

PROYECTO DEMOSTRATIVO DE RESILIENCIA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO (PDRFC2)

Investigadoras responsables: **Dra. María L. Feijóo Bello, Dra. Rosa Duarte Pac**

Investigadora del proyecto (contrato N2): **Dra. Alma López-Avilés**

CONTRATO MENOR DE SERVICIOS



*Departamento de Análisis Económico.
Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Zaragoza*

Diciembre 2020
Revisado Abril 2021

**Dirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental.
Departamento Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente
Gobierno de Aragón**

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	3
1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO, OBJETIVOS Y CONCEPTOS	4
1.1. JUSTIFICACIÓN	4
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. LOGROS ESPECÍFICOS DE ESTE ESTUDIO	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. TERMINOLOGÍA	6
2.2. CONTEXTO: ESTUDIOS SIMILARES	7
3. METODOLOGÍA GENERAL DEL PROYECTO	9
3.1. Metodología de consulta del proyecto	10
3.2. Metodología para las entrevistas semi-estructuradas con expertos	10
3.3. Selección de expertos a consultar	12
3.4. Entrevistas semi-estructuradas con expert@s en sectores claves de Aragón	13
4. ANALISIS DE INFORMACION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA	15
4.1. Análisis de la información cualitativa: entrevistas con expertos	15
4.2. Información cuantitativa y gráfica	24
4.2.1. Datos climáticos	24
4.2.2. Datos socio-económicos	26
4.3. Análisis de datos para el cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia	27
4.4. Cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia	29
4.4.1. Calculo de Indicadores de Vulnerabilidad	30
4.4.2. Cálculo del Indicador de Resiliencia	31
5. RESULTADOS Y REPRESENTACION CARTOGRAFICA	33
5.1. Resultados: Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia	33
5.2. Representación cartográfica	36
5.3. Resultados: Mapas de Vulnerabilidad y Resiliencia	45
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA ADAPTACION Y CONSTRUCCION DE RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMATICO Y EXTENSION DEL TRABAJO	68
6.1. Aplicación práctica de los Indicadores y Mapas	69
6.2. Extensión del trabajo y futura investigación	69
REFERENCIAS	72
ANEJO 1 ENTREVISTAS	75
ANEJO 2 DATOS UTILIZADOS (ARCHIVO EXCEL)	76

RESUMEN EJECUTIVO

La Cumbre del Clima en París de diciembre de 2015 logró el primer Acuerdo global para frenar las emisiones de Gases del Efecto Invernadero (GEI). Este Acuerdo reconoce que la colaboración de los países y la participación de las partes interesadas no signatarias, como son las ciudades, administraciones regionales y locales, la sociedad civil y el sector privado es necesaria para contribuir en el objetivo de limitar el aumento de la temperatura media mundial a 1,5 °C, lo que reducirá considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático.

El Acuerdo invita a intensificar sus esfuerzos y medidas de apoyo para reducir las emisiones, aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los territorios a los efectos adversos del cambio climático y mantener e impulsar la cooperación regional e internacional. Además, los últimos informes del Panel Internacional del Cambio Climático (IPCC) instan a buscar soluciones basadas en los territorios locales y en la interacción entre recursos, medidas y habitantes. Distintas instituciones internacionales promueven los enfoques integrados para adaptar, disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de los territorios.

El objetivo de este estudio es diseñar una nueva metodología y un conjunto de indicadores de vulnerabilidad y resiliencia, que permitan analizar el impacto del cambio climático en el desarrollo socioeconómico del territorio aragonés, como un paso necesario y urgente para evaluar el desempeño a nivel local, comarcal y de Aragón ante la emergencia climática.

La construcción de unos indicadores de estas características es compleja ya que debe incluir datos de ecosistemas, sistemas productivos, datos económicos, infraestructuras, etc., de una localidad o área geográfica determinada, midiendo la capacidad productiva de dicha localidad ante la ocurrencia de fenómenos extremos derivados del cambio climático.

En este estudio se ha abordado el estudio de la vulnerabilidad y la resiliencia a partir de una metodología innovadora que engloba un análisis cuantitativo y también cualitativo de la información disponible para Aragón a nivel comarcal. Para el análisis cuantitativo, se han utilizado los datos de los modelos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) regionalizados del IPCC Quinto Informe (AR5) para Aragón y los datos socio-económicos del Instituto Aragonés de Estadística disponibles a nivel comarcal. La información cualitativa se ha generado a partir de entrevistas a expertos claves de diferentes áreas de conocimiento con el objetivo de respetar un enfoque interdisciplinar necesario para abordar este análisis.

A partir de la información integrada se han definido 6 Indicadores de Vulnerabilidad para las 33 comarcas aragonesas. A continuación se ha construido una matriz espacio-sectorial en términos de vulnerabilidad que permite posteriormente generar una clasificación de las comarcas aragonesas en cuatro categorías de Resiliencia: Alta, Media, Baja y Muy Baja.

Los resultados se representan cartografiados a nivel comarcal para cada uno de estos indicadores (que combinan las dimensiones físicas: climáticas y geográficas, y socio-económicas), de manera que los mapas ilustran que hay diferencias entre comarcas, incluso próximas, que responden a sus características específicas. También indican que las comarcas principalmente agrícolas son las más vulnerables a los impactos climáticos que se predicen para Aragón, y que a mayor diversificación de las actividades y características sociales tales como la edad de la población y su formación, hay mayor capacidad de Resiliencia.

1. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO, OBJETIVOS Y CONCEPTOS

1.1. JUSTIFICACIÓN

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), el sur de Europa y especialmente España, son áreas especialmente vulnerables¹ al cambio climático, por lo que es necesaria una acción urgente y contundente que reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global. Mientras tanto a nivel local es imprescindible aumentar la resiliencia² que permita mantener los ecosistemas productivos hasta que se consiga la estabilización del clima. Los últimos informes del IPCC y de la IPBES (Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos) subrayan que, para lograr la meta de 1,5°C, se necesitan reducciones profundas a nivel global, y que alcancen carbono neutralidad para el 2050.

La condición de zona especialmente afectada por los impactos más negativos del Cambio Climático (CC) tanto de España en su conjunto como de Aragón en particular hace que los estudios y actuaciones para generar resiliencia en los sistemas productivos, ecosistemas, sociales y económicos puedan ser merecedores de ayudas especiales de la UE destinadas a compensar dichos efectos. Es por tanto muy útil abordar estos estudios para generar conocimiento que permita cuantificar esa pérdida de capacidad productiva actual y potencial futura. Un ejemplo de lo anterior sería la pérdida de competitividad de los cultivos de secano debida a la cada vez menor disposición de humedad del suelo y/o por la irregularidad de las precipitaciones.

El año 2020, se vislumbra claramente como un año decisivo, quizás un punto de inflexión, ya que el cambio climático se percibe por una gran mayoría de la población en la “mayor amenaza para la economía mundial”, tal y como afirmó el Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), António Guterres, y se requiere urgentemente una acción ambiciosa en todos los frentes.

1.2. OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es desarrollar una serie de indicadores de resiliencia al cambio climático en Aragón. Para ello se parte de la base de que el **conocimiento es un recurso clave** para abordar el reto climático actual, y debe estar enfocado en dos asuntos fundamentales. Por una parte, se necesita conocimiento para hacer frente a la imprescindible **reducción de la concentración de Gases del Efecto Invernadero (GEI, calculados en base a –y por tanto**

¹ **Vulnerabilidad:** Es el nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos.

² **Resiliencia:** Capacidad de un sistema (social, ecológico, económico, etc.) para absorber perturbaciones sin perder su estructura básica, forma de funcionamiento, capacidad de organización propia y capacidad para adaptarse a tensiones y cambios.

referidos- como CO₂) en la atmósfera, para lo cual todos los países y regiones deben implicarse; por tanto, si bien el peso específico de Aragón es ínfimo, debe contribuir a alcanzar la reducción de GEI. Por otra parte, el conocimiento también es imprescindible para **generar Resiliencia**, es decir provocar los cambios necesarios en los sistemas productivos que los hagan viables en los años venideros que según los informes del IPCC serán cada vez más difíciles mientras no se consiga la necesaria estabilización del clima.

El objetivo de este estudio consiste en abordar el desarrollo de indicadores para un estudio de Resiliencia frente al cambio climático como un paso necesario y urgente para evaluar el desempeño a nivel local, comarcal y de la Comunidad Autónoma (CA) de Aragón ante la emergencia climática.

1.3. LOGROS ESPECÍFICOS DE ESTE ESTUDIO

Desarrollo de una metodología específica para la creación de Indicadores y Mapas de Vulnerabilidad (o Resiliencia actual, la base para construir mayor Resiliencia) para todo Aragón, por Comarcas, bajo un escenario IPCC de emisiones moderado (RCP 6 del IPCC –ver sección 4.2 de metodología) hasta el 2065.

Construcción de un modelo de datos físicos y socio-económicos y una base de datos para poder modelar otros escenarios de Cambio Climático en Aragón si fuera deseado.

Ilustración de aplicaciones de la herramienta desarrollada mediante ejemplos para recomendaciones en planificación y políticas de Adaptación/Resiliencia frente al Cambio Climático en Aragón.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. TERMINOLOGÍA

El término “resiliencia” se utiliza en ecología, psicología, ingeniería, gestión de riesgos, cambio climático etc. en relación a la capacidad de sistemas, ya sean sociales o ecológicos, para mantener, recuperar, y mejorar su integridad y funcionalidad cuando se ven afectados por una perturbación (Laganda, 2016).

Adaptación se ha definido por el grupo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre el Cambio Climático (CC -UNFCCC), el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático o IPCC por sus siglas en inglés, como:

“Adaptación se refiere a los ajustes en sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados y a sus efectos o impactos. Se refiere a cambios en procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o para beneficiarse de oportunidades asociadas al Cambio Climático” (véase Smit and Pilifosova, 2001, IPCC, 2018 and UNFCCC).

Además, *“la capacidad de adaptación se entiende como parte de la resiliencia”*, como describen Folke *et al.* (2010). El concepto de resiliencia se puede atribuir a Holling (1973) y se origina en la ecología, y se describió como la *“medida de la persistencia de los sistemas y de su capacidad para absorber cambios y perturbaciones y aún mantener la misma relación entre las variables de población o de estado”*. El concepto original de resiliencia creció en importancia en otras disciplinas, y las definiciones de resiliencia se diferenciaron, ampliaron y profundizaron. Hay tres formas principales de entender el carácter de la resiliencia: “rebote atrás”, que se refiere al rápido retorno a un estado de equilibrio de un sistema después de un evento de choque, “rebote adelante”, cuando un sistema debe tener capacidades para adaptarse a incertidumbre y “ambos”, que aborda la coexistencia de las capacidades de “rebote atrás” y “rebote adelante”.

Por lo tanto, en términos de resiliencia, resiliencia y vulnerabilidad son dos caras de una misma moneda. Si se es vulnerable a uno o más impactos del CC, por ejemplo a la subida de temperaturas estivales y las consiguientes olas de calor e incendios forestales, o a inundaciones debido a la mayor intensidad de tormentas de corta duración, entonces la sociedad tiene que construir resiliencia, adaptarte a esos eventos para superar las vulnerabilidades.

En este estudio, se habla de vulnerabilidad y se han obtenido varios Indicadores de Vulnerabilidad basados en datos disponibles sobre la situación físico-climática y socio-económica por comarcas en Aragón. Los Indicadores de Vulnerabilidad reflejan vulnerabilidad a específicos impactos del CC, y se ha generado también un Indicador TOTAL de Vulnerabilidad para las comarcas aragonesas, y éste ha permitido clasificar dichas comarcas en términos de Resiliencia frente al CC.

En este proyecto, no hay incluidas medidas de adaptación al CC tales como por ejemplo, campañas de concienciación y actuación frente a los impactos del CC, o lugares donde hay instaladas defensas para inundaciones proyectadas para incluir aumentos de caudal derivados del CC, o edificios nuevos construidos con ventilación y espacio exterior necesarios para sobrellevar futuras olas de calor más largas, frecuentes y con temperaturas más altas. Esta información que proporcionara mejor detalle de la verdadera resiliencia de las comarcas de Aragón espera poder incluirse en un futuro.

Medidas de resiliencia o adaptación al CC incluyen aspectos de política, educativos, económicos tales como nivel de diversificación de actividades económicas (ej. cultivar varios tipos de productos agrícolas en caso que uno sea afectado por tormentas o sequía, o realizar varias actividades tales como combinar la agricultura con venta de productos locales y/o la oferta de alojamiento para turismo rural, que también pueden afectar positivamente el aumento de renta), y de actuaciones tales como defensa contra inundaciones, emergencias sanitarias, protección contra incendios forestales, adecuación de infraestructura etc.

2.2. CONTEXTO: ESTUDIOS SIMILARES

Feldmeyer *et al.*, (2019) ofrecen un enfoque sobre el cambio climático y urbanización que es relevante para las ciudades principales de Aragón, y desarrollan una metodología de indicadores de resiliencia y adaptación al cambio climático en el contexto urbano que ponen a consulta mediante entrevistas y talleres con expertos.

Los mismos autores consideran varias dimensiones e indicadores y consultan a expertos mediante talleres y encuestas para definir un conjunto de indicadores por dimensión (ej. medioambiente, economía etc.) y campo de acción (ej. aire, agua). El resultado final es un grupo de tres dimensiones: Medioambiente, Gobernanza y Sociedad, y cuatro campos: Aire, Administración, Conocimiento, y Estrategia y Política, y cinco distintos indicadores específicos para cada campo (ej. planes contra tormentas y olas de calor intensas, grupos de trabajo, información al público etc.) que se consideraron los más importantes en relación a la resiliencia contra el cambio climático en el contexto urbano. La metodología general de trabajo es aplicable a variados procesos de consulta y se ha utilizado en este estudio como se explica en la sección 3.

También se han extraído nociones del estudio de Angeon y Bates (2015), en el que los autores mantienen que los indicadores de resiliencia pueden carecer de todas las dimensiones del concepto de desarrollo sostenible, así que proponen un índice matemático compuesto multi-métrico basado en experiencia internacional que demuestra que la vulnerabilidad y resiliencia responden a políticas, y que ningún país es determinista en cuanto a permanecer vulnerable o resiliente. Dicho índice de vulnerabilidad y resiliencia permite examinar los logros y áreas a mejorar de un país, para determinar que políticas deben implementarse para obtener sostenibilidad.

En el sector de Agricultura, la adaptación al cambio climático se ha concentrado en identificar y predecir mecanismos de impacto y adaptación para enfocar el análisis econométrico de los impactos climáticos y posibles políticas de adaptación. Ortiz-Bobea y Just (2012) proponen y producen evidencia de la necesidad de modelos econométricos por ‘preferencias’ para estudiar ambos, los efectos negativos y las posibilidades de adaptación a los impactos del CC en la agricultura, y se concentran en modelar varias estrategias de adaptación para reducir daños a las cosechas de maíz.

También se ha consultado el trabajo de Simpson (2016) que presenta cinco guías para la adaptación al cambio climático destinadas a pequeñas empresas familiares en el sector agrícola en los temas de prácticas para la adaptación agrícola, gestión de cultivos, gestión de recursos hídricos, gestión de suelos y ganadería, con el objetivos de incrementar la productividad de manera sostenible, de mejorar la resiliencia al cambio climático y de reducir las causas del cambio climático mediante la reducción de los GEI.

Con mayor relación a daños a infraestructura y edificios/construcción, Gilbert y Ayyub (2016) proponen modelos que tengan en cuenta las necesidades de toma de decisiones ante el valor económico de los daños directos y pérdidas humanas de catástrofes naturales, para reducir el riesgo y acelerar la recuperación mediante modelos que examinen los aspectos económicos de la resiliencia.

En el contexto de salud de la comunidades, Hambling *et al.*, (2011) proporcionan una herramienta de indicadores de salud medioambiental para examinar, monitorizar y cuantificar la vulnerabilidad de la salud humana y así designar intervenciones y medir la efectividad de actividades de adaptación y mitigación al cambio climático.

Para mejor entendimiento de los indicadores de vulnerabilidad y resiliencia que se han desarrollado para Aragón, se han examinado los que se están utilizando en otras regiones y países, y estos incluyen una variedad de métodos e indicadores para medir ya sea la resiliencia o la adaptación y resiliencia de distintas geografías. Algunos de los indicadores consultados están aquí referenciados: las perspectivas de política para adaptación al cambio climático de la OECD; los modelos económicos de análisis de ‘coste y beneficio’ de la adaptación al cambio climático, incluidos indicadores, en ECONADAPT (2015); los indicadores de vulnerabilidad, impactos, actividades de adaptación, y procesos de toma de decisiones para la evaluación del Programa Nacional de Adaptación al CC del Reino Unido {ver ASC (2015), Climate-ADAPT (2015) y DEFRA (2018)} y del Gobierno de Australia (2013).

También se han consultado los indicadores de salud y cambio climático producidos por el Observatorio de Salud y Cambio Climático -Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad de España- (2017); el informe del Ayuntamiento de Zaragoza en calidad del aire, salud y cambio climático (Ortego *et al.*, 2019); el estudio del estado de la situación del Cambio Climático en España por la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (2007), y varios indicadores de adaptación: INFORM, DARA, TAMD en Mäkinen *et al.*, (2018).

3. METODOLOGÍA GENERAL DEL PROYECTO

Para alcanzar el objetivo principal de este estudio de: *‘desarrollar Indicadores socio-económico-ambientales de Vulnerabilidad y Resiliencia que están basados en datos cuantitativos y también cualitativos mediante entrevistas, para estudiar la resiliencia e instrumentos de adaptación al Cambio Climático (CC) en Aragón’*, se revisaron métodos en otros estudios y contextos como se ha visto en la sección anterior, y se consultaron los datos disponibles en Aragón.

Siguiendo la metodología de Feldmeyer *et al.*, (2019) que se ha introducido en la sección anterior y se explica en más detalle a continuación (sección 3.1), y basado en los datos disponibles, se realizó un análisis de datos estableciendo valores para distintos parámetros, y mediante entrevistas con expertos en los diversos sectores económicos se corroboró si las variables seleccionadas son todas las disponibles y si son adecuadas en el contexto de Aragón, y de los objetivos del proyecto. El objetivo de dichas entrevistas con expertos para cada sector fué también investigar el nivel de conocimiento e implementación de medidas de adaptación para construir resiliencia al CC en la comunidad de Aragón.

Las preguntas a realizar mediante una entrevista semi-estructurada se tomaron de la metodología usada por el sub-comité de Adaptación al Cambio Climático en el Reino Unido siguiendo la primera Evaluación de Riesgos del Cambio Climático (véase en la siguiente sección 3.2), y tanto los objetivos del estudio, como las preguntas y qué expertos consultar (ej. CHE sobre impactos del CC en caudales de ríos, medidas de adaptación y planificación territorial) fueron decididos en colaboración con el grupo de trabajo a cargo del proyecto en la Dirección General de Cambio Climático y educación Ambiental, Departamento de Agricultura, Ganadería y Medioambiente del Gobierno de Aragón.

Además se estimó que se definirían uno o varios Indicadores a nivel geográfico, y provisionalmente Aragón se dividió en tres posibles ámbitos geográficos para facilitar el estudio y mapeo de Aragón:

- Ski/alta montaña (ej. una pista de ski con nieve artificial, proyecto urbanístico),
- Rural (o valles) (ej. expansión de regadíos, recursos hídricos e inundaciones)
- Urbano / ciudades (ej. Zaragoza, Teruel, Huesca, Jaca, Alcañiz etc)

Este método de trabajo se consultó con el equipo del Gobierno de Aragón en las reuniones del 2 de Octubre y del 23 de Noviembre de 2020, y también se sugirió el estudio por comarcas debido a la disponibilidad de mapas y datos básicos.

Como acordado, el proyecto proporciona mapas de vulnerabilidad a los impactos del CC (representación visual por colores de vulnerabilidad) obtenidos mediante los Indicadores escogidos en Aragón, y se presenta también un Indicador de Resiliencia a nivel comarcal para todo Aragón. Se ofrecen igualmente algunas conclusiones preliminares de qué datos añadir para ilustrar mejor la resiliencia de la Comunidad de Aragón, y de cómo construir más

resiliencia, y se presenta una herramienta de utilidad para decisiones y planificación (ej. para la construcción de carreteras o puentes o urbanización en el centro de ciudades cerca de cauces con riesgo de inundaciones etc.).

3.1. Metodología de consulta del proyecto

Parte de la metodología propuesta para este proyecto está basada en el trabajo de Feldmeyer *et al.*, (2019) que tiene como objetivo el desarrollo de Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia que permitan medir el grado de adaptación al Cambio Climático en el contexto urbano. Se desarrolla una metodología de indicadores que ponen a consulta mediante entrevistas y talleres con expertos siguiendo el formato:

1. Revisión de literatura
2. Definiciones de términos y contexto, y desarrollo de un marco de resiliencia
3. Taller con expertos/proyectos para matizar definiciones y marco de resiliencia
4. Revisión de definiciones y marco en base al taller
5. Revisión de literatura sobre indicadores ajustados al marco desarrollado
6. Encuesta en-línea entre participantes de proyectos de adaptación evaluando la importancia de los indicadores y añadiendo otros si fuera necesario
7. Taller con expertos/proyectos para matizar Indicadores de Resiliencia
8. Desarrollo del conjunto final de Indicadores

Siguiendo esta metodología dentro de los límites de un proyecto corto de tres meses de duración y durante la pandemia de Covid-19 del 2020, se consultó con el equipo del Gobierno de Aragón sobre la definición de conceptos, datos disponibles a nivel de impactos físicos del CC y socio-económicos en la Comunidad, y sobre la manera de obtener datos cualitativos y la selección de expertos a consultar en Aragón con el objetivo de proponer medidas de aumento de la Resiliencia en Aragón (ver sección 3.3).

