

INTEGRACIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL

Evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado. Caso piloto: Endesa

PNACC Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático



2014



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial

Guía metodológica para la evaluación de los
impactos y la vulnerabilidad en el sector
privado

Caso piloto. Endesa

Madrid, 2014





Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización

Autores:

Kepa Solaun; Itxaso Gómez; Julie Urban; Fernando Liaño; Santiago Pereira; Alba Genovés
Fundación CMAE - Factor CO₂

Coordinadores:

Eduardo González; José Ramón Picatoste; Raquel Garza
D.G. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Revisores

Mónica Gómez Royuela; Ana Pintó Fernández; Aída Velasco Munguira
D.G. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Colaboradores:

David Corregidor; Luis Torres; Fernando Ordóñez; Ángel Zafra; Manuel Medina; Francisco Martínez
Endesa

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Impresión y encuadernación:

NIPO: 280-14-167-6 (Línea)

Distribución y venta:

Paseo Infanta Isabel, 1
28014 Madrid
Teléfono: 91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Tienda virtual: www.magrama.es
centropublicaciones@magrama.es

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe/>

A efectos bibliográficos este trabajo debe citarse como sigue:

Solaun, K., Gómez, I., Urban, J., Liaño, F., Pereira, S. & Genovês, A. 2014. *Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado. Caso piloto: Endesa*. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 93 pág.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente del MAGRAMA o de su personal.

Índice general

1. Introducción	1
2. Análisis global	3
2.1. Retos del sector	5
2.2. Situación de partida de Endesa	8
2.3. Riesgos y oportunidades	11
2.4. Una visión estratégica	18
3. Metodología de análisis de vulnerabilidad	20
3.1. Metodología del análisis de riesgos climáticos.	21
3.2. Metodología de valoración de la capacidad de adaptación.	25
3.3. Metodología del análisis de vulnerabilidad.	26
4. Análisis de vulnerabilidad	29
4.1. Descripción del objeto de análisis de vulnerabilidad.	29
4.2. Proyecciones climáticas en Andalucía	31
4.3. Análisis de riesgos	44
4.4. Análisis de vulnerabilidad	58
5. Conclusiones y recomendaciones	65
6. Referencias	71
Anexo. Resultados locales de las proyecciones climáticas regionalizadas.	74

Índice de tablas

Tabla 1: Impactos derivados del cambio climático por fuente de energía. _____	7
Tabla 2: Impactos físicos derivados del aumento de la temperatura. _____	11
Tabla 3: Impactos físicos derivados de la disminución de la precipitación. _____	11
Tabla 4: Impactos físicos derivados de los eventos meteorológicos extremos. _____	12
Tabla 5: Impactos del cambio climático en la cadena de valor aguas arriba de la actividad de Endesa. _____	13
Tabla 6: Impactos del cambio climático en la cadena de valor aguas abajo de la actividad de Endesa. _____	15
Tabla 7: Actividades potencialmente afectadas en Endesa por riesgos regulatorios asociados a la adaptación al cambio climático. _____	17
Tabla 8. Grado de probabilidad de los impactos climáticos. _____	22
Tabla 9. Grado de consecuencia de los impactos climáticos. _____	23
Tabla 10. Matriz de índices de riesgo. _____	24
Tabla 11. Tipología de riesgos para la evaluación de acciones. _____	24
Tabla 12. Capacidad de adaptación. _____	26
Tabla 13. Vulnerabilidad del sistema a un determinado riesgo climático. _____	27
Tabla 14. Tipología de vulnerabilidad _____	27
Tabla 15: Correspondencia entre áreas geográficas con proyecciones climáticas específicas y cuencas que vierten aguas a las centrales. _____	33
Tabla 16: Incrementos en las temperaturas mínimas en las cuencas de las tres centrales a lo largo del siglo XXI. _____	37
Tabla 17: Proyección de las temperaturas máximas y mínimas diarias en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI. _____	38
Tabla 18: Disminuciones de las precipitaciones en las cuencas que vierten a las tres centrales a lo largo del siglo XXI. _____	40
Tabla 19: Proyección de las precipitaciones medias anuales en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI. _____	40
Tabla 20: Proyección del número de días de calor anuales en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI. _____	41
Tabla 21: Proyecciones climáticas para las áreas objeto de estudio. _____	43
Tabla 22: Consecuencias posibles del cambio climático para las centrales de Cala y El Tranco. _____	51
Tabla 23: Consecuencias posibles del cambio climático para la central de Mengíbar. _____	53
Tabla 24: Probabilidades de los impactos climáticos sobre las centrales de Cala, El Tranco y Mengíbar. _____	55

Tabla 25: Riesgos de los impactos climáticos en la central de Cala. _____	55
Tabla 26: Riesgos de los impactos climáticos en la central de El Tranco. _____	56
Tabla 27: Riesgos de los impactos climáticos en la central de Mengíbar. _____	57
Tabla 28: Valoración de la capacidad de adaptación en las centrales de Cala, El Tranco y Mengíbar. _____	58
Tabla 29: Opciones de adaptación para Endesa. _____	69

Índice de figuras

Figura 1: Principales impactos del cambio climático en el sector energético mundial. _	6
Figura 2: Proceso de adaptación al cambio climático en una empresa. _____	8
Figura 3: Mapa de localización de los embalses de Cala y El Tranco de Beas y la central fluyente de Mengíbar. _____	29
Figura 4: Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica de embalse. ____	30
Figura 5: Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica fluyente. _____	31
Figura 6: Proyecciones de cambio en las temperaturas máximas para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	34
Figura 7: Proyecciones de cambio en las temperaturas mínimas para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	35
Figura 8: Caracterización climática actual de Andalucía en función de las temperaturas. _____	36
Figura 9: Caracterización climática futura de Andalucía en función de las temperaturas. _____	36
Figura 10: Proyecciones de variación porcentual de la precipitación media anual para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	39
Figura 11: Proyecciones de cambio en la duración de las olas de calor para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	41
Figura 12: Proyecciones de cambio en las precipitaciones intensas para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1. _____	42
Figura 13: Recomendaciones a Endesa (I): profundización de análisis de riesgos, oportunidades y vulnerabilidad, y diseño e implementación de estrategia de adaptación al cambio climático. _____	67

Índice de gráficos

Gráfico 1: Precipitación y aportaciones en el embalse de Cala. _____	45
Gráfico 2: Aportaciones y producción hidroeléctrica en el embalse de Cala. _____	45
Gráfico 3: Precipitación y aportaciones en el embalse de El Tranco. _____	46

Gráfico 4: Aportaciones y producción hidroeléctrica en el embalse de El Tranco. ____	47
Gráfico 5: Precipitación y aportaciones en la central fluyente de Mengíbar. _____	48
Gráfico 6: Aportaciones y producción en la central fluyente de Mengíbar. _____	49
Gráfico 7: Vulnerabilidad de la central de Cala a los impactos climáticos. _____	61
Gráfico 8: Vulnerabilidad de la central de El Tranco a los impactos climáticos. ____	62
Gráfico 9: Vulnerabilidad de la central de Mengíbar a los impactos climáticos. ____	63

1. Introducción

España, debido a su situación geográfica, así como a sus características socioeconómicas, puede considerarse un país especialmente vulnerable a los impactos del cambio climático. Para reducir esta vulnerabilidad es necesario lograr una adaptación que permita minimizar los impactos negativos, aprovechando las posibles oportunidades que deriven del mismo.

El primer paso para conseguir dicha adaptación al cambio climático es la evaluación de la situación nacional actual y la planificación de acciones en este sentido. Para ello, España cuenta desde el año 2006 con un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), que establece el marco de referencia para la coordinación entre las administraciones públicas en las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España.

El PNACC se desarrolla a través de programas de trabajo. Finalizado el II Programa de Trabajo (2008-2013), a finales de 2013 se aprobó el III Programa que tiene una vigencia de seis años (2014-2020).

Hasta el momento, los esfuerzos de la Administración Pública en este área de actuación, han estado muy centrados en el impulso y coordinación de estudios específicos y orientaciones de actuación, principalmente en el ámbito público.

Durante el año 2013, la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), ha impulsado la incorporación de la adaptación al cambio climático en el sector empresarial español. Esta integración tiene, además, una doble vertiente. Por un lado, se encuentra el trabajo dirigido a analizar, evaluar y actuar para reducir la vulnerabilidad a los impactos previstos del cambio climático. Por otro lado, la adaptación puede verse también como una oportunidad para determinados sectores empresariales españoles, que pueden desarrollar estrategias como proveedores de servicios profesionales en este sentido.

Si bien es cierto que, inicialmente, los principales esfuerzos del sector privado estuvieron enfocados a la vertiente de mitigación del cambio climático, a través de estrategias para lograr una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, actualmente comienza a despertar interés la adaptación al cambio climático.

En este contexto, a comienzos del año 2013, la OECC lanzó un proyecto dirigido al desarrollo de actuaciones para la adaptación al cambio climático, desde la perspectiva del sector privado. De esta forma surge el proyecto conocido como Iniciativa "ADAPTA". **Centrada en el desarrollo de metodologías de análisis de vulnerabilidad para el sector empresarial español, la Iniciativa ADAPTA ha supuesto un primer acercamiento a las necesidades de adaptación al cambio climático del sector privado nacional.**

Se ha trabajado con cinco sectores clave de la economía española (energía, construcción, transporte, agroalimentario y turismo), en la definición de una metodología para el análisis de la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático. **Dentro del sector energético, la empresa seleccionada fue Endesa, por su interés demostrado y avances realizados en este ámbito.**

El presente documento analiza, en base a la información facilitada por la empresa y la bibliografía existente, los retos y oportunidades a los que se enfrenta este subsector, realizando un análisis más detallado sobre la vulnerabilidad al cambio climático de la actividad de Endesa en las unidades de producción hidroeléctrica de los embalses de Cala (Sevilla) y El Tranco (Jaén), así como de la central fluyente de Mengíbar (Jaén).

2. Análisis global

En este apartado se muestra la situación del sector eléctrico en relación con los impactos derivados del cambio climático, así como los riesgos y oportunidades que estos pueden tener sobre el mismo.

Antes de entrar en los análisis, es necesario establecer las definiciones de la terminología empleada en este trabajo para estudiar la vulnerabilidad al cambio climático.

VOCABULARIO BÁSICO

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: proceso, ya sea espontáneo o fruto de la planificación, mediante el cual los sistemas mejoran sus condiciones para enfrentar los previsibles cambios futuros del clima, reduciendo sus efectos negativos o aprovechando los positivos¹.

ADAPTACIÓN AUTÓNOMA: cambios que se llevarían a cabo en un sistema, independientemente de la existencia de políticas, estrategias o planificaciones explícitas.

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN: habilidad que tiene un sistema, que experimenta un impacto climático, para ajustarse a los cambios en el clima, amortiguar el daño potencial, aventajarse de las oportunidades que presentan los impactos positivos y lidiar con las consecuencias negativas derivadas, mediante la modificación de comportamientos y el uso de los recursos y tecnologías disponibles².

FINANCIACIÓN CLIMÁTICA (o “climate finance”): financiación canalizada por organismos nacionales, regionales o multilaterales destinada a proyectos y programas de mitigación y adaptación al cambio climático.

EXPOSICIÓN: presencia de poblaciones, medios de subsistencia, servicios medioambientales y recursos, o elementos de valor social, económico o cultural en

¹ Adaptado de UNFCCC. Glossary of climate change Acronyms. 2013.

² IPCC Third Assessment Report. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. 2001.

lugares que pueden ser afectados por eventos físicos y que, por tanto, están sujetos a potenciales daños o pérdidas en el futuro³.

FLEXIBILIDAD OPERATIVA: capacidad de un agente de adaptar su forma de operar, sus características de diseño o su localización con el objetivo de minimizar los impactos climáticos.

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO: efectos globales en los sistemas socioeconómicos y naturales derivados de cambios en variables climáticas asociadas.

OPCIONES DURAS Y BLANDAS DE ADAPTACIÓN (más conocidas como opciones “hard” y “soft”): alternativas de los agentes afectados por impactos climáticos para adoptar medidas. En el primer caso, suelen incluirse medidas de carácter infraestructural o tecnológico, que requieren inversiones elevadas. En el segundo, medidas de carácter organizativo, de gestión o de traslación del riesgo.

PROYECCIONES CLIMÁTICAS: descripciones de posibles situaciones climáticas futuras y del modo en que se podría llegar a las mismas, de acuerdo con la información proporcionada por modelos⁴.

RESILIENCIA: capacidad de un sistema social o natural de absorber las afecciones climáticas, al mismo tiempo que mantiene su misma estructura básica y formas de funcionamiento, capacidad de auto organización y capacidad de adaptarse a las presiones y al cambio⁵.

RIESGO: combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento y del impacto o consecuencia asociado con dicho evento⁶.

SENSIBILIDAD: facultad natural de un sistema de verse afectado por la incidencia de un impacto climático.

VULNERABILIDAD: incapacidad de un sistema de presentar una respuesta efectiva a los impactos derivados del cambio climático. Es decir, la propensión o susceptibilidad del

³ Lavell, A. M. et al. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability and resilience (en Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2012

⁴ Definición del IPCC

⁵ DEFRA. Glossary. Definitions for Adaptation Concepts. 2010.

⁶ DEFRA. Glossary. Definitions for Adaptation Concepts. 2010.

sistema a ser afectado negativamente por los riesgos derivados.

2.1. Retos del sector

Dentro del sector energético, el subsector de generación eléctrica ha sido uno de los que han mostrado mayor interés por las afecciones que el cambio climático pudiese tener sobre su actividad. Así, son numerosos los estudios que se han centrado en analizar cómo las variaciones previstas en la temperatura y precipitación pueden repercutir en la producción eléctrica, en función de las diferentes tecnologías.

Se trata, asimismo, de uno de los sectores que ha recibido mayor atención por parte de gobiernos y entidades supranacionales en sus procesos de adaptación planificada. Así, la Unión Europea ha desarrollado un estudio específico sobre la afección del cambio climático en las distintas tecnologías de generación⁷, incluyendo al sector en su análisis de infraestructuras clave potencialmente afectadas. Estados Unidos, por su parte, está desarrollando un proceso de evaluación completa del sector que se espera sea publicado en 2014⁸. En el Reino Unido los distintos agentes del sector están obligados a analizar y publicar sus riesgos climáticos.

El cambio climático puede implicar diferentes impactos en el sector de la generación eléctrica, desde **afecciones físicas en las plantas de generación y redes de distribución por eventos climáticos extremos, hasta pérdidas de rendimientos por mayores temperaturas o menores precipitaciones, así como aumentos en la demanda.**

En la siguiente figura se muestran los principales impactos esperados en el sector energético a nivel mundial. Como se puede observar, **en Europa se esperarían picos en la demanda, así como daños en las redes de distribución, debido a un aumento de las olas de calor y sequías en el sur y mayores lluvias intensas, unido a cambios en la actividad de las tormentas en el norte.** También se esperan afecciones en las instalaciones costeras, por el incremento del nivel del mar.

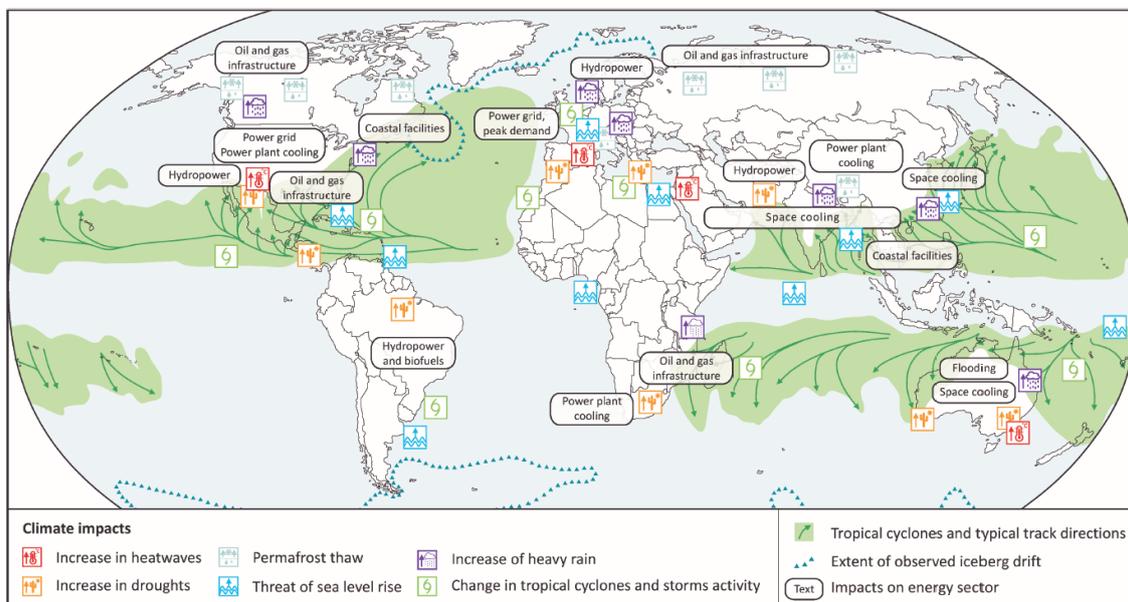
⁷ Elaborado por Ecorys. Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change. 2011.

⁸ En el contexto del National Climate Assessment 2013. Pueden verse más detalles en <http://www.globalchange.gov/what-we-do/assessment>

Por otra parte, en América, Asia y Australia se esperan impactos asociados a huracanes y ciclones y aumentos del nivel del mar.

Figura 1: Principales impactos del cambio climático en el sector energético mundial.

Fuente: Agencia Internacional de la Energía, 2013⁹.



El aumento de la temperatura del agua y del aire también ocasiona pérdidas en la producción eléctrica. **En Europa se espera que el incremento de un grado suponga pérdidas de capacidad eléctrica de las centrales térmicas que pueden llegar a ser del 19% en las épocas estivales¹⁰.**

En cuanto a la producción renovable, **una de las tecnologías más afectadas se espera que sea la producción hidroeléctrica**, que actualmente supone cerca del 16% de la producción mundial¹¹. Las afecciones en el resto de tecnologías de generación eléctrica renovable son complicadas de predecir a nivel global, debido a las diferencias existentes entre regiones.

Los estudios asociados a la Estrategia Europea de Adaptación al cambio climático, publicada en 2013, identifican las inundaciones como uno de los eventos climáticos

⁹ International a Energy Agency. Redrawing the energy – climate map. World Energy Outlook Special Report. 2013.

¹⁰ International a Energy Agency. Redrawing the energy – climate map. World Energy Outlook Special Report. 2013.

¹¹ International a Energy Agency. Redrawing the energy – climate map. World Energy Outlook Special Report. 2013.

con mayores consecuencias en Europa para la mayoría de las fuentes de energía, tal y como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 1: Impactos derivados del cambio climático por fuente de energía.

Fuente: Comisión Europea, 2013¹².

3 = impactos severos, 2 = impactos medios, 1 = impactos pequeños

Technology	Δ air temp.	Δ water temp.	Δ precip.	Δ wind speeds	Δ sea level	flood	heat waves	storms
Nuclear	1	2				3	1	
Hydro			2			3		1
Wind onshore				1				1
Wind offshore				1	3			1
Biomass	1	2				3	1	
PV							1	1
CSP						1		1
Geothermal						1		
Natural gas	1	2				3	1	
Coal	1	2				3	1	
Oil	1	2				3	1	
Grids	3					1	1	3

El cambio climático puede provocar variaciones en las condiciones climáticas en las que se desarrolla la actividad de muchas empresas, repercutiendo directa o indirectamente en los rendimientos económicos de dichas actividades y, en definitiva, en sus balances económicos. Por este motivo, la adaptación al cambio climático se plantea como la vía para conocer y comprender los riesgos a los que se está sujeto, descubriendo alternativas para gestionarlos, minimizar su impacto sobre los resultados de las empresas y aprovechar las oportunidades que se puedan presentar.

El proceso de adaptación al cambio climático en una empresa se presenta en la siguiente figura:

¹² Comisión Europea. An EU Strategy on adaptation to climate change. Commission staff working document. Adapting infrastructure to climate change. SWD (2013) 137 final. 2013.

Figura 2: Proceso de adaptación al cambio climático en una empresa.
Fuente: elaboración propia a partir de Climate Prosperity Advisory Report¹³.



2.2. Situación de partida de Endesa

Endesa lidera el sector eléctrico español y es la mayor multinacional eléctrica privada de Latinoamérica con presencia en 8 países (España, Portugal, Chile, Argentina, Colombia, Perú, Brasil, y Marruecos). Quitar Irlanda. En 2013 su producción anual fue de 132.427 GWh, su plantilla era de 22.995 personas, un total de 25,8 millones de clientes y una potencia instalada de 39.562 MW.

Además de lo anterior, Endesa lleva a cabo actividades de comercialización de gas natural.

¹³ Canadian National Roundtable on the Environment and the Economy. Climate Prosperity. Advisory Report. 2012.

Endesa ha desarrollado un amplio número de proyectos y acciones en materia de cambio climático y sostenibilidad. Cuenta con el **Plan de Sostenibilidad 2008-2012**, en el que se abordan siete líneas diferentes de acción y dos retos principales, uno de los cuales es el cambio climático. De acuerdo a las respuestas de Endesa al **Carbon Disclosure Project**, una de las áreas de acción de Endesa es la adaptación al cambio climático, fortaleciendo la resiliencia de sus infraestructuras y activos. Además, cuenta con un **Sistema de Gestión de Riesgos**, bajo el cual están evaluadas las repercusiones en los balances económicos que los impactos físicos directos de los cambios en la climatología pueden tener en Endesa. Además de lo anterior, en Endesa existe conciencia de las oportunidades que puedan derivarse del cambio climático.

