

Generación de un sistema de información geográfica

Rosa M^a BASILDO*, Javier GUTIÉRREZ PUEBLA** y Marisa RUIZ-GÁLVEZ***

*Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Comunidad de Madrid. rmbm32@hotmail.com

**Departamento de Geografía Humana. Universidad Complutense de Madrid. ghhum01@emducms1.sis.ucm.es

***Departamento de Prehistoria. Universidad Complutense de Madrid. mluisa@ghis.ucm.es

SUMARIO 1. Introducción. 2. Cálculo de accesibilidad y de caminos mínimos. 3. Usos del suelo. 4. Visibilidades y visibilizaciones. 5. Jerarquización visual.

1. Introducción

Una vez realizada la prospección del territorio y obtenidos los primeros resultados de los sondeos arqueológicos, se comenzó a generar un Sistema de Información Geográfica (SIG) del área de estudio. Se partió, para ello, de un conjunto de capas base en formato digital, tales como los mapas topográficos escala 1:10.000 y 1:25.000, ambos en formato vectorial (dwg), para lo que hubo que llevar a cabo un trabajo previo de selección de elementos en las capas de información y conversión al programa ArcView, utilizado en la realización del SIG. Además se dispuso de las localizaciones de los yacimientos obtenidas con GPS.

Se adquirieron también dos imágenes de satélite Landsat 7 (ETM) de la isla de Cerdeña. Una vez georreferenciadas, se realizó una clasificación de los distintos tipos de cubierta detectados por el sensor del satélite. Ello proporcionó información sobre vegetación y usos de suelo que, junto con la obtenida mediante análisis paleoambiental, ha servido para determinar patrones de uso y ocupación del suelo y áreas de captación.

Para la realización de los primeros análisis de visibilidad y accesibilidad, fue necesario crear un modelo digital del terreno (MDT), que se construyó en formato TIN o modelo de triangulación, de gran precisión para áreas pequeñas, que proporcionó una excelente aproximación a las características altitudinales de la zona de estudio.

Con los resultados obtenidos de los análisis de visibilidad, accesibilidad, relación con los puntos de agua y con la información disponible sobre paleovegetación, se ha tratado de verificar la hipótesis de que las nuraghi actuaron como *hitos*, en un paisaje originariamente denso y cerrado, de difícil visibilidad.

La gestión de la información geográfica y contenidos arqueológicos a través de Sistemas de Información permite derivar nueva información y obtener respuestas a preguntas nuevas. No hay que olvidar, sin embargo, que los SIG son tan sólo herramientas y no solucionan por sí mismos ningún problema de índole verdaderamente arqueológica (Fig. 1).

2. Cálculo de accesibilidad y de caminos mínimos

Una importante variable calculada ha sido la accesibilidad del territorio y la facilidad de acceso entre yacimientos. Para ello se ha tenido en cuenta la resistencia al movimiento que impone el medio (Rodríguez *et al.* 2000). Desplazarse por el territorio implica superar unos condicionamientos naturales, que en nuestro caso se refieren a las fuertes pendientes que se desarrollan en ambas vertientes del río Flumendosa, muy encajado en este tramo, que dificultan en gran medida la comunicación entre el Este y el Oeste del territorio. Para que dicho condicionante quedara reflejado en el establecimiento de las áreas de captación se ha desarrollado una fórmula a partir de la idea de Naismith (Poucher 1960), quien sugiere que una persona avanza de media 10 km. cada 2 horas, si bien al aumentar la pendiente o fricción, se incrementa también el tiempo empleado en el recorrido en una media de 30 minutos por cada 300 metros de desnivel. De acuerdo con esta idea, se tarda 1 hora en avanzar 5000 metros si el relieve es llano; pero si los 5000 metros conllevan 600 metros de ascenso altitudinal, entonces se incrementa en 1 hora el tiempo empleado, lo que da un total de 2 horas (esto es, se duplica el valor inicial si la pendiente es del 12%); si esos mismos 5000 metros se recorren con un ascenso

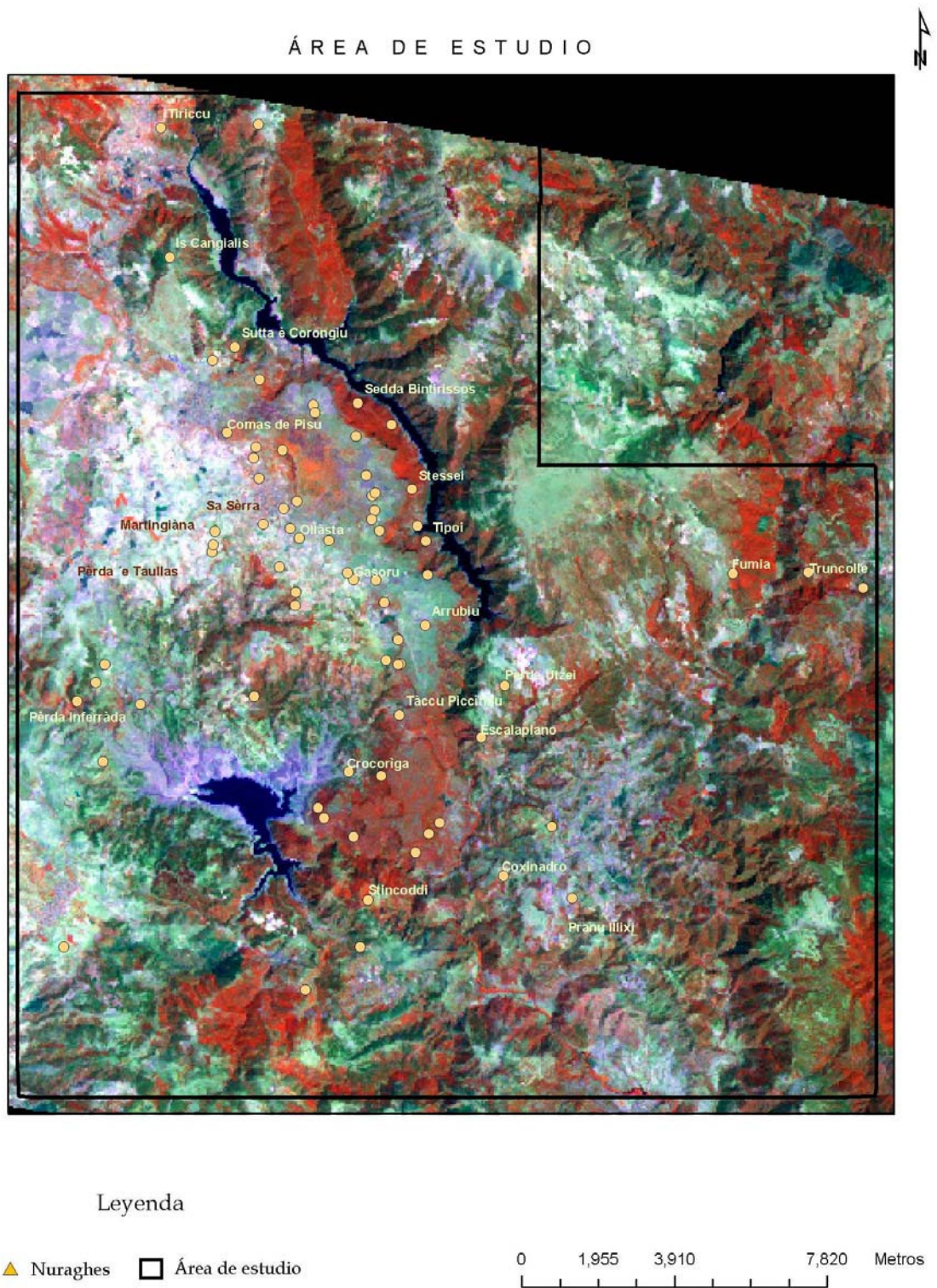


Figura 1.- Área de estudio.

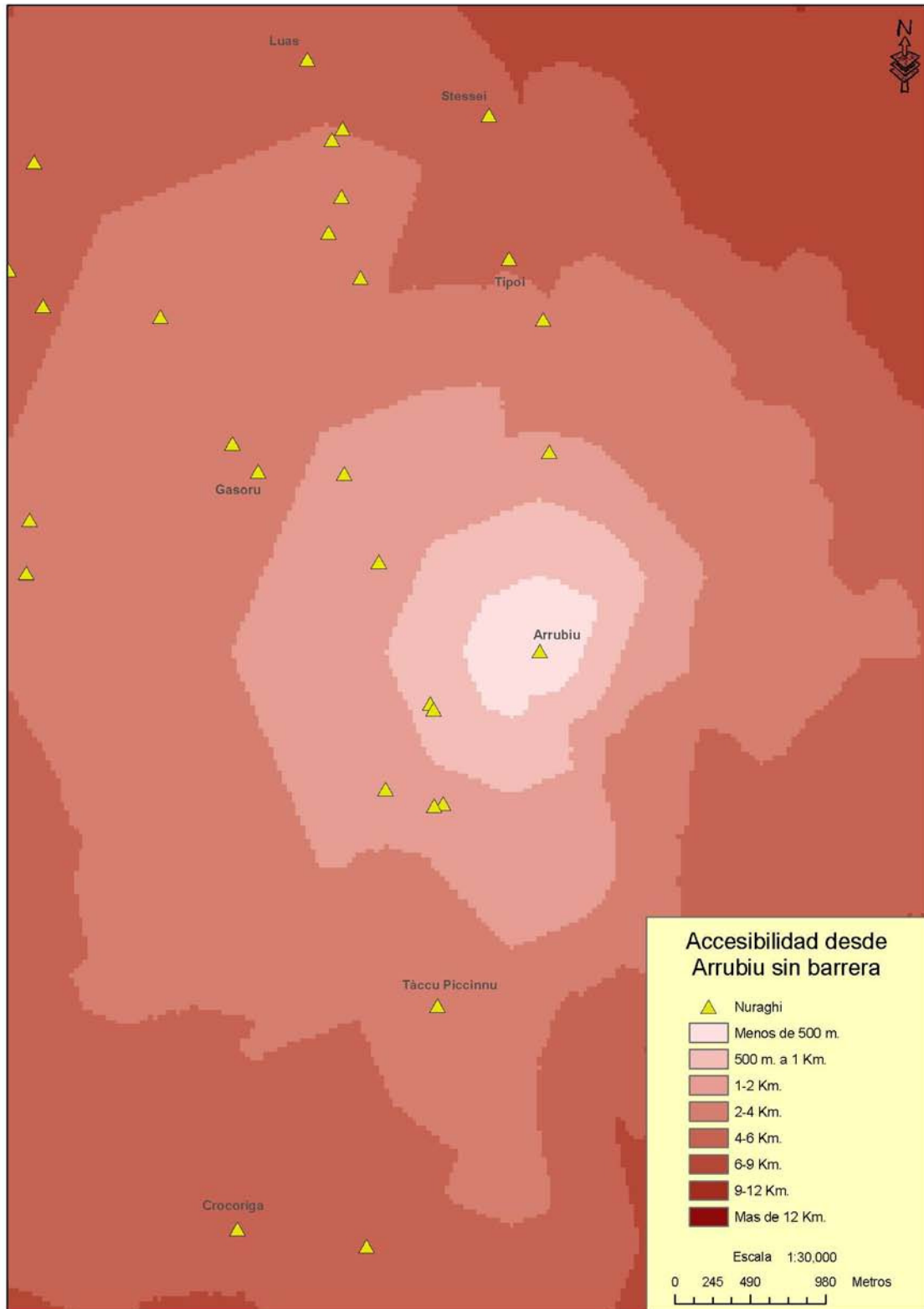


Figura 2.- Accesibilidad desde Arrubiu sin barrera.

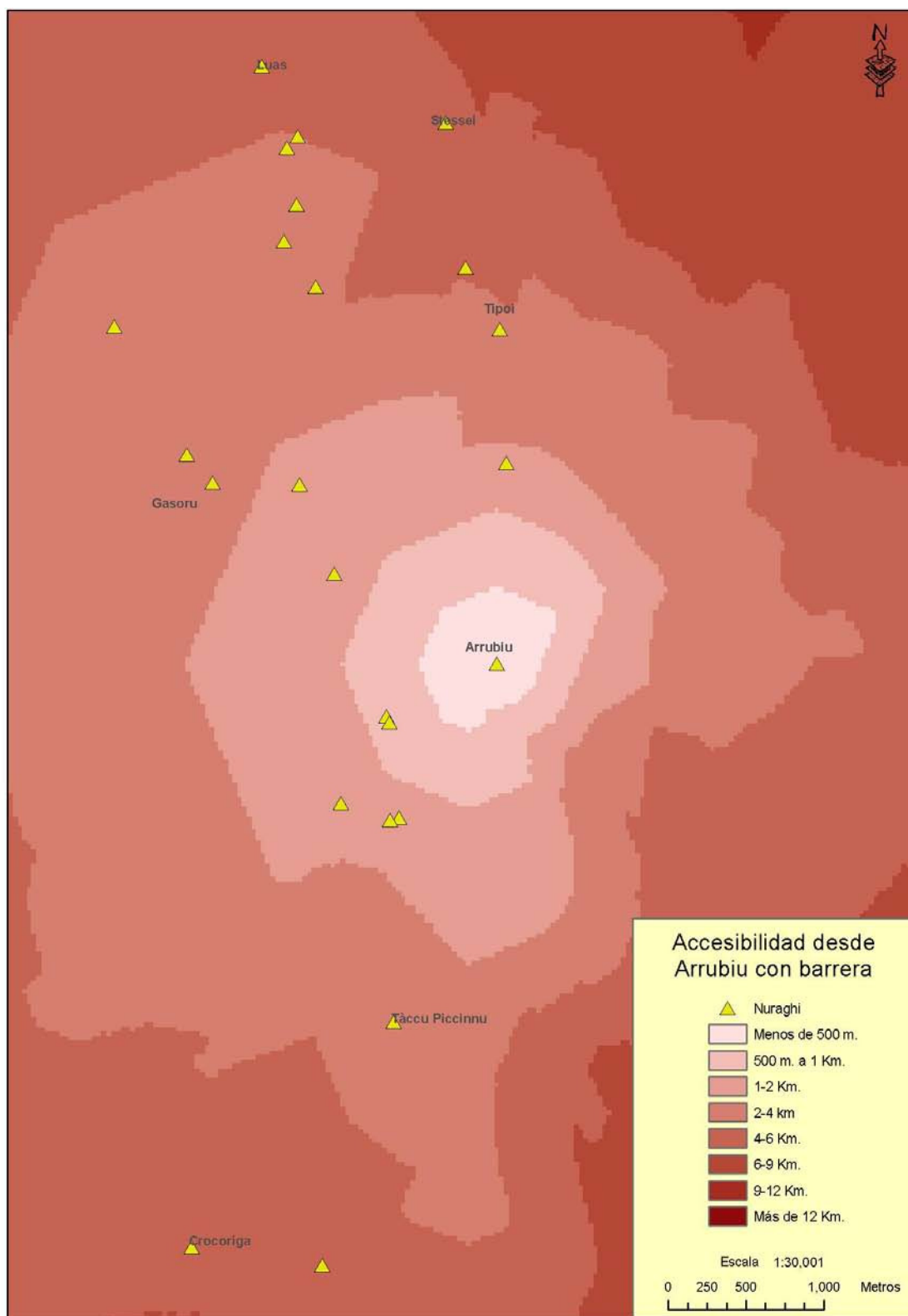


Figura 3.- Accesibilidad desde Arrubiu con barrera.



Cuadro 1.- Diagrama de flujos.

altitudinal de 1200 metros, entonces se incrementa en 2 horas el valor inicial (esto es, con una pendiente del 24% se invierten 3 horas o, lo que es lo mismo, se triplica el tiempo inicial). Repitiendo este razonamiento para pendientes del 36% y del 48%, se obtendrían factores de fricción de 4 y 5, respectivamente. Ello se resume en la Tabla 1.

Esta tabla muestra una relación lineal entre el valor de la pendiente y el valor de la fricción (factor multiplicador) que expresada matemáticamente sería:

$$\text{fricción} = (1/12) \times \text{pendiente} + 1$$

A partir del modelo digital del terreno (capa de altitud) se generó en el SIG una capa de pendientes y, aplicando la función anterior, se creó, en formato ráster, una superficie de fricción o resistencia al desplazamiento que ha sido la base para los cálculos

Pendiente (%)	Fricción
0	1
12	2
24	3
36	4
48	5

Tabla 1.- Relación pendiente-fricción.

los de accesibilidad, en formato ráster. Una cuestión adicional era la consideración o no del efecto barrera que puede ejercer el río Flumendosa. Primeramente se hicieron cálculos desde Arrubiu teniendo en cuenta sólo la pendiente como variable para la superficie de fricción. Después se añadió también el propio río Flumendosa como barrera, aunque de forma relativa y no absoluta, es decir, que no se impide el paso a través del río, sólo se penaliza su cruce (Figs. 2 y 3). Los resultados de considerar o no el río Flumendosa como barrera difieren muy poco, ya que las fuertes pendientes de las vertientes dificultan de forma considerable el desplazamiento, por lo que la penalización del río no lo agrava de manera patente. Las capas de accesibilidad obtenidas son realmente mapas de isolíneas (isodápanas) a partir del origen del cálculo (Arrubiu), que representan distancia en unidades de coste o esfuerzo de desplazamiento (en metros equivalentes), teniendo en cuenta la variabilidad de la resistencia al desplazamiento presentada por el territorio.