3.2. Metodología para las entrevistas semi-estructuradas con expertos

Las entrevistas se realizaron siguiendo una metodología usada por el sub-comité de Adaptación al Cambio Climático en el Reino Unido, siguiendo la primera Evaluación (Apreciación) de Riesgos del Cambio Climático (CCRA por sus siglas en inglés) de 2012 y el Plan Nacional de Adaptación (NAP por sus siglas en inglés) de 2014 (UK NAP, 2015), y el CCRA y NAP revisados de 2017 y 2018 respectivamente (ver DEFRA, 2018), para definir los indicadores más adecuados en relación a la situación específica y los tres ámbitos geográficos de Aragón.

En el CCRA, los sectores o temas principales a explorar en relación a la Adaptación al Cambio Climático (ACC) son:

- Medioambiente Construido,
- Medioambiente Natural,
- Infraestructura,
- Comunidades Resilientes y Saludables,
- Agricultura y Recursos Forestales, y
- Negocios/Empresas/Industria.

Esta división por sectores se ha usado en Aragón con el objetivo de poner en práctica una consulta completa mediante entrevistas con expertos que ayuden a desarrollar los Indicadores, con la intención de no omitir ningún sector ni ámbito geográfico.

Para realizar la clasificación sectorial similar a la del CCRA en el contexto de Aragón se ha utilizado la información disponible sobre la estructura del Valor añadido bruto comarcal, elaborada por el Instituto Aragonés de Estadística (IAES) que ofrece una descripción cuantificada, sistemática y lo más completa posible de la actividad económica de las Comarcas Aragonesas. La actividad sigue la Clasificación nacional de actividades económicas a nivel de sección de actividad (CNAE-09).

Las equivalencias son las siguientes:

Sectores definidos en el estudio CCRA del Reino Unido	Sector actividad por el Instituto Aragonés de Estadística (IAES)
Medioambiente Construido	Construcción
Infraestructura	Extractivas, energía y agua
Comunidades Resilientes y Saludables	Administración pública y defensa; Seguridad social obligatoria; educación; actividades sanitarias y de servicios sociales; otros servicios
Agricultura y Recursos Forestales	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
Negocios/ Empresas/ Industria	Industria manufacturera; Comercio; reparación; transporte; hostelería; información y comunicaciones; actividades financieras, inmobiliarias; actividades profesionales, científicas y técnicas, administrativas y servicios auxiliares
Medioambiente Natural	Fuente: Indicadores de superficie protegida en Aragón, por comarcas. Año 2015. Porcentaje sobre la superficie Total de la comarca: -Espacios Naturales Protegidos -Lugares de Importancia Comunitaria -Zonas de Especial Protección para las Aves

3.3. Selección de expertos a consultar

De acuerdo con la metodología de Feldmeyer *et al.*, (2019) los grupos/expertos han de representar todos los ámbitos y sectores como se han definido en el apartado anterior: ej. Expertos en agricultura/ agricultores/ ganaderos, ingenieros/ arquitectos, empresarios/ industriales, emergencias (ambulancias/ bomberos urbanos y forestales), salud (hospitales/ médicos) etc. Debido a la situación de Covid en 2020, los talleres propuestos se han reducido y llevado a cabo aprovechando otras reuniones presenciales (ej. 2 Octubre, 2 Noviembre), y las entrevistas con expertos (se ha intentado hacer dos por sector) se han realizado telemáticamente tras consulta con el equipo del Gobierno de Aragón, con representantes de las siguientes instituciones y sectores:

- Medioambiente Construido –colegio arquitectos, Emergencias –Dirección General de Protección Civil o Técnico del Gobierno de Aragón, o Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), para urbanismo/ planificación.
- Medioambiente Natural – CHE o Instituto Aragonés del Agua, Planificación CHE o AEMET, Agricultura y Medioambiente – Biodiversidad del Gobierno de Aragón.
- Infraestructura -Colegio de Ingenieros Canales, Compañías de Agua, CHE, Gobierno de Aragón infraestructura o Emergencias, Dirección General de Protección Civil, Técnico del Gobierno de Aragón, o Universidad de Zaragoza: Ingeniería.
- Comunidades Resilientes y Saludables –Gobierno de Aragón Salud, o Dirección General de Asuntos Sociales, técnico de salud pública (incluida veterinaria), Estrategia de Desarrollo Sostenible del Consejo Aragonés del Clima, departamento de Asuntos Sociales o Colegio de Trabajo Social.
- Agricultura y Recursos Forestales- Cooperativas Unión de Pequeños Agricultores- UPA, Sindicatos Agrarios: UAGA, Gobierno de Aragón: Gestión Forestal o Agricultura.
- Negocios/ empresa CEPYME -Confederación Española de la Pequeña y Mediana Empresa y CREA -Confederación Regional de Empresarios de Aragón, Empresa, o Sociedad de Autónomos de Aragón.

Entre Noviembre y Diciembre de 2020 se realizaron 7 entrevistas (ver Anejo 1). Para continuar este estudio, futuras entrevistas que pueden ser importantes de cara también a explorar las medidas existentes de adaptación al cambio climático en Aragón, incluyen instituciones tales como:

- Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE),
- Sindicatos Agrarios (UAGA) o Unión de Pequeños Agricultores (UPA),
- Gobierno de Aragón: salud pública /veterinaria,
- Diseño de carreteras del Gobierno de Aragón,
- Confederación Española de la Pequeña y Mediana Empresa (CEPYME).

3.4. Entrevistas semi-estructuradas con expert@s en sectores claves de Aragón

El desarrollo de los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia que apoyan el estudio del progreso sobre la Adaptación al Cambio Climático (ACC) en el Reino Unido ha evolucionado desde el 2012, y se consideran adecuados para realizar el mismo proceso en Aragón. Durante el proceso de evaluación sobre la ACC, se formularon tres preguntas que guiaron el debate con expertos en cada sector, y que están relacionadas con tres elementos: **resultados, acciones y decisiones**. En este estudio, se han incluido estas preguntas adaptadas para el contexto de Aragón, y se usaron como foco de discusión en entrevistas semi-estructuradas con expertos seleccionados y consultados para los varios sectores y ámbitos de la Comunidad de Aragón:

1. ¿Aragón está siendo más o menos vulnerable a los riesgos del clima actual y el clima futuro? (resultados)
2. ¿Hay suficiente aceptación e implementación de medidas/acciones de ‘principio de precaución’ (*‘bajo-arrepentimiento’ (win-win)*) en cuanto a la Adaptación al Cambio Climático? (acciones), y
3. ¿Las dediciones a largo plazo tienen en cuenta sistemáticamente los riesgos climáticos? (decisiones).

Además la consulta y colaboración con los respectivos expertos para cada sector tuvo también el objetivo de obtener información sobre datos útiles que permitieran formular Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia específicos para facilitar la medición del progreso en construir Resiliencia al CC. Para ello se preguntó a los expertos que dos parámetros medioambientales/físicos el experto considera más importantes y por tanto utilizaría como representación del impacto del CC en su área y sector, y que dos parámetros socio-económicos considera los más importantes para lo mismo. En el caso de la agricultura, por ejemplo, pueden ser tendencias de las temperaturas extremas/media y tendencias en la precipitación media, o extremos; y la población dedicada/ dependiente principalmente /exclusivamente³ de la agricultura y renta per cápita media de agricultores. Las preguntas guía fueron:

- 4. Para formular Indicadores de Adaptación/Resiliencia ¿Que dos parámetros medioambientales/físicos considera más importantes y por tanto utilizaría como representación del impacto del CC en su área y sector? y ¿qué dos parámetros socio-económicos considera los más importantes para lo mismo?
- 5. ¿Cuál cree que son los mayores riesgos socio-económico-ambientales en la Comunidad de Aragón en relación al Cambio Climático?

³ El concepto de diversificación en la actividad económica se considera importante para obtener mayor resiliencia, ya que múltiples actividades complementarias, la variedad de cultivos y campos son mecanismos importantes de gestión de riesgos climáticos.

Las entrevistas con expertos se utilizaron para corroborar que la investigación y metodología siguieron una trayectoria adecuada, y también sirvieron para refinar y definir los parámetros y datos a utilizar en el estudio, haciendo uso de la rica experiencia profesional de los expertos entrevistados. El análisis de la información cualitativa proporcionada por dichas entrevistas se presentan a continuación en la sección 4, que también explica los métodos y el análisis de datos físicos: climáticos, y socio-económicos. La sección 5 presenta resultados del cálculo de Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia, y detalla y el proceso de mapeado, es decir, cómo se ha creado la cartografía en base a los resultados. Finalmente, el trabajo se cierra con Conclusiones, Recomendaciones y posible extensión del estudio en la sección 6 .

4. ANALISIS DE INFORMACION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA

Para obtener los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia al CC en Aragón, y desarrollar el mapeo de vulnerabilidad a impactos del CC, se consideraron los impactos climáticos y también parámetros socio-económicos tales como el desempleo, población, renta per cápita y otras estadísticas, de acuerdo con la literatura revisada y las entrevistas con expertos que proporcionaron información cualitativa que se describe a continuación.

4.1. Análisis de la información cualitativa: entrevistas con expertos

Se tiene que resaltar la importancia de las entrevistas semi-estructuradas con expertos, que informaron la elección de parámetros y datos cuantitativos físicos: climáticos, y socio-económicos a utilizar en este estudio, tales como qué impactos del Cambio Climático y que factores socio-económicos seleccionar como más importantes. Por ejemplo: el cambio en el régimen de viento para la infraestructura de telecomunicaciones, antenas, tejados, muros y otras estructuras; el nivel educativo en relación a la capacidad de la población para pedir ayudas/subvenciones; la calidad de la vivienda y la economía doméstica para poder adaptarse por ejemplo a olas de calor (aire acondicionado) especialmente en ciudades como Zaragoza, etc.

La información cualitativa de todas las entrevistas se ha transcrito, analizado y clasificado en relación a impactos climáticos específicos para mayor claridad, como se presenta en la Tabla 1. Esta tabla resume los principales hallazgos y juicio profesional resultantes de las entrevistas con los expertos que han informado y corroborado la elección de criterios y datos a utilizar. Las notas detalladas de todas las entrevistas están incluidas en el Anejo 1.

Tabla 1 Resumen de hallazgos más importantes de las entrevistas semi-estructuradas con expertos en cada sector de actividad económica (véase en combinación con las entrevistas completas en el Anejo 1)

Impacto del CC y Riesgos	Experto/a en sector entrevistado	Hallazgos principales para la vulnerabilidad al CC en Aragón
<p>Incremento de la temperatura (temp), evapotranspiración, efectos negativos en la Agricultura y Comunidades humanas especialmente en relación a Olas de calor</p>	<p>Representante de AEMET encargado de la regionalización de modelos del IPCC para Aragón</p>	<p>Principales efectos del CC: el incremento de temperatura global, tanto de la atmósfera como de la superficie del mar, el aumento del nivel del mar y la fusión de hielos. El aumento de temperatura (temp) es el impacto más claro. El incremento de la temp resulta en mayor evapotranspiración, con consecuencias para la agricultura y espacios naturales, y para las comunidades humanas especialmente en relación a olas de calor.</p>
<p>Cambios en precipitación (pp), efectos negativos en la agricultura, recursos forestales, espacios naturales y comunidades humanas (excesos –Inundaciones y déficit –Sequias)</p>	<p>Representante de AEMET encargado de la regionalización de modelos del IPCC para Aragón</p> <p>Representante del Colegio de Ingenieros de Telecomunicación de Aragón (para el sector Infraestructura / medioambiente construido)</p>	<p>También los cambios en las tendencias en precipitación (pp), no necesariamente la cantidad/totales, sino el aumento de situaciones con alta intensidad de precipitación. Para la agricultura es importante el total de pp, si es menos: sequía, y también la distribución de la lluvia ya que los cambios pueden causar extremos de inundaciones y sequía. La distribución heterogénea de la pp también nos hace vulnerables a las crecidas: inundaciones.</p> <p>La escasez de alimentos por inundación o pedrisco de huertas y de espacios de producción puede ser un problema importante si no se aplican medidas de orientadas a luchar contra el CC. Los cada vez más habituales incendios forestales por el aumento de los periodos de sequía es otro de los riesgos ambientales en nuestra región. Parámetros físicos /datos a usar para desarrollar indicadores de Resiliencia: Temperatura media anual y aumento del número de incendios forestales y de inundaciones.</p>

<p>Cambios en precipitación (pp), y riesgo de Sequías con consecuencias en abastecimiento de agua</p>	<p>Representante de AEMET encargado de la regionalización de modelos del IPCC para Aragón</p> <p>Representante de AGUDEMA, Agua Derecho y Medio-Ambiente, Instituto Aragonés de Medioambiente</p> <p>Representante de CREA Confederación Regional de Empresarios de Aragón</p> <p>Representante de Salud del Colegio de Trabajo Social</p>	<p>Los cambios de pp y la sequía tienen repercusiones en la agricultura y la productividad de los cultivos, y también en las reservas físicas: embalses. La sequía también está relacionada con riesgo de incendios forestales.</p> <p>En pp anual es la misma pero de manera más torrencial afectando a la agricultura que sigue sin regulación de balsas internas sino que se sigue en regulación de cuenca excepto el Matarraña, con lo cual hay mayor vulnerabilidad a los extremos de pp.</p> <p>Las inundaciones pueden presentar un problema agudo en el sector agua: depuración y abastecimiento. Las sequías pueden tener un impacto crónico del CC, en el abastecimiento de agua y también vertidos de residuos depurados, porque los cambios de caudal suponen cambios en el sistema de depuración o parámetros o sistemas de vertido de efluentes/vertidos (ej. es posible crear tanques para esperar a verter residuos cuando los ríos lleven más caudal, para facilitar la disolución adecuada). Estas situaciones crean incertidumbre para las empresas. Lo mismo para depuradoras de aguas urbanas.</p> <p>Agua y sequia/ nivel de agua preocupa también en relación a salud y Comunidades, al igual que la contaminación del aire (GEI) y salud, y el desecho de residuos y depuración de aguas.</p>
<p>Incremento de temp y Sequía, efectos en la Agricultura y Recursos Forestales</p>	<p>Representante de AGUDEMA</p> <p>Representante de CREA Confederación Regional de Empresarios de Aragón</p>	<p>Disminución en la pp y el incremento de temp puede afectar también a la agricultura agro-industria en los valles aragoneses con una reducción del PIB, ej. Valle del Tena.</p> <p>La reducción en la pp y el incremento de temp pueden resultar en sequías y afectar la productividad de la agricultura. La sequía también preocupa por</p>

	<p>Representante del Gobierno de Aragón: Servicio de Planificación y Gestión Forestal, Dirección General del Medio Natural y Gestión Forestal</p>	<p>cambios en patrones y efectos en agricultura, y los extremos suponen menos productividad, resultando en impactos crónicos del CC.</p> <p>La sequía, combinada con el aumento de temperaturas que puede dar lugar a mayor número de epidemias y plagas, resulta en menor productividad en agricultura que va ligada a seguridad alimentaria (menos cantidad de comida) con efectos económicos en la industria y negocios agro-alimentarios, al igual que en abastecimiento de agua y también de vertidos de residuos depurados.</p> <p>Decoloración y defoliación -perdida de hojas, indican que cada vez hay menos biomasa en el arbolado. Esta tendencia puede ser causada por patógenos pero también se cree que está relacionada con mayor aridez y estrés producido por la prolongación de la sequía. Puede que la tendencia se incremente, y se tienen que adoptar mecanismos de adaptación, nuevas especies o menor densidad de arbolado para reducir la competencia por el recurso hídrico.</p>
<p>Incremento de temp y Sequía, riesgo de Incendios Forestales y efectos en los Recursos Forestales y espacios naturales</p>	<p>Representante de AEMET</p> <p>Representante del Gobierno de Aragón: Servicio de Planificación y Gestión Forestal, Dirección General del Medio Natural y Gestión Forestal</p>	<p>La sequía también está relacionada con riesgo de incendios forestales en áreas de bosques gestionadas y en espacios naturales con pérdida de hábitats y biodiversidad.</p> <p>Es necesario implementar nuevas medidas (aunque haya un coste) relacionadas con el riesgo de incendios forestales debido a masas muy densas pero decaídas que son un factor importante para el riesgo de incendios, y también para adaptarnos a impactos del CC desde el punto de vista forestal.</p> <p>Como datos para formular indicadores de Resiliencia, el índice de sequía es lo más importante, que engloba precipitación (pp) total, estacionalidad /distribución de la pp y régimen de torrencialidad, evapotranspiración y temperaturas.</p>

		En factores socio-económicos que afectan al monte/forestales, intervienen aspectos demográficos de pérdida de población para la gestión de montes y de adaptación a CC (ej. cuadrillas forestales de mantenimiento con vínculos y trabajadores locales) y además está la pérdida de industria explotadora y transformadora de forestales/montes en medios rurales.
Incremento de temp y disminución de pp de nieve, riesgos para el sector nieve/deportes y turismo	Representante de AGUDEMA Representante de CREA Confederación Regional de Empresarios de Aragón	Se ve también una disminución en la pp de nieve y el incremento de temp con reducción de glaciares Pirenaicos, que puede afectar al sector de deportes y turismo de nieve con reducción de renta en los valles y estaciones de ski. Aragón más vulnerable de manera evidente. Pirineos: espacios de aire libre y naturaleza afectados por incremento de temperaturas y época de nieve, con consecuencias para la industria del turismo y deporte de nieve, y para la pérdida de biodiversidad. Fenómenos crónicos como temporada de ski desplazada a Enero, y nevadas en Febrero y Marzo. Problema porque es necesario una adaptación de sectores, pero las fechas van asociadas a calendarios de trabajos y escolares. Efectos crónicos también en trabajadores al aire libre, nieve, campo, transporte, construcción, gestión de aguas, relacionados con temperaturas extremas experimentadas más frecuentemente, y también efectos y riesgo de accidentes en personas por el Cierzo, ej. más hielo y riesgo de accidentes y la temperatura baja y nieve.
Cambios en frecuencia e intensidad de precipitación (pp), y riesgo de Inundaciones	Representante de AEMET encargado de la regionalización de modelos del IPCC para Aragón	Distribución heterogénea de la pp que también nos hace vulnerables a las crecidas: inundaciones Problema de que haya infraestructuras y propiedades a lo largo del cauce del Ebro dentro del Dominio Público Hidráulico y por tanto con una probabilidad alta de inundarse, ej. cada tres años.

	<p>Representante de AGUDEMA</p> <p>Representante de CREA Confederación Regional de Empresarios de Aragón</p> <p>Representante del Gobierno de Aragón: Planificación y Gestión Forestal, DG Medio Natural y Gestión Forestal</p> <p>Representante del Servicio de Conservación de carreteras, del Gobierno de Aragón (para</p>	<p>Además las crecidas extraordinarias se convierten en más frecuentes y eso nos hace más vulnerables a pesar de planes de inundación y planificación que incluyan adaptaciones. Muy importante es elaborar matrices de riesgo.</p> <p>Necesitan incorporar CC en el segundo ciclo de planificación del Ebro. Revisando coeficientes de torrencialidad y escorrentía, y más lluvias torrenciales en las cabeceras de cuencas. Así lo exige la ciencia (CSIC). La pp anual puede ser la misma pero más torrencial afectando a la agricultura, abastecimiento y tratado de agua residual; hay mayor vulnerabilidad a los extremos de pp.</p> <p>Las inundaciones son un problema agudo en el mundo empresarial (ej. caída de muros e inundación de naves, maquinas etc.) y en el mundo agrícola: pérdidas de ganado, cosechas, y en general en infraestructuras y también en el sector agua: depuración y abastecimiento.</p> <p>Inundaciones son un problema agudo en el mundo empresarial (ej. caída de muros e inundación de naves, maquinas etc.) y en el mundo agrícola: pérdidas de ganado, cosechas, infraestructuras y también en el sector agua: depuración y abastecimiento pueden ser afectados por inundaciones.</p> <p>La torrencialidad, tormentas y avenidas que también tienen impactos en montes, infraestructura y poblaciones, hay que tenerlos en cuenta para la ordenación del territorio en relación al CC.</p> <p>Los mayores riesgos del CC pueden ser tormentas e inundaciones que se lleven infraestructuras si son más frecuentes, y la magnitud de las inundaciones y el riesgo, ej. hace tres años una inundación se llevó un puente en Quinto de Ebro del Ebro. Riesgos incluso de pérdidas humanas.</p>
--	---	---

	el sector Infraestructura / medioambiente construido)	Importante incorporar posiblemente más márgenes para imprevistos en los cálculos de caudales y modelos hidráulicos (aunque ya se hace a medio y largo plazo) para adaptar a extremos de precipitación y por prevención.
Cambio en el régimen e intensidad de Vientos y efectos en Tormentas	Representante de AEMET encargado de la regionalización de modelos del IPCC para Aragón	La situación con el viento también es importante, con muchos impactos y con incertidumbre para predecir rachas de vientos bruscos de mayor intensidad en episodios tormentosos. Los daños causados por el viento son los que provocan un mayor número de solicitudes de certificados e informes en AEMET en Aragón por daños a tejados e infraestructura variada que afecta al sector de Seguros.
Cambios en temp, vientos y pp y efectos en infraestructura y transportes, y en el sector de los Negocios/ Empresas /Industria	Representante de CREA Confederación Regional de Empresarios de Aragón	Las tormentas e inundaciones afectan los transportes : trenes, aviones y carreteras, y por tanto a industria y negocios circundantes en lugares tales como Zaragoza que se ha convertido en un centro de logística nacional . Hay empresas que tienen en cuenta los riesgos climáticos en su toma de decisiones a largo plazo porque no son riesgos nuevos aunque si más frecuentes ej. Inundaciones, Sequías y Olas de calor . Con mayor frecuencia de riesgos las empresas se adaptan por supervivencia y crean planes, pero no hay planificación administrativa, se habla de efectos del CC pero pocas medidas; no se ha bajado al detalle de cómo el CC afectará a empresas, a salud, y a trabajadores. Los negocios e industria del sector de la nieve, la agricultura e industria agro-alimentaria serán las más afectadas. En el sector del turismo y negocios de nieve , para el sector turístico el CC es importante pero muy localizado, pequeño. Los patrones de pp y temp son más importantes en relación a plagas y sequías en agricultura y en la industria agro-alimentaria, y en el transporte de Aragón que se está desarrollando como plataforma logística que se verá afectada por inundaciones, nieve y otros extremos. Un problema es la incertidumbre de los cambios en los patrones para implementar medidas de adaptación.