Por otra parte, la compañía participa activamente en la definición de políticas para promover la adaptación y la mitigación del cambio climático. De hecho, Endesa es una de las fundadoras del **Foro Europeo del Riesgo Energético** (EU Energy Risk Forum), un foro de intercambio de información y experiencias en la gestión de riesgos en los mercados de la energía.

Endesa, junto con otros socios privados, creó la oficina técnica de gestión del **Proyecto Movele**, una iniciativa de ámbito estatal para promocionar el uso de vehículos eléctricos. Por otra parte, en 2011 fue una de las promotoras de la **Plataforma "Empresas por la Eficiencia Energética"**, cuyo objetivo es fomentar la eficiencia energética mediante la promoción del ahorro energético y la reducción de la huella de carbono. La Plataforma ha conseguido superar el objetivo de ahorro de 1 millón de toneladas de CO₂ en el periodo 2011-13, equivalente a las emisiones de 200.000 familias medias españolas al año.

Respecto a la gestión de la adaptación al cambio climático en Endesa, ésta corre a cargo de Dirección de Medio Ambiente de España y Portugal y Cambio Climático.

Hay que destacar que la compañía ha llevado a cabo ya un análisis de su vulnerabilidad a escala global, realizando un análisis de riesgos climáticos en todos sus activos de generación y distribución eléctrica en todo el mundo. En base a los resultados de este análisis, Endesa ha perfilado un Plan de Acción, definiendo una hoja de ruta para implementar diferentes medidas de adaptación al cambio climático y disminuir su vulnerabilidad al mismo. Dichas medidas se agrupan en tres líneas de actuación definidas, con diferentes objetivos:

- **Conocimiento** en mayor detalle de las interacciones climáticas con la actividad propia, para fortalecer y fundamentar la toma de decisiones.
- **Posicionamiento**, para integrar la adaptación al cambio climático como un elemento más de la política corporativa de sostenibilidad.
- **Acción**, para aportar soluciones encaminadas a responder a los retos planteados por el cambio climático y, más en concreto, a reducir la vulnerabilidad al mismo.

Además de lo anterior, Endesa ha diseñado el **Índice de Vulnerabilidad de la Energía** (Energy Vulnerability Index o **EVI**), que permite la comparación de los avances de las empresas del sector eléctrico en relación a su capacidad de adaptación y vulnerabilidad al cambio climático. Mediante este índice, Endesa ha comparado su vulnerabilidad al cambio climático con la de otras grandes empresas eléctricas, tanto de España como del resto del mundo. En la mayor parte de las variables consideradas en este índice, la puntuación obtenida por Endesa se sitúa en valores próximos a la máxima puntuación otorgable.

En cuanto a los riesgos regulatorios de la adaptación al cambio climático, esta empresa ha realizado una revisión de las regulaciones existentes en los países en los que está presente, como paso previo al diseño de su Plan de Acción para implementar medidas de adaptación al cambio climático.

Al mismo tiempo, los análisis llevados a cabo contemplan la posibilidad de nuevas regulaciones en el uso del agua, como consecuencia de la escasez de recurso hídrico que podría provocar el cambio climático.

Por último, en lo que se refiere a los impactos del cambio climático en la cadena de valor de la actividad de Endesa, debe apuntarse que su **Sistema de Gestión de Riesgos** contempla la posibilidad de que los cambios en los patrones de precipitación puedan afectar a sus suministradores. Además, también se consideran variaciones en la demanda de energía eléctrica como potencial consecuencia del cambio climático.

2.3. Riesgos y oportunidades

El cambio climático puede conllevar para Endesa riesgos y oportunidades diversas, tanto de **índole física** (escasez de agua para producción hidroeléctrica, pérdidas de energía en transmisión y distribución aérea por elevadas temperaturas), como **regulatoria** (regulaciones más restrictivas del uso del agua en situaciones de sequía). A continuación se hace un análisis detallado de las mismas.

Riesgos físicos

Los primeros impactos físicos del cambio climático que pueden identificarse en la generación y distribución de energía eléctrica son los derivados del aumento de la temperatura.

Tabla 2: Impactos físicos derivados del aumento de la temperatura.

Fuente: Endesa, elaboración propia.

Actividad	Impacto directo	Impacto indirecto
Generación	Pérdida de eficiencia en centrales térmicas y nucleares	Mayor consumo de combustible
	Problemas de refrigeración en centrales con refrigeración por aire	
	Superación de umbrales óptimos de temperatura en instalaciones fotovoltaicas	Pérdida de eficiencia en instalaciones fotovoltaicas
	Aumento de la demanda en verano, disminución en invierno	
Distribución	Aumento de resistencia eléctrica de conductores	Pérdidas de energía en transmisión y distribución en líneas aéreas, así como en subestaciones y centros de transformación

En la siguiente tabla se presentan los impactos derivados de la disminución de las precipitaciones.

Tabla 3: Impactos físicos derivados de la disminución de la precipitación.

Fuente: Endesa, elaboración propia.

Actividad	Impacto directo	Impacto indirecto
Generación	Menor disponibilidad de agua para refrigeración	Menor generación en centrales refrigeradas por agua, pudiendo llegar a darse casos de parada
	Imposibilidad de cumplir límites de descarga actuales	Posibles paradas en centrales
	Reducción de la generación hidroeléctrica	

Por otra parte, los eventos meteorológicos extremos, tales como tormentas extremas, lluvias torrenciales, vientos extremos, olas de frío y ciclones, que podrían verse intensificados por el cambio climático, pueden dar lugar a los siguientes impactos en la generación y distribución de energía eléctrica.

Tabla 4: Impactos físicos derivados de los eventos meteorológicos extremos.

Fuente: Endesa, elaboración propia.

Actividad	Impacto directo	Impacto indirecto
Generación	Daños en torres de refrigeración de centrales	
	Daños en aerogeneradores, paneles solares y otras infraestructuras	
	Daños en rutas de acceso a instalaciones	Pérdidas por paradas e imposibilidad de asistencia del personal a su puesto de trabajo
	Inundaciones	
	Grandes avenidas en cauces	Daños y/o roturas en presas, problemas en seguridad de presas
Distribución	Corrimientos de tierras	Daños en líneas subterráneas de distribución, cortes en el suministro eléctrico
	Inundaciones	Daños en subestaciones inundadas
		Desenterramiento de líneas subterráneas por arrastre de la capa superior de suelo
	Fuertes vientos	Daños en líneas aéreas y subestaciones
		Derribos de árboles sobre las líneas del tendido eléctrico
Fuertes nevadas	Daños en líneas aéreas y subestaciones	

En cuanto al incremento del nivel del mar, debe tenerse en cuenta que podría implicar daños en rutas de acceso e instalaciones situadas en la costa, así como en líneas de transporte o distribución próximas a la línea de costa.

Dado que el sector de la energía es de crucial importancia para los demás sectores de la actividad económica, la identificación de impactos derivados del cambio climático, en los ciclos de vida de la generación y la distribución eléctrica, son de gran relevancia para el resto de sectores. En este sentido, la cadena de valor se ha analizado tanto aguas arriba de la actividad de Endesa como aguas abajo de la misma, desde la extracción del combustible empleado para la generación de electricidad, hasta el consumo de energía por los usuarios. En este sentido, se ha hecho especial énfasis en el análisis de la cadena de suministro de combustibles, por su relevancia socioeconómica y por sus implicaciones estratégicas para Endesa.

La siguiente tabla muestra cómo podría resultar afectada por el cambio climático la cadena de valor aguas arriba de Endesa, identificando algunos impactos potenciales.

Tabla 5: Impactos del cambio climático en la cadena de valor aguas arriba de la actividad de Endesa.

Fuente: elaboración propia a partir del Banco Asiático de Desarrollo, CSIRO, DEFRA, EDF y National Grid Gas (Reino Unido)¹⁴.

Origen de impacto	Localización de impacto	Descripción
Incremento de la temperatura	Oleoductos, gasoductos y pozos en zonas árticas	Hundimientos y fallos estructurales por derretimiento del permafrost, con posibilidad de cortes en el suministro
Disminución de la precipitación	Extracción del carbón	Disminución de producción por escasez de agua
	Refinerías en áreas con poca disponibilidad de agua	Problemas técnicos por escasez de agua
Eventos extremos-olas de calor y sequías	Regasificadoras, refinerías, tanques de combustible	Mayores posibilidades de incendio por mayor frecuencia de incendios forestales en áreas aledañas
Eventos extremos-ventavales	Regasificadoras, plantas de tratamiento de combustible	Daños físicos por excesivas cargas de viento
Eventos extremos-lluvias torrenciales	Extracción de carbón	Pérdida de calidad del carbón con origen en almacenamientos al aire libre
	Minas de carbón y uranio	Inundaciones en minas
		Entierro de rieles por exceso de sedimentación
		Corrimientos de tierras en minas de carbón
		Fallos en maquinaria por cortes en el suministro eléctrico
		Reducción de la producción y subida de precios
	Plantas de tratamiento de gas	Inundaciones, con posibilidad de daños y problemas de seguridad
	Tanques de almacenamiento de combustible	Inundación y dispersión de contaminantes por el suelo
Oleoductos y gasoductos	Daños en los mismos por inundación, imposibilitando un suministro adecuado	

¹⁴ Asian Development Bank. Climate Risk and Adaptation in the Electric Power Sector. 2012.
 EDF. Report on Adaptation under the Climate Change act 2008. EDF Energy Adaptation Report. 2011.
 CSIRO. Climate adaptation in the Australian mining and exploration industries. 2010.
 DEFRA. Southern Gas Networks and Scotland Gas Networks Climate Change Adaptation Report. 2011.
 National Grid Gas. Climate Change Adaptation Report. 2010.

Origen de impacto	Localización de impacto	Descripción
Eventos extremos en general	Cadena de suministro	Cortes y retrasos en cadena de suministro de combustibles
		Variación en costes, calidad y disponibilidad de combustible
	Extracción de petróleo	Daños en plataformas petrolíferas, dificultando la extracción y alterando el precio del crudo
	Oleoductos y gasoductos	Daños en los mismos, imposibilitando un suministro adecuado
Incremento del nivel del mar	Refinerías de petróleo y regasificadoras en áreas costeras de escasa elevación	Daños por hundimientos de suelo, inundaciones o mareas de tormenta

Debe tenerse en cuenta que no todos los impactos indicados en la tabla anterior se pueden presentar por igual en todas las regiones de procedencia de los combustibles. De este modo, el incremento de la temperatura afectaría en mayor medida al petróleo crudo proveniente de regiones árticas o boreales, mientras que la disminución de la precipitación afectaría principalmente al carbón procedente de México y Sudáfrica. En cuanto a las lluvias torrenciales, éstas podrían ser causantes de alteraciones en Australia, Brasil, Canadá, Colombia, Estados Unidos, Guinea, Indonesia y Nigeria, por poner algunos ejemplos. Por último, el incremento del nivel del mar afectaría a instalaciones en la línea de costa de Chile y España.

Respecto a la cadena de valor aguas abajo de la actividad de Endesa, los principales impactos en la misma se muestran en la siguiente tabla. En términos generales se puede decir que, a nivel global, los cambios derivados de cambios regionales y de temporada serán los que más impacten en el sector¹⁵. La Agencia Internacional de la Energía ha estimado que, en un escenario de moderado cambio climático, las necesidades de enfriamiento en edificios pueden incrementarse en un 220 % para el año 2050 en comparación con los niveles de 2010, mientras que las de calefacción no disminuirían y aumentarían un 12%¹⁶.

¹⁵ Así lo considera el análisis europeo sobre infraestructuras críticas. Comisión Europea. Adapting infrastructure to climate change. SWD (2013) 137 final. 2013.

¹⁶ International Energy Agency. Redrawing the energy – climate map. World Energy Outlook Special Report. 2013.

Tabla 6: Impactos del cambio climático en la cadena de valor aguas abajo de la actividad de Endesa.

Fuente: elaboración propia a partir del Banco Asiático de Desarrollo, CSIRO, DEFRA, EDF, Lam *et al.*, Linder *et al.*, National Grid Gas (Reino Unido), OPTENSYS y Parkpoom *et al.*¹⁷.

Origen de impacto	Localización de impacto	Descripción
Aumento de la temperatura	Demanda	Mayor demanda de electricidad para aire acondicionado y equipos de refrigeración, pudiendo llegar a provocarse cortes en el suministro en picos de demanda
		Menor demanda para calentamiento de agua, tanto de electricidad como de gas
		Menor demanda en invierno para calefacciones, tanto de electricidad como de gas
Disminución de la precipitación	Demanda	Incremento de la demanda de electricidad para otros usos
Eventos extremos-lluvias torrenciales	Demanda	Cortes de suministro eléctrico por corrimientos de tierras

La competencia por el uso de recursos hídricos adquiere también un rol protagónico dentro de los impactos, especialmente en periodos de sequía prolongada u olas de calor. Durante la ola de calor de 2003 en Francia 13 reactores nucleares debieron limitar su producción debido a la escasez de agua disponible.

Riesgos regulatorios

Respecto a los riesgos regulatorios asociados a la adaptación al cambio climático, hay que indicar que en 2013 se ha aprobado la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático, cuyo objetivo es impulsar la actuación para la adaptación al cambio climático en la normativa de la Unión Europea, así como en sus políticas y líneas de financiación. Una de las áreas prioritarias es la energía. En este sentido, la

¹⁷ Asian Development Bank. Climate Risk and Adaptation in the Electric Power Sector. 2012.
 EDF. Report on Adaptation under the Climate Change act 2008. EDF Energy Adaptation Report. 2011.
 CSIRO. Climate adaptation in the Australian mining and exploration industries. 2010.
 DEFRA. Southern Gas Networks and Scotland Gas Networks Climate Change Adaptation Report. 2011.
 National Grid Gas. Climate Change Adaptation Report. 2010.
 Linder, K. P., Gibbs, M. J.; Inglis, M. R. Potential Impacts of Climate Change on Electric Utilities. NYSERDA Report 88-2, December 1987.
 Parkpoom, S., Harrison, G.P., Bialek, J.W. Climate Change Impacts on Electricity Demand. 2005.
 Optensys. Climate Change and the Future Nordic Energy System. 2006.
 Lam *et al.* Impact of Global Warming to Hong Kong: Energy Consumption and Public Health. 2007.

adaptación al cambio climático ha sido ya incluida en legislación europea en materia de aguas. Además, existen propuestas legislativas para introducir la adaptación al cambio climático en directivas relativas a medioambiente, infraestructuras y energía.

Por otra parte, el II Programa de Trabajo del PNACC incluye la integración de la normativa de la adaptación al cambio climático, como uno de sus cuatro ejes de desarrollo. Para ello, se ha comenzado por la planificación y por las materias que son competencia del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Ejemplos de esta integración se encuentran en los sectores de aguas, costas, biodiversidad o bosques, entre otros¹⁸.

En la actualidad, el Reglamento de Planificación Hidrológica (Real Decreto 907/2007) y en la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008) se contempla la adaptación al cambio climático. Debe tenerse en cuenta que, con la disminución de la precipitación, los límites de descarga de las centrales a los ríos podrían hacerse más restrictivos.

Además, algunas comunidades autónomas están desarrollando sus propias normas y planificaciones de adaptación al cambio climático. En concreto, Andalucía¹⁹, Valencia²⁰, Cantabria²¹ y Cataluña²² cuentan con planificaciones en materia de cambio climático que contemplan la integración de la adaptación al cambio climático en sus legislaciones de materia de desarrollo rural, medio ambiente, aguas, salud, ordenación del territorio y agricultura. Hay que destacar que la Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático apunta que la fiscalidad positiva puede ser una de las líneas de promoción de la adaptación al cambio climático. Sin embargo, la única comunidad que ha integrado la adaptación al cambio climático en su propia legislación ha sido Andalucía, en materia de aguas²³.

En esta situación, cabe esperar que se exija incluir criterios de riesgos y vulnerabilidad al cambio climático en la legislación y la planificación energética, de aguas y de ordenación del territorio, entre otros, afectando por tanto a la actividad de Endesa.

¹⁸ Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Folleto divulgativo del Segundo Programa de Trabajo del PNACC. 2010.

¹⁹ Junta de Andalucía. Programa Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012. Programa de Adaptación.

²⁰ Generalitat Valenciana. Estrategia Valenciana ante el Cambio Climático 2008-2012.

²¹ Gobierno de Cantabria. Estrategia de Acción frente al Cambio Climático de Cantabria. 2008.

²² Generalitat de Catalunya. Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático. 2012.

²³ Ley 9/2010 de Aguas de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Tabla 7: Actividades potencialmente afectadas en Endesa por riesgos regulatorios asociados a la adaptación al cambio climático.

Fuente: elaboración propia.

	Nivel regulatorio	Generación	Distribución
MATERIAS REGULADAS	Europeo (Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático)	Estándares técnicos Medio Ambiente Planificación energética Aguas Evaluación de Impacto Ambiental	Estándares técnicos Planificación energética
	Español (PNACC)	Planificación energética Planificación hidrológica Estándares técnicos	Evaluación de Impacto Ambiental
		Evaluación de Impacto Ambiental	
	Autonómico	Aguas Permisos ambientales Seguridad y salud laboral Fiscalidad ²⁴	Permisos ambientales Seguridad y salud laboral Fiscalidad
Ordenación y planificación territorial			

La información presentada en la tabla anterior debe entenderse considerando que aún no se han concretado muchas de las leyes, normas y planificaciones indicadas. Por ello, es posible que en el futuro no afecten a las actividades señaladas, y sí a otras no presentadas en dicha tabla.

Oportunidades

Respecto a las oportunidades de una adaptación proactiva, se traducirían en ventajas competitivas frente a otras empresas del sector. En este sentido, cabe destacar que el haber identificado los riesgos del cambio climático para su negocio, así como el haber detectado acciones de adaptación a implementar, puede ser la primera ventaja competitiva frente a otras empresas en las que no se haya hecho este ejercicio.

²⁴ La Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático apunta que la fiscalidad positiva puede ser una de las líneas de promoción de la adaptación al cambio climático.

Además de lo anterior, los impactos que podría causar el cambio climático pueden tener algunos efectos positivos sobre la actividad de Endesa. De esta manera, de modo indirecto, el cambio climático podría conllevar cambios en el mix de generación que supongan oportunidades para Endesa, como la necesidad de aumentar la capacidad instalada o de disponer de fuentes flexibles que permitan atender a demandas pico más elevadas.

Por último, la puesta en marcha de acciones de adaptación al cambio climático supone una oportunidad para contar con financiación climática. En la guía "Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado", elaborada en el marco de la iniciativa Adapta, se detallan los principales organismos y fondos que prestan ayuda financiera a la adaptación, muchos de los cuales pueden generar oportunidades de negocio para empresas de generación y distribución de energía.

2.4. Una visión estratégica

De acuerdo con lo expuesto a lo largo del análisis realizado, a continuación se muestran una valoración y recomendaciones sobre el mismo.

VALORACIÓN

- ✓ Existen **riesgos a lo largo de toda la cadena de valor** del sector de la energía. En este sector destacan especialmente los impactos potenciales en la demanda eléctrica y generación, así como los relacionados con la infraestructura de transporte.
- ✓ Los **impactos potenciales** se pueden dar en cualquier forma de generación, si bien las **oportunidades directas** se concentran en la generación hidroeléctrica y eólica. Existen, además **oportunidades indirectas** en relación a otras formas de generación.
- ✓ La **flexibilidad operativa del sector** es baja, debido a las altas necesidades de inversión. El carácter internacional de la compañía, sin embargo, le concede mayores oportunidades para integrar criterios de cambio climático, especialmente en lo referente a nuevos proyectos.
- ✓ En cualquier caso, la **adaptación autónoma** no es una opción. Existen muchas ventajas para optar por una decisión planificada y basada en un seguimiento

continuo de información.

- ✓ El sector de generación y distribución eléctrica es de **carácter estratégico**, por lo que es previsible que concentre parte de las medidas de adaptación previstas a nivel español y europeo. Las consecuencias sociales de los impactos son, en ese sentido, evidentes.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda vivamente el **seguimiento de la evolución de las variables** climáticas más relevantes y su contraste con las proyecciones existentes. Para ello, es importante integrar la información, de la que se dispone en las instalaciones de generación e infraestructuras de distribución, en la gestión de la adaptación corporativa.
- ✓ En este sentido, se valora como recomendable disponer de **proyecciones de mayor resolución** para los puntos críticos.
- ✓ Se sugiere incorporar **criterios de cambio climático en la planificación de nuevas inversiones**, con el fin de maximizar las oportunidades y minimizar los riesgos.
- ✓ Se sugiere mantenerse **alerta a publicaciones específicas** y avances en el sector.
- ✓ El desarrollo de **acciones conjuntas** con otros agentes del sector puede ser muy beneficiosa.
- ✓ **El contacto con AEMET** y otras organizaciones análogas puede apoyar en el conocimiento sobre los últimos estudios y resultados sobre proyecciones climáticas para España.
- ✓ Es interesante seguir aprovechando la **financiación europea** disponible para potenciar la investigación y concreción de impactos y consecuencias asociadas a este sector, de forma que permita su incorporación a nivel estratégico.
- ✓ A diferencia de otros sectores, no se perciben riesgos en relación con la **comunicación de acciones de adaptación**. Al contrario, pueden tener consecuencias positivas en términos de reputación tanto ante agentes privados como públicos, así como frente a potenciales inversores.

3. Metodología de análisis de vulnerabilidad

Tras haber realizado el análisis a nivel más global, se realiza un estudio en detalle de la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático de tres unidades de generación hidráulica diferentes de Endesa. En el presente capítulo se muestra la metodología empleada en el análisis de vulnerabilidad de estas tres centrales.