Como se observa en el diagrama de flujos (Cuadro 1), se han utilizado dos métodos de análisis: la movilidad sin red viaria, es decir, campo a través, y la movilidad incluyendo una red viaria, una capa de caminos o sendas actuales (Figs. 3 y 4). Esta segunda variable supone, obviamente, una mejora en la movilidad, ya que la presencia de sendas disminuye la resistencia al desplazamiento. Como se puede apreciar en la imagen, la diferencia de accesibilidad, con y sin red viaria, es notable, pues el desplazamiento campo a través conlleva una fricción superior a la que es necesario vencer para desplazarse por un territorio, en el que, por malos y estrechos que éstos sean, existen caminos. Sin embargo estos resultados deben ser analizados con cautela, ya que el valor de la información sobre la red viaria es limitado, pues está condicionada por la existencia de un núcleo de habitación moderno, Orroli, alejado del río y que, por ello, determina unas rutas desviadas de éste.

Los mapas resultantes muestran como las isolíneas de accesibilidad presentan distorsiones acusadas, en función de la distinta resistencia al movimiento. Las isolíneas se espacian más en las zonas llanas y se acercan sobre todo en las acusadas pendientes del valle del Flumendosa (Figs. 3 y 5). Comparando los mapas de accesibilidad de distintas nuraghi, se observan relaciones de complementariedad en el control del territorio. La relación de accesibilidad parece estar indicando una articula-

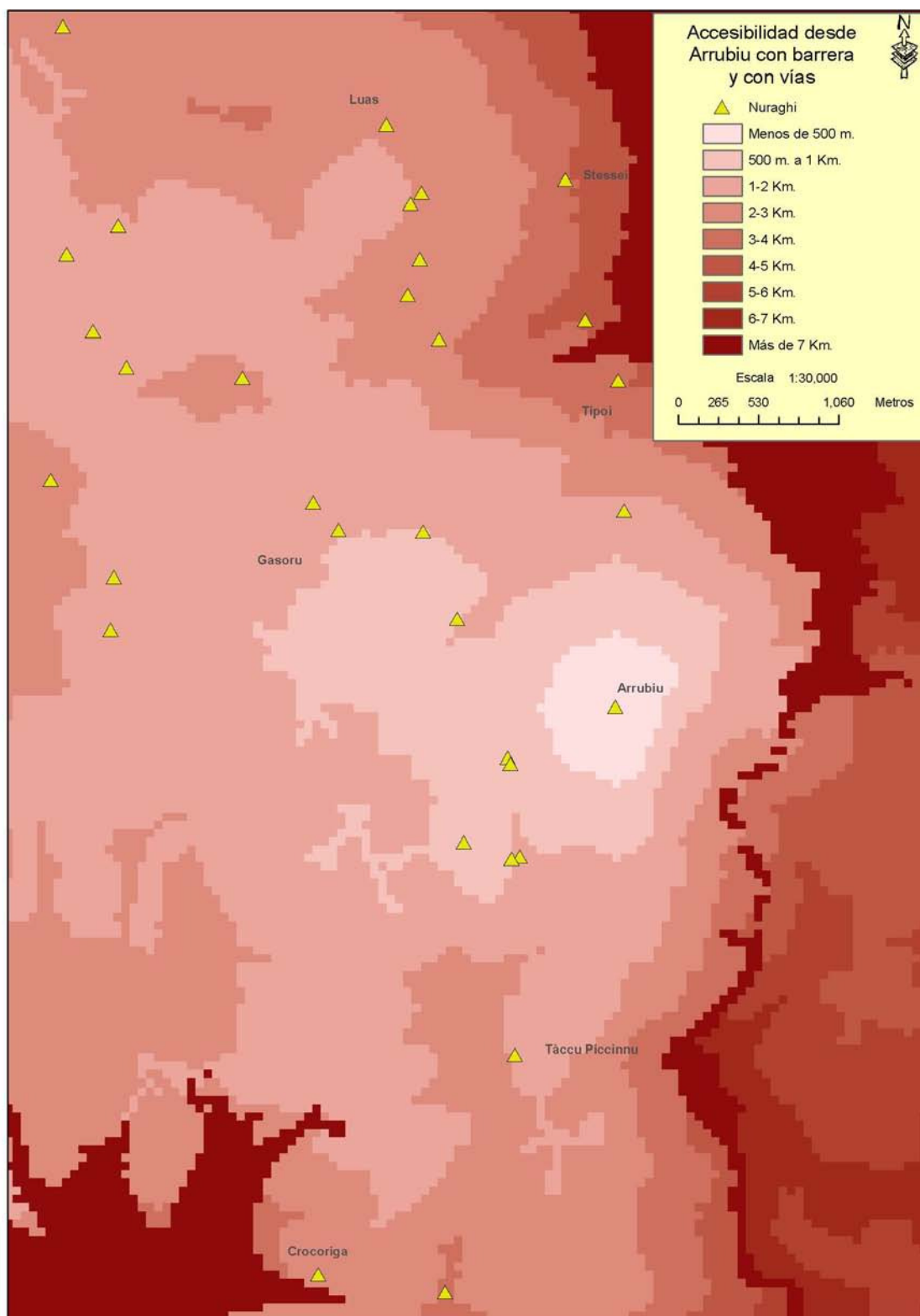


Figura 4.- Accesibilidad desde Arrubiu con barrera y con vías.

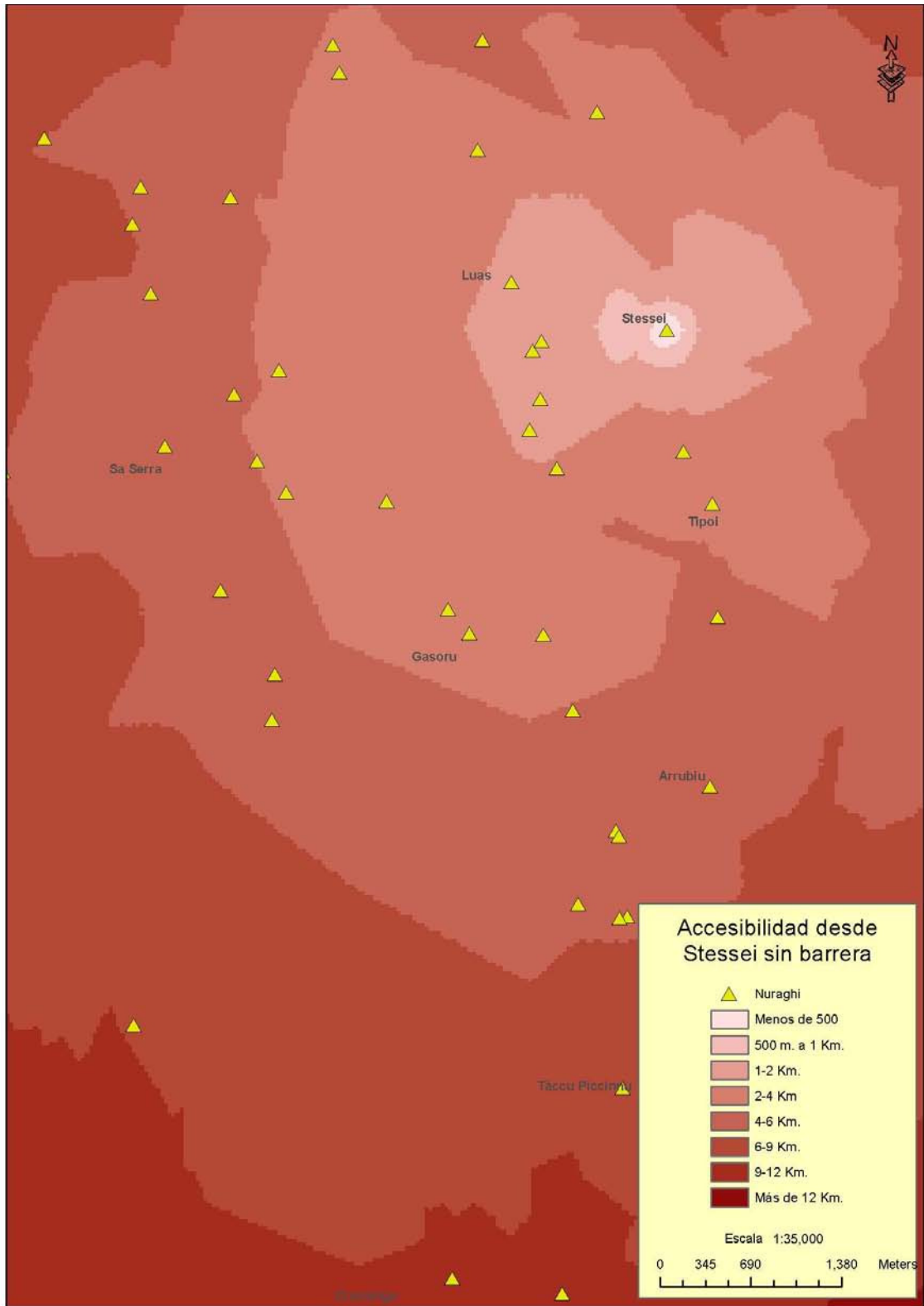


Figura 5.- Accesibilidad desde Stessei sin barrera.

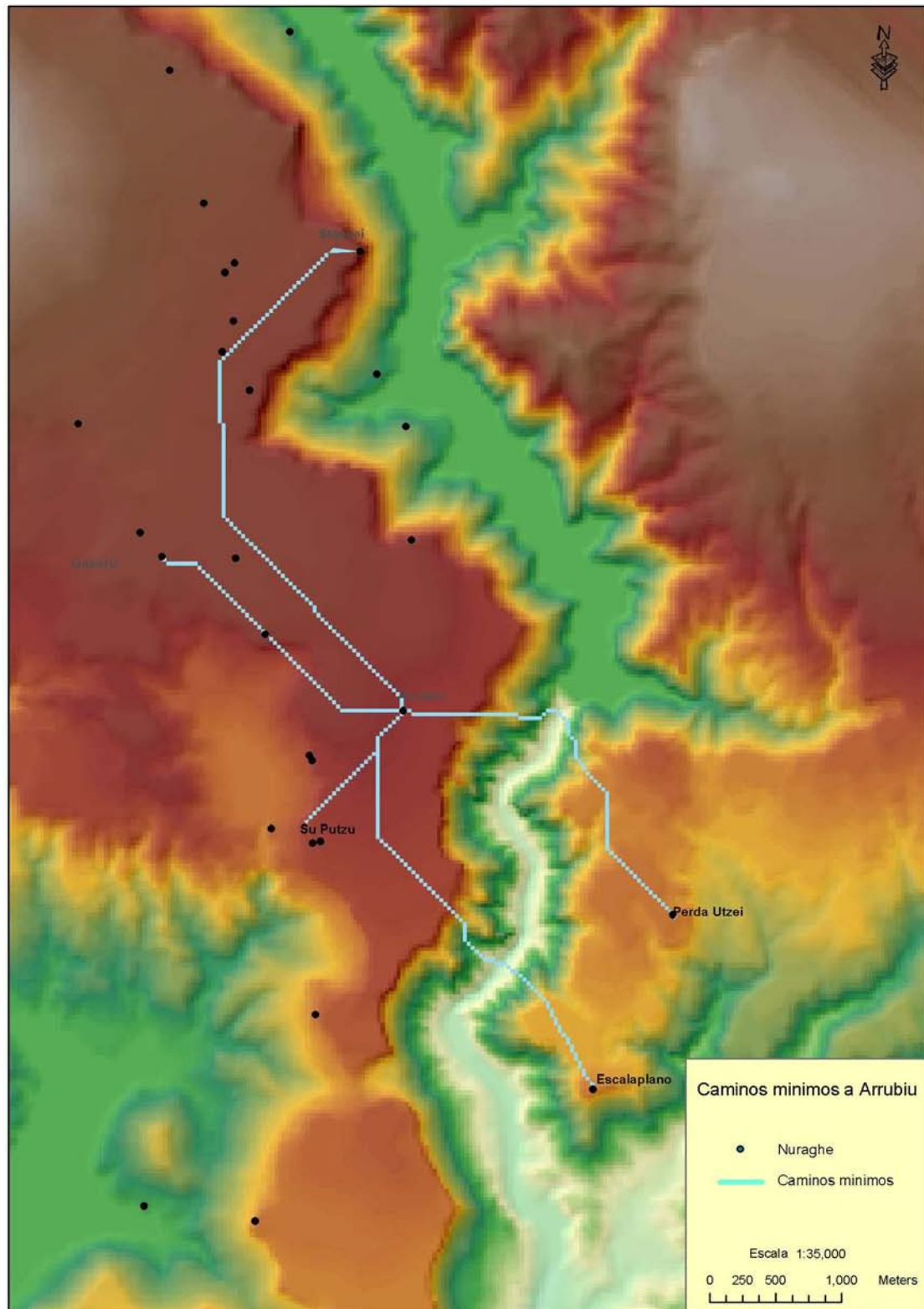


Figura 6.- Caminos mínimos de Arrubiu.

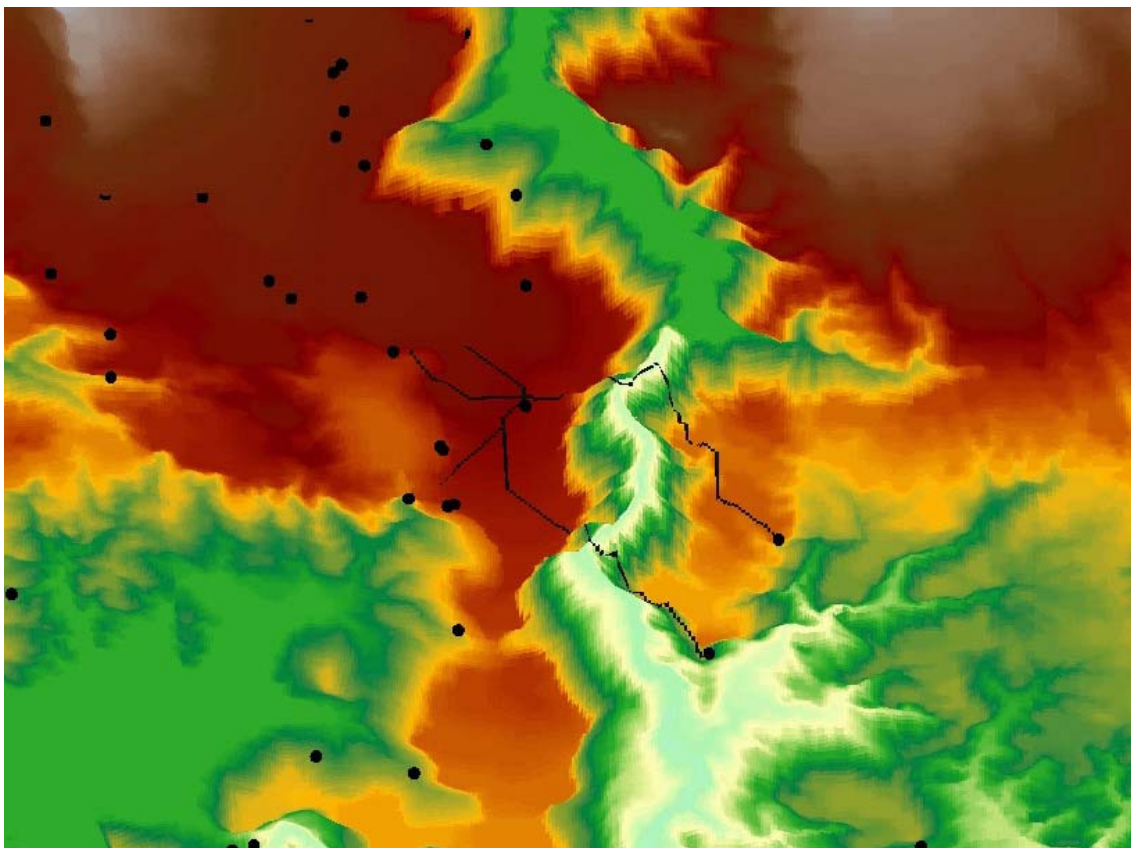


Figura 7.- Caminos desde los nuraghi.

ción con ciertos tipos de asentamientos que deberemos corroborar mediante sucesivos análisis.

El siguiente paso fue el cálculo de caminos mínimos, para simular el movimiento entre distintos puntos (Fig. 6). Teniendo como punto de partida las capas de accesibilidad, se calcula el camino de menor esfuerzo-distancia. Como se puede observar (Fig. 7), los caminos desde los nuraghi que están en el altiplano discurren por una zona bastante llana y sin problemas de fricción, pero aun así, como en el caso de Stessei, buscan siempre las zonas de menor resistencia (menor pendiente), aunque ello suponga un trazado de mayor distancia. En los casos de los nuraghi Perda Utzei y Escalaplano, que están al otro lado del río Flumendosa, esto se muestra de manera más clara.

3. Usos del suelo

Un análisis fundamental ha sido la clasificación de la imagen de satélite (Landsat ETM) para la ob-

tención de usos del suelo, dado que haciendo una extrapolación de los usos de suelo actuales, unida a los resultados de los análisis polínicos, se ha intentado encontrar un modelo de patrones de usos y de áreas de captación. Los datos paleoambientales hablan de una primera época, caracterizada por la presencia de un bosque muy denso típicamente mediterráneo, compuesto fundamentalmente por Quercinias, en su mayoría encinas (*Quercus ilex*) y en menor medida por alcornoques (*Quercus suber*) (Fig. 8).

