TÍTULO

ESTUDIO DE LOS PUESTOS FIJOS DE VIGILANCIA CONTRA INCENDIOS FORESTALES EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN. APLICACIÓN A LA ZONA DE SOBREPUERTO (HUESCA).

AUTORES

ANA MARÍA ROMERO ESTEBAN. Ingeniero de Montes (anmarome@gmail.com)
C/ García Arista nº 14, 5º C - C.P. 50015 ZARAGOZA

MIGUEL ÁNGEL CLAVERO FORCÉN. Ingeniero de Montes (mclavero@aragon.es)
Paseo María Agustín nº 36, puerta 8 – Planta Baja – C.P. 50071 ZARAGOZA

MESA TEMÁTICA

6. Protección contra incendios forestales

RESUMEN

Este estudio se inició con una beca dentro del Marco del Convenio entre el Gobierno de Aragón y la E.T.S.I. de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid y continuó con la asistencia técnica *"Estudio de ubicación de los puestos fijos de vigilancia contra incendios forestales en Aragón"*, dentro de los trabajos de prevención y detección de incendios forestales del Gobierno de Aragón en 2004. El objetivo principal fue la optimización de la red de puestos de vigilancia contra incendios forestales de la provincia de Huesca mediante la obtención de localidades potenciales ubicadas a partir de criterios técnicos que se apoyaron en métodos analíticos automáticos. Un Sistema de Información Geográfica (Spatial Analyst - ArcGIS 8.2) analizó, con datos del Modelo Digital de Elevaciones del SIG Oleícola (MAPA 1998), la visibilidad de cada uno de los puestos de vigilancia existentes. Obtenidas las zonas visibles y no visibles se contrastó su coincidencia con las áreas de elevado riesgo de incendio definidas previamente. La ubicación de los nuevos puestos pretendió cubrir la máxima superficie de área deficitaria, teniendo en cuenta en su localización final otros factores técnicos, ecológicos y socioeconómicos. Como ejemplo se describe el proceso seguido en la zona de Sobrepuerto (Huesca).

** NOTA: las palabras clave propuestas son las que aparecen en el texto sombreadas*

MANUSCRITO

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Este estudio se inició a través de una beca disfrutada durante los meses de agosto y septiembre de 2003 en el marco de un convenio entre el Gobierno de Aragón y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid. Tras los buenos resultados obtenidos y dentro de las líneas de trabajo desarrolladas en prevención y detección de incendios forestales por el Gobierno de Aragón, se optó por continuar ese primer estudio mediante la asistencia técnica "*Estudio de Ubicación de los Puestos Fijos de Vigilancia contra Incendios Forestales en Aragón*" para el Servicio de Coordinación y Planificación Forestal de la Dirección General de Medio Natural del Departamento de Medio Ambiente.

El relieve aragonés, estructurado en dos grandes sistemas montañosos, pirenaico e ibérico, y complementado por otros sistemas menores, presenta más del 30% del territorio por encima de los 1.000 metros de altitud (el equivalente español es sobre el 19%). Esto hace que 293 municipios

aragoneses (44%, 20.850 km^2) se consideren como zonas de montaña. Bajo estas circunstancias, un extenso territorio con un relieve accidentado, zonas de sombra y difíciles accesos, es evidente la importancia de configurar una Red de Puestos Fijos de Vigilancia contra Incendios Forestales óptima.

Durante el año 2003 en Aragón ocurrieron 335 episodios con fuego forestal, afectando una superficie de 1.486 hectáreas forestales, si bien la media para el período 1994-2002 es de 365 eventos que alcanzaron a 5.215 hectáreas (*Fuente: Dirección General de Medio Natural 2004. D.G.A).*

La trascendencia de estos datos hizo conveniente evaluar la capacidad existente de detección de incendios desde la Red de Puestos de Vigilancia contra Incendios Forestales de Aragón, mediante un estudio de sus ubicaciones, con el fin de analizar las cuencas visuales de dichos puestos a través de herramientas informáticas de información geográfica (ArcGIS 8.2).

La evidencia de impulsar la realización de este estudio se concreta en los siguientes aspectos:

1. La localización de los Puestos Fijos de Vigilancia Contra Incendios Forestales debe responder a criterios técnicos apoyados por métodos analíticos automáticos y no a apreciaciones empíricas no contrastables.
2. La importancia de establecer una Red de Puestos Fijos de Vigilancia contra Incendios Forestales eficaz responde al fin de garantizar la seguridad de las personas y los recursos naturales.
3. Abundar en la necesidad de ajustar los esfuerzos que se revierten en la lucha contra los incendios forestales y la obligación de las Administraciones Públicas en racionalizar el gasto.
4. Tener un control de la capacidad real del área visible desde cada puesto en contraste con los avistamientos producidos u omitidos según la estadística de incendios.