El análisis se lleva a cabo siguiendo los pasos que se muestran a continuación:

- 1. Identificación de los principales impactos potenciales.** A través del análisis de las proyecciones de los escenarios climáticos futuros, se puede entender cómo el cambio climático puede alterar la actividad de las centrales, es decir, los impactos que presentan una incidencia relevante en las mismas.
- 2. Identificación de los riesgos climáticos.** Se analiza la probabilidad de ocurrencia de los diferentes impactos climáticos identificados y se evalúa las consecuencias que pueden conllevar.
- 3. Evaluación de la capacidad de adaptación.** Se evalúa la capacidad de adaptación al cambio climático de las centrales. Esta se ve influenciada por la capacidad financiera para poner en marcha iniciativas o acciones adaptativas y el nivel de conocimiento en materia de impactos y cambio climático.
- 4. Análisis de vulnerabilidad actual y futura.** Mediante el análisis de riesgo y de la capacidad de adaptación, se define la vulnerabilidad de la unidad de exposición analizada al cambio climático.

3.1. Metodología del análisis de riesgos climáticos.

Para la realización de los análisis de riesgos climáticos se han aplicado y adaptado las metodologías propuestas tanto por el IPCC²⁵, como la desarrollada por el DEFRA²⁶, en el marco de la política de cambio climático del Reino Unido, en su aplicación bajo la Ley de Cambio Climático 2008 para el reporte de informes de adaptación realizados, en especial, por el sector energético. Debido a la incertidumbre inherente a los impactos futuros derivados del cambio climático, es necesario, para una toma informada de decisiones en materia de actuación, describir las tres componentes del riesgo que definen la vulnerabilidad de un sector al cambio climático. Estas son **probabilidad, consecuencia y capacidad de adaptación.**

El análisis de vulnerabilidad no es un sistema aritmético, sino un método de representación de importancia, subjetiva e informada, que conceden los expertos y agentes clave en cada caso.

De acuerdo con el marco conceptual que se utiliza en este trabajo, es preciso definir el concepto de riesgo. Con el mismo nos referimos a los impactos sobre los sistemas humanos o naturales que podrían provocar en un determinado evento (*event risk*) o daño (*outcome risk*) a lo largo de un periodo de tiempo²⁷. **De esta manera, el riesgo se define como el producto de la probabilidad de que ese riesgo suceda multiplicado por las consecuencias que ello tendría.** En este trabajo se desarrolla una evaluación cuantitativa del riesgo, si bien no puede ser puramente objetiva, en la medida en que inevitablemente se deben evaluar las consecuencias de ciertos acontecimientos sobre diversos elementos en riesgo, a ojos de un observador humano.

$$[1] \quad \text{“} \mathbf{Riesgo(R)} = \mathbf{Probabilidad} \times \mathbf{Consecuencia} \text{”}$$

²⁵ Schneider, S.H., S. Semenov, A. Patwardhan, I. Burton, C.H.D. Magadza, M. Oppenheimer, A.B. Pittock, A. Rahman, J.B. Smith, A. Suarez y F. Yamin. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

²⁶ DEFRA. UK Climate Change Risk Assessment: Government Report.2012; y DEFRA. Climate Change Adaptation.E.ON UK Generation. 2011.

²⁷ UNDP. Vulnerability and Risk Assessment. 2nd Edition. 1994.

PROBABILIDAD

Según la citada metodología, la probabilidad de ocurrencia de un impacto climático se clasifica en seis categorías según su grado, de improbable (1) a muy probable (6). A cada una de estas categorías se le asigna, a su vez, una puntuación en un rango de 0 a 10, tal y como se recoge a continuación.

Tabla 8. Grado de probabilidad de los impactos climáticos.

Fuente: Adaptado de DEFRA.

PROBABILIDAD						
	Improbable	Muy poco Probable	Poco Probable	Probable	Bastante probable	Muy Probable
Grado	1	2	3	4	5	6
Puntuación	3	4	5	7	9	10

Descripción:

Improbable: Excepcionalmente improbable que suceda.

Muy poco probable: Muy improbable que suceda.

Poco probable: Improbable que suceda.

Probable: Es tan probable que suceda como que no.

Bastante probable: Es probable que suceda.

Muy probable: Muy probable que suceda.

CONSECUENCIA

Las consecuencias de un impacto se clasifican en siete categorías en función del grado de importancia o magnitud, asignando una puntuación entre 0, para un grado despreciable de importancia, y 10, para un grado de importancia muy grave. En la siguiente tabla se resumen estas categorías.

Tabla 9. Grado de consecuencia de los impactos climáticos.

Fuente: Elaboración propia a partir de DEFRA y COSO.

Puntuación	Grado	Afecciones económicas y de operatividad en activos	Daños físicos	Afecciones en materia de seguridad
0	Despreciable	Sin repercusiones	Sin daños físicos	Sin repercusiones
3	Mínima	Repercusiones irrelevantes en las cuentas anuales del activo	Daños físicos irrelevantes	Sin repercusiones
4	Menor	Repercusiones en las cuentas anuales del activo asumibles sin dificultad	Daños físicos leves	Sin repercusiones
5	Significativa	Repercusiones notables en las cuentas anuales del activo, pero asumibles	Daños físicos notables	Sin repercusiones
7	Importante	Importantes repercusiones en las cuentas anuales del activo, asumibles con mayor dificultad que en el grado de impacto anterior	Daños físicos importantes pero asumibles	Repercusiones mínimas
9	Grave	Graves repercusiones en las cuentas anuales, llegándose a contemplar la posibilidad de cierre del activo	Daños físicos difíciles de asumir	Repercusiones de poca envergadura y asumibles
10	Muy grave	Las repercusiones económicas exigen el cierre o renovación total del activo	Daños físicos no asumibles	Puede tener repercusiones no asumibles

La gravedad de la consecuencia de un impacto queda determinada por la categoría de mayor afección, es decir, basta con que una consecuencia de un impacto cumpla la descripción indicada en una de las tres categorías (operatividad de los activos, daños físicos o seguridad), para que sea considerada en ese determinado grado. Por ejemplo, si una consecuencia no causa daños físicos, ni tiene repercusiones en materia de seguridad, pero sus repercusiones en las cuentas anuales son graves, y se llega a contemplar la posibilidad de cierre del activo, esa consecuencia sería clasificada como grave.

Una vez quedan bien definidas las dos variables del riesgo, se cruzan en una matriz para obtener el índice de riesgo resultante. Se categorizan los riesgos, según su magnitud y probabilidad de ocurrencia, con valores que van desde 0, para impactos improbables de ocurrir y con consecuencias despreciables, hasta 100, para impactos muy probables de ocurrir y con consecuencias muy graves. Los resultados se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 10. Matriz de índices de riesgo.
Fuente: Adaptado de DEFRA.

ÍNDICE DE RIESGO		CONSECUENCIA						
		Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
PROBABILIDAD	Improbable	0	9	12	15	21	27	30
	Muy poco Probable	0	12	16	20	28	36	40
	Poco Probable	0	15	20	25	35	45	50
	Probable	0	21	28	35	49	63	70
	Bastante probable	0	27	36	45	63	81	90
	Muy Probable	0	30	40	50	70	90	100

El resultado del análisis de riesgos permite priorizar acciones en el proceso de toma de decisión, ya que un mayor riesgo, implica una mayor urgencia en emprender acciones. En la presente metodología se agrupan los índices de riesgo en cinco tipologías de riesgo diferentes, como se ilustra en la siguiente tabla.

Tabla 11. Tipología de riesgos para la evaluación de acciones.
Fuente: Adaptado de DEFRA.

RIESGO	Magnitud	Categoría	Tipología
Muy Alto	≥ 90	5	R5
Alto	$\leq 50-90$	4	R4
Medio	$\leq 30-50$	3	R3
Bajo	$\leq 20-30$	2	R2
Muy bajo	$> 0-20$	1	R1
Despreciable	0	0	R0

- R5** Riesgo muy alto, es urgente evaluar acciones.
- R4** Riesgo alto, es necesario evaluar acciones.
- R3** Riesgo medio, es recomendable evaluar acciones.
- R2** Riesgo bajo, es necesario el seguimiento, pero no tanto evaluar acciones.
- R1** Riesgo muy bajo, no es necesario evaluar acciones preventivas o adaptativas.
- R0** Riesgo despreciable.

3.2. Metodología de valoración de la capacidad de adaptación.

Tras la evaluación preliminar de los riesgos, el siguiente paso es determinar la capacidad de adaptación de los sistemas u organizaciones. Ésta se define como la habilidad del sistema para ajustarse a los cambios en el clima, amortiguar el daño potencial, beneficiarse de las oportunidades que presentan los impactos positivos y lidiar con las consecuencias negativas derivadas, mediante la modificación de comportamientos y el uso de los recursos y tecnologías disponibles. Es por esto que el concepto de capacidad de adaptación está íntimamente ligado con el concepto de resiliencia climática.

Para definir la capacidad de adaptación, se identifican cuatro categorías de variables que determinan en qué medida la adaptación está planificada:

- **Variables transversales: planificación gubernamental y empresarial.** Existencia de políticas, estándares, regulación, legislación o directrices, de prevención de los riesgos derivados del cambio climático, ya sea fruto de la planificación gubernamental de los estados en que opera la organización, o como iniciativa estratégica propia de la empresa.
- **Variables económicas:** Se refiere tanto a la disponibilidad de recursos económicos, como a la disponibilidad de infraestructuras.
 - **Recursos económicos:** Existencia de recursos económicos para hacer frente a los riesgos, disponibilidad de fuentes de financiación o la posibilidad de explotación de oportunidades de mercado derivadas de la adaptación.
 - **Infraestructuras.** Disponibilidad de las infraestructuras necesarias y suficientes para hacer frente a los riesgos identificados.
- **Variables sociales: Información y conocimiento.** Disponibilidad de información de la que goza la organización y sus agentes clave, conocimiento del riesgo y/o de las oportunidades, existencia de precedentes de actuación, existencia de metodología, grado de conocimiento e implicación por parte de la plantilla de personal, los clientes y las comunidades del entorno, existencia de programas de entrenamiento, disponibilidad de información de estudios de caso.

Tabla 12. Capacidad de adaptación.

Fuente: Adaptado de DEFRA.

CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN					
	Despreciable (CA0)	Mínima (CA1)	Media (CA2)	Significativa (CA3)	Importante (CA4)
Grado	0	1	2	3	4
Puntuación	7	5	4	3	1

Descripción:

Despreciable: No se dispone de ninguna variable.

Mínima: Se dispone de una o dos variables.

Media: Se dispone de tres variables.

Significativa: Se dispone de cuatro variables.

Importante: Se dispone de cinco variables.

La capacidad de adaptación se clasifica en despreciable (0), mínima (1), media (2), significativa (3) o importante (4), según la disponibilidad del sector o sus activos de alguna de las variables anteriormente descritas. Se asignan puntuaciones de 1 a 7 para cada grado de capacidad de adaptación, dando el mayor valor a la capacidad de adaptación despreciable, y el menor a la capacidad importante.

3.3. Metodología del análisis de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad de una organización o sistema a los cambios en el entorno. En este análisis, se examina también la capacidad de adaptación de dicha organización o sistema, con el objetivo de determinar su reacción ante posibles alteraciones y establecer un orden de prioridades a la hora de proponer medidas concretas de actuación en materia de adaptación.

La vulnerabilidad depende tanto de la probabilidad y consecuencia del riesgo experimentado, como de la capacidad de actuación, de modo que, cuanto mayor sea la severidad del riesgo concreto evaluado y menor la capacidad de adaptación, mayor será la vulnerabilidad del elemento receptor del riesgo.

De esta manera, la vulnerabilidad se puntúa como el producto entre el riesgo y la capacidad de adaptación, según la fórmula siguiente:

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Riesgo} \times \text{Capacidad de Adaptación}$$

Este producto se calcula tomando como valor para el riesgo, su índice²⁸ (que varía entre 0 y 100), y como valor para la capacidad de adaptación, su puntuación²⁹ (entre 1 y 7).

El rango de valores resultado del cruce de estas dos variables, define el índice de vulnerabilidad, que varía entre 0 y 700, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13. Vulnerabilidad del sistema a un determinado riesgo climático.
FUENTE: Adaptado de DEFRA.

		CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN				
		CA0	CA1	CA2	CA3	CA4
RIESGO	R0	0	0	0	0	0
	R1	140	100	80	60	20
	R2	210	150	120	90	30
	R3	350	250	200	150	50
	R4	630	450	360	270	90
	R5	700	500	400	300	100

Los valores obtenidos de esta manera definen las distintas tipologías de vulnerabilidad, que se clasifica de despreciable, con una magnitud igual a cero, a muy alta, con una magnitud de vulnerabilidad mayor a 700, según el siguiente criterio:

Tabla 14. Tipología de vulnerabilidad
FUENTE: Adaptado de DEFRA.

TIPOLOGÍA DE VULNERABILIDAD	RIESGO	MAGNITUD	CLASE	TIPOLOGÍA
	Muy Alto	≥500	5	V5
	Alto	≤300-500	4	V4
	Medio	≤200-300	3	V3
	Bajo	≤100-200	2	V2
	Muy bajo	>0-100	1	V1
	Despreciable	0	0	V0

Descripción:

²⁸ Véase Tabla 10.

²⁹ Véase Tabla 12.

- V5:** Vulnerabilidad muy alta, es urgente tomar acciones.
- V4:** Vulnerabilidad alta, es necesario tomar acciones.
- V3:** Vulnerabilidad media, es recomendable tomar acciones.
- V2:** Vulnerabilidad baja, es necesario el seguimiento, pero no tanto tomar acciones.
- V1:** Vulnerabilidad muy baja, no es necesario tomar acciones preventivas o adaptativas.
- V0:** Vulnerabilidad despreciable.

De esta manera queda definido el grado de vulnerabilidad del objeto de análisis a los impactos climáticos concretos a los que se encuentra expuesto. Este análisis puede realizarse tanto para evaluar la vulnerabilidad actual del objeto de análisis, como para evaluar su vulnerabilidad futura, dados los cambios climáticos esperados.

4. Análisis de vulnerabilidad

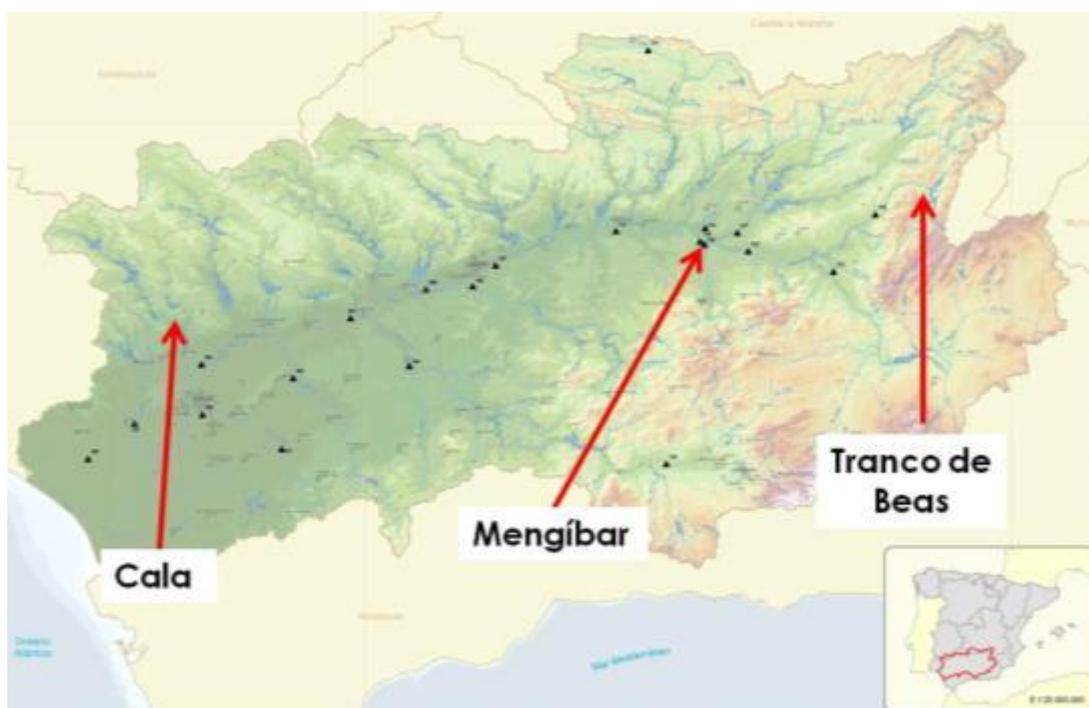
En este capítulo se lleva a cabo el análisis de vulnerabilidad al cambio climático de las unidades de producción hidroeléctrica de Cala (Sevilla), El Tranco y Mengíbar (Jaén).

4.1. Descripción del objeto de análisis de vulnerabilidad.

Las centrales objeto de estudio se encuentran todas ellas en la cuenca de Guadalquivir, en las localizaciones que se muestran en el siguiente mapa.

Figura 3: Mapa de localización de los embalses de Cala y El Tranco de Beas y la central fluyente de Mengíbar.

Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.



La central de Cala es una central de embalse, y se encuentra en el río Rivera de Cala, próxima a la cabecera de cuenca. El funcionamiento del embalse es anual, es decir, depende del régimen de precipitaciones que tenga lugar en cada año hidrológico. El objetivo de la central es la producción hidroeléctrica, si bien es verdad que

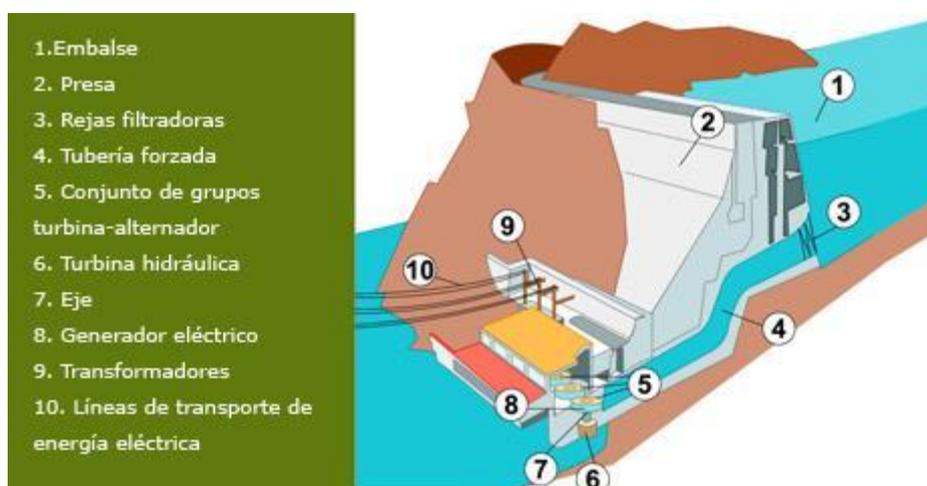
proporciona agua a embalses situados aguas abajo, destinados al abastecimiento de agua a la ciudad de Sevilla.

La central de El Tranco es también otra central de embalse, y se sitúa en el alto Guadalquivir, en el parque natural de Cazorra, Segura y Las Villas. Se trata de una presa con mayor capacidad de almacenamiento, cuyo funcionamiento es hiperanual: no depende del régimen de precipitaciones de cada año, sino del de los últimos años. El agua almacenada en esta presa se destina principalmente al riego de cultivos aguas abajo de la misma (sobre todo de olivares).

Las centrales hidroeléctricas de embalse cuentan con la ventaja de poder liberar agua y, por tanto, generar energía en el momento en el que se desee, si bien es cierto que la liberación de caudales en las centrales de Cala y El Tranco está condicionada a las necesidades de suministro de agua y riego, respectivamente. La siguiente figura muestra un esquema del funcionamiento de una central hidroeléctrica de embalse.

Figura 4: Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica de embalse.

Fuente: Junta de Andalucía.

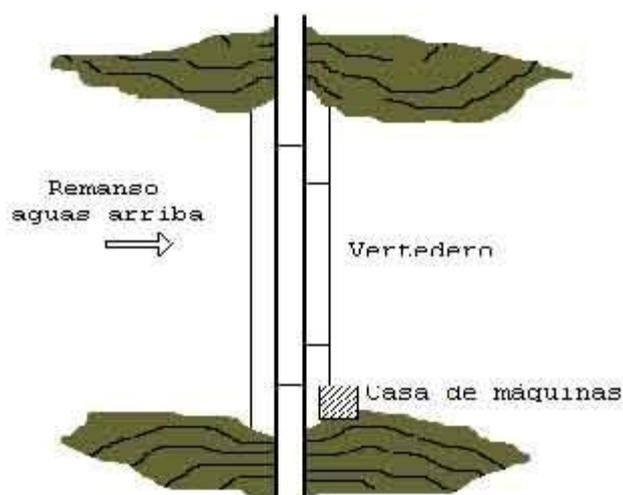


En cuanto a la central de Mengíbar, ésta es una central fluyente, es decir situada en el cauce del río y sin posibilidad de almacenamiento de agua, lo cual implica que la generación eléctrica depende del caudal que llegue en cada momento a la planta.

La siguiente figura muestra el esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica fluyente.

Figura 5: Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica fluyente.
(Vista en planta).

Fuente: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.



4.2. Proyecciones climáticas en Andalucía

Para conocer cómo puede variar a futuro el clima de las cuencas que vierten agua a las centrales eléctricas objeto del presente análisis, primero se analizan las proyecciones climáticas realizadas para Andalucía por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)³⁰ y por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en 2008 y 2013³¹, y se tienen en cuenta todos los escenarios contemplados en dichas proyecciones.

En concreto, los escenarios para los cuales se realizan las proyecciones de AEMET son los siguientes:

- **A1B** (emisiones medias). Intuye un rápido crecimiento económico y poblacional para el futuro, una población mundial en decrecimiento a partir

³⁰ AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.

AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

³¹ Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.