	<p>Representante de Conservación de carreteras del Gobierno de Aragón (para el sector Infraestructura / medioambiente construido)</p>	<p>Importante incorporar márgenes para imprevistos en los cálculos (aunque ya se hace a medio y largo plazo en la construcción de carreteras por tema de prevención de accidentes) para adaptar a extremos de temperatura y escorrentías, que pueden afectar por ejemplo la estabilidad de laderas.</p> <p>También construir para más grados de temperatura que se predicen para el futuro CC, para evitar que se deterioreen los firmes, o si hay más hielos o hay más lluvias o más tormentas extremas -estas situaciones pueden disminuir la seguridad vial.</p> <p>Para elaboración de indicadores de Resiliencia, los parámetros físicos a considerar son temperatura y precipitación/ escorrentía/ caudales y desprendimientos de laderas.</p> <p>En aspectos socio-económicos en relación a CC y carreteras, el coste de materiales y diseño está vinculado a la cantidad de tráfico y por tanto a los usuarios. Se consideran empresas y número de usuarios, ej estación de ski, más turismo y más usuarios, las carreteras son mayores y bien conservadas por seguridad vial, las de más tráfico. También las carreteras cerca de empresas y logística, ej. General Motors, Fraga y zona de frutales, y zona con potencial turístico.</p>
<p>Cambios en temp y pp y efectos en las Comunidades y en el sector Salud</p>	<p>Representante de Salud del Colegio de Trabajo Social</p>	<p>El nivel de cultura/educación y renta/pobreza están relacionadas, así que además de menos capacidad económica, la población de ciertos barrios (ej. barrios de las Fuentes y Arrabal en Zaragoza centro) tiene también menos habilidades para, por ejemplo, para pedir subvenciones o ayudas, y vive en hogares con falta de higiene, agua, ventilación, y con más epidemias etc.</p> <p>En estos barrios además hay más riesgos y se sufren peor los efectos del CC tales como olas de calor e inundaciones. Por ejemplo por el Arrabal pasa el Ebro, ribera, necesita más política de cuidado, como la zona de El Tubo y casco histórico de Zaragoza, ya que las viviendas tienen mal aislamiento, la calefacción y refrigeración muy pobres, y riesgos de inundaciones. La</p>

	<p>Representante de CREA Confederación Regional de Empresarios de Aragón</p>	<p>población no tiene medios para poder pagar por Aire Acondicionado o sistemas de ventilación.</p> <p>Con menos recursos sociales, de educación y económicos, la población es más vulnerable al CC.</p> <p>Pero si hay subvenciones para retro-instalar sistemas, por ej. aguas reciclaje o pluviales en casas de 60 años, la gente acepta. O si hay política fuerte de implementación.</p> <p>En términos de datos/factores socio-económicos a usar en este estudio de vulnerabilidad elegiría el nivel educativo y tasa de desempleo.</p> <p>Hay mucha necesidad de educar más, ej. mediante campañas educativas sobre CC y olas de calor. Se filtra poco sobre CC a salud.</p> <p>La reducción en la pp y el incremento de temp pueden dar lugar a mayor número de epidemias y enfermedades como el virus del Nilo, la enfermedad de Lyme transmitida por garrapatas, etc.</p> <p>Impactos en la seguridad de trabajadores al aire libre: efectos crónicos dependiendo del CC: mayor frecuencia de extremos de tormentas, nieve y hielos en trabajadores al aire libre, nieve, campo, transporte, construcción, gestión de aguas, relacionados con temperaturas extremas experimentadas más frecuentemente, y también efectos y riesgo de accidentes en personas por el Cierzo, la temperatura baja y nieve, ej. más hielo y riesgo de accidentes.</p>
--	--	---

4.2. Información cuantitativa y gráfica

4.2.1. Datos climáticos

Para los datos de los impactos climáticos se usaron los modelos de AEMET de regionalización para Aragón derivado de las proyecciones de Cambio Climático del IPCC AR5⁴.

Las proyecciones del IPCC AR5 usan varias Trayectorias de Concentración Representativas, es decir 4 nuevos Escenarios de Emisión que se conocen como RCPs de sus siglas en inglés: Representative Concentration Pathways (RCPs). Estas van del 2000 al 2100.

En el Quinto Informe AR5 IPCC se han definido 4 nuevos escenarios de emisión, las denominadas Trayectorias de Concentración Representativas (RCPs, por sus siglas en inglés). Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR⁵) total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5 W/m². Las cuatro trayectorias RCP comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6), 2 escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de Gases del Efecto Invernadero -GEI (RCP8.5)⁶, véase la Figura 1.

Los nuevos RCPs pueden contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XX frente a los escenarios de emisión utilizados en el IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4) (denominados SRES, por sus siglas en inglés) que no contemplaban los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendientes a mitigar las emisiones.

⁴ Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 'Fifth Assessment Report' (AR5): Physical Science Basis, Working Group I (WGI), que fue finalizado en el 2014.

⁵ Radiación solar FR: energía emitida por el sol en forma de radiación electromagnética que llega a la atmósfera. Se mide en superficie horizontal, mediante el sensor de radiación o piranómetro, que se sitúa orientado al sur y en un lugar libre de sombras. La unidad de medida es vatios por metro cuadrado (W/m²).

⁶ http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/Nuevos_escenarios_emision_RCPs.htm

Observatorio de Salud y CC España y

<https://www.opcc-ctp.org/es/sector/clima-futuro>

Observatorio Pirenaico del Cambio Climático

RCP 2.6 es una trayectoria "muy estricta" de emisiones, es el escenario más optimista.

RCP 4.5 incluye esfuerzos de mitigación de las emisiones, y estas alcanzan su punto máximo alrededor de 2040, luego disminuyen

En RCP 6, las emisiones alcanzan su punto máximo alrededor de 2080 y luego disminuyen.

En RCP 8.5, el escenario más pesimista sin acciones de mitigación, las emisiones continúan aumentando durante todo el siglo XXI, en el escenario "business as usual". Desde el AR5 se ha pensado que esto es muy poco probable, pero aún posible, ya que las retroalimentaciones no se comprenden bien. Las trayectorias de alta concentración dependen de los supuestos de abundante combustible fósil para la producción futura.

Solo por referencia, el RCP 1.9 sería una trayectoria que limita el calentamiento global por debajo de 1.5°C, el objetivo aspiracional del Acuerdo de París.

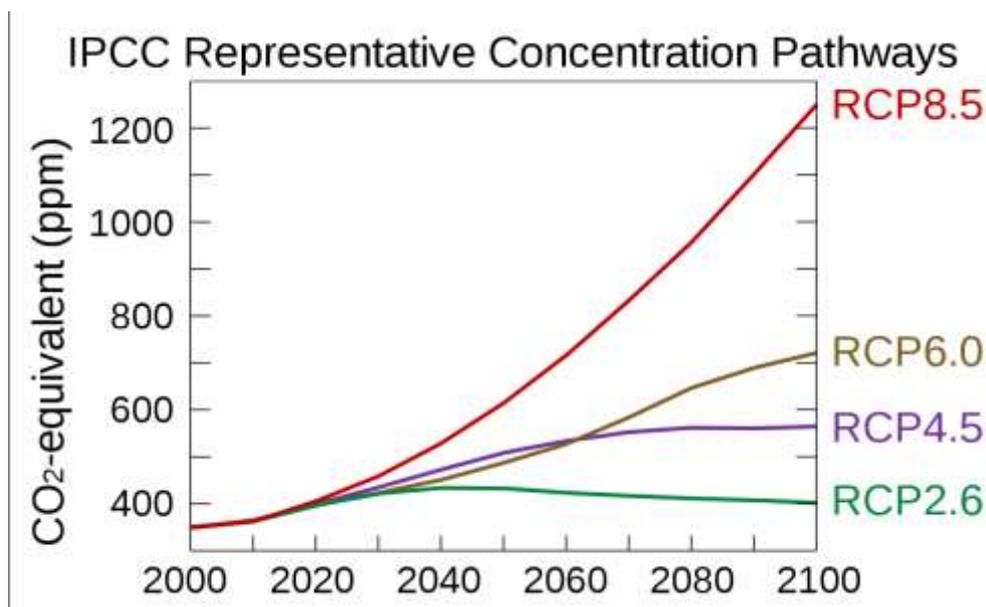


Figura 1 Concentraciones de CO₂-equivalentes para distintos escenarios de emisión (en partes por millón) de acuerdo con los cuatro RCP utilizados por el quinto informe de evaluación IPCC para hacer modelos predictivos

Fuente: Tomados de la guía resumida del quinto informe de evaluación AR5 del IPCC. WGI. "Cambio Climático: Bases Físicas", 2014.

Basado en las proyecciones del AR5, AEMET ha regionalizado las proyecciones para dos periodos para Aragón, y ha creado dos tipos de resultados que se pueden consultar en-línea⁷:

- 1- los Mapas de Proyecciones. Regionalización estadística análogos (y otros como la Regionalización Dinámica Cordex) para los periodos 2046-2065 y 2081-2100. Península y Baleares; y
- 2- los Gráficos de Evolución. Regionalización estadística análogos (y otros) para los periodos 2046-2065 y 2081-2100, por provincia.

Este estudio se ha concentrado en el **periodo 2046-2065 que tiene mayor relevancia en cuanto a las decisiones políticas a corto y medio plazo** para construir resiliencia en Aragón, y **se ha utilizado el escenario RCP 6** principalmente que supone una moderada mitigación de las emisiones de GEI (algunas proyecciones únicamente se han hecho para los RCPs 4.5 y 8.5 y en tales casos se han consultado las proyecciones para el escenario RCP8.5).

Los Mapas de Proyecciones (Reg Est Análogos) se han consultado para obtener datos a nivel Comunidad de Aragón sobre el Incremento de Temperatura máximo anual (°C), el Incremento de Temperatura máximo de verano (°C), el Cambio en Precipitación anual (+/- %), y el Cambio en Precipitación verano (+/- %).

⁷ http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos

Los Mapas de Proyecciones (Regionalización Dinámica Cordex) se han consultado para obtener datos a nivel Comunidad de Aragón sobre el Cambio en evapotranspiración anual (+/- %) No hay RCP6, se ha usado RCP8.5, y el Cambio en velocidad punta viento (+/- m/s) Invierno, no hay RCP 6, se ha usado RCP8.5.

Los Gráficos de Evolución. Regionalización estadística análogos se han usado para obtener datos sobre: el Cambio en % de precipitación -riesgo de sequias tendencia hasta 2100, el Cambio de duración del periodo seco (días)-riesgo de sequias tendencia hasta 2100, el Cambio en % precipitaciones intensas: tormentas (en relación a inundaciones), el Cambio duración de las olas calor (días), Incremento de Temperatura mínimas (°C), y el Cambio en días de Heladas.

Estos datos⁸ se han usado respectivamente y en combinación con los datos socio-económicos que se explican en la siguiente sección, para calcular los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia.

4.2.2. Datos socio-económicos

En esta fase del estudio se ha realizado una revisión de la información disponible para generar los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia, a través de la información suministrada por las bases de datos públicas, así como de otras bases de datos regionalizadas para Aragón.

La búsqueda de esta información a nivel de todas las comarcas aragonesas ha permitido hacer un diagnóstico y comparativa de la capacidad del territorio en los distintos sectores económicos.

Los datos socioeconómicos de Aragón, estadísticas de población, económicos y medioambientales se han obtenido a partir de la información del Instituto aragonés de estadística. Instituto Aragonés de Estadística (IAEST), Gobierno de Aragón.

⁸ Datos AEMET extraídos por provincias de revisión de mapas y gráficos de evolución para RCPs 8.5, 6, 4.5 mapas basados en todos los modelos (ej media de temp max todos modelos o mayor probabilidad); se han elegido mapas en vez de gráficos de evolución donde están disponibles porque presentan una 'foto fija' para un periodo. Temp min se ha considerado ya que la tendencia es a la subida de temperaturas, incluidas las mínimas, y la disminución del espesor de la nieve, y días de hielo.

Evapotranspiración es significativa para la agricultura pero relativa al incremento de temperatura que si se ha considerado. Incremento de temp mayor factor para salud -olas calor, e incendios. Datos de tormentas inciertos... tormentas se han considerado en relación a viento punta.

Mayor intensidad y mayor frecuencia de precipitaciones y tormentas/extremos que pueden dar lugar a inundaciones y granizo, relevante para infraestructura y para industria de seguros. La velocidad punta viento, indicador de tormentas, es relevante para infraestructura y para industria de seguros.

El sector seguros también se ve afectado por inundaciones, y por sequias y altas temperaturas que afectan a cosechas aseguradas.

Cambios en la velocidad media del viento son relevantes para energía eólica.

La Tabla 2 detalla las variables utilizadas para medir el impacto socio-económico y su unidad de medida.

Tabla 2 Variables utilizadas para medir el impacto socio-económico

Población total	Variables utilizadas
Empleo	% Población (pob) activa
	% ocupados (afiliados Seguridad Social + autónomos)
	% parados (desempleados /subsidios)
	Pob inactiva (niños, estudiantes, sin trabajar, pensionistas)
	% pob inactiva
	% parados + % pob inactiva
Nivel educativo	Nivel educativo (edu) medio alto (<ESO/EGB) de pob activa
	% nivel edu medio-alto de pob activa en relación a pob total
	Nivel educativo bajo (obligatoria) de pob activa
	% nivel edu bajo (obligat) de pob activa en relación a pob total
Renta disponible per cápita (comarca)	Renta disponible per cápita por comarca
Estructura del Valor añadido bruto por sectores. Aragón y comarcas. Serie 2010-2018	Medioambiente Natural (% superficie Espacios Naturales sobre total comarca)
	Medioambiente Construido (construcción)
	Infraestructura (extractivas, energía, agua)
	Comunidades Resilientes y Saludables (sanidad, colegios, Seguridad Social, Administración pública, Defensa)
	Agricultura y Recursos Forestales
	Negocios, Empresas e Industria

4.3. Análisis de datos para el cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia

Una vez elegidas las variables para el cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad se estimó necesario asignar una escala de valores correspondientes para cada comarca para facilitar los cálculos. Para asignar los valores de cada variable se ha utilizado información relevante de la bibliografía consultada. Además para la ponderación se utilizó juicio y experiencia profesional incluidas las entrevistas con expertos para dar valores a cada variable teniendo en cuenta polos de vulnerabilidad (ej. a más educación, menos vulnerabilidad; a más diversificación de las actividades económicas, menos vulnerabilidad; a menos renta per cápita, más vulnerabilidad a los impactos del CC etc. Véase información cualitativa referente, por ejemplo, a CC Olas de calor y Salud en Tabla 1 de Entrevistas con expertos).

Esta práctica es común en el proceso de asignar valores numéricos a características cualitativas por ejemplo en metodologías similares usadas para la construcción de modelos matemáticos (Agent-Based Models –ABM) basados en múltiples agentes y datos cualitativos además de variables cuantitativas (López-Avilés *et al.* 2015 y Van der Veen *et al.*, 2017).

Los valores (o pesos) asignados a cada variable analizada están detallados en la forma que se expresa en la Tabla 3.

Tabla 3 Valores (pesos) asignados para el cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad

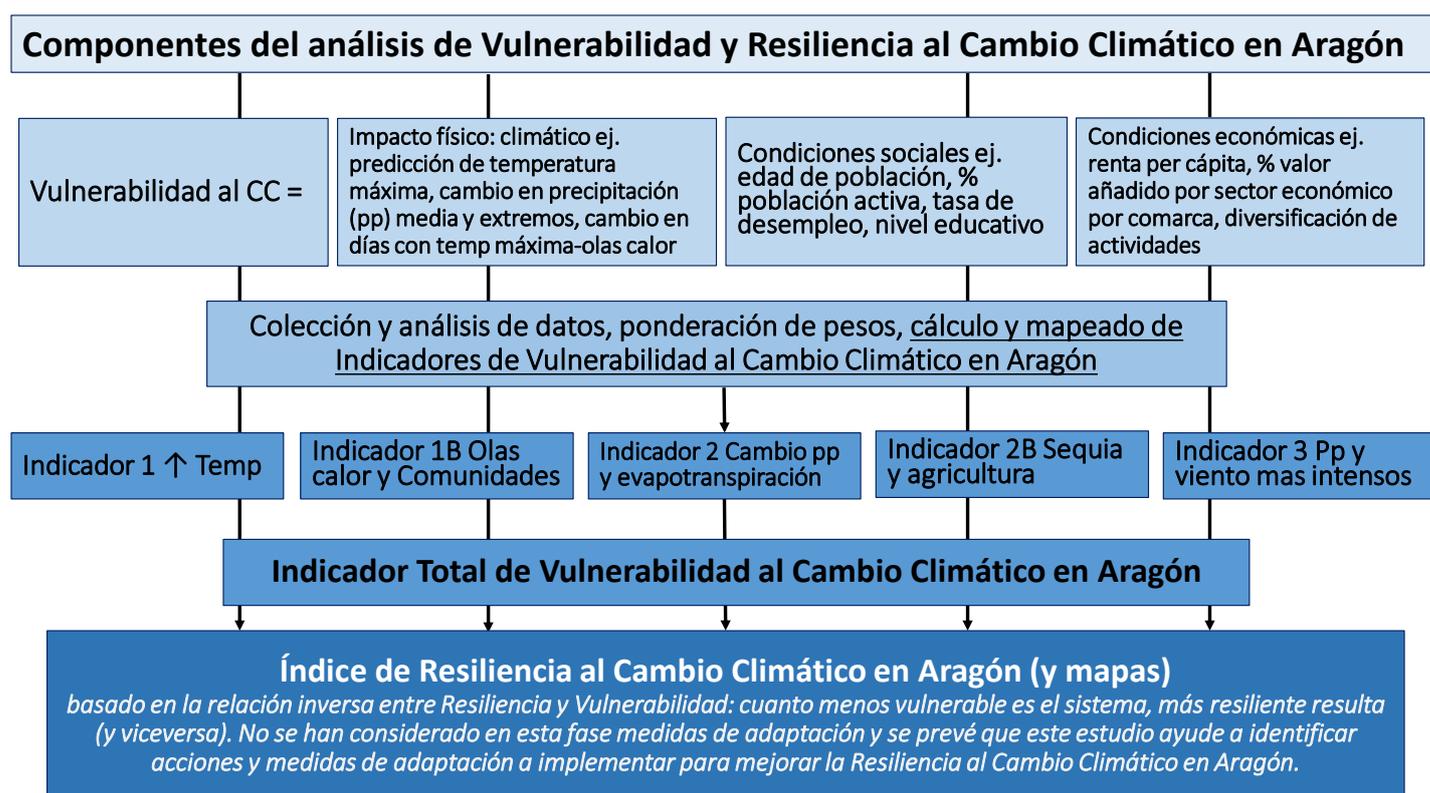
Población total	Peso (1 <10000, 2 10000-20000, 3 20000-40000, 4 >40000)
% parados + % pob inactiva (AO+AQ)	Peso (1 <60%, 2<64.9%, 3>65%)
% nivel edu bajo (obligat) de pob activa en relación a pob total	Peso (3 si pob activa nivel edu bajo >13%, 2 entre 10-12.9%, 1 si <9.9%)
Renta disponible per cápita (comarca)	Peso (3<13000, 2 si 13000-15000, 1>15000)
Medioambiente Natural % superficie EN sobre total comarca	Peso (1 de 0-20%, 2 de 21-45%, 3 de >46%)
Medioambiente Construido (construcción)	Peso (1 de 0-7.9%, 2 de 8-10.9%, 3 de >11%)
Infraestructura (extractivas, energía, agua)	Peso (1 de 0-10%, 2 de 11-30%, 3 de >30%)
Comunidades Resilientes y Saludables (sanidad, colegios, Seg Social, Admin publica, Defensa)	Peso (3 de 0-10%, 2 de 11-19.9%, 1 de >20%)
Agricultura y Recursos Forestales	Peso (1 de <10%, 2 de 11-19.9%, 3 de >20%)
Negocios, Empresas e Industria	Peso (1 de <30%, 2 de 31-59.9%, 3 de >60%)
Total actividad	Peso 1 a 5 sectores excepto medioambiente natural (a más diversificada la actividad económica más resiliencia = menos vulnerable -max 5 sectores, 5 sec=1, 4 sec=2, 3 sec=3, 2 sec=4, 1 sec=5, si <15% el sector no cuenta)
Total	Suma de pesos socio-económicos
<i>Nota: para todos los datos usados en el cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad al Cambio Climático en Aragón, ver también la hoja de cálculo Excel adjunta en el Anejo 2</i>	

4.4. Cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia

Para obtener los Indicadores de Vulnerabilidad al CC en Aragón, y desarrollar los mapas de vulnerabilidad a impactos del CC, se consideraron los impactos climáticos y también factores socio-económicos a nivel de comarca aragonesa, tales como estadísticas de desempleo, población, nivel de educación, renta per cápita, valor añadido por sector económico y otras estadísticas socio-económicas de Aragón, relacionadas con la información cualitativa de las entrevistas con expertos (véase la sección 4.1.). Los cálculos realizados para obtener los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia se detallan aquí y han de verse junto con la sección 5 de Resultados, y el Anejo 2 –base de datos EXCEL.

El cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia ha seguido una metodología que está representada en el diagrama de la Figura 2, y se explica en mayor detalle a continuación en este documento.

Figura 2 Esquema-resumen de la Metodología empleada



4.4.1. Cálculo de Indicadores de Vulnerabilidad

A partir de la información recopilada en entrevistas (ver Tabla 1) y a partir de los datos disponibles, se han construido 6 Indicadores de Vulnerabilidad:

- INDICADOR 1 de Vulnerabilidad al CC: Impacto de incremento de Temperatura,
- INDICADOR 1B Vulnerabilidad al CC: Impacto de olas de calor en Comunidades
- INDICADOR 2 Vulnerabilidad al CC: Impacto del cambio en Precipitación y Evapotranspiración,
- INDICADOR 2B Vulnerabilidad al CC: Impacto de los periodos de Sequía en Agricultura
- INDICADOR 3 Indicador Vulnerabilidad al CC: Impacto de precipitación y viento más intensos (tormentas, inundaciones)
- INDICADOR TOTAL de Vulnerabilidad al Cambio Climático en Aragón

El cálculo de los Indicadores de Vulnerabilidad se ha hecho siguiendo la siguiente expresión que aquí refleja el Indicador TOTAL (todos los parámetros incluidos, véase el Anejo 2 –base de datos EXCEL).

