



## ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DEL MUNICIPIO DE MURCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO

**Sofía Lorenz Fonfría**

Ingeniera Agencia Local de Energía.

**Maria Cruz Ferreira Costa**

Directora Agencia Local de Energía

**Antonio Navarro Corchón**

Concejal Delegado de Urbanismo, Medio Ambiente y Huerta.

*Ayuntamiento de Murcia*

**Resumen:** El Ayuntamiento de Murcia ha planificado su Hoja de Ruta para la adaptación al cambio climático. Entre los estudios base, previos a la elaboración de un Plan de Adaptación Municipal, conforme a los compromisos adquiridos tras la adhesión a la nueva iniciativa europea *Pacto de Alcaldes por el Clima y la Energía*, está la realización del *Análisis de vulnerabilidades presentes y futuras* teniendo en cuenta los riesgos climáticos. Mediante un riguroso estudio sobre las predicciones climáticas locales a medio y largo plazo, se han identificado los cinco sectores más vulnerables del Municipio de Murcia: medio natural, agua, agricultura y huerta, planificación urbana y salud.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad, Cambio Climático, Pacto de Alcaldes, Adaptación

### 1. Introducción

El Ayuntamiento de Murcia a través de ALEM, su *Agencia Local de Energía y Cambio Climático* trabaja en la lucha contra el calentamiento global mediante su adhesión a los programas europeos clave. En el año 2008 tomó la iniciativa de ser una de las primeras ciudades españolas en firmar el PACTO DE ALCALDES, comprometiéndose a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero en un 20% en el año 2020. En el año 2015 ratificó sus compromisos tomando de nuevo la iniciativa al adherirse al MAYORS ADAPT. Recientemente, en el año 2016, se produjo su adhesión al PACTO DE ALCALDES POR EL CLIMA Y LA ENERGÍA con el objetivo conjunto de reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero en un 40% en el año 2030, a través de un plan de mitigación y ser proactivo ante los riesgos climáticos y crear las capacidades necesarias a la prevención y respuesta, a través de la adaptación.



El estudio de las proyecciones climáticas locales constituye el punto de partida para identificar los sectores más vulnerables del municipio de Murcia en función de los escenarios de cambios en las variables climáticas en un futuro, a medio y largo plazo.

Posteriormente se realiza un análisis específico por sector de los peligros climáticos actuales y futuros derivados de la evolución del clima. Evaluando el grado de exposición a los peligros climáticos, y de indicadores de diferentes naturalezas que condicionan la sostenibilidad del sector, se ha valorado de forma cualitativa el riesgo climático al cual se verán confrontados los distintos sectores.

Esta valoración permitirá establecer prioridades en distintos escenarios temporales, medio y largo plazo, en la implementación de las medidas de adaptación más adecuadas.

## 2. Metodología proyecciones climáticas

Los Modelos de Circulación Global (MCGs) realizan simulaciones de “control” del siglo XX, y simulaciones “futuras” del siglo XXI bajo un abanico de escenarios de concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles en función de factores socioeconómicos y las pautas del desarrollo mundial, llamados *Trayectorias de Concentración Representativas* (RCPs). El análisis climático regional se lleva a cabo mediante el uso de 7 MCGs que han sido utilizados para la elaboración del 5º Informe de Evaluación del IPCC (AR5). Los RCPs mayoritariamente empleados en las últimas simulaciones climáticas son los denominados RCP4.5, moderadamente optimista, y RCP8.5, el más desfavorable.