Llama la atención la especial distribución del poblamiento nurágico en la meseta de Pranemuru¹. Como se aprecia en la imagen, éste parece decididamente concentrado en torno a los dos bordes de la meseta: el borde oriental, en torno a los cursos del Flumendosa y Mulargia, en entornos de bosque y matorral arbolado mediterráneo, de vocación fundamentalmente ganadera; y el borde occidental, donde esa meseta se suaviza y da paso a la llanura y se abre hacia las rutas de comunicación que conducen a la Trexenta, seguramente una vía natural

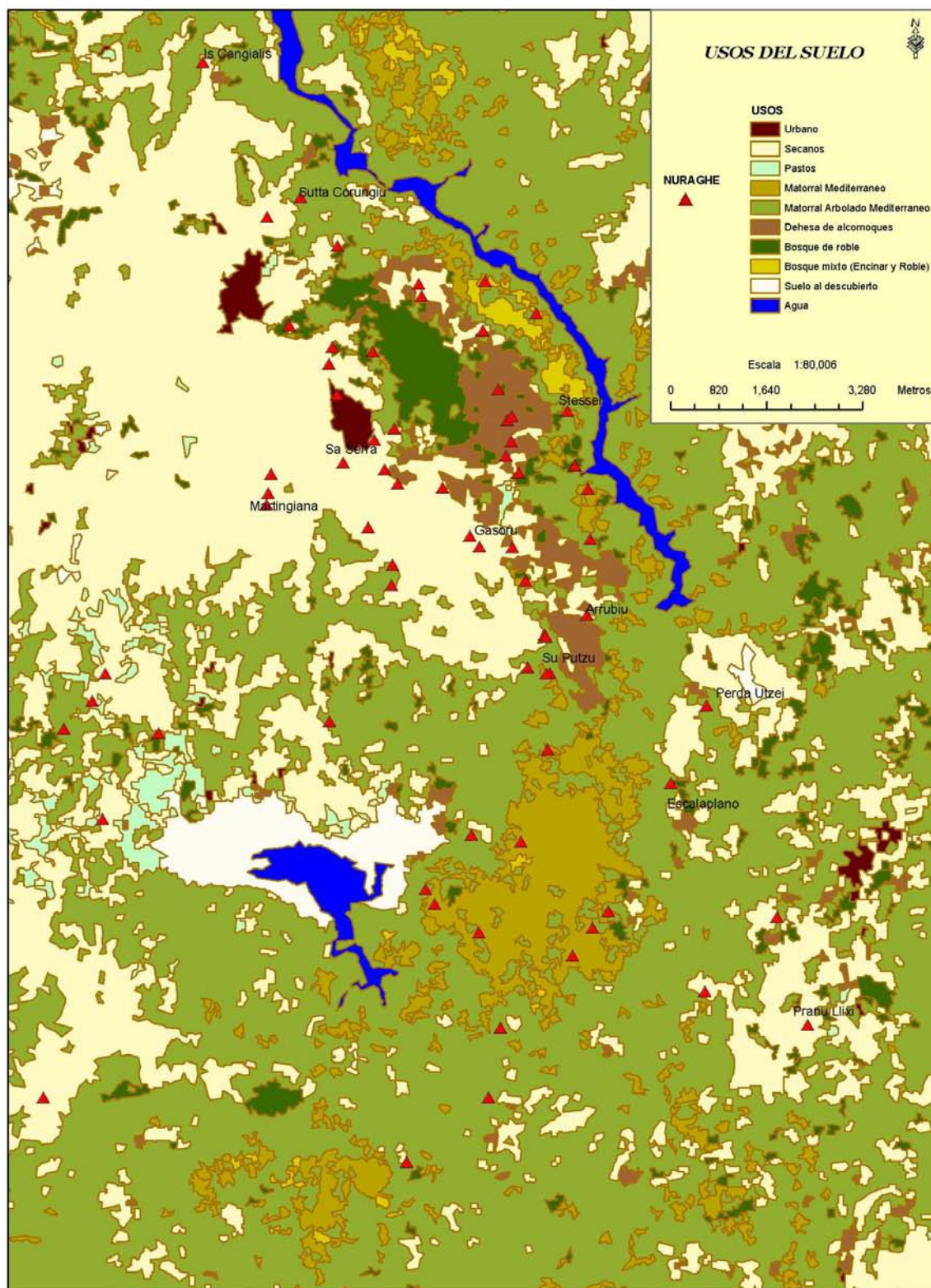


Figura 8.- Usos del suelo.

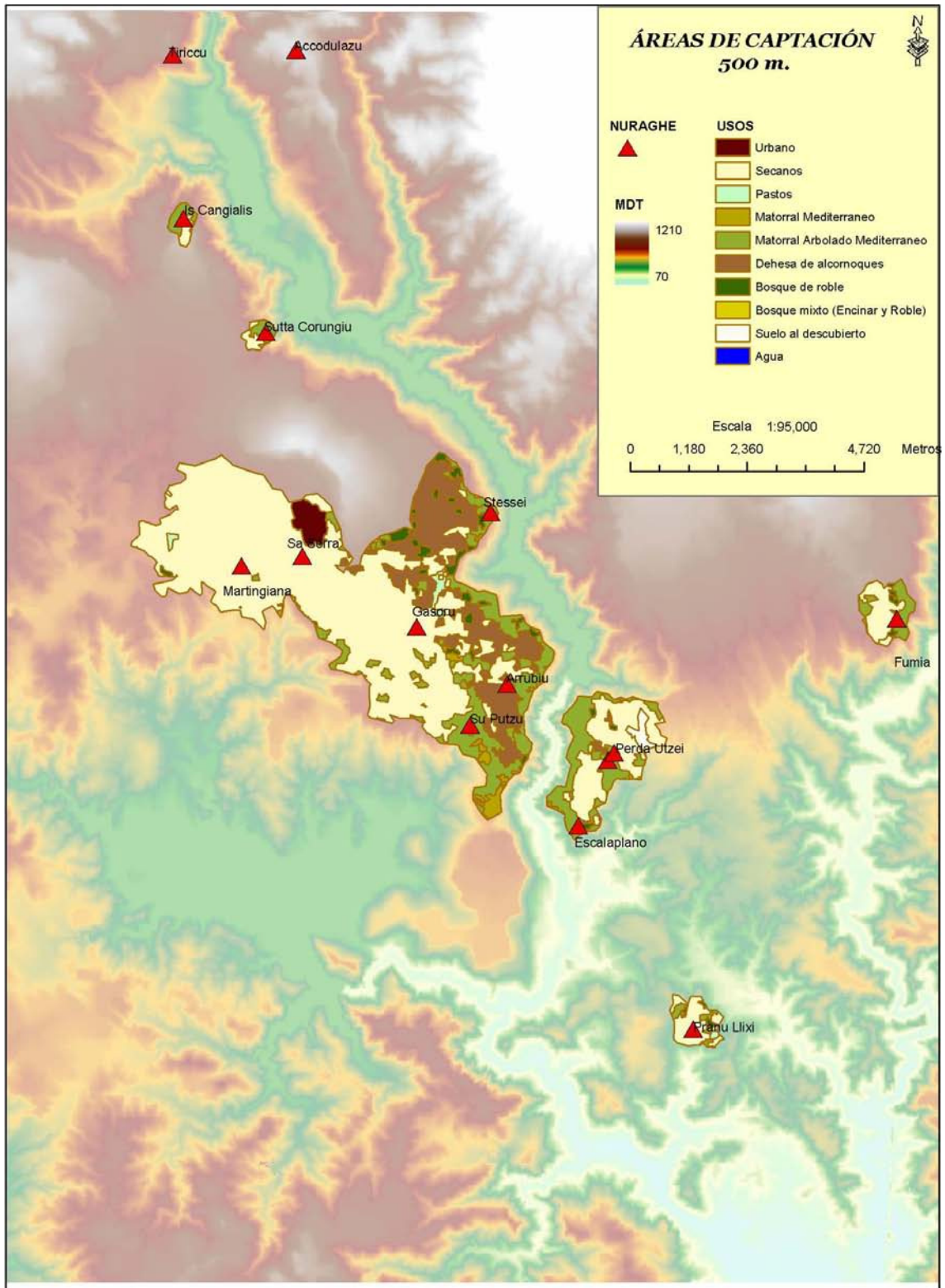


Figura 9.- Áreas de captación (500 m.).

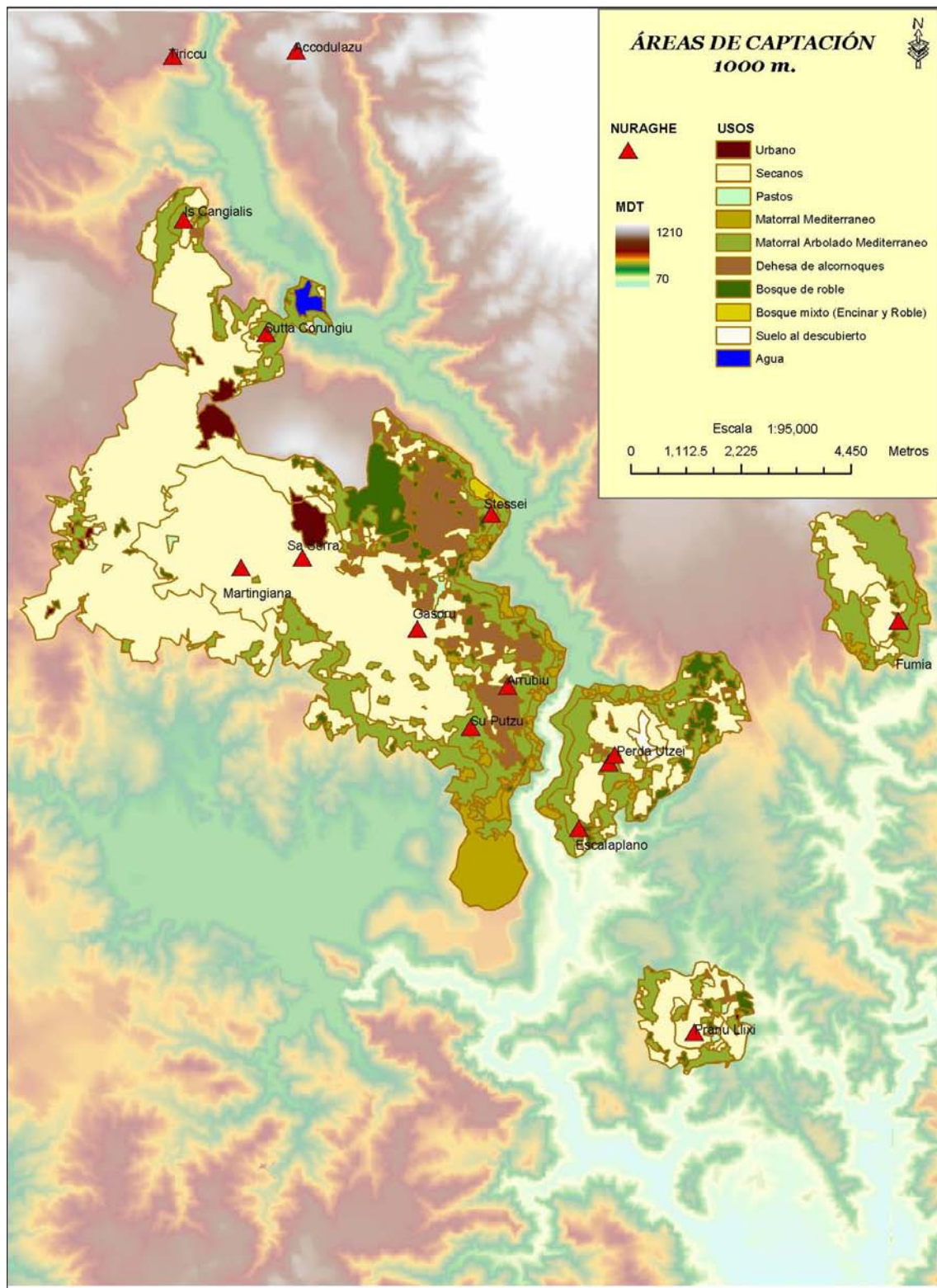


Figura 10.- Áreas de captación (1000 m.).

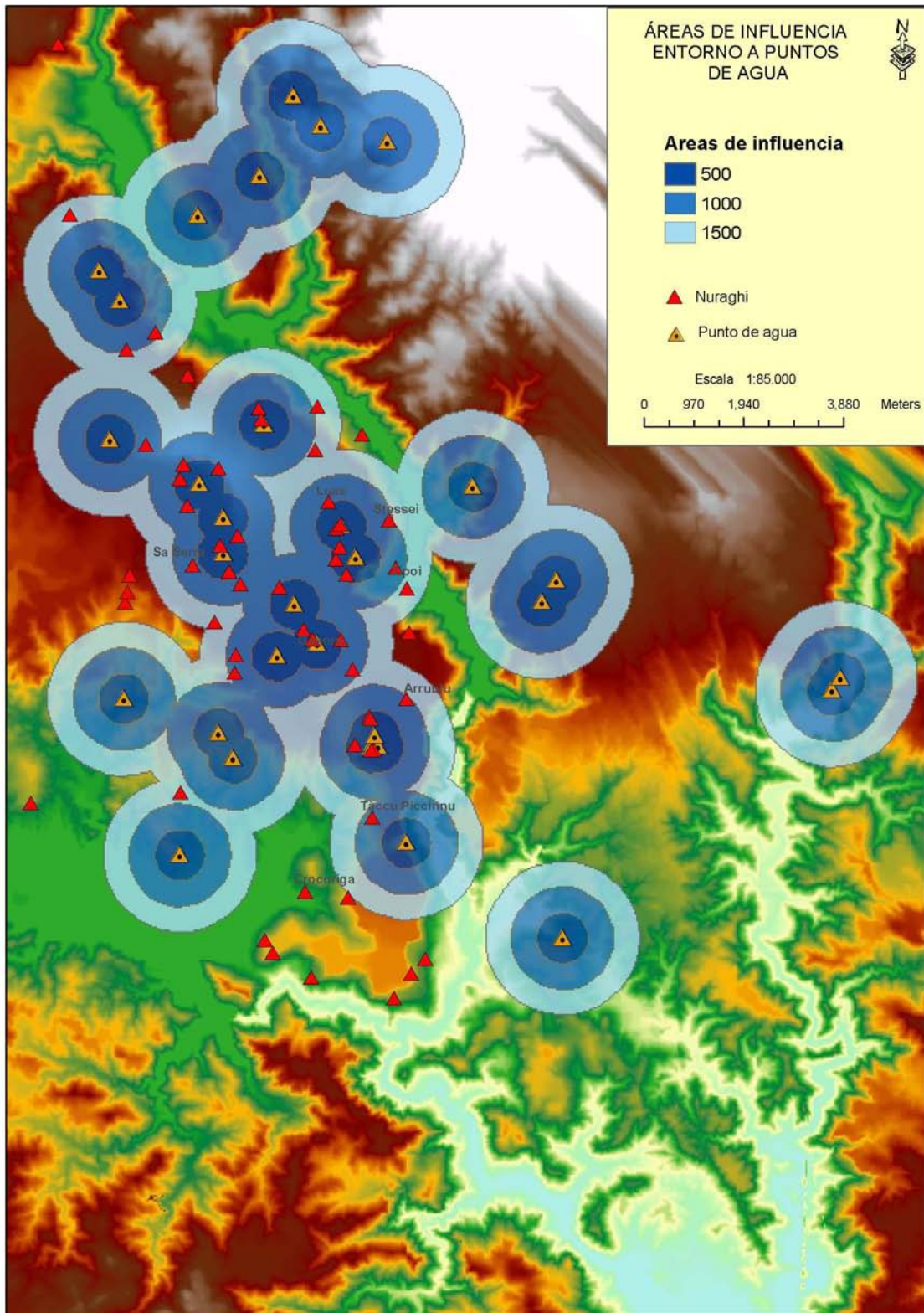


Figura 11.- Áreas de influencia entorno a puntos de agua.