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Impacto físico} + \text{Impacto socio-económico}^9$$

Basados en los Indicadores de Vulnerabilidad, se ha calculado también un INDICADOR de RESILIENCIA para todas las comarcas de Aragón (ver sección 4.4.2.).

Para los Indicadores 1, 1B, 2, 2B, y 3 solamente se incluyeron ciertos parámetros: efectos climáticos relevantes a cada Indicador, por ejemplo para el Indicador 1B: Impacto de olas de calor en Comunidades, no se consideraron parámetros relacionados con evapotranspiración, sequía, cambios de precipitación y/o viento etc. (véase también el Anejo 2 –base de datos EXCEL).

Se ha de resaltar que en esta fase del estudio no se han considerado medidas de adaptación a los impactos del cambio climático tales como infraestructuras de defensas de inundaciones, ventilación y sombreados en edificios, zonas verdes y con agua donde refrescarse durante

⁹ Vulnerabilidad = (Valor (o Peso) del Incremento Temp max anual) + (Peso del Incremento Temp max verano) + (Peso del Cambio duración olas calor) + (Peso del Cambio en días de Heladas) + (Peso del Cambio en días de Heladas) + (Peso del Cambio en Precipitación anual) + (Peso del Cambio en Precipitación (pp) verano) + (Peso del Cambio en evapotranspiración anual) + (Peso del Cambio en % de pp) + (Peso del Cambio pp: sequias tendencia) + (Peso del Cambio en velocidad punta viento) + (Peso del Cambio en % pp intensas: tormentas) + (Peso de Población total) + (Peso del % pob inactiva) + (Peso del Nivel educativo) + (Peso de Renta disponible per cápita) + (Peso del Medioambiente Natural) + (Peso del sector Medioambiente Construido (construcción)) + (Peso del sector Infraestructura (extractivas, energía, agua)) + (Peso del sector de Comunidades Resilientes y Saludables (educación, sanidad, administración pública, defensa etc.) + (Peso del sector Agricultura y Recursos Forestales) + (Peso del sector Negocios, Empresas e Industria) + (Peso de la Diversificación de la actividad económica).

olas de calor, disponibilidad de aire acondicionado, colección de aguas pluviales y reciclado de aguas etc., ni medidas de capacitación y educación sobre la resiliencia tales como campañas sobre los efectos de las olas de calor en la salud.

4.4.2. Cálculo del Indicador de Resiliencia

Una vez que se determinaron los Indicadores de Vulnerabilidad a nivel comarcal, se desarrolló un Indicador de Resiliencia al Cambio Climático de Aragón.

La literatura nos indica que no es posible determinar la resiliencia por medio de un único indicador cuantitativo. Es particularmente importante que, en los proyectos donde se quiera medir la resiliencia, se recurra a una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos.

Durante las fases de diseño del proyecto o en sus momentos iniciales se deben emprender encuestas cualitativas, estructuradas por medio de distintas herramientas y técnicas estadísticas o micro-narraciones (Snowden, 2011), preferiblemente combinadas con otros procesos de sondeo bien establecidos. Estas encuestas o entrevistas pueden repetirse a mitad de período y al final del proyecto, lo que permitirá reforzar la base de datos cualitativos que sirven para hacer mediciones de la resiliencia.

La construcción del Indicador de resiliencia de Aragón se ha basado en la relación inversa entre Resiliencia y Vulnerabilidad: cuanto menos vulnerable es el sistema, más resiliente resulta (y viceversa).

Basado en Laganda (2016) *‘si se infiere una relación inversa entre vulnerabilidad y resiliencia, entonces es posible **asignar para la resiliencia puntuaciones altas cuando el índice de vulnerabilidad es bajo, y puntuaciones bajas cuando el índice de vulnerabilidad es alto**’.*

Basado en los mismos conceptos de Vulnerabilidad, Resiliencia y Adaptación al CC definidos en las secciones 1 y 2, Laganda (2016), establece ejemplos de la relación inversa entre Vulnerabilidad y Resiliencia, y de cómo se puede reducir la Vulnerabilidad, y de este modo, mejorar la Resiliencia mediante medidas de capacitación y Adaptación al CC. Este autor cita ejemplos (ver abajo) mediante fórmulas similares a las usadas en este estudio, en los que parámetros individuales se determinan mediante medidas de Adaptación pertinentes en un contexto particular:

Vulnerabilidad Peligros climáticos = Exposición Peligros climáticos x Sensibilidad Peligros climáticos
/Capacidad de adaptación

Vulnerabilidad Aumento del nivel mar = Proximidad a costa [km] x Dependencia de cultivos sensibles a inundaciones o salinidad [puntuación] /Acceso a variedades de cultivos o ganado resistentes a anegación o salinidad [puntuación]

Vulnerabilidad Sequía = Degradación del suelo [puntuación] x Períodos del año con escasez de agua [cantidad] x Dependencia del maíz [puntuación] / Acceso a variedades resistentes a la sequía [puntuación] x Acceso a financiación [puntuación] x Acceso a información meteorológica [puntuación] x Acceso a instalaciones de almacenaje [puntuación]

Así, esta metodología se considera práctica, transparente e útil para la elaboración de programas relacionados con la Capacitación y Adaptación al Cambio Climático de acuerdo con el mismo autor.

En este trabajo se ha construido una metodología para llegar a una primera aproximación al concepto de Resiliencia frente al cambio climático de las comarcas aragonesas basada en estos principios, sin considerar aspectos de Capacitación y Adaptación, que esperan abordarse en un futuro para aumentar la Resiliencia en Aragón.

Así pues, el Indicador de Resiliencia de Aragón se ha construido partiendo del Indicador de Vulnerabilidad TOTAL (Tabla 4), que se ha invertido y al que se han asignado los valores/ pesos 1, 2, 3 y 4 para todas las comarcas de Aragón siguiendo los siguientes grupos:

Resiliencia Muy Baja 1, Vulnerabilidad Total >116

Resiliencia Baja 2, Vulnerabilidad Total de 111 a 115

Resiliencia Media 3, Vulnerabilidad Total de 106 a 110

Resiliencia Alta 4, Vulnerabilidad Total <105

Por lo tanto, con la información obtenida de los Indicadores de Vulnerabilidad se han clasificado las comarcas de la Comunidad de Aragón en términos de Resiliencia Alta, Media, Baja y Muy Baja.

Los resultados para el **Indicador de Resiliencia de Aragón (A-IRe)** se presentan en la **Tabla 5 y Mapa 7**. La Tabla 5 se ha de examinar junto con el Indicador TOTAL de Vulnerabilidad para cada comarca en la Tabla 4, que como se ha explicado, se ha calculado partiendo de información de entrevistas (datos cualitativos) y la modelación (datos cuantitativos).

La Tabla 5 muestra los resultados, donde se puede apreciar que aproximadamente, el 78% de las comarcas de Aragón presentan un Indicador de Resiliencia Media-Baja-Muy Baja frente al Cambio Climático, y solamente 7 comarcas tienen una Resiliencia Alta.

Los resultados y mapas obtenidos para los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia se presentan y explican en la siguiente sección.

5. RESULTADOS Y REPRESENTACION CARTOGRAFICA

5.1. Resultados: Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia

Los resultados obtenidos para cada uno de los Indicadores de Vulnerabilidad son los incluidos en la Tabla 4 y se han representado en los Mapas 1 a 6, mientras que los resultados del Indicador de Resiliencia a nivel comarcal, calculados como la inversa del Indicador de Vulnerabilidad TOTAL, se presentan en la Tabla 5 y Mapa 7. Los resultados y los mapas se presentan y explican en más detalle a continuación.

Tabla 4 Indicadores de Vulnerabilidad al Cambio Climático en Aragón

Número Comarca	Nombre de comarca	Indicador 1	Indicador 1B	Indicador 2	Indicador 2B	Indicador 3	Indicador TOTAL
1	La Jacetania	34	12	32	4	24	105
2	Alto Gállego	36	12	34	4	26	111
3	Sobrarbe	36	11	34	5	26	111
4	La Ribagorza	36	12	34	6	26	113
5	Cinco Villas	37	14	31	6	26	113
6	Hoya de Huesca / Plana de Uesca	37	15	31	5	26	113
7	Somontano de Barbastro	36	14	30	5	25	109
8	Cinca Medio	37	14	31	5	26	112
9	La Litera / La Llitera	39	13	33	6	28	118
10	Los Monegros	39	13	33	6	28	118
11	Bajo Cinca / Baix Cinca	39	14	33	6	28	119
12	Tarazona y el Moncayo	36	13	30	4	25	107
13	Campo de Borja	34	13	28	5	23	102
14	Aranda	37	12	31	5	26	110
15	Ribera Alta del Ebro	39	14	33	4	27	116
16	Valdejalón	39	14	33	4	28	117
17	Central	36	15	30	4	24	108
18	Ribera Baja Ebro	39	12	33	5	27	115
19	Bajo Aragón-Caspe / Baix Aragó-Caspe	40	13	34	6	28	120
20	Comunidad de Calatayud	37	14	31	5	26	112
21	Campo de Cariñena	35	12	29	5	24	104
22	Campo de Belchite	36	12	30	6	25	108
23	Bajo Martín	39	12	29	3	28	110
24	Campo de Daroca	36	12	30	6	25	108
25	Jiloca - Calamocha	39	13	29	4	28	112
26	Cuencas Mineras	36	12	26	3	25	101
27	Andorra-S. Arcos	36	12	26	3	25	101
28	Bajo Aragón	36	13	31	3	26	108
29	Com. de Teruel	35	15	25	3	24	101
30	Maestrazgo	35	11	30	4	25	104
31	S. de Albarracín	38	12	28	3	27	107
32	Gúdar-Javalambre	39	12	29	3	28	110
33	Matarraña / Matarranya	39	11	34	5	29	117

Basado en la inversa del Indicador TOTAL de Vulnerabilidad y como se ha explicado en la sección anterior, se asignaron valores 1, 2, 3 y 4 para todas las comarcas de Aragón para así obtener el Indicador de Resiliencia (A-IRe) con el que se ha construido la Tabla 5 y Mapa 7.

Tabla 5 Clasificación de comarcas de Aragón según su Resiliencia al Cambio Climático

RESILIENCIA ALTA (4)	RESILIENCIA MEDIA (3)	RESILIENCIA BAJA (2)	RESILIENCIA MUY BAJA (1)
La Jacetania	Somontano de Barbastro	Alto Gállego	Cinco Villas
Campo de Borja	Tarazona y el Moncayo	Sobrarbe	Hoya de Huesca / Plana de Uesca
Campo de Cariñena	Aranda	La Ribagorza	La Litera / La Llitera
Cuencas Mineras	Central	Cinca Medio	Los Monegros
Andorra-Sierra de Arcos	Campo de Belchite	Ribera Baja del Ebro	Bajo Cinca / Baix Cinca
Comunidad de Teruel	Bajo Martín	Comunidad de Calatayud	Ribera Alta del Ebro
Maestrazgo	Campo de Daroca	Jiloca - Calamocha	Valdejalón
	Bajo Aragón		Bajo Aragón-Caspe / Baix Aragó-Casp
	Sierra de Albarracín		Matarraña / Matarranya
	Gúdar-Javalambre		

4 Resiliencia Alta
3 Resiliencia Media
2 Resiliencia Baja
1 Resiliencia Muy Baja

Resiliencia Muy Baja 1 Vulnerabilidad >116, Resiliencia Baja 2 Vulnerabilidad de 111 a 115, Resiliencia Media 3 Vulnerabilidad de 106 a 110, Resiliencia Alta 4 Vulnerabilidad <105

Esta primera aproximación a calcular la resiliencia de comarcas aragonesas al CC indica que incluso con impactos similares a nivel climático, por tomar un ejemplo, en las cuatro comarcas pirenaicas (ver Figura 3), la comarca de La Jacetania presenta mayor capacidad de Resiliencia a los cambios en incremento de temperaturas, evapotranspiración, mayor intensidad y número de tormentas etc. comparado con las comarcas del Alto Gállego, Sobrarbe y La Ribagorza. Esto es debido a factores económicos y sociales más positivos que permiten a La

Jacetania una mayor Resiliencia¹⁰ frente al clima (ej. mayor nivel educativo, menos población inactiva, mayor proporción de valor añadido en Comunidades: administración, sanidad etc. y en negocios: industria del turismo de montaña y nieve etc –véase Anejo 2 para datos en EXCEL) comparado con las otras tres comarcas cercanas al Pirineo.

Aun así cabe destacar que la Vulnerabilidad de estas tres comarcas pirenaicas con Resiliencia Baja (Tabla 5), es bastante cercana a la Resiliencia Media (con valores de 111 y 113, ver Tabla 4 y Mapas 6 y 7). En contraste hay que resaltar la Vulnerabilidad de comarcas con Resiliencia Muy Baja con los valores de Vulnerabilidad más altos (118, 119 y 120, ver Tabla 4 y Mapa 6) tales como La Litera, Los Monegros, Bajo Cinca, y Bajo Aragón-Caspe que son comarcas en las que la actividad principal es la agrícola (ver Figura 3 y Mapa 7). Estas comarcas, aunque pueden tener similares características socio-económicas a comarcas con Resiliencia Media o Baja, serán más afectadas por el Cambio Climático y sus efectos dado que el sector económico predominante de dichas comarcas es la agricultura (ver Tabla 4 y Mapa 6 para Vulnerabilidades de 118, 119 y 120, y Anejo 2 –datos en EXCEL).

Hay que resaltar **3 parámetros** que se han identificado por medio de las entrevistas (datos cualitativos) y la modelación (datos cuantitativos) como de **mayor influencia para construir Resiliencia, y son:** renta (puede y debe incluir reducción de desempleo), educación (de censados/residentes, y en menor medida de transeúntes / jornaleros), y diversificación de actividades (ej. mas negocios en paralelo a la agricultura). Todos estos aspectos tienen una relación con la edad de la población de las comarcas aragonesas, y en cuanto a las actividades económicas, estas están determinadas en gran medida por los aspectos climáticos y geográficos de cada comarca

5.2. Representación cartográfica

En este proyecto para el caso de Aragón se aglutinaron los seis sectores: Medioambiente Construido, Medioambiente Natural, Infraestructura, Comunidades Resilientes y Saludables, Agricultura y Recursos Forestales, y Negocios/Empresas/Industria bajo tres ámbitos geográficos (por provincias y comarcas –véase Figura 3), y se desarrolló una matriz espacio-sectorial para una más fácil representación de los indicadores del Cambio Climático y sectores de manera cartográfica (véase Tabla 6). Debe entenderse que hay solapes entre ámbitos (colores) y sectores (tramado) y no todos se han representado en todos los mapas; por ejemplo, los sectores Medioambiente Natural y Agricultura /Recursos Forestales se incluyen principalmente en el ámbito de montaña y rural, y por tanto están predominantemente presentes en comarcas cuya principal actividad económica es la agricultura, pero pueden estar presentes en el espacio urbano e industrial (agro-industria) también, y viceversa en el

¹⁰ La Jacetania es una comarca con renta per cápita alta por ski y turismo, y población media-baja, lo que la hace bastante resiliente (menos vulnerable a impactos climáticos que comarcas circundantes), pero al tener actividades económicas dependientes del espacio natural y clima, y del sector turismo principalmente, un evento de extremos también puede afectar y cambiarlo renta y resiliencia (ej. covid pandemia que no permite el turismo). El Indicador de vulnerabilidad TOTAL y la Resiliencia tienen que verse en combinación con mapas e Indicadores de Vulnerabilidad individuales, y con la base de datos para una mejor interpretación de los resultados.

caso del sector negocios/empresas/industria. El tema Comunidades Resilientes y Saludables abarca los tres ámbitos geográficos, es decir, todas las comarcas y provincias de la Comunidad de Aragón en mayor o menor medida y por tanto sólo se ha representado cuando es uno de los dos sectores más predominantes.

El coloreado y sombreados por distinto tramado (rayas verticales, horizontales, cuadros etc. por sector) se han utilizado en los Mapas de Vulnerabilidad y Resiliencia que se presentan a continuación.

Figura 3 División en provincias y Comarcas de la Comunidad Autónoma de Aragón

Comarcas

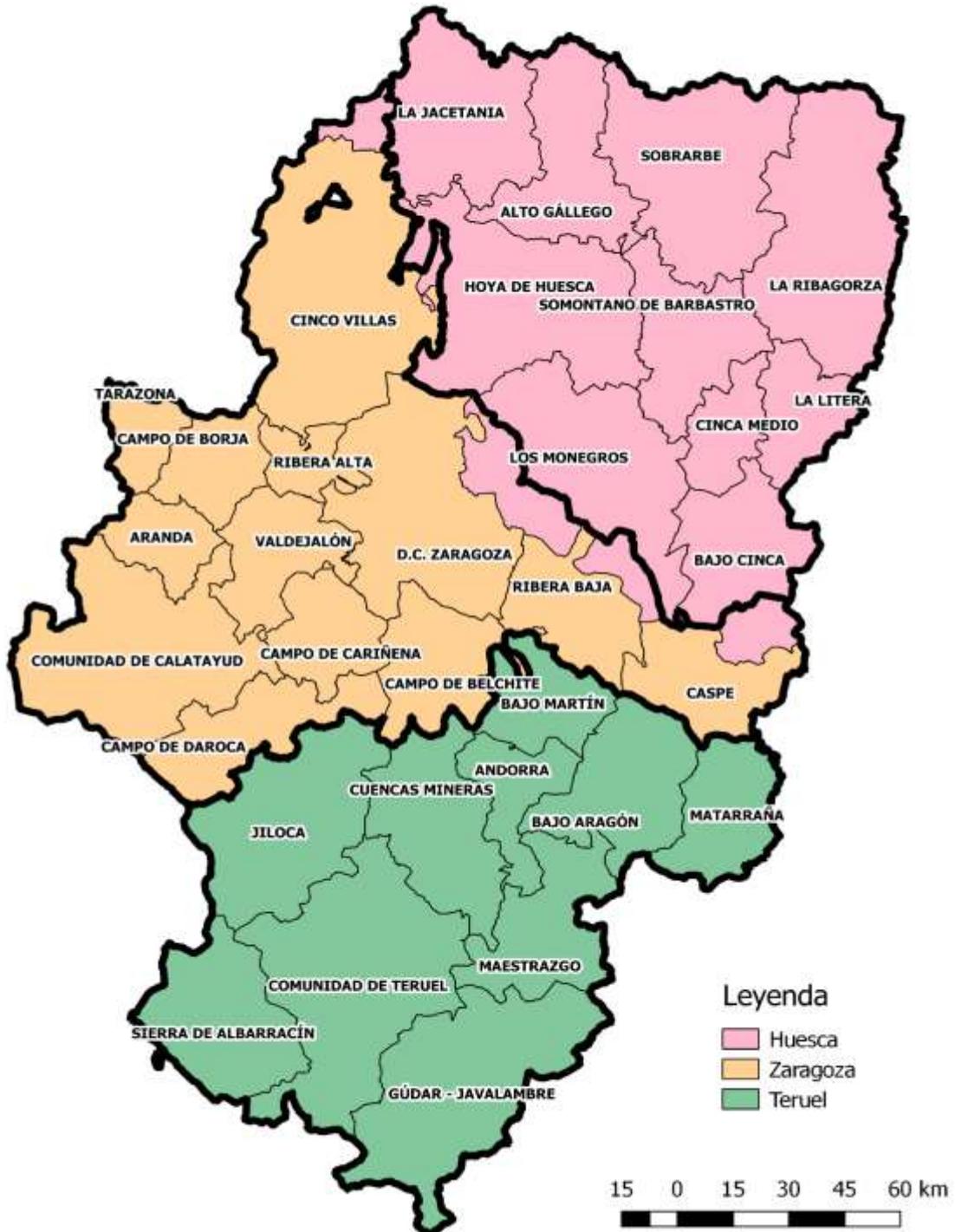


Tabla 6 Matriz espacio-sectorial para mapeo de Indicadores de Vulnerabilidad al CC en Aragón

	Comarcas/Ámbitos Aragón →	Huesca o Comarcas principalmente en ámbito montaña	Zaragoza o Comarcas con ciudades/ ámbito urbano	Teruel o Comarcas principalmente en ámbito rural	Coloreados por provincia o ← ámbito
	↓ Sectores (Temas ACC)				
Número de Indicador Total de Vulnerabilidad al CC (ejemplos) sobre mapa de límites de las Provincias y Comarcas de Aragón coloreados por provincia o ámbito →	Medioambiente Construido		119		Para el Mapa 6 de Indicador Total de CC se ha incluido el valor del indicador - rango de 101 a 120- en vez de una gama de color. También se ha incluido una capa de tramado para ilustrar el segundo sector de actividad principal por comarca (después del sector Negocio/ Industria que sale como el más importante en la mayoría de las comarcas)
	Medioambiente Natural	109		112	
	Infraestructura		116		
	Comunidades Resilientes y Saludables		118		
	Agricultura y Recursos Forestales			115	
	Negocios/ Empresas/ Industria		120	113	

Se han representado 6 mapas para los 6 Indicadores de Vulnerabilidad al Cambio Climático (CC), y se desarrolló también la siguiente matriz espacio-sectorial para la representación cartográfica. Las gamas de colores aquí representadas (véase Tabla 7) se aplicaran para los 5 Mapas de Indicadores de Temperatura, Olas de calor y Salud/Comunidades, Precipitación y Evapotranspiración, Sequía, y Tormentas (Viento e Inundaciones). Según el rango de los Indicadores se utilizó una gama de color rojo-naranja para temperatura (7 tonos para rango de 7), morado-rosa para olas de calor (5 tonos), verde-amarillo para precipitación y evapotranspiración (9 tonos), marrón para sequía (4 tonos) y azul para tormentas (viento e inundaciones -7 tonos).

