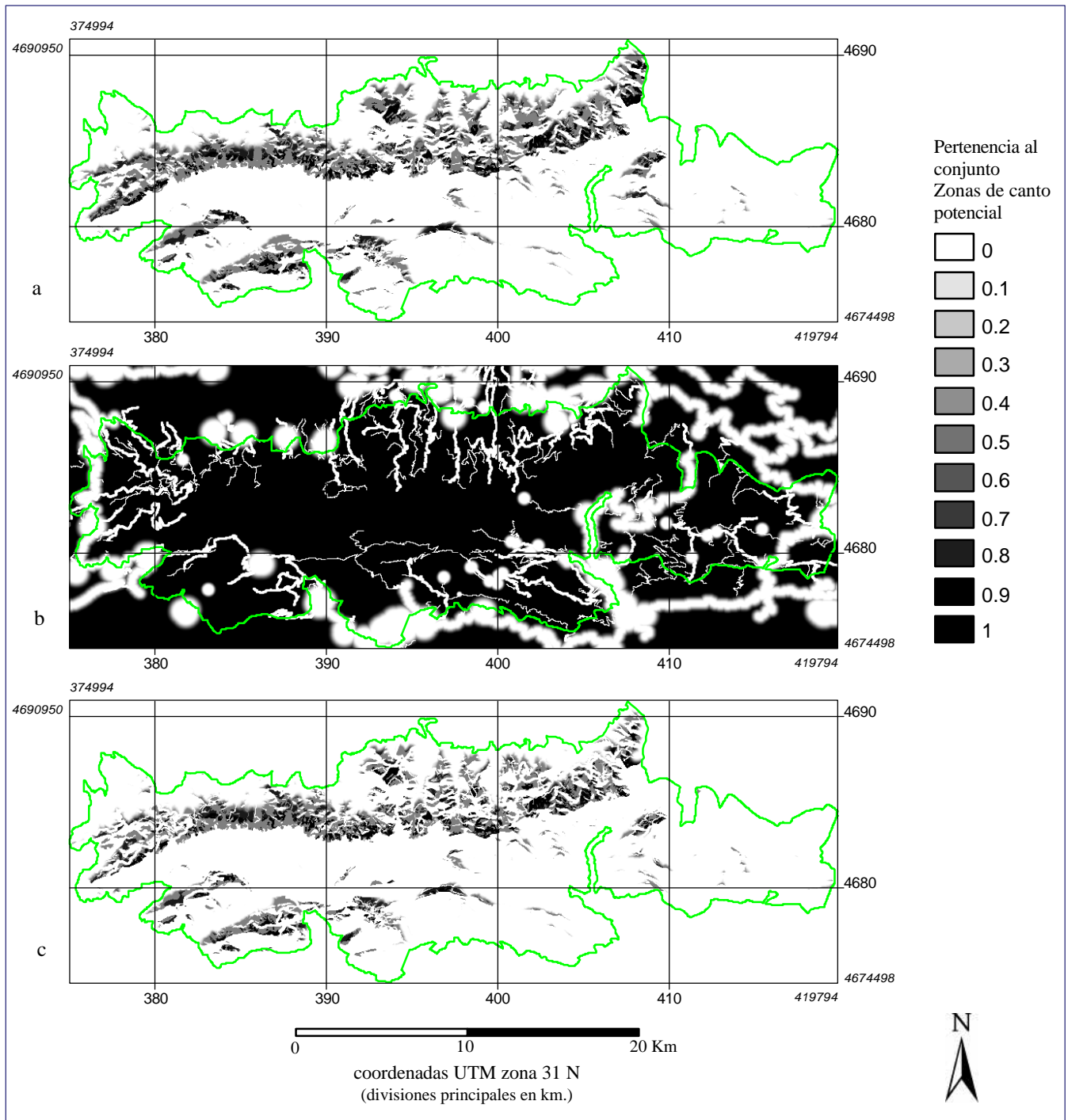


Figura 1. Localización de la zona de estudio



9. Bibliografía

- Burrough, P.A. (1989): Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science*, 40 : 477-492.
- Burrough, P.A., McDonnel, R. A (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford, Oxford University Press
- Wilson, J.P; Burrough, P.A. (1999) Dynamic modeling, Geostatistics, and Fuzzy Classification: New Sneakers for a New Geography? *Annals of the Association of American Geographers*, V. 89, n4:736-747.
- Canut, J. (1991a): El gall fer a Catalunya: situació, actuacions i conservació. *Medi Ambient*, febrero: 74-78.
- Canut, J. (1993b): Tendència poblacional del Gall fer *Tetrao urogallus* al Parc Nacional d'Aigüestortes i estany de Sant Maurici (Catalunya). *Butll. GCA* 10: 33-38.
- Canut, J; Garcia, D.; Marco, X.; Catusse, M.; Menoni, E.; Novoa, C.(1996): Métodos de censo para la obtención de los parámetros reproductores del urogallo *Tetrao urogallus aquitanicus* en los Pirineos: comparación i recomendaciones para su aplicación. *Alauda*, 64: 195-204.
- Castroviejo, J. (1975). *El urogallo en España*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Clarke, M. (1990): "Geographical information systems and model based analysis: towards effective decision support systems", en *Geographical information systems for urban and regional planning*, Dordrecht, Kluwer.
- De Juan, A. (1981): Sobre la situación de urogallos (*Tetrao urogallus*) en el Pirineo oriental catalán. *Ardeola* 28: 89-104.
- Eastman, R. (1997) *Idrisi Manual*, Worcester, Ma; Idrisi project.
- Hooftman, M., Kluijfhout, H. (1997): Route N348- Phase I, Landscape Plan. en Canters (eds) *Habitat fragmentation & infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructures, and the role of ecological engineering*, Maastricht and the Hague, The Netherlands.
- Kaule, G. (1997): Principles of mitigation of habitat fragmentation, en Canters (eds) *Habitat fragmentation & infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructures, and the role of ecological engineering*, Maastricht and the Hague, The Netherlands.
- Klir, G.; Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*. Upper Saddle River (NJ), Prentice Hall.
- Menoni, E (1991a) Ecologie et dynamique des populations du grand tetras dans les pyrenees, avec des references speciales a la biologie de la reproduction chez les poules- quelques applications a sa conservation, Tesis doctoral, Université Paul Sabatier de Toulouse, Office National de la Chasse.
- Menoni, E. (1992b): Au chant du coq..., *Pyrénées* 21: 30-37.
- Morrison, M., Marcot B., Mannan, W. (1992) *Wildlife-habitat relationships: concepts and applications*, Madison, Wis, University of Wisconsin Press.

Salski, A.; Fränze, O.; Kandzia, P. (1996): "Introduction". *Ecological Modelling*, 85:1-2

Vazquez, A. (1995): Urogallo: el tenor del bosque. *Natura* 142: 4-12.

Zadeh, L. (1965): Fuzzy sets, *Information and control*, 8:338-353.