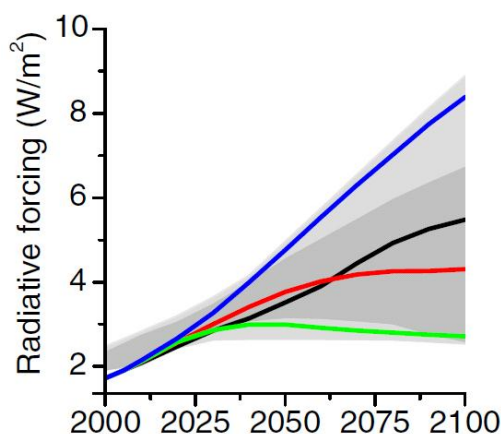


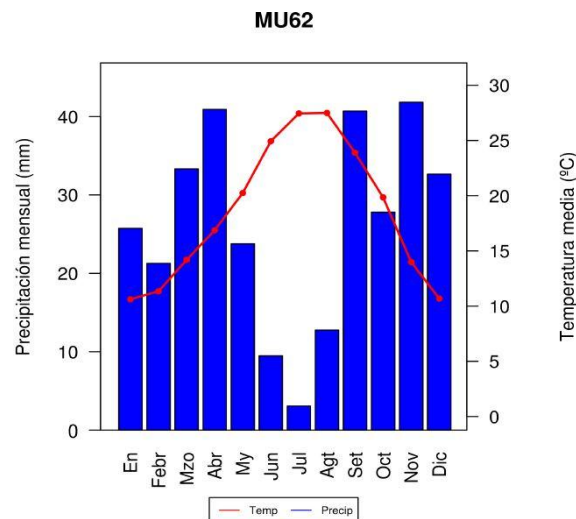
Figura 1 Trayectorias de Concentración Representativas. En azul el escenario RCP 8.5 y en rojo el escenario RCP 4.5, usados en el presente trabajo

En el presente estudio se han utilizado las salidas provenientes de las simulaciones de *Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 5* (CMIP5) para tres horizontes temporales de 15 años: 2020-2034, 2035-2049 y 2050-2064. Las variables diarias simuladas por cada modelo han sido bilinealmente interpoladas a cada estación meteorológica de interés: La Vereda (MU31); Cabezo Plata (MU52); La Alberca (MU62);



Beniel (MU21); el Aeropuerto de San Javier, Corvera (CA21). Los regímenes medios proyectados se han calculado como la media multimodelo de los 7 GCMS.

Para usar correctamente las variables simuladas de interés a una escala tan local, se ha aplicado un ajuste estadístico cuantil a cuantil (Q-Q) propio avalado por varias publicaciones en revistas internacionales de prestigio. En el ajuste Q-Q se considera el mismo periodo de control, o base de referencia, para las variables meteorológicas observadas y simuladas para el periodo presente (en este caso 2000-2015), se determinan las diferencias entre las dos series de datos y se corrigen las variables para los periodos futuros teniendo en cuenta estas diferencias. Así pues, el ajuste estadístico permite incluir las características climáticas locales en las simulaciones globales del clima, corrigiéndolas y adaptándolas a la escala local.



**Figura 2.** Climograma de la estación MU62 para el periodo 2001-2014. En barras azules la precipitación mensual acumulada en mm. En línea roja temperatura media mensual.

### 3. Estado actual del clima

En el municipio de Murcia, actualmente la temperatura media anual oscila entre los 17.6 y los 20°C, la máxima entre 22.2 y 25.7°C y la mínima entre 11.5 y 14.4°C, mientras que la precipitación acumulada anual oscila entre 251 y 316 mm. Los valores más elevados de temperatura suelen darse en la estación MU31, mientras que los valores más bajos de precipitación se dan en la estación CA21.

Los extremos de temperatura, actualmente en media son de 18 días cálidos al año (días con temperatura máxima superior a 35°C), 51 noches tropicales (días con temperatura mínima inferior a 20°C) y apenas 1.8 días de helada.

Para la precipitación se distinguen por una parte los días sin lluvias y por otra parte distintos regímenes de precipitación: lluvias débiles (< 4 mm/día); moderadas (entre 4 y 32 mm/día); intensa (entre 32 y 64 mm/día); torrenciales (> 64 mm/día). En el municipio de Murcia, durante los últimos 15 años se han registrado en media por año 50 días de



lluvias débiles, 17 de moderadas y 1 de intensas. Para el caso de las lluvias torrenciales se ha registrado un solo caso en todo el periodo (2000-2015).