Según los datos (ver Anejo 2), el sector de actividad económica principal para cada una de las comarcas es el de Negocios/ Empresas/ Industria excepto para tres comarcas: Los Monegros,

Campo de Belchite y Campo de Daroca donde el sector principal es el de Agricultura y Recursos Forestales. Para informar los mapas de Indicadores de CC de los Mapas 1 a 5, se ha añadido una capa de tramado representando los sectores de actividad económica principales para cada provincia en cada mapa de manera que estos aparecen como Mapas 1 a 5 con trama - con sectores. Los sectores se distinguen por un tramado (cuadrados, punteado, rayas diagonales derecha, horizontales, rayas diagonales izquierda y verticales) que permiten ver las gamas de colores del impacto climático debajo de acuerdo con la Tabla 8.

Teniendo en cuenta que el sector principal de actividad (dado por datos de valor añadido) es normalmente el de Negocios/ Empresas/ Industria para todas las comarcas con las tres excepciones citadas aquí arriba (Monegros, Belchite y Daroca), se ha representado el segundo sector más importante tal y cómo se detalla en la Tabla 9 ya que así los mapas aportan más información.

En el caso de las comarcas de **La Jacetania, Alto Gallego, Somontano de Barbastro, Tarazona y el Moncayo, Aranda, Maestrazgo, Sierra de Albarracín, y Gúdar-Javalambre**, el primer sector de actividad es también claramente el de Negocios/ Empresas/ Industria, pero el segundo sector más importante de actividad que se esperaba fuera el de Agricultura/Recursos Forestales, aparece con porcentajes de valor añadido pequeños (<15%) tales como 7%, 3%, 4% etc. (véanse datos en Anejo 2). Por lo tanto, para estas 8 comarcas, se ha usado el juicio profesional, datos adicionales y el conocimiento de la Comunidad de Aragón, y **se ha representado como segundo sector en importancia el Medioambiente Natural**, ya que en dichas comarcas un gran porcentaje del área es espacio natural (superficie EN), aunque esta categoría no tiene asociado un porcentaje de valor añadido como tal.

En resumen, en este estudio, **se ha incluido un mapa para cada uno de los Indicadores de Vulnerabilidad (total 5: Mapas 1 a 5) ilustrando el segundo sector de actividad más importante (Mapas 1 a 5 con trama –con sectores) entendiéndose como aquel más afectado por impactos del CC, ej. Agricultura, Comunidades Resilientes etc. junto con el sector de Negocios, Empresas, Industria, que aunque no está representado en los mapas, es el primer sector de la economía, considerado el más afectado por el Cambio Climático en la mayoría de las comarcas de Aragón (véase Tabla 9).**

Para el Mapa 6 Indicador TOTAL de Vulnerabilidad al Cambio Climático en Aragón, se utilizó la matriz espacio-sectorial con los 3 colores sugeridos que se aplican a ámbitos-comarcas o provincias ilustradas en la Tabla 6. Los límites de provincias y comarcas están también representados, así como el valor (número) del Indicador TOTAL de Vulnerabilidad al CC para cada comarca, es decir, en vez de una gama de color, se ha incluido el valor para cada comarca -rango 101 a 120- de la Lista de Indicador TOTAL (véase la Tabla 9). El Mapa 6 con trama, como en los otros mapas, representa los sectores predominantes en cada comarca después del sector Negocios/ Empresas/ Industria, que en todas las comarcas excepto en tres, es el sector principal por valor añadido.

En un futuro, si así se desea, se podrán realizar variaciones y combinaciones de los Mapas 1 a 6 con o sin tramados que representen sectores económicos, por ejemplo, el Mapa 6 con los tramados por sector y números del Indicador TOTAL de Vulnerabilidad por comarca, también se puede combinar sobre cada uno de los Mapas 1 a 5 de Indicadores climáticos teniendo cuidado que sean legibles si se usan en copia impresa.

Finalmente, basado en el Indicador TOTAL de Vulnerabilidad, se han agrupado las comarcas en rangos de 1 a 4 a la inversa del valor de Vulnerabilidad para representar Resiliencia al Cambio Climático, entendiéndose que cuanto más vulnerable es la comarca en el presente, menos resiliente. No obstante, hay que tener en cuenta que la Resiliencia puede incrementarse con medidas de adaptación, de infraestructura, técnicas, socio-políticas y económicas, que no se han considerado en esta fase del estudio.

Por tanto se ha incluido también un **mapa de Resiliencia al Cambio Climático en cuatro rangos o categorías por comarcas, que es el Mapa 7.**

TABLA 7 Matriz para MAPAS 1 a 5	Rango 34-40, 7 tonos de rojo-naranja	Rango 11-15, 5 tonos de morado-rosa	Rango 25-34, 9 tonos de verde-amarillo	Rango 3-6, 4 tonos de marrón	Rango 23-29, 7 tonos de azul
Indicadores de Cambio Climático en Aragón →	INDICADOR 1 de Vulnerabilidad al CC: Impacto de incremento de Temperatura	INDICADOR 1B Vulnerabilidad al CC: Impacto de olas de calor en Comunidades	INDICADOR 2 Indicador Vulnerabilidad al CC: Impacto del cambio en Precipitación y Evapotranspiración	INDICADOR 2B Indicador Vulnerabilidad al CC: Impacto de los periodos de Sequía en Agricultura	INDICADOR 3 Indicador Vulnerabilidad al CC: Impacto de pp y viento más intensos (tormentas, inundaciones)
Gammas de color sobre mapa de límites de las Provincias y Comarcas de Aragón →					

Tabla 8 Gamas de colores mas tramado para sectores de actividad económica, para variaciones de Mapas 1 a 6

Comarcas de Aragón →	INDICADOR 1 de Vulnerabilidad al CC: Impacto de incremento de Temperatura	INDICADOR 1B Vulnerabilidad al CC: Impacto de olas de calor en Comunidades	INDICADOR 2 Indicador Vulnerabilidad al CC: Impacto del cambio en Precipitación y Evapotranspiración	INDICADOR 2B Indicador Vulnerabilidad al CC: Impacto de los periodos de Sequia en Agricultura	INDICADOR 3 Indicador Vulnerabilidad al CC: Impacto de pp y viento mas intensos (tormentas, inundaciones)
↓ Sectores (Temas ACC)					
Medioambiente Construido					
Medioambiente Natural	118				120
Infraestructura			112		
Comunidades Resilientes y Saludables					
Agricultura y Recursos Forestales					
Negocios/Empresas/ Industria					

TABLA 9 Lista de Indicador TOTAL de Vulnerabilidad por Comarca de Aragón				Lista de Sector Principal y Segundo más impactados por CC por Comarca	
No. de Comarca	Comarca	Provincia	Indicador TOTAL de Vulnerabilidad al CC	Sector Econ Principal 1	Sector Econ Principal 2
1	La Jacetania	H-Z	105	Negocio/indust	Medioamb Nat
2	Alto Gállego	H	111	Negocio/indust	Medioamb Nat
3	Sobrarbe	H	111	Negocio/indust	Agric & Forest
4	La Ribagorza	H	113	Negocio/indust	Agric & Forest
5	Cinco Villas	Z	113	Negocio/indust	Agric & Forest
6	Hoya de Huesca / Plana de Uesca	H-Z	113	Negocio/indust	Comunidades & Admin
7	Somontano de Barbastro	H	109	Negocio/indust	Medioamb Nat
8	Cinca Medio	H	112	Negocio/indust	Comunidades & Admin
9	La Litera / La Llitera	H	118	Negocio/indust	Agric & Forest
10	Los Monegros	H-Z	118	Agric & Forest	Negocio/Indust
11	Bajo Cinca / Baix Cinca	H-Z	119	Negocio/indust	Agric & Forest
12	Tarazona y el Moncayo	Z	107	Negocio/indust	Medioamb Nat y ComunidadesAdmin
13	Campo de Borja	Z	102	Negocio/indust	Agric & Forest
14	Aranda	Z	110	Negocio/indust	Medioamb Nat
15	Ribera Alta del Ebro	Z	116	Negocio/indust	Agric & Forest
16	Valdejalón	Z	117	Negocio/indust	Agric & Forest
17	Central	Z	108	Negocio/indust	Comunidades & Admin
18	Ribera Baja del Ebro	Z	115	Negocio/indust	Infraestructura
19	Bajo Aragón-Caspe / Baix Aragó-Casp	Z	120	Negocio/indust	Agric & Forest
20	Comunidad de Calatayud	Z	112	Negocio/indust	Comunidades & Admin
21	Campo de Cariñena	Z	104	Negocio/indust	Agric & Forest
22	Campo de Belchite	Z	108	Agric & Forest	Negocio/Indust
23	Bajo Martín	T	110	Negocio/indust	Infraestructura
24	Campo de Daroca	Z	108	Agric & Forest	Negocio/Indust
25	Jiloca - Calamocha	T	112	Negocio/indust	ComunidadesAdmin
26	Cuencas Mineras	T	101	Negocio/indust	Infraestructura
27	Andorra-Sierra de Arcos	T	101	Negocio/indust	Infraestructura
28	Bajo Aragón	T	108	Negocio/indust	ComunidadesAdmin
29	Comunidad de Teruel	T	101	Negocio/indust	Comunidades & Admin
30	Maestrazgo	T	104	Negocio/indust	Medioamb Nat y Comunidades
31	Sierra de Albarracín	T	107	Negocio/indust	Medioamb Nat y Comunidades
32	Gúdar-Javalambre	T	110	Negocio/indust	Medioamb Nat
33	Matarraña / Matarranya	T	117	Negocio/indust	Agric & Forest

5.3. Resultados: Mapas de Vulnerabilidad y Resiliencia

Los resultados de los Indicadores de Vulnerabilidad y Resiliencia se ven ilustrados a nivel comarcal en Aragón mediante una serie de mapas descritos en las secciones anteriores, y que se presentan a continuación.

Mapa 1

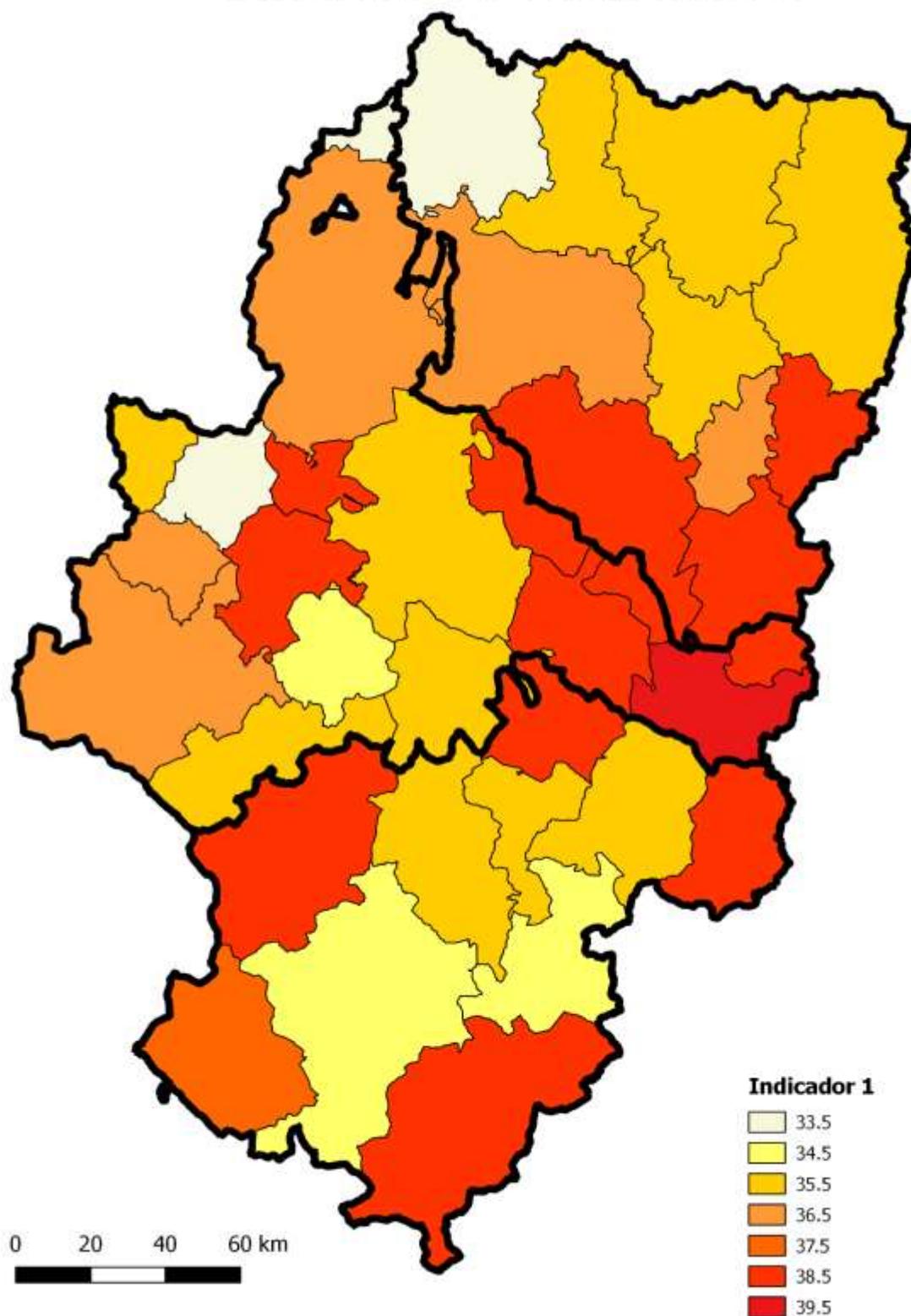
INDICADOR 1 de Vulnerabilidad al CC: Impacto de incremento de Temperatura

Y

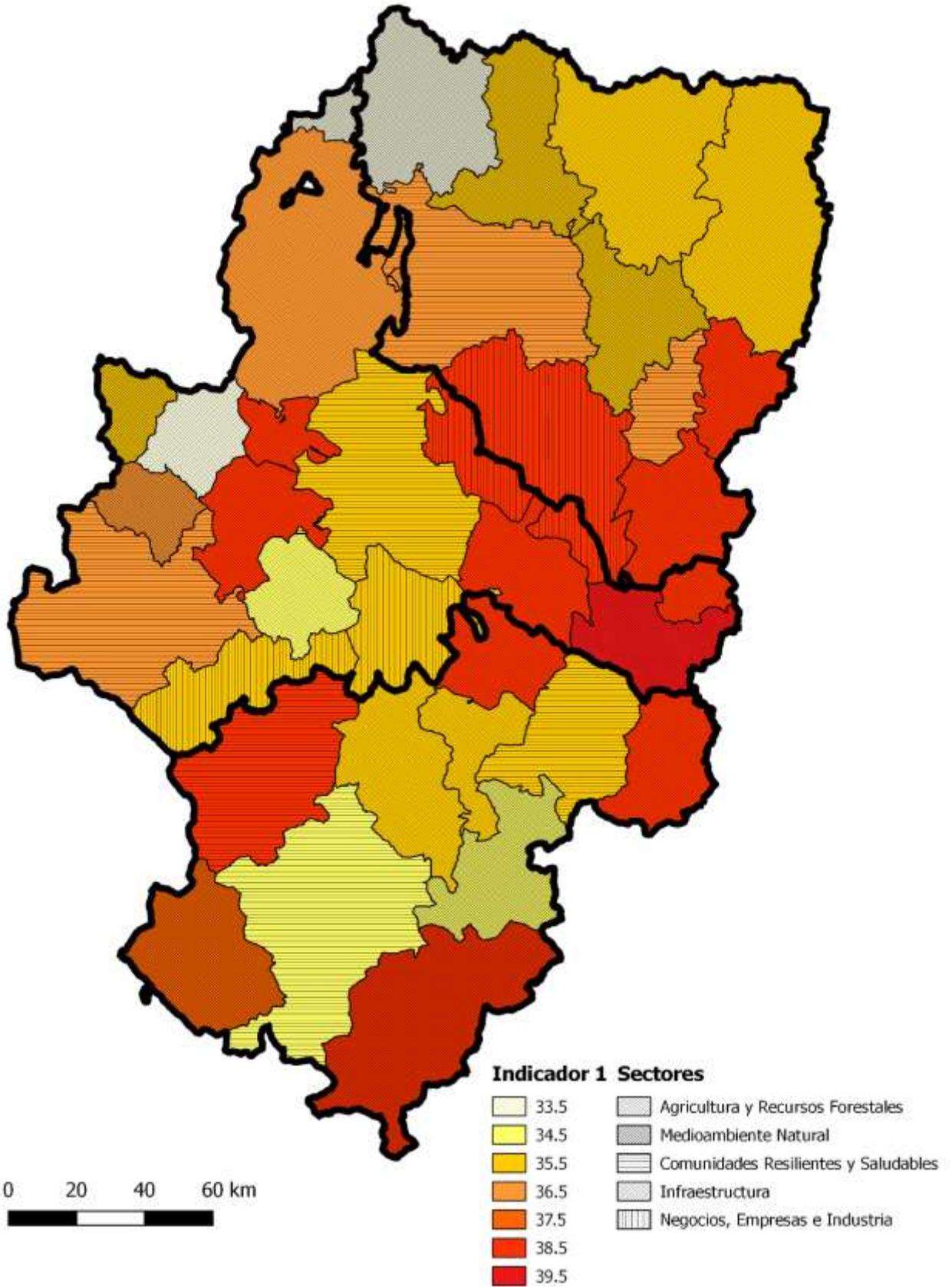
Mapa 1 con tramas –sectores

INDICADOR 1 de Vulnerabilidad al CC: Impacto de incremento de Temperatura con tramas del segundo sector de actividad más importante por comarca, después del sector Negocios/ Empresas/ Industria

Indicador 1. Temperatura



Indicador 1. Temperatura



Mapa 2

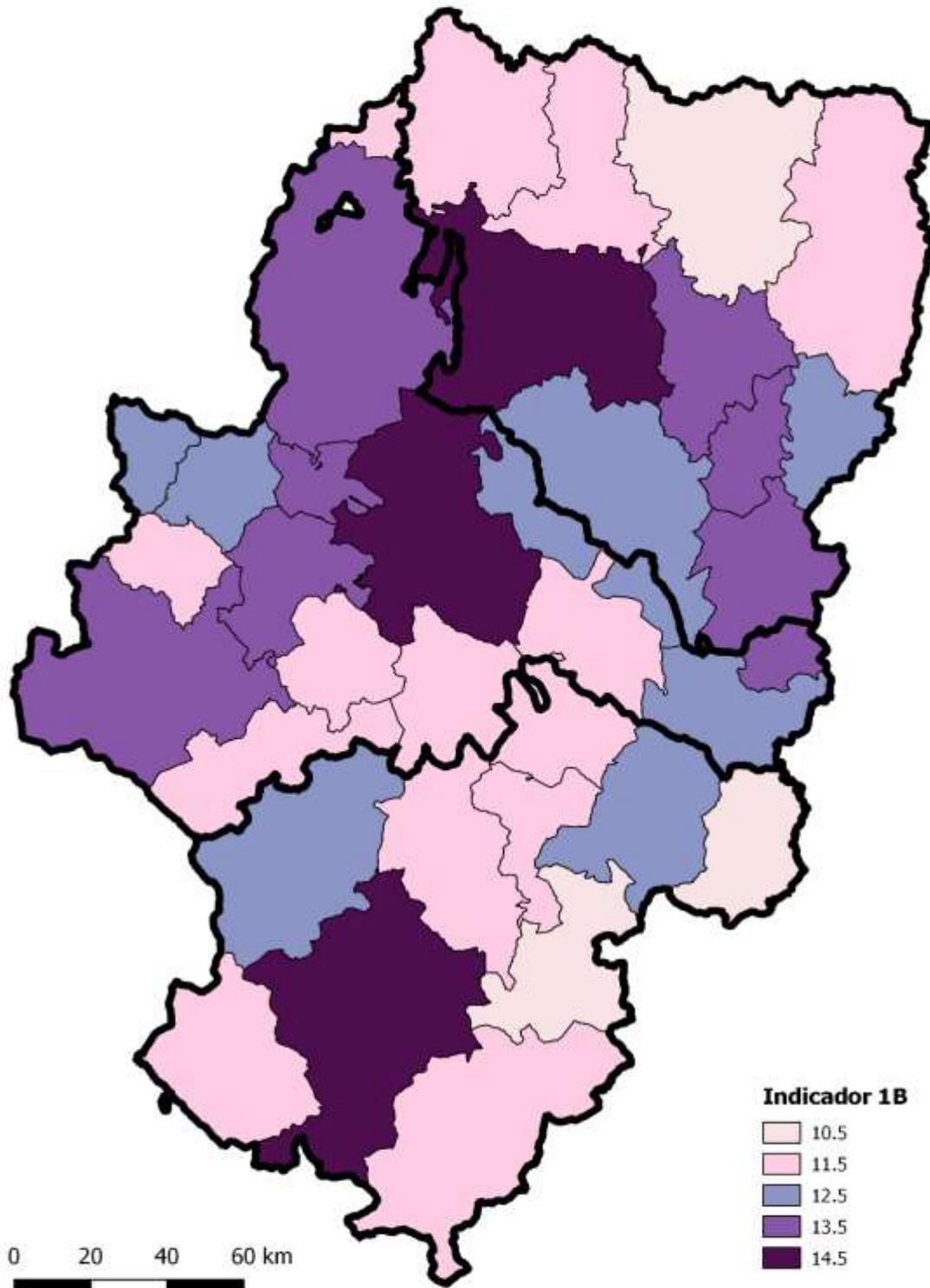
INDICADOR 1B de Vulnerabilidad al CC: Impacto de olas de calor en Comunidades

Y

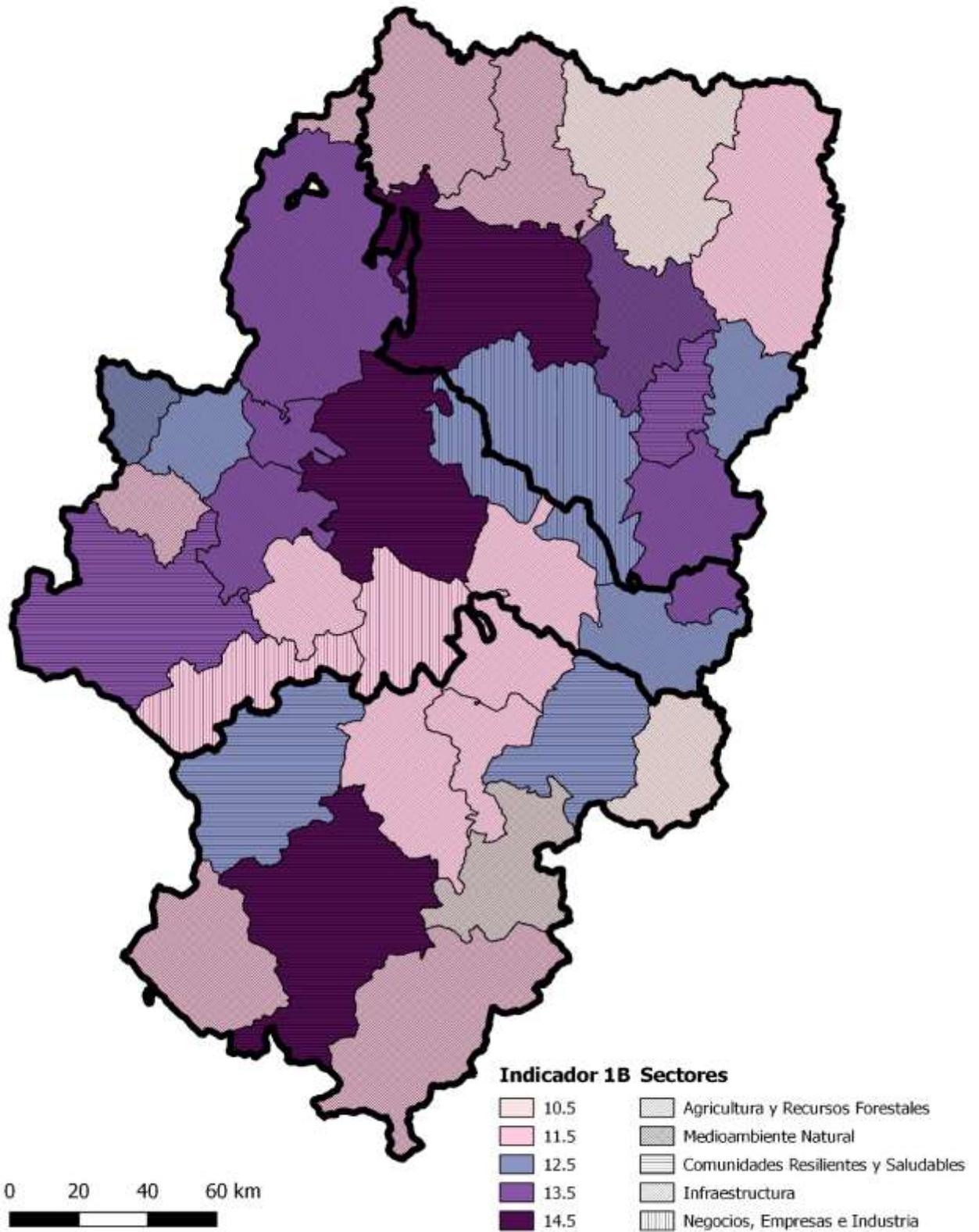
Mapa 2 con tramas –sectores

INDICADOR 1B de Vulnerabilidad al CC: Impacto de olas de calor en Comunidades con tramas del segundo sector de actividad más importante por comarca, después del sector Negocios/ Empresas/ Industria

Indicador 1B. Olas de calor



Indicador 1B. Olas de calor



Mapa 3

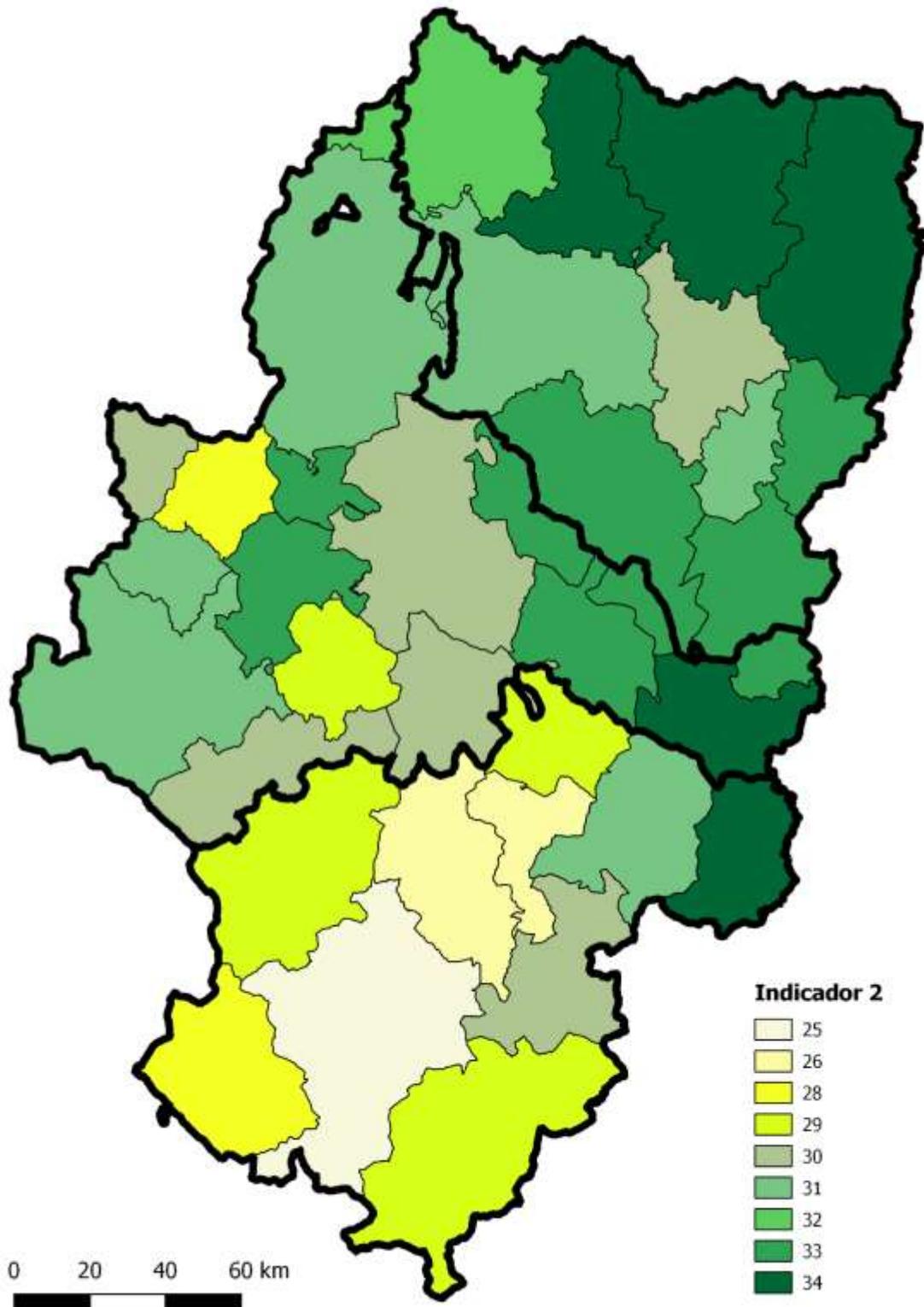
INDICADOR 2 de Vulnerabilidad al CC: Impacto del cambio en Precipitación y Evapotranspiración

Y

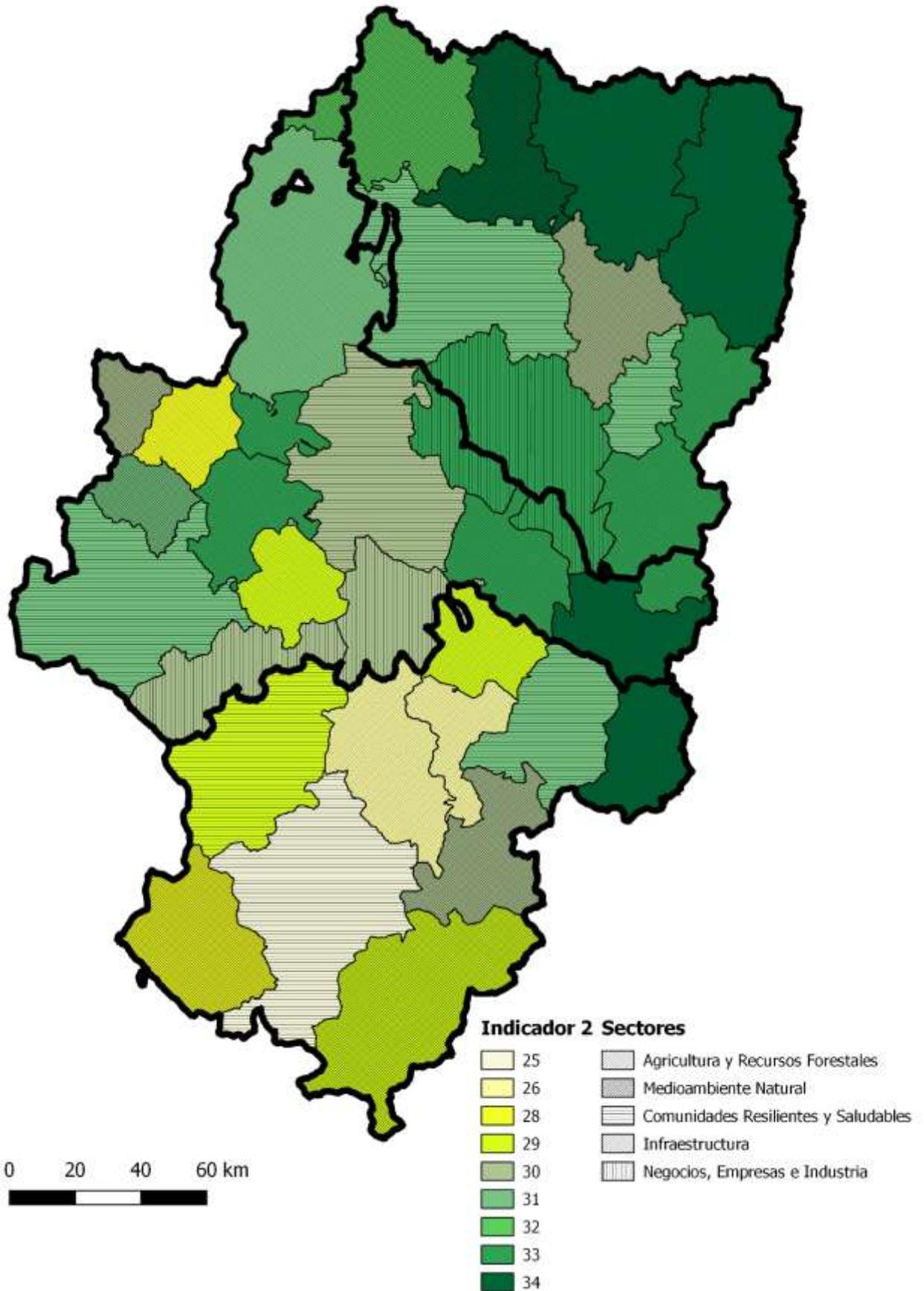
Mapa 3 con tramas –sectores

INDICADOR 2 de Vulnerabilidad al CC: Impacto del cambio en Precipitación y Evapotranspiración con tramas del segundo sector de actividad más importante por comarca, después del sector Negocios/ Empresas/ Industria

Indicador 2. Precipitación



Indicador 2. Precipitación



Mapa 4

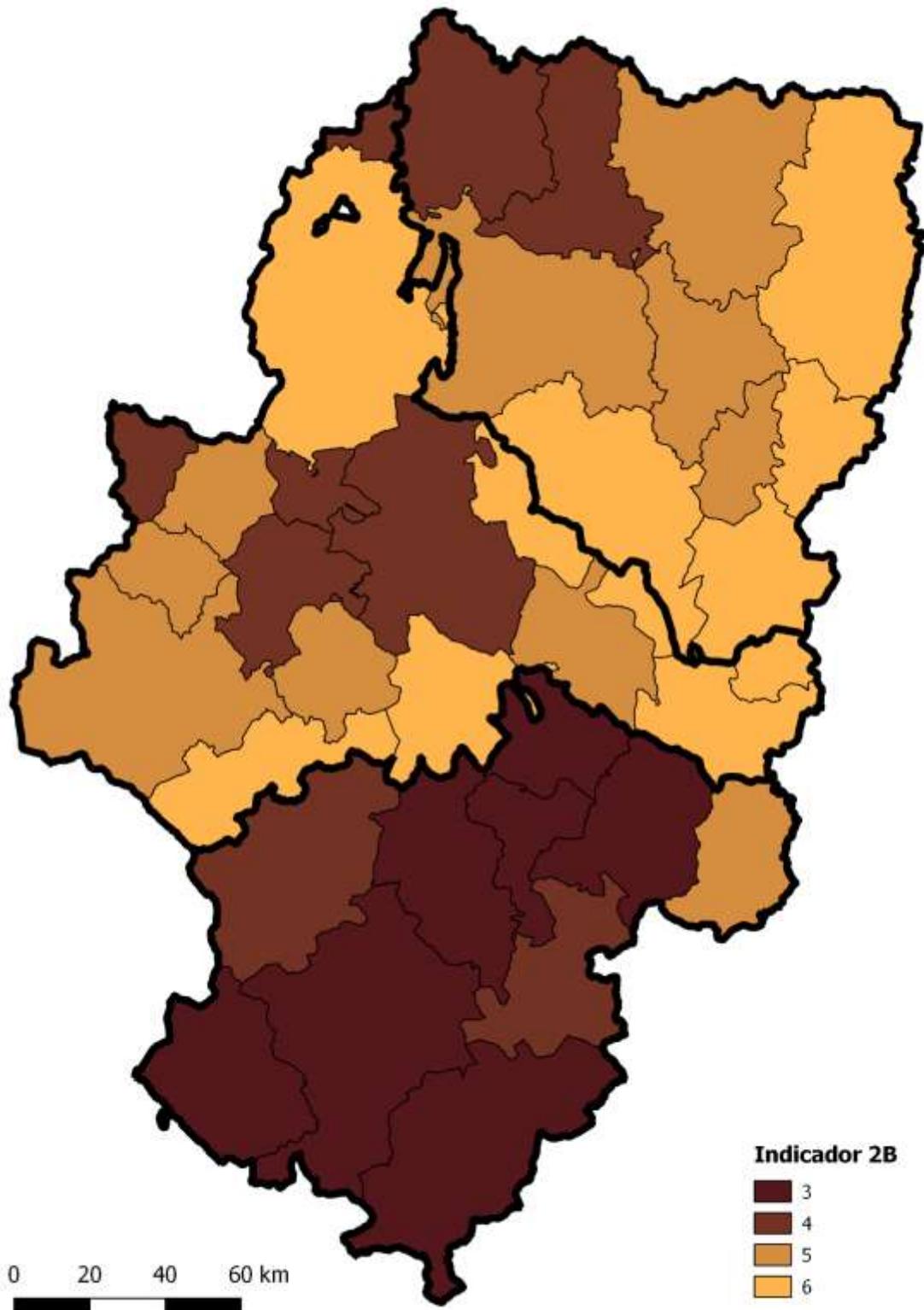
INDICADOR 2B Vulnerabilidad al CC: Impacto de los periodos de Sequía en Agricultura

Y

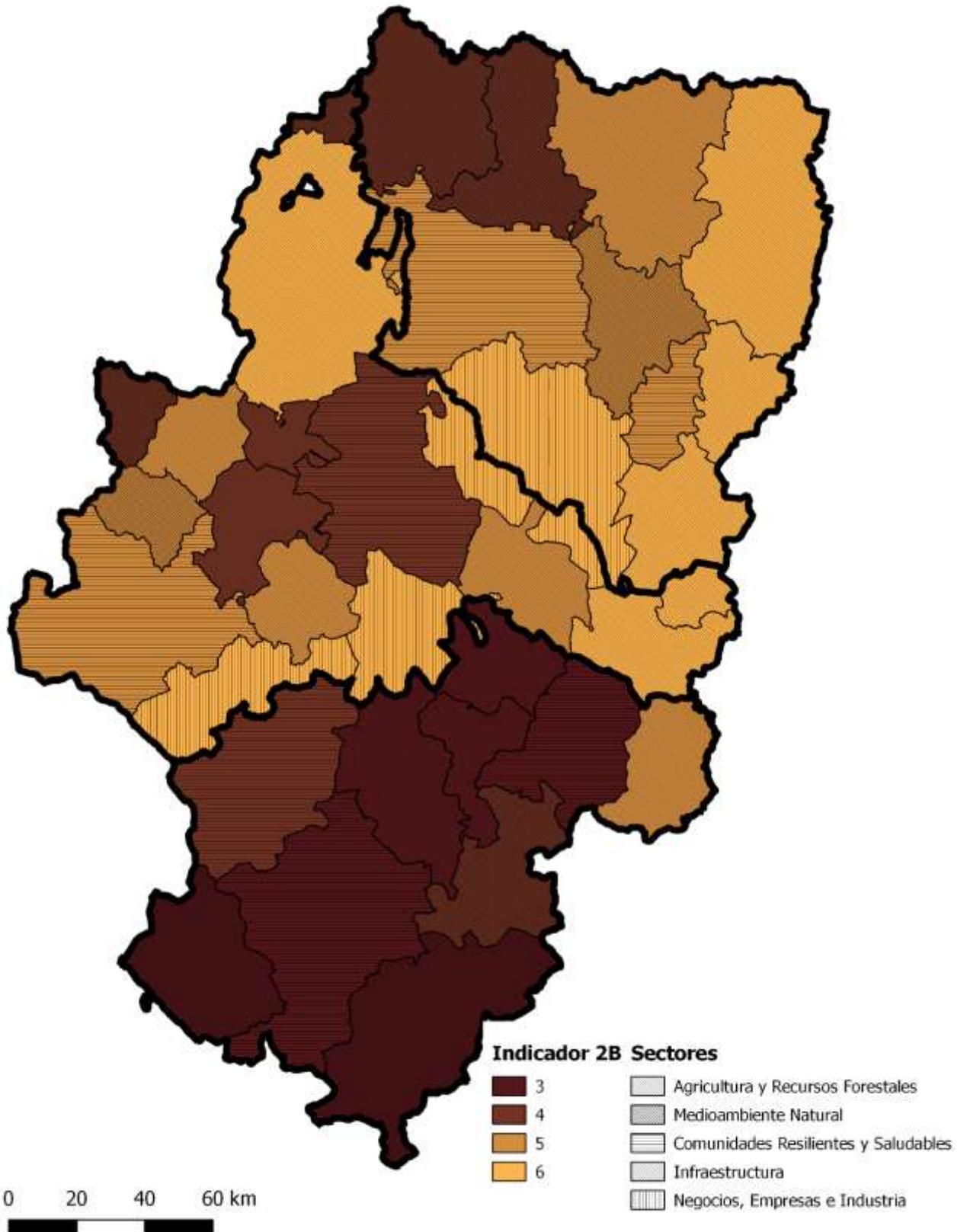
Mapa 4 con tramas –sectores

INDICADOR 2B Vulnerabilidad al CC: Impacto de los periodos de Sequía en Agricultura con tramas del segundo sector de actividad más importante por comarca, después del sector Negocios/ Empresas/ Industria

Indicador 2B. Sequías



Indicador 2B. Sequías



Mapa 5

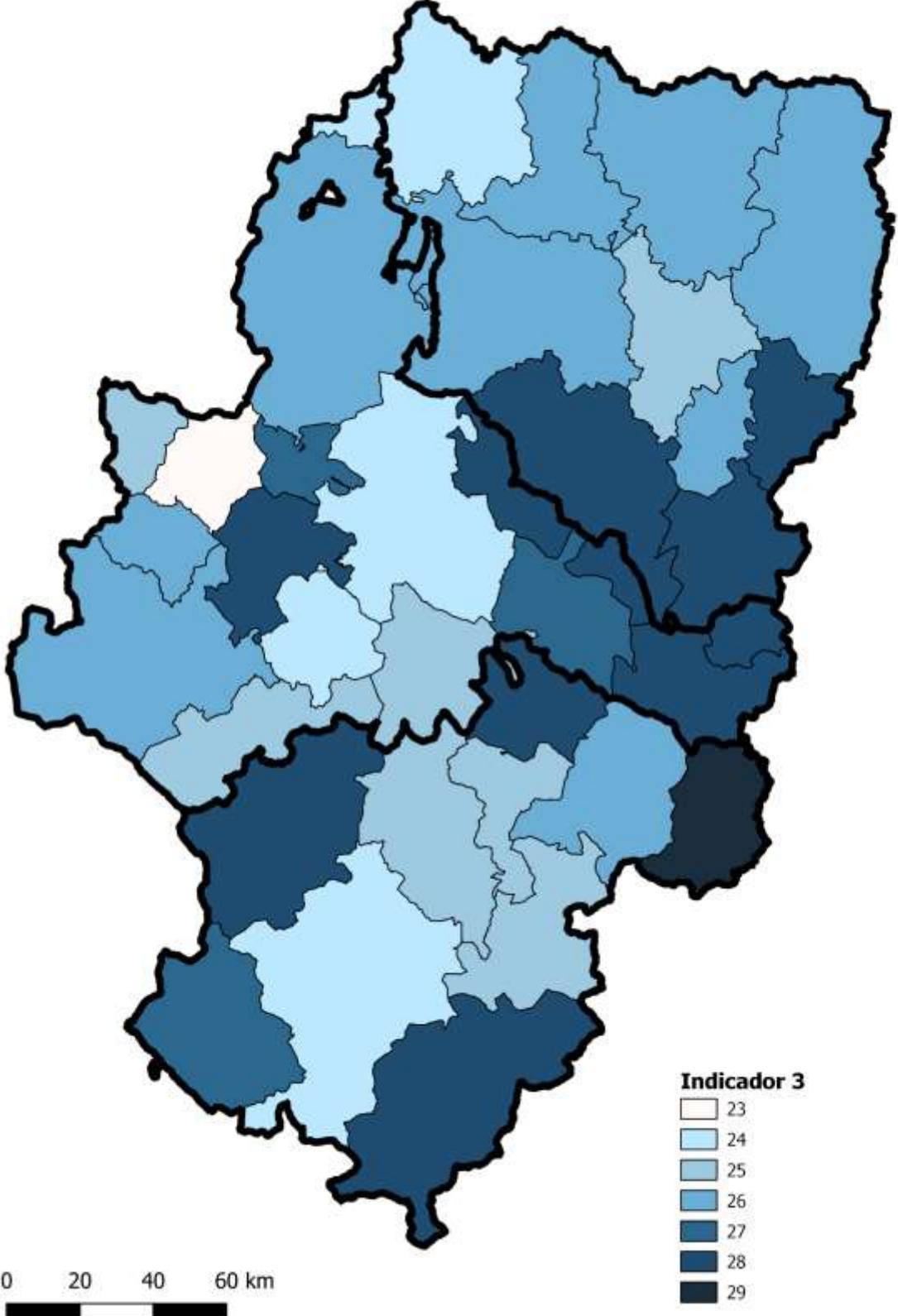
INDICADOR 3 Indicador Vulnerabilidad al CC: Impacto de precipitación y viento más intensos (tormentas, inundaciones)

Y

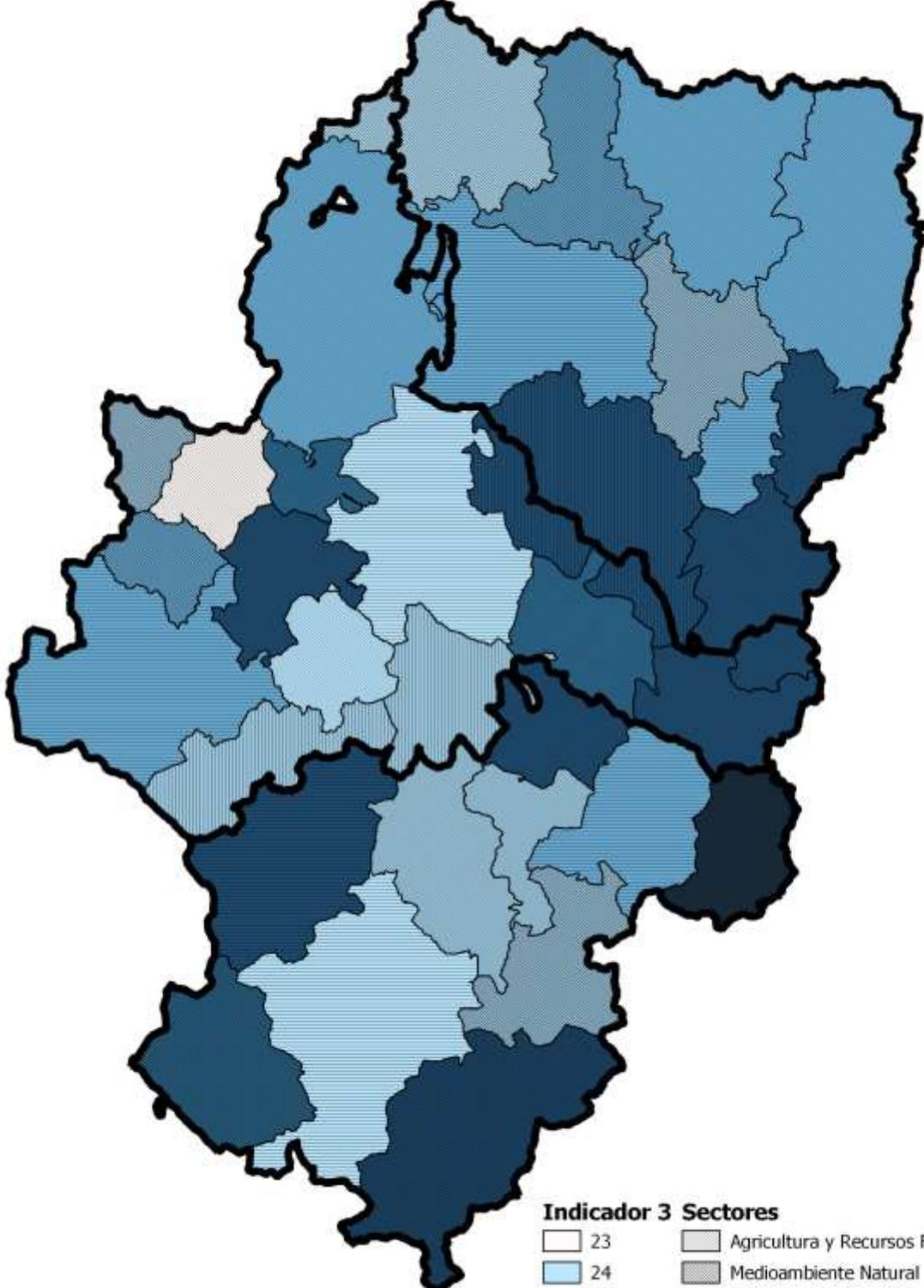
Mapa 5 con tramas –sectores

INDICADOR 3 Vulnerabilidad al CC: Impacto de precipitación y viento más intensos (tormentas, inundaciones) con tramas del segundo sector de actividad más importante por comarca, después del sector Negocios/ Empresas/ Industria

Indicador 3. Tormentas e inundaciones



Indicador 3. Tormentas e inundaciones



Indicador 3 Sectores

23	Agricultura y Recursos Forestales
24	Medioambiente Natural
25	Comunidades Resilientes y Saludables
26	Infraestructura
27	Negocios, Empresas e Industria
28	
29	

0 20 40 60 km

Mapa 6

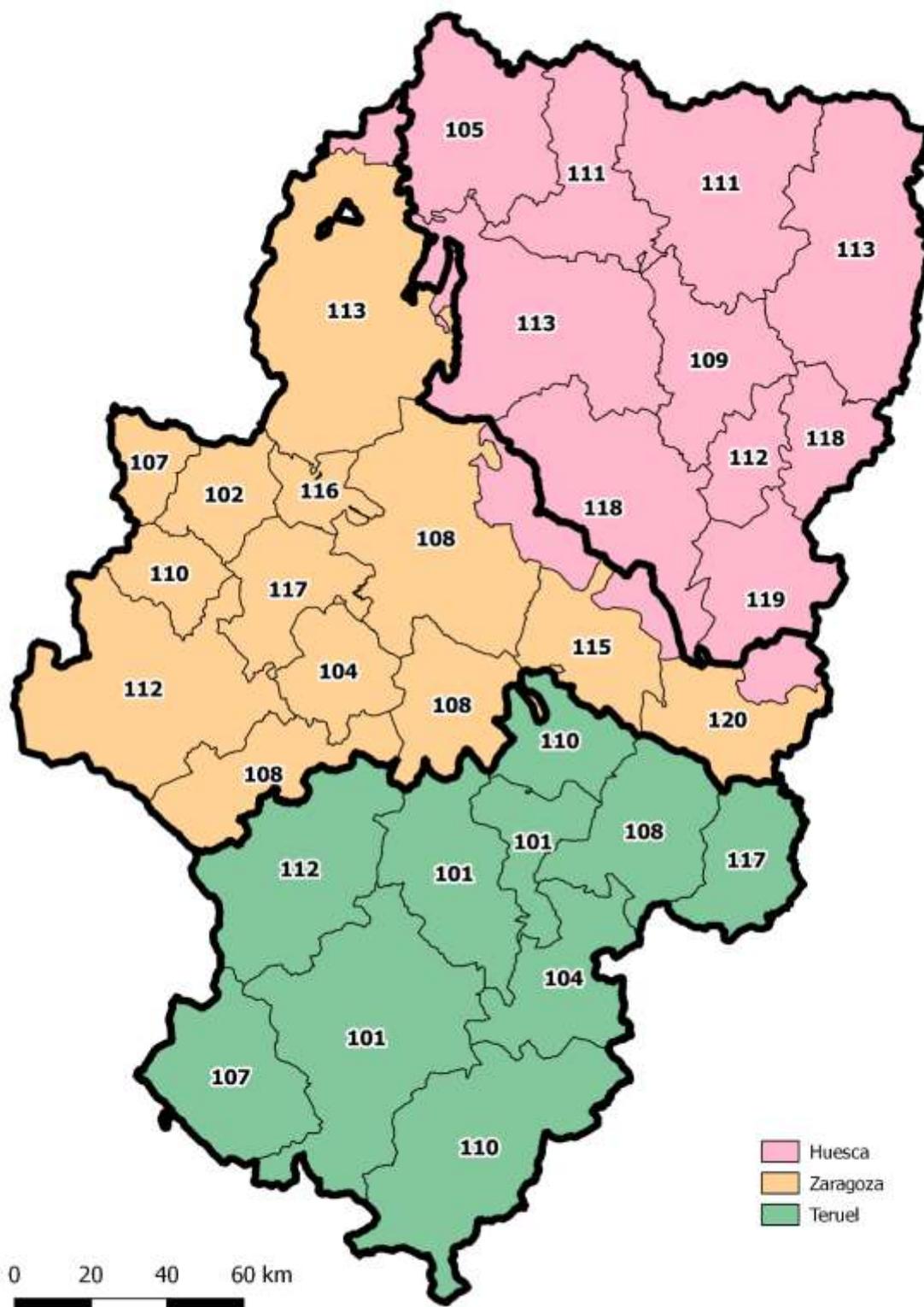
**INDICADOR TOTAL de Vulnerabilidad al Cambio
Climático en Aragón**

Y

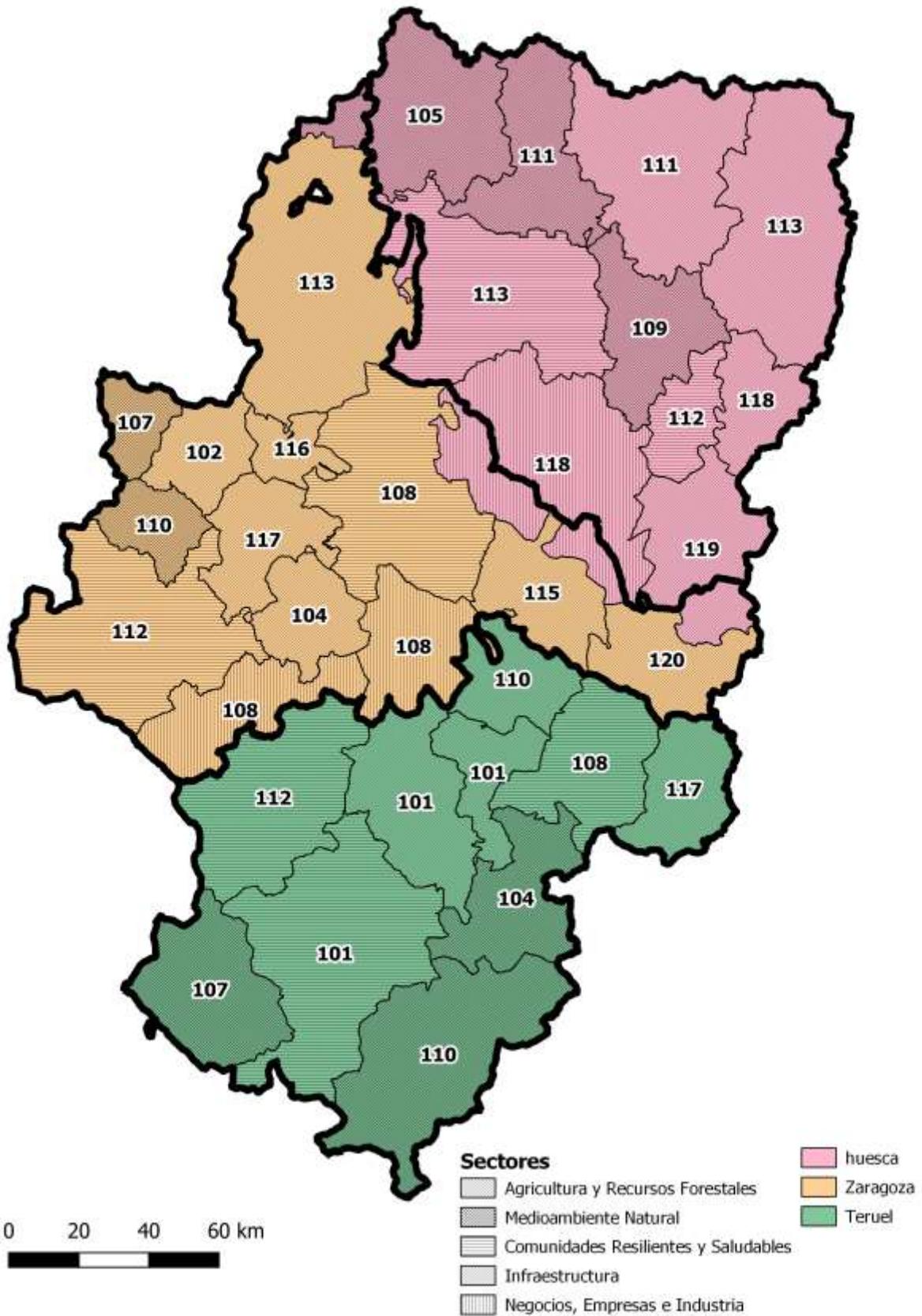
Mapa 6 con tramas –sectores

**INDICADOR TOTAL de Vulnerabilidad al Cambio
Climático en Aragón con tramas del segundo sector
de actividad más importante por comarca, después
del sector Negocios/ Empresas/ Industria**

Indicador Total



Indicador Total



Mapa 7

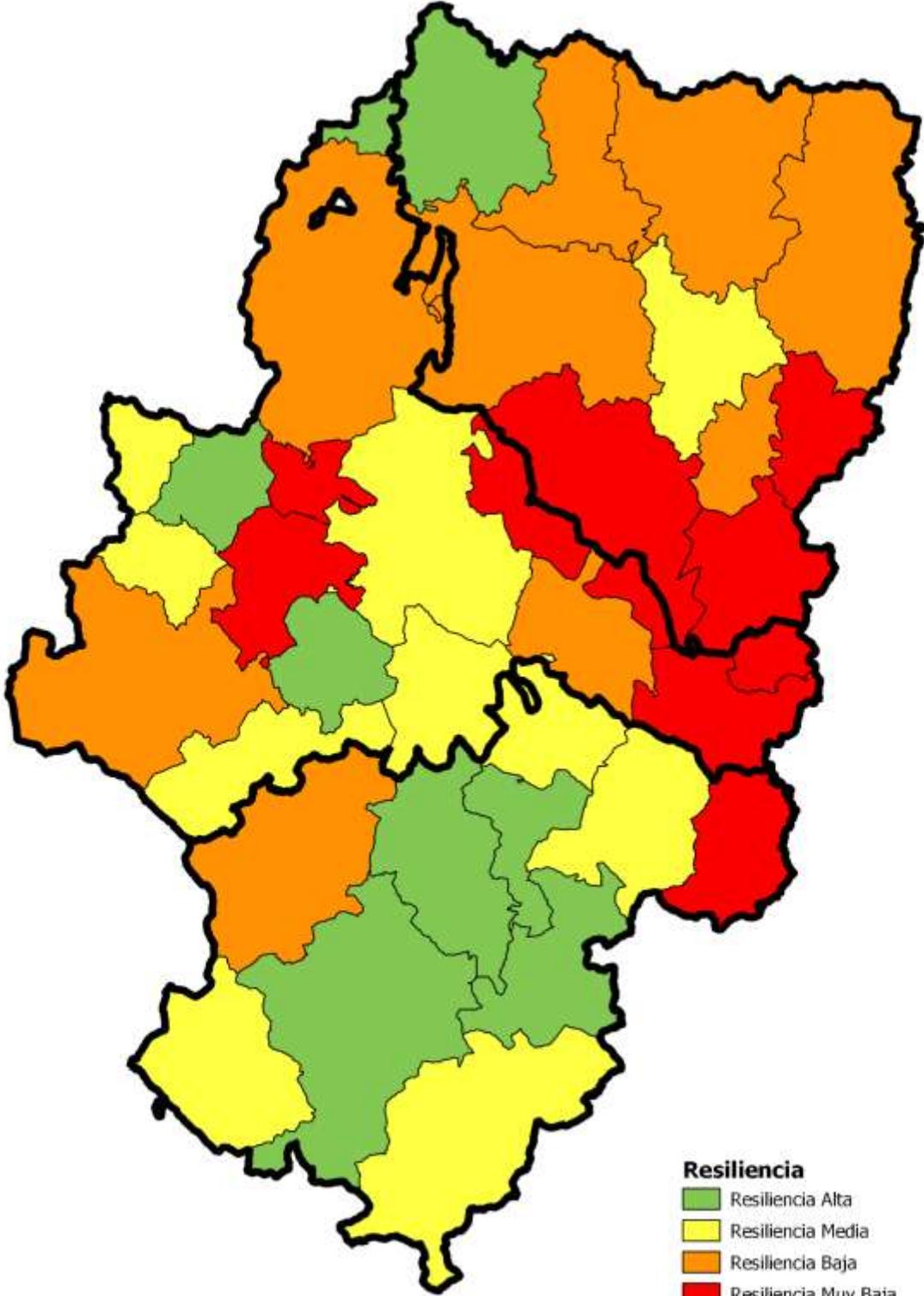
INDICADOR de RESILIENCIA para todas las comarcas de Aragón

Y

Mapa 7 con tramas –sectores

INDICADOR de RESILIENCIA para todas las comarcas de Aragón con tramas del segundo sector de actividad más importante por comarca, después del sector Negocios/ Empresas/ Industria

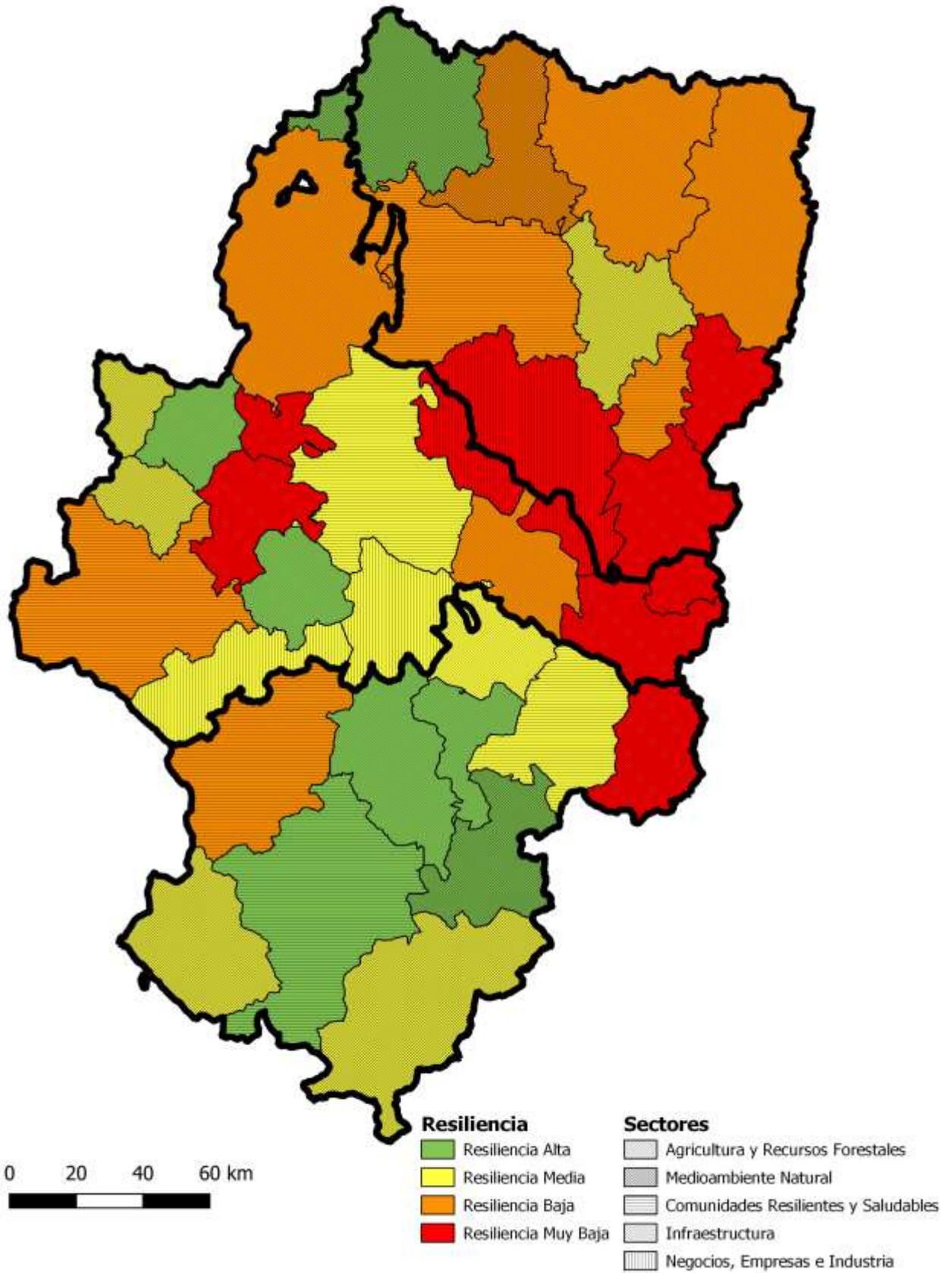
Indice de Resiliencia



- Resiliencia**
- Resiliencia Alta
 - Resiliencia Media
 - Resiliencia Baja
 - Resiliencia Muy Baja

0 20 40 60 km

Indice de Resiliencia



Notas explicativas: se entiende que a más vulnerable la comarca es en el presente, menos resiliente, aunque hay que tener en cuenta que la Resiliencia puede incrementarse con medidas y actividades de adaptación, de infraestructura, técnicas, socio-políticas y económicas, que no se han considerado en esta fase del estudio.

El Indicador de Vulnerabilidad TOTAL y el de Resiliencia tienen que verse en combinación con mapas e Indicadores de Vulnerabilidad individuales, y con la base de datos para una mejor interpretación de los resultados.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA ADAPTACION Y CONSTRUCCION DE RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMATICO Y EXTENSION DEL TRABAJO

La Resiliencia y Vulnerabilidad son dos caras de una misma moneda. Por ejemplo, si se es vulnerable a uno o más impactos del cambio climático, tales como la subida de temperaturas estivales y las consiguientes olas de calor e incendios forestales, o a las inundaciones debido a la mayor intensidad de tormentas de corta duración, entonces la sociedad tiene que construir resiliencia para adaptarse a esos eventos y superar las vulnerabilidades.

En este estudio se han obtenido varios Indicadores de Vulnerabilidad basados en datos disponibles sobre la situación físico-climática y socio-económica por comarcas en Aragón. Los Indicadores de Vulnerabilidad reflejan vulnerabilidad a específicos impactos del CC, y se ha generado también un Indicador TOTAL de Vulnerabilidad para las comarcas aragonesas. Este Indicador TOTAL de Vulnerabilidad ha permitido clasificar las comarcas aragonesas inversamente en términos de Resiliencia frente al CC.

Los resultados se representan cartografiados a nivel comarcal para cada uno de los Indicadores de Vulnerabilidad, que combinan dimensiones climática, social y económica específicas para cada comarca, de manera que los mapas ilustran las diferencias existentes entre comarcas, incluso próximas, que responden a sus características geo-climáticas y socio-económicas, y que por tanto hay que mirar individualmente comarca por comarca. Las aplicaciones prácticas de los mapas aquí creados son múltiples y algunos ejemplos se explican a continuación y en el Anejo 3.

A grandes rasgos, los resultados de este estudio indican que en términos de incremento de temperatura, las comarcas más vulnerables son las predominantemente agrícolas del Aragón oriental: Bajo Aragón-Caspe, Los Monegros, Ribera Baja, Bajo Cinca y Matarraña, mientras que en términos del efecto de estos incrementos de temperatura en la sociedad, las comarcas más vulnerables son las más pobladas, es decir, Zaragoza Central, Hoya de Huesca y Comunidad de Teruel, que están localizadas en la parte central de la Comunidad de Aragón.

En términos de cambios en la precipitación y evapotranspiración, las comarcas más vulnerables son las de los Pirineos, el Bajo Aragón-Caspe y Matarraña, y las comarcas principalmente agrícolas a lo largo del Ebro: Ribera Alta, Los Monegros, Ribera Baja, y Bajo Cinca.

Las comarcas de Teruel, Zaragoza Central y adyacentes: Valdejalón y Ribera Alta, y en Pirineos: La Jacetania y Alto Gállego son las más vulnerables a los impactos climáticos de sequías que se predicen para Aragón. Mientras que en relación a tormentas e inundaciones las comarcas más vulnerables son el Matarraña, seguida por el Bajo Aragón-Caspe, Valdejalón, Jiloca, Los Monegros, Bajo Martín, Bajo Cinca, La Litera, Gudar-Javalambre. Sierra de Albarracín y Ribera Alta.

Se observa que las comarcas muy dependientes de un solo sector principalmente agrario, con menor diversificación de las actividades, tienen menor capacidad de Resiliencia, y muchas de las comarcas más vulnerables a impactos climáticos que se han descrito aquí arriba, son las que también presentan una Resiliencia más Baja.

El Indicador de Vulnerabilidad TOTAL y el de Resiliencia tienen que verse en combinación con mapas e Indicadores de Vulnerabilidad individuales, y con la base de datos (Anejo 2) para una mejor interpretación de los resultados.

A nivel de la metodología de este estudio, cabe resaltar que los aspectos de entrevistas para informar cualitativamente el estudio, y la elección de parámetros y datos climáticos y socio-económicos combinados para la elaboración de Indicadores de Vulnerabilidad individuales y agregados, y de Resiliencia, son aspectos innovadores, así como también lo es el concepto de la matriz espacio-sectorial.

La información obtenida de las entrevistas con expertos apunta a que no hay implementadas muchas medidas de adaptación ni resiliencia al Cambio Climático, ni si quiera a nivel de conocimiento y mucho menos a nivel socio-económico, en Aragón. Por tanto, se concluye que es necesaria más Capacitación y Educación acerca de la Adaptación a los impactos inevitables del Cambio Climático, y también la implementación de medidas de Adaptación (ej. políticas, infraestructura) para la construcción de Resiliencia a nivel de la Comunidad Autónoma.

6.1. Aplicación práctica de los Indicadores y Mapas

Este estudio es una primera aproximación a ver la situación de Vulnerabilidad y Resiliencia de Aragón frente a los impactos del Cambio Climático, pero con los mapas ya generados se pueden indicar aplicaciones prácticas tales como matrices de riesgo e información detrás de estos mapas para planificación, toma de decisiones y políticas (véase el ejemplo de la matriz de riesgo usada detrás de mapas de riesgo de inundación en el Reino Unido en el Anejo 3).

6.2. Extensión del trabajo y futura investigación

Como extensión del presente estudio, se pueden examinar las medidas o parámetros de adaptación de infraestructura/técnicos y políticas/medidas de adaptación que reducen Vulnerabilidad y construyen Resiliencia en Aragón en el presente, y modelar para el futuro.

Basado en el método de Laganda (2016) presentado en la sección 4.4.2., dicho método puede utilizarse en el futuro para ampliar el estudio de Resiliencia al Cambio Climático en Aragón, teniendo en cuenta que en esta fase del trabajo, no se han tenido en cuenta medidas de Adaptación al Cambio Climático.

El objetivo de esta extensión del trabajo sería como mejorar la Resiliencia en Aragón. Reduciendo la Vulnerabilidad es como se consiguen los mayores beneficios, y eso incluye

medidas de adaptación físicas (ej. infraestructura), técnicas (ej. predicción), político-estratégicas (ej. capacitación) y socio-económicas.

Por tanto, para reducir la Vulnerabilidad se puede mejorar la medición y predicción de aspectos climáticos, la adaptación a estos mediante infraestructura por ejemplo de gestión de inundaciones (fuera del marco de esta fase del estudio), y también mejorar mediante capacitación aspectos socio-económicos como el nivel educativo (que permite mayor adaptación por ej. conociendo la manera de solicitar ayudas), la tasa de empleo, renta per cápita etc.

Basado en esta fase del estudio, en el futuro también será posible modelar los efectos de los pesos de las siguientes variables en la fórmula:

Vulnerabilidad= Riesgo climático (predicciones basadas en IPCC que engloban frecuencia y magnitud del riesgo) + pesos de varias características socio-económicas + peso de la diversificación de actividades económicas a escala regional /medidas de adaptación y capacitación para variables como por ejemplo:

- Renta disponible de la comarca: el ingreso se puede destinar a inversiones que hacen que la comarca sea menos vulnerable o que incluso la exponen en menor medida a los riesgos relacionados con el clima.
- Nivel educativo: El acceso a la información y la toma de decisiones implica cambios en la vulnerabilidad definida.
- Diversificación de la actividad económica: Ante escenarios de incertidumbre climática la adaptación y cambios en diversificación de la actividad productiva es un elemento clave para la vulnerabilidad.
- Expertos: La información cualitativa es un elemento necesario para medir el nivel de conocimiento y exposición del territorio a los impactos del cambio climático.

Otros aspectos a examinar en el futuro incluyen:

- Distintos escenarios de emisiones y horizonte hasta 2100 con datos regionalizados de predicciones del IPCC para Aragón por AEMET.
- Aplicaciones: Matrices de riesgo como ejemplo de Reino Unido en Anejo 3
- Nuevos mapas y explicaciones, a distinta escala posible pero se entiende que la escala adecuada para decisión y política es el nivel comarcal
- Posible creación de ‘Paquetes de Políticas de Adaptación y Resiliencia’
- Análisis de factores que sean igual número de factores físicos y que factores socio-económicos se pueden cambiar o incluir. Se puede afinar. Decir porque y cuantos.
- Ponderación de factores y creación de Indicador con más o menos agregación
- Modelación de cómo alcanzar mayor Resiliencia usando varios parámetros políticos y socio-económicos, y de medidas y actuaciones de Adaptación para construir

Resiliencia (ej. físicas de infraestructura tales como urbanísticas y arquitectónicas - zonas verdes de recreo, de sombreado y ventilación contra altas temperaturas-; de defensa contra inundaciones; de mejora de carreteras para extremos de tormentas de lluvia, nieve etc.; de mejora general contra granizo y viento de mayor intensidad etc.).

REFERENCIAS

Adaptation Sub-Committee (ASC) (2015) 'UK National Adaptation Programme –NAP de 2014 publicado en el 2015, Department of Environment Food and Rural Affairs –DEFRA

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/727252/national-adaptation-programme-2018.pdf

Angeon, V. and Bates, S., **2015**, 'Reviewing Composite Vulnerability and Resilience Indexes: A Sustainable Approach and Application', *World Development* Vol. 72, pp. 140–162, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.02.011>

Australian Government (2013) Climate Adaptation Outlook: A proposed national adaptation assessment framework

<https://www.environment.gov.au/system/files/resources/e70b19e5-e378-499b-8ae3-cbb42875328c/files/climate-adaptation-outlook.pdf>

<https://www.environment.gov.au/climate-change/adaptation/publications/climate-adaptation-outlook>

Climate-ADAPT (2015) 'UK Statutory evaluation of the National Adaptation Programme 2014

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/727252/national-adaptation-programme-2018.pdf

DEFRA (2018) 'Third Strategy for Climate Adaptation Reporting; Making the country resilient to a changing climate', Department of Environment Food and Rural Affairs -DEFRA

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/727252/national-adaptation-programme-2018.pdf

Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (2007) Estudio EL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA. ESTADO DE SITUACIÓN DOCUMENTO RESUMEN NOVIEMBRE DE 2007 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/documentos-de-interes/ad_hoc_resumen_tcm30-178349.pdf

ECONADAPT (2015), "The Costs and Benefits of Adaptation", results from the ECONADAPT Project, ECONADAPT consortium.

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/727252/national-adaptation-programme-2018.pdf

Feldmeyer et al (2019) *Sustainability* **2019**, 11, 2931; doi:10.3390/su11102931 www.mdpi.com/journal/sustainability, pp. 17

Folke, C.; Carpenter, S.R.; Walker, B.; Scheffer, M.; Chapin, T.; Rockström, J. Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecol. Soc.* **2010**, 15, 1–9.

Folke, C. Resilience (Republished). *Ecol. Soc.* **2016**, 21, 1–30.

- Gilbert, S. and Ayyub, B. M., **2016**, 'Models for the Economics of Resilience', ASCE2 ASCE-ASME J. Risk Uncertainty Eng. Syst., Part A: Civ. Eng., 2016, 2(4): 04016003
- Hambling, T., Weinstein, P., Slaney, D. **2011** 'A Review of Frameworks for Developing Environmental Health Indicators for Climate Change and Health, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2011, 8; doi:10.3390/ijerph80x000x ISSN 1660-4601 www.mdpi.com/journal/ijerph
- Holling, C.S. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **1973**, 4, 1–23.
- IPCC –Panel Inter-gubernamental del Cambio Climático (**2018**) <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/wg2TARchap18.pdf> (consultado el 9 y 10 Nov 2020).
- Laganda, G. (**2016**) 'Notas sobre cómo cómo medir la resiliencia al cambio climático', FIDA – Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, División de Medio Ambiente y Cambio Climático, Programa de Adaptación para la Agricultura en Pequeña Escala (ASAP) del FIDA, pp. 24.
- López-Avilés A., Chenoweth J., Druckman A., Morse S., Kauffmann D., Hayoon L., Pereira A., Vence X., Carballo A., González M., Turne A., Feitelson E. and Givoni M., (**2015**), 'Servicizing Policy Packages for the Water sector' SPREE project (Servicizing Policy for a Resource Efficient Economy), EU output published online: http://www.spreeproject.com/wp-content/uploads/2013/04/Deliverable-8.2.1_Servicizing-PP-in-the-Water-Sector_FULL_3.pdf
- Mäkinen, K. Prutsch, A., Karali, E., Leitner, M., Völler, S., Lyytimäki, J., Pringle, P., Vanneuville, W. (2018) "Indicators for adaptation to climate change at national level - Lessons from emerging practice in Europe". European Topic Centre on Climate Change impacts, Vulnerability and Adaptation (ETC/CCA) Technical paper 2018/3. DOI: 10.25424/CMCC/CLIMATE_CHANGE_ADAPTATION_INDICATORS_2018.
- Observatorio de Salud y Cambio Climático (2017) 'Indicadores de Salud y Cambio Climático: Indicadores del Impacto del Cambio Climático en la Salud', Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad http://www.oscc.gob.es/docs/documentos/2016_INDICADORES_FICHAS.pdf
- OECD (2015) 'Adapting to the impacts of climate change' - *Policy Perspectives*, 4 November 2015, pp. 10. <https://www.oecd.org/env/cc/publications-adaptation-climate-change.htm>
- OECD (2015), 'National Climate Change Adaptation: Emerging Practices in Monitoring and Evaluation', OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264229679-en>. https://read.oecd-ilibrary.org/environment/national-climate-change-adaptation_9789264229679-en#page2 (consultado el 6 Nov 2020)

OECD (2015) 'Climate Change Risks and Adaptation - Linking Policy and Economics, 7 July 2015, OECD Publishing, Paris. DOI:<https://dx.doi.org/10.1787/9789264234611-en>

https://read.oecd-ilibrary.org/environment/climate-change-risks-and-adaptation_9789264234611-en#page1

Ortego, A., Valero, A. y Círez, F. (2019) 'Estrategia de Cambio Climático, Calidad del Aire y Salud de Zaragoza', ECAZ 3.0 Documento final, Abril 2019. Pp. 192.

Ortiz-Bobea, A. y Just, R. E., 2012, 'Modeling the structure of Adaptation in Climate Change Impact Assessment', *Amer. J. Agr. Econ.* 95(2): 244–251; doi: 10.1093/ajae/aas035
Published online June 20, 2012

Simpson, B. M. 2016, 'Preparing smallholder farm families to adapt to climate change. Pocket Guide 1: Extension practice for agricultural adaptation', Modernizing Extension and Advisory Services (MEAS) Project, US Aid and Catholic Relief Services, Baltimore, MD, USA. <http://www.crs.org/our-work-overseas/research-publications/pocket-guide-1>

Smit, B. and Pilifosova, O. (2001) 'Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity'. En *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Capítulo 18, pp. 877-912*, Cambridge University Press, ISBN 0521015006

Snowden, D. (2011): "Naturalizing sense-making", en K. L. Mosier y U. M. Fischer (eds.), *Informed by knowledge. Expert performance in complex situations*, Nueva York, Taylor & Francis.

UNFCCC –United Nations Framework Convention on Climate Change. UN Climate Change. What Do Adaptation to Climate Change and Climate Resilience Mean? En-línea: <https://unfccc.int/adaptation/items/4159.php> (consultado el 15 Mayo 2019) y

<https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/what-do-adaptation-to-climate-change-and-climate-resilience-mean#:~:text=Adaptation%20refers%20to%20adjustments%20in,opportunities%20associated%20with%20climate%20change> (consultado el 9 y 10 Nov 2020).

van der Veen, R. A. C, Kisjes K. H, Nikolic I., (2017) 'Exploring policy impacts for servicing in product-based markets: A generic agent-based model', *Journal of Cleaner Production*, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.01.016. ISSN: 0959-6526

Indicadores consultados incluidos en Mäkinen et al., (2018):

INFORM <http://www.inform-index.org>

DARA Climate Vulnerability Monitor <http://daraint.org/climate-vulnerability-monitor/>

TAMD Tracking Adaptation and Measuring Development (Kenya, Ghana, Pakistan, Mozambique) <https://www.iied.org/tracking-adaptation-measuring-development-tamd>

ANEJO 1 ENTREVISTAS

Véanse por separado las Entrevistas previa consulta con la Dirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental, Departamento Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, por motivo de Protección de datos.

ANEJO 2 DATOS UTILIZADOS

Véanse por separado los Datos utilizados en este estudio en un Fichero Excel previa solicitud a la Dirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental, Departamento Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, por motivo de Protección de datos.

ANEJO 3 APLICACIONES DE LOS INDICADORES DE RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO: CASO 1 - INUNDACIONES

El siguiente ejemplo ilustra el resultado aplicado de la metodología usada en este estudio. La combinación entre vulnerabilidad (indicadores socio-económicos) y precipitación extrema causante de inundación fluvial (indicador físico: proyección del efecto del cambio climático para Aragón) produce un Indicador de Resiliencia que se mapea y que en el caso de las Inundaciones principalmente afecta a los sectores y espacios representados en mapas como:

Siguiendo un ejemplo de Inundaciones, basado en el Indicador de Resiliencia (grado de vulnerabilidad) al Cambio Climático y la distribución espacial de este en mapas, la siguiente Matriz de Vulnerabilidad puede usarse en Planificación para autorizar, guiar o rechazar propuestas de desarrollo, entendiéndose desarrollo como la construcción de una planta para una actividad, o de residencias/otros usos mediante ampliación /ensanche urbanístico /urbanización apropiada siguiendo medidas de Adaptación y recomendaciones de Resiliencia al Cambio Climático.

Matriz de Vulnerabilidad (basado en el Indicador de Resiliencia)

Zonas de riesgo de inundación	Indicador de Resiliencia (grado de Vulnerabilidad) basado en datos socio-económicos versus riesgo de inundación fluvial				
	Infraestructura esencial	Altamente vulnerable	Mas vulnerable	Menos vulnerable	Compatible
Zona 1 probabilidad baja	✓	✓	✓	✓	✓
Zona 2 – probabilidad media	✓	Solo excepciones con medidas de Adaptación para mejorar la Resiliencia*	✓	✓	✓
Zona 3 probabilidad alta	Solo excepciones con medidas de Adaptación para mejorar la Resiliencia*	x	Solo excepciones con medidas de Adaptación para mejorar la Resiliencia*	✓	✓
Zona 3b probabilidad muy alta	Solo excepciones con medidas de Adaptación para mejorar la Resiliencia *	x	x	x	✓

Clave:

✓ Desarrollo/actividad (ampliación/ensanche/urbanización apropiada) siguiendo medidas de adaptación y recomendaciones de resiliencia al cambio climático

x Desarrollo no debería ser permitido

Zona de Inundación	Definición
Zona 1 probabilidad baja	Tierra con probabilidad anual de inundación fluvial de menos de 1 en 1000.
Zona 2 –probabilidad media	Tierra con probabilidad anual de inundación fluvial entre 1 en 100 y 1 en 1000 probabilidad anual de inundación fluvial.
Zona 3 probabilidad alta	Tierra con probabilidad anual de inundación fluvial de mas de 1 en 100.
Zona 3b probabilidad muy alta	Llanura aluvial funcional y tierra donde fluye o se almacena el agua en momentos de crecida identificada por la Confederación y las autoridades de planificación competentes en sus mapas de riesgo aunque no se distinguen de la Zona 3a en mapas.

* Incluir Medidas de Adaptación para mejorar la Resiliencia aquí o remitir a la autoridad de planificación competente o referir a la Matriz guía para estipular medidas de Adaptación y recomendaciones de Resiliencia al Cambio Climático.

Siguiendo con el ejemplo de Inundaciones, basado en el tipo de desarrollo/actividad propuestos, se puede utilizar las siguiente Matriz guía para medidas de Adaptación y recomendaciones de Resiliencia al Cambio Climático durante el proceso de Planificación, para guiar o consultar las propuestas de desarrollo, entendiéndose desarrollo como la construcción de una planta para una actividad, o de residencias/otros usos mediante ampliación /ensanche urbanístico/urbanización.

	Tipos de desarrollo /actividad propuestos	Matriz guía para medidas de Adaptación y recomendaciones de Resiliencia al Cambio Climático: Caso 1 Inundaciones en relación al tipo de desarrollo/actividad propuesto					
		A	B	C	D	E	F
		Obras /actividad en Canal fluvial	Zona detras de defensas	Zona 3b probabilidad muy alta	Zona 3 probabilidad alta	Zona 2 – probabilidad media	Zona 1 probabilidad baja
1	<i>Campings y parques de caravanas, chalets, cabinas etc de nueva construcción</i>	Consultar con la CHE (notas informativas 1– por hiperenlace)	Consultar con la CHE (notas informativas 1 – por hiperenlace)	Adaptación apropiada –no uso residencial (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)
2	<i>Menor ‘usos menos vulnerables’ ej. comercial/ industrial de menos de 1Ha o 1000m2 construidos</i>	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace)	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace)	Adaptación apropiada –no uso residencial (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)
3	<i>Menor ‘menos vulnerable’</i>	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace)	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace)	Adaptación apropiada –no uso residencial (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)
4	<i>Cambios de uso sensibles al riesgo de inundacion</i>	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace)	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace)	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)

5	<i>Infraestructura esencial</i>	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)
6	<i>Mayor ‘usos menos vulnerables’</i>	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Adaptación apropiada (notas informativas – por hiperenlace)
7	<i>Mayor ‘usos mas vulnerables’</i>	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace
8	Usos altamente vulnerables,	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace	Consultar con la CHE (notas informativas 1, 2, 3 – por hiperenlace

Notas

Nota 1. Plan de Aviso de Inundación. Salidas y rutas de evacuación necesarias elevadas al nivel proyectado para cambio climático, para riesgo de inundación fluvial.

Nota 2. Modelar el caudal y pico de crecidas fluviales teniendo en cuenta proyecciones sobre cambio climático

Nota 3. Nivel del piso construido por encima del nivel proyectado para cambio climático para riesgo de inundación fluvial 300 mm normal, y 600 mm si detrás de defensas.