También se ha partido de la regionalización de proyecciones climáticas para Andalucía contenida en los archivos informáticos de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC (realizados en Agosto de 2013 por la Consejería de Medio Ambiente de esta comunidad).

de mediados de siglo y un rápido desarrollo tecnológico, con un equilibrio mundial entre regiones y fuentes de energía diversificadas.

- **A2** (emisiones medias-altas). Supone una población mundial en crecimiento sostenido, con fuertes diferencias regionales en cuanto a crecimiento tecnológico, poblacional y económico. El desarrollo económico y tecnológico es más lento y fragmentado que en otros escenarios
- **B1** (emisiones bajas). En este escenario, la población mundial crece hasta alcanzar su máximo a mediados de siglo para decrecer después del mismo modo que en el escenario A1, la economía mundial tiende a una menor dependencia y presión sobre los recursos, una mayor eficiencia energética y a un enfoque globalizado de las soluciones socioeconómicas y ambientales. Mayor equidad social.
- **E1** (emisiones muy bajas). Escenario de mitigación agresivo coherente con el objetivo de evitar que se superen los 2°C de calentamiento global medio respecto a los niveles pre-industriales. Bajo este escenario, la concentración de CO₂ alcanzaría 535 ppm en 2045 y se estabilizaría posteriormente en 450 ppm)³².

Las proyecciones regionalizadas por la Junta de Andalucía en 2008 contemplan dos escenarios de emisiones de GEI: el escenario A2, descrito anteriormente (emisiones medias-altas) y el escenario B2 (emisiones medias-bajas). Este último supone un desarrollo económico y tecnológico medio, en el que la economía mundial tiende a la sostenibilidad, pero las soluciones socioeconómicas y ambientales tienen un enfoque regional. El crecimiento poblacional es sostenido y con equidad social.

Con respecto a estas proyecciones, puesto que no se ha podido contar en todos los casos con regionalizaciones para la localización exacta de las centrales, se ha recurrido a las proyecciones realizadas para las áreas geográficamente más próximas. La siguiente tabla muestra las correspondencias entre centrales y áreas geográficas andaluzas con proyecciones específicas disponibles.

³² Comisión Europea. European and Global Climate Change Projections. Technical Policy Briefing Note. 01. 2011.

Tabla 15: Correspondencia entre áreas geográficas con proyecciones climáticas específicas y cuencas que vierten aguas a las centrales.

Fuente: elaboración propia a partir de Moreira Madueño, J.M., 2008³³.

Central	Correspondencia con área geográfica para proyecciones de temperatura	Correspondencia con área geográfica para proyecciones de precipitación
Cala	Sierra Norte de Sevilla	Sierra de Aracena, Sierra de Hornachuelos
El Tranco	Sierra de Cazorla	Sierra de Cazorla
Mengíbar	Jaén	Sierra de Andújar, Jaén

En cuanto a las proyecciones regionalizadas por la Junta de Andalucía en 2013, éstas se realizaron para los escenarios A1B, A2 y B1³⁴. Para este análisis de vulnerabilidad, y en el caso de estas proyecciones regionalizadas, se partirá de las proyecciones correspondientes al escenario A2, por tratarse del escenario más pesimista de los tres, en una aproximación conservadora. A partir de estas proyecciones, y mediante sistemas informáticos de información geográfica, se ha analizado estas proyecciones climáticas para las localizaciones de las tres centrales hidroeléctricas, para las siguientes variables climáticas:

- Temperatura máxima diaria (promedio)
- Temperatura mínima diaria (promedio)
- Precipitación anual
- Número de días de calor

En el anexo de este documento se pueden observar los mapas obtenidos a partir de las proyecciones climáticas regionalizadas para Andalucía en 2013.

De acuerdo a las proyecciones de AEMET, las temperaturas máximas, que actualmente se encuentran entre 18 y 24,25 ° C para la zona de estudio, podrían experimentar un aumento de entre 1 y 2°C para mediados del siglo XXI, y de entre 2 y 4,5°C para finales del mismo. Al mismo tiempo, las temperaturas mínimas, que actualmente se encuentran entre 6,5 y 10,5 ° C para la zona de estudio, podrían

³³ Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.

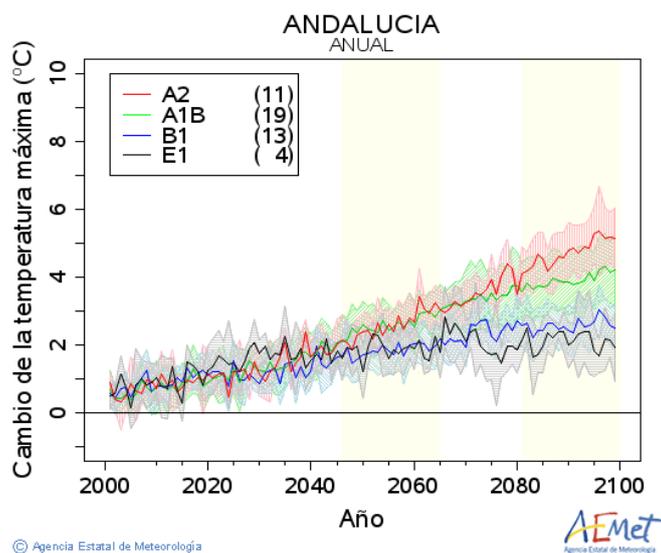
³⁴ De entre todos los modelos de circulación general para los cuales se cuenta con regionalización de proyecciones para Andalucía, se han escogido las proyecciones del modelo Echam 5, por ser el modelo más próximo al de las proyecciones regionalizadas para Andalucía consideradas en el Programa de Adaptación del Plan Andaluz de Acción por el Clima (modelo Echam 4).

presentar aumentos de entre 1 y 2°C para el año 2050 y entre 1 y 4°C para el año 2100, variando en función del escenario de emisiones de GEI considerado.

Las siguientes figuras muestran como variarían las temperaturas a lo largo del siglo XXI en Andalucía, de acuerdo a las proyecciones de AEMET.

Figura 6: Proyecciones de cambio en las temperaturas máximas para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.

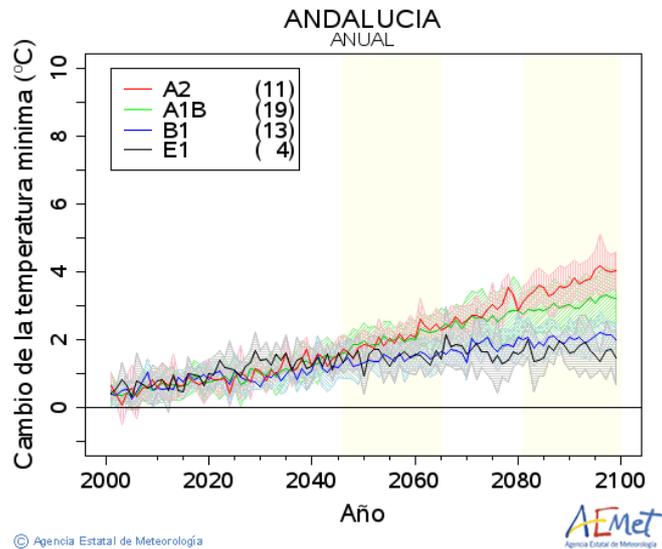
Fuente: AEMET³⁵.



³⁵ AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

Figura 7: Proyecciones de cambio en las temperaturas mínimas para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.

Fuente: AEMET³⁶.



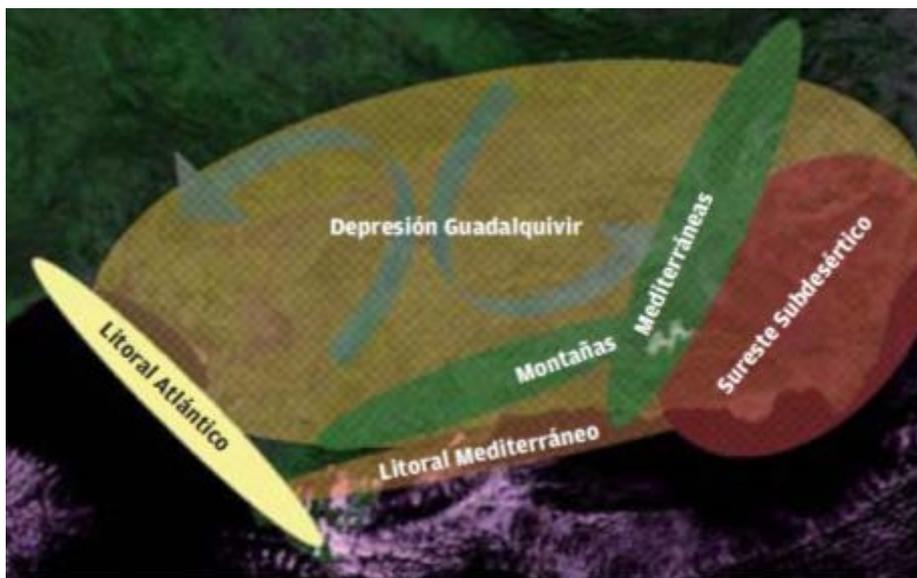
Por otra parte, de acuerdo a la regionalización de proyecciones climáticas elaborada por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, las temperaturas variarían a lo largo del siglo XXI en toda la comunidad, cambiando la distribución de los distintos tipos de climas andaluces conforme se muestra en las siguientes figuras.

³⁶ AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

Figura 8: Caracterización climática actual de Andalucía en función de las temperaturas.
Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía³⁷.



Figura 9: Caracterización climática futura de Andalucía en función de las temperaturas.
Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía³⁸.



³⁷ Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.

³⁸ Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.

Como se observa en los mapas anteriores, podrían esperarse cambios en el clima de la región, tal y como se conoce en la actualidad. El clima de la depresión del Guadalquivir podría ir expandiéndose hacia las subregiones aledañas a dicha depresión. De modo análogo, el clima subdesértico del Sureste de la comunidad también podría ampliar su presencia, expandiéndose hacia el norte y hacia el oeste. Por otra parte, las Sierras del Estrecho pasarían a tener un clima semejante al de las montañas mediterráneas, que se expandiría a su vez por la alta montaña bética.

En concreto, para las centrales objeto de estudio en el presente análisis, se debería indicar que las temperaturas mínimas en el área de la cuenca que vierte a la central de Cala podrían subir en 2,17°C en la década 2051-2060 y 3,63°C en la década 2091-2100.

En el caso de la cuenca que vierte a la central de El Tranco, las proyecciones de evolución de las temperaturas mínimas son similares a las anteriores: aumentos de 2,03°C para mediados del siglo XXI, y de 3,38°C para finales del mismo.

Respecto a la cuenca que vierte a Mengíbar, los aumentos de temperatura serían, según las proyecciones, de 2,64°C para mediados del siglo XXI, y de 4,46°C para finales del siglo XXI.

En todos los casos, los aumentos de temperatura serían más notables en los meses de primavera y verano, y en menor medida el resto del año.

La siguiente tabla muestra los incrementos proyectados en las temperaturas mínimas en las cuencas que vierten a las tres centrales:

Tabla 16: Incrementos en las temperaturas mínimas en las cuencas de las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía³⁹.

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
2001-2010	0,58°C	0,56°C	0,71°C
2011-2020	0,74°C	0,71°C	0,91°C
2021-2030	1,10°C	1,02°C	1,34°C
2031-2040	1,39°C	1,31°C	1,67°C
2041-2050	1,69°C	1,59°C	2,05°C
2051-2060	2,17°C	2,03°C	2,64°C

³⁹ Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.

2061-2070	2,52°C	2,26°C	3°C
2071-2080	2,86°C	2,67°C	3,49°C
2081-2090	3,29°C	3,05°C	4,01°C
2091-2100	3,63°C	3,38°C	4,46°C

Los resultados obtenidos para la evolución de las medias de las temperaturas máximas y mínimas diarias a partir de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC para las localizaciones de las tres centrales bajo el escenario A2 son los que se muestran a continuación:

Tabla 17: Proyección de las temperaturas máximas y mínimas diarias en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Fuente: elaboración propia a partir de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía⁴⁰.

Tmax=media de las máximas diarias

Tmin=media de las mínimas diarias

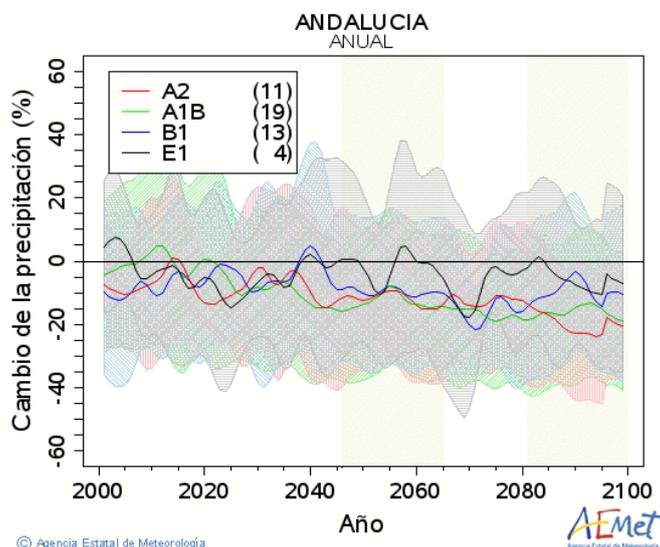
Central	Cala		El Tranco		Mengíbar	
	Tmax	Tmin	Tmax	Tmin	Tmax	Tmin
Valores históricos	22,50 °C	9,50 °C	18,00 °C	6,50 °C	24,25 °C	10,50 °C
2011-2040	23,50 °C	10,75 °C	21,50 °C	8,00 °C	25,00 °C	11,00 °C
2041-2070	25,50 °C	11,25 °C	22,50 °C	9,50 °C	26,50 °C	12,00 °C
2071-2100	27,25 °C	12,50 °C	25,00 °C	10,50 °C	28,00 °C	13,50 °C

En cuanto a las precipitaciones, que actualmente se encuentra entre 500 mm y 950 mm para la zona de estudio, las proyecciones realizadas por AEMET para Andalucía indican unas reducciones en los volúmenes de precipitación anual de hasta el 15% para el año 2050, y de entre el 5 y el 20% para el año 2100, como se puede observar en la siguiente figura.

⁴⁰ Resultados locales de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, elaborados en 2013), obtenidos mediante un Sistema de Información Geográfica para las ubicaciones de las centrales de Cala, Tranco y Mengíbar.

Figura 10: Proyecciones de variación porcentual de la precipitación media anual para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.

Fuente: AEMET⁴¹.



Por otra parte, las proyecciones realizadas por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía apuntan a unas disminuciones para la cuenca que vierte a la central de Cala de entre el 12,75% y el 11,75% para mediados del siglo XXI, y de entre el 15,88% y el 16,75% para finales del siglo XXI.

Para la cuenca que vierte a la central de El Tranco, las proyecciones de disminución de la precipitación son del 12,67% para mediados del siglo XXI, y del 18,94% para finales del mismo siglo.

En cuanto a la cuenca que vierte a Mengíbar, las reducciones en el volumen de precipitación proyectadas serían de entre el 10,9% y el 11,86% para mediados del siglo XXI, y de entre el 25,9% y el 16,95% para finales del mismo siglo.

La siguiente tabla muestra las proyecciones de disminución de la precipitación para las cuencas que vierten a las tres centrales.

⁴¹ AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

Tabla 18: Diminuciones de las precipitaciones en las cuencas que vierten a las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía⁴².

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
2011-2040	-5,67-9,34%	-6,04%	-8,16-9,8%
2041-2070	-11,01-12,75%	-12,67%	-10,09-11,86%
2071-2100	-16,75-15,88%	-18,94%	-16,95-25,9%

Los resultados obtenidos para la evolución de las precipitaciones anuales a partir de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC para las localizaciones de las tres centrales bajo el escenario A2 son los que se muestran a continuación:

Tabla 19: Proyección de las precipitaciones medias anuales en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Fuente: elaboración propia a partir de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía⁴³.

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
Valores históricos	740 mm	950 mm	500 mm
2011-2040	600 mm	680 mm	400 mm
2041-2070	580 mm	640 mm	350 mm
2071-2100	500 mm	560 mm	300 mm

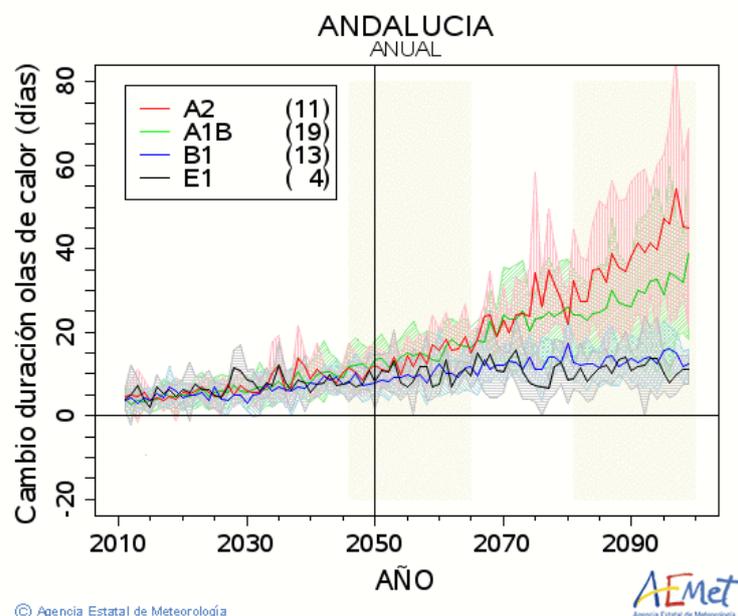
En cuanto a las olas de calor, las proyecciones de variación en la duración de las mismas realizadas por AEMET para Andalucía apuntan a incrementos de entre 5 y 10 días al año para el año 2050, y de entre 5 y 40 días al año para el año 2100, como se puede comprobar en las figuras que se muestran a continuación:

⁴² Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.

⁴³ Resultados locales de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, elaborados en 2013), obtenidos mediante un Sistema de Información Geográfica para las ubicaciones de las centrales de Cala, Tranco y Mengíbar.

Figura 11: Proyecciones de cambio en la duración de las olas de calor para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.

Fuente: AEMET⁴⁴.



Los resultados obtenidos para los días de calor a partir de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC para las localizaciones de las tres centrales bajo el escenario A2 son los que se muestran a continuación:

Tabla 20: Proyección del número de días de calor anuales en las localizaciones de las tres centrales a lo largo del siglo XXI.

Fuente: elaboración propia a partir de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía⁴⁵.

Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
Valores históricos	35 días	20 días	50 días
2011-2040	55 días	35 días	70 días
2041-2070	85 días	55 días	95 días
2071-2100	110 días	85 días	110 días

⁴⁴ AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.

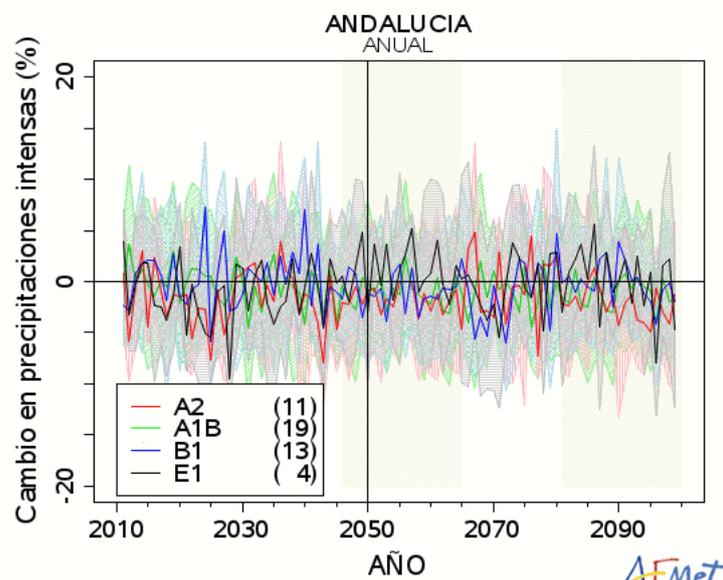
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

⁴⁵ Resultados locales de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, elaborados en 2013), obtenidos mediante un Sistema de Información Geográfica para las ubicaciones de las centrales de Cala, Tranco y Mengíbar.

Respecto a las precipitaciones intensas, las proyecciones apuntan a una tendencia a una ligerísima disminución en la media anual, con una variabilidad interanual situada entre el -10% y el +5%, como se puede comprobar en la figura siguiente.

Figura 12: Proyecciones de cambio en las precipitaciones intensas para Andalucía, bajo los escenarios A2, A1B, B1 y E1.

Fuente: AEMET⁴⁶.



A la vista de las proyecciones climáticas mostradas, las variaciones esperadas serían las siguientes.

⁴⁶ AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009.
AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

Tabla 21: Proyecciones climáticas para las áreas objeto de estudio.
Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía⁴⁷ y AEMET⁴⁸.

	Central	Cala	El Tranco	Mengíbar
Aumento de la temperatura	2051-2060	2,17°C	2,03°C	2,64°C
	2091-2100	3,63°C	3,38°C	4,46°C
Disminución de las precipitaciones	2041-2070	-11,01-12,75%	-12,67%	-10,09-11,86%
	2071-2100	-16,75-15,88%	-18,94%	-16,95-25,9%

Por otra parte, las proyecciones de las olas de calor muestran una tendencia a que éstas se prolonguen, de modo que a finales del siglo XXI su duración podría incrementarse en un número de días al año entre 5 y más de 40, variando en función del escenario de emisiones de GEI contemplado. Además, el número de días de helada al año muestra en las proyecciones una tendencia a reducirse hasta en torno a 10 días al año para el año 2100.

Por último, las proyecciones de precipitaciones intensas apuntan a una ligerísima disminución de las mismas.