#### 4. Previsiones climáticas para el siglo XXI

Las proyecciones a escala local muestran que en los escenarios RCP4.5, (moderadamente optimista) y RCP8.5 (el más desfavorable), las temperaturas media, mínima y máxima van a aumentar unos 2.5°C en los tres horizontes futuros en comparación con el presente, especialmente para el futuro lejano con el escenario RCP 8.5. La precipitación anual acumulada disminuye en toda la región entre un 16 % y un 10. Estacionalmente, a finales de siglo se espera una mayor subida de temperatura mínima en verano y primavera, lo que provocará un aumento en el número de días más calurosos. Además, también se espera que la disminución de precipitación se de en primavera, verano e invierno.

En cuanto a los extremos de temperaturas, las proyecciones muestran una clara disminución de los días extremadamente fríos. De hecho, el número de días de heladas a finales de siglo en el escenario RCP 8.5 disminuirá hasta casi su total desaparición en toda la región. En cambio, muestra un notable aumento del número de días extremadamente cálidos. En concreto, aumentan el número de noches tropicales entre un 25 % y 186 %, y el de días cálidos entre 74 % y 418 %. Por tanto, a finales de siglo nos encontraríamos ante una clara disminución de las condiciones de olas de frío, y un remarcable aumento en el número de días que presentan condiciones de ola de calor.

Respecto a los extremos de precipitación, a finales de siglo las proyecciones muestran un aumento en el número de días sin lluvia y una disminución de los regímenes de precipitación considerados. Por lo tanto, las sequías serán más persistentes y severas

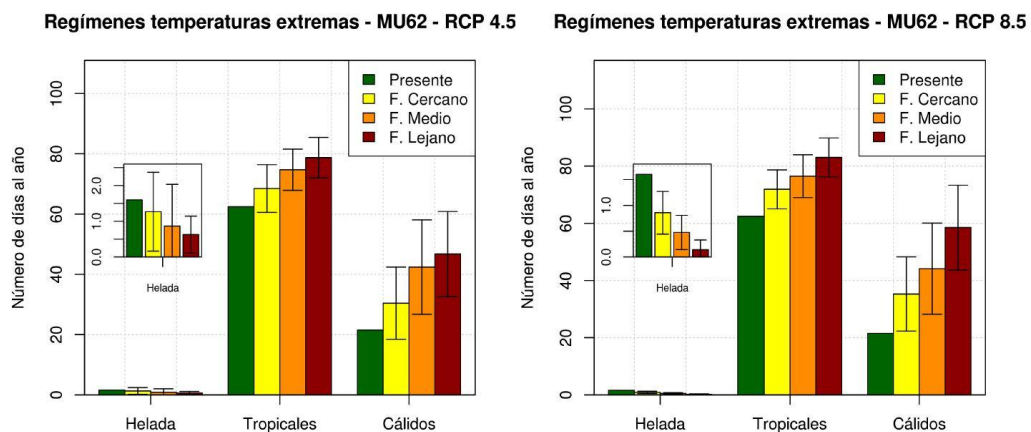


Figura 3. Regímenes de temperatura extremos proyectados: izquierda RCP 4.5; derecha RCP 8.5

