

# CONEXIDAD Y EVOLUCIÓN: APROXIMACIÓN TOPOLÓGICA A LA IDEA DE RESILIENCIA. EL CASO DEL SOBRARBE (HUESCA)

Connexity and evolution: A methodologic approach to the resilience concept.

Iñigo Lorente Riverola <sup>♣</sup>

Fecha de superación del Tribunal Fin de Máster: 16.07.2015

Tutor: Javier Ruiz Sánchez

## Resumen

*Los constantes cambios en los modos de producción y las relaciones de poder entre lugares, e individuos están sin duda entre las solicitaciones externas más significativas ejercidas sobre los sistemas de asentamiento que, afectando a sus estructuras funcionales de un modo posiblemente catastrófico, los conduce hacia procesos de auge o declive de manera desigual.*

*La evolucionabilidad de los sistemas de asentamiento está muy determinada por la resiliencia de sus estructuras físicas y lógicas, en buena parte analizables mediante la topología de red. Esta topología debe sobrepasar los aspectos materiales del espacio, incorporando sus dimensiones temporal e informacional. Planteo para ello la idea de "conexidad" como variable que aúna la posibilidad materialidad, la probabilidad, y legitimidad de uso de un determinado vínculo topológico.*

*Estudiando las transformaciones estructurales producidas en la comarca del Sobrarbe (Huesca) por un poder político y económico nacional durante el siglo XX —inductoras de su declive actual—, se aportan algunos aspectos clave que pueden ayudar a estructurar la evolución resiliente de los sistemas de asentamiento.*

## Palabras clave

*Conexidad; evolucionabilidad urbana; complejidad; desarrollo desigual; catástrofe; topología*

## Abstract

*Constant changes in the production modes and power relationships between individuals, objects, and places, are among the most crucial external stresses that the settlement systems have to face. Insofar they affect their functional structures; they unevenly drive them to processes of either growth or shrinkage.*

*Urban evolvability is well dependent on the resilience of both physical and logical structures that articulate a settlement system subjected to locally perceived adverse dynamics. This can be analyzed using network topology tools adapted for the purpose. Those tools should exceed the materiality of social space by incorporating its temporary and informational dimensions. Thus, I suggest the "connexity" as a variable that hinges upon the materiality, the probability and legitimacy of exploiting a topological vertex.*

*Taking into account the socio-spatial changes produced in the Sobrarbe (Huesca) region from the beginning of the 20th century to its current shrinkage, this paper provides an approach to understand some stability conditions that could enable human settlements to be evolvable systems.*

## Keywords

*Connexity; urban evolvability; complexity; uneven development; catastrophe; topology*

---

<sup>♣</sup> Iñigo Lorente Riverola es alumno de postgrado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, [mail: ini.lorente@gmail.com](mailto:ini.lorente@gmail.com)

## 1. Evolución y catástrofe. Introducción

Reflexionar sobre la “evolución” en lo relativo a los sistemas de asentamientos es una tarea compleja. En un sentido orgánico, la evolución se entiende como «el proceso de desarrollo por el cual los organismos pasan gradualmente de un estado a otro», pero ¿podemos realmente hablar de graduación cuando los sistemas de asentamiento responden a la voluntad de quienes los proyectan? En parte sí, en tanto que se orientan a la reproducción estable de quienes lo habitan satisfaciendo sus necesidades materiales y de intercambio. En parte no, puesto que todo proyecto, basado en una información observada y unos objetivos que pueden o no tener que ver con el funcionamiento intrínseco del sistema, tiende a modificarlo en un corto periodo de tiempo. Por tanto, aquello que se entiende por “cambio progresivo” queda a menudo condicionado por la voluntad de un poder a veces capaz de producir “cambios catastróficos”.

¿Qué hace de un sistema algo vivo? Más allá de su dimensión material, el funcionamiento de un sistema está determinado por las relaciones cotidianas que lo articulan. Una matriz de intercambios de materia, información y energía periódicos en el tiempo, experimentable desde su interior, y simulable desde su exterior. Son precisamente los procesos evolutivos los que reafirman el dinamismo de esta matriz. Así pues, mientras que la evolución alude al cambio gradual o progresivo, la catástrofe es un cambio de estado brusco del sistema provocado por una alteración de sus parámetros. Ante la catástrofe, el sistema ofrece una respuesta resiliente si es capaz de absorber sus efectos. Con este tipo de respuestas, un sistema es evolucionable si puede adquirir nuevas funciones que le sirvan para sobrevivir y reproducirse, de forma que sus procesos evolutivos tengan continuidad en el tiempo. De lo contrario entrará en declive.

La presente investigación se centrará por tanto en ofrecer una aproximación metodológica a la escurridiza idea de resiliencia en términos de evolucionabilidad urbana. El objeto va más allá de describir un caso concreto de estudio, sino que trata de explorar herramientas alternativas de análisis verificando su validez, y de aportar algunas ideas-fuerza para el proyecto de asentamientos resilientes. Recurriendo a herramientas de análisis topológico, que permiten tratar con matrices relacionales en toda su complejidad, se estudiarán las transformaciones ‘catastróficas’ en la comarca aragonesa histórica del Sobrarbe (Huesca) en relación con las dinámicas de evolución desigual -tanto demográfica como espacial- que condujeron a esta unidad comarcal a un estado de envejecimiento, abandono parcial, y declive generalizado a lo largo del siglo XX.

## 2. Poder, topología, y condiciones de equilibrio. Marco teórico

A diferencia de algunos autores que sostienen que en el momento actual de globalización, están desapareciendo las diferencias geográficas [...] homogeneizando los paisajes de la vida cotidiana en todas las escalas, algunas escuelas como la de geografía crítica sostienen que el capitalismo moderno tardío se basa en la intensificación de las diferencias entre los distintos lugares y territorios (Brenner, 2009). Hay una notable confusión a la hora de conceptualizar las formas específicas por las que se articula la diferenciación espacial. Algunos autores como Henri Lefebvre, o Neil Brenner, aluden a un carácter polimórfico del espacio social en el que la interacción entre distintos lugares, territorios,

escalas<sup>1</sup>, y redes constituye el sustrato de la diferenciación espacial. A su vez, recalcan que es imperativo desde una perspectiva metodológica conceptualizar las diferencias en el espacio desde un análisis complejo de múltiples dimensiones entrelazadas.

La línea teórica iniciada por Darwin sobre la lucha por la supervivencia de una determinada especie, coexistente con el apoyo mutuo de Kropotkin, y posteriormente el clásico *Ciudades en evolución* de Patrick Geddes. No hacen sino recalcar los vínculos entre los individuos y el medio en el que se asientan. Si algo demuestra la biología evolutiva, es que la *complejidad* de un sistema de asentamiento; es decir, el número y variedad de vínculos estables que se pueden dar, tanto dentro del mismo, como con su entorno, resulta ser un factor determinante de su capacidad de evolucionar.

El popular «efecto mariposa» ilustra la idea de que en todo sistema dinámico complejo, cualquier discrepancia por pequeña que sea entre una situación y la inicial, acabará dando lugar a situaciones donde ambos sistemas evolucionan en ciertas formas completamente diferentes (Gleick, 1997). Algunos autores vinculados a la 'teoría de sistemas dinámicos' y la 'teoría del caos' (Wagensberg, Wilson, Poston, Stewart...) sostienen que las solicitaciones externas que someten a una determinada partición del universo en intercambio constante de materia, energía e información, producen en esta un cambio de orden conduciéndola a nuevos estados de equilibrio, predecibles o no en la medida que se conozcan los principios de funcionamiento de los sistemas dinámicos que la componen.