Hay que llamar la atención sobre el hecho de que Andalucía cuenta con climatologías bien diferenciadas. Para los objetivos del presente trabajo, habría sido idóneo contar con proyecciones climáticas regionalizadas a escala de las cuencas que vierten a las centrales objeto de estudio para las olas de calor y las precipitaciones intensas, en lugar de a escala de toda Andalucía. Sin embargo, se ha optado por considerar estas últimas para estas tres variables, ya que no se ha podido constatar la existencia de proyecciones climáticas regionalizadas a menor escala, lo cual implica que estas proyecciones climáticas están sujetas a un determinado grado de incertidumbre asociado a las diferencias climáticas entre distintas áreas dentro de Andalucía.

⁴⁷ Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.

⁴⁸ AEMET. Generación de escenarios climáticos regionalizados para España. 2009. AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.

4.3. Análisis de riesgos

Como paso previo al análisis de riesgos, se realiza una presentación de la situación de partida de las tres centrales objeto de estudio, incorporando datos históricos sobre pluviometría, aportaciones de agua y producción eléctrica.

Los embalses de Cala y El Tranco son dos centrales muy próximas a las cabeceras de cuenca y prácticamente sin áreas de cultivo aguas arriba, de modo que las precipitaciones determinan en gran medida las aportaciones de agua. Sin embargo, el funcionamiento del embalse de Cala depende del volumen de precipitación anual y de su distribución a lo largo del año (tiene un comportamiento anual). Por el contrario, el embalse de El Tranco, puesto que recibe el agua de una cuenca de mayor superficie y cuenta con una mayor capacidad, no depende de la precipitación anual, sino de la precipitación de los últimos años (su comportamiento es hiperanual).

Otra diferencia entre ambas presas a tener en cuenta, y que condiciona su producción eléctrica, es que Cala tiene como función principal la generación hidroeléctrica, mientras que El Tranco proporciona agua para riego de cultivos (principalmente de olivar) aguas abajo.

A continuación se muestran unas gráficas en las que se puede observar la relación entre precipitación y aportaciones, y aportaciones y producción hidroeléctrica en el embalse de Cala.

Gráfico 1: Precipitación y aportaciones en el embalse de Cala.
Fuente: elaboración propia a partir de información de Endesa.

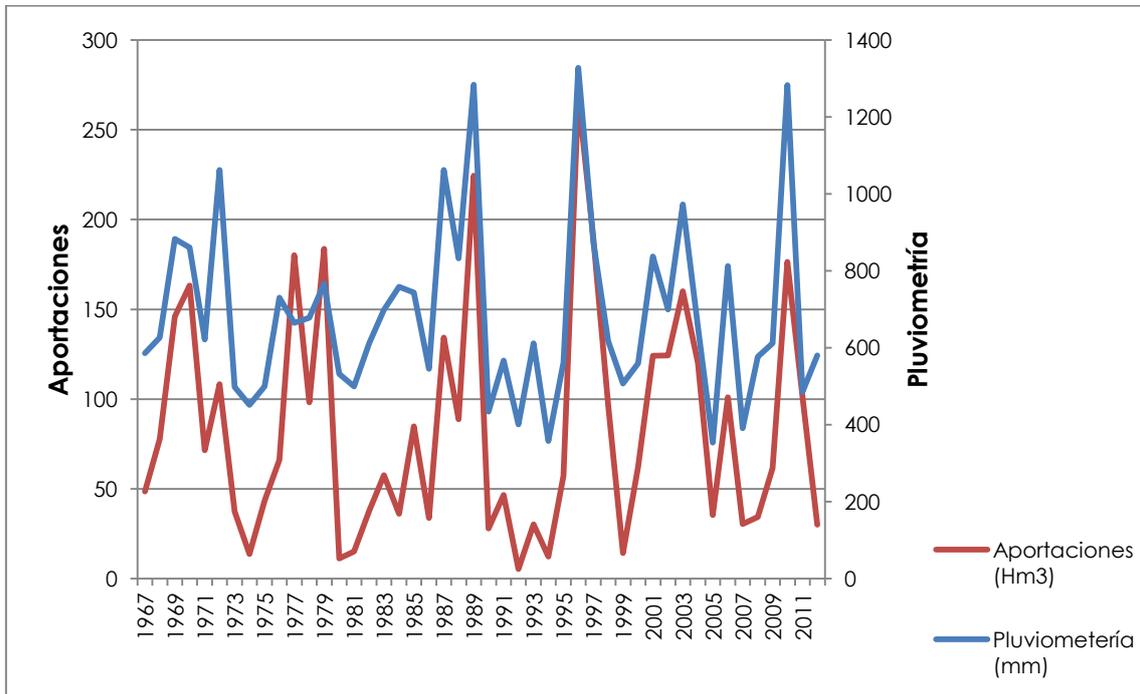
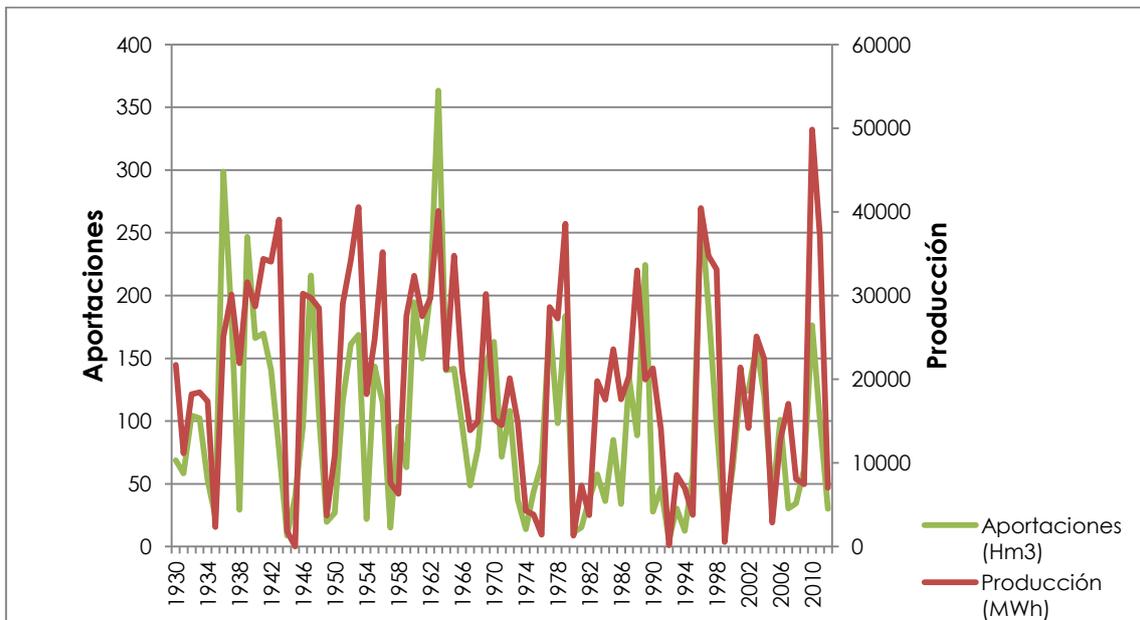


Gráfico 2: Aportaciones y producción hidroeléctrica en el embalse de Cala.
Fuente: elaboración propia a partir de información de Endesa.



Los gráficos anteriores muestran una correlación entre picos de pluviometría, aportaciones y producción, lo cual se debe al hecho de que las aportaciones anuales medias son altas en relación con la capacidad del embalse y, por tanto, no se acumulan reservas de un año a otro. Por ello, en el embalse de Cala, se podría afirmar que los años de mayores precipitaciones son más productivos.

Las siguientes gráficas presentan las mismas relaciones de variables en el embalse de El Tranco.

Gráfico 3: Precipitación y aportaciones en el embalse de El Tranco.
Fuente: elaboración propia a partir de información de Endesa.

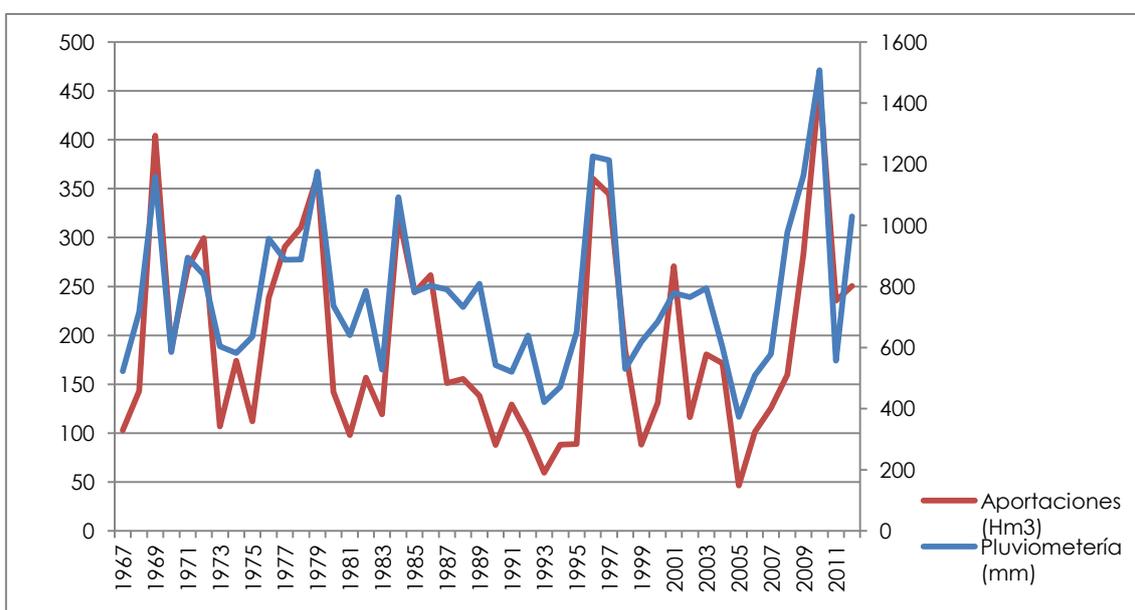
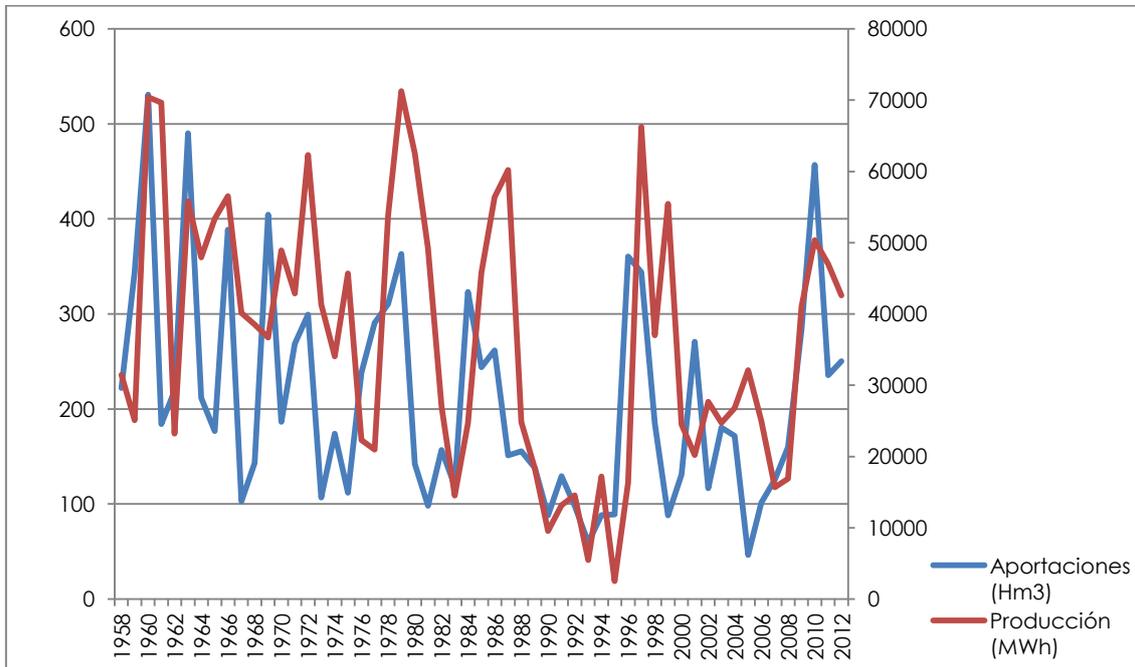


Gráfico 4: Aportaciones y producción hidroeléctrica en el embalse de El Tranco.

Fuente: elaboración propia a partir de información de Endesa.



En el caso de la central de El Tranco, se observa la relación de picos de pluviometría y aportaciones. Sin embargo, se comprueba la existencia de un cierto desfase entre los picos de aportaciones y producción. Este desfase es debido a que, como se explicó anteriormente, se trata de un embalse hiperanual y, por tanto, capaz almacenar la aportación de varios años para liberarla en el momento que se requiera. Además, su funcionamiento anual está determinado por la demanda hídrica para riego, lo que implica que la generación de energía tiene lugar cuando existen necesidades de riego, es decir, en momentos de mayor escasez de precipitación.

Existen más embalses aguas abajo de El Tranco, con función regulatoria para suministro de agua para riegos. Sin embargo, debe llamarse la atención sobre el hecho de que la planificación hidrológica y, por tanto, la regulación de los caudales de riego es competencia de la administración pública.

En cuanto a la central fluyente de Mengíbar, ésta cuenta con varios embalses aguas arriba (Guadalmén, Guadalmena y El Tranco), que laminan las avenidas aguas arriba, de modo que su producción está mucho menos condicionada por la precipitación que la de las centrales de Cala y El Tranco.

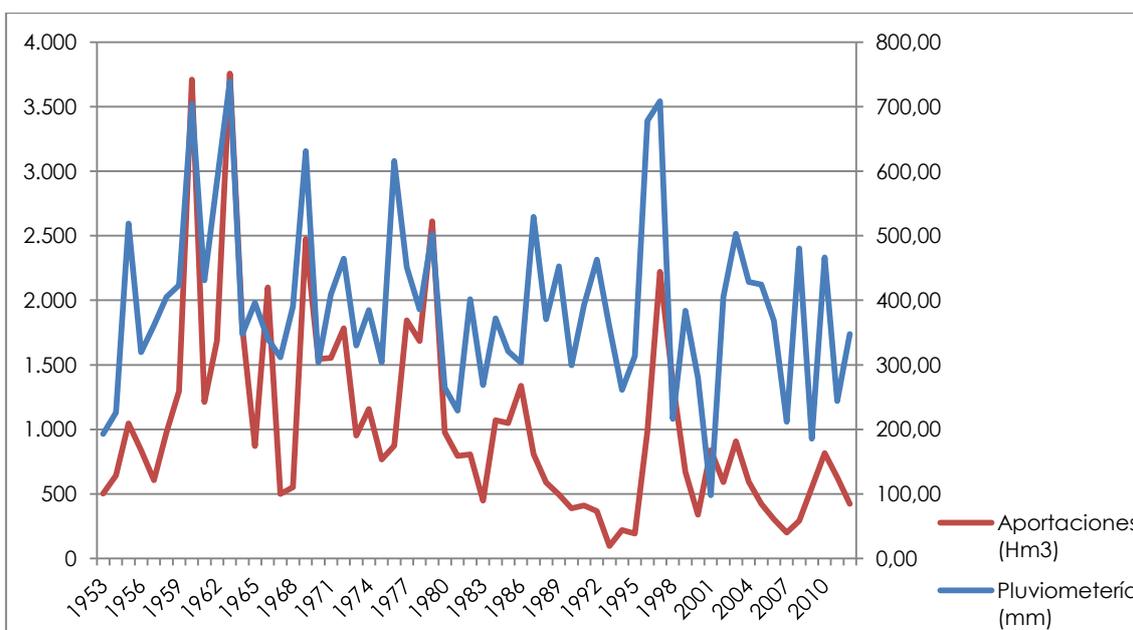
Además, existen grandes áreas de cultivo de olivar aguas arriba, que cuentan a menudo con sistemas de riego por goteo y en las que se llevan a cabo labores de

eliminación del estrato herbáceo para optimizar el aprovechamiento de agua por parte de los árboles. Estas prácticas agrícolas podrían disminuir la capacidad de retención de agua de lluvia y de escorrentía por parte de los suelos, pudiendo favorecer de este modo la erosión. Como consecuencia potencial, en momentos de precipitaciones más intensas o abundantes, podría resultar que se aportase a los ríos y cauces una gran cantidad de sedimentos, sólidos en suspensión y materiales diversos que aumentarían la turbidez del agua de los ríos, colmatarían las presas existentes y perjudicarían notablemente el estado ecológico de los mismos⁴⁹.

Las relaciones entre pluviometría y aportaciones, y entre aportaciones y producción, se muestran en los siguientes gráficos.

Gráfico 5: Precipitación y aportaciones en la central fluyente de Mengíbar.

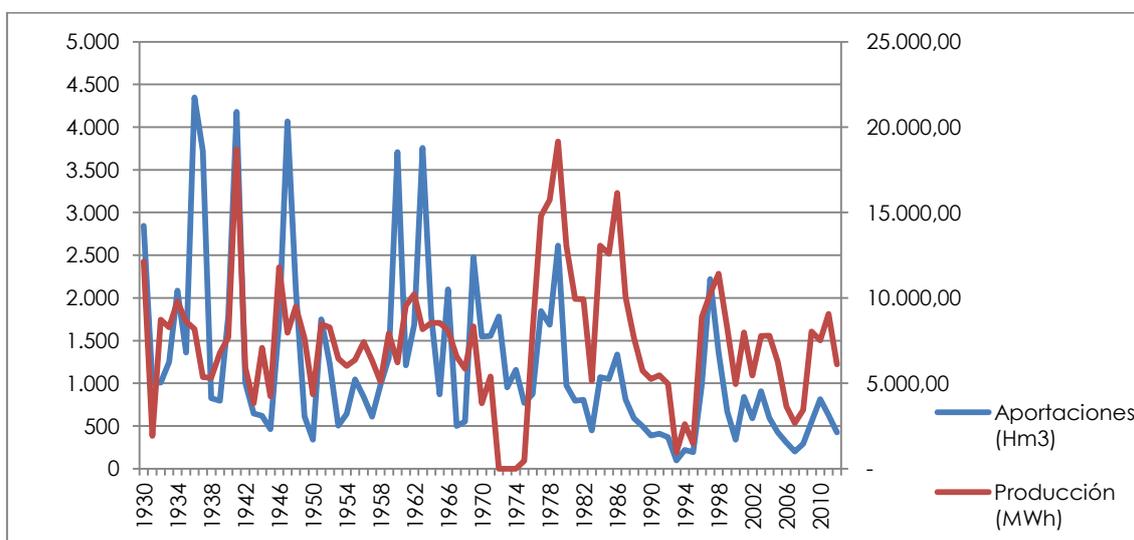
Fuente: elaboración propia a partir de información de Endesa.



⁴⁹ De las tres centrales sometidas a estudio, la única susceptible de sufrir efectos de colmatación es la central de Mengíbar, que es la única de las tres que cuenta con áreas de cultivo aguas arriba.

Gráfico 6: Aportaciones y producción en la central fluyente de Mengíbar.

Fuente: elaboración propia a partir de información de Endesa⁵⁰.



En los gráficos anteriores se puede observar que, en el caso de la central fluyente de Mengíbar, existe una clara relación entre aportaciones y producción, más evidente que en los casos anteriores, lo cual se debe a que esta central no cuenta con la posibilidad de almacenar el volumen de agua aportado. Sin embargo, la relación entre precipitación y aportaciones es menos estrecha.

En base a esta información y a bibliografía sectorial, a continuación se presenta el análisis de riesgos desarrollado. Antes de entrar en la exposición de resultados, es necesario explicar que la notación que se empleará de ahora en adelante para mostrar los resultados es la siguiente:

- **T:** hace referencia al aumento de la temperatura
- **P:** se refiere a la disminución de la precipitación
- **EE:** hace referencia a los eventos meteorológicos extremos
- **0:** se refiere a la actualidad
- **1:** se refiere al corto plazo (2015-39)
- **2:** se refiere al medio plazo (2040-69)
- **3:** se refiere al largo plazo (2070-99)

De este modo, por ejemplo, T1 indicaría que el riesgo o vulnerabilidad de que se trate es el asociado al aumento de la temperatura en el corto plazo.

⁵⁰ En los años 1973 y 1974 la central de Mengíbar se encontraba en remodelación, motivo por el cual esta central no produjo energía en dichos años.

El cambio climático puede implicar diferentes riesgos para la actividad de las centrales de Cala, El Tranco y Mengíbar, siendo vulnerable al mismo en muy diversas formas. Las consecuencias del mismo y sus valoraciones para estas centrales se presentan en las tablas a continuación.

El análisis se ha basado en la metodología de análisis de vulnerabilidad, tal y como ha sido descrito anteriormente, en el capítulo 3 del presente documento y en la guía "Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado" elaborada por la Oficina Española de Cambio Climático.

Tabla 22: Consecuencias posibles del cambio climático para las centrales de Cala y El Tranco.

Fuente: elaboración propia a partir información proporcionada por Endesa, McConnach, J.S. *et al.*, Rübbelke, D. y Vögele, S., y Urban, F. y Mitchell, T.⁵¹ (D=despreciable, Min=mínima, Men=menor, S=significativa, I=importante, Gr=grave, MG=muy grave).