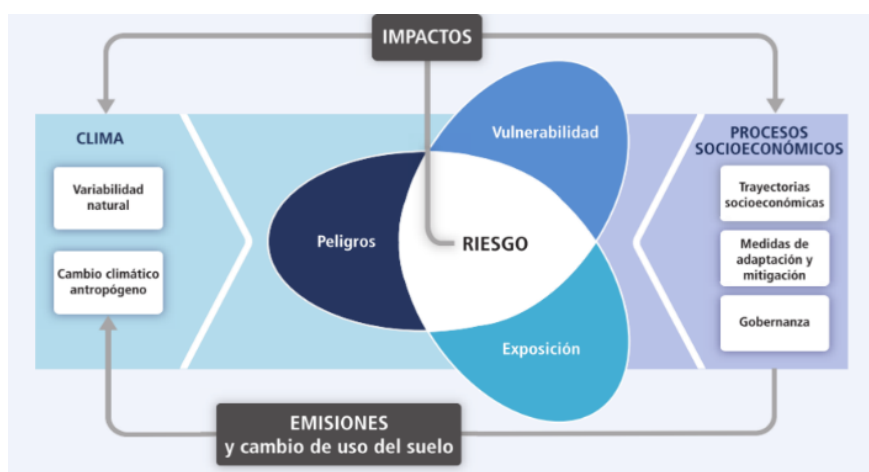


## 5. Metodología análisis de riesgos climáticos

El riesgo climático se entiende como las consecuencias derivadas del peligro asociado al cambio climático. Es decir, la probabilidad de sucesos o tendencias peligrosos, multiplicada por los impactos derivados.

El riesgo climático se valora de forma cualitativa en función del peligro climático, la exposición y la vulnerabilidad al mismo. Entendiendo como:

- Peligro: el acontecimiento potencial de un suceso o tendencia física que puede causar pérdidas o daños en un determinado sistema.
- Exposición: valora la presencia (ya sea de personas, infraestructuras o recursos naturales) ante este peligro, pudiendo verse afectados por el mismo.
- Vulnerabilidad: se entiende como la predisposición del sistema a ser afectado negativamente por el peligro climático. Este concepto incluye, a su vez, una variedad de elementos como la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la capacidad de respuesta y adaptación al mismo, tal y como queda reflejado en la figura insertada a continuación.



**Figura 4.** Metodología de valoración de riesgos climáticos. Grupo de trabajo II del IPCC, AR5.

A nivel metodológico, se procedió con un análisis de riesgos climáticos para cada uno de los cinco sectores seleccionados como más vulnerables en el municipio de Murcia, informando y analizando cada uno de los conceptos definidos anteriormente.

Los sectores identificados como más relevantes para la actuación en materia de adaptación al cambio climático en el municipio de Murcia son:

- Agricultura. Sector que abarca la actividad económica, así como la importancia de la huerta en el paisaje del municipio de Murcia.
- Agua. Sector que incluye tanto el recurso hídrico, como las infraestructuras asociadas a su gestión. Es muy relevante en el municipio por la repetición de fenómenos de sequía meteorológica.



- Medio natural. Ámbito que incluye la diversidad de recursos naturales del municipio: parques forestales municipales, fauna y flora, espacios naturales.
- Salud. Ámbito enfocado en la salud humana y las infraestructuras existentes para su servicio. Cobra su importancia en Murcia en parte debido al envejecimiento de la población más vulnerable, así como por la responsabilidad del municipio en la gestión de servicios sociales.
- Urbanismo. Ámbito que hace referencia a las zonas urbanas y rurales, sus infraestructuras asociadas, su eficiencia, así como a las pautas seguidas para ordenar los usos del suelo.

## 6. Vulnerabilidad y exposición de los sectores

La vulnerabilidad se determina mediante indicadores cualitativos y cuantitativos de sensibilidad y capacidad de adaptación, desarrollados específicamente para cada sector: Agricultura, Agua, Medio natural, Salud y Urbanismo.

El análisis de los mismos destaca un nivel de vulnerabilidad moderada en la actualidad para la totalidad de los sectores. Ésta se va incrementando a lo largo de los periodos analizados, alcanzando una vulnerabilidad significativa-alta en el periodo 2050-2064. Se asume cierta fragilización de los sectores que tendrán que asumir la carga de las consecuencias de los eventos climáticos repetidos en ausencia de acción en materia de adaptación.

A continuación, se presenta un ejemplo los principales indicadores analizados dentro del cada sector. Éstos, se han marcado en rojo cuando se estima que contribuyen a incrementar la vulnerabilidad al cambio climático del municipio de Murcia. En cambio, se han marcado en verde cuando se estima que incrementan su resiliencia.

**Tabla 1.** Indicadores de vulnerabilidad sector urbanismo

| INDICADORES DEL SECTOR URBANISMO   | VALORACIÓN |
|--|------------|
| Porcentaje del territorio urbanizado o a urbanizar ubicado en zonas inundables por desbordamiento de ríos o lluvias intensas   | Red        |
| Porcentaje del territorio urbanizado o a urbanizar ubicado en zonas con riesgo de deslizamiento  | Verde      |
| Ordenación equilibrada   | Verde      |
| Hectáreas de zonas verdes intraurbanas por habitante   | Verde      |
| Hectáreas de asentamientos informales y barrios vulnerables  | Red        |
| Densidad de población media en hab/km <sup>2</sup>   | Red        |
| Tamaño de la vivienda en m <sup>2</sup> por persona  | Verde      |
| Distribución en % de la clasificación energética de la vivienda (A a F)  | Red        |
| Medidas de promoción de la eficiencia energética desde el Servicio Municipal ALEM  | Verde      |
| Los reglamentos de construcción u ordenanzas municipales incluyen requerimientos de mejor aislamiento de los edificios a construir   | Verde      |
| El PGOU integra requerimientos relacionados con la adaptación al cambio climático como el siguiente: condicionar la urbanización a la construcción de edificaciones bioclimáticas, eficientes, con techos verdes, etc. | Red        |
| Ha de zonas protegidas definidas como no urbanizables por el Ayuntamiento en los PGOU  | Verde      |



La exposición viene determinada por la ubicación de las instalaciones y características de los actores de los sectores que les predispone a sufrir determinados episodios climáticos. Ésta se mantendría constante a lo largo de los periodos analizados, asumiendo cierta estabilidad en la situación de los sectores.

- Los vendavales y heladas constituyen los eventos climáticos que menos exposición presentan por parte de los sectores. Mientras las heladas expondrían de forma extrema a la agricultura, los vendavales interesan en mayor medida al urbanismo y al sector salud.
- Las lluvias intensas suponen una exposición significativa-alta de la totalidad de los sectores.
- El incremento de las temperaturas y precipitaciones medias, mínimas y máximas, así como las olas de calor, afectarían a la mayor parte de cada sector.
- Considerando la totalidad de los eventos climáticos, los sectores que mayor nivel de exposición presentarían, son la salud, el urbanismo y la agricultura.

## 7. Análisis del riesgo climático presente y futuro

El peligro climático es evolutivo y, para evaluarlo, por una parte se tiene en cuenta la variabilidad climática cuya tendencia y probabilidad queda reflejada a través de las proyecciones climáticas; y, por otra parte, la propensión de cada sector a sufrir estragos por las tendencias climáticas evolutivas.

A continuación, se expone el resultado para cada sector del cruce de los parámetros de peligro climático, exposición y vulnerabilidad desde la actualidad hasta el año 2064. Están representados de forma gráfica con colores que reflejan la intensidad del riesgo, calculado mediante análisis semicuantitativo, correspondiendo la mayor intensidad a un nivel de riesgo de impacto más elevado.

| Riesgo de impacto climático |      |               |          |      |              |
|-----------------------------|------|---------------|----------|------|--------------|
| Extremo                     | Alto | Significativo | Moderado | Bajo | Despreciable |
|                             |      |               |          |      |              |

**Tabla 2.** Evolución de riesgos presentes (2000-2015)

| 2000-2015     | $\Delta T^a$<br>media | $\Delta$<br>Precipitación/<br>sequía | Olas de<br>calor | Heladas | Vendavales | Lluvias<br>intensas |
|---------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------|---------|------------|---------------------|
| Agricultura   |                       |                                      |                  |         |            |                     |
| Agua          |                       |                                      |                  |         |            |                     |
| Medio natural |                       |                                      |                  |         |            |                     |



|           |  |  |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|--|--|
| Salud     |  |  |  |  |  |  |
| Urbanismo |  |  |  |  |  |  |

**Tabla 3.** Evolución de riesgos futuros (2050-2064)

| 2050-2064        | $\Delta$ Tª media | $\Delta$<br>Precipitación/<br>sequía | Olas de<br>calor | Heladas | Vendavales | Lluvias<br>intensas |
|------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------|---------|------------|---------------------|
| Agricultura      |                   |                                      |                  |         |            |                     |
| Agua             |                   |                                      |                  |         |            |                     |
| Medio<br>natural |                   |                                      |                  |         |            |                     |
| Salud            |                   |                                      |                  |         |            |                     |
| Urbanismo        |                   |                                      |                  |         |            |                     |

Como resultado de este análisis, la matriz insertada a continuación refleja que de aquí a 2064, la escasez de precipitaciones, el incremento de las temperaturas y las olas de calor alcanzarían un nivel de riesgo preocupante en la totalidad de los sectores. Los eventos menos problemáticos serán, por un lado, las heladas ya que serán casi nulas a final de siglo; y, por otro lado, los vendavales, ya que no serán tan frecuentes y afectarán en menor medida a los activos y la población. Las lluvias intensas han generado históricamente riadas o inundaciones por el desbordamiento del río o del alcantarillado. A pesar de un incremento en intensidad, la frecuencia de estos eventos se vería reducida. Además, la acción en el ámbito del control de las inundaciones es bastante avanzada y, por ello, las lluvias intensas no formarían parte de los riesgos más importantes para el municipio.

## 8. Priorización de sectores vulnerables

El análisis comparativo de los sectores y de las tendencias climáticas lleva a considerar al agua, la salud y el urbanismo como los sectores expuestos al mayor riesgo climático en la mayoría de los periodos. Por lo tanto, la acción se debería enfocar prioritariamente en los mismos.

**Tabla 4.** Priorización de sectores vulnerables en el municipio de Murcia según horizonte temporal

| Prioridad | 2000-2015   | 2020-2034 | 2035-2049 | 2050-2064 |
|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 1         | Agua        | Agua      | Agua      | Agua      |
| 2         | Agricultura | Salud     | Salud     | Salud     |





|   |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 3 | Salud         | Agricultura   | Urbanismo     | Urbanismo     |
| 4 | Medio Natural | Medio Natural | Agricultura   | Agricultura   |
| 5 | Urbanismo     | Urbanismo     | Medio Natural | Medio Natural |

El sector agua se consideraría como la prioridad desde la actualidad y hasta el periodo 2050-2064 debido a las sequías repetidas y la dependencia de los demás sectores. La agricultura tiene que asumir numerosas pérdidas por eventos climatológicos, por lo tanto, se consideraría también un sector prioritario en la actualidad. Sin embargo, desde 2020, se valora que los efectos de los eventos climáticos en términos de morbilidad de la población se verían incrementados y, por lo tanto, la salud pasaría a ocupar la cabeza de los sectores más prioritarios. El urbanismo, por asentar al conjunto de la sociedad, sus infraestructuras, asegurar el confort de la población, su acceso a los servicios, etc. se vería amenazado de forma creciente desde varios frentes y por numerosos eventos climáticos. Así, a partir del tercer periodo, notaría los mayores efectos y constituiría entonces el tercer sector más prioritario.

## 9. Conclusiones

Las principales conclusiones que se pueden sacar en cuanto a la evolución del riesgo climático en los periodos analizados, para los distintos sectores son las siguientes:

- Sector agricultura.