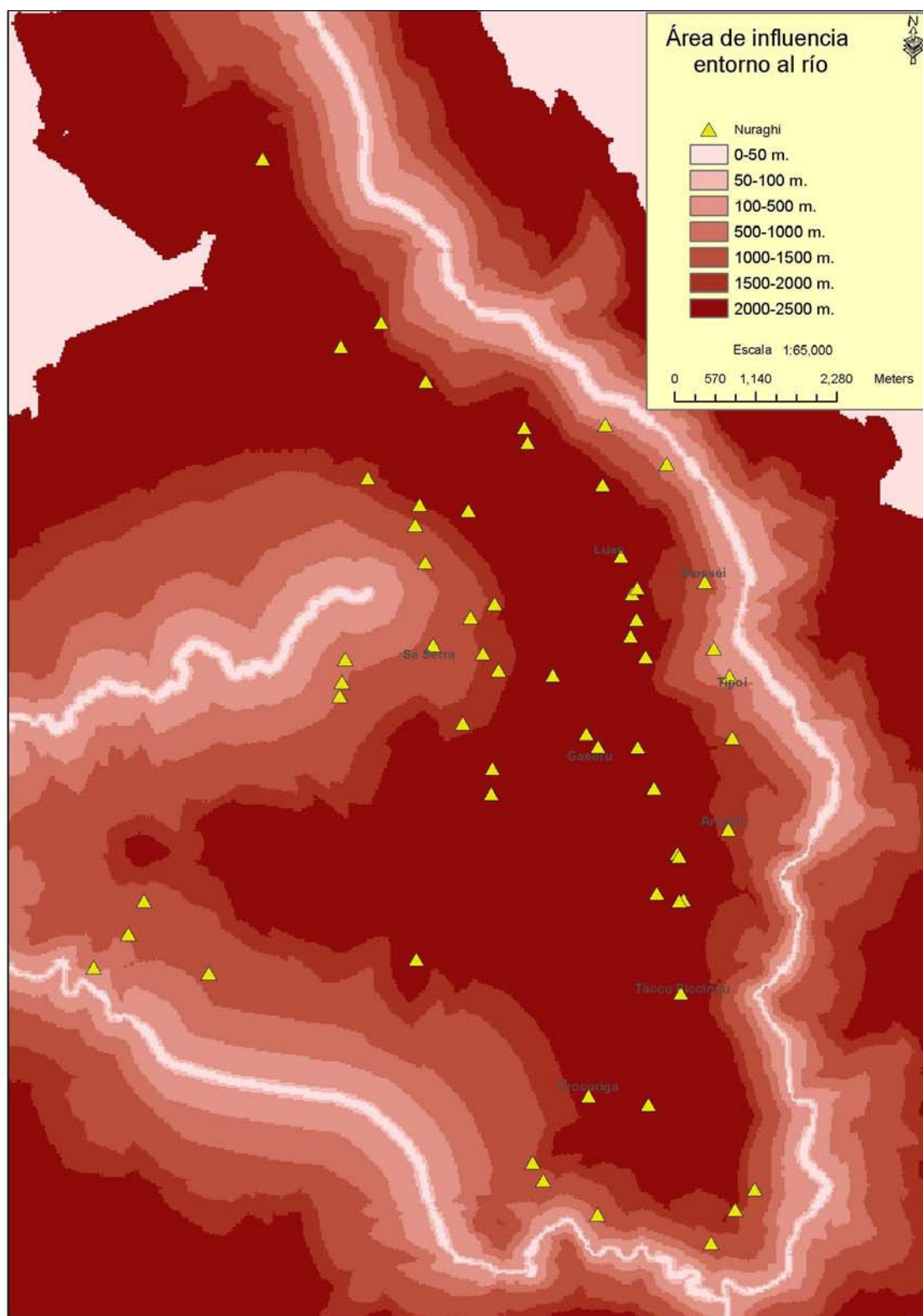


Figura 12.- Áreas de influencia entorno al río.

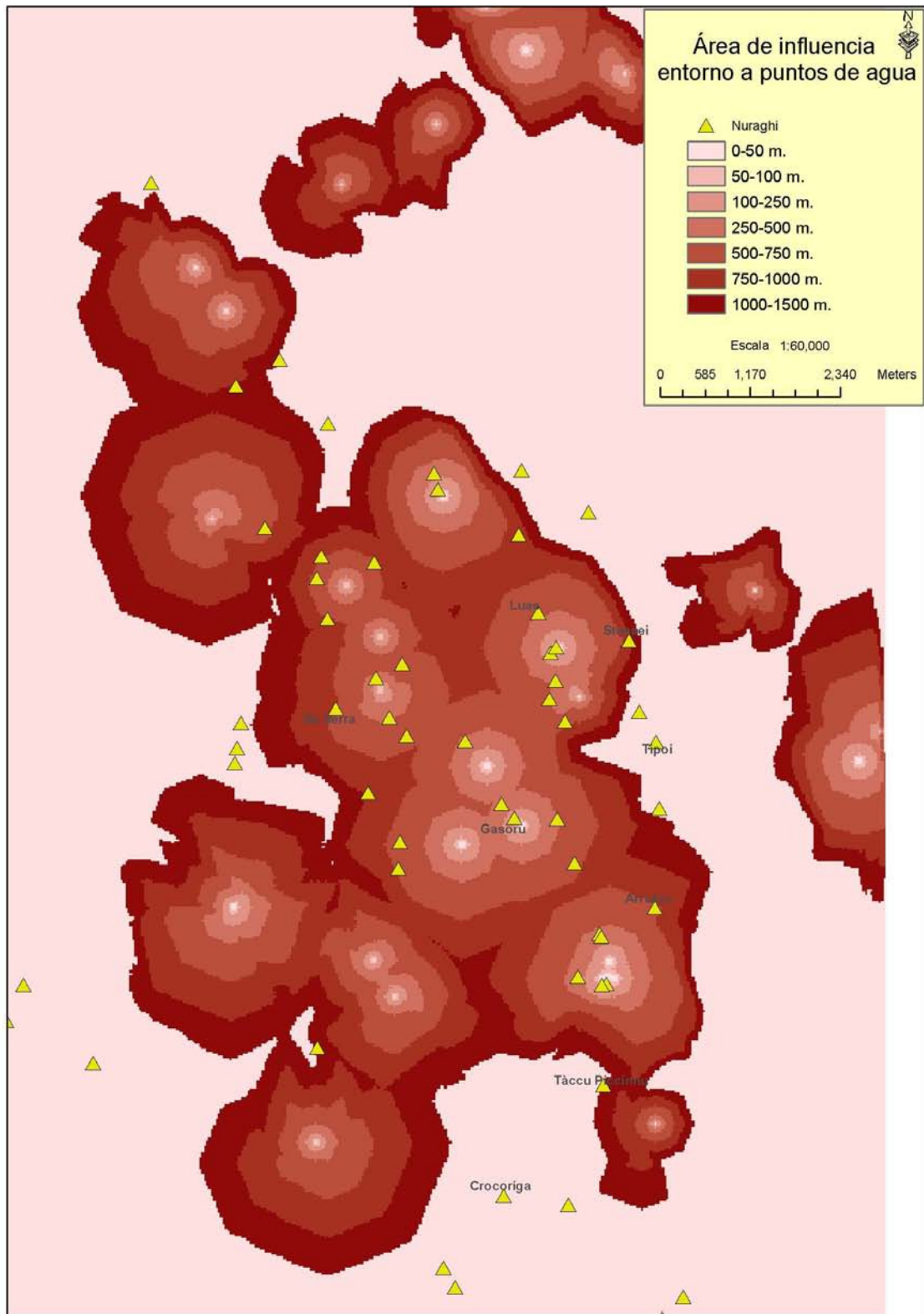


Figura 13.- Áreas de influencia entorno a puntos de agua.

con la que, tal vez en época romana, pudieron estar relacionadas las vías que desde Porto Torres y Olbia, atravesaban el Gennargentu, el Sarcidano occidental y se dirigían a Cagliari recorriendo la Trexenta (Boninu 2000). Este segundo grupo de nuraghi, entre los que se encuentra Sa Serra, Martingiana o Gasoru, en el comune de Orroli, se emplazan en tierras de secano, aprovechables para la agricultura.

Así pues, ambas concentraciones parecen situarse en límites, tanto desde el punto de vista geográfico (el río en un caso, el extremo de la meseta en su apertura a las tierras llanas, en el otro), como desde el punto de vista ecológico, pues en ambos casos se localizan en el límite de nichos ecológicos complementarios (bosque/matorral y pasto de un lado, agricultura de secano y pasto, del otro). Del otro lado del Flumendosa, tenemos una pequeña concentración de nuraghi, como los de Perda Utzei o Escalaplano, que se localizan al borde de la meseta, y dos individualidades como son Fumia, en el borde del río Flumineddu, y Pranu Illixi, que se alza entre el valle de los dos ríos. Aquí también parece apreciarse ese modelo común de situación en *limes*, tanto desde el punto de vista geográfico (el río), como ecológico (matorral/tierras de cultivo).

Un segundo aspecto a resaltar es la enorme concentración de poblamiento a escasas distancias y en periodos que, si bien muchos de los sitios carecen de cronología, los datos de nuestras tres campañas de prospección con sondeo permiten pensar que son, *grosso modo* coetáneos, por lo que sus áreas de explotación económica prácticamente se solapan, como se aprecia en las Figs. 9 y 11 que muestran las áreas de captación de 500 m. y 1000 m. Entre el río Flumendosa y el valle del Mulargia, la densidad es tan alta que, en gran medida, los nuraghi comparten el área de captación equivalente a 500 m. Incluso en el área de captación de 1000 m, vemos como las áreas de captación de Is Cangialis y Sutta 'e Corungiu, queda unido a otros como el propio Arrubiu. Lo mismo ocurre, por ejemplo, en el caso de los nuraghi de Perda Utzei y Escalaplano. Conviene tener en cuenta que las distancias de las áreas de captación no se han establecido en línea recta desde los nuraghi, sino teniendo en cuenta la resistencia al movimiento que impone el medio (Rodríguez *et al.* 2000), utilizando la función desarrollada a partir de la idea de Naismith (Poucher 1960) y que ya explicamos en la metodológica de los análisis de accesibilidad.

El análisis de las áreas de captación sugiere, y así lo apuntamos como hipótesis, que nos hallamos ante grupos de parentesco, que se escinden cuando la capacidad de sustentación del territorio alcanza su límite. Ello no es contradictorio con la idea que barajamos de una organización jerárquica y estructurada del territorio. No obstante, la segmentación parece más relacionada con el igualitarismo, en tanto que los procesos de sinecismo, o concentración en torno a los grandes nuraghi complejos, en el momento en que los procesos de segmentación llegan al límite y la tierra es el recurso fundamental de control, tal y como parece suceder en el Bronce Final (Webster 1996: 117-34), nos parece el modelo más apropiado para entender el proceso de territorialización que se produce en la meseta de Pranemuru entre fines del Bronce Medio y el final de la Edad del Bronce/transición a la Edad del Hierro (Ruiz-Gálvez *et al.* 2002: 269-70).

Por otro lado, parece existir una decidida relación de los nuraghi con los puntos de agua. En la Fig. 11 mostramos un *buffer* con las distancias de los nuraghi a puntos de agua (ríos o fuentes de agua), en franjas de distancias de 0,5 km., 1 km. y 1,5 km., respectivamente. Se observa que muchos nuraghi del entorno del lago Mulargia o del oeste de la meseta de Pranemuru, no parecen estar especialmente asociados a puntos de agua. Ello es, sin embargo, una realidad distorsionada por la construcción del lago Mulargia. Pues, si eliminamos éste, reconstruimos el antiguo trazado del río y trazamos isóneas de acceso al agua en función del relieve y la pendiente (para calcular las distancias se ha usado la misma fórmula ya aplicada para la accesibilidad), los resultados son radicalmente diferentes. Como se aprecia en la Fig. 12, la práctica totalidad de los nuraghi están entre 150 y 500 m de distancia del río, o de una fuente de agua (Fig. 13), lo que señala algo que, se daba por obvio pero no se había demostrado en la práctica, como es la estrecha relación con un recurso escaso y valorado en la isla, como es el acceso al agua.

4. Visibilidades y visibilizaciones

Otro aspecto que nos hemos planteado es el de la funcionalidad de las torres, habida cuenta del reducido espacio habitacional interno de la mayoría de ellas y del gran esfuerzo constructivo que representan. Nuestra hipótesis, ya expresada en otros

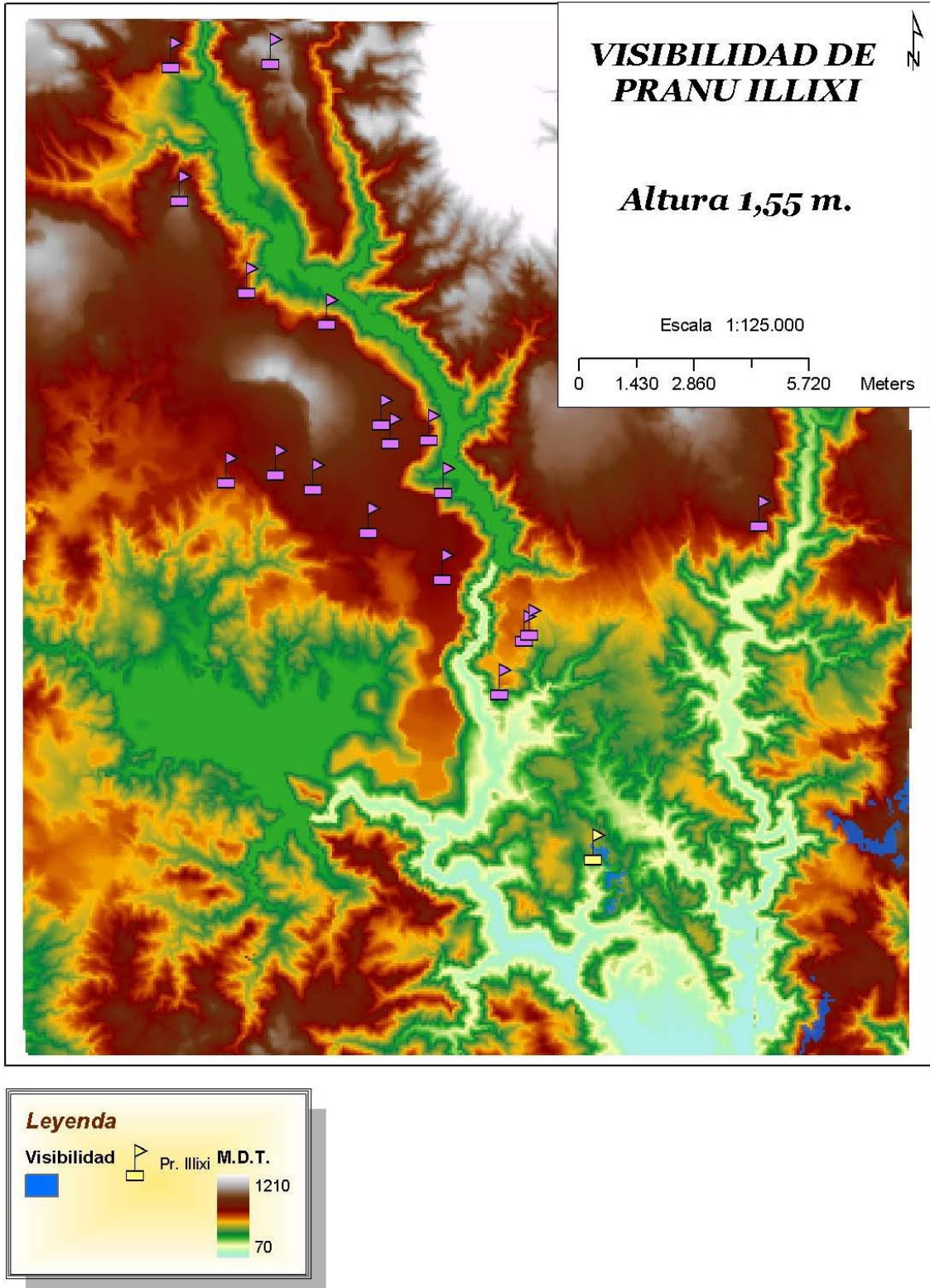


Figura 14.- Visibilidad de Pranu Illixi a nivel del suelo.

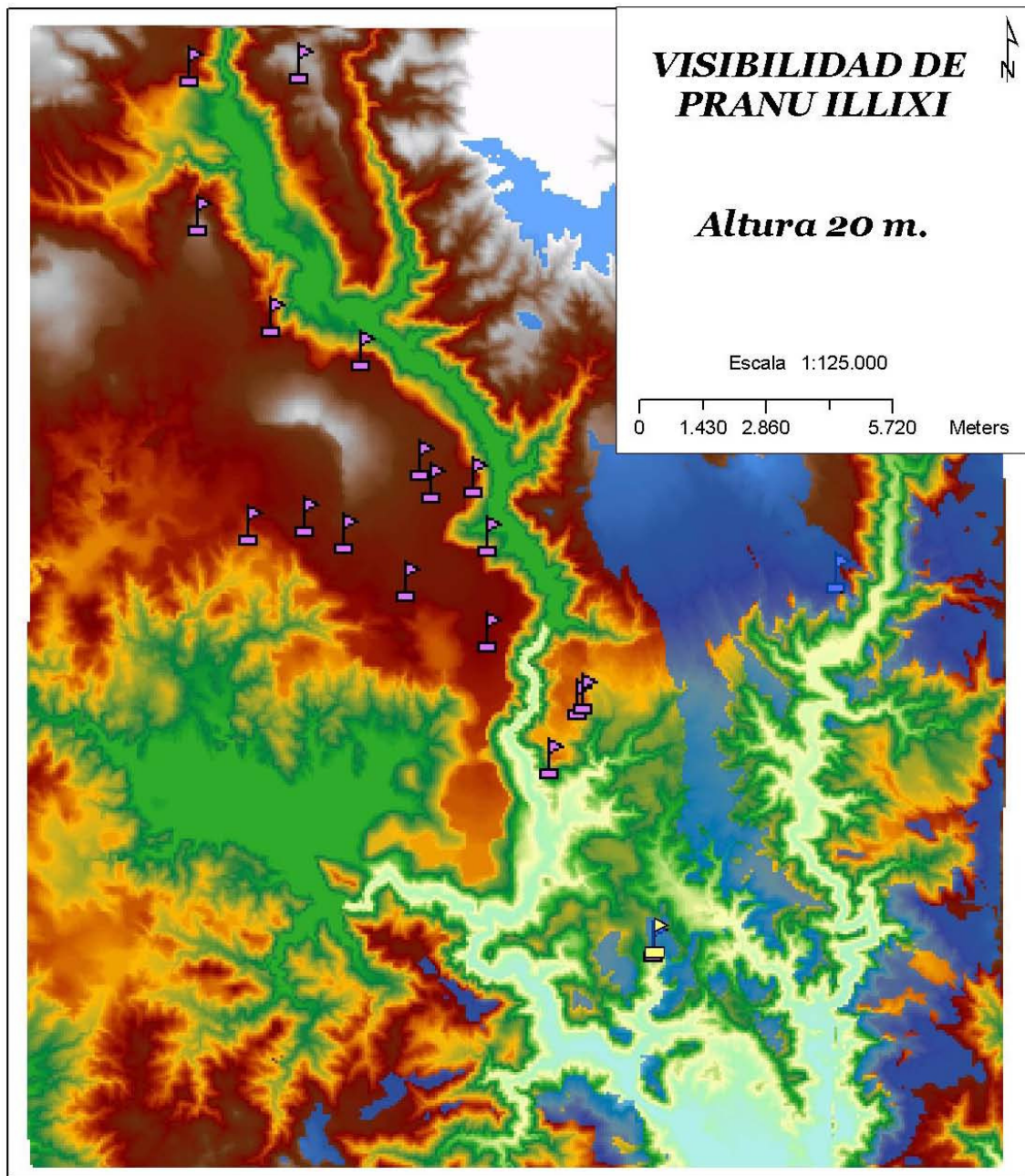


Figura 15.- Visibilidad de Pranu Illixi desde la torre.

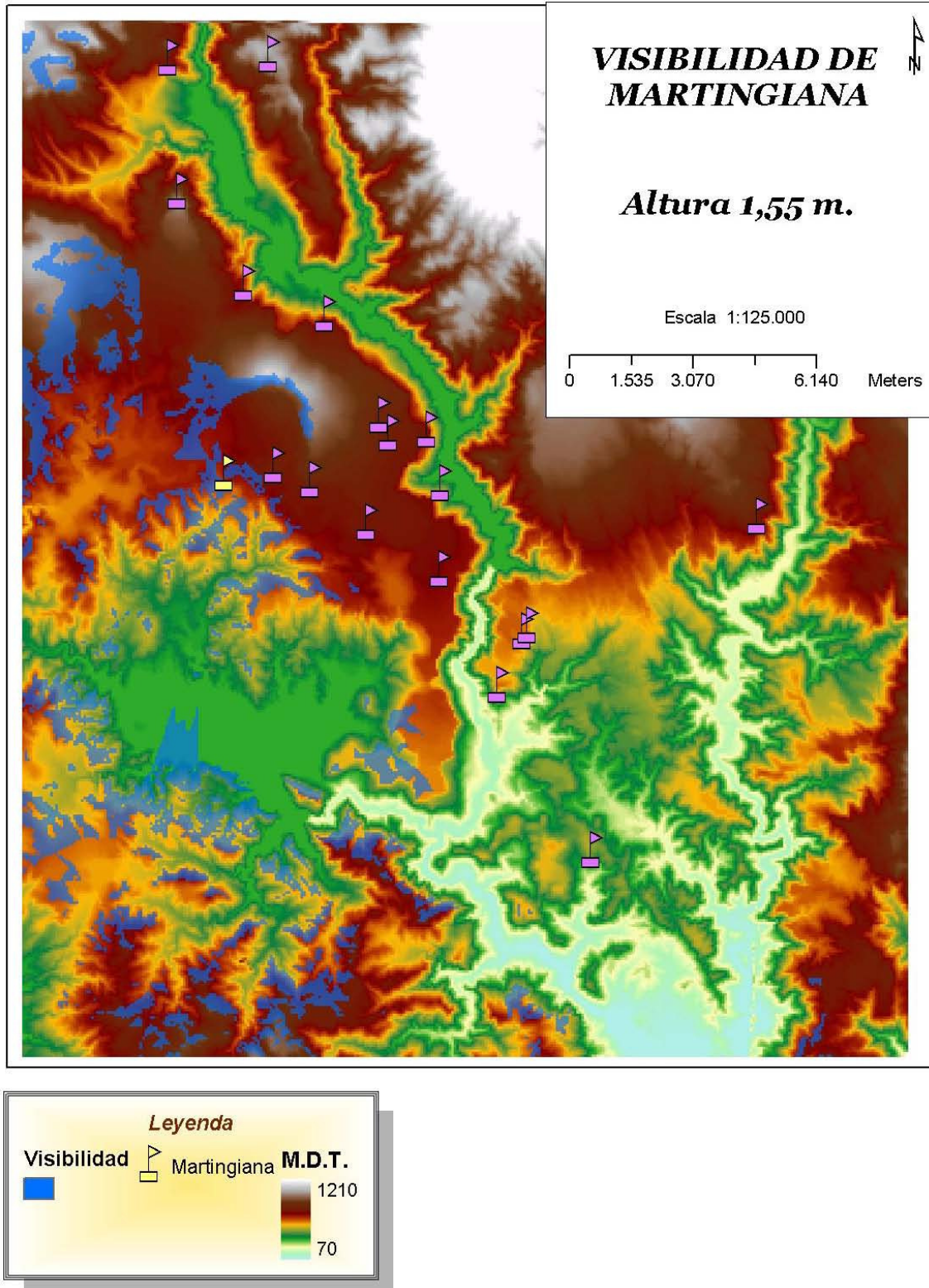


Figura 16.- Visibilidad de Martingiana a nivel del suelo.

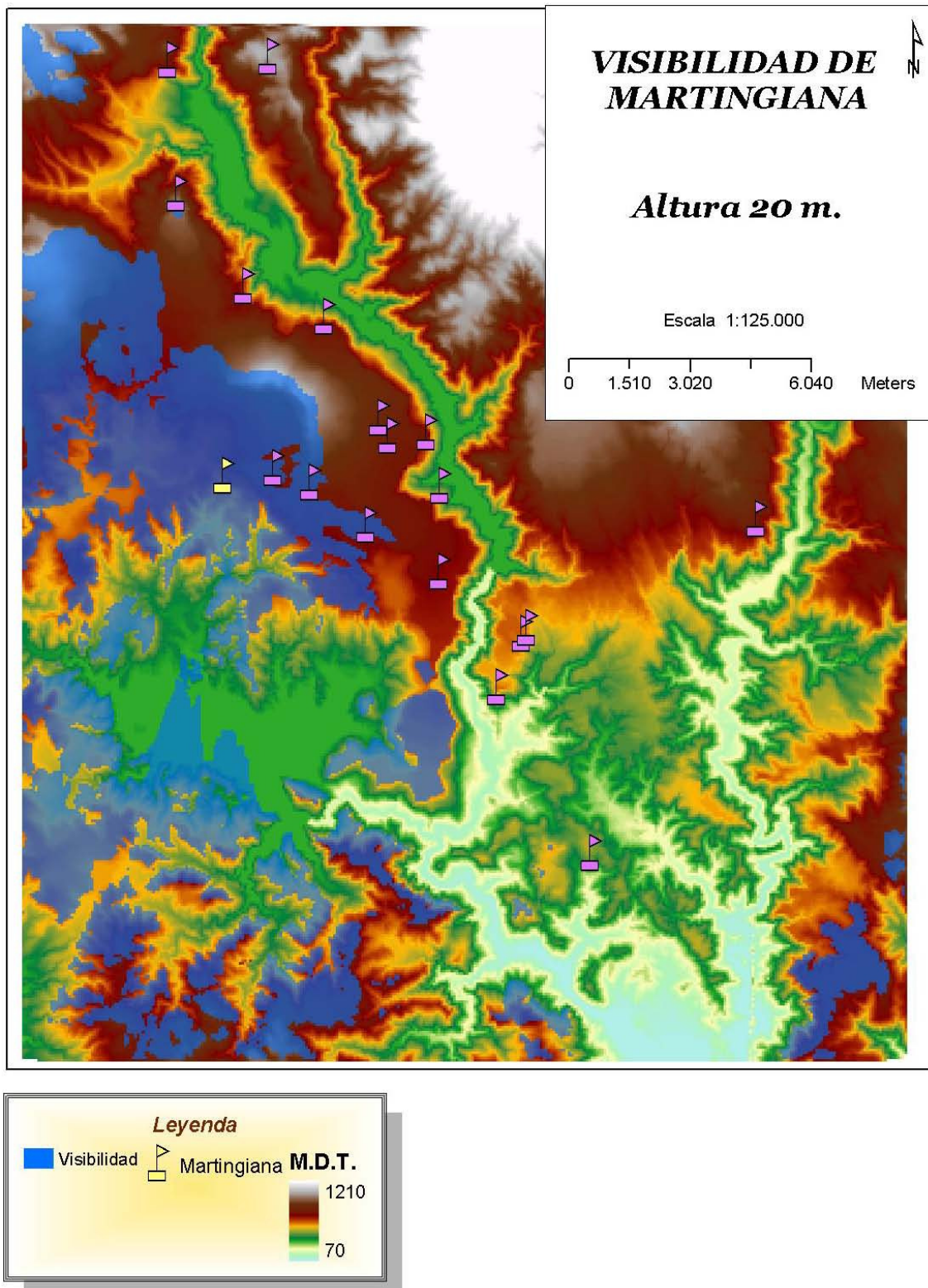


Figura 17.- Visibilidad de Martingiana desde la torre.

trabajos, (Ruiz-Gálvez & López en prensa; Ruiz-Gálvez *et al.* 2001, 2002 y 2003), era que, inicialmente, hubieran actuado como hitos o marcadores en el paisaje. Esa hipótesis la hemos proyectado en la realización de las siguientes capas de visibilidad referidas a Pranu Illixi y Martingiana., asumiendo una situación extrema, de bosque mediterráneo muy denso, que se corresponde claramente con los datos polínicos procesados por este proyecto en todos los sondeos realizados durante las campañas 2000-2001 (Ruiz-Gálvez *et al.* en prensa; Díaz *et al.* en prensa). Asumiendo esa situación de bosque denso, se ha calculado para ambos nuraghi la visibilidad desde 1.55 m, representando lo que podría ver una persona de la época, situada a nivel del suelo. Los resultados parecen confirmar que, en efecto, la visibilidad a nivel del suelo sería muy reducida, hasta el extremo de que el espectador apenas alcanzaría a ver algunos puntos más elevados en la distancia, y que los nuraghi se harían sólo visibles a corta distancia, es decir, al penetrar en su territorio de captación y únicamente en el caso de que, a pesar de la altura de la copa de los árboles, la densidad del bosque no fuera extrema y permitiera cierta separación entre unos árboles y otros (Figs. 14, 15, 16 y 17).

Posteriormente se han calculado las visibilidades desde el resto de los enclaves de manera individual, mostrando aquí las más representativas (Figs. 18 a 26). Para estos análisis se ha tenido en cuenta lo que se vería desde lo alto de las nuraghi, calculando una altura media para éstas de 20 metros, un azimut de 360° y un ángulo vertical de $\pm 90^\circ$. El resultado, para cada uno de los enclaves elegidos, es una capa que muestra zonas visibles y no visibles. Ello nos ayuda a establecer si la localización de los yacimientos obedece a patrones de control visual del territorio circundante, y si alguno de ellos tiene o no un papel relevante respecto a los demás, pues controla a las restantes nuraghi.

El análisis del territorio se ha centrado, como punto de origen, en el nuraghe de Arrubiu. Esta compleja estructura constructiva de torre central y cinco bastiones, está situada en medio de una llanura, quizá la más diáfana del altiplano, sin vinculación directa con el vado del río, pero a menos de 1 km. en línea recta de éste. Construido *ex novo*, acumula desde su fundación elementos que indican su singularidad, como es el alabastrón micénico hallado en la torre central. Demuestra capacidad de gestión de recursos específicos (por ejemplo plomo

y tejidos) y, probablemente, está funcionando como centro redistributivo, aunque no sabemos a qué escala (Véase Cossu *et al.* 2003).

También espacialmente encontramos una singularidad asociada a Arrubiu, que indica una importante centralidad asociada a este yacimiento. En primer lugar, su control visual, homogéneo sobre el altiplano y muy amplio sobre los más significativos puntos del paisaje (Fig. 18). La complementariedad en el control del territorio, locacional, parece estar indicando una articulación con ciertos tipos de asentamientos que deberemos corroborar mediante sucesivos análisis. No obstante, las visibilidades desde los nuraghi Arrubiu, Stessei (con torre central, muro y una segunda torre), Tiriccu (nuraghe monotorre), Sa Serra (nuraghe compleja de torre central y cuatro bastiones)... parecen, no sólo complementarse, abarcando, en conjunto, el territorio hipotético de influencia de Arrubiu, sino que el grado de visibilidad de cada uno de ellos individualmente, parece escalonarse en función de su importancia en la red jerárquica del sistema.

Se puede determinar la existencia de varios grupos de nuraghi en función de su campo de visión:

- Por un lado, Arrubiu (nuraghe compleja), Taccu Piccinu (nuraghe de torre central y paramento murario con cuatro bastiones) y Gasoru (nuraghe simple, monotorre) (Figs. 18, 19 y 21), controlan todo el altiplano y gran parte del lado oeste del valle del Flumendosa, pero no controlan directamente su curso.

- Spidu (nuraghe simple, monotorre) y Stessei (nuraghe compleja) (Figs. 24 y 25), parecen erigirse como observadoras privilegiadas de los movimientos en la zona centro-sur del río, mientras Tiriccu (Fig. 26) se reservaría la parte norte del mismo. La nuraghe convertida en túmulo de Pranu Illixi (Fig. 15) se quedaría la labor de controlar el ámbito del Flumineddu y el territorio entre éste y el Flumendosa.

- Por último, aquellos nuraghi situados en el borde de la meseta de Pranemuru, como Martingiana (simple, monotorre), Sa Serra (compleja) y Ollasta (nuraghe simple, monotorre) (Figs. 17, 22, 23), visualmente alcanzan todas las tierras de secano localizadas en la meseta y, además, la ruta natural de acceso a través del valle del Mulargia, ruta ésta donde se concentra la visibilidad de Crocoriga (nuraghe compleja, posiblemente de cuatro torres) (Fig. 20).

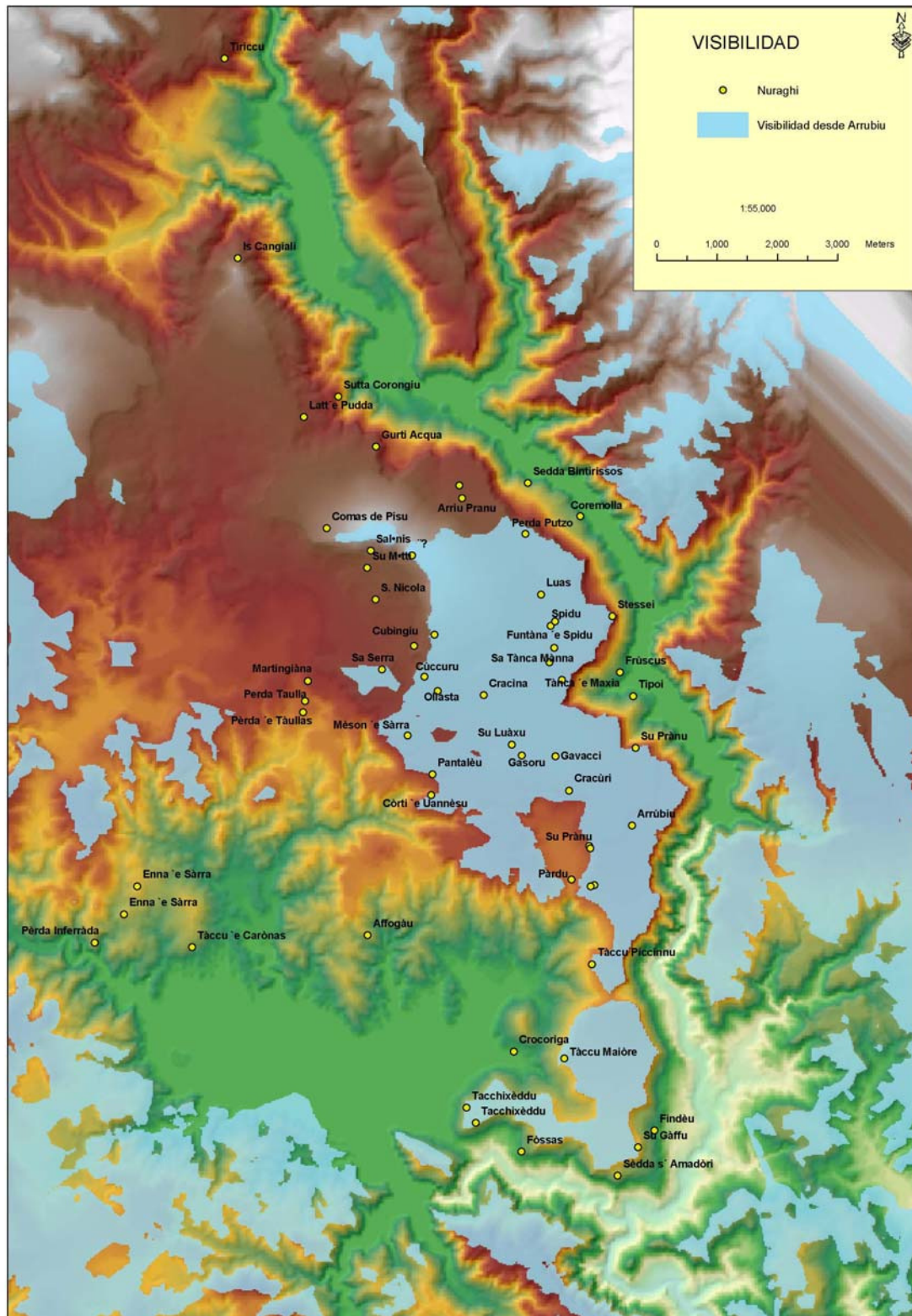


Figura 18.- Visibilidad desde nuraghe Arrubiu.

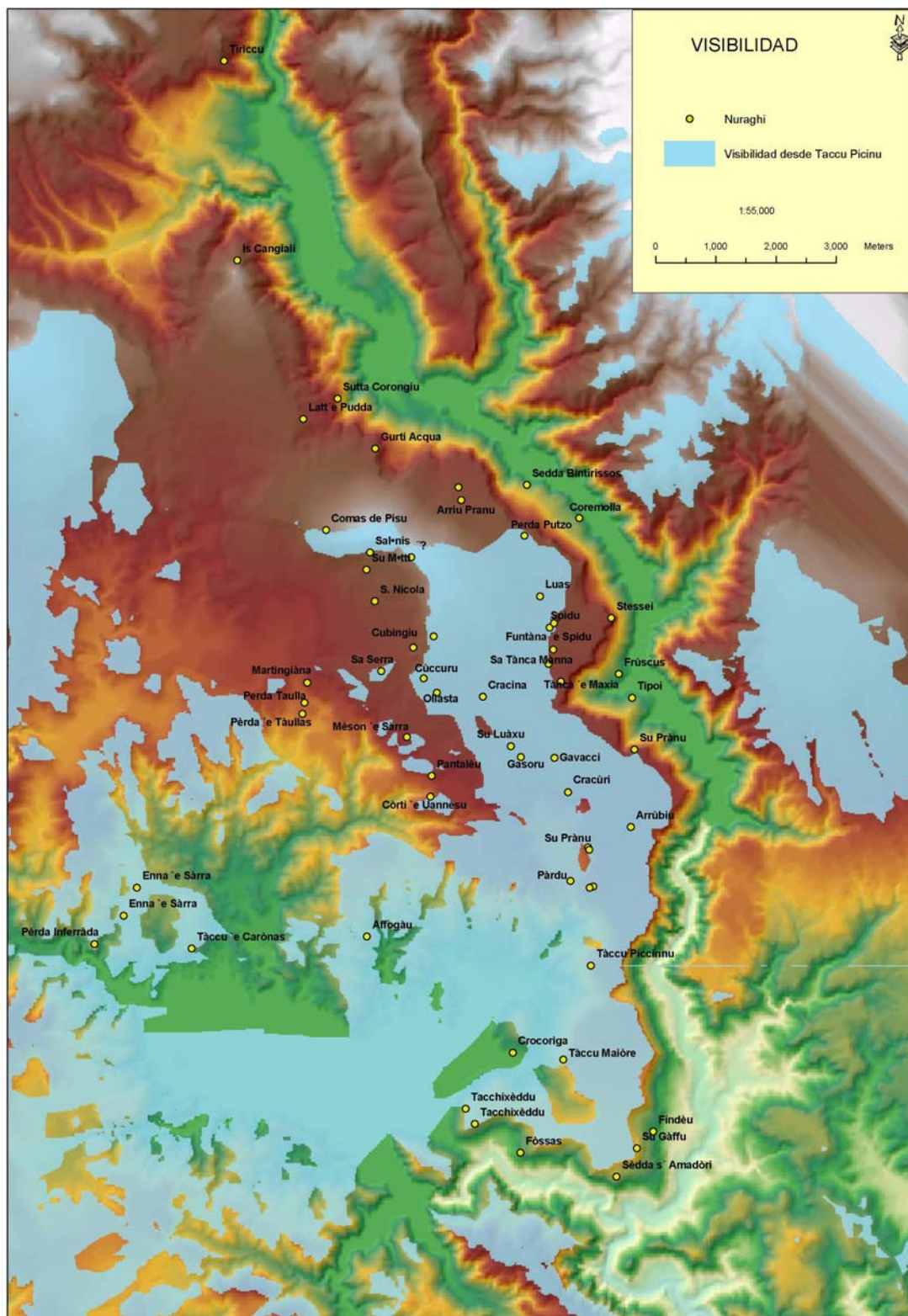


Figura 19.- Visibilidad desde nuraghe Taccu Picinu.

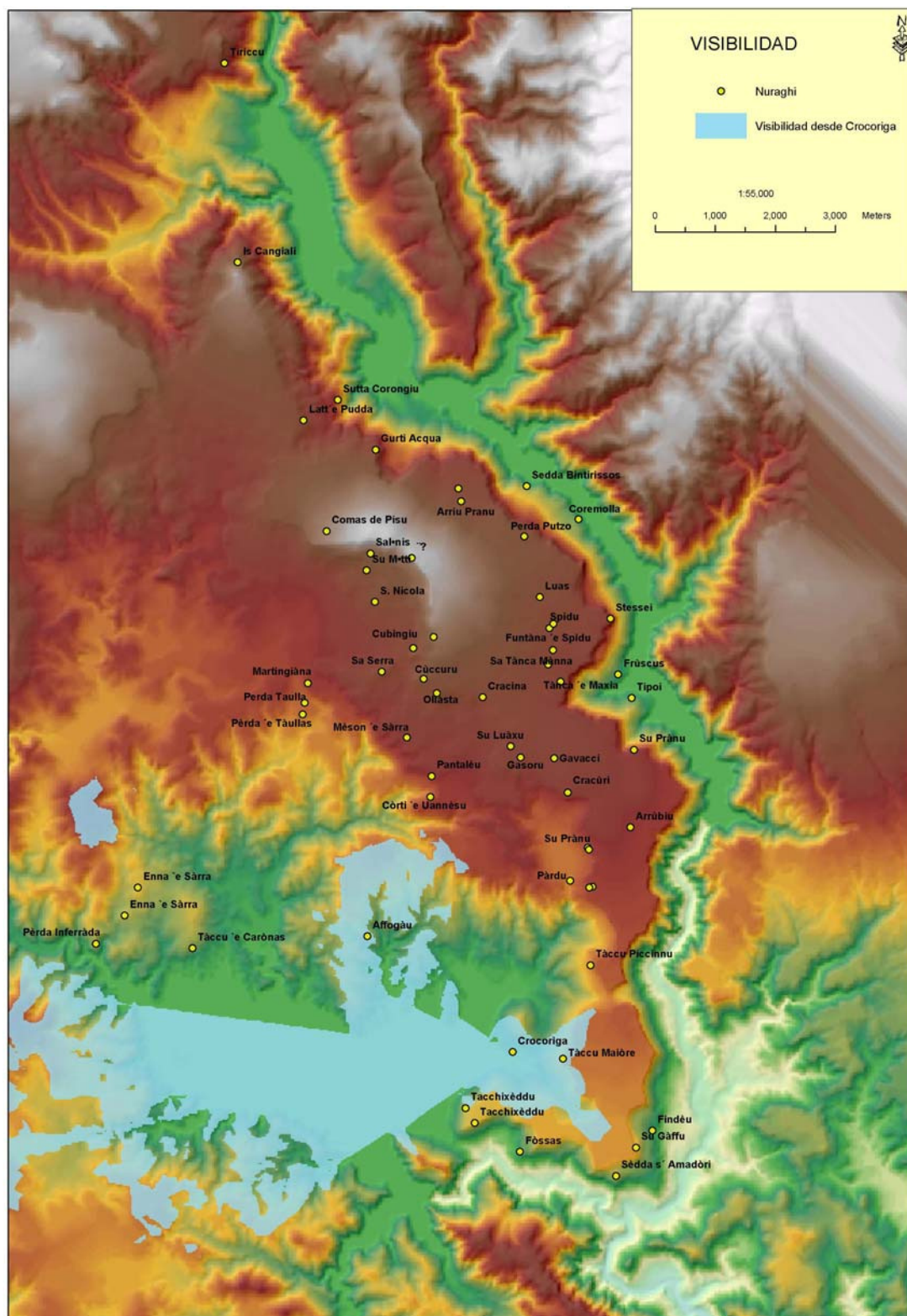


Figura 20.- Visibilidad desde Crocoriga.

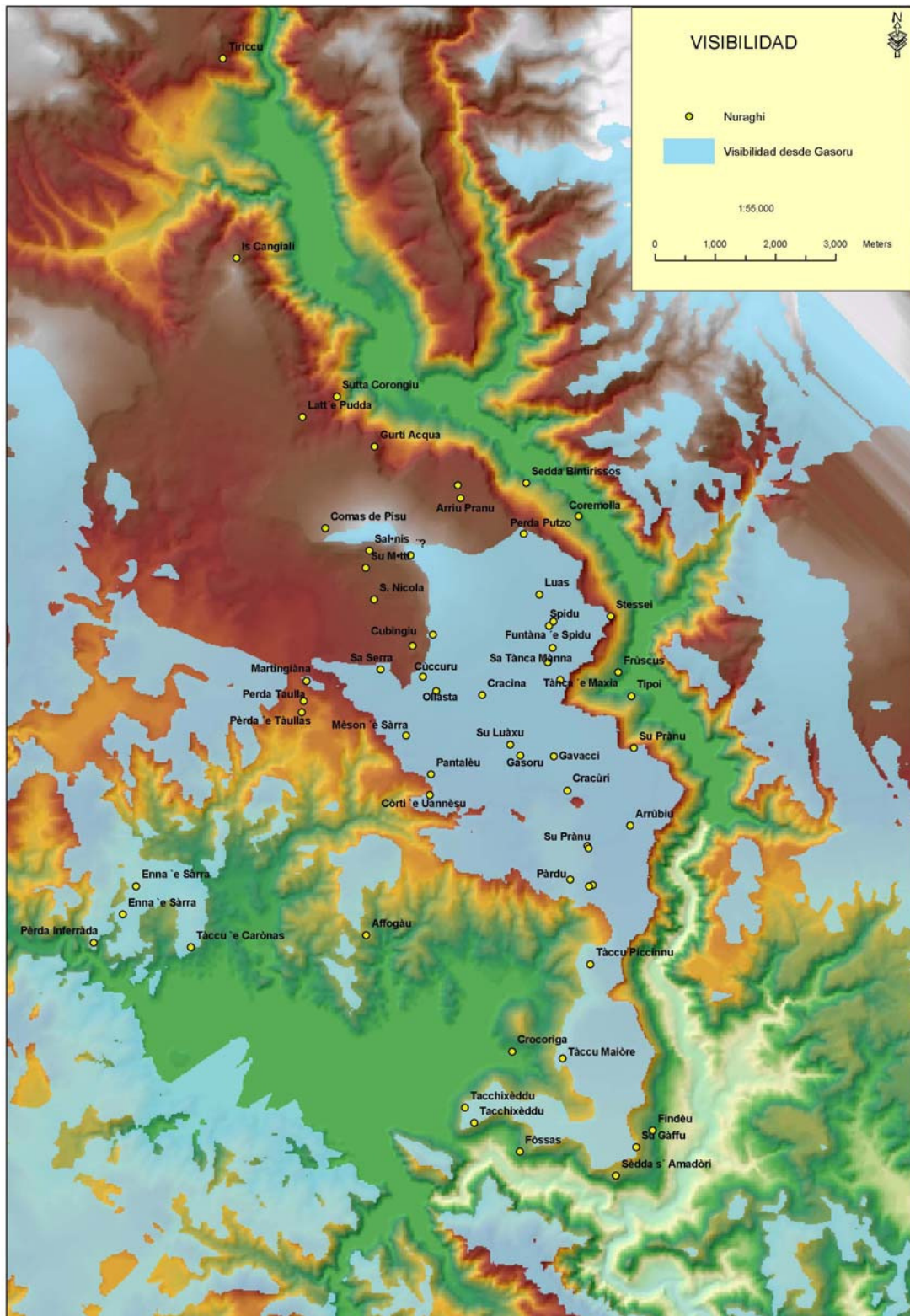


Figura 21.- Visibilidad desde nuraghe Gasoru.

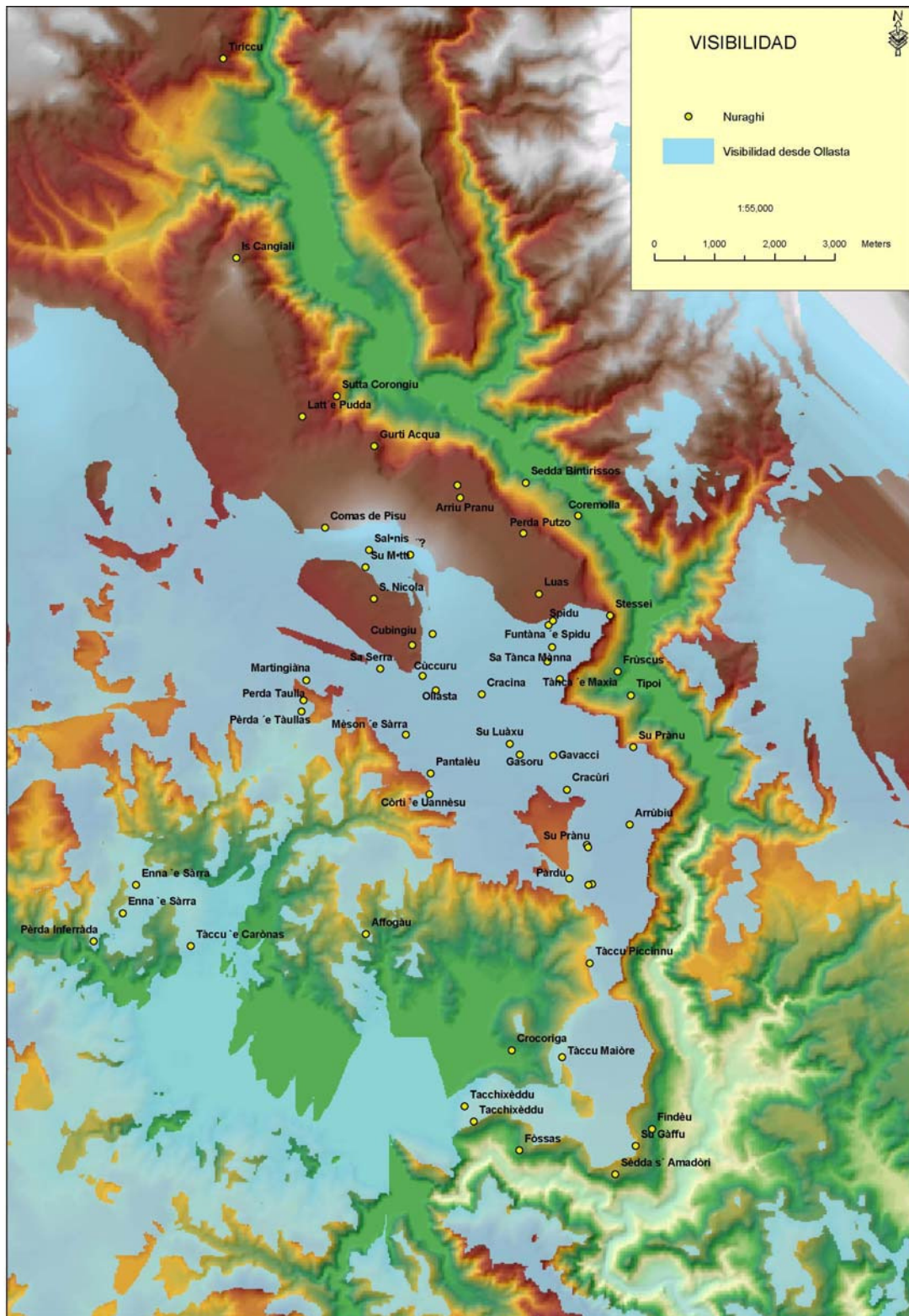


Figura 22.- Visibilidad desde nuraghe Ollasta.

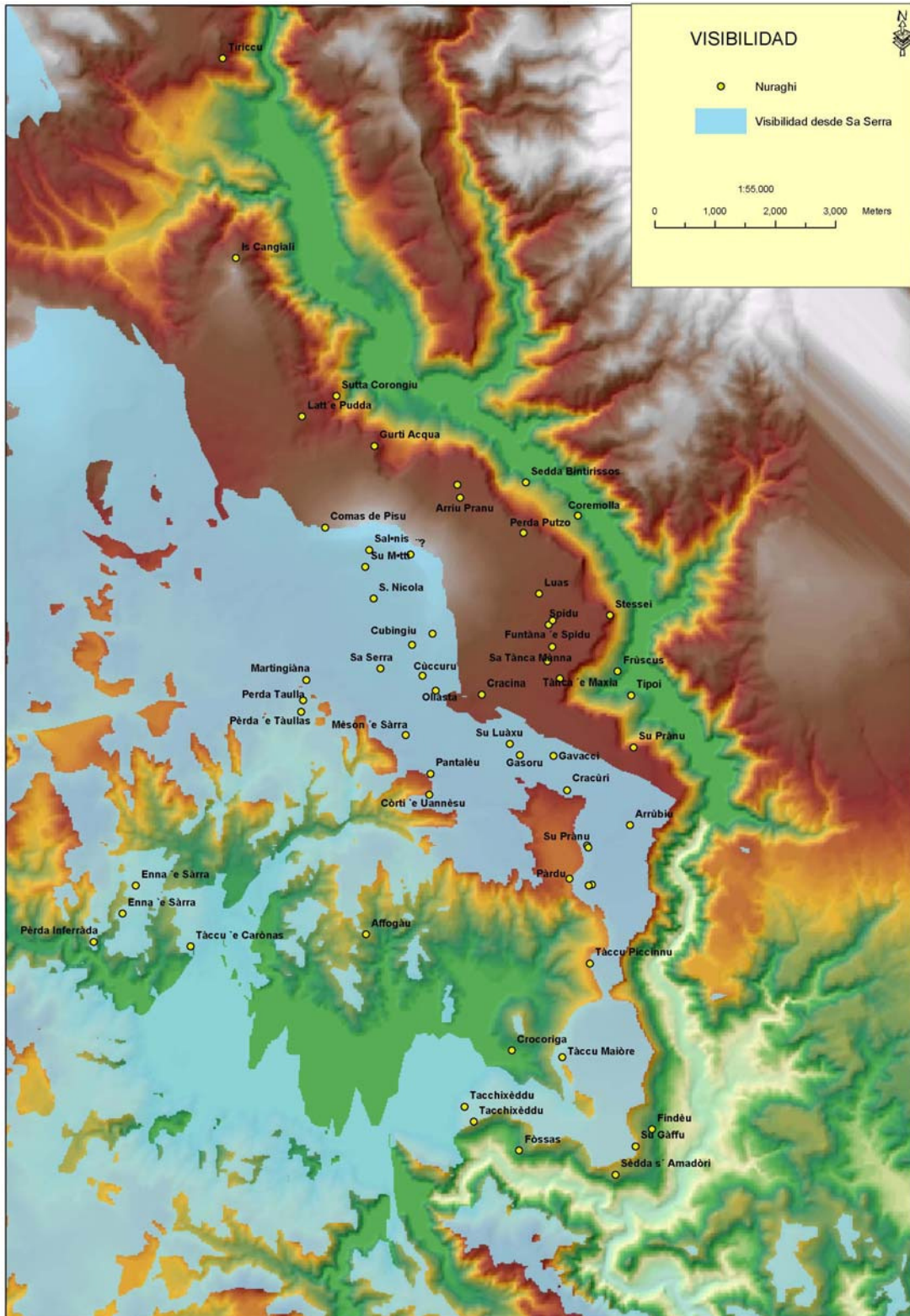


Figura 23.- Visibilidad desde nuraghe Sa Serra.

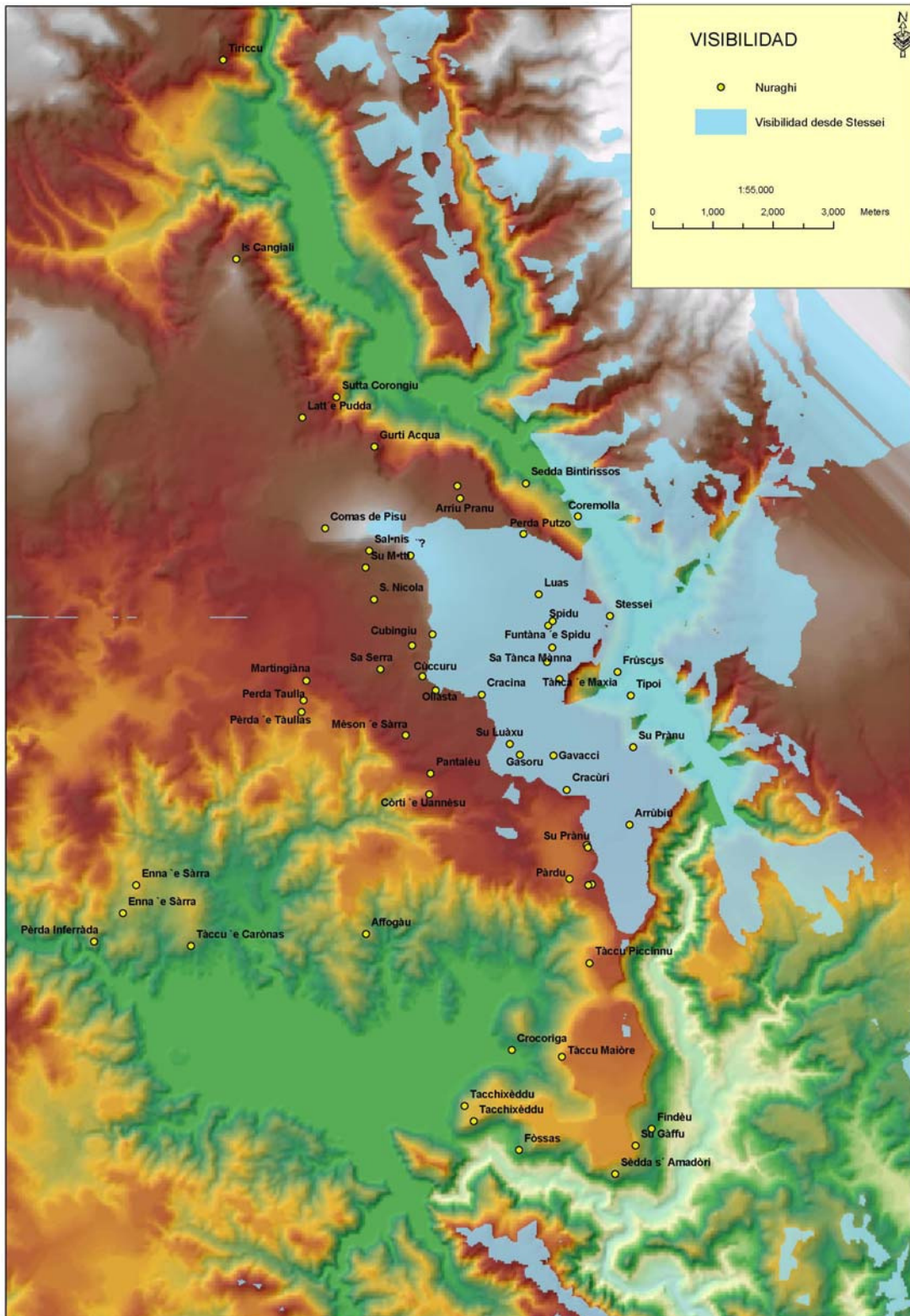


Figura 25.- Visibilidad desde nuraghe Stessei.

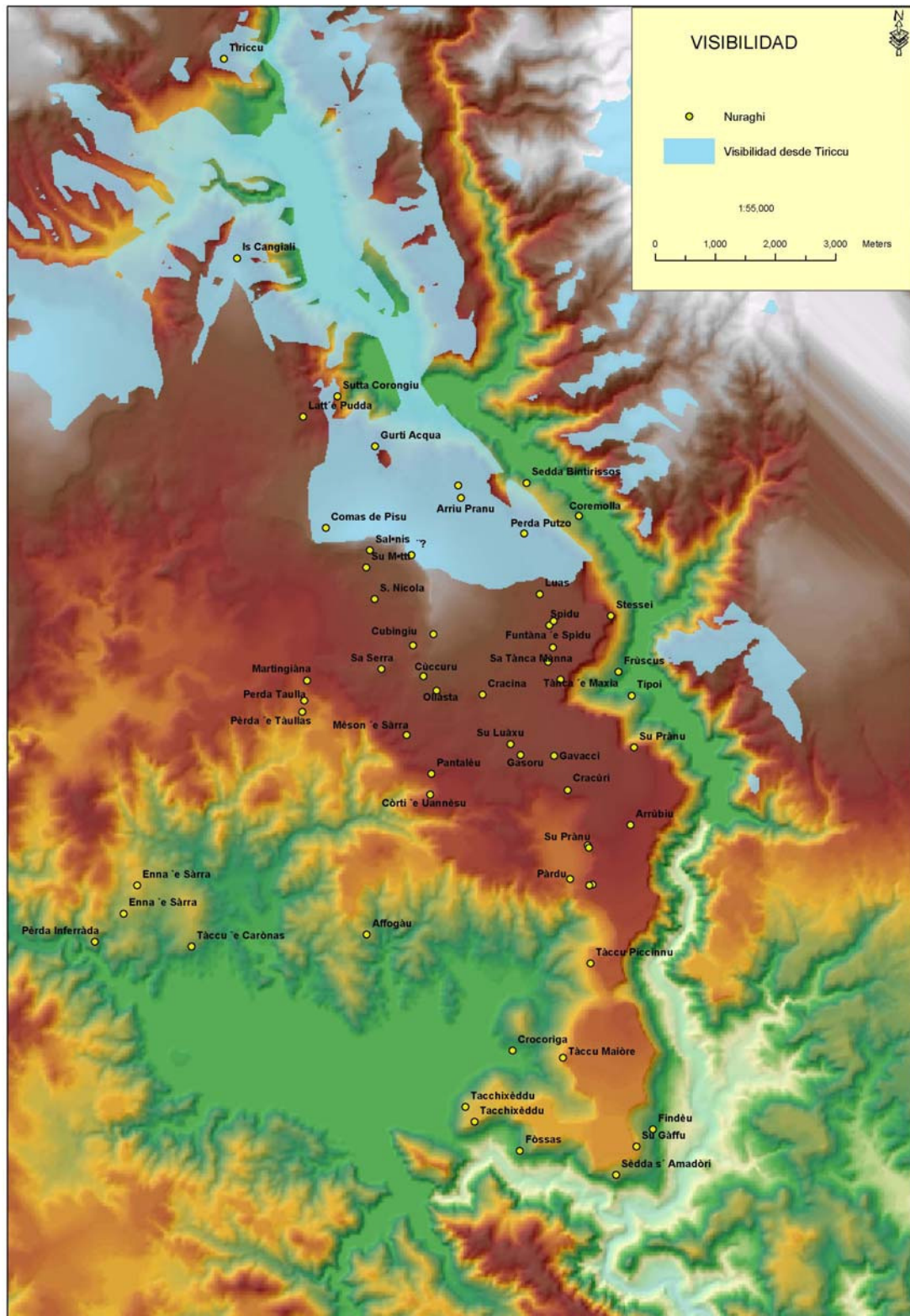


Figura 26.- Visibilidad desde nuraghe Tiriccu.

5. Jerarquización visual

Otra posibilidad para verificar la hipótesis de la posible jerarquización visual de los nuraghi, en el sentido de que tuvieran por cometido el control visual del espacio y que esa labor estuviese en función de la importancia de la nuraghi, fue la utilización de matrices de conectividad visual, siguiendo la propuesta de Haggett y Chorley en su libro de 1969 *Network Analysis in Geography* para determinar la estructura de una red de transporte. La hipótesis de la que se partía era que la mayor inversión en complejidad constructiva, como era el caso de los nuraghi Arrubiu, con cinco bastiones, o Sa Serra, Taccu Piccinu y Crocòriga con cuatro, podría delatar la existencia de jerarquía visual y por ende, social, en la organización del territorio, superior al resto de las nuraghi del mismo, mayoritariamente simples o monotorres. De este modo se listaron las nuraghes complejas que, además de las cuatro antedichas, incluía otras pocas nuraghes arquitectónicamente complejas: Affogau con dos o tres torres, Stessei, Sutta 'e Corongiu, Sedda Bintirissos, San Nicola, Pérda Inferrata, Lúas, Perda 'e Taulas, Cracina, Is Cangialis y Arriu é Pranumuru. Es decir, 16 de un total de 60 nuraghi incluidas en nuestro territorio eran complejas (26,6%) y de ellas, apenas una (1,66% de las complejas) de cinco bastiones y tres (4,98% de las complejas), de cuatro.

Para la elaboración de nuestra matriz binaria base, nos apoyamos en los análisis de visibilidad, explicados anteriormente, parametrizados con una altura de 20 metros en las nuraghi y un paisaje conformado por un bosque muy denso y cerrado de Quercineas.

En un primer momento utilizamos todas las nuraghi, pero al examinar los resultados se vió que era posible que se estuvieran produciendo interferencias entre territorios, al estar considerando nuraghi

de ambos lados del río Flumendosa. Dado que se puede identificar la presencia de dos territorios diferenciados, uno en el lado oeste del río, en el altiplano de Pranumuru, y otro al este, en el Comune de Escalaplano, nos centramos en el estudio del lado oeste. Lado en el que se concentran, un gran número de nuraghi, entre ellas las 61 de nuestro estudio.

Los datos obtenidos se introdujeron en una matriz binaria de 61 x 61, siendo 1 la existencia de enlace directo (visibilidad) entre dos nodos de dicha red, y 0 la inexistencia del mismo (no visibilidad), de forma que esta matriz binaria original, nos muestra, ya en una primera aproximación las relaciones visuales existentes entre los yacimientos. La suma de los valores de cada fila es expresiva de cuántas nuraghi son vistas por cada nuraghe. Así, por ejemplo, Arrùbiu ve tres nuraghi (incluida ella misma), pero Affogàu sólo ve a una (ella misma). El valor de la diagonal es siempre 1, ya que cada nuraghe se ve a sí misma. La matriz es además simétrica, puesto que si una nuraghe A tiene visibilidad sobre una nuraghe B, el proceso es recíproco, es decir, la nuraghe B también ve a la nuraghe A. (Tabla 2).

Pero éste es un acercamiento parcial, puesto que sólo refleja la visibilidad directa entre las distintas nuraghi. Nuestra hipótesis requiere profundizar más y para ello utilizamos la potenciación de matrices, es decir elevamos la matriz original un número n de veces ($C^1, C^2, C^3, \dots, C^n$).

En primer lugar, transformamos la C^1 a C^2 , es decir la elevamos al cuadrado, y con ello adquirimos la siguiente información:

Por una parte, sabemos que aquellas celdas que tenían un valor 0 en la matriz anterior y ahora tienen un valor distinto de 0 expresan una relación visual de 2º orden entre nuraghi, es decir, no tienen visibilidad directa pero sí indirectamente a través de un enlace (otra nuraghe) (Tabla 3).

TOPÓNIMO	Affogàu	Arrùbiu	Is Cangialis	Martingiàna	Sa Sèrra	Spidu	Stessei	Tàccu Piccinnu
Affogàu	1	0	0	0	0	0	0	1
Arrùbiu	0	1	0	0	1	1	1	1
Is Cangialis	0	0	1	0	0	0	0	0
Martingiàna	0	0	0	1	1	0	0	0
Sa Sèrra	0	1	0	1	1	0	0	1
Spidu	0	1	0	0	0	1	1	1
Stessei	0	1	0	0	0	1	1	0
Tàccu Piccinnu	1	1	0	0	1	1	0	1

Tabla 2.- Extracto de la matriz base.

TOPÓNIMO	<i>Affogàu</i>	Arrùbiu	Is Cangialis	Martingiàna	Sa Sèrra	Spidu	Stessei	Tàccu Piccinnu
<i>Affogàu</i>	17	11	0	11	14	6	2	14
Arrùbiu	11	31	2	13	21	23	18	25
Is Cangialis	0	2	9	1	1	2	3	2
Martingiàna	11	13	1	23	23	6	5	15
Sa Sèrra	14	21	1	23	34	13	8	24
Spidu	6	23	2	6	13	23	18	19
Stessei	2	18	3	5	8	18	21	14
Tàccu Piccinnu	14	25	2	15	24	19	14	31

Tabla 3.- Extracto de la matriz C^2 .

También podemos saber el número total de enlaces de segundo orden de cada par de nuraghi viendo el correspondiente valor de cada celda y por último podemos saber, el número total de enlaces de segundo orden de cada nuraghe, almacenado en las celdas diagonales.

Y seguimos calculando, para obtener la matriz de tercer orden, y en ella obtenemos la misma información antes descrita, pero referida a los enlaces con dos intermediarios. Y así seguiremos calculando, hasta que todas las celdas obtengan un valor distinto de 0, es decir, hasta que todas las nuraghi queden incluidas dentro de la red de visibilidad, aún a través de varios enlaces intermedios.

El siguiente paso fue crear lo que nosotros denominamos la matriz derivada y que consiste en una matriz que almacena en sus celdas un valor correspondiente a la situación jerárquica de esa nuraghe en la red de visibilidad. Aquellas celdas que en la matriz base (C^1) valían 1, en la matriz derivada siguen con ese mismo valor 1 (un enlace, expresivo de visibilidad directa); sin embargo aquellas otras que tenían un valor 0 pero en la matriz C^2 han pasado a tener un valor superior, en la derivada obtienen un 2 (dos enlaces, lo que significa que ambas nuraghi se ven a través de otra nuraghi); las que la matriz C^2 tenían un valor igual a 0 pero en la C^3 han pasado a tener un valor supe-

rior a 0 obtienen un 3 en la matriz derivada (3 enlaces, es decir, la dos nuraghi se ven indirectamente a través de dos nuraghi intermedias); y así sucesivamente hasta completar toda la matriz derivada (Tabla 4).

Podemos hacer un primer análisis a partir del sumatorio de los valores de cada nuraghe. Los valores más bajos son expresivos de nuraghi con una mayor jerarquía visual, esto es, de aquéllas que ven directamente a un elevado número de nuraghi (valores 1 en sus celdas) y tienen pocas relaciones de visibilidad indirecta con otros yacimientos (valores superiores a 1). En cambio, aquéllas que obtengan valores elevados tendrán pocas relaciones de visibilidad directas y muchas indirectas, a través de nuraghi intermedios. En la Tabla 5 se muestran dichos resultados.

Nuestra hipótesis inicial de que las nuraghi complejas ocupan los lugares con mayor jerarquía visual no queda plenamente confirmada, dado que las cuatro nuraghi complejas quedan desbancadas por otras nuraghi de menor importancia “estructural”. Arrubiu se localiza en la mitad de la tabla, seguida de Sa Serra y Tàccu Piccinnu, siendo su control del altiplano la causa de una visibilidad directa bastante buena, pero no de las mejores. Por el contrario Crocoriga, queda relegada a las últimas posiciones.

TOPÓNIMO	<i>Affogàu</i>	Arrùbiu	Is Cangialis	Martingiàna	Sa Sèrra	Spidu	Stessei	Tàccu Piccinnu
<i>Affogàu</i>	1	2	3	2	2	2	2	1
Arrùbiu	2	1	2	2	1	1	1	1
Is Cangialis	3	2	1	2	2	2	2	2
Martingiàna	2	2	2	1	1	2	2	2
Sa Sèrra	2	1	2	1	1	2	2	1
Spidu	2	1	2	2	2	1	1	1
Stessei	2	1	2	2	2	1	1	2
Tàccu Piccinnu	1	1	2	2	1	1	2	1

Tabla 4.- Extracto de la matriz derivada.

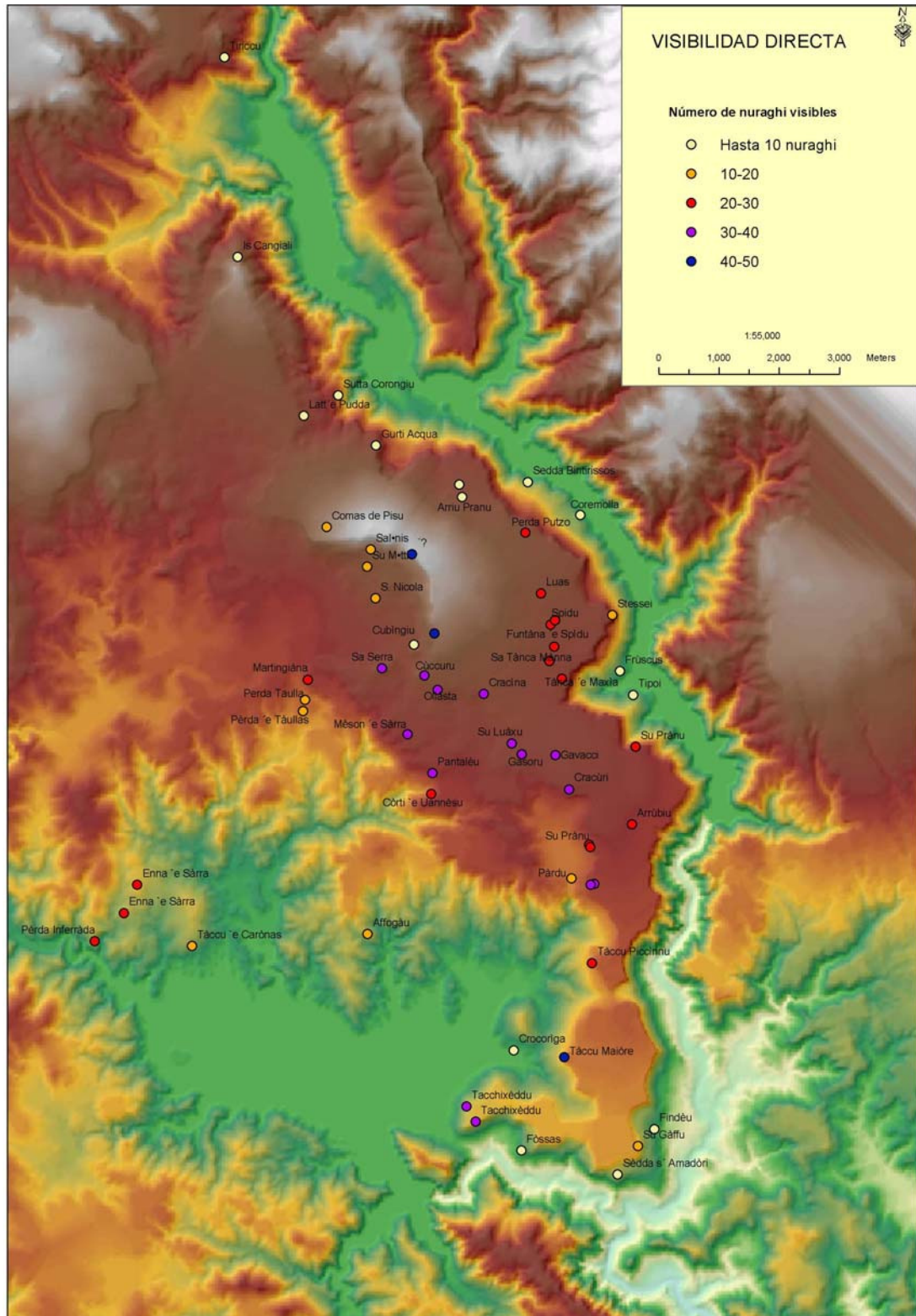


Figura 27.- Visibilidad directa.

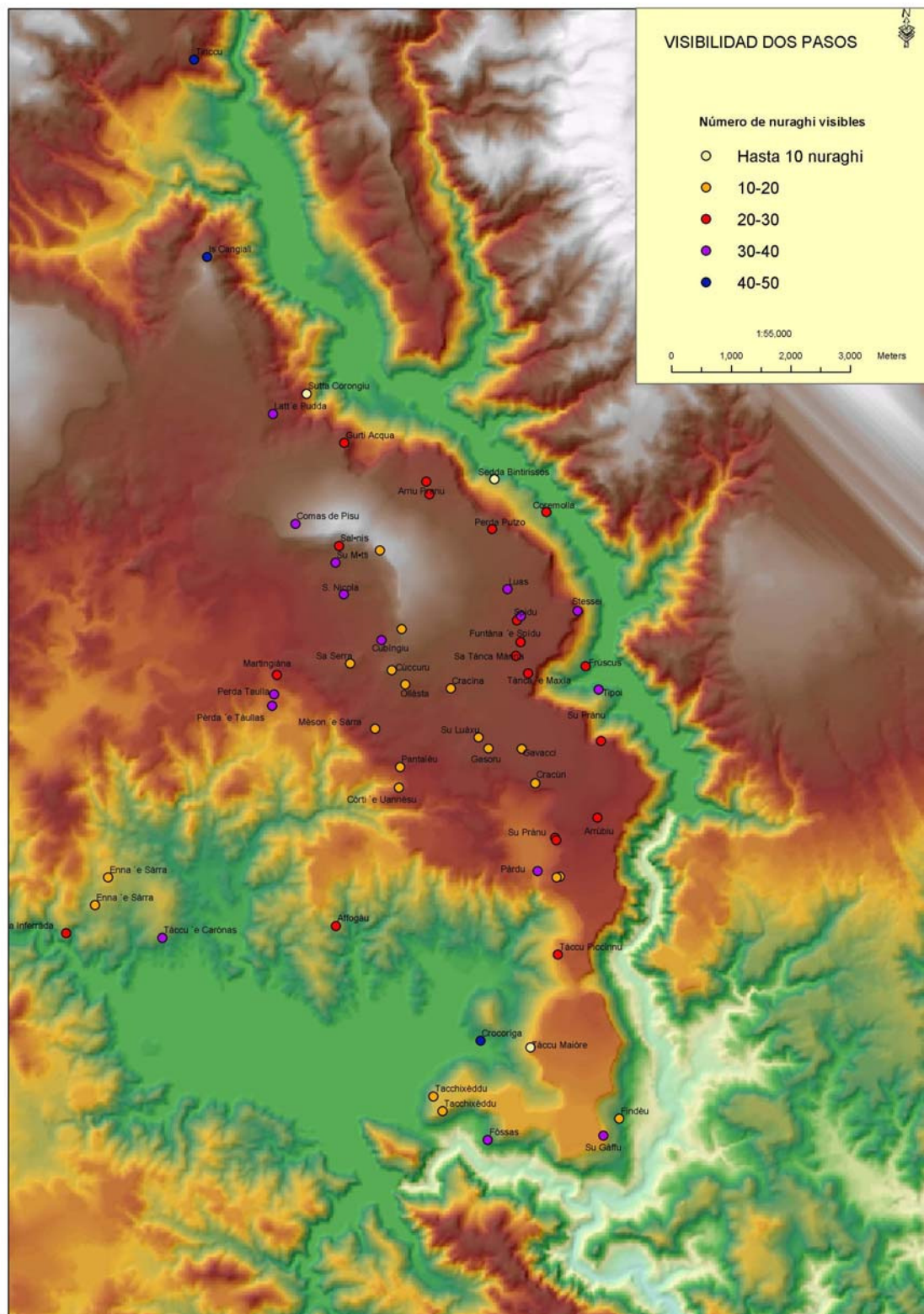


Figura 28.- Visibilidad dos pasos.

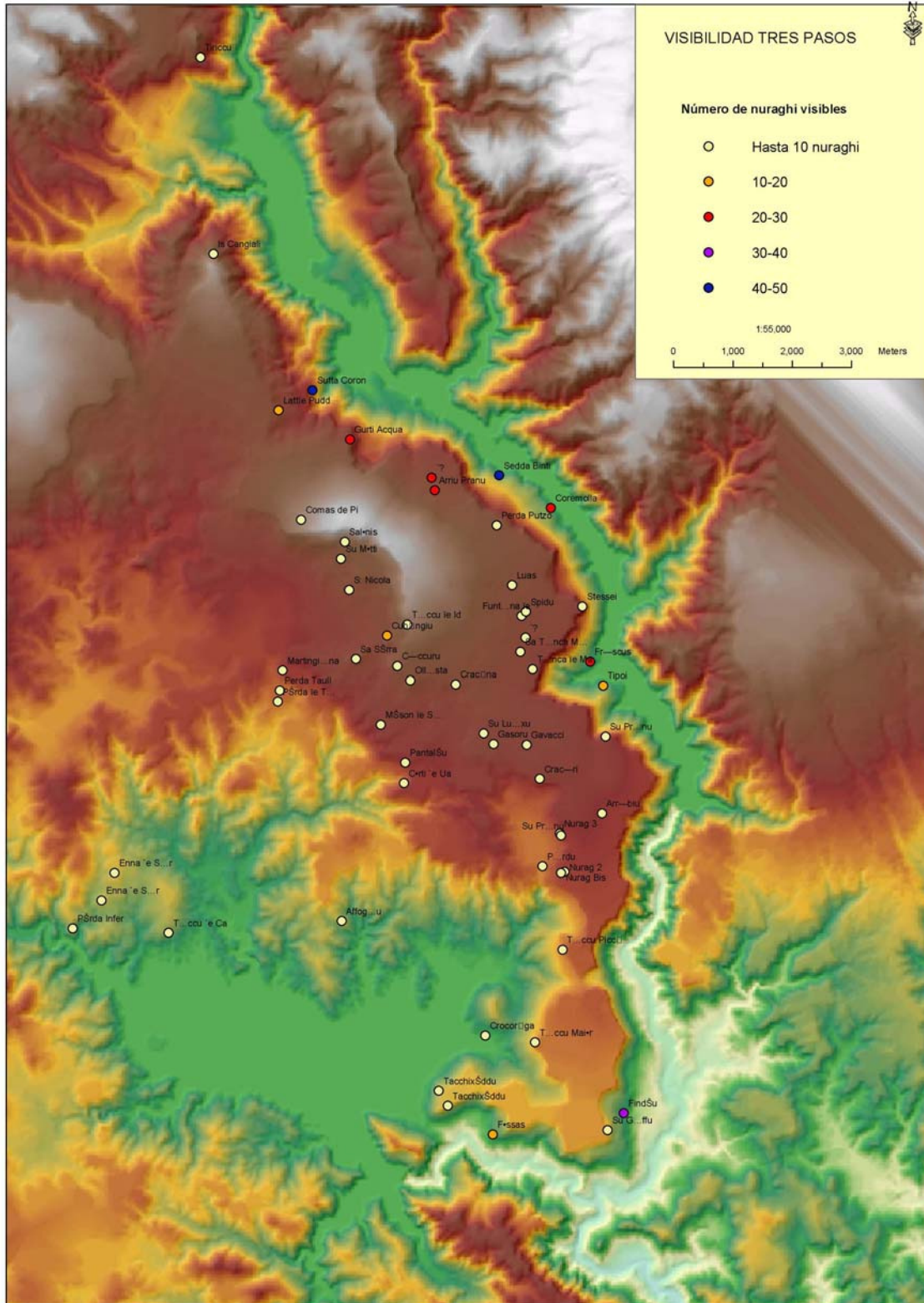


Figura 29.- Visibilidad tres pasos.

TOPÓNIMO	SUMATORIO	TOPÓNIMO	SUMATORIO
Sèdda s`Amadòri	1	Sa Tànca Màнна	100
¿?	76	Spidu	101
Tàccu Maiòre	78	Luas	102
Su Luàxu	84	Stessei	105
Tàccu `e Idda	84	Comas de Pisu	106
Cùccuru	85	Martingiana	106
Gasoru	85	Salònis	108
Ollàsta	85	Su Gàffu	109
Cracùri	86	Pàrdu	110
Gavacci	86	Pèrda `e Tàullas	111
Nuraghe 2	88	Perda Taulla	112
Nuraghe Bis	88	Su Mòtti	112
Arrùbiu	92	S. Nicola	113
Tacchixèddu	92	Affogàu	117
Su Prànu	93	Is Cangialis	119
Mèson `e Sàrra	94	Tiriccu	119
Sa Serra	94	Tàccu `e Carònas	121
Tàccu Piccinnu	94	Cubingiu	122
Cracina	95	Latt `e Puddau	131
Pantalèu	95	Crocoriga	135
Perda Putzo	95	Tipoi	137
Tacchixèddu	96	¿?	143
Còrti `e Uannèsu	97	Gurti Acqua	143
Enna `e Sàrra	97	Arriu Pranumuru	144
Enna `e Sàrra	97	Fòssas	150
Nuraghe 3	98	Frùscus	152
Pèrda Inferràda	98	Coremolla	153
Tànca `e Maxia	98	Findèu	167
Su Prànu	99	Sutta Corongiu	174
¿?	100	Sedda Bintirissos	177
Funtàna `e Spidu	100		

Tabla 5.- Sumatorio de la matriz derivada. (Marcados en negrita las nuraghi complejas).

En vista de que los resultados derivados de las matrices no nos permiten de forma fehaciente asociar la jerarquía visual de los yacimientos a su importancia social, ésta última deducida de su complejidad arquitectónica y en costes de enegía, nos planteamos cartografiar los resultados obtenidos. Para ello se partió de la matriz derivada, sumándose para cada una de las nuraghi el número de veces que veían otra nuraghe, de forma directa, a través de un enlace o a través de dos, alcanzando unos

resultados bastante esperanzadores (Figs. 27 a 29).

En la Fig. 27 podemos observar claramente que son las nuraghi localizadas en la cuerda de la elevación situada en el centro del altiplano las que tienen una mayor visibilidad directa, puesto que su localización les permite mantener contacto visual tanto con los enclaves situados en la meseta, como con los del altiplano y el borde del valle. También vemos como Ollasta, Sa Serra, y otras nuraghi enclavadas en la zona alta del altiplano obtienen un valor bastante alto, mientras por el contrario son las localizadas al borde el río (Sedda Bintirissos, Sutta Corongiu o Tipoi), las que tienen unos valores de visibilidad directa más bajos.

Cuando hablamos de la visibilidad indirecta mediante un enlace (Fig. 28), son las nuraghi situadas entre el río y el altiplano o bien entre el altiplano y la meseta, las que presentan los valores más altos, sea el caso de Pardu, Perda é Taullas o Spidu, valores que obedecen a la posibilidad de servirse de los nuraghi localizados en la cuerda del altiplano como enlace para conectar con el resto de enclaves. Los casos de Tiriccu e Is Cangialis, pese a estar alejados del núcleo del altiplano, se explican por su situación bastante elevada con respecto al resto.

Por último, en el caso de la visibilidad indirecta mediante dos enlaces (Fig. 29), los valores más altos se circunscriben a las nuraghi situadas en la ribera del río Flumendosa, al pie de los barrancos, circunstancia que les obliga a necesitar de varios enlaces para poder conectar con el resto de las nuraghi.

Tanto los análisis de visibilidad como los resultados obtenidos a partir de las matrices, nos indican la existencia de un patrón espacial marcado por las siguientes pautas:

Localización de unos nuraghi en el borde de los barrancos del Flumendosa, que responde a la necesidad de controlar la entrada en el territorio a través del río; otro grupo estaría en función del control del altiplano; un tercero para observar los movimientos en la meseta; y por último un pequeño grupo localizado en las zonas más altas del territorio para poner en contacto entre sí al resto de los nuraghi.

NOTA

1. Correspondiente a la parte izquierda de la imagen, a la izquierda del río y del lago Mulargia.