IMPACTO CLIMÁTICO	RIESGO ASOCIADO	CONSECUENCIA DIRECTA DERIVADA	IMPORTANCIA DE CONSECUENCIAS				Justificación
			Actualidad	2015-39	2040-69	2070-99	
Aumento de la temperatura del aire	Mayor evapotranspiración en cuenca	Menores producciones hidroeléctricas por menores aportaciones	Min	Men	S	I	La mayor evapotranspiración de la vegetación en las cuencas, así como las mayores necesidades de abastecimiento de agua y riego, pueden dar lugar a reducciones considerables en la producción de energía y en los ingresos procedentes de su venta en el mercado eléctrico. Debe mencionarse que, en la actualidad, la presa de El Tranco tiene su funcionamiento condicionado por la necesidad de riego aguas abajo, y las repercusiones de una mayor temperatura no serían mucho mayores que las que este hecho tiene en la actualidad.
	Mayores necesidades de riego o abastecimiento de agua	Necesidad de turbinar para satisfacer las necesidades de riego o abastecimiento de agua aguas abajo, e imposibilidad de turbinar sólo en momentos de máxima demanda de electricidad					

⁵¹ McConnach, J.S., *et al.* Impacts of Climate Change on the Power Industry and How It is Adapting. 2011.

Rübbelke, D. y Vögele, S. Distributional Consequences of Climate Change Impacts on the Power Sector: Who gains and who losses? 2011.

Urban, F. y Mitchell, T. Climate change, disasters and electricity generation. 2011.

IMPACTO CLIMÁTICO	RIESGO ASOCIADO	CONSECUENCIA DIRECTA DERIVADA	IMPORTANCIA DE CONSECUENCIAS				Justificación
			Actualidad	2015-39	2040-69	2070-99	
Disminución de la precipitación	Menores aportaciones	Menores producciones hidroeléctricas	Min (Cala) Men (El Tranco)	Men (Cala) S (El Tranco)		S (Cala) I (El Tranco)	La menor precipitación en las cuencas, así como las mayores necesidades de riego, pueden dar lugar a reducciones en la producción hidroeléctrica y en los ingresos procedentes de su venta en el mercado eléctrico.
		Necesidad de turbinar para cumplir con el caudal ecológico ⁵² , e imposibilidad de turbinar sólo en momentos de máxima demanda de electricidad					
	Mayores necesidades de riego o de abastecimiento de agua	Necesidad de turbinar para satisfacer las necesidades de riego aguas abajo, e imposibilidad de turbinar sólo en momentos de máxima demanda de electricidad					
Menor lavado de contaminantes en suelos	Mayor concentración de contaminantes en agua						
Eventos extremos	Olas de calor	Incremento de demanda de agua para riego y consumo humano aguas abajo, reduciéndose la producción en momentos de punta	Min (Cala) Men (El Tranco)	Men (Cala) S (El Tranco)		S	
	Vientos extremos	Derribos de tendidos eléctricos e imposibilidad de verter la energía en la red					

⁵² Se debe mencionar que el caudal ecológico no depende de las aportaciones, de modo que en años de escasas aportaciones, la obligación de liberar el caudal ecológico disminuye la producción en máxima demanda de electricidad de las centrales en mayor medida que en años en los que estas aportaciones son mayores.

Tabla 23: Consecuencias posibles del cambio climático para la central de Mengíbar.

Fuente: elaboración propia a partir información proporcionada por Endesa, McConnach, J.S. *et al.*, Rübbelke, D. y Vögele, S., y Urban, F. y Mitchell, T.⁵³ (D=despreciable, Min=mínima, Men=menor, S=significativa, I=importante, Gr=crítica, MG=muy grave).

IMPACTO CLIMÁTICO	RIESGO ASOCIADO	CONSECUENCIA DIRECTA DERIVADA	IMPORTANCIA DE CONSECUENCIAS				Justificación
			Actualidad	2015-39	2040-69	2070-99	
Aumento de la temperatura del aire	Mayor evapotranspiración en cuenca	Menores producciones hidroeléctricas por menores aportaciones	Min	Men	S	I	El aumento de la evapotranspiración, sumado a unas necesidades de riego que no disminuirían, podría disminuir la producción de energía de la central.
		Incremento de demanda de agua para riego aguas arriba, reduciéndose las aportaciones y, por tanto, la producción					
Disminución de la precipitación	Menores aportaciones	Menores producciones hidroeléctricas	Men	S	I	Las menores precipitaciones, sumadas a unas necesidades de riego que no disminuirían, podrían disminuir la producción de energía de la central.	
	Menor cobertura vegetal en cuenca	Problemas de colmatación por menor freno de la erosión					
	Mayor necesidad de riego aguas arriba	Menores aportaciones y menor producción					
	Menor lavado de contaminantes en suelos	Mayor concentración de contaminantes en agua					

⁵³ McConnach, J.S., *et al.* Impacts of Climate Change on the Power Industry and How It is Adapting. 2011.

Rübbelke, D. y Vögele, S. Distributional Consequences of Climate Change Impacts on the Power Sector: Who gains and who losses? 2011.

Urban, F. y Mitchell, T. Climate change, disasters and electricity generation. 2011.

IMPACTO CLIMÁTICO	RIESGO ASOCIADO	CONSECUENCIA DIRECTA DERIVADA	IMPORTANCIA DE CONSECUENCIAS			
			Actualidad	2015-39	2040-69	2070-99
Eventos extremos	Lluvias torrenciales	Erosión de suelos por reducción de cobertura vegetal del suelo, potencialmente relacionada con prácticas de eliminación del estrato herbáceo en olivares, pudiendo contribuir a procesos de colmatación y a la imposibilidad de turbinar agua debido a la elevada turbidez	Men	S	I	La colmatación y la imposibilidad de turbinar, potencialmente relacionadas con la coincidencia de prácticas de eliminación de estrato herbáceo en olivares con precipitaciones intensas, podrían afectar notablemente a la central, más aún que en los caso de El Tranco y Cala, porque en este caso es muy superior la superficie de cultivo aguas arriba de la central.
	Olas de calor	Incremento de demanda de agua para riego aguas arriba reduciéndose la producción				
	Vientos extremos	Derribos de tendidos eléctricos e imposibilidad de verter la energía en la red				

Las probabilidades de ocurrencia de los impactos climáticos en los diferentes períodos del siglo XXI se presentan a continuación.

Tabla 24: Probabilidades de los impactos climáticos sobre las centrales de Cala, El Tranco y Mengíbar.

Fuente: elaboración propia con base en datos de AEMET⁵⁴ y Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía⁵⁵.

Impacto	Período	Probabilidad	Justificación
Incremento de las temperaturas	Actualidad	Poco probable	Valoraciones realizadas con base en las proyecciones de cambio de las temperaturas para las cuencas de las centrales.
	2015-39	Probable	
	2040-69	Bastante probable	
	2070-99	Muy probable	
Disminución de las precipitaciones	Actualidad	Probable	Valoraciones realizadas con base en las proyecciones de cambio de las precipitaciones para las cuencas de las centrales.
	2015-39	Bastante probable	
	2040-69	Muy probable	
	2070-99	Muy probable	
Eventos extremos	Actualidad	Poco probable	Valoraciones realizadas con base en las proyecciones de olas de calor y precipitaciones torrenciales para Andalucía, teniendo en cuenta que las de mayor influencia en las centrales serían las precipitaciones intensas.
	2015-39	Probable	
	2040-69	Probable	
	2070-99	Probable	

Conforme a la metodología seguida, conocidas las consecuencias de los impactos climáticos y las probabilidades de los mismos, se determina el riesgo asociado a cada impacto climático. Los riesgos resultantes son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 25: Riesgos de los impactos climáticos en la central de Cala.

Fuente: elaboración propia.
(T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, NM=nivel del mar, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).

1. PROBABILIDAD	2. CONSECUENCIA						
	Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
Improbable							
Muy poco probable							
Poco probable		T0; EE0					
Probable		P0	T1; EE1; EE2	EE3			
Bastante probable			P1	T2			
Muy Probable			P2	P3	T3		

⁵⁴ AEMET. Generación de escenarios de cambio climático regionalizados para España. 2009.

⁵⁵ Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.

Como se puede comprobar en la tabla anterior, los mayores niveles de riesgo serían los asociados al incremento de las temperaturas y a la disminución de la precipitación, por su repercusión directa sobre las aportaciones, estrechamente relacionadas con la producción y las posibilidades de venta de la energía producida en momentos de mayores precios en el mercado eléctrico. Los riesgos comenzarían en la actualidad en un nivel muy bajo (nivel 1), en el caso del aumento de la temperatura, y bajo (nivel 2), en el caso de la disminución de las precipitaciones, terminando en el último período del siglo XXI en niveles altos (nivel 4).

Con respecto a los riesgos asociados a los eventos extremos, éstos serían muy bajos en la actualidad (nivel 1) y no pasarían de un nivel medio (nivel 3) en el último período estudiado, recomendándose la evaluación de acciones al respecto.

En cuanto a la central de El Tranco, los riesgos de los impactos climáticos serían los que se muestran a continuación.

Tabla 26: Riesgos de los impactos climáticos en la central de El Tranco.

Fuente: elaboración propia.

(T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, NM=nivel del mar, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).

1. PROBABILIDAD	2. CONSECUENCIA						
	Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
Improbable							
Muy poco probable							
Poco probable		T0	EE0				
Probable			P0; T1	EE1; EE2; EE3			
Bastante probable				P1; T2			
Muy Probable				P2	T3; P3		

Según se observa en la tabla anterior, los mayores niveles de riesgo serían los asociados al incremento de las temperaturas y a la disminución de la precipitación, por su repercusión directa sobre las aportaciones y las necesidades de riego aguas debajo de la central, las cuales condicionan la producción y las posibilidades de venta de la energía producida en momentos de mayores precios en el mercado eléctrico. Los riesgos comenzarían en la actualidad en un nivel muy bajo (nivel 1), en el caso del aumento de la temperatura, y bajo (nivel 2), en el caso de la disminución de las precipitaciones, finalizando ambos riesgos en el último período del siglo XXI en niveles altos (nivel 4).

Con respecto a los riesgos asociados a los eventos extremos, éstos serían de nivel bajo en la actualidad (nivel 2) y no pasarían de un nivel medio (nivel 3) en el último período estudiado, recomendándose la evaluación de acciones al respecto.

Por último, los riesgos de los impactos climáticos en la central de Mengíbar serían los que se observan en la siguiente tabla.

Tabla 27: Riesgos de los impactos climáticos en la central de Mengíbar.
 Fuente: elaboración propia.
 (T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, NM=nivel del mar, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).

1. PROBABILIDAD	2. CONSECUENCIA						
	Despreciable	Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave
Improbable							
Muy poco probable							
Poco probable		T0	EE0				
Probable			P0;T1	EE1	EE2; EE3		
Bastante probable				P1; T2			
Muy Probable					P2; T3; P3		

Conforme muestra la tabla anterior, los mayores niveles de riesgo serían los asociados al incremento de las temperaturas y a la disminución de la precipitación, por sus implicaciones directas sobre las aportaciones y las necesidades de riego, disminuyendo la producción de la central. Estos riesgos comenzarían en la actualidad en un nivel muy bajo (nivel 1), en el caso del aumento de la temperatura, y bajo (nivel 2), en el caso de la disminución de las precipitaciones, y terminarían en último período del siglo XXI en niveles altos (nivel 4).

Con respecto a los riesgos asociados a los eventos extremos, éstos serían bajos en la actualidad (nivel 2) y no pasarían de un nivel medio (nivel 3) en el último período estudiado, siendo recomendable la evaluación de acciones al respecto. Debe tenerse en cuenta que las precipitaciones intensas podrían provocar la aportación de grandes caudales con arrastre de sedimentos y sólidos en suspensión, imposibilitándose la turbinación. Un factor que favorece este efecto es que las prácticas agrícolas a menudo tienden a eliminar el estrato herbáceo en los terrenos de cultivo, favoreciéndose de este modo el arrastre de sedimentos y materiales a los cauces.

4.4. Análisis de vulnerabilidad

Para analizar la vulnerabilidad de las tres centrales es necesario valorar su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático que se puedan presentar.

Tabla 28: Valoración de la capacidad de adaptación en las centrales de Cala, El Tranco y Mengíbar.

Fuente: elaboración propia a partir de información proporcionada por Endesa.

Variable	Cuestiones clave	Disponibilidad	Justificación
Planificación gubernamental y empresarial	¿Existen políticas, estándares, regulación, legislación o directrices de prevención de los riesgos derivados del cambio climático, ya sea fruto de la planificación pública, o como iniciativa estratégica propia de la empresa?	Media	Endesa cuenta con trabajos de evaluación del riesgo asociado al cambio climático en sus activos, dentro los que se incluyen, de modo genérico, las centrales hidráulicas. En cuanto a la regulación pública, la Ley de Aguas 9/2010 de Andalucía contempla en su artículo 21 limitaciones destinadas a la conservación de la biodiversidad y del estado natural de los ríos, cuyo escenario base podrá verse afectado por los cambios derivados del cambio climático. Además, a nivel nacional, se está trabajando en la integración de la adaptación al cambio climático en la legislación, tal y como se comenta en el capítulo 2.3 de esta publicación.

Variable	Cuestiones clave	Disponibilidad	Justificación
Recursos económicos	¿Se dispone de suficientes recursos económicos o fuentes de financiación para hacer frente a los riesgos detectados? ¿Es posible explotar oportunidades de mercado derivadas de la adaptación?	Media	<p>No es posible explotar oportunidades de mercado derivadas de la adaptación al cambio climático.</p> <p>Al mismo tiempo, Endesa tiene capacidad para hacer frente a grandes inversiones. Además, la actuación en materia de energía hidroeléctrica y aguas requiere de la coordinación con otros agentes públicos (confederaciones hidrográficas y comunidades de regantes) que no siempre cuentan con la misma disponibilidad de recursos o con las mismas prioridades de actuación.</p> <p>Por otra parte, un menor volumen de precipitación y un aumento de temperatura contribuyen a disminuir los caudales en los ríos, lo cual se traduce en general en una menor producción hidroeléctrica, con independencia de los recursos económicos de que se disponga.</p>
Infraestructuras	¿Se dispone de las infraestructuras necesarias y suficientes para hacer frente a los riesgos identificados?	Baja	<p>No existen infraestructuras que permitan gestionar los riesgos asociados a la falta de precipitación y el aumento de la temperatura. Además, la imposición de caudales ecológicos y las necesidades de riego y abastecimiento de agua determinan mucho la capacidad de actuación en la gestión del recurso hídrico.</p> <p>Las tres centrales cumplen con la legislación vigente en materia de seguridad de presas, si bien es cierto que ello no evita las reducciones en la generación hidroeléctrica que se puedan presentar como consecuencia de un menor volumen de precipitación.</p>

Variable	Cuestiones clave	Disponibilidad	Justificación
Información y conocimiento	¿La organización dispone de información sobre riesgos y/o oportunidades ligados al cambio climático? ¿Existen precedentes de actuación y metodologías al respecto? ¿Existen programas de entrenamiento al respecto? ¿Se dispone de información de estudios de caso? ¿Cuál es el grado de conocimiento e implicación por parte de la plantilla, los clientes y las comunidades del entorno?	Alta	Endesa cuenta con un gran conocimiento de los efectos de la meteorología sobre la gestión hidroeléctrica, adquirido tras décadas de manejo de centrales hidráulicas de todo tipo en España y en el extranjero.

Con base en la información mostrada en la tabla anterior, la capacidad de adaptación resulta valorada como media (CA2) para las tres centrales.

Partiendo de esta puntuación de la capacidad de adaptación y de los valores de riesgo de cada impacto, se estima la vulnerabilidad actual y futura a los impactos climáticos en cada central. A continuación se muestran los gráficos con la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático en las centrales de Cala y El Tranco.

Gráfico 7: Vulnerabilidad de la central de Cala a los impactos climáticos.

Fuente: elaboración propia.

(T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).

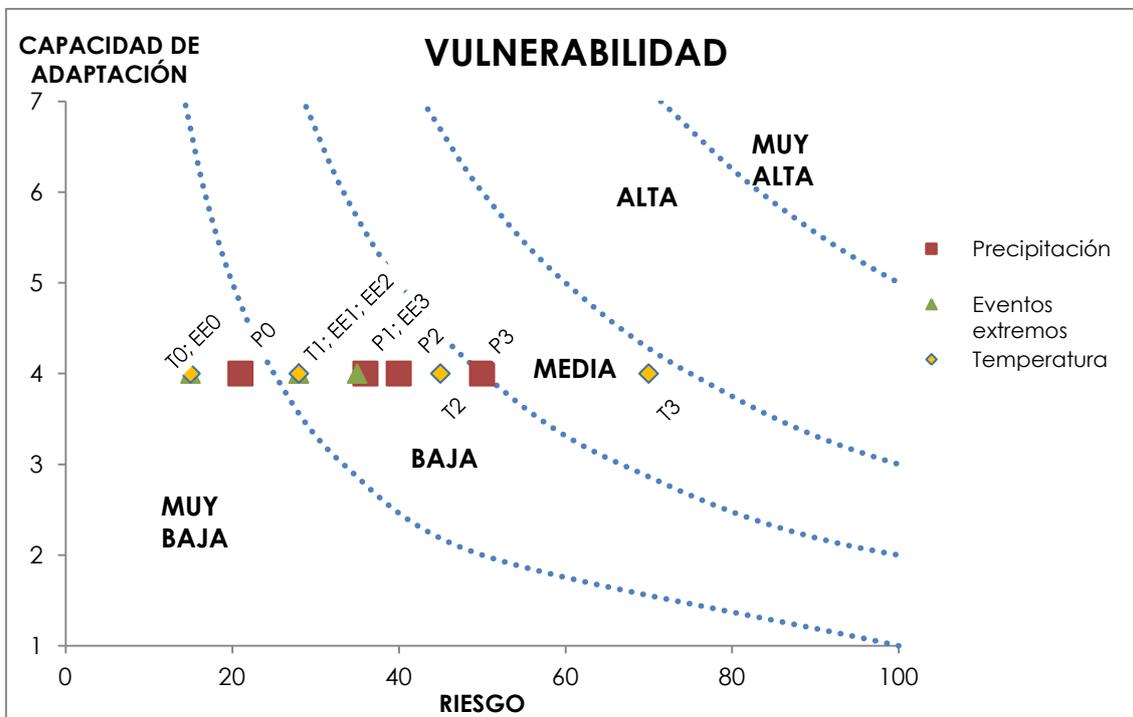
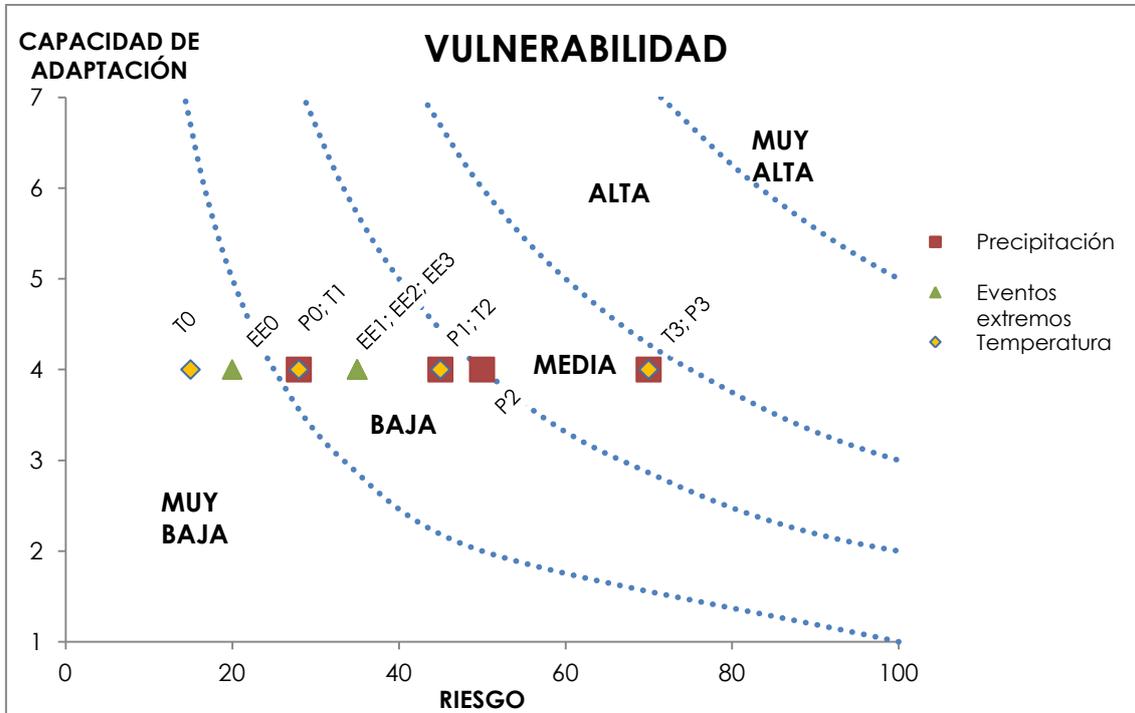


Gráfico 8: Vulnerabilidad de la central de El Tranco a los impactos climáticos.

Fuente: elaboración propia.

(T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).



Los gráficos anteriores muestran los resultados globales del análisis realizado, cruzando la valoración del riesgo (entre 0 y 100, de menor a mayor riesgo) y la capacidad de adaptación (de 1 a 7, de mayor a menor capacidad de adaptación).

Las mayores vulnerabilidades en las dos centrales serían las correspondientes al aumento de las temperaturas. Éstas empezarían en un nivel muy bajo (nivel 1) en la actualidad, terminando en un nivel medio (nivel 3) en el último período del siglo XXI, debido a su repercusión sobre las aportaciones a las centrales, sobre su producción, sobre las necesidades de abastecimiento de agua y riego aguas abajo, y sobre las posibilidades de turbinar en momentos de mayor necesidad de la energía en el mercado eléctrico.

Con la disminución de las precipitaciones, la situación se agravaría en El Tranco en mayor medida que en Cala. De este modo, la vulnerabilidad al descenso de las precipitaciones comenzaría en un nivel actual muy bajo en Cala (nivel 1) y bajo en El Tranco (nivel 2), pasando en el último período estudiado a un nivel medio (nivel 3) en ambos casos, si bien próximo al nivel bajo en Cala y al nivel alto en El Tranco.