La agricultura por su dependencia y sensibilidad a las condiciones climatológicas ya sufre actualmente por su variabilidad, en mayor medida debido a episodios de temperaturas extremas como vienen siendo las heladas y las olas de calor, muy dañinas para los cultivos. Sin embargo, estos riesgos climáticos se incrementarían relativamente poco en el futuro debido, por una parte, a una reducción de las heladas y, por otra parte, a consecuencias estables de las olas de calor. Además, desde el periodo actual, la disminución del nivel medio de precipitaciones y las sequías duraderas son significativas. Dicha disminución causaría cada vez más problemas para satisfacer las necesidades hídricas incrementadas de la actividad agrícola por el aumento de las temperaturas medias y mínimas. De hecho, a partir de 2050, la falta de agua constituiría la mayor problemática del sector con un nivel de riesgo alto.

Por lo tanto, un enfoque de la adaptación para el sector podría ser el cultivo de especies autóctonas, adaptadas al clima o la implementación de métodos de cultivo alternativos más protectores ante condiciones extremas y que permiten un mejor aprovechamiento del recurso hídrico como puede ser el cultivo acolchado.

- Sector agua.

Desde la actualidad, el sector sufre significativamente la escasez de precipitaciones. La criticidad de esta situación iría incrementándose hasta alcanzar casi el máximo nivel de riesgo en el periodo 2020-2034. El incremento de los episodios de olas de calor y de las



temperaturas mínimas que alcanzarían un nivel significativo en el corto plazo, contribuirían a su intensificación.

Las lluvias intensas, muy concentradas en el otoño, aunque resultarían cada vez menos frecuentes, serían cada vez más intensas, y, por lo tanto, susceptibles de causar estragos de mayor magnitud a los conocidos hasta ahora en la red de drenaje.

Ante el problema de escasez de agua, sería importante intensificar la acción en la gestión del recurso del lado de la demanda, el Ayuntamiento está trabajando ya eficientemente y de forma constante en la reducción de las pérdidas de agua en la red de abastecimiento. La contaminación de masas de agua bien sea originada por inundaciones o escasez de agua, constituiría una problemática prioritaria donde enfocar la acción.

- Medio natural

La escasez de precipitación/sequía, las olas de calor y el incremento de la temperatura media constituirían los fenómenos que más afectan y afectarían a futuro a la biodiversidad.

Ante estos riesgos, se podrían adaptar los modos de gestión de los espacios verdes públicos a través de un riego más eficiente sin que sea fuente de estrés hídrico para las plantaciones, así como a través de la plantación de especies autóctonas más resilientes ante condiciones extremas de temperaturas y de sequía hidrológica.

- Sector salud

El incremento de las temperaturas medias y sobre todo de las mínimas, y cuyas consecuencias se verían notables desde el periodo 2020-2049, afectarían a gran parte de la población. El riesgo sería significativo entre 2000 y 2049, pasando a constituir un riesgo alto en 2050. El riesgo asociado a las olas de calor irá creciendo también, por el incremento de su intensidad y duración. Sus consecuencias, sin embargo, estarán muy localizadas en los públicos considerados a nivel público como vulnerables/sensibles.

A modo de propuestas: como respuesta a las olas de calor, se recomendaría reforzar las acciones preventivas acerca de los públicos vulnerables en centros sociales, etc. Además, la prevención ante enfermedades respiratorias y la obesidad permitirían reducir los focos de riesgo al incremento de las temperaturas.

- Urbanismo

Los peligros climáticos más importantes para este sector los constituirían las lluvias intensas, las olas de calor y los vendavales, los cuales pasarían de constituir un riesgo moderado en la actualidad a un riesgo significativo desde el periodo 2020-2034. El incremento de las temperaturas medias, muy marcado entre el periodo 2000-2015 y el periodo 2020-2034, elevarán este riesgo al segundo más prioritario a partir de 2020.

Se destacan como ejes de acción de interés la lucha contra la pobreza energética, el refuerzo de las infraestructuras de evacuación de aguas pluviales, el incremento del confort térmico en las calles del centro de la ciudad en verano, entre otras.