Como ejemplo se describe el trabajo realizado en la zona conocida como Sobrepuerto en la provincia de Huesca.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio es optimizar la Red de Puestos Fijos de Vigilancia contra Incendios Forestales en Aragón. Para ello se buscan posibles ubicaciones a partir de criterios

técnicos apoyados en métodos analíticos automáticos. Se pretende obtener una red de puestos que permita controlar el mayor porcentaje posible de superficie forestal de Aragón y especialmente de las zonas de mayor riesgo de incendios.

Para alcanzar los objetivos de este trabajo se considera únicamente el riesgo estructural derivado de la topografía, la vegetación y las poblaciones e infraestructuras. Se entiende que el riesgo de que se origine un incendio forestal y el peligro de éste es mayor tanto en cuanto el territorio presente mayores pendientes, valles estrechos, vegetación forestal, zonas deshabitadas y escasa accesibilidad.

Como objetivos específicos se establecieron los siguientes:

- Comprobar la localización de los puestos fijos de vigilancia operativos (GPS u otros medios)
- Validar la exactitud del Modelo Digital de Elevaciones de Aragón
- Contrastar la idoneidad de la ubicación de los puestos de vigilancia
- Proponer ubicaciones de nuevos puestos de vigilancia para cubrir zonas deficitarias o como alternativas a puestos existentes poco eficaces.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Metodología

La metodología planteada para optimizar la Red de Puestos Fijos de Aragón parte del análisis automático de cada puesto mediante herramientas de SIG (Sistema de Información Geográfica *ArcGIS 8.2* y *Spatial Analyst* de ESRI) junto con un Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Además

de obtener las *zonas visibles* y las *no visibles* de cada puesto de vigilancia mediante este análisis se han calculado las siguientes variables para determinar su eficacia:

- S_{vis}**:** total de hectáreas visibles calculadas en proyección horizontal.
- $\%(S_{vis}/S_{15})$**:** tanto por ciento de S_{vis} sobre la superficie de un círculo 15 kilómetros de radio. Esta variable nos permitirá detectar si el puesto de vigilancia considerado es o no eficaz.
- S_{vis}***forestal:*** total de hectáreas visibles de superficie forestal calculadas en proyección horizontal.

Se considera que un puesto es ineficaz cuando el valor de $\%(S_{vis}/S_{15})$ es inferior al 15%. En estos casos, es conveniente buscar alternativas que mejoren este porcentaje, bien sustituyendo el puesto o bien complementándolo desde otras áreas si las características de la zona no permiten establecer una mejor ubicación. También se han estudiado alternativas para aquellos puestos que, siendo eficaces, no están ubicados adecuadamente. Esto se debe a que desde ellos no es posible visualizar algunas zonas de riesgo de incendio importante que, sin embargo, quedan dentro del radio considerado en el análisis de visibilidad. En unos casos esto sucede por la existencia de antenas de telefonía en las proximidades que dificultan la visibilidad y en otros porque, en su día, la infraestructura no se constituyó en el punto óptimo por falta de pistas de acceso o por el uso de un procedimiento no fundamentado en datos y análisis precisos. Las circunstancias anteriores provocan que el vigilante tenga que desplazarse para controlar zonas que quedan ocultas y que en ese intervalo de tiempo las zonas restantes queden sin control.

Asimismo, es posible detectar las áreas defectivas, es decir, áreas forestales de elevado riesgo en relación con la detectabilidad de incendios forestales que o bien quedan fuera del radio de

visibilidad de los puestos fijos de vigilancia operativos o bien están dentro pero no son visibles.

Para validar la exactitud del MDE disponible y los resultados obtenidos a partir del análisis SIG se selecciona un puesto de vigilancia y se obtiene las zonas visibles y las no visibles desde él. La cuenca visual obtenida mediante las herramientas informáticas se comprueba *in situ* resultando coincidir plenamente con la cuenca real. Por tanto, se concluye que tanto el MDE como el SIG empleados son totalmente válidos, siendo imprescindible disponer de datos exactos de localización y altura del punto de observación. Es por ello que, como premisa del trabajo, es necesario comprobar las localizaciones de los puestos de vigilancia de Aragón mediante visitas *in situ* u otro medios.

El radio que se considera en el análisis de visibilidad es de 15 kilómetros ya que también se comprueba que, a mayor distancia, un vigilante con capacidad visual convencional no puede identificar con precisión la posición de un foco de ignición.