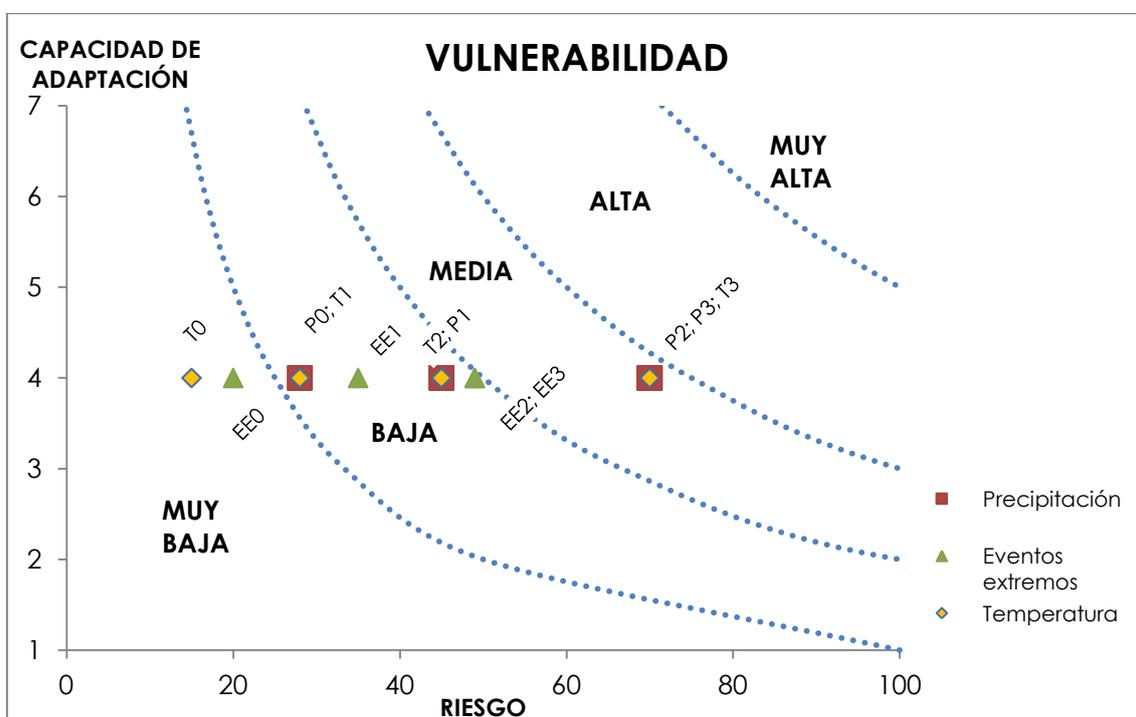
El menor nivel de vulnerabilidad sería en ambos el asociado a los eventos extremos, puesto que no superaría el nivel bajo (nivel 2), no siendo necesario el refuerzo de la capacidad de adaptación al respecto, pero sí llevar a cabo un seguimiento.

En cuanto a la central de Mengíbar, las vulnerabilidades resultarían como se muestra en el gráfico a continuación.

Gráfico 9: Vulnerabilidad de la central de Mengíbar a los impactos climáticos.

Fuente: elaboración propia.

(T=temperatura media, P=precipitación media anual, EE=eventos extremos, 0=actualidad, 1=2015-39, 2=2040-69, 3=2070-99).



Como en el caso anterior, el gráfico muestra los resultados globales del análisis realizado, cruzando la valoración del riesgo (entre 0 y 100, de menor a mayor riesgo) y la capacidad de adaptación (de 1 a 7, de mayor a menor capacidad de adaptación).

Las mayores vulnerabilidades son las asociadas al aumento de la temperatura y a la disminución de la precipitación, empezando ambas en valores muy bajos (nivel 1) en la actualidad, y terminando en valores medios (nivel 3) en el segundo y tercer períodos del siglo XXI. Estos niveles de vulnerabilidad estarían relacionados con unas menores aportaciones a la central debidas al descenso de las precipitaciones y a las mayores

necesidades de riego aguas arriba de la central, todo lo cual conduciría a un descenso de la producción en la central.

En cuanto a la vulnerabilidad asociada a los eventos extremos, comenzaría en un nivel actual muy bajo (nivel 1), y terminaría en valores bajos (nivel 2) a finales del siglo XXI, siendo uno de los principales problemas el arrastre de sedimentos y sólidos en suspensión en los caudales en momentos de precipitaciones torrenciales. En el caso de estudio, ello se ve acentuado por las prácticas agrícolas de la zona, que aumentan la eliminación del estrato herbáceo de los suelos y, por tanto, la erosión.

Hay que llamar la atención sobre el hecho de que, en la actualidad, **los problemas de colmatación de presas e imposibilidad de turbinar caudales por el arrastre de materiales y la gran cantidad de sólidos en suspensión, es mucho más grave en varias centrales de la cuenca del Guadalquivir y otras cuencas andaluzas**, habiéndose reducido notablemente el volumen de algunos embalses y, en consecuencia, su producción hidroeléctrica y su capacidad de suministrar agua para riegos. Tal es el caso, por ejemplo, del embalse de Cordobilla, en el río Genil.

Por último, debe tenerse en cuenta que **los resultados del análisis de vulnerabilidad llevado a cabo están condicionados a la caducidad de las concesiones de las centrales**, y de si éstas van a ser prorrogadas o no. De este modo, a partir de la fecha de caducidad de la concesión para una determinada central, los resultados del análisis de vulnerabilidad dejarían de ser de aplicación, puesto que cesaría la actividad de la central.

La caducidad de las concesiones de las centrales analizadas tendrá lugar en enero del 2027 en la central de Cala, en septiembre de 2028 en la central de El Tranco, y en el 2061 en la central de Mengíbar.

5. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Como se ha ido detallando en los apartados anteriores, el cambio climático puede impactar sobre la actividad desarrollada por Endesa. Por un lado, **existen riesgos a lo largo de toda la cadena de valor de la organización**, destacando especialmente los impactos potenciales en la demanda eléctrica y generación, así como los relacionados con la infraestructura de transporte.

Los estudios realizados a nivel mundial apuntan a **impactos potenciales en cualquier forma de generación**, si bien podrían presentarse **oportunidades asociadas a cambios en el mix de generación** que supongan oportunidades para Endesa, como la necesidad de aumentar la capacidad instalada o de disponer de fuentes flexibles que permitan atender a demandas pico más elevadas.

Aunque en principio, la **flexibilidad operativa del sector es baja** por las altas necesidades de inversión, **el carácter internacional de Endesa le permite oportunidades mayores para integrar criterios de cambio climático**, especialmente en lo referente a nuevos proyectos.

El análisis de vulnerabilidad llevado a cabo sobre las centrales hidráulicas de embalse de El Tranco y Cala, y la central hidráulica fluyente de Mengíbar, revela que la producción hidroeléctrica en las mismas, podría ser de vulnerabilidad media al aumento de las temperaturas y al descenso de las precipitaciones, es decir, podrían tener lugar disminuciones de la producción hidroeléctrica y menores ingresos por ventas en el mercado eléctrico. Ello supondría una necesidad de reforzar la capacidad de adaptación en este sentido.

Al mismo tiempo, **la central de Mengíbar mostraría una vulnerabilidad de nivel medio a las precipitaciones torrenciales**. Este nivel de vulnerabilidad se debería al efecto erosivo de las precipitaciones torrenciales, debido a su potencial intensificación, así como a la escasez de sustrato herbáceo en los suelos adyacentes, lo que podría generar problemas de colmatación en la presa.

Recomendaciones

Siendo ésta la situación de Endesa, las recomendaciones para este grupo empresarial estarían orientadas a la **profundización de los análisis de riesgos y vulnerabilidades de**

sus instalaciones, así como al desarrollo y la aplicación de un plan sistematizado de adaptación al cambio climático.

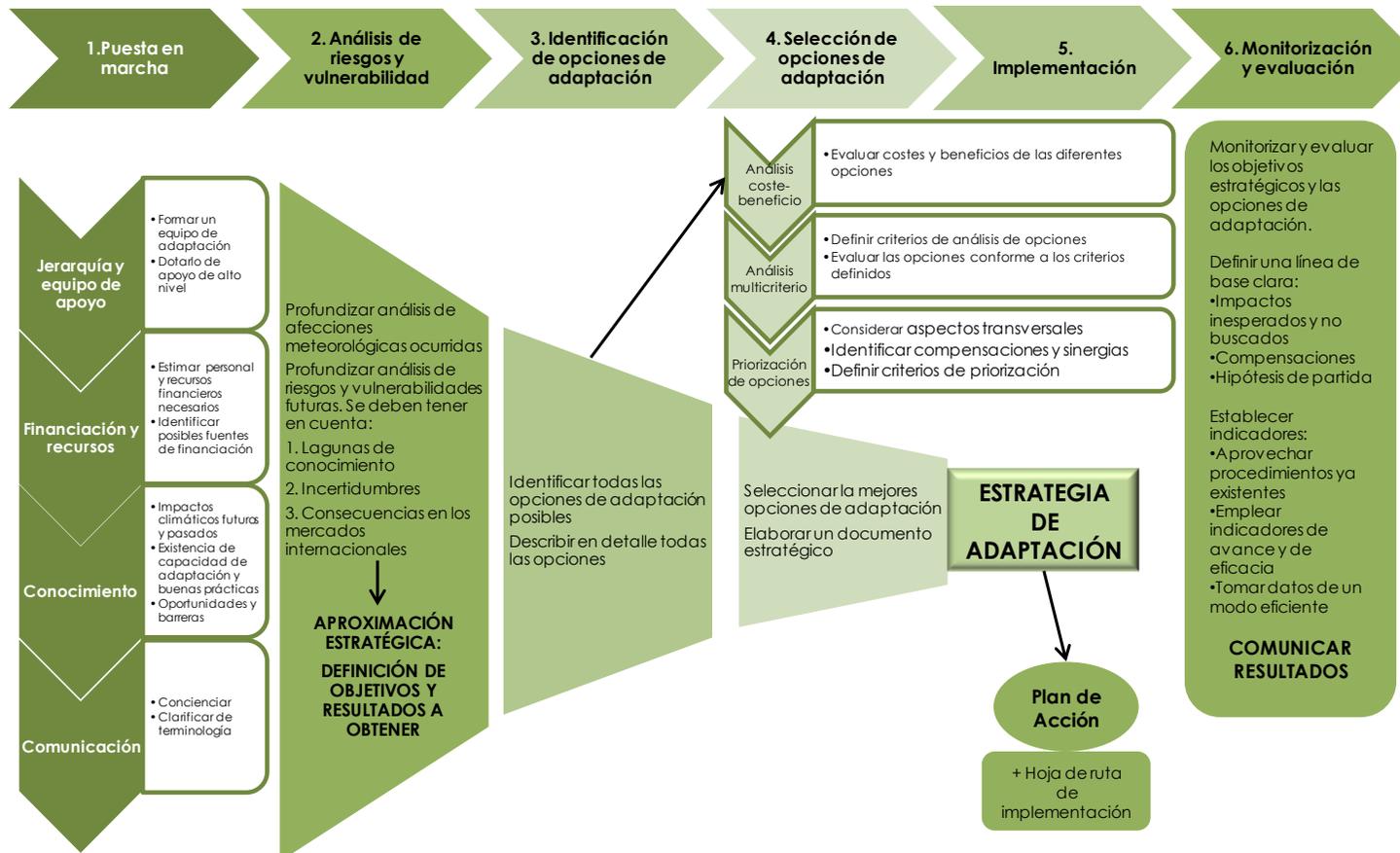
Ello implicaría un **seguimiento de la evolución de las variables climáticas más relevantes y su contraste con las proyecciones existentes**, a la vez que sería importante conocer en mayor detalle las **previsiones más localizadas en las instalaciones detectadas como de mayor vulnerabilidad.**

Así mismo, se sugiere **incorporar criterios de cambio climático en la planificación de nuevas inversiones**, con el fin de maximizar las oportunidades y minimizar los riesgos. En este sentido, es interesante seguir aprovechando la financiación europea disponible para potenciar la investigación y concreción de impactos y consecuencias asociadas a este sector, de forma que permita su incorporación a nivel estratégico.

El siguiente gráfico muestra el proceso de profundización de los análisis de riesgos y vulnerabilidad, y el diseño e implementación de una estrategia de adaptación al cambio climático. El siguiente gráfico muestra el procedimiento a seguir, tal y como señala la Unión Europea.

Figura 13: Recomendaciones a Endesa (I): profundización de análisis de riesgos, oportunidades y vulnerabilidad, y diseño e implementación de estrategia de adaptación al cambio climático.

Fuente: adaptado de Guidelines on developing adaptation strategies⁵⁶.



⁵⁶ Comisión Europea. Guidelines on developing adaptation strategies. 2013.

Como se muestra en la figura anterior, la profundización de los análisis de riesgos y vulnerabilidades permitirá un mayor conocimiento de cómo el cambio climático podría afectar al grupo empresarial.

Para hacer frente a los posibles riesgos asociados al cambio climático, se recomienda identificar posibles opciones de adaptación, de entre las cuales se llevará a cabo una selección para su posterior implementación en base a los criterios que sean de mayor importancia para el grupo empresarial. Estos criterios pueden ser, por ejemplo los costes, los beneficios esperados, la existencia de sinergias o la compensación de efectos entre las diferentes medidas planteadas. Con las medidas seleccionadas, se elaborará una estrategia de adaptación del grupo empresarial, con un plan de acción que incluya una hoja de ruta para su implementación.

Se aconseja además monitorizar y evaluar los costes y resultados de la estrategia de adaptación. Para ello, es necesario definir una línea de base y unos indicadores de adaptación, cuya supervisión permitirá determinar la necesidad de modificación del plan de adaptación para el siguiente año, si los resultados obtenidos no son los esperados.

Es fundamental la concienciación dentro del grupo empresarial sobre los riesgos asociados al cambio climático, así como dar a conocer los resultados de la estrategia de adaptación. Esta práctica puede ayudar a generar confianza entre los inversores al mostrar cómo los riesgos del cambio climático son gestionados.

Por último, se recomienda que la planificación estratégica general del grupo incluya la estrategia de adaptación, coincidiendo su diseño en el mismo momento y considerando las oportunidades ligadas a la adaptación al cambio climático. De este modo, es fácil adecuar la estrategia de adaptación de la empresa a las necesidades, objetivos y presupuestos del grupo empresarial.

A continuación se presentan, únicamente a modo ilustrativo, algunas opciones de adaptación posibles para su implementación por parte de Endesa.

Tabla 29: Opciones de adaptación para Endesa.

Fuente: elaboración propia, SSE Generation⁵⁷.

Sustitución de materiales empleados en líneas de transmisión por otros con menores pérdidas de conducción a temperaturas elevadas.

Mejora de sistemas de tratamiento de aguas en plantas para permitir la operación con aguas de peor calidad.

Barreras contra inundaciones en centrales en áreas inundables.

Aumento de la capacidad de almacenamiento de materiales para reparación y operación en centrales.

Mejora de los procesos de mantenimiento de las tomas de agua.

Revisión de informes geotécnicos en centrales con áreas próximas de fuertes pendientes.

Contar con fuentes alternativas de abastecimiento de agua, allí donde sea posible (pozos).

Mejorar la eficiencia en la gestión y consumo de agua en centrales.

Reducción del uso de productos químicos, allí donde sea posible, para cumplir los límites de descarga.

Dotar a las centrales de sistemas de refrigeración alternativos, de agua y de aire, para permitir el funcionamiento en situaciones de escasez de agua.

Cierre temporal de instalaciones en situaciones de eventos extremos.

Por otra parte, en la guía "Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado" se presentan más opciones de adaptación para empresas del sector energético.

Respecto a los casos de detalle analizados, las recomendaciones estarían dirigidas hacia:

- La promoción de la investigación sobre las implicaciones del cambio climático para la generación eléctrica hidráulica en España y para la disponibilidad de agua para riego, e incluso para el consumo humano. En este sentido, se aconseja una estrecha colaboración público-privada, en especial con agricultores, como vía para desarrollar un mayor conocimiento al respecto.
- La monitorización de incidencias climáticas en la actividad de las centrales.
- Para las incidencias de alta probabilidad, se aconseja la evaluación de posibles opciones de adaptación al respecto, analizar sus posibles costes y beneficios, e implementarlas posteriormente, colaborando con los agricultores, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y EMASESA (Empresa

⁵⁷ SSE Generation. SSE Climate Change Adaptation Report. 2011.

Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla). Se recomienda también monitorizar costes y resultados reales de las medidas de adaptación. Se presentan a continuación algunos ejemplos indicativos de opciones de adaptación posibles, a llevar a cabo en colaboración con los agentes antes indicados:

- Promoción del empleo de sistemas de riego más eficientes.
- Promoción del ahorro en el consumo de agua.
- Promoción de prácticas agrícolas de conservación y protección de suelos ante la erosión.

6. Referencias

- AEMET, Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España, 2009.
- AEMET. Gráficos de evolución del cambio climático por comunidades autónomas en España.
- Asian Development Bank. Climate Risk and Adaptation in the Electric Power Sector. 2012.
- Canadian National Roundtable on the Environment and the Economy. Climate Prosperity. Advisory Report. 2012.
- Comisión Europea. Libro verde: De la comisión al consejo, al parlamento europeo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE hacia un marco europeo de actuación. 2007.
- COSO. Thought Leadership in ERM. Risk Assessment in Practice. 2010.
- Lam *et al.* Impact of Global Warming to Hong Kong: Energy Consumption and Public Health, 2007.
- Comisión Europea, Libro blanco. Adaptación al cambio climático: hacia un marco europeo de actuación, 2009.
- Comisión Europea. Guidelines on developing adaptation strategies. 2013.
- Comisión Europea. An EU Strategy on adaptation to climate change. Commission staff working document. Adapting infrastructure to climate change. SWD (2013) 137 final. 2013.
- CSIRO. Climate adaptation in the Australian mining and exploration industries. 2010.
- DEFRA. Glossary. Definitions for Adaptation Concepts. 2010.
- DEFRA. Southern Gas Networks and Scotland Gas Networks Climate Change Adaptation Report. 2011.
- Ecorys. Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change. 2011.
- EDF. Report on Adaptation under the Climate Change act 2008. EDF Energy Adaptation Report. 2011.
- Endesa. Informe anual 2012. Documento resumen. 2013
- Generalitat Valenciana. Estrategia Valenciana ante el Cambio Climático 2008-2012, 2008.

- Gobierno de Cantabria. Estrategia de Acción frente al Cambio Climático de Cantabria 2008-2012. 2008.
- International Energy Agency. Redrawing the energy – climate map. World Energy Outlook Special Report. 2013.
- IPCC. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC sobre escenarios de emisiones. 2000.
- IPCC. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001.
- IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. 2007.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.
- IPCC. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.
- IPCC. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007.
- Junta de Andalucía. Programa Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012. Programa de Adaptación. 2007.
- Lavell, A. M. *et al.* Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability and resilience (en Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)). 2012.
- Ley 9/2010 de Aguas de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Linder, K. P., Gibbs, M. J.; Inglis, M. R. Potential Impacts of Climate Change on Electric Utilities, NYSERDA Report 88-2. December 1987.
- McConnach, J.S., *et al.* Impacts of Climate Change on the Power Industry and How It is Adapting. 2011.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Folleto divulgativo del Segundo Programa de Trabajo del PNACC. 2010.
- Moreira Madueño, J.M. (Dirección general de participación e información ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía). El cambio climático en Andalucía. Escenarios actuales y futuros del clima. 2008.
- National Grid Gas. Climate Change Adaptation Report. 2010.

- OECC, Primer programa de trabajo del Plan nacional de adaptación al cambio climático, 2006.
- OECC, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, WP 2, 2008.
- OECC, Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, 2009.
- OECC. Segundo programa de trabajo del Plan nacional de adaptación al cambio climático. 2009.
- Oficina Catalana del Canvi Climàtic. Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático. Resumen Ejecutivo. Horizonte 2013-2020. 2012.
- Optensys. Climate Change and the Future Nordic Energy System. 2006.
- Parkpoom, S., Harrison, G.P., Bialek, J.W. Climate Change Impacts o Electricity Demand. 2005.
- Rübberke, D. y Vögele, S. Distributional Consequences of Climate Change Impacts on the Power Sector: Who gains and who losses? 2011.
- Schneider, S.H., Semenov, S., Patwardhan, A., Burton, I., Magadza, C.H.D., Oppenheimer, M., Pittock, A.B., Rahman, A., Smith, J.B., Suarez, A. y Yamin, F. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. Climate Change 2007.
- SSE Generation. SSE Climate Change Adaptation Report. 2011.
- UNFCCC. Glossary of climate change Acronyms. 2013.
- Urban, F. y Mitchell, T. Climate change, disasters and electricity generation. 2011.
- Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. (IPCC). The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. 1997.

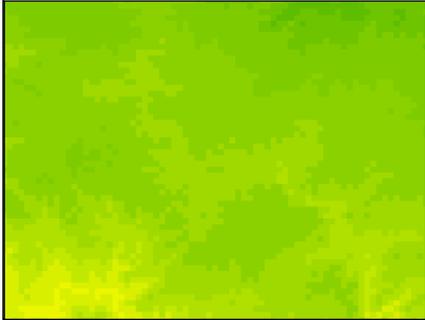
Anexo. Resultados locales de las proyecciones climáticas regionalizadas.

A continuación se presentan los resultados locales de los Escenarios de Cambio Climático actualizados al 4º Informe del IPCC, obtenidos mediante un Sistema de Información Geográfica para las ubicaciones de las centrales de Cala, El Tranco y Mengíbar.