Es precisamente la topología de red, la rama de la matemática que estudia los sistemas a través de sus vínculos, por consiguiente, en la medida que un modo de asentamiento sea capaz de mantenerlos, equilibrarlos o reconstruirlos, resultará resiliente ante las catástrofes y por tanto será evolucionable a largo plazo manteniendo su identidad. Existen aproximaciones al urbanismo estrechamente ligadas con la topología. En 1736 el matemático Leonard Euler resolvió el problema de los puentes de Königsberg, presentando una herramienta solvente a la hora de comprender las condiciones funcionales derivadas de la estructura física y lógica de un espacio urbano. Christopher Alexander recurre a la topología de red euleriana como herramienta para caracterizar la estructura funcional de algunas ciudades tradicionales (semitramas) en comparación con los espacios urbanos producidos bajo los preceptos de la *Carta de Atenas* (árboles). Pero la complejidad no entiende de topologías absolutas sino de complejas hibridaciones caracterizadas por leyes de 'grado' y 'centralidad' en 'componentes gigantes libres de escala' (Bavelas et al.). En este tipo de topologías complejas, el estudio de la fragilidad/robustez y las dinámicas de enlace preferencial resultan clave para entender sus procesos evolutivos. (Barabási & Albert et al.)

El estudio de las condiciones de equilibrio, igualdad o desigualdad en un sistema de asentamiento, no debe perder en consideración de que su capacidad de "autoregulación" está fuertemente condicionada por la voluntad del poder según su ubicación, su escala y sus intereses. Con independencia de su ámbito de aplicación (economía, política, u otras disciplinas), el poder es un acto informacional<sup>2</sup>, y por tanto influye en las dimensiones cotidianas de las sociedades humanas y sus asentamientos. Pudiendo o no variar el sustrato material de sus estructuras físicas, modifica sus lógicas de funcionamiento, y por consiguiente sus condiciones de equilibrio, y procesos evolutivos.

---

<sup>1</sup> Organizaciones escalares de poder, local, nacional, internacional, y/o global.

<sup>2</sup> Se entiende el poder como acto informacional en la medida en que está basado en la observación de una realidad y el control de la misma a través de una serie de canales que pueden estar o no vinculados a la misma.

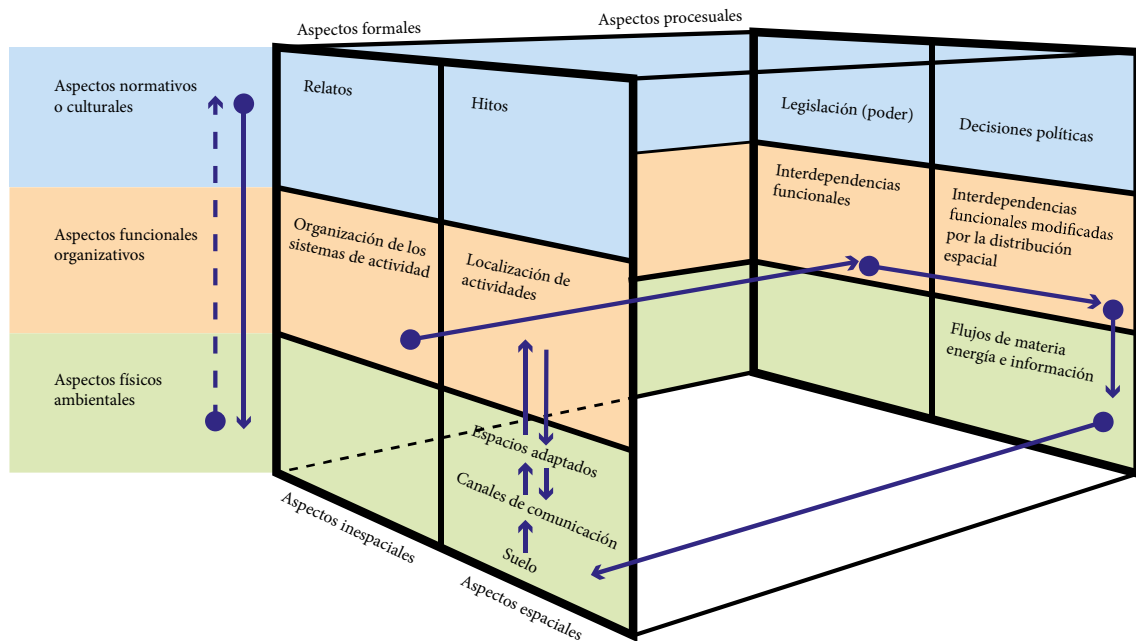


Figura 1: Componentes de la estructura urbana. Fuente. Webber, 1970. Adaptación propia.

En este sentido, cabe reseñar de la obra de Melvin Webber *El lugar urbano y el domino ilocal*<sup>3</sup> (1964) la 'tricotomía' que el autor apunta como determinante de la estructura espacial de los lugares urbanos. El autor, describe ésta como «los vínculos entre los establecimientos forman la malla inespatial de interdependencias funcionales y el modo como estas interdependencias son luego modificadas por las distribuciones espaciales». A su vez el autor desarrolla una aproximación multidimensional a la complejidad configuradora y resultante de la realidad urbana en un nítido esquema en el que los aspectos funcionales organizativos (dimensión temporal) y los físicos-ambientales (dimensión material) teniendo en cuenta sus características formales, procesuales, espaciales, e inespaciales. En este esquema subrayo e incluyo los aspectos normativos y culturales (dimensión informacional) para evitar sesgos ("networkcentristas", "localcentristas", "escalocentristas" o "territorialistas" [Brenner, 2009]) en el análisis multidimensional de los procesos de desarrollo socioespacial.

En suma, para la búsqueda de métodos de análisis capaces de estudiar la adaptación resiliente de los sistemas de asentamiento y los procesos evolutivos que de ésta se derivan, se ha optado por utilizar un método de simulación topológica, que incorpore a la dimensión física-espacial de los asentamientos, sus organizativos y normativos en el tiempo y la información.

### 3. La conexidad: Método e hipótesis.

El término conexidad proviene del léxico jurídico<sup>4</sup>. Se ha adaptado este concepto para indicar la capacidad de que el aprovechamiento de un vínculo -que posibilite el intercambio de materia, energía

3 Los términos "local" e "ilocal" son introducidos en la traducción del artículo en su sentido etimológico puro, como adjetivos de los vinculado o no, respectivamente, a un "lugar" (en acepción de "locus").

4 Conexidad: Vínculo espacio-temporal, causa-efecto o cualquiera que determine unión facultativa de dos procedimientos.

e información entre dos o más elementos constitutivos de un sistema- resulte probable y legítimo. *Conexidad* no es sinónimo de conectividad. Mientras que la conectividad se limita a evaluar la condición de pertenencia de un elemento a un sistema, la conexidad implicará conocer las condiciones lógicas que determinan el rol de éste, aproximándose a la 'accesibilidad' al incorporar análisis estocásticos<sup>5</sup>, pero sumándole condicionantes normativos.

### 3.1. Dimensiones implicadas

Entendiendo el espacio social desde sus dimensiones entrelazadas, debe evitarse estudiarlo desde organización netamente material de las redes que lo articulan. Las condiciones lógicas sobreimpuestas a un sistema relacional —derivadas del progreso tecnológico, el tiempo cotidiano, o los acuerdos disciplinarios— son los verdaderos determinantes de su organización socioespacial.

Dimensión material: Constituye el 'tablero de juego' físico sobre el que se desarrolla la actividad y se producen los intercambios. En tanto que puede proyectarse y construirse, puede ser infinitamente modificable. El espacio físico determina las condiciones de conectividad entre los elementos de un sistema, es decir, determina la posible EXISTENCIA de vínculos.

Dimensión temporal: Mientras que el espacio es versátil por ser proyectable el tiempo es inmutable, y permite aproximarse a los aspectos organizativos y funcionales cotidianos del espacio. De un modo estadístico pueden extraerse de entre todos los vínculos materialmente existentes en un sistema, aquellos cuyo aprovechamiento resultará más PROBABLE.

Dimensión informacional: Un proyecto o cambio de norma, es una información generada que, basándose en una realidad observada, su objeto es transformarla, indicándose los medios que deben destinarse a tal efecto. Tiene un carácter cíclico, puesto que las informaciones generadas sobre un lugar ya modificado son detonantes de un nuevo proyecto. Por tanto, la información, determina si el aprovechamiento de un vínculo, aun existiendo y siendo probable, es en última instancia LEGÍTIMO.

### 3.2. Esquema metodológico e hipótesis de trabajo

Asumiendo como bases:

- Que la ideación y ejecución de todo proyecto es un acto de comunicación entre el sistema y sus entornos que persigue modificar las condiciones estructurales de ambos.
- Que la topología lógica<sup>6</sup> de red analizada desde los elementos conexos permite estudiar las complejas matrices relacionales de un sistema.
- Que «toda red demuestra ser fluida e inestable en tanto que
- La conectividad entre los nodos puede variar.
- Las condiciones de pertenencia a la red pueden fluctuar.
- Pueden superponerse y entrecruzarse unas redes con otras» [Brenner, 2009].
- Que cualquier cambio susceptible de ser observado por el sistema desencadena un nuevo proceso evolutivo en éste basado en sus estructuras topológicas modificadas.

<sup>5</sup> Que está sometido al azar y por tanto es objeto de análisis estadístico.

<sup>6</sup> Topología lógica: Condiciones lógicas exactas o difusas que rigen el comportamiento de una red con independencia de su materialidad física.

- Que se entiende por respuesta resiliente al cambio a aquellas adaptaciones que se den en un sistema para sostener, re-equilibrar, o incluso reconstruir sus matrices relacionales (Ruiz Sánchez et al 2014).

La hipótesis de trabajo en esta investigación no es otra sino que la variación en la conexidad de un elemento en un sistema está ligada con la evolucionabilidad del mismo. Dicho de otro modo, la variación en la cantidad de vínculos existentes, legítimos, y probables de un recinto habitado con respecto del sistema al que pertenece, lo conducen a procesos de auge o declive diferencial<sup>7</sup> a lo largo de su historia.

Una forma de evaluar estos procesos es a través de los cambios en el paisaje antrópico y su entorno. En principio, todo espacio construido tiene una matriz de conectividad determinada, y todo cambio en el mismo modifica tal matriz. A ésta se le aplicarán condiciones de exclusión para determinar la conexidad entre sus elementos. Por una parte, el tiempo en el que los elementos son accesibles entre sí permite discernir vínculos probables. Por otra parte, la existencia o no de marcos reguladores de la actividad entre los elementos del sistema, permite discernir si los vínculos, aun siendo probables, son legítimos. Tras la aplicación de estas “condiciones de exclusión” se obtendrán dos representaciones; un grafo y sus matrices de peso espacial asociadas<sup>8</sup>. Por tanto, a la comparación figura-fondo entre lo nuevo y lo viejo, se suma una comparación cuantitativa en base a las fluctuaciones del ‘peso espacial’ de los elementos a lo largo del tiempo. Mediante datos económicos, demográficos, u otras expresiones culturales, puede verificarse si un elemento del sistema se encuentra en un proceso de auge o declive, comprobando si tal proceso muestra correlación con sus fluctuaciones de conexidad topológica.

Para la generación de grafos y matrices-peso se han utilizado soluciones informáticas capaces de analizar topologías de red en base a información geográfica (ArcGIS, Cytoscape, y Gephi<sup>9</sup>), para ello, deben traducirse los elementos del paisaje a este lenguaje. Se partirá de una ‘geodatabase’<sup>10</sup> con los elementos significativos del sistema: Recintos habitados, canales comunicativos, y parcelas. Estos elementos se pondrán en relación asumiendo vínculos dirigidos entre recintos habitados y parcelas, y no dirigidos entre el resto de elementos<sup>11</sup>.

---

7 Entiendo por auge o declive diferencial a cómo evoluciona un elemento del sistema en comparación con la media del sistema.

8 Peso espacial de un elemento en un sistema como su ubicación topológica con respecto a la media del sistema medido en centralidad de grado, de cercanía, de intermediación y del vector propio.

9 “ArcGis 10.2.1” para extraer la información geográfica y evaluar la conectividad general. Gephi y Cytoscape para elaborar análisis de agrupación, grado y centralidad topológicas.

10 Geodatabase: Base de datos alfanumérica vinculada a información cartográfica digitalizada.

11 Vínculo dirigido: Dependencia funcional. Ej. Una parcela agrícola con respecto de un núcleo. Vínculo no dirigido: Interdependencia relacional: Ej. Un núcleo con respecto a otro.

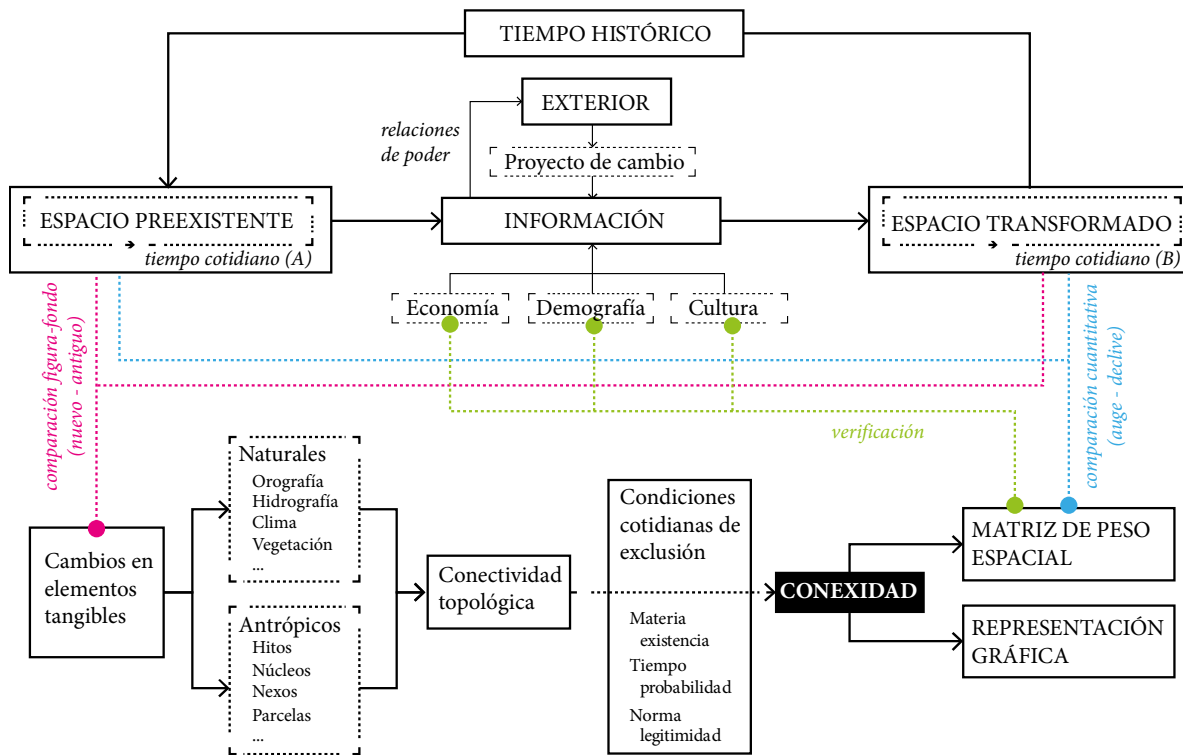


Figura 2: Metodología empleada. Fuente. Elaboración propia.

A continuación se incorporarán las 'geocercas'<sup>12</sup> vinculadas a normas sobreimpuestas al sistema. Tras ello se evaluarán los marcos temporales de acceso entre todos los componentes en función de los medios de transporte correspondientes al periodo histórico estudiado, obteniéndose las matrices de *conexidad*. Esta información se someterá a análisis de 'centralidad' y 'modularidad' para conocer el peso espacial de cada elemento. Los resultados se confrontarán con cifras demográficas a fin de demostrar si la *conexidad* en un sistema de asentamiento está relacionada con su desarrollo evolutivo.

Quedando expuesto el método hasta este punto, en lo que resta del presente artículo se mostrarán los resultados de su aplicación de al caso concreto del Sobrarbe (Huesca) a lo largo del siglo XX. Probando que los proyectos promovidos desde escalas de gobernanza externas al sistema, cambiaron significativamente las condiciones materiales y relacionales de este sistema comarcal, conduciendo a sus distintos lugares a nuevos procesos evolutivos desiguales.

#### 4. Sobrarbe: Un territorio accidentado

Sobrarbe es una comarca de origen legendario, apareciendo nombrada por primera vez en el siglo IX como "pago", y en el siglo X como "condado". Escapando las tierras altas del dominio musulmán, adquirió una efímera independencia, antes de pasar en el siglo XI a Navarra, y posteriormente al nuevo reino de Aragón, del cual era una de las doce "sobrecullidas"<sup>13</sup>.

12 Geocerca: (Del inglés geofence): Polígono en cuyo interior se desencadenan procesos específicos.

13 Sobrecullida: circunscripción para la recaudación de impuestos y censos de población.

Posteriormente, otras divisiones administrativas como las “veredas” o “corregimientos” a partir del siglo XVIII, los partidos judiciales, o incluso los municipios a partir del siglo XIX, no consiguieron disminuir la coherencia de la comarca histórica, basada en condicionantes geográficos, económicos, humanos, de aislamiento, etc., si bien privada de órganos propios de gestión hasta fechas recientes, en las que se constituyó la comarca de Sobrarbe. Su límite administrativo se ha correspondido en toda su historia con la cuenca hidrográfica del río Cinca.

Su territorio se extiende 2.202,7 km<sup>2</sup> (4,5% de la superficie de Aragón) desde las sierras exteriores al sur en donde comienza el Somontano, hasta las cumbres pirenaicas que constituyen la frontera con Francia al norte; al este las sierras de Troncedo, Campanué y Ferrera que la separan de la Ribagorza; al oeste las tierras de Bujaruelo y la cabecera del río Alcanadre, que limitan con el Serrablo. La capitalidad de la comarca ha sido tradicionalmente ejercida por los núcleos de Aínsa y Boltaña dada su posición estratégica en el seno de la comarca.

La obra de Daumas, Menjón, Cuesta, Herranz... pone de relieve que la estabilidad del Sobrarbe como sistema de asentamiento estaba estrechamente ligada a las relaciones de interdependencia entre pequeños núcleos y otras construcciones puntuales en el territorio como bordas<sup>14</sup>, molinos, casas... que hacían uso de los recursos naturales de los que disponían en un entorno próximo constituyendo una estructura productiva con un fuerte carácter cooperativo extremadamente independiente del exterior de la comarca. «Las casas no eran más que una unidad de producción dentro del sistema productivo campesino, organizado como una muñeca rusa en casa, pueblo y valle.

Cada elemento de este sistema cumplía una función esencial, por ejemplo la casa era la garante de la reproducción social y del espacio de subsistencia, en el pueblo se plasmaba la organización institucional colectiva (vecindad, derecho de acceso a los recursos colectivos, etc.) y el valle representa el nivel de apropiación de los recursos del espacio, de distribución del excedente producido y de organización colectiva». (Cuesta, 2003).

Este territorio ha sufrido fuertes procesos de declive durante el siglo XX, precisamente «en los años en los que España experimenta su despegue industrial y un fuerte incremento demográfico. La inclusión del local comarcal en el espacio productivo global interrumpió los mecanismos reguladores que permitieron la estabilidad y permanencia de su sistema social» (Cuesta, 2001). Durante el siglo XX la población del Sobrarbe se redujo de 26.600 a 7.700 habitantes.

Este declive se hace patente al observar los numerosos despoblados que se dispersan en el territorio comarcal. «De una parte, los condicionantes del medio físico que propician el aislamiento de la zona; las malas comunicaciones; de otra, un equipamiento insuficiente y tardío que produce todavía hoy la ausencia de servicios mínimos; la falta de inversiones regeneradoras; las grandes inversiones destructivas; la debilidad de la estructura urbana existente; la lejanía de las grandes áreas metropolitanas; la debilidad del centro comercial más próximo; etc...

Unido a los cambios económicos que supone el paso de una economía autárquica a una economía de mercado; disminución de superficies cultivadas, mecanización, especialización ganadera, etc...,

---

<sup>14</sup>Borda: Choza o cabaña que, en el Pirineo, sirve como albergue de pastores y ganado trashumante.



tímidamente compensados por la aparición de nuevas actividades turísticas, viene a configurar una comarca en la actualidad envejecida, despoblada, atrasada, y pobre» (PGOU de La Fueva).

Los autores coinciden en que esta situación se debió en gran medida a los siguientes acontecimientos que pueden considerarse catastróficos en tanto que solicitaron el sistema desde el exterior, reduciendo su complejidad en un corto periodo histórico. A su vez, se han caracterizado estas 'catástrofes' según la dimensión en la que incidieron en mayor medida.

Material [M]: Modificación sustancial de la distribución o dimensión espacial de las actividades. Ejemplos: Ocupaciones de suelo, derribos, cambios de trazado de redes de comunicación...

Temporal [T]: Vinculadas a progresos tecnológicos que produzcan modificaciones en los marcos temporales de la actividad cotidiana. Ejemplos: nuevos medios de transporte, telecomunicación, mecanizaciones de la actividad...

Informacional [I]: Cambio disciplinario<sup>15</sup> en la legitimidad de aprovechamiento de un vínculo basado en una información observada. Ejemplos: Normas, privaciones, expropiaciones, sobrecostes...

Estos acontecimientos indujeron procesos de desarrollo geográfico desigual en el espacio comarcal del Pirineo Central. Otras comarcas de la región como la agrupación catalana del *Alt Pirineu i Arán* tuvieron un crecimiento demográfico importante durante la crisis del Alto Aragón (Sobrarbe y Ribagorza). Asimismo, no todos los núcleos del Sobrarbe evolucionaron de manera homogénea. Mientras que en origen se mantenía una población equilibrada entre unos municipios y otros, la situación actual refleja la evolución de los núcleos de Aínsa, Boltaña y Tierrantona, los cuales han sido capaces de mantener o incluso incrementar su población, al tiempo que el resto se han sumido en procesos de envejecimiento, decrecimiento demográfico, y abandono.

A continuación se aportará una síntesis de los resultados obtenidos por el procedimiento de análisis topológico expuesto, que justificará de manera integrada la evolución desigual producida por los proyectos antes mencionados en el territorio comarcal, probando la conexidad como una variable determinante de la resiliencia / evolucionabilidad urbana.

---

15 Que sirviéndose de mecanismos normativos y coercitivos, regulan la actividad cotidiana individual.

SUCESO	Marco regulador	Descripción	Implicaciones locales
[M] Monocultivos	Ley de Fincas 1954	Cambio de economía de subsistencia a economía de mercado	Reducción de subdivisiones de autoabastecimiento de las parcelas agrícolas.
[M] Reforestación	Plan Provincial de Desarrollo Económico y Social de Huesca para 1964/1967	Expropiación de parcelas agrícolas y de pastos para actividades forestales.	Reducción del espacio productivo agroganadero de determinados núcleos.
[M] Pantano de Mediano	Ley 7/1915 del Plan de Riegos del Alto Aragón.	Inundación del valle del Cinca y el núcleo de Mediano para la producción energética y la alimentación hidrológica del Canal de Monegros.	Exilio forzoso de población. Inconexión entre márgenes del río. Pérdida de espacio productivo.
[T] Motorización		Ejecución de las carreteras A-138 y N-260 actuales	Aceleración de intercambios excluyendo de la red los interfluvios y sus núcleos
[I] Pantano de Jánovas	Ley de Expropiación forzosa de 1954 y Decreto 1245/1961	Proyecto hidrológico no construido que inundaría el valle de La Solana.	Desplazamiento poblacional y abandono de núcleos y parcelas productivas.

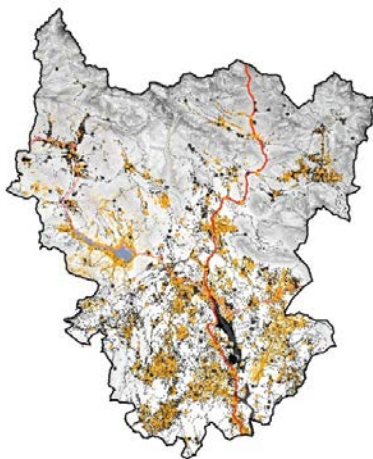
Figura 3: Catástrofes sobreimpuestas en el Sobrarbe. Fuente: Elaboración propia [M] Catástrofe material. [T] Catástrofe temporal. [I] Catástrofe informacional.

## 5. Puesta a prueba del método

### 5.1 Modelización de componentes [Anexos I y II]

Se han modelizado las componentes y simulado sus relaciones de interdependencia funcional en dos momentos históricos cuyos resultados serán comparados. En primer lugar y en base a cartografías y otros documentos históricos junto con una revisión bibliográfica, se ha caracterizado este espacio comarcal en torno a la década de 1930. Identificando como nodos casas, pueblos, parcelas productivas, y otros hitos (bordas, molinos...), y extrayendo la antigua red de caminos rurales que los relacionaban. En segundo lugar, y utilizando la información catastral y topográfica más reciente, se ha modelado su situación espacial actual. De ello resultan dos sistemas sensibles a los acontecimientos producidos en la comarca antes identificados (Punto 4). Para ilustrar los procesos de estabilidad, crecimiento o declive al nivel de cada núcleo, se han estudiado sus series históricas de población<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Se ha utilizado el Plan de Riegos del Alto Aragón (ley 7/1915), el fotoplano encargado por la Confederación Hidrográfica del Ebro en 1926, extractos del Plan de Desarrollo Económico y Social de 1964/1967, el catastro de rústica



Figuras 4 y 5: Modelización de componentes (izda.). El paisaje actual del Sobrarbe (dcha.). Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Conectividad

Una vez definidas las componentes del sistema se ha pasado a evaluar la conectividad entre las mismas en los dos periodos históricos utilizando el tiempo de interconexión como variable. Para ello se han realizado dos cálculos. El primero ha sido una *ubicación-asignación*<sup>17</sup> para estimar las dependencias de cada núcleo de población con sus parcelas productivas circundantes. Este cálculo esclarece la desigual pérdida de conectividad de cada núcleo con su entorno de producción agrícola debido a la reforestación de montes y la política hidráulica. El segundo cálculo consiste en una *matriz de coste OD*<sup>18</sup> para determinar el tiempo de acceso entre el resto de elementos puntuales. Observando los histogramas de tiempo de acceso entre elementos (Fig. 6) queda patente la aceleración que supuso la llegada del automóvil en los desplazamientos. Sin embargo, esta motorización fue selectiva. Los diagramas de dispersión correspondientes al binomio distancia recorrida-tiempo de acceso muestran la disgregación entre elementos que produciría la llegada del automóvil a la comarca (Fig. 7 y 8).

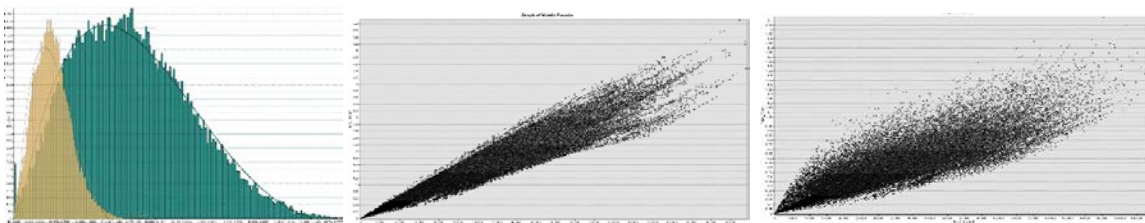


Figura 6: Histograma de tiempos de interconexión. Pasado (verde) y presente (ocre). Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Diagrama de dispersión de distancia recorrida/tiempo en el pasado. Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Diagrama de dispersión de distancia recorrida/tiempo en el presente. Fuente: Elaboración propia

con historia actual, las series históricas de población del INE y el IAEST, y las obras de, Daumas, 1976, Cuesta, 2001 y 2003, Menjón, 2004, y Laglera, 2015 (Consultar bibliografía).

17 Ubicación-Asignación (del inglés location-allocation): Selecciona una cantidad dada de instalaciones de un conjunto de posibles ubicaciones tal que una demanda se asigne a las instalaciones de manera óptima.

18 Matriz de coste Origen-Destino (del inglés OD cost matrix): Encuentra y mide las trayectorias de menor coste a lo largo de la red desde varios orígenes a varios destinos.

### 5.3 Conexidad y peso espacial

Con esta base se han estimado aquellas relaciones entre elementos de mayor proximidad temporal. Al aplicar este filtro sobre los vínculos posibles y legítimos en la comarca, se obtienen dos modelos de interdependencias funcionales muy diferentes (Fig. 12). La distribución homogénea que en el pasado distribuía la actividad cotidiana en el territorio salvando interfluvios y accidentes geográficos haciendo partícipes a una vasta mayoría de recintos habitados, cambiaría por una polarización de la actividad en torno al centro geográfico de la comarca, al tiempo que haría improbables o ilegítimos numerosos vínculos en su periferia.

Vínculos no dirigidos. Horas. Pasado/Presente

Media (h)		1.77 / 0,5840
Mediana (h)		1.69 / 0,5617
Desviación típica (h)		.87 / .2803
Varianza (h)		,765 / ,079
Intervalos de desviación típica (h)	1er Rango	.53 / 0.1966
	2º Rango	1.35 / 0.4398
	3er Rango	2.18 / 0.6829
	4º Rango	3.00 / 0.9261
	5º Rango	3.82 / 1.6938

Figura 9: Estadísticas de los vínculos no-dirigidos.  
Fuente: Elaboración propia

En términos de robustez y fragilidad del sistema, las fuertes desviaciones de los núcleos de Jánovas y Mediano en la ley de 'centralidad de intermediación' hacían de éstos elementos cruciales para la cohesión del sistema cuya eliminación (no aleatoria) resultaría catastrófica para la cohesión del conjunto (Fig. 10). En las representaciones no geográficas de la topología de la comarca (Anexo IV) queda patente el refuerzo del núcleo de Aínsa; el entorno de máxima 'centralidad del vector propio'. Este núcleo ha atraído hacia sí algunos nodos a través de las nuevas redes hasta incluso romper la cohesión de las agrupaciones a las que en su día pertenecieron. Otra gran parte de elementos han quedado inconexos y/o 'periferizados'. En suma, La 'semitrama' compleja que en su día mantuvo la estabilidad de la comarca como sistema de asentamiento, se re-jerarquizó a través de imposiciones externas que redujeron su complejidad hacia una configuración en árbol o estrella. Las actuaciones durante el siglo XX acrecentaron la desigualdad en la distribución d de vecindad (Fig. 11) (asimilable a la 'curva de Pareto'), verificándose las vulnerabilidades y tendencias evolutivas preferentistas de los sistemas y estructuras organizativas competitivas.

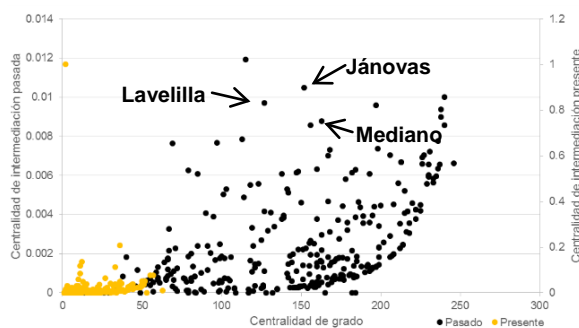


Figura 10: Ley de centralidad de intermediación pasada (negro) y actual (amarillo).  
Fuente: Elaboración propia

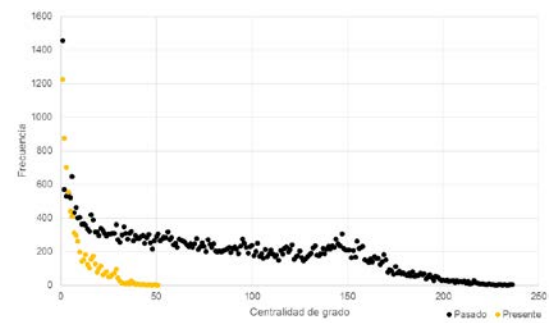


Figura 11: Número de vecinos pasado (negro) y actual (amarillo).  
Fuente: Elaboración propia.

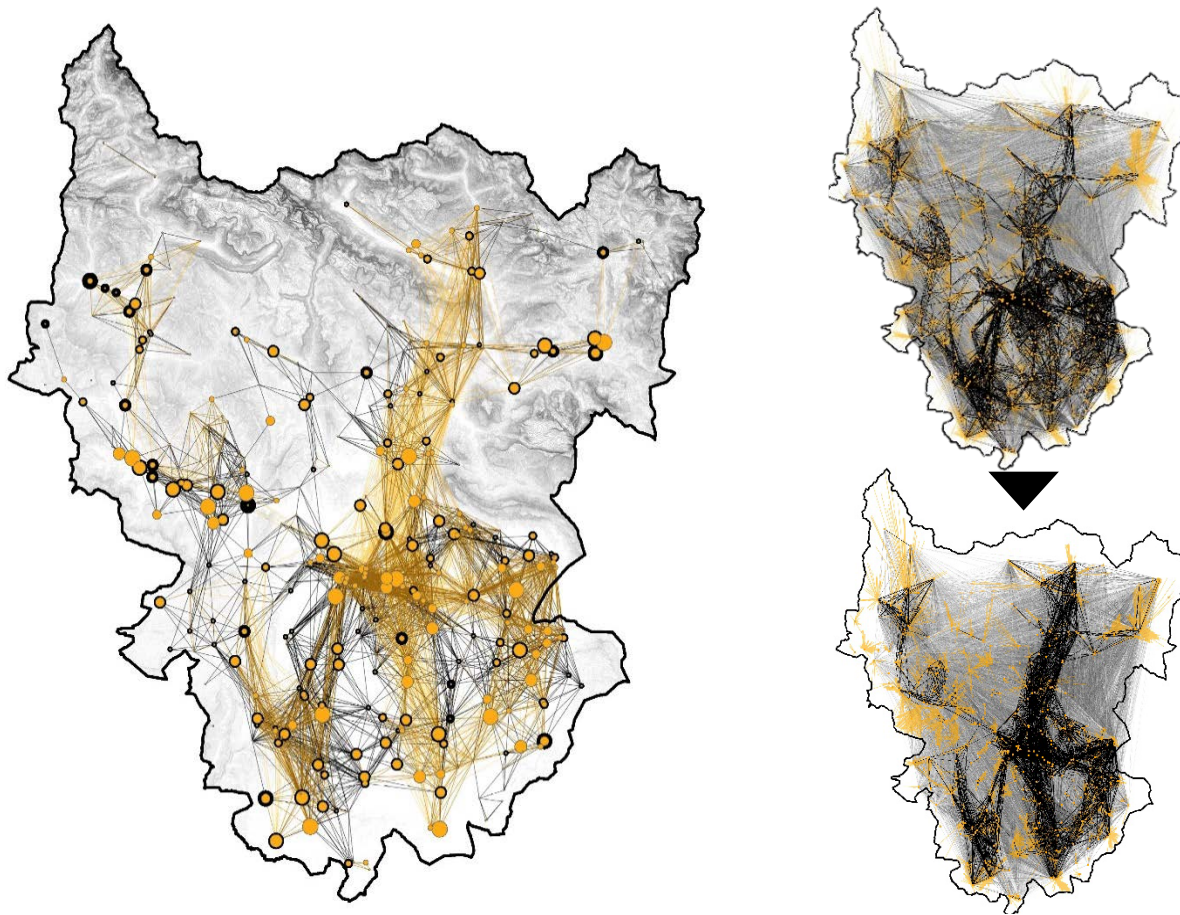


Figura 12. Conexidad en 1930 v en la actualidad. Fuente:Elaboración propia

### 5.4 Verificación de la hipótesis

En el caso que nos ocupa, se han considerado las cifras demográficas de cada núcleo (Anexo III) como variable que testifica su desarrollo evolutivo en la historia. Por tanto, se espera que la variación en la conexidad muestre cierta correlación con el crecimiento demográfico. Para averiguarlo, se ha recurrido a efectuar una regresión ponderada geográficamente (GWR) <sup>19</sup> utilizando la variación en la conexidad (en número de conexiones) como variable explicativa del crecimiento demográfico (en número de habitantes). A pesar de la alta 'residualidad' (Figura 13, valor RSS), los valores obtenidos muestran una correlación significativa, verificando la hipótesis trabajada.

V. dependiente	Diferencia habitantes
V. explicativa	Diferencia conexiones
Vecinos naturales	15
RSS	1653083.762
Número efectivo	82.682
DT RSS	112.63
AICc	2706.301
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.6826</b>
<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>	<b>0.4837</b>

Figura 13: Verificación estadística de la hipótesis

Fuente: Elaboración propia

<sup>19</sup> Regresión Ponderada Geográficamente (del inglés Geographically Weighted Regression; GWR): forma local de regresión lineal que se utiliza para modelar las relaciones que varían espacialmente.

## 5.5 Implicaciones locales, memoria y evolución

El cambio estructural en la comarca del Sobrarbe a lo largo del siglo XX ha configurado un nuevo mosaico de lugares que han mostrado dinámicas evolutivas divergentes. Desde los años 1980 el territorio comarcal parece destinado a ser soporte de actividades ligadas al ocio de la sociedad urbana, aumentando el peso del sector servicios especialmente ligado al turismo —que llega ser la ocupación de más de la mitad de la población activa de la comarca—.

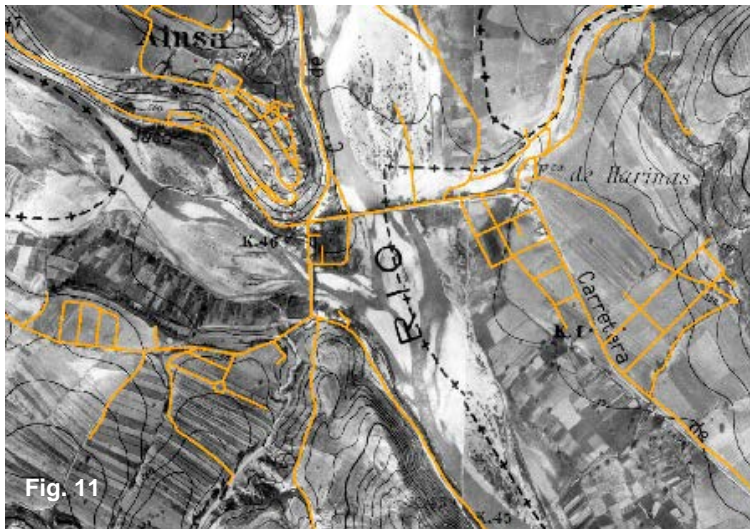


Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13

**Figura 14:** Crecimiento de Aínsa. Fuente: Elaboración propia sobre Fotoplano de la CHE de 1927.

**Figura 15:** Jánovas. Fuente: Archivo PRAMES de Javier Romeo.

**Figura 16:** Mediano. Fuente: Drowned Buildings. <https://lifestyleamour.wordpress.com>

Por una parte, la concentración poblacional en aquellos núcleos que gozan de mayor peso espacial se hace patente en la creciente edificación de viviendas de segunda residencia, y la rehabilitación de las existentes, y la ubicación de empresas hoteleras y de ocio de montaña. Aínsa y Boltaña, cuyos centros históricos se sitúan en promontorios, tuvieron crecimientos residenciales ocupando parcialmente los fondos del valle. Otros núcleos como Margudged, posicionados entre estos últimos centrales también mostraron leves crecimientos residenciales y turísticos. En la alta montaña el núcleo de Bielsa vio incrementar su actividad turística dada su posición de paso hacia Francia, la mejora de las comunicaciones y la apertura del Parador Nacional de Monte Perdido (1968).

Por otra parte, los núcleos más perjudicados y excluidos del sistema quedaron aislados, despoblados, y en ruinas. Algunos otros aguardan una poco probable reversión de su situación mediante la acogida de nuevas actividades residuales ligadas al turismo de montaña. El antiguo emplazamiento de Mediano sigue presente al observar cómo el campanario de su iglesia (“La Dama del Lago”) emerge de las aguas del pantano. Todos estos lugares son el testimonio de lo que un día esta unidad comarcal fue, y su existencia nutre la memoria y la identidad realmente generadora del paisaje cultural sobrarbense.

En definitiva, las transformaciones en la comarca no son más que la imposición de un nuevo sistema productivo estrechamente ligado al mercado, a la sociedad global, y a ‘lo urbano’;

homogeneizando y extendiendo sus estrategias relacionales, sus relaciones de poder y producción a 'un territorio marginal'.

## 6. Conclusiones y líneas abiertas

Este trabajo pretende ligar la conexidad —como variable que incorpora a la componente material de la conectividad entre elementos del espacio, las componentes de probabilidad y legitimidad de uso de un vínculo topológico— y la evolución de los sistemas de asentamiento; que muestran procesos de desarrollo desigual tras verse sometidos a solicitaciones externas de diversa índole, ofreciendo o no una respuesta resiliente ante éstas en la medida que modifican la complejidad de su sistema relacional. Sin profundizar en el desarrollo histórico del capitalismo, y su actual extensión global, si se ha mostrado interés en cómo ha colonizado los sistemas de asentamiento previos, induciendo en éstos algunas transformaciones proyectadas y catastróficas al mismo tiempo. La utilización de la topología de red como herramienta de análisis permite evaluar la conexidad de manera precisa partiendo de comparaciones figura-fondo en el *espacio* construido condicionadas por la *legitimidad* de uso y filtradas estadísticamente usando la variable *tiempo*. Se ha verificado la hipótesis al ponerla en relación con la evolución demográfica de cada núcleo componente del sistema comarcal del Sobrarbe (Huesca).

La abstracción formal que supone este tipo de análisis apunta a que el método de trabajo sea escalable. Si bien es cierto que no es universalizable en tanto que requiere de una lectura específica del espacio, de las tecnologías cotidianas de sus habitantes, y de condicionantes informacionales (privaciones de uso, sobrecostes, etc...) tanto en el sistema local como en sus entornos para descifrar la verdadera topología del sistema. Dependiendo del ámbito estudiado variará.

Pero a pesar de su no-universalidad, considero éste un método solvente. Al permitir leer los vínculos de interdependencia y vecindad en el espacio de manera unitaria por diversos que sean, el método tiene una cierta componente heurística, esbozando los impactos de un proyecto más allá de su ámbito de actuación delineado. Por ello puede ayudar en la toma de decisiones estratégicas de planeamiento. Si bien es cierto que no debe utilizarse como un "simulador exacto" de escenarios futuros.

En la línea del proyecto de sistemas resilientes y evolucionables de asentamiento, pueden extraerse algunas conclusiones como:

- Que la estabilidad de un sistema de asentamiento no depende potenciar u optimizar unos vínculos determinados dejando otros al margen u homogeneizar el sustrato material de la actividad humana. Esto favorece la especificidad funcional y fragilidad topológica frente a la complejidad que posibilita la evolucionabilidad urbana. Las estructuras cooperativas compuestas por múltiples interacciones entre elementos diversos y de pequeña escala, consolidadas durante largos procesos históricos muestran una capacidad mayor de sostener las condiciones de vida en el sistema a lo largo de la historia.
- Que el progreso tecnológico debe proyectarse con la misma cautela que el propio espacio. Puesto que modifica los marcos temporales de la actividad cotidiana de aquellos con acceso a la tecnología importada.

Que a pesar de la simplificación de sus matrices relacionales, los sistemas de asentamiento pueden mantener viva su identidad a través de su patrimonio material y cultural. La incorporación de nuevas actividades sobre este tejido debe permitir recapacitar sobre los modelos de utilización del territorio.

- Que el proyecto de sistemas evolucionables requiere trazar estrategias que no sólo sostengan la complejidad de la componente gigante<sup>20</sup> del sistema, sino que además protejan o reduzcan sus vulnerabilidades, garantizando su robustez y controlando las dinámicas de enlace preferencial.
- Que, en un sentido topológico, la compacidad, —que no la densidad— es una buena directriz estratégica, persiguiendo el equilibrio entre vecindad (grado), proximidad e intermediación topológicas.

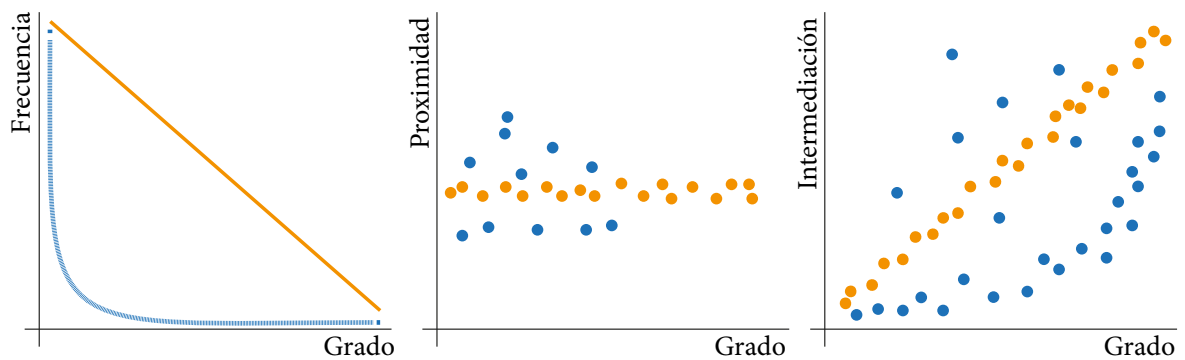


Figura 16: Organización resiliente (amarillo) frente a organización frágil (azul). Fuente: Elaboración propia

-

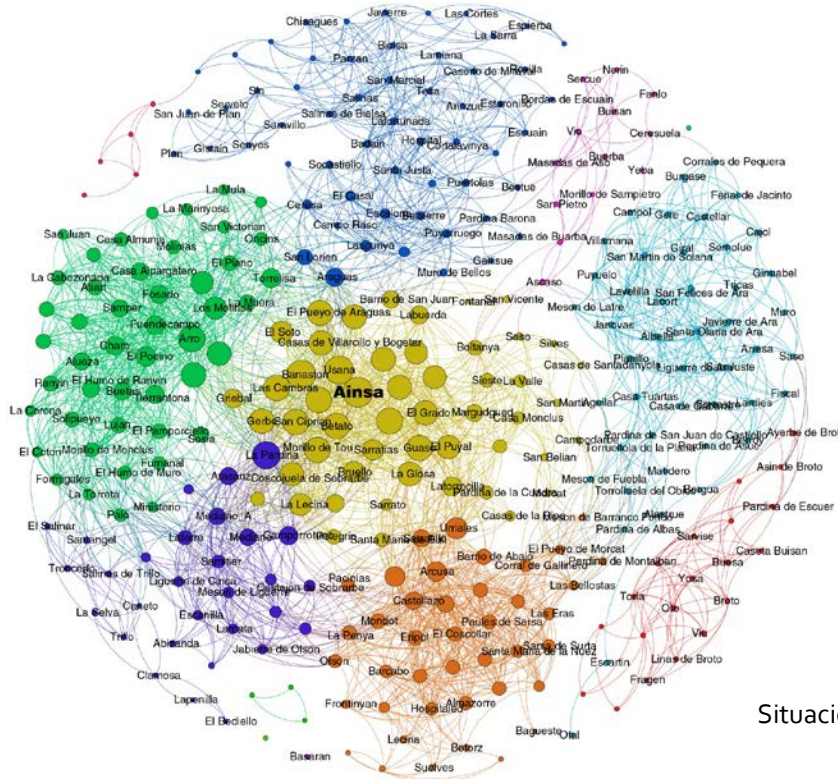
<sup>20</sup> Subconjunto de elementos conexos en un sistema



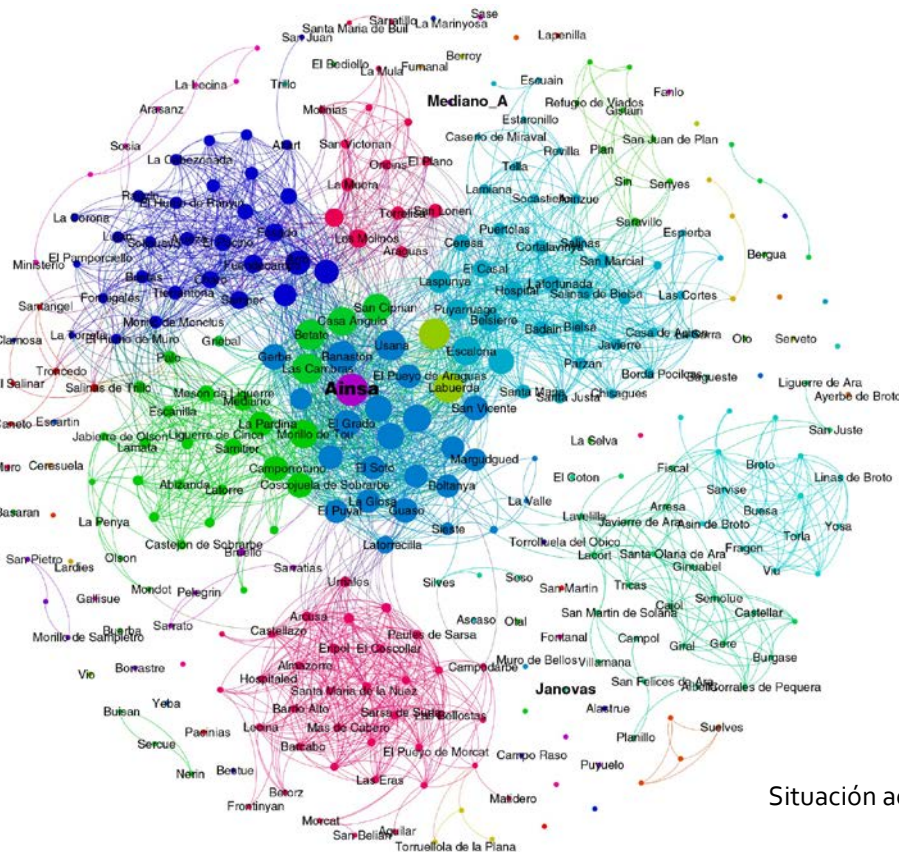


### Anexo IV: Grafos de vínculos internucleares

Elaboración propia. Software: Gephi 0.8.2. Algoritmo de grafiado: Fruchterman Reingold.



Situación previa a 1920



Situación actual

## Referencias

- ALEXANDER, C. (1968). "La ciudad no es un árbol". *Cuadernos summa-nueva visión: enciclopedia de la arquitectura de hoy*, (9), 29-30.
- ARQUÉ, M., GARCIA, À. & MATEU, X., (1982). *La penetració del capitalisme a les comarques de l'Alt Pirineu*. Barcelona: Documents d'anàlisi geogràfica.
- BARABÁSI, A-L. & ALBERT, R. (1999). "Emergence of Scaling in Random Networks", *Science*, 286(5439), p. 509-512
- BAVELAS, A. (1948). "A mathematical model for group structures", *Human organization*, 7(3), 16-30.
- BRENNER, N. (2009). *A thousand leaves: notes on the geographies of uneven spatial development*. Leviathan Undone.
- CHAUVELIER, F. (1990). "La repoblación forestal en la provincial de Huesca y sus impactos geográficos. Instituto de Estudios Aragoneses" en CUESTA, J. M. (2001). *La despoblación del Sobrarbe: ¿crisis demográfica o regulación?*. Madrid: CEDDAR Centro de Estudios sobre la Despoblación y Desarrollo de Áreas Rurales.
- CUESTA, J. M. (2003). "Despoblación de la montaña pirenaica aragonesa: el caso del Sobrarbe". En *Despoblación y ordenación del territorio* (pp. 161-175). Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- CUESTA, J. M. (2001). *La despoblación del Sobrarbe: ¿crisis demográfica o regulación?* Madrid: CEDDAR, Centro de Estudios sobre la Despoblación y Desarrollo de Áreas Rurales.
- DAUMAS, M. (1976). *La vie rurale dans le Haut Aragón Orientale*. Huesca: Instituto de Estudios Oscenses de Geografía Aplicada.
- ESTRADA, E. (2011). *The structure of complex networks: theory and applications*. Oxford (Reino Unido): Oxford University Press.
- FREEMAN, L. C. (1979). "Centrality in social networks conceptual clarification", *Social networks*, 1(3), 215-239.
- HERRANZ, A. (2002) "Infraestructuras y desarrollo económico en el Pirineo central (1850- 2000)", *Ager Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, 2002, num.2, p.197-226.
- HILLIER, B., & HANSON, J. (1984). *The social logic of space*. Cambridge (Reino Unido): Cambridge University Press.
- RUIZ, J; RISUEÑO, B & ARDURA, A. (2014). "Complejidad, evolucionabilidad y resiliencia urbana". En *7<sup>th</sup> International Congress for Spatial Planning* (p. 16). Madrid: VII Congreso Internacional de Ordenación del Territorio.
- LAGLERA, C. (2015). *Despoblados de Huesca. Tomo 3. Sobrarbe-Somontano*. Huesca: Editorial Pirineo.
- MENJON, M. (2004) *Jánovas, víctimas de un pantano de papel*. Zaragoza: Biblioteca Aragonesa de Cultura.
- NAVARRO, V.J.P. (1995). *Crisis, declive y adaptación de las economías de montaña: una interpretación sobre la despoblación en Aragón*, Pueblos abandonados: ¿un mundo perdido?, Astral, pp. 55-78.
- RIVAS TOVAR, L. A. (2002). "Nuevas formas de organización", *Estudios Gerenciales*, 18(82), 13-45.
- SANCHO, F. (2014) Introducción a las redes complejas. <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=80>
- WAGENSBERG, J. (1990). *Ideas sobre la complejidad del mundo*. Barcelona: Tusquets.
- WEBBER, M. (1974). "El lugar urbano y el dominio urbano ilocal". En *Indagaciones sobre la estructura urbana*. P. 73-140 Barcelona: Gustavo Gili.