3.2 Fuentes de datos e información

Las fuentes de datos y de información empleadas son las siguientes:

- **Red de Puestos Fijos de Vigilancia contra Incendios Forestales de Aragón.** Dichos puestos se han considerado elementos puntuales.
- **Modelo Digital del Terreno (Elevaciones) del SIG Oleícola Español (1998)**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El GRID tiene un paso de malla de 20 metros.
- **Ortofotomapas del SIG Oleícola Español (1997-1998).** Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- **Mapa Forestal de Aragón (1998).** Dirección General de Medio Natural. D.G.A.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS: PUESTO DE VIGILANCIA DE SANTA OROSIA Y ZONA DE SOBREPUERTO

4.1 Eficacia del puesto de vigilancia de Santa Orosia

Este puesto se sitúa al este de la localidad de Sabiñáñigo, en la Punta del Mallo en el Monte Oturia.

No existía ninguna infraestructura en la que desarrollar las labores de vigilancia pero sí otras en sus proximidades que obligaban al vigilante a moverse para vigilar lo que se ocultaba detrás de ellas. Las zonas que se pretendía controlar con este puesto eran las situadas en un radio de unos 15 kilómetros: *Val Ancha, Sobrepuerto, Valle de Basa, Sierra de Portiello, Sierra de Canciás, ... ,* etc. Además de existir infraestructuras próximas que dificultaban la visibilidad, tras realizar el análisis de visibilidad se observó que las *zonas visibles* se correspondían con zonas muy transitadas y habitadas, en general accesibles y de menor riesgo. En cambio, la zona conocida como Sobrepuerto queda totalmente oculta, a pesar de que su riesgo de incendio es bastante elevado. Esto se debe principalmente a los siguientes aspectos:

- La altitud de la zona es mayor a 1.000 metros, por lo que nos encontramos en una zona de montaña, con relieve accidentado.

- Se trata de una zona bastante deshabitada (44,3 hab/km^2)
(*Fuente: IAEST. Datos procedentes de la Revisión del Padrón Municipal a 1 de enero de 2003. INE y del Instituto Geográfico Nacional)*

- Existen pocas infraestructuras (1,62 Km vías/km^2)

(Se han considerado como vías las carreteras nacionales, otras carreteras y caminos. Datos proporcionados por Departamento de Medio Ambiente de la Dirección General del Medio Natural)

- Se trata de una zona poco transitada.

- Los aprovechamientos tradicionales y el pastoreo están prácticamente abandonados.

Estos aspectos ponen en evidencia la gran importancia de una buena ubicación de los puestos que vigilen esta zona, ya que la posibilidad de que una persona distinta del vigilante detecte un foco de ignición es muy baja. Es por ello que esta ubicación se desestimó tras la campaña de 2003 teniendo que buscar y analizar alternativas que permitiesen controlar estas zonas de sombra y de elevado riesgo de incendio.

4.2 Alternativas estudiadas al puesto de vigilancia de *Santa Orosia*

En la selección de alternativas se combinan las herramientas informáticas con la experiencia y conocimiento de la zona de los Agentes de Protección de la Naturaleza y de los técnicos encargados de ella. De esta forma y mediante el MDE (Modelo Digital de Elevaciones) se buscan los puntos de mayores cotas que ofrecen buena visibilidad. Se seleccionan seis puntos para los cuales, además de los valores de $\boldsymbol{S_{vis}}$ y $\boldsymbol{S_{vis}forestal}$, se calcula la superficie visible de la zona de Sobrepuerto ($\boldsymbol{S_{vis}Sobrepuerto)}$. No se determina el número de hectáreas forestales visibles ya que se trata de una zona eminentemente forestal y prácticamente ambos valores coinciden.

Las ubicaciones propuestas como alternativas al puesto de *Santa Orosia* son las que se indican en la *Tabla 1.* Asimismo, la situación de dichos puntos puede observarse en la *Figura 1*.

4.3 Discusión de los resultados obtenidos

Ante los resultados obtenidos (*ver Tabla 1*), se descarta los puntos *Yebra 1* y *Yebra 2* por considerarse ineficaces. Para determinar cuál de las cuatro alternativas eficaces es la más idónea, además de considerar los valores de las variables $\boldsymbol{S_{vis}}$, $\boldsymbol{\%(S_{vis}/S_{15})}$ y $\boldsymbol{S_{vis}forestal}$, se analizan los mapas de visibilidad teniendo en cuenta particularmente las zonas de riesgo ($\boldsymbol{S_{vis}Sobrepuerto}$). Según esto se pueden hacer las siguientes observaciones:

- Los puntos *Berroy* y *Canciás* proporcionan cuencas visuales muy similares. Por estar situados al este y sureste respectivamente de *Santa Orosia*, aportan nuevas zonas visibles al oeste de *Santa Orosia* y de la parte sureste de la zona de Sobrepuerto. (v*er Figura 2 y Figura 3)*
- Por su ubicación, el punto *Güé* proporciona nuevas zonas visibles al noroeste del puesto de *Santa Orosia* y de la zona noroeste de la zona de Sobrepuerto. (v*er Figura 4)*

- El punto *Oturia* proporciona la cuenca visual que más se asemeja a la proporcionada por el puesto de *Santa Orosia*, aportando zonas visibles en la zona de Sobrepuerto. (v*er Figura 5)*

Es por ello que se opta por estudiar también algunas combinaciones de alternativas, valorando la opción de establecer dos puestos en lugar de uno y adoptando *Oturia* como referencia:

- Opción 1: ***Berroy - Güé***. Estos dos puntos se complementarían muy bien, ya que las zonas visibles actualmente desde *Santa Orosia* se ampliarían tanto en dirección noroeste como en dirección oeste, teniendo controlada casi toda la zona de Sobrepuerto.
- Opción 2: ***Canciás - Güé***. Esta combinación se aproximaba mucho a la anterior, por lo que es necesario comparar los resultados obtenidos al combinar *Berroy* o *Canciás* con *Güé.*
- Opción 3: ***Oturia***. Se pretendía comparar la cuenca visual de este punto con las de las dos opciones anteriores y ver cuál de las tres aportaba mayor superficie visible de la zona de Sobrepuerto.

En la *Tabla 2* se resumen y se comparan los resultados de estas tres opciones.

La combinación *Canciás – Güé* es la que proporciona el valor más alto tanto de $\boldsymbol{S_{vis}}$ como de $\boldsymbol{S_{vis}}$ ***forestal***. Sin embargo, al considerar la superficie visible en la zona de Sobrepuerto, es la combinación *Berroy – Güé* la que ofrece el mayor número de hectáreas. (v*er Figura 6)*

Además de los resultados también es importante valorar la existencia de accesos a los puntos estudiados y, en definitiva, la visibilidad de la construcción de la infraestructura fija, su posterior utilización y mantenimiento. El único punto que presenta problemas importantes de acceso es *Canciás* ya que no existe ninguna pista que permitiese llegar a él mediante vehículo teniendo que construir un nuevo tramo y mejorar otra pista existente.

5. CONCLUSIONES

A pesar de que se obtiene valores más altos de $\boldsymbol{S_{vis}}$ y $\boldsymbol{S_{vis}}$ ***forestal*** para la combinación de los puntos *Canciás* y *Güé*, por motivos de número de hectáreas visibles en la zona de Sobrepuerto y de acceso, se optó por seleccionar los puntos ***Berroy*** y ***Güé*** para la ubicación de dos nuevos puestos de vigilancia como alternativa al puesto de vigilancia de *Santa Orosia*. De esta forma, se incrementa el número de hectáreas visibles forestales en **13.817,2 ha**, siendo el incremento de superficie visible en la zona de Sobrepuerto de **13.383,1 ha**.

Por otro lado, se concluye también que el análisis de cuencas visuales mediante herramientas de información geográfica demuestra ser un método apropiado para el estudio y definición de la ubicación de los puestos de vigilancia frente a incendios forestales.

BIBLIOGRAFÍA

McCOY, J.; JOHNSTON, K.; 2001. Performing analysis. *Using ArcGIS Spatial Alalyst.* 119-188. ESRI. Redlands (USA)

VÉLEZ, R. e*t al.* 2000. El comportamiento del fuego en los ecosistemas forestales, Planificación de la defensa contra incendios forestales, La prevención y La extinción.6.3-17-97.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Situación y resultados obtenidos tras el análisis de visibilidad de los puntos estudiados como alternativas al puesto de vigilancia de Santa Orosia.

PUNTO	UBICACIÓN	S_{vis} (ha)	%(S_{vis}/S_{15})	S_{vis}forestal (ha)	S_{vis}Sobrepuerto (ha)
Berroy	Monte Berroy (Fiscal)	10.099,6	14,3	9.328,1	3.574,6
Canciás	Sierra Canciás (Sabiñáñigo)	16.599,9	23,5	15.653,2	2.484,4
Güé	Pico Gúé (Sabiñáñigo)	21.993,0	31,1	16.540,3	2.801,5
Oturia	Monte Oturia (Yebra de Basa - Biescas)	18.429,0	26,1	14.660,9	3.543,1

Yebra 1	Monte Oturia (Yebra de Basa)	4.787,8	6,8	4.750,4	2.194,3
Yebra 2	Monte Oturia (Yebra de Basa)	7.198,9	10,2	5.078,3	3,1

Tabla 2. Resultados obtenidos tras el análisis de visibilidad de las combinaciones de los puntos Berroy –Güé y Canciás-Güé y comparación de éstos con los obtenidos para Oturia.

OPCIÓN	S_{vis} (ha)	%(S_{vis}/S_{15})	S_{vis}forestal (ha)	S_{vis}Sobrepuerto (ha)
1. Berroy-Güé	31.886,5	24,4	25.727,1	6.183,8
2. Canciás-Güé	38.382,4	28,9	32.117,9	5.149,8
3. Oturia	18.429,0	26,1	14.660,9	3.543,1

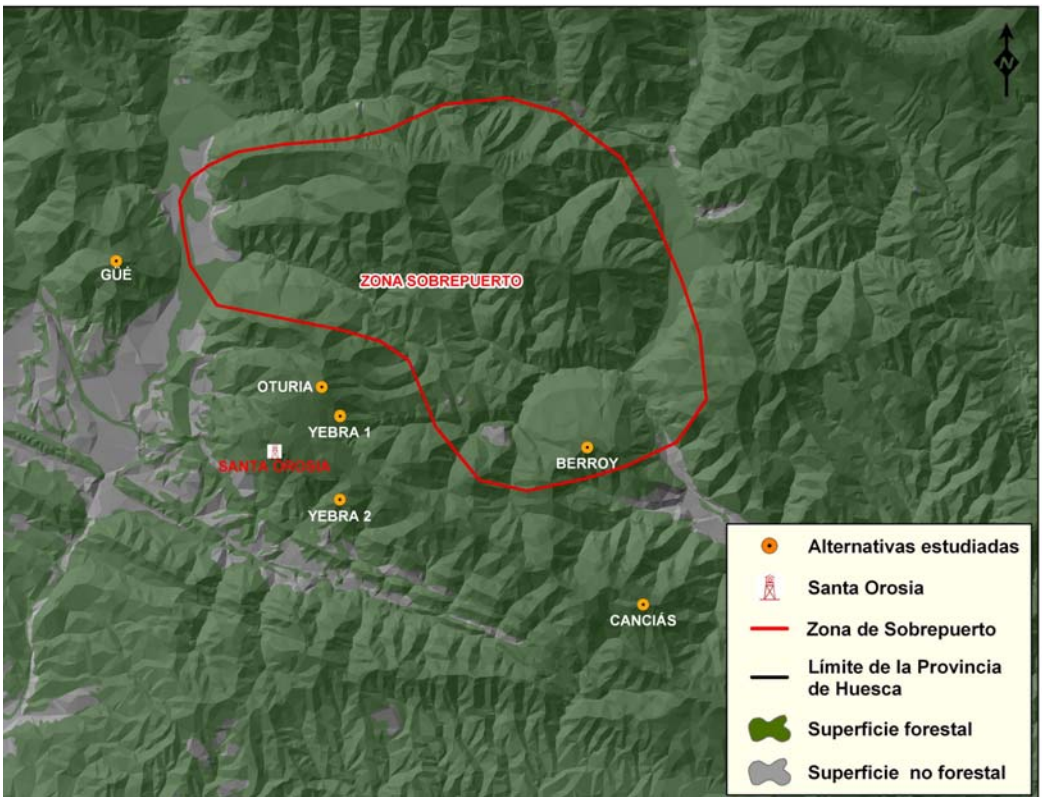

Figura 1. Situación del puesto fijo de vigilancia de Santa Orosia y de las alternativas estudiadas.

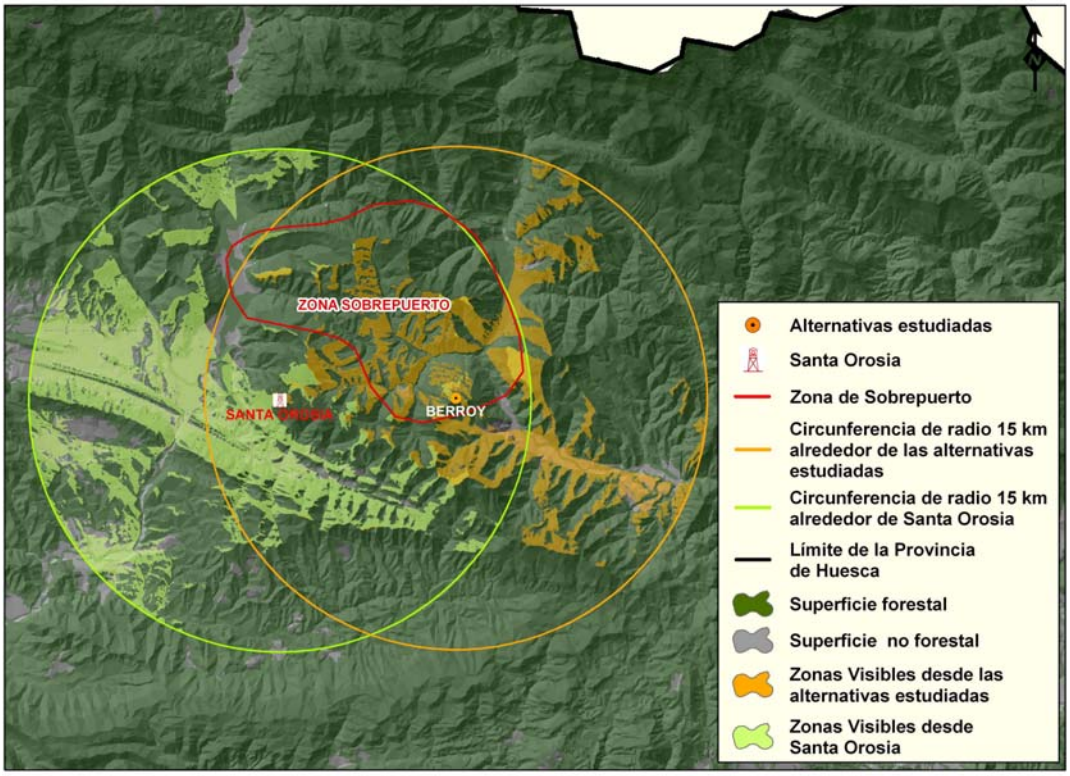

Figura 2. Zonas visibles desde Santa Orosia y Berroy en un radio de 15 km.

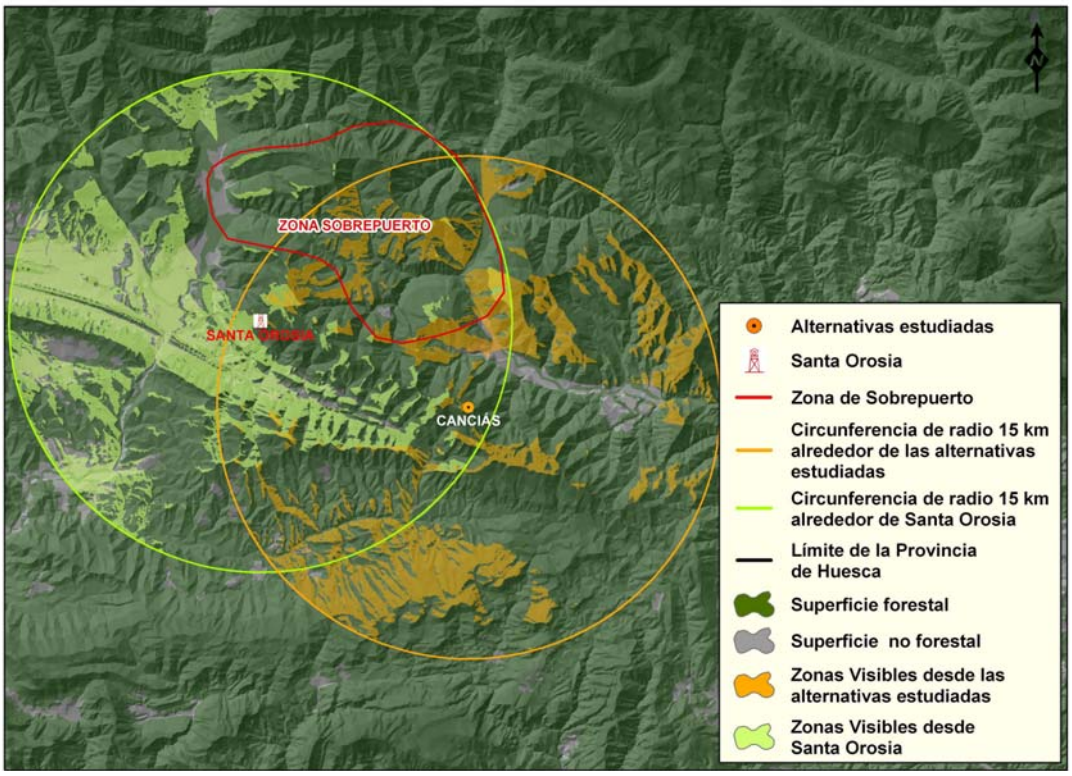

Figura 3. Zonas visibles desde Santa Orosia y Canciás en un radio de 15 km.

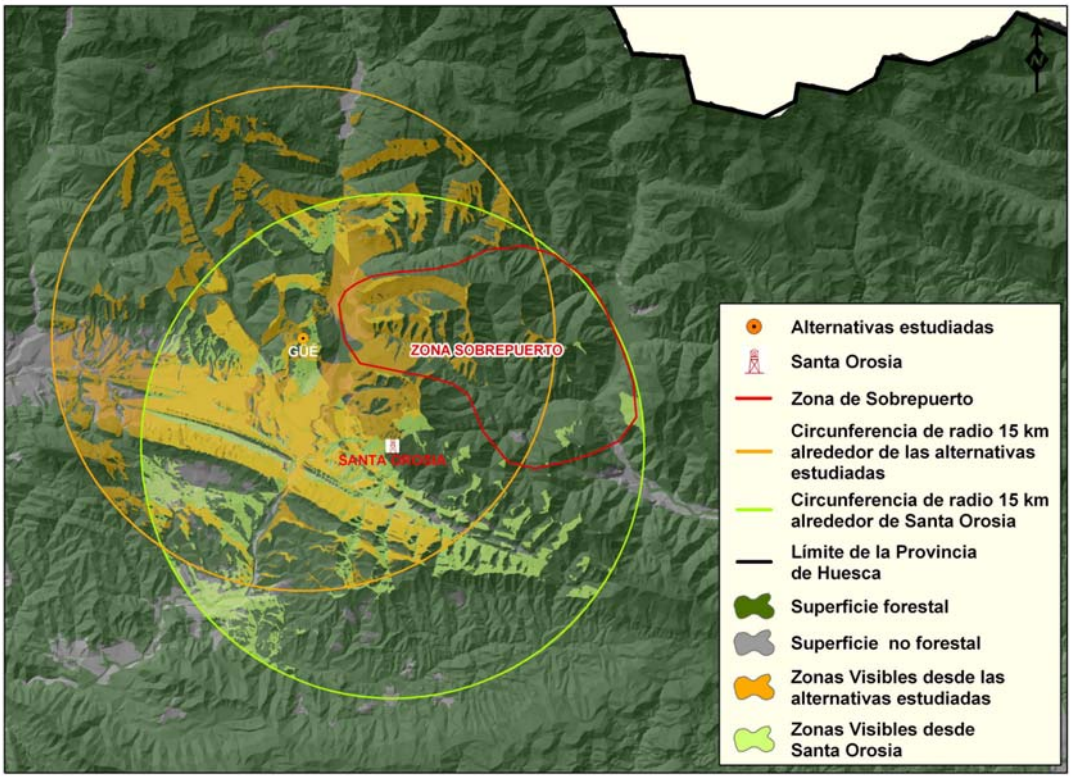

Figura 4. Zonas visibles desde Santa Orosia y Güé en un radio de 15 km.

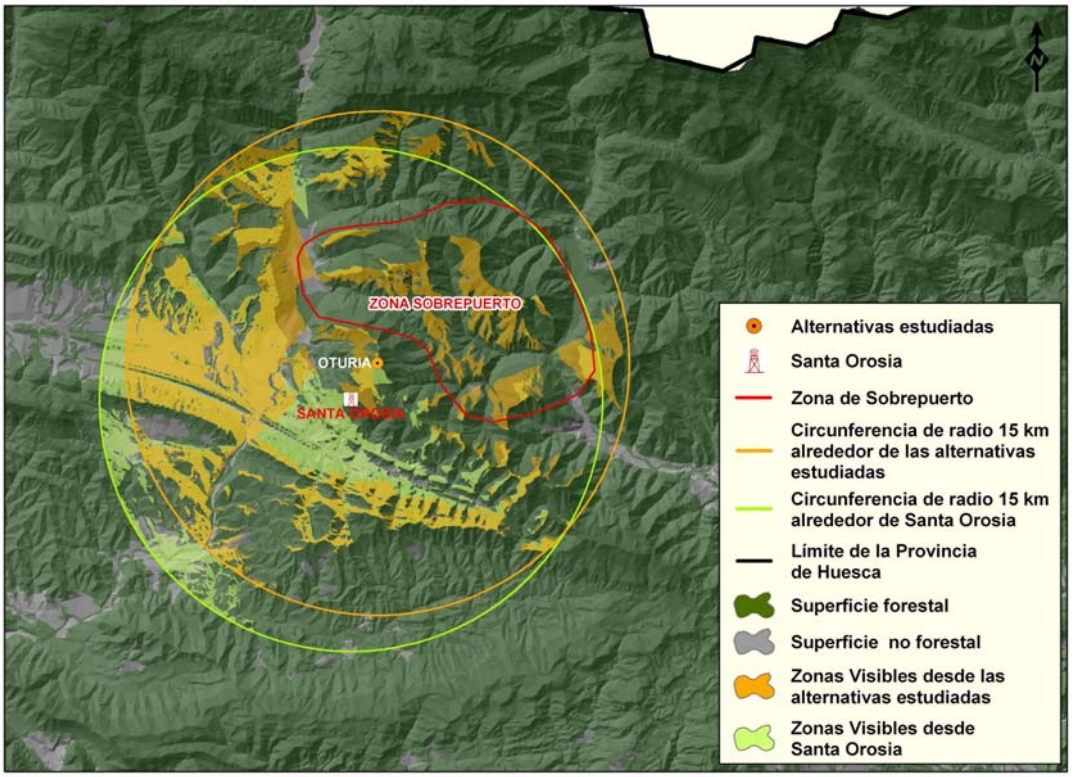

Figura 5. Zonas visibles desde Santa Orosia y Oturia en un radio de 15 km.

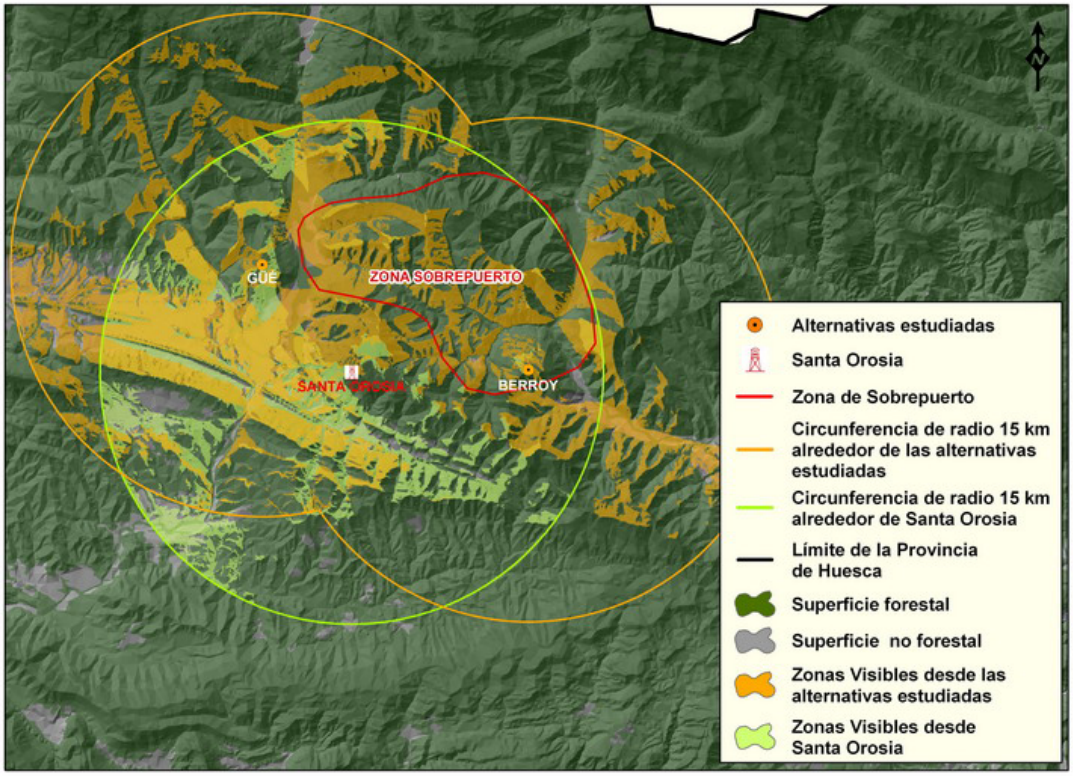

Figura 6. Zonas visibles desde Santa Orosia y desde la combinación de las alternativas Berroy y Güé.

AGRADECIMIENTOS

A Miguel Ángel, Víctor y Mónica, por la dirección y supervisión de los trabajos realizados.