En todos los casos se trata de resultados obtenidos para el escenario de emisiones de GEI A2 con el modelo de circulación general Ecam 5.

PROYECCIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS PARA LA CENTRAL DE CALA

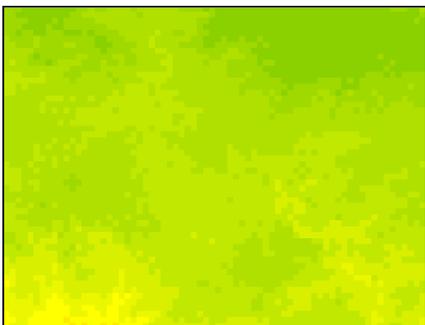
Valores históricos (1960-2000)



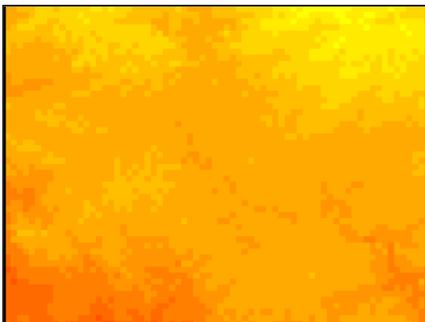
Superficie representada en los mapas



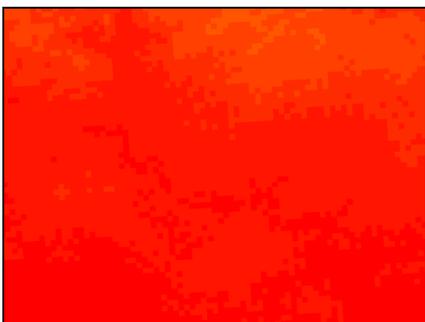
Período 2011-40



Período 2041-70

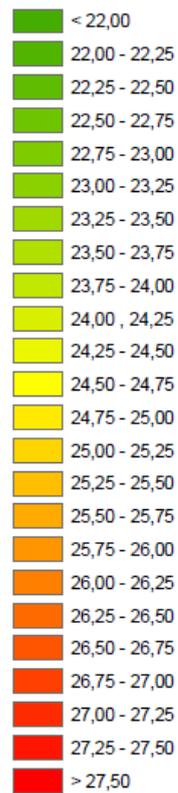


Período 2071-99



Leyenda

Temperatura máxima (promedio anual en °C)

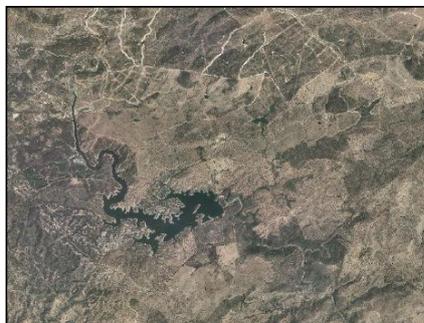


PROYECCIÓN DE TEMPERATURAS MÍNIMAS PARA LA CENTRAL DE CALA

Valores históricos (1960-2000)



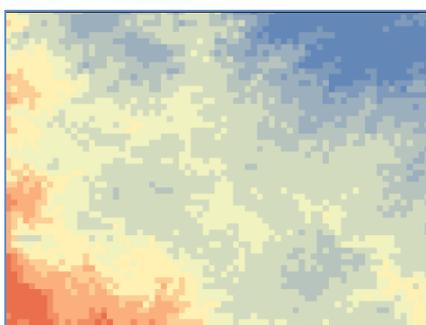
Superficie representada en los mapas



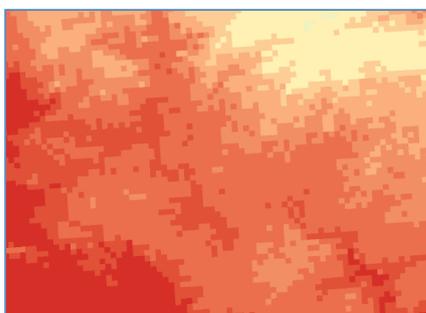
Período 2011-40



Período 2041-70

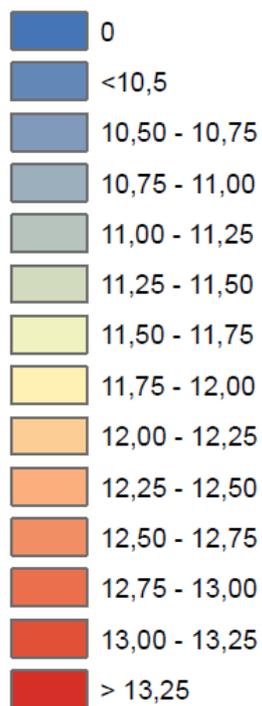


Período 2071-99



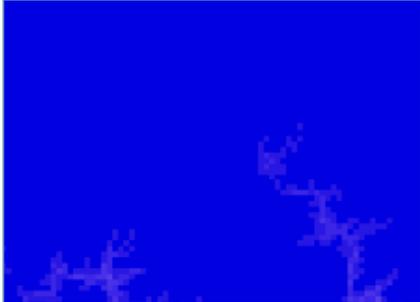
Leyenda

Temperatura mínima (promedio anual en °C)



PROYECCIÓN DE PRECIPITACIONES PARA LA CENTRAL DE CALA

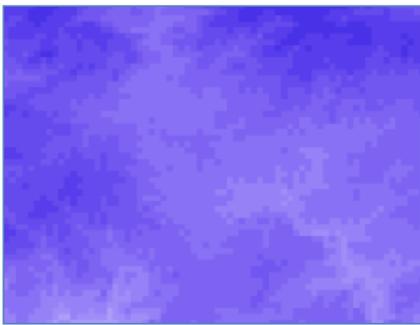
Valores históricos (1960-2000)



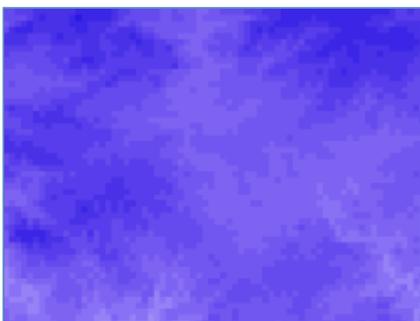
Superficie representada en los mapas



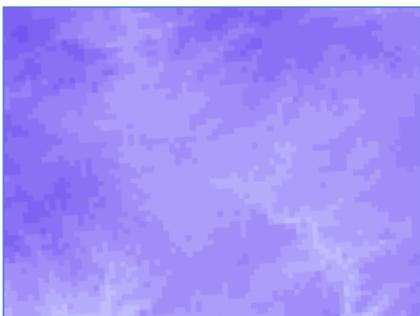
Período 2011-40



Período 2041-70

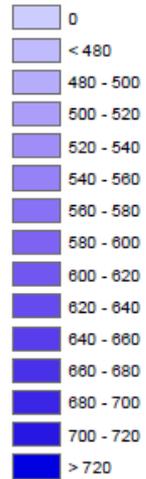


Período 2071-99



Leyenda

Precipitación (promedio anual en mm)



PROYECCIÓN DE DÍAS DE CALOR PARA LA CENTRAL DE CALA

Valores históricos (1960-2000)



Superficie representada en los mapas



Período 2011-40



Período 2041-70

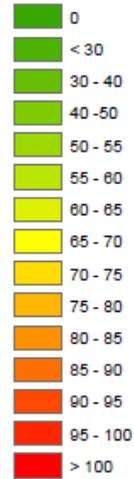


Período 2071-99



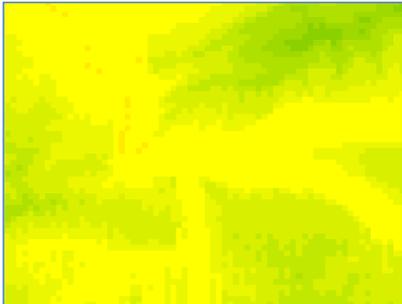
Leyenda

Número de días de calor al año



PROYECCIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS PARA LA CENTRAL DE MENGÍBAR

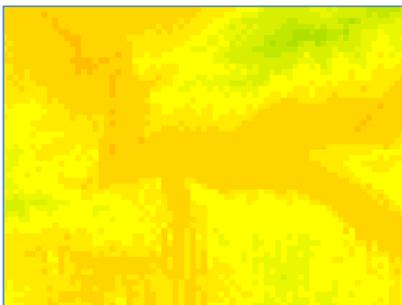
Valores históricos (1960-2000)



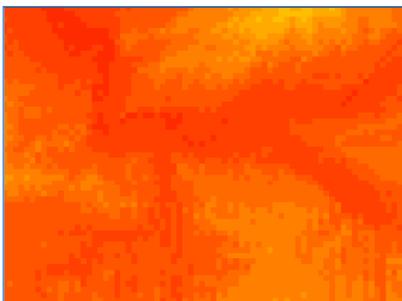
Superficie representada en los mapas



Período 2011-40



Período 2041-70



Período 2071-99



Leyenda

Temperatura máxima (promedio anual en °C)

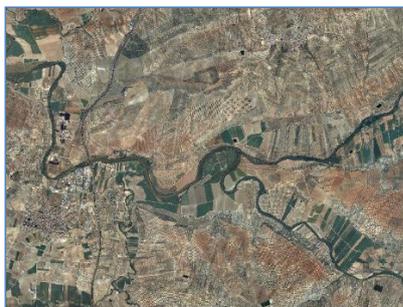
< 22,00
22,00 - 22,25
22,25 - 22,50
22,50 - 22,75
22,75 - 23,00
23,00 - 23,25
23,25 - 23,50
23,50 - 23,75
23,75 - 24,00
24,00 - 24,25
24,25 - 24,50
24,50 - 24,75
24,75 - 25,00
25,00 - 25,25
25,25 - 25,50
25,50 - 25,75
25,75 - 26,00
26,00 - 26,25
26,25 - 26,50
26,50 - 26,75
26,75 - 27,00
27,00 - 27,25
27,25 - 27,50
> 27,50

PROYECCIÓN DE TEMPERATURAS MÍNIMAS PARA LA CENTRAL DE MENGÍBAR

Valores históricos (1960-2000)



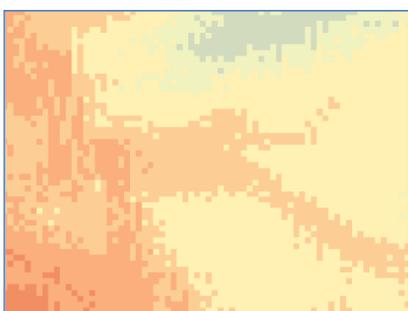
Superficie representada en los mapas



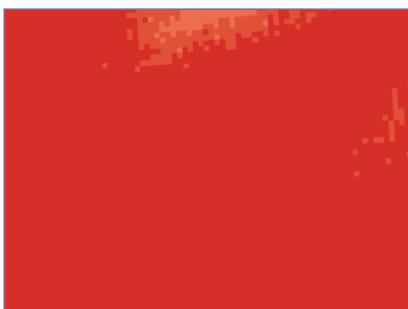
Período 2011-40



Período 2041-70

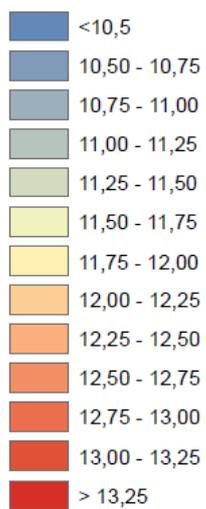


Período 2071-99



Leyenda

Temperatura mínima (promedio anual en °C)



PROYECCIÓN DE PRECIPITACIONES PARA LA CENTRAL DE MENGÍBAR

Valores históricos (1960-2000)



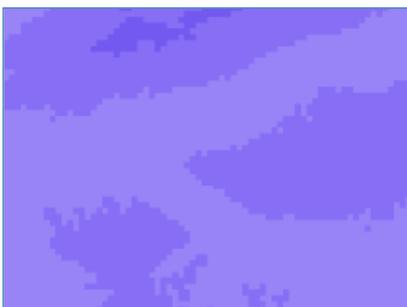
Superficie representada en los mapas



Período 2011-40



Período 2041-70

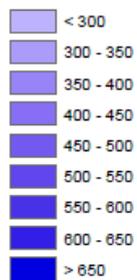


Período 2071-99



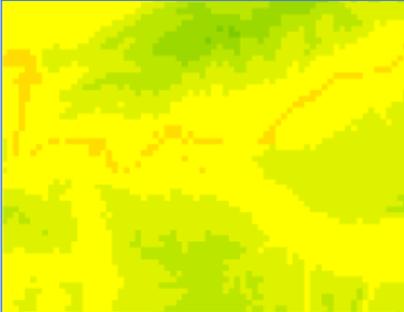
Legenda

Precipitación (promedio anual en mm)



PROYECCIÓN DE DÍAS DE CALOR PARA LA CENTRAL DE MENGÍBAR

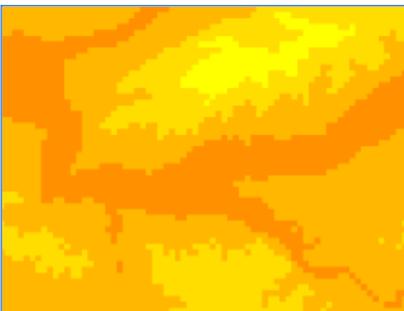
Valores históricos (1960-2000)



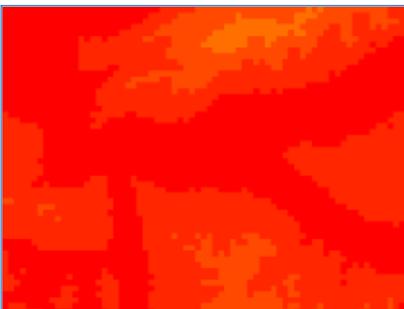
Superficie representada en los mapas



Período 2011-40



Período 2041-70

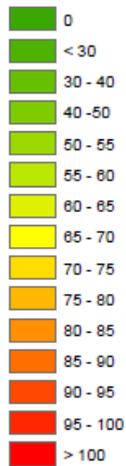


Período 2071-99



Legenda

Días de calor al año



PROYECCIÓN DE TEMPERATURAS MÁXIMAS PARA LA CENTRAL DE TRANCO

Valores históricos (1960-2000)



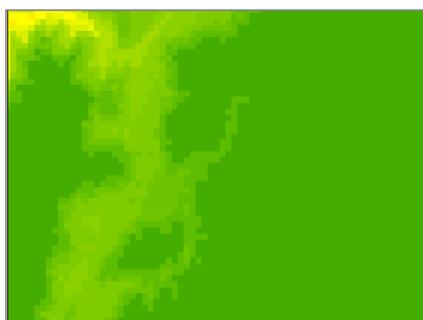
Superficie representada en los mapas



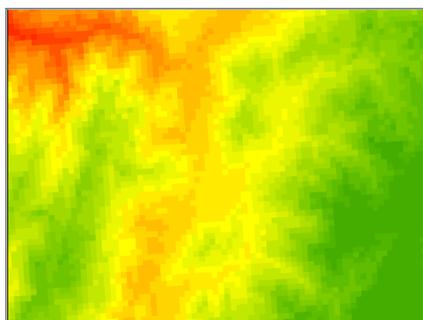
Período 2011-40



Período 2041-70

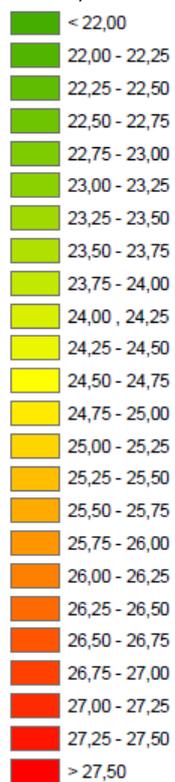


Período 2071-99



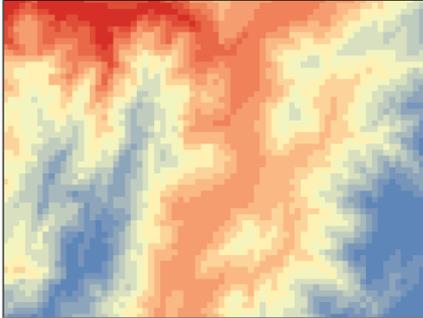
Leyenda

Temperatura máxima (promedio anual en °C)



PROYECCIÓN DE TEMPERATURAS MÍNIMAS PARA LA CENTRAL DE TRANCO

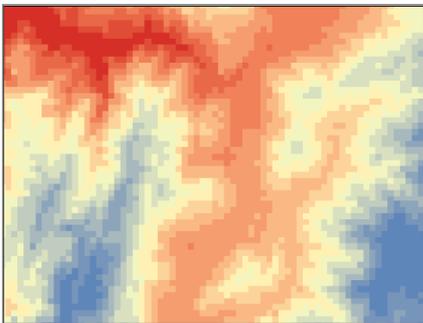
Valores históricos (1960-2000)



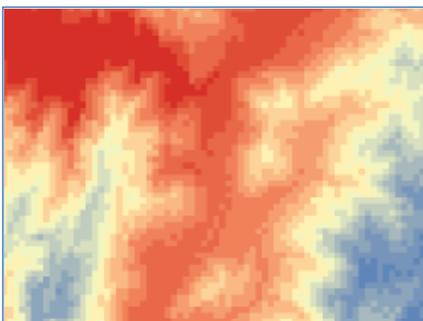
Superficie representada en los mapas



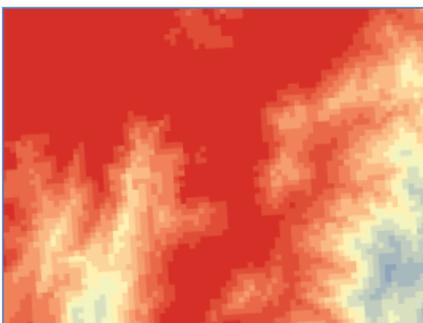
Período 2011-40



Período 2041-70

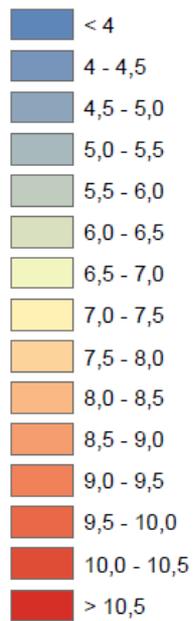


Período 2071-99



Leyenda

Temperatura mínima (promedio anual en °C)



PROYECCIÓN DE PRECIPITACIONES PARA LA CENTRAL DE TRANCO

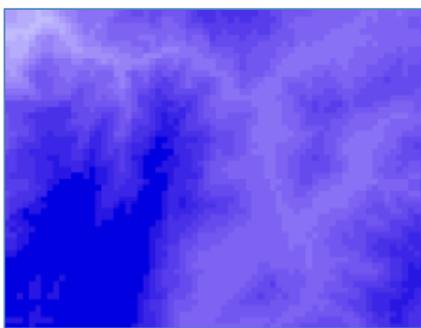
Valores históricos (1960-2000)



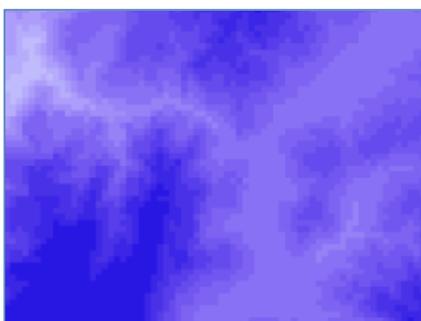
Superficie representada en los mapas



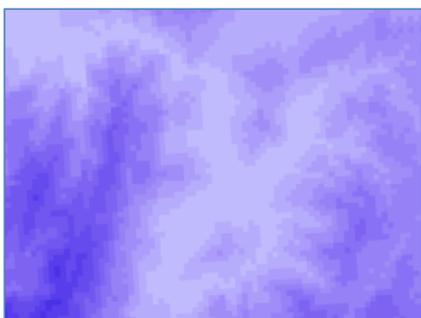
Período 2011-40



Período 2041-70

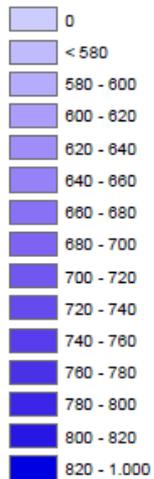


Período 2071-99



Leyenda

Precipitación (promedio anual en mm)



PROYECCIÓN DE DÍAS DE CALOR PARA LA CENTRAL DE TRANCO

Valores históricos (1960-2000)



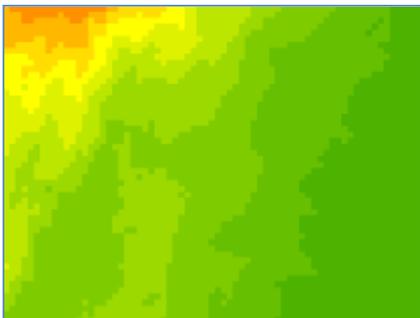
Superficie representada en los mapas



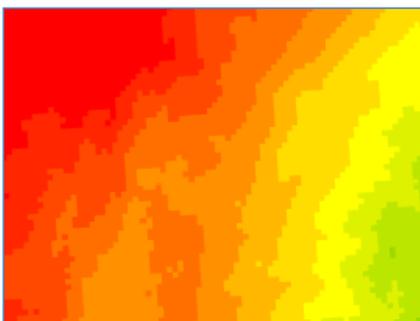
Período 2011-40



Período 2041-70

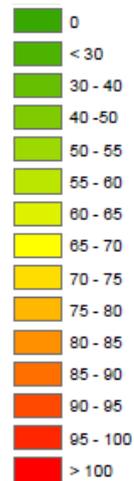


Período 2071-99



Leyenda

Número de días de calor al año





GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE