

# Cuadernos de I+D+i

28

**Canal**   
**de Isabel II**

Las claves del consumo  
doméstico de agua en la  
Comunidad de Madrid

© Canal de Isabel II 2018

### **Autores**

*Juan Carlos Ibáñez Carranza, Dionisio Pérez Bueno*

### **Dirección del estudio**

*Juan Carlos Ibáñez Carranza*

### **Agradecimientos**

Queremos agradecer la colaboración de D. Eduardo Zubiaga en este estudio.

Así mismo, resulta inestimable la ayuda de las familias que han participado voluntariamente, permitiendo la toma de datos de sus consumos domésticos en el *Panel de Monitorización*

ISSN de la edición impresa: 2254-8955

ISSN de la edición en soporte electrónico: 2340-1818

Depósito Legal: M-35527-2018



Esta versión forma parte de la Biblioteca Virtual de la **Comunidad de Madrid** y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma.



[comunidad.madrid/publicamadrid](http://comunidad.madrid/publicamadrid)

# 28

Las claves del consumo doméstico de agua en la  
Comunidad de Madrid



## Exclusión de Responsabilidad

Las afirmaciones recogidas en el presente documento reflejan la opinión de los autores y no necesariamente la de Canal de Isabel II.

Tanto Canal de Isabel II como los autores de este documento declinan todo tipo de responsabilidad sobrevenida por cualquier perjuicio que pueda derivarse a cualesquiera instituciones o personas que actúen confiadas en el contenido de este documento, o en las opiniones vertidas por sus autores.

## Presentación

Los Cuadernos de I+D+i de Canal de Isabel II forman parte de la visión sobre gestión del conocimiento de la empresa, del desarrollo de la Estrategia de I+D+i 2017-2020 y su Plan de Empresa 2018-2030.

Son elemento de difusión de proyectos e iniciativas desarrollados y auspiciados desde la Empresa para la innovación en las áreas relacionadas con el servicio de agua en el entorno urbano. Exponen las diferentes problemáticas abordadas en cada proyecto junto con los resultados obtenidos. La intención al difundirlos mediante estas publicaciones es compartir las experiencias y conocimientos adquiridos con todo el sector de servicios de agua, con la comunidad científica y con cuantos desarrollan labores de investigación e innovación. La publicación de estos cuadernos pretende contribuir a la mejora y eficiencia de la gestión del agua y, en consecuencia, a la calidad del servicio prestado a los ciudadanos.

Los títulos aparecidos en la colección de Cuadernos de I+D+i son los que figuran en la tabla siguiente.

## TÍTULOS EN LA COLECCIÓN DE CUADERNOS DE I+D+I

Nº colección	Año	Cuadernos Investigación, Desarrollo e Innovación publicados
1	2007	Transferencias de derechos de agua entre demandas urbanas y agrarias. El caso de la Comunidad de Madrid
2	2008	Identificación de rachas y tendencias hidrometeorológicas en el ámbito del sistema de Canal de Isabel II
3	2009	Participación de Canal de Isabel II en el Proyecto Internacional de Eficiencia en la Gestión (IDMF)
4	2008	Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid
5	2008	El agua virtual y la huella hidrológica en la Comunidad de Madrid
6	2008	Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior
7	2008	Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas
8	2010	Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid
9	2010	Proyecto de investigación para la definición y evaluación de la aplicabilidad de un bioensayo para la determinación de la toxicidad del agua utilizando embriones de pez Cebra
10	2010	Eficiencia en el uso del agua en jardinería en la Comunidad de Madrid
11	2010	Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua para usos de exterior en la Comunidad de Madrid
12	2010	Estudio sobre la dinámica de cianotoxinas en dos embalses de abastecimiento de Canal de Isabel II
13	2011	Desarrollo de un sistema de validación, estimación y predicción de consumos horarios por sectores para la red de distribución de Canal de Isabel II
14	2011	Seguimiento de la consolidación del desarrollo urbano en la Comunidad de Madrid mediante técnicas de teledetección
15	2012	Experiencias para la recuperación del fósforo de las aguas residuales en forma de estruvita en Canal de Isabel II
16	2012	Integración de la predicción meteorológica en los módulos de gestión del sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II, mediante modelos de aportación diaria
17	2012	Mejora de la capacidad de pronóstico de aportaciones mensuales y estacionales en el ámbito de Canal de Isabel II
18	2013	Aportación de nutrientes desde la cuenca al embalse de Pinilla. Incidencia en el proceso de eutrofización
19	2013	Un nuevo criterio para el cálculo del caudal de agua residual urbana
20	2014	Gestión de Ideas en Canal de Isabel II de Isabel II: la experiencia <i>GENYAL</i>

<b>Nº colección</b>	<b>Año</b>	<b>Cuadernos Investigación, Desarrollo e Innovación publicados</b>
21	2014	Investigación sobre técnicas para la medición de subsidencias relacionadas con la explotación de acuíferos
22	2015	Régimen de precipitaciones en la Cuenca del Lozoya y adyacentes
23	2016	Estudio de observabilidad para la estimación del estado hidráulico de la red sectorizada de abastecimiento
24	2016	Estudio de casuística y modos de fallo en tuberías, acometidas y conjuntos de medida de la Comunidad de Madrid
25	2017	Sistema de reconocimiento de patrones para identificación de usos finales del agua en consumos domésticos
26	2018	Análisis de la influencia de variables explicativas en los modelos de rotura de tuberías
27	2018	Escenarios de cambio climático para eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
<b>EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD</b>	4
<b>PRESENTACIÓN</b>	5
<b>TÍTULOS EN LA COLECCIÓN DE CUADERNOS DE I+D+I</b>	6
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	10
Ficha Técnica	11
Palabras Clave	12
Resumen	12
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	31
<b>2. OBJETIVO</b>	34
<b>3. CONTEXTO</b>	36
<b>3.1. AGUA DERIVADA</b>	37
3.1.1. Dotaciones por habitante	38
3.1.2. Estacionalidad y caudales punta	39
<b>3.2. AGUA FACTURADA</b>	43
3.2.1. Consumo por sectores económicos	45
3.2.2. Consumo por zonas geográficas	45
3.2.3. Agua no contabilizada	53
3.2.4. Usos de exterior	55
<b>4. EL CONSUMO DOMÉSTICO</b>	60
<b>4.1. CONSUMO DOMÉSTICO FACTURADO</b>	61
4.1.1. Viviendas unifamiliares y plurifamiliares	61
4.1.2. Distribución geográfica por municipios y zonas estadísticas	66
4.1.3. Estacionalidad del consumo doméstico	69
4.1.4. Factores explicativos del consumo doméstico	72
4.1.5. El precio del agua	82
4.1.6. Modelización estadística	85
<b>4.2. USOS FINALES EN EL CONSUMO DOMÉSTICO. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b>	88
4.2.1. Selección de la muestra	88
4.2.2. Tecnología para la medición y transmisión de datos	98
4.2.3. Tratamiento de los datos para la identificación de los usos finales	105
4.2.4. Información complementaria para el análisis final de los datos	111

<b>5.</b>	<b>RESULTADOS DEL ESTUDIO</b>	115
5.1.	RESULTADOS DE CONSUMO	116
5.1.1.	Patrones horarios	119
5.2.	INFLUENCIA DE LAS DISTINTAS VARIABLES EN EL CONSUMO	121
5.2.1.	Influencia de días festivos	122
5.2.2.	Influencia por tipo de vivienda	126
5.2.3.	Influencia por ocupación de la vivienda	129
5.3.	CARACTERIZACIÓN DE LOS CONSUMOS MÍNIMOS NOCTURNOS	133
5.4.	IMPACTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS SOBRE EL CONSUMO	135
5.4.1.	Análisis sobre todo el periodo	136
5.4.2.	Análisis sobre promedios mensuales	138
5.5.	IMPACTO SOBRE EL CONSUMO DE CIERTOS ACONTECIMIENTOS PUNTUALES	139
5.5.1.	Huelga general 2010	139
5.5.2.	Mundial de fútbol de Sudáfrica 2010	140
5.5.3.	Semana Santa	141
5.6.	HISTOGRAMAS DE CONSUMO	145
5.6.1.	Resultados obtenidos	145
5.6.2.	Influencia de la clase de contador y del registro de datos en los resultados	147
5.7.	RESULTADOS DE MICROCOMPONENTES O USOS FINALES	149
5.7.1.	Caracterización de los distintos dispositivos	149
5.7.2.	Resultados globales de utilización de los dispositivos	152
5.8.	ANÁLISIS PARTICULAR PARA CADA TIPO DE DISPOSITIVO	157
5.8.1.	Tipo de uso <i>Baños y duchas</i>	157
5.8.2.	Tipo de uso <i>Lavadora</i>	159
5.8.3.	Tipo de uso <i>Lavavajillas</i>	162
5.8.4.	Tipo de uso <i>Riego</i>	165
<b>6.</b>	<b>COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES</b>	169
6.1.	RESIDENTIAL END USES OF WATER (REUW 1999)	170
6.2.	RIWCS - RESIDENTIAL INDOOR WATER CONSERVATION STUDY (EEUU, 2002-2004)	171
6.3.	REUMS - RESIDENTIAL END USE MEASUREMENT STUDY (YARRA VALLEY WATER, AUSTRALIA 2004)	173
6.4.	ESTUDIO DE MICROCOMPONENTES Y FACTORES EXPLICATIVOS DEL CONSUMO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE MADRID (CANAL DE ISABEL II, 2003)	175
6.5.	CALIFORNIA SINGLE FAMILY WATER USE EFFICIENCY STUDY (AQUACRAFT, 2011-12-06)	177
6.6.	MELBOURNE RESIDENTIAL WATER USE STUDIES (SMART WATER FUND, 2013-06)	177
6.7.	REPORT ON IN-HOME WATER USE PATTERNS IN SINGLE FAMILY HOMES FROM JORDAN (AQUACRAFT, 2011-06-20)	178
6.8.	CONSIDERACIONES FINALES	180
	<b>ANEXOS</b>	181
ANEXO 1.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182
ANEXO 2.	ÍNDICE DE FIGURAS	184
ANEXO 3.	ÍNDICE DE TABLAS	191

# RESUMEN EJECUTIVO



## Ficha Técnica

<b>Título del proyecto</b>	Las claves del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid
<b>Línea de investigación</b>	Aseguramiento del equilibrio disponibilidades / demandas
<b>Unidades de Canal de Isabel II implicadas</b>	Subdirección de Relaciones Comerciales, Área de Imagen y Publicaciones, y Subdirección de I+D+i
<b>Participación externa</b>	Wasser, S. A. E
<b>Objeto y justificación del proyecto</b>	El análisis exhaustivo de la información existente en el sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II, en relación con el consumo de agua potable en la Comunidad de Madrid, con especial atención a los usos residenciales o domésticos, considerando los patrones de uso observados, y su relación con las variables socioeconómicas y del entorno que pueden explicar sus variaciones en el tiempo y su dispersión en los distintos ámbitos geográficos.
<b>Contribución al estado del arte</b>	El proyecto representa un avance en la caracterización de los usos finales del consumo doméstico de agua y los factores que los explican. Es el estudio experimental elaborado y publicado de mayor extensión continuada en el tiempo y de volumen de agua sometido a monitorización.
<b>Resumen del desarrollo del proyecto e hitos relevantes</b>	<p>Análisis de la evolución histórica del agua suministrada por Canal de Isabel II. Distribución geográfica y por sectores económicos. Tendencias observadas en la evolución a largo plazo.</p> <p>Análisis detallado del consumo doméstico, en base a los registros del Sistema de Gestión Comercial. Pautas de uso y factores explicativos.</p> <p>Estudio de microcomponentes o usos finales del consumo doméstico sobre una muestra de más de 200 viviendas monitorizadas desde 2008.</p>
<b>Resumen de resultados obtenidos</b>	<p>Patrones de consumo del agua en usos residenciales y modelización estadística en relación con los distintos factores explicativos.</p> <p>Estudio detallado de consumos y microcomponentes, incluyendo las modulaciones mensuales, diarias y horarias, meteorología, tipología de vivienda, y ocupación de la misma, y variables de calendario.</p> <p>Análisis de las pautas de uso para cada tipo de dispositivo doméstico.</p> <p>Caracterización de consumos en diferentes rangos de caudales.</p>
<b>Líneas de Investigación abiertas para la continuación de los trabajos</b>	<p>Investigación sobre aplicación de técnicas basadas en inteligencia artificial para el reconocimiento y análisis de patrones de uso del agua residencial y en otros ámbitos.</p> <p>Implantación de técnicas de medición precisas de caudales que permitan la monitorización del uso del agua en una muestra más amplia, o en la totalidad de los usuarios.</p>

## Palabras Clave

Demanda de agua. Usos domésticos. Patrones de consumo. Dotaciones y Desviaciones. Tendencias a largo plazo. Panel de Monitorización.

## Resumen

El objeto de este trabajo es el análisis exhaustivo de la información recopilada en los últimos años en el sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II, en relación con el consumo de agua potable en la Comunidad de Madrid, con especial atención a los usos residenciales o domésticos, considerando los patrones de uso observados, y su relación con las variables socioeconómicas y del entorno que pueden explicar sus variaciones en el tiempo y su dispersión en los distintos ámbitos geográficos.

En primer lugar se presenta el consumo doméstico en relación con el resto de usos, y con una perspectiva histórica, mostrando las tendencias observadas en el largo plazo, y con un mayor detalle en lo sucedido en los últimos 25 años. La información analizada en este apartado proviene del Sistema SCADA de Telecontrol, con medidas de caudal en tiempo real, y de los registros del Sistema de Gestión Comercial (GRECO) de los contadores individuales de los usuarios, con medidas de carácter bimestral.

A continuación, se profundiza en el análisis de los consumos domésticos registrados a lo largo de los últimos años. Los usos residenciales representan en la Comunidad de Madrid del orden del 70% del volumen total suministrado a los usuarios. El consumo doméstico es el que mayor homogeneidad presenta en su distribución tanto geográfica como temporal, a pesar de lo cual pueden observarse importantes diferencias en cuanto a las dotaciones unitarias en los distintos municipios de la región. Se analizan los distintos factores que inciden en esas disparidades, además de las pautas estacionales, semanales o diarias, y las tendencias a largo plazo que marcan el comportamiento temporal de la demanda de agua para usos domésticos.

Por una parte, se analizan los registros de facturación a los clientes (GRECO) correspondientes a los últimos 25 años, que permiten observar la tendencia a largo plazo en el consumo doméstico, registrada en este periodo. Con más detalle se incidirá en los datos correspondientes al periodo 2007 – 2016, que puede considerarse de cierta estabilidad, tras el último episodio de sequía severa registrado en la Comunidad de Madrid.

Por último, para un conocimiento más preciso del uso final del agua en las instalaciones de los usuarios, se dispone de una muestra representativa (*Panel de Monitorización*) de unas 300 viviendas, con seguimiento continuo a lo largo de un periodo de casi 10 años, que aporta información mucho más detallada de las pautas de consumo, y de los usos finales del agua en el ámbito doméstico.

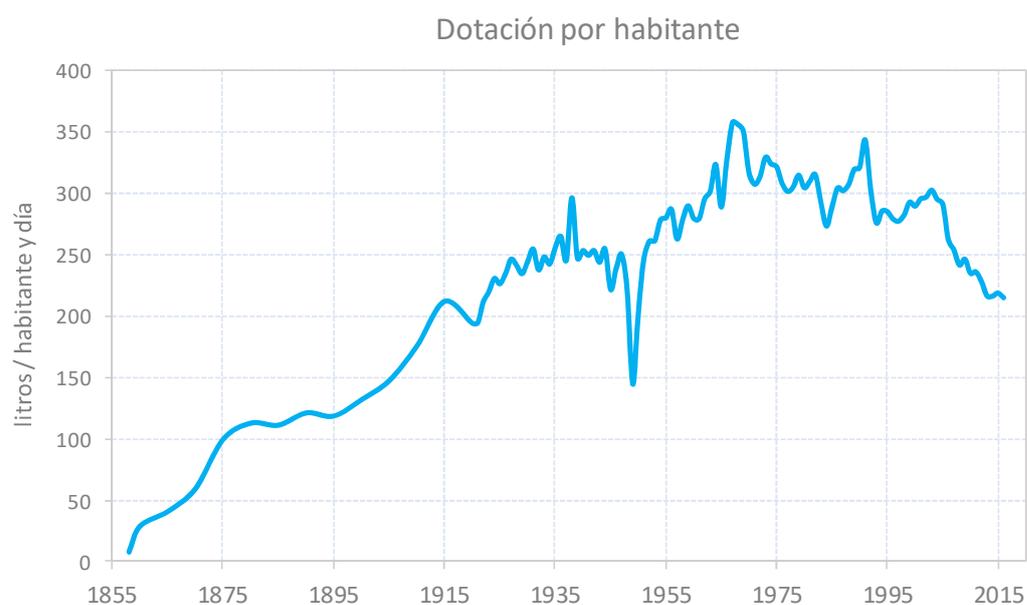
## 1. AGUA DERIVADA

Desde el inicio de la historia de Canal de Isabel II se han registrado los caudales derivados de las distintas captaciones y embalses. El volumen derivado en los primeros años apenas llegaba a la cifra de 1 hectómetro cúbico anual, siendo en la actualidad del orden de los 500 hectómetros cúbicos, habiendo alcanzado máximos sobre los 600 hectómetros cúbicos anuales (610,10 hm<sup>3</sup> en el año 2005).

La población suministrada ha experimentado un crecimiento continuo prácticamente desde el inicio, aunque registrando un estancamiento en los últimos años.

La dotación por habitante, en cuanto a agua captada o derivada, ha pasado de 7 litros por persona y día en 1858, a unos 215 litros por persona y día (214,78 en 2016) según se refleja en la Figura 1. Las oscilaciones anuales que se observan en el gráfico se relacionan con la meteorología, y especialmente con los fenómenos de sequía, destacando notablemente los episodios de 1948 – 50, 1983 – 85, 1992 – 95 y 2005 – 06.

**FIGURA 1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA DOTACIÓN DE AGUA DERIVADA POR HABITANTE**



En los últimos años se observa un cambio de tendencia, que puede situarse sobre 2003, es decir, anterior al último episodio de sequía y que supone un tramo de descenso en los consumos unitarios, que se prolonga hasta la actualidad.

Además de los datos globales anuales del consumo y su evolución, relevantes en cuanto a la administración del recurso y previsión de su disponibilidad en escenarios futuros, se presentará un análisis de la estacionalidad y caudales punta, que determinan el diseño de las infraestructuras de tratamiento, regulación y transporte.

## 2. AGUA FACTURADA

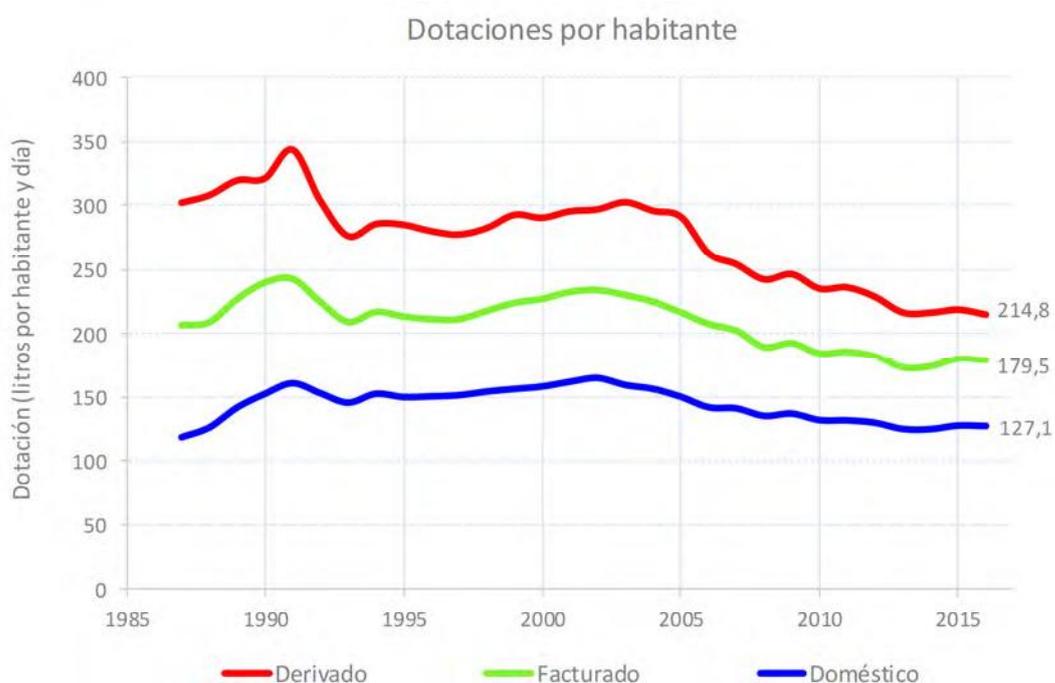
En la actualidad, el 100% de los clientes de Canal de Isabel II dispone de un contador individual para registro y facturación de su consumo. La lectura de estos contadores tiene carácter bimestral desde 2005, anteriormente se efectuaba trimestralmente.

La estructura de tarifas aplicada a los distintos tipos de clientes permite su clasificación por tipo de actividad, distinguiendo los usos domésticos, industriales, comerciales, etc. Por otra parte, al estar todos los clientes ubicados geográficamente con precisión, el análisis de estos datos permite conocer la distribución geográfica del consumo, agrupado por municipios, distritos o barrios en el caso de la capital, por zonas estadísticas u otras entidades geográficas, y también por sectores de la red de distribución.

La diferencia entre el agua derivada y la registrada en los contadores de los usuarios (facturada, o no) es la denominada “agua no controlada”, que corresponde principalmente a los usos de operación, roturas y pérdidas en las redes, usos fraudulentos, o no autorizados, y subcontaje de los equipos de medida. El volumen de agua no controlada ha experimentado un descenso continuado debido a las políticas de mejora de la eficiencia del sistema de abastecimiento, y en 2016 representa el 16,4% del total de agua derivada.

En la Figura 2 se presenta la evolución desde 1987 de las dotaciones por habitante del agua derivada de embalses y captaciones y la registrada para facturación y, en este apartado, los usos domésticos.

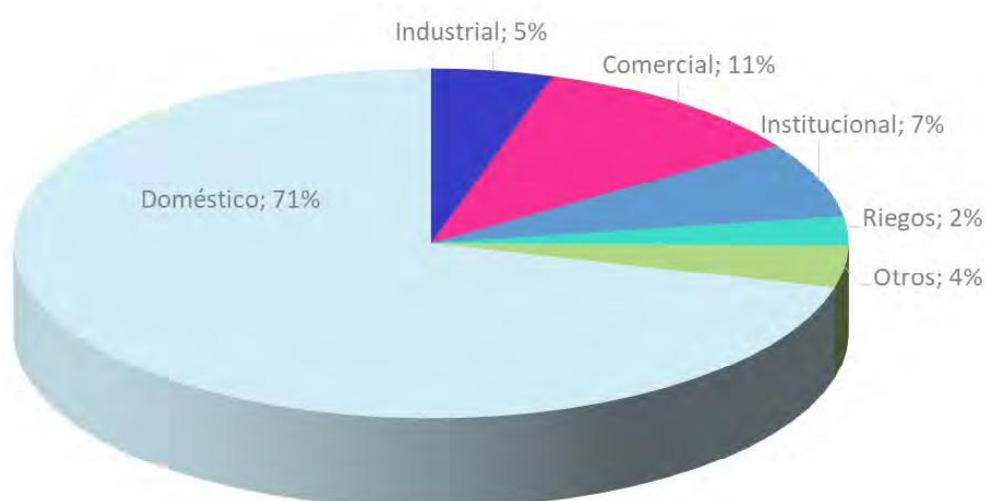
**FIGURA 2. DOTACIÓN POR HABITANTE DE AGUA DERIVADA Y FACTURADA 1987-2016**



El cambio de tendencia mencionado se observa con anterioridad (2002 – 2003) en las dotaciones de agua facturada, lo que indica un cambio en los hábitos de los usuarios, que se produjo antes de iniciarse la sequía de 2005 – 2006. En ese punto (2005) se aprecia un mayor descenso en la diferencia entre agua derivada y facturada, es decir, que la gestión de este episodio de escasez incidió claramente en la mejora de la eficiencia, reduciendo el agua no controlada.

En la Figura 3 se presenta la distribución actual (2016) del consumo anual por tipos de uso.

**FIGURA 3. CONSUMO FACTURADO POR SECTORES ECONÓMICOS EN 2016**



Los usos domésticos suponen en la actualidad el 70,8% del total de agua registrada para facturación, y le siguen en importancia los usos comerciales, con un 10,8%. Esta proporción ha variado a lo largo de los años debido a distintas circunstancias. Es de destacar el uso industrial, que en 1992 representaba el 10,5% del total, y en la actualidad solamente el 4,7%.

Existe una notable dispersión en los consumos unitarios por propiedad en las distintas zonas geográficas, dispersión que se puede atribuir a las diferencias socioeconómicas, características de las viviendas y condiciones climáticas, entre otras. Se han analizado los consumos globales y de los distintos sectores económicos, por propiedad, en los últimos 25 años, en las 11 zonas estadísticas de la Comunidad de Madrid. En todas las zonas y usos se aprecia un descenso generalizado a partir de los primeros años del presente siglo.

La mayor dispersión se observa en los usos industriales, dispersión geográfica y temporal que está relacionada con cambios en los procesos industriales, o en la movilidad geográfica de las industrias con mayores niveles de consumo de agua.

El comportamiento más estable es el de los usos domésticos, siguiendo igualmente la tendencia general a la baja y con oscilaciones interanuales relacionadas con la meteorología. En 2016, las dotaciones por vivienda oscilan entre los 263 litros diarios del municipio de Madrid y 437 litros por día en el oeste metropolitano.

Si se desagregan estos datos a nivel municipal la dispersión es mucho mayor, tal como se refleja en la Tabla 1.

**TABLA 1. DOTACIONES ANUALES 2007–2016 POR MUNICIPIOS (LITROS/PROPIEDAD DÍA)**

<i>Uso</i>	<i>Promedio (L/propiedad/día)</i>	<i>Desviación estándar (L/propiedad/día)</i>	<i>Coefficiente de variación (L/propiedad/día)</i>
Doméstico	316,78	167,13	0,528
Industrial	5.229,37	19.502,05	3,729
Comercial	1.054,83	2.058,73	1,952
Institucionales	4.226,75	9.483,85	2,244
Riegos	3.706,50	14.795,29	3,992
Otros	919,99	4.504,04	4,896

Aunque no es objeto de este trabajo profundizar sobre la gestión del agua no contabilizada, a título informativo se muestra una reseña de la evolución en los últimos años de las pérdidas reales y aparentes en el sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II.

Otro apartado se dedica a los usos de agua en exterior, exponiendo la metodología utilizada para su evaluación y los resultados de los últimos inventarios de zonas verdes y piscinas, realizados sobre imágenes de satélite de 2014.

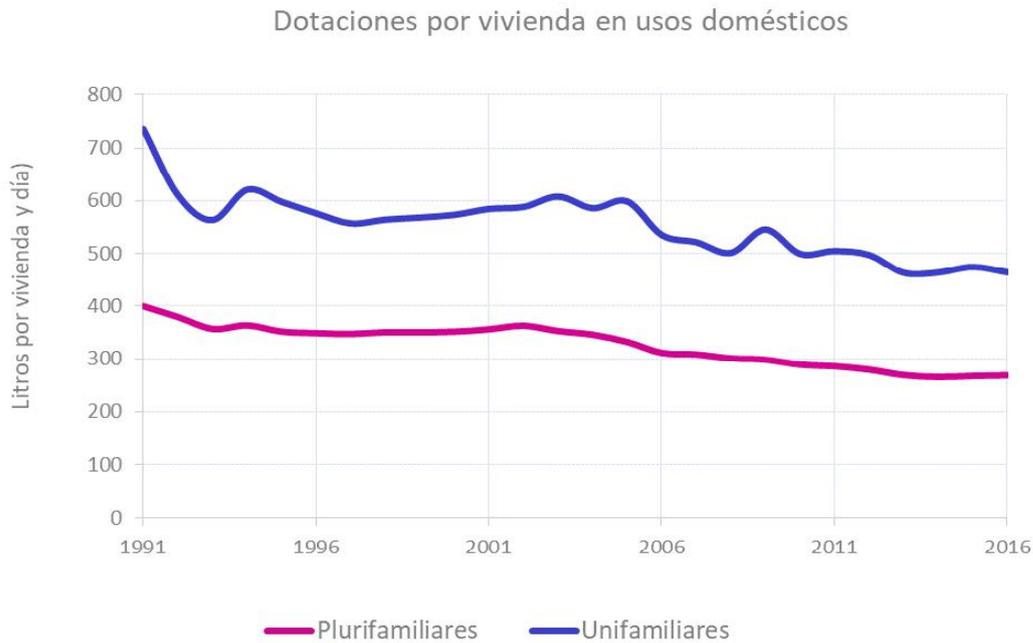
### 3. EL CONSUMO DOMÉSTICO

En el análisis de las variables que inciden en el consumo de agua en el ámbito doméstico, aparece en primer lugar la tipología de viviendas. Se observa una diferencia clara entre las viviendas de tipo unifamiliar (chalets aislados, pareados o adosados) y plurifamiliar (bloques de viviendas), ver Figura 4.

La diferencia entre ambos tipos de viviendas estriba fundamentalmente en que en las viviendas de tipo unifamiliar habitualmente tienen más relevancia los usos de exterior (jardines, piscinas), con lo cual el nivel de consumo es más elevado, y sus pautas de uso son notablemente diferentes. En la actualidad, aproximadamente el 14% de las viviendas suministradas por Canal de Isabel II son del tipo unifamiliar.

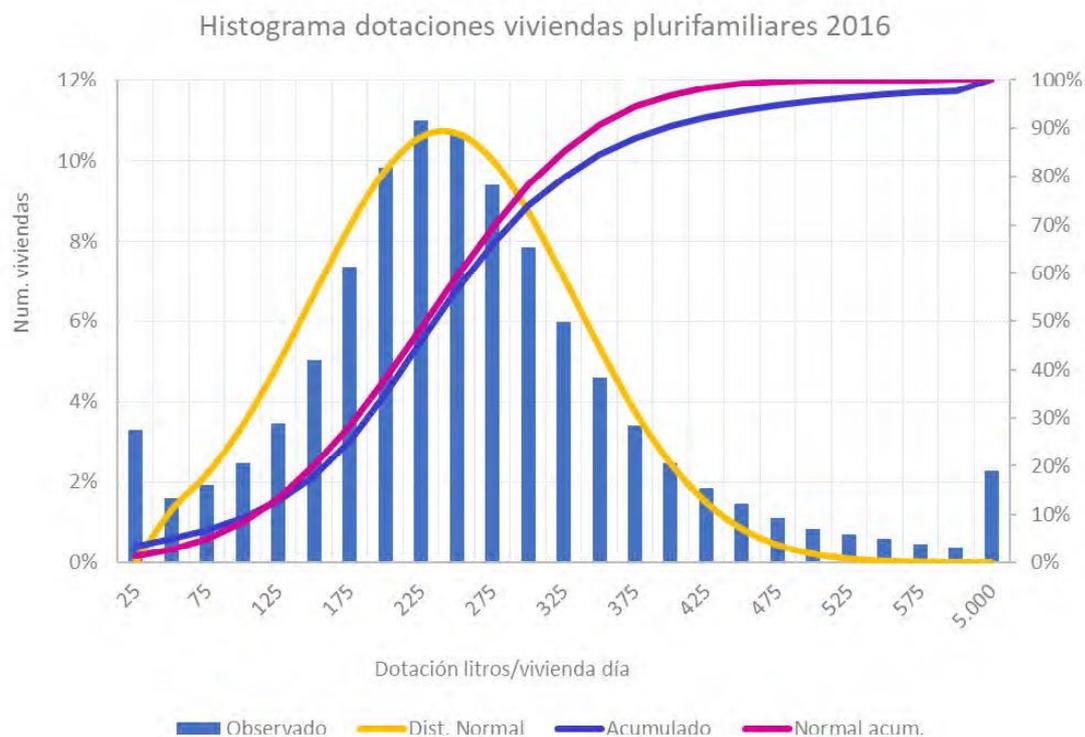
Después de esta primera clasificación de las viviendas en unifamiliares y plurifamiliares, aún se observa una importante dispersión en los datos de consumos unitarios.

**FIGURA 4. EVOLUCIÓN EN DOTACIÓN POR VIVIENDA (PLURIFAMILIARES Y UNIFAMILIARES) 1991-2016**



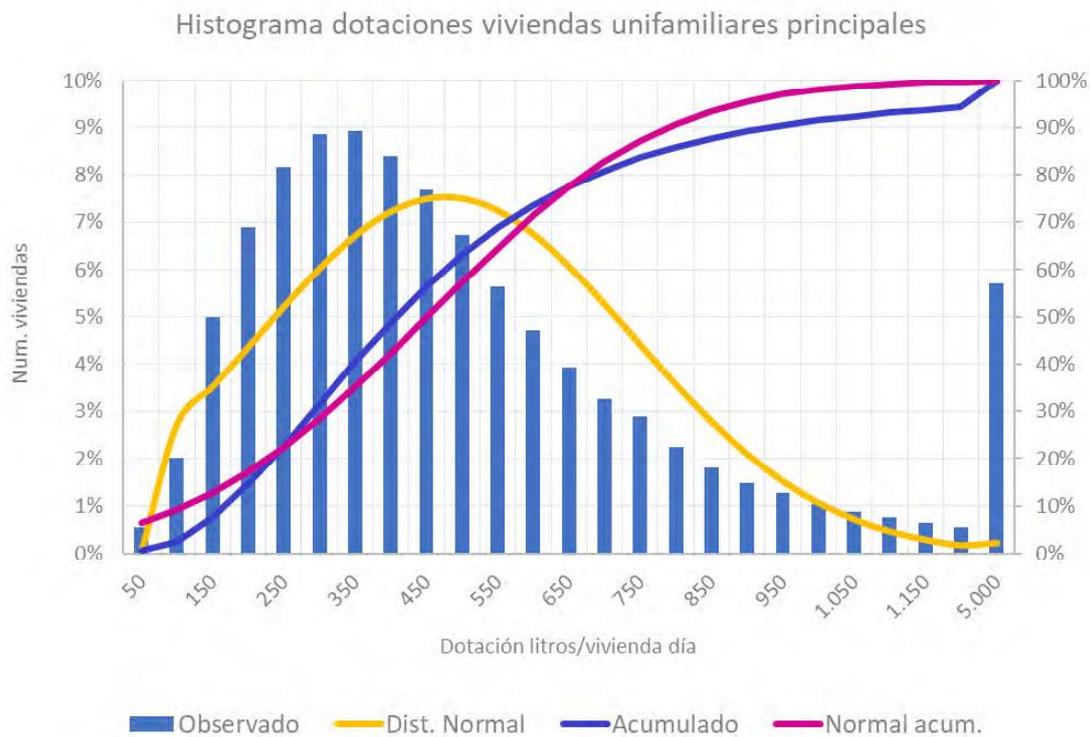
Las viviendas plurifamiliares presentan una distribución que se asemeja bastante a la normal. Se ha ajustado, para los datos de 2016 (2.426.000 viviendas) una distribución normal de media 227,93 litros/vivienda día, y desviación estándar de 92,71; tal como se muestra en la Figura 5. En los extremos, se observa un 3,3% de viviendas con consumo inferior a los 25 litros diarios, y un 2,3% con consumo superior a 5.000 litros diarios.

**FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DOTACIONES EN VIVIENDAS PLURIFAMILIARES 2016**



En el caso de las viviendas unifamiliares, la distribución de frecuencias se aparta más de la normal. Existe un importante número de *outliers* en ambos extremos (Figura 6). Un 12% de viviendas tiene un consumo inferior a 50 litros diarios, lo que probablemente está relacionado con segundas residencias. En el otro extremo, un 9,1% de las viviendas ha registrado en 2016 un consumo superior a 5.000 litros diarios de media. La distribución normal ajustada tiene una media de 369,36 litros/vivienda día, y una desviación estándar de 207,0. Si se eliminan las viviendas consideradas secundarias y las que presentan consumos anómalos, superiores a los 10.000 metros cúbicos anuales, la distribución se aproxima más a la normal, aunque con un claro sesgo a la izquierda.

**FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DOTACIONES VIVIENDAS UNIFAMILIARES 2016**



Tomando los valores medios de las dotaciones por municipios, persiste gran parte de la varianza observada sobre los valores individuales. Los valores extremos en el periodo 2007-2016 son los presentados en la Tabla 2. Las dotaciones correspondientes al municipio de Madrid pueden considerarse el valor modal.

Las pautas estacionales de consumo también son notablemente diferentes entre ambos tipos de viviendas. Para las viviendas plurifamiliares, los consumos más elevados tienen lugar en el mes de junio, y experimentan un descenso en julio y sobre todo en el mes de agosto, mes de vacaciones por excelencia, en el que se observa una reducción del orden del 10% respecto de junio. En cambio, en las viviendas unifamiliares, los mayores consumos se producen en los meses de verano: junio, julio y agosto, en los que se duplica el consumo con respecto al invierno, siguiendo un patrón claramente relacionado con los usos de exterior.

**TABLA 2. DOTACIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y PLURIFAMILIARES, PERIODO 2007– 2016 (LITROS/VIVIENDA Y DÍA)**

	<i>Plurifamiliares</i>		<i>Unifamiliares</i>	
	Mínimo	Canencia	37,5	Hiruela (La)
Moda	Madrid	260,7	Madrid	613,4
Máximo	Guadarrama	757,7	Alcobendas	1.264,6

### 3.1. FACTORES EXPLICATIVOS DEL CONSUMO DOMÉSTICO DE AGUA

Se han apuntado las variables climáticas y meteorológicas como incidentes en las variaciones del consumo doméstico de agua.

Existen otros factores económicos y sociales respecto de la población, y estructurales, en cuanto a la tipología de las viviendas y sus instalaciones, que pueden explicar la dispersión geográfica y temporal observada en el consumo doméstico. Además de estos factores, está el componente personal relativo a los hábitos de uso, mucho más difícil de evaluar y de contrastar.

Se han examinado todas aquellas variables de las que se dispone de información objetiva, y que pueden incidir en el consumo de agua.

#### 3.1.1. Renta disponible en los hogares

El nivel económico de las familias, representado por el indicador de renta disponible, es indudable que debe tener alguna incidencia en el consumo doméstico de agua.

El Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid publica el indicador de renta disponible en los hogares, con carácter anual, para todos los municipios de la región y las 11 zonas estadísticas, además del valor general. En la fecha de redacción de este documento están disponibles los datos desde el año 2000 hasta el 2014 (avance), siendo provisionales los datos de 2012 y 2013.

Si bien la evolución temporal del indicador de renta no se relaciona, de forma clara, con la del consumo doméstico de agua, la diferencia entre los niveles económicos de las distintas zonas o municipios de la región sí parece explicar, en parte, la disparidad en las dotaciones. A nivel municipal, la dispersión en la renta disponible es notable, con valores para 2014 comprendidos entre los 9.618 Euros anuales de Somosierra, y los 30.426 Euros al año de Pozuelo de Alarcón.

Para las viviendas unifamiliares se obtiene un coeficiente de correlación entre las dotaciones y el nivel de renta, de 0,75, lo que indica que un 56% de la varianza observada en los consumos a nivel municipal se explica por la diferencia en los niveles de renta. Para las viviendas plurifamiliares, esta correlación es bastante menor, siendo el coeficiente  $r^2$  de 0,32; es decir, el 32% de la varianza atribuible a la diferencia de renta.

### 3.1.2. Tamaño del hogar

Es evidente que el número de personas que habitan la vivienda condiciona el consumo de agua. Para evaluar este indicador se han utilizado los padrones de población municipales que se publican anualmente, juntamente con los datos de número de viviendas abastecidas, de los ficheros de clientes.

El tamaño de hogar en la Comunidad de Madrid no ha experimentado grandes variaciones en los últimos años, alcanzando un máximo en 2009 (2,56 personas) y descendiendo ligeramente después. En el Municipio de Madrid, el comportamiento ha sido similar, con valores comprendidos entre 2,18 en 2016, y un máximo de 2,30 en 2009.

Por municipios, el rango de valores es considerable, variando entre cifras inferiores a la unidad en pequeñas poblaciones, y valores superiores a 4 en algunos lugares. En este caso se observa mayor correlación con las dotaciones de las viviendas plurifamiliares, donde se obtiene un coeficiente de correlación de 0,66. Para las viviendas unifamiliares este coeficiente es de 0,62.

### 3.1.3. Viviendas principales y secundarias

En algunas zonas de la Comunidad, especialmente en áreas de la sierra, un número importante de viviendas están dedicadas a segunda residencia, y no tienen ocupación durante todo el año. El censo de viviendas del INE distingue entre “Viviendas principales” y “Viviendas totales”. Se entiende que la diferencia entre ambas son las segundas residencias o viviendas secundarias y las viviendas desocupadas. Según el censo de 2011, un 14,7% de las viviendas de la Comunidad de Madrid, no tienen la consideración de principales, alcanzando valores superiores al 50% en zonas como la Sierra Norte y Sierra Sur. En el Municipio de Madrid, son un 13,7% las viviendas secundarias o vacías.

Utilizando los registros de facturación, se ha convenido en calificar como “viviendas secundarias” o “no principales” las que en el bimestre enero – febrero tienen un consumo inferior a 5 metros cúbicos.

El valor del porcentaje de viviendas secundarias o desocupadas puede ser un factor explicativo de las dotaciones medias. Por municipios, con los datos de 2016, se observa una fuerte correlación tanto para las viviendas plurifamiliares ( $r = 0,73$ ) como para las unifamiliares ( $r = 0,71$ ).

### 3.1.4. Características físicas de las viviendas

Las características físicas de las viviendas y sus instalaciones son otro parámetro a tener en cuenta, con incidencia en el consumo del agua. Se ha utilizado como indicador para categorizar las viviendas, su superficie construida según los datos del Catastro, actualizado a 2015.

Por municipios, al igual que sucedía con el indicador de renta disponible en los hogares, también se observa una correlación significativa entre las dotaciones de las viviendas unifamiliares y la superficie media, pero no así en el caso de las viviendas plurifamiliares. De hecho, ambos indicadores, el de renta, y el de superficie de vivienda, no son completamente independientes, existiendo también una importante correlación entre ambos.

### 3.1.5. Usos de exterior

Los usos de exterior suponen un componente importante de los consumos de agua urbana, y en el ámbito doméstico, se relacionan principalmente con las viviendas unifamiliares, que frecuentemente disponen de jardín y en muchas ocasiones de piscina.

Con el inventario de usos de exterior mencionado anteriormente, se dispone de la ubicación, con la parcela catastral, de las zonas verdes y piscinas de toda la Comunidad de Madrid. De esa forma, se puede relacionar la superficie de riego y láminas de agua por municipio, con las viviendas unifamiliares, y así se ha calculado la superficie media que correspondería a cada vivienda. Las diferencias observadas por zonas o municipios son otro factor a considerar, como relacionado con las dotaciones de las viviendas unifamiliares.

Se encuentra una mayor correlación de la dotación de las viviendas unifamiliares con la superficie media de la piscina ( $r=0,64$ ) que con la superficie de zona verde ( $0,35$ ), lo que probablemente se debe a la diversidad de las distintas prácticas de riego, y tipología de jardines.

### 3.1.6. El precio del agua

Se ha analizado también la evolución de las tarifas de usos domésticos y su estructura de bloques desde 2001, concluyéndose que el efecto de la tarifa sobre el consumo doméstico es bastante limitado, y que afecta casi exclusivamente a los usuarios con nivel de consumo más alto, y además se observa con un cierto retraso.

### 3.1.7. Modelización estadística

Utilizando los distintos factores explicativos señalados: renta disponible en los hogares, tamaño de hogar (número de personas por vivienda), porcentaje de viviendas secundarias, superficie de las viviendas y la magnitud de los usos de exterior, se han ajustado modelos estadísticos para las distintas zonas estadísticas de la región y los tipos de viviendas unifamiliares y plurifamiliares.

Aplicados esos modelos a cada uno de los municipios con los datos de los años 2011–2015, y comparando las dotaciones calculadas por el modelo con los resultados reales registrados, se ha obtenido un ajuste, para las viviendas unifamiliares con un coeficiente de determinación  $r^2 = 0,796$ .

En el caso de las viviendas plurifamiliares el ajuste es bastante más pobre, de acuerdo con lo expuesto anteriormente sobre la influencia de los distintos factores en el consumo de este tipo de viviendas.

## 4. USOS FINALES EN EL CONSUMO DOMÉSTICO

En esta parte del trabajo se pretende responder a cuestiones concretas sobre el uso que dan las familias madrileñas al agua que se les suministra y los factores que determinan dicho uso. El estudio ha estado focalizado en el consumo y usos finales domiciliarios o de microcomponentes.

Los datos que aquí se presentan han sido recogidos entre enero de 2008 y junio de 2017, sobre una muestra relativamente estable de entre 200 y 300 viviendas repartidas por toda la Comunidad de Madrid. En este periodo se han monitorizado unos 15,8 millones de horas de consumo, y se ha registrado y analizado el uso de cerca de 208 millones de litros de agua.

La muestra seleccionada se ha considerado suficientemente representativa del conjunto de viviendas de la Comunidad de Madrid, estratificada en cuanto a tipología de viviendas, ocupación, etc. y con una distribución geográfica que cubre, dentro de lo posible, el conjunto de la región con toda su diversidad. La proporción de viviendas unifamiliares en la muestra es actualmente del 13%, similar a la media de la Comunidad de Madrid (13,7%), aunque no siempre ha sido así (en 2011 era solamente del 9%), y normalmente ha estado poco representada, debido a la mayor dificultad para instalar los equipos de medida en este tipo de viviendas.

### 4.1. EQUIPOS UTILIZADOS

Para la monitorización del consumo de esta muestra se han utilizado contadores volumétricos de pistón rotativo, clase metrológica C y D, equipados con un emisor de pulsos que genera un impulso cada vez que pasa un litro o un decilitro de agua. Para el registro y transmisión de datos al centro de control se utilizan estaciones remotas de control con modem GSM integrado.

### 4.2. TRATAMIENTO DE DATOS

El proceso completo de tratamiento de los datos ha seguido estas fases:

- Adquisición de datos: registro de los datos de consumo de cada usuario y transmisión de los mismos hasta un servidor con capacidad de almacenamiento y procesamiento.
- Transformación en eventos: conversión de los datos de pulso/tiempo recogidos por los contadores en caudales, y desde esos caudales creación de eventos de consumo.
- Asignación de usos: correlación entre los eventos de consumo y cada uno de los usos posibles en cada vivienda. Se realiza en función de datos característicos del evento (duración, volumen, pico de caudal máximo).
- Análisis de datos: los datos obtenidos de eventos/usos se analizan y presentan de forma que permita extraer conclusiones sobre la influencia de ciertas variables en el consumo domiciliario.

De modo previo al análisis de los datos se han realizado actividades de obtención de información sobre las características de las viviendas y sus ocupantes, mediante la realización de encuestas, ensayos en las viviendas para caracterizar los distintos usos de agua, mediante la calibración de dispositivos y, por otro lado, datos climatológicos descargados de organismos oficiales.

Uno de los retos del proyecto ha sido la vinculación del tipo de uso del agua a los distintos eventos identificados. Técnicos entrenados han realizado manualmente la asignación de usos a cada evento, en al menos dos meses de datos, para cada contador. La asignación manual de usos aporta mucha calidad en las asignaciones, pero un técnico entrenado emplea un tiempo estimado, para 15 días de datos, de unas dos horas, lo que lo hace inviable para el tratamiento masivo de datos de una muestra amplia de viviendas durante varios años, por lo que al inicio del proyecto se desarrolló un método para la asignación automática del uso del agua.

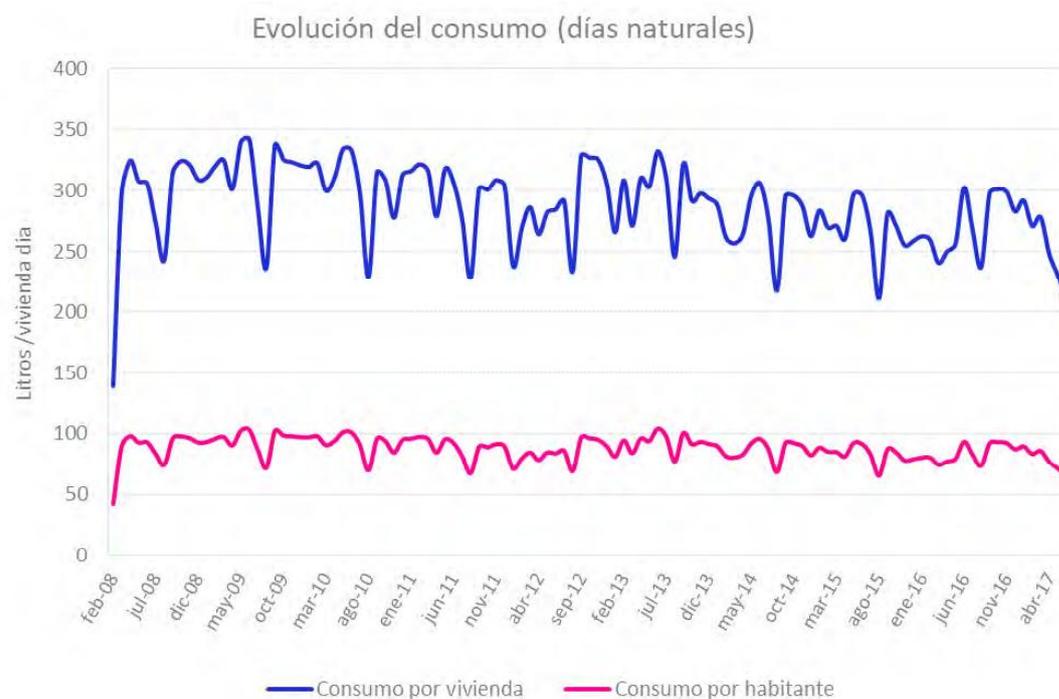
Los datos correspondientes a estos meses de entrenamiento, asignados por operador, se han estudiado estadísticamente utilizando tres estadísticos de cada evento: volumen, pico o máximo caudal de la señal y duración del evento. Considerando las posibles dependencias entre las tres variables, se ha construido una red bayesiana muy simple (tres nodos), que permite calcular la probabilidad de que un determinado evento, dadas sus características de volumen, duración y caudal máximo, pertenezca a cada una de las distintas categorías de uso del agua, y asignar finalmente la que resulta más probable.

Con posterioridad (2016) se ha desarrollado una nueva metodología para la identificación de eventos, utilizando técnicas avanzadas de inteligencia artificial: redes neuronales artificiales con aprendizaje profundo y máquinas de vector soporte. Esta metodología se presenta en el Cuaderno de I+D+i 25, titulado *“Sistema de reconocimiento de patrones para identificación de usos finales del agua en consumos domésticos”*.

### 4.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO

Los consumos promedio en todo el periodo del estudio han sido de **327,7** litros por vivienda/día, y de **99,8** litros por habitante/día, para días reales con consumo; así como de **286** litros por vivienda/día, y de **87,2** litros por habitante/día, para días naturales (Figura 7).

**FIGURA 7. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MENSUAL POR DÍAS NATURALES**



Desde el inicio del estudio se observa una tendencia descendente del consumo, con una tasa media anual del 1,7% respecto a los consumos por vivienda, tanto teniendo en cuenta los días naturales como los reales con consumo. El promedio de los tres últimos años es un 12% inferior al de los tres primeros del estudio. Las dotaciones por habitante también han registrado un descenso, a razón del 1,3% anual.

Anualmente los consumos domiciliarios han presentado alteraciones ligadas al alto movimiento poblacional en periodos vacacionales y “puentes”. Fundamentalmente en estos últimos, la meteorología tiene una influencia notable sobre la variación del consumo.

Si se examinan los consumos horarios comparados de los diez años, los datos muestran patrones análogos a lo largo de todo el estudio, con dos máximos de consumo entre las 7 y las 8 horas de la mañana, y entre las 20 horas y las 21 horas de la tarde.

Los consumos mínimos nocturnos se producen entre las 2 horas y las 5 horas de la madrugada. En este periodo, los consumos horarios son inferiores al 1% del consumo medio diario, (ver Figura 8).

Por tipo de día, el promedio de consumo, en día no festivo, ha sido de 321,0 litros por vivienda/día, y de 97,6 litros por habitante/día. Los días festivos, han registrado un consumo ligeramente mayor de promedio, de 330,2 litros por vivienda/día (2,9%), y de 100,4 litros por habitante/día (2,9%). Mensualmente se ha registrado importantes variaciones, entre los 283,4 litros por vivienda/día en agosto de 2015, y los 368,4 litros por vivienda/día en junio de 2009, en días laborales o no festivos. Mayores variaciones se han registrado en días festivos, entre los 277,4 litros por vivienda/día, en agosto de 2015, y los 370,7 litros por vivienda/día en junio de 2008 (ver Figura 9).

Por tipo de vivienda, el promedio de consumo en viviendas plurifamiliares ha sido de 271,2 litros por vivienda/día, y de 83,2 litros por habitante/día. Las viviendas unifamiliares han registrado un consumo promedio mucho mayor que las viviendas plurifamiliares, de 449,1 litros por vivienda/día (un 65,6%) y de 127,5 litros por habitante/día (53,2%). Mensualmente se han registrado importantes variaciones, que fueron de los 176,1 litros por vivienda/día, en agosto de 2015, a los 325,5 litros por vivienda/día de octubre 2012 en viviendas plurifamiliares. Mayores variaciones se han registrado en las viviendas unifamiliares, entre los 262,3 litros por vivienda/día en enero de 2016, y los 993,3 litros por vivienda/día en julio de 2015.

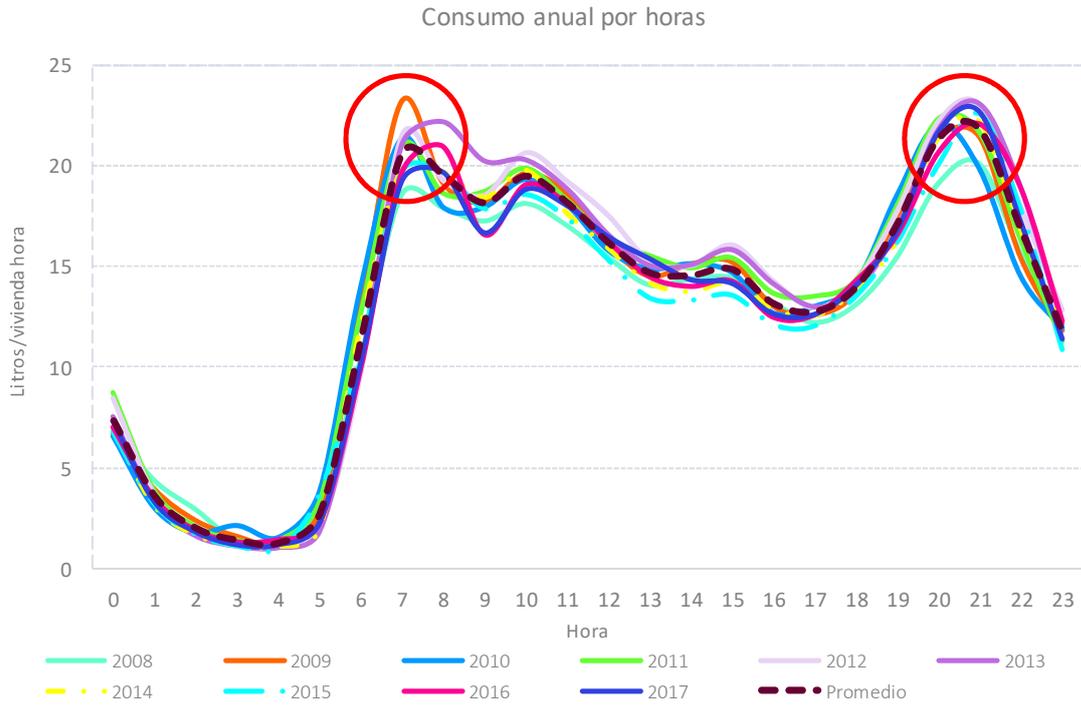
El estudio evidencia también que las diferencias entre la distribución horaria del consumo en función del tipo de día y del tipo de vivienda son notables. Fundamentalmente en el momento de máximo consumo, en el caso del tipo de día; y en la intensidad del consumo, en el caso del tipo de vivienda (ver Figura 10).

El análisis de los consumos por ocupación evidencia tendencias bastante estables a lo largo del año. La única diferencia está en el descenso de consumo propio del periodo estival, donde, a mayor ocupación, el descenso del consumo es más acusado, mientras que en las de menor ocupación apenas se observa el efecto del verano.

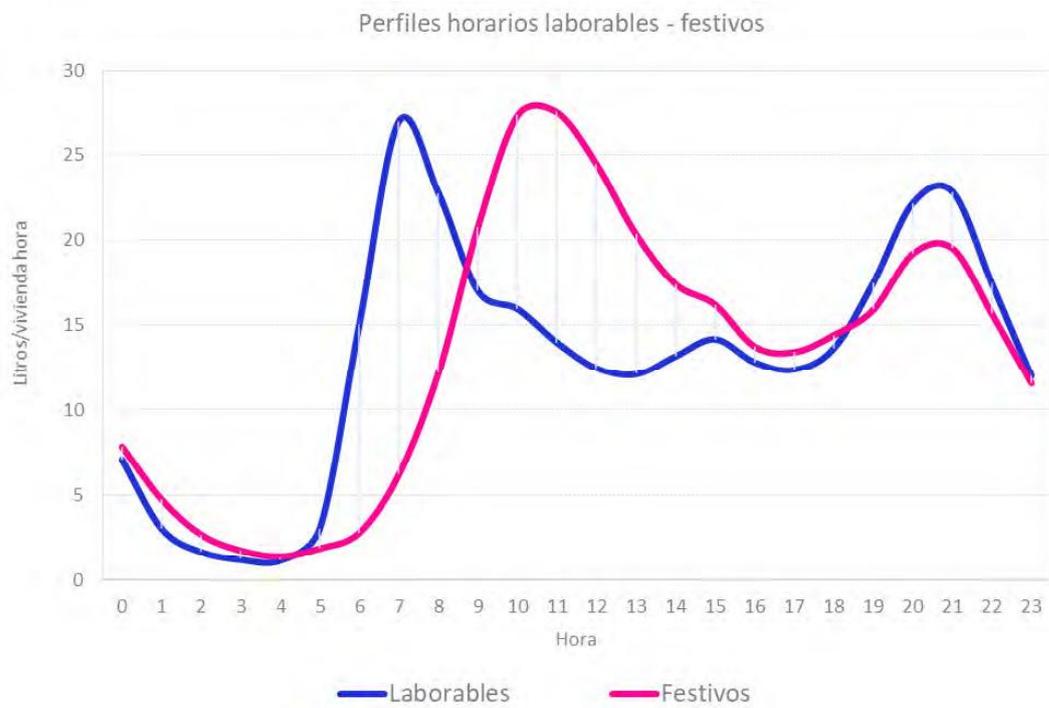
Sobre los datos recogidos se ha obtenido un **modelo del consumo por vivienda**, en función de la ocupación (ver Figura 11).

$$\text{Consumo por vivienda} = -12,957 \text{ habitantes}^2 + 139,219 \text{ habitantes}$$

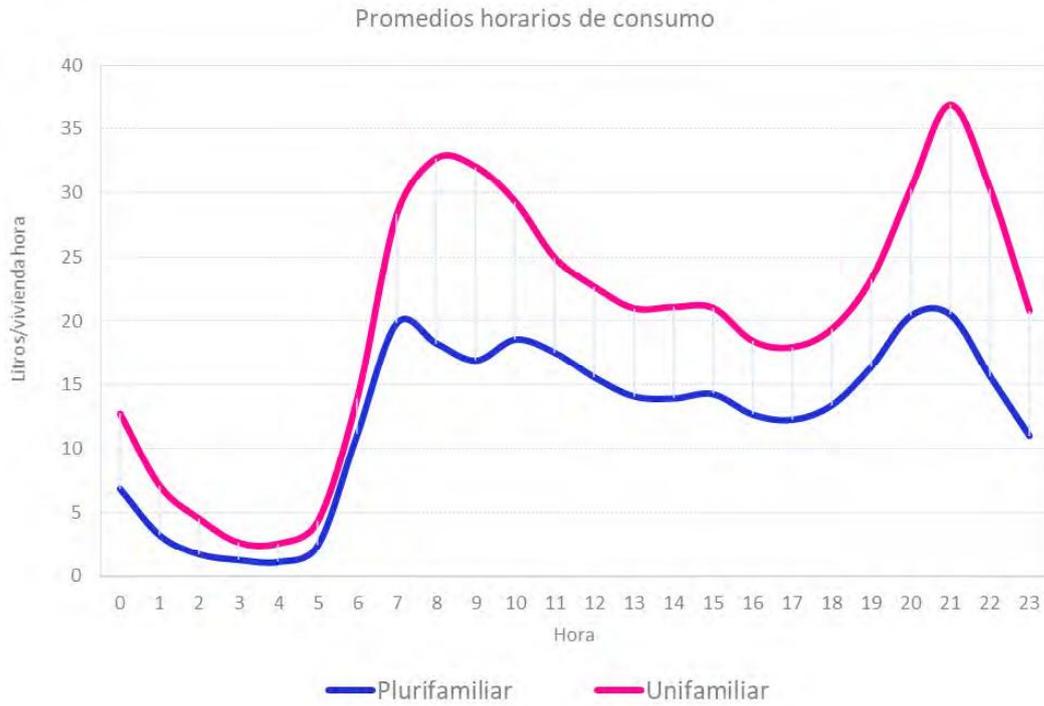
**FIGURA 8. CONSUMOS HORARIOS**



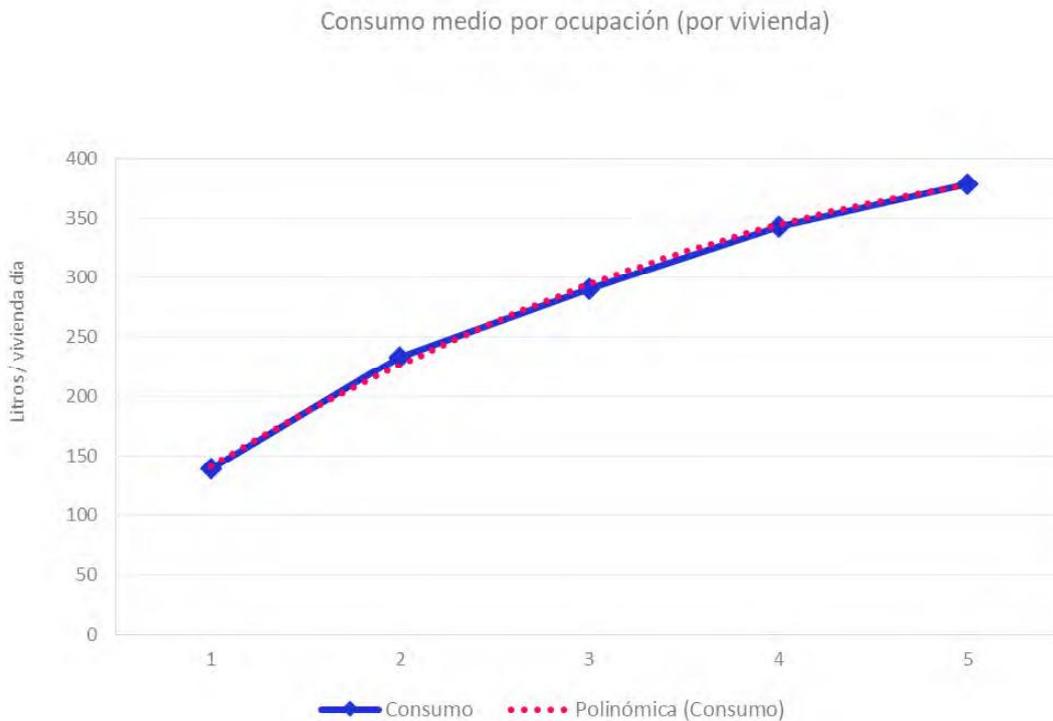
**FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN HORARIA DEL CONSUMO POR TIPO DE DÍA**



**FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN HORARIA DEL CONSUMO POR TIPO DE VIVIENDA**



**FIGURA 11. MODELIZACIÓN DEL CONSUMO SEGÚN LA OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA**



En relación con las variables meteorológicas, se han obtenido ajustes numéricos que modelizan el diferencial de consumo existente entre las viviendas unifamiliares y plurifamiliares, y el consumo en riego:

**Diferencia uni-plurifamiliar**  $0,546 - 0,063 \times \text{días de lluvia} + 0,002 \times \text{horas de insolación}$

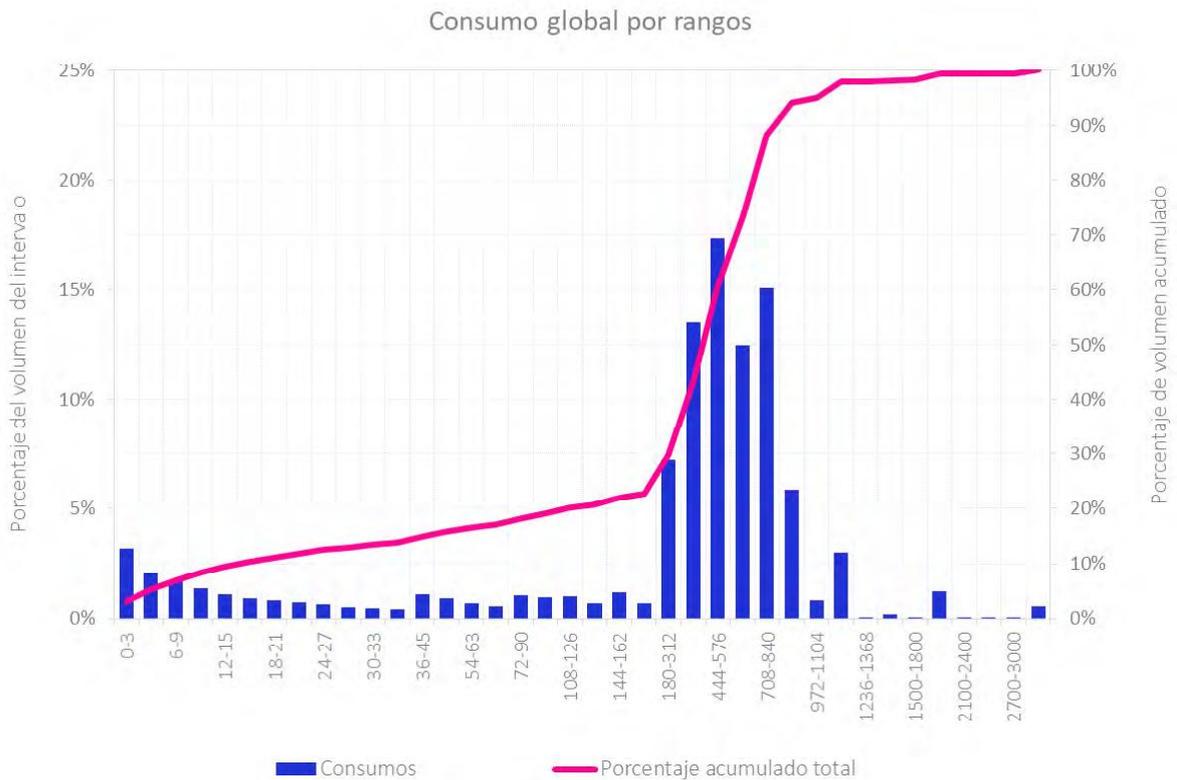
**Diferencia uni-plurifamiliar**  $0,0025 \times \text{temperatura}^2 - 0,0352 \times \text{temperatura} + 0,4587$

**Riego (litros/día/vivienda)**  $0,0025 \times \text{temperatura}^2 - 0,0352 \times \text{temperatura} + 0,4587$

Con respecto a los rangos de caudales en que se registra el consumo, éste se produce mayoritariamente en el intervalo de caudales que va de los 321 a los 840 litros por hora, con un 59% del consumo total, según se pone de manifiesto en el gráfico de la Figura 12.

La utilización de contadores con un caudal de arranque igual o por debajo de 1 litro por hora ha permitido registrar un 22,8% del volumen por debajo de 180 litros por hora de caudal.

**FIGURA 12. HISTOGRAMA GENERAL DE CAUDALES**



#### 4.4. MICROCOMPONENTES DEL CONSUMO

El análisis de los usos en la muestra del estudio ha determinado que los usos de **baños, duchas** y de **grifos** son los más importantes y suponen un 69% del consumo de una vivienda, con un 35%, y un 34%, respectivamente 107 y 105 litros por vivienda y día.

Después de los anteriores, los usos más importantes, según los usuarios de la muestra, son las **cisternas** (11,7%; 36 litros por vivienda y día) y **lavadora** (9,5%; 29 litros por vivienda y día). El uso de **lavavajillas** (7,2 litros por vivienda y día) y el **riego** (7,7 litros por vivienda y día) supone el 2,5% del consumo, cada uno. En cuanto las **fugas** su promedio es de un 4% (13 litros por vivienda y día).

Anualmente se observa la disminución de usos en los meses estivales, debido al movimiento de la población residente a segundas viviendas y vacacional. El único uso que aumenta es el de riego, lógicamente. El tipo de vivienda, unifamiliar o plurifamiliar, determina la distribución de usos debido a la relevancia de los riegos en las viviendas unifamiliares, y a la mayor incidencia de fugas, ya que suelen tener una mayor longitud de tuberías y parcialmente exteriores, con mayor probabilidad de roturas y pequeñas pérdidas (ver Figura 13).

Respecto a la distribución horaria de los usos se pueden observar los diferentes patrones existentes, asociados a los propios usos.

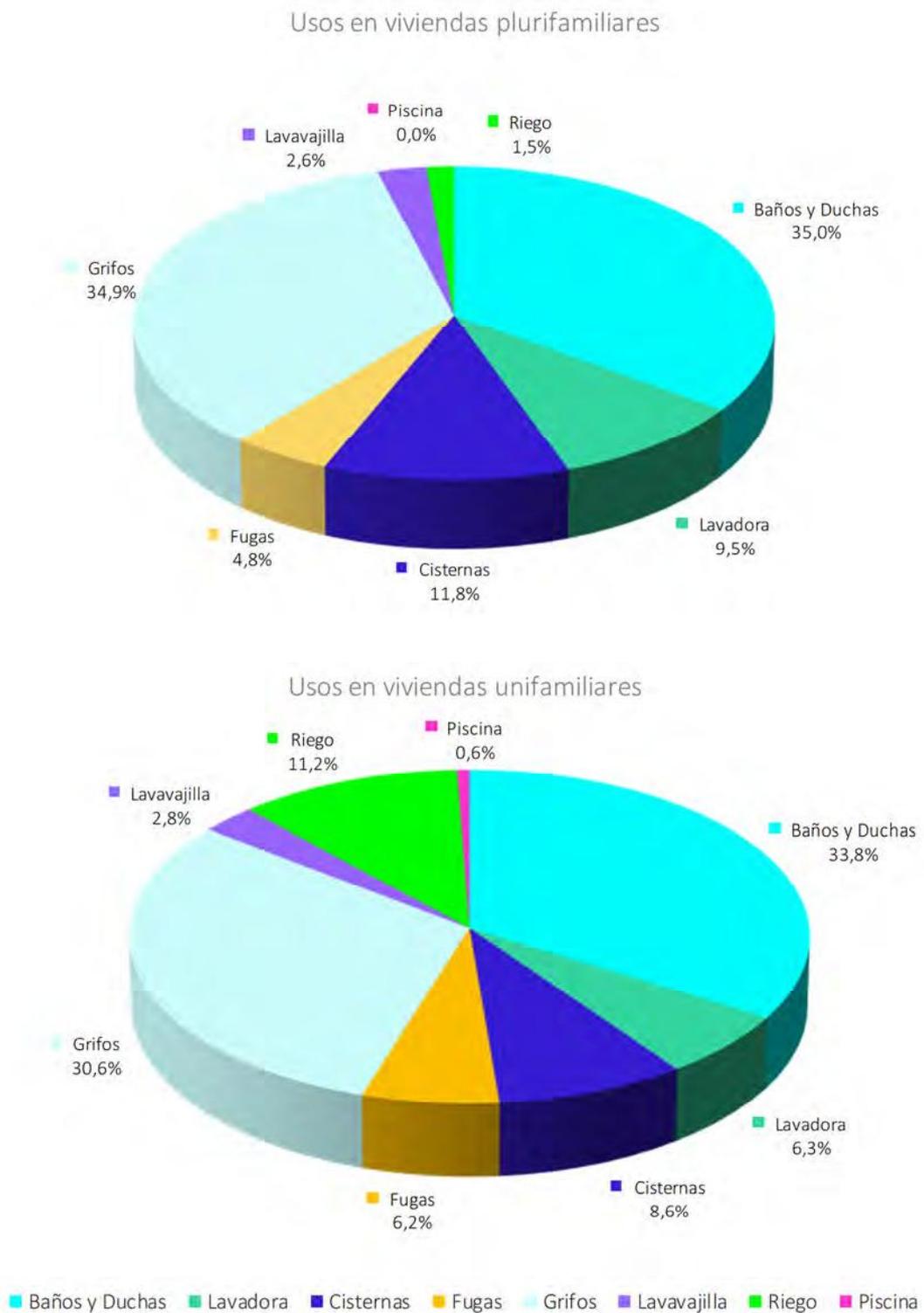
*Baños y duchas:* el consumo se centra en las primeras y últimas horas del día, asociado a los hábitos de higiene. Así, tradicionalmente los máximos consumos se producen entre las 6 y las 8 horas, y entre las 19 y las 21 horas.

*Lavadora:* el consumo tiene un máximo centrado entre las 10 y las 11 horas, bajando posteriormente el uso hasta las 17 horas, y teniendo un repunte, con un máximo (mucho menor que el diurno) entre las 20 y las 21 horas.

*Lavavajilla:* uso asociado a las comidas principales. Los máximos consumos se dan después del almuerzo, a las 15 horas, que representa el 7,8%, así como después de la cena, entre las 21-22 horas, que representa un 7,4% del total de uso diario; siendo mucho menor el incremento que se registra después de los desayunos, entre las 9 y las 10 horas, que representa un 5,6%.

En el *riego* se observan hábitos adaptados a las prácticas aconsejadas, ya que, generalmente, se evitan las horas centrales del día (de 10 a 18 horas) y los consumos se centran a primera y última hora (con máximos diarios entre las 7 y las 8 horas, y entre las 20 y 22 horas, respectivamente). Igualmente, se observa un importante uso en horario nocturno.

FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN DE USOS SEGÚN TIPO, VIVIENDA UNIFAMILIAR O PLURIFAMILIAR



#### 4.5. COMPARATIVAS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES

El presente trabajo se ha llevado a cabo a lo largo de casi diez años (desde 2008 a 2017), y se han recogido datos en una media de 211 viviendas, con más de 200 millones de litros de agua monitorizados, y un registro exacto del momento en que se producía el consumo de cada litro o decilitro de agua. No se tiene referencia de estudios con una cantidad semejante de datos analizados con esta precisión.

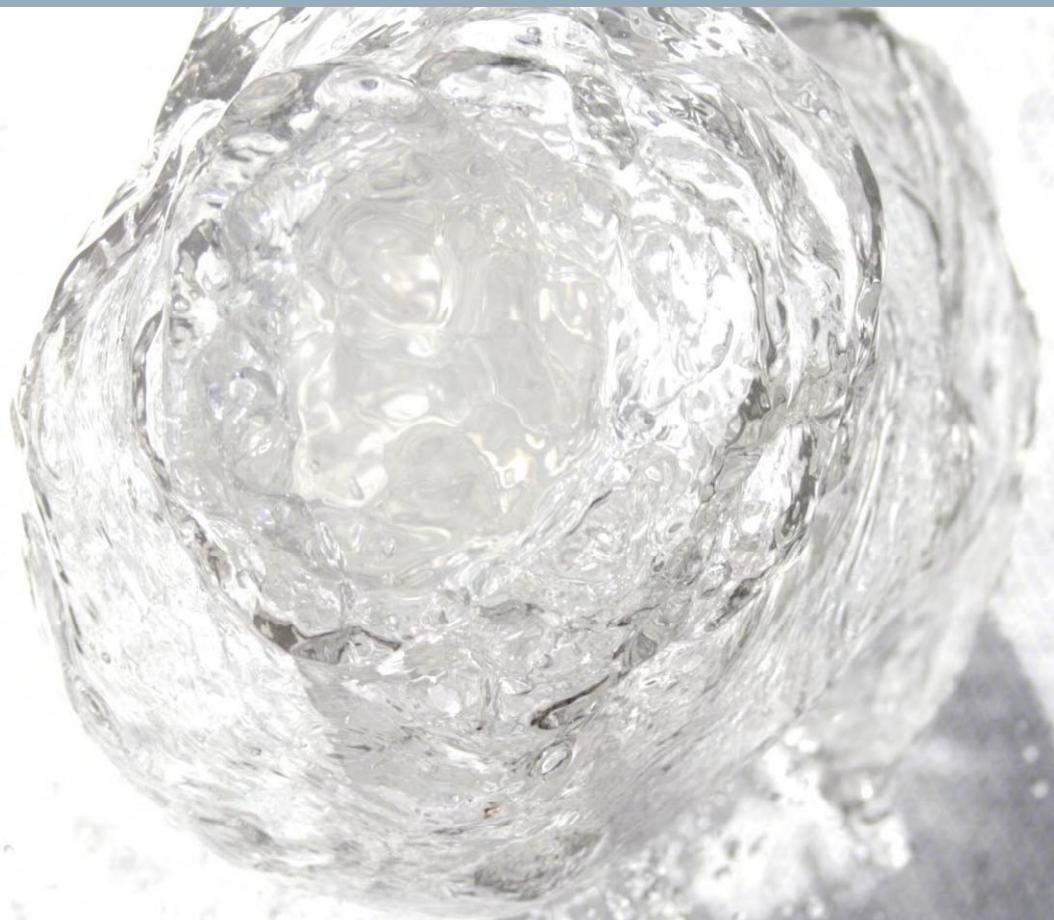
En el documento se presenta una reseña de algunos trabajos documentados sobre análisis de microcomponentes del consumo residencial de agua en distintas partes del mundo, principalmente en Australia y Estados Unidos.

La principal conclusión es que los resultados obtenidos en estudios similares llevados a cabo en otros países son difícilmente comparables con los realizados en la Comunidad de Madrid. Lo primero que se advierte es que los consumos, tanto en los trabajos estadounidenses como los australianos, son mucho más elevados que los que se han registrado en Madrid en este estudio. Estas diferencias tan grandes pueden deberse a:

- Diferencias en el tipo de edificación (en el presente estudio, cerca del 87% de las viviendas son pisos, mientras que en otros países son más abundantes las viviendas unifamiliares con jardín o patio).
- Diferencias en los volúmenes de agua por uso en dispositivos como las cisternas (que tienen un volumen de descarga mayor), o las lavadoras (que consumen más agua por ciclo de lavado).
- Diferencias en los hábitos y la concienciación de los usuarios con la eficiencia en el uso del agua.

Diferentes periodos anuales de los estudios. En los estudios en Estados Unidos y en Australia las monitorizaciones de las viviendas se hacen en periodos cortos de tiempo, como máximo de 4 semanas, con lo que la época del año, las condiciones meteorológicas e incluso la modificación de los hábitos de consumo por el hecho de estar siendo monitorizado pueden tener una influencia importante en los resultados.

# 1. Introducción



## Introducción

Cualquier actividad económica, industria o negocio precisa del conocimiento de las necesidades, expectativas, preferencias o hábitos de sus clientes actuales o potenciales. Los estudios de mercado son necesarios para la definición de las estrategias de expansión, desarrollo de nuevos productos o políticas de precios, para hacer una empresa competitiva.

La industria del abastecimiento urbano de agua no es una excepción, aunque tiene sus peculiaridades. El objetivo principal de la empresa responsable del servicio público es proporcionar en todo momento y de manera continuada, en cada punto de consumo el caudal demandado, con las condiciones adecuadas de calidad y presión.

A diferencia de la mayor parte de los sectores económicos, en el abastecimiento urbano de agua, por tratarse de una materia prima básica y esencial, sin alternativa económica, y prácticamente sin competencia, la demanda del producto, apenas está relacionada con el precio, y se vincula esencialmente con la satisfacción de unas necesidades individuales o sociales de una colectividad, relacionadas con la actividad vital, económica y de bienestar.

Por otra parte, uno de los mayores retos a los que se ve sometido en la actualidad el servicio de abastecimiento de agua, consiste en la sostenibilidad del sistema, en lo que se refiere al equilibrio entre los recursos disponibles, siempre escasos, y una creciente demanda, vinculada al desarrollo urbano y a la mejora de la calidad de vida en las ciudades.

El mantenimiento de ese equilibrio puede conseguirse mediante la incorporación de nuevas fuentes de recurso, que inevitablemente serán cada vez más caras, de peor calidad y con mayor impacto en el medio ambiente. La alternativa está en actuar sobre la demanda, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos disponibles, tanto por parte de la empresa suministradora, como de los clientes usuarios.

El diseño e implantación de una política eficaz de gestión de la demanda debe basarse en unas estimaciones realistas de la cantidad de agua que puede ahorrarse en cada sector de la economía, en el ahorro que realmente puede conseguirse mediante la implantación de distintas medidas de mejora de la eficiencia, como campañas de concienciación, sustitución de aparatos de fontanería por otros más eficientes, o actuaciones sobre las tarifas.

La planificación estratégica de un sistema de abastecimiento de agua, el necesario desarrollo o ampliación de las infraestructuras a los horizontes de planeamiento, para satisfacer las necesidades futuras de la población, se basa en la consideración de unas estimaciones de las demandas futuras de agua lo más precisas posible. De la misma forma, la gestión diaria, o a corto plazo del sistema precisa del conocimiento del comportamiento previsible de la demanda en esos horizontes.

La información para el análisis y caracterización de la demanda se obtiene de la medida directa de los caudales (o volúmenes) de agua suministrados en distintas localizaciones del sistema de abastecimiento, y con distinta escala y nivel de resolución espacial y temporal.

En el sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II se dispone de una amplia red de puntos de medida para el control de caudales circulantes por la red estratégica, que proporcionan información en tiempo real del suministro de agua.

Estos puntos de medida están integrados en el sistema SCADA de telecontrol, y se encuentran principalmente en las instalaciones que se detallan a continuación.

## Introducción

- Tomas en embalses y captaciones de aguas superficiales o subterráneas
- Estaciones de Tratamiento Agua Potable (ETAP)
- Depósitos reguladores
- Entradas a los sectores de la red de abastecimiento.

Para la facturación a los usuarios, todos los clientes disponen de un contador individual, con medida de carácter bimestral. Por último, para un conocimiento más detallado del uso final del agua en las instalaciones de los usuarios, se dispone de una muestra (*Panel de Monitorización*) de viviendas con monitorización continua del consumo, que permite determinar los patrones de consumo y hábitos de los usuarios en la utilización de los distintos dispositivos domésticos.

Toda esta información es analizada de forma periódica, para la observación y seguimiento del comportamiento de la demanda y sus factores explicativos, y que son utilizados de forma sistemática para un pronóstico de evolución en el futuro con distintos niveles de detalle y resolución espacial y temporal. Los resultados se exponen en informes internos de aplicación en la planificación y proyectos de infraestructuras y en la gestión del sistema de abastecimiento.

En la colección de Cuadernos de I+D+i de Canal de Isabel II se han publicado los títulos que aparecen en la Tabla 3 en relación con estudios de la demanda de agua en la Comunidad de Madrid.

**TABLA 3. CUADERNOS DE I+D+I SOBRE DEMANDA DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE MADRID**

Número	Título	Año
4	Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid	2008
6	Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior	2009
7	Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas	2009
10	Eficiencia en el uso del agua en jardinería en la Comunidad de Madrid	2010
11	Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua para usos de exterior en la Comunidad de Madrid	2010
13	Desarrollo de un sistema de validación, estimación y predicción de consumos horarios por sectores, para la red de distribución de Canal de Isabel II	2011
14	Seguimiento de la consolidación del desarrollo urbano mediante técnicas de teledetección	2011
19	Un nuevo criterio para el cálculo del caudal de agua residual urbana	2013

El presente documento se centra en el consumo doméstico, que representa aproximadamente el 70% del total suministrado a los usuarios en el ámbito de la Comunidad de Madrid, y utiliza como fuentes principales de información los registros de los contadores de facturación a los clientes, y los datos recogidos del *Panel* de usuarios domésticos, monitorizado desde el año 2008.

## 2. Objetivo



### Objetivo

El objeto de este trabajo es el análisis exhaustivo de la información recopilada en los últimos años en el sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II, en relación con el consumo de agua potable en la Comunidad de Madrid, con especial atención a los usos residenciales o domésticos, considerando los patrones de uso observados, y su relación con las variables socioeconómicas y del entorno que pueden explicar sus variaciones en el tiempo y su dispersión en los distintos ámbitos geográficos.

El objetivo es difundir esta información entre todos los posibles interesados en el conocimiento de las pautas de la demanda de agua en el ámbito urbano: empresas suministradoras, corporaciones, investigadores, profesionales, o ciudadanos en general.

Los datos utilizados para la elaboración de este trabajo corresponden, exclusivamente, a la Comunidad de Madrid, y pueden no ser extrapolables a otros ámbitos, aunque sí puede ser de utilidad la metodología utilizada para la recopilación de datos, el análisis y la investigación de las causas y factores explicativos de la demanda de agua.

### 3. Contexto



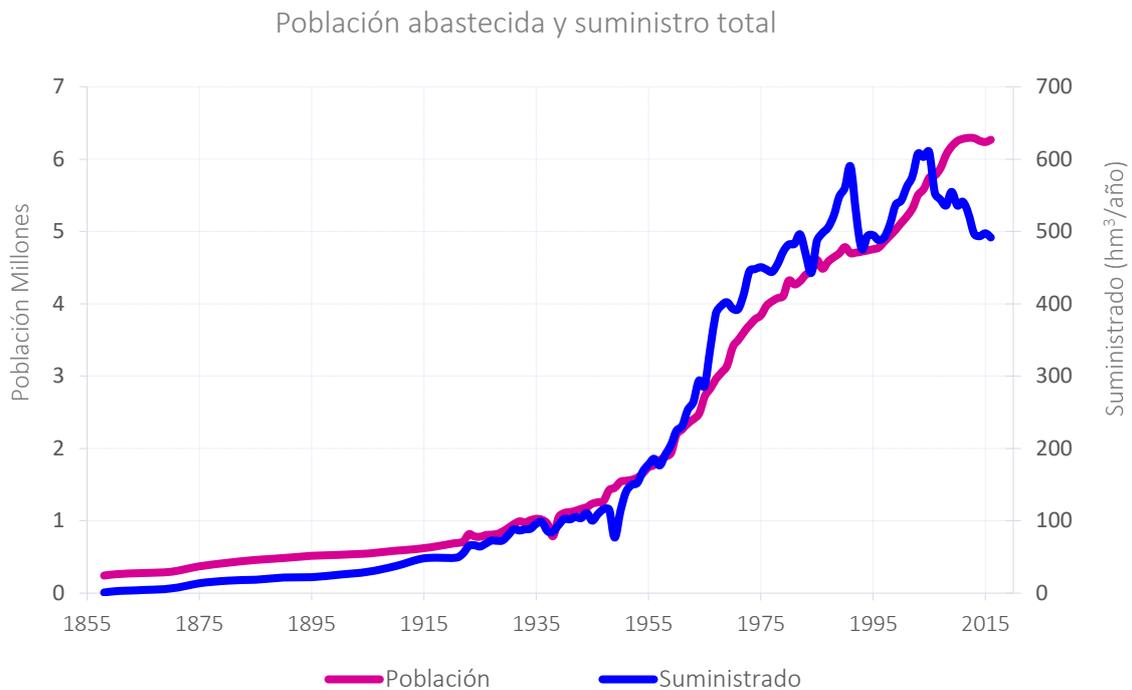
En este apartado se presenta el consumo doméstico en relación con el resto de usos, y con una perspectiva histórica, mostrando las tendencias observadas en el largo plazo, y con un mayor detalle en lo sucedido en los últimos 25 años.

### 3.1. AGUA DERIVADA

Desde el inicio de la historia de Canal de Isabel II se han registrado los caudales derivados de las distintas captaciones y embalses.

La evolución del suministro total anual, desde que se tienen registros, se muestra en la Figura 14. El volumen derivado en los primeros años de la historia apenas llegaba a la cifra de 1 hm<sup>3</sup> anual, siendo en la actualidad del orden de los 500 hm<sup>3</sup>, y habiendo alcanzado máximos sobre los 600 hm<sup>3</sup> anuales (610,10 hm<sup>3</sup> en 2005).

**FIGURA 14. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL AGUA SUMINISTRADA Y POBLACIÓN ABASTECIDA**



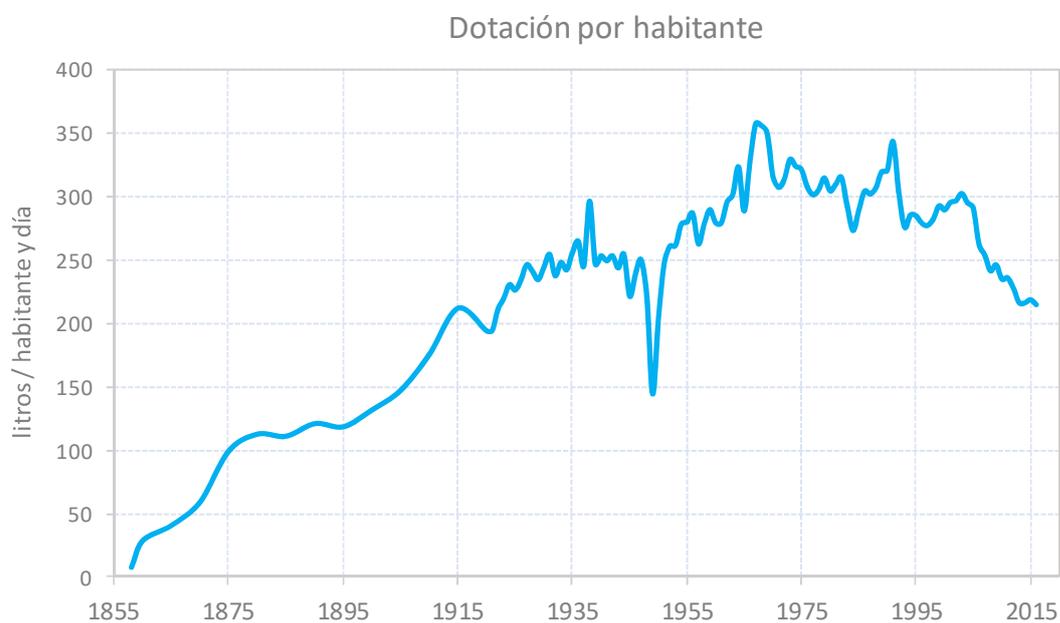
La curva de evolución del agua suministrada sigue hasta la última década una trayectoria sensiblemente paralela a la de la población abastecida, que era de 240.000 habitantes en 1858 (solamente en el término municipal de Madrid), y que actualmente (2016) alcanza la cifra de 6.269.112 habitantes en 175 municipios de la Comunidad de Madrid, y otros adyacentes de las provincias de Ávila y Guadalajara.

### 3.1.1. Dotaciones por habitante

La población suministrada ha experimentado un crecimiento continuo prácticamente desde el inicio, aunque registrando un estancamiento en los últimos años. Sin embargo, la curva que marca el volumen de agua derivada es más irregular, con periodos de descenso y posterior recuperación, relacionados con las circunstancias climáticas, especialmente en periodos prolongados de sequía. En los últimos años, a partir de 2005 se aprecia una tendencia claramente descendente.

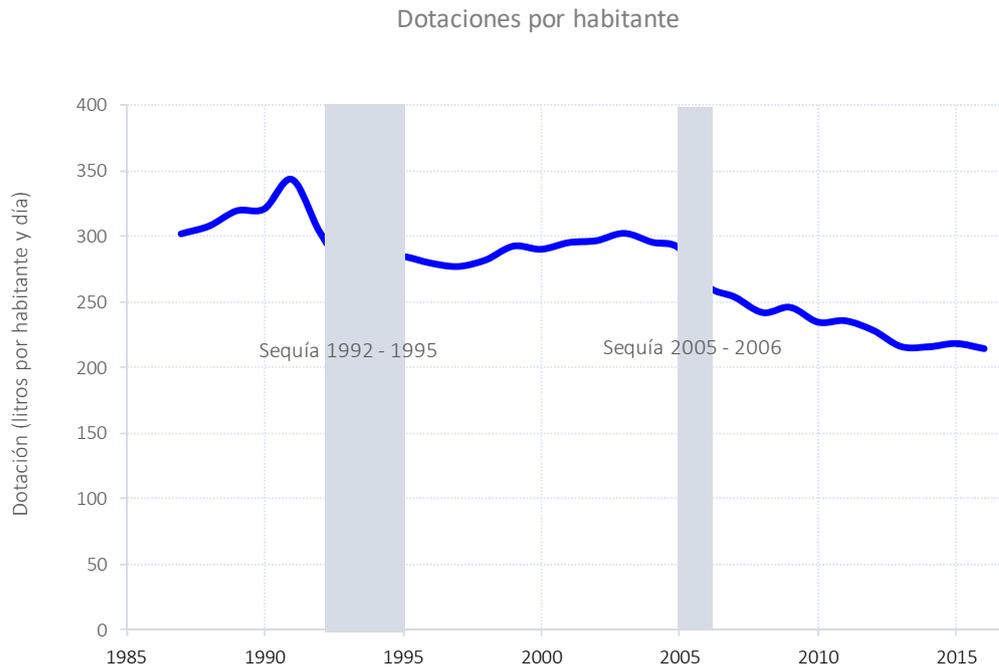
En la Figura 15 se presenta la dotación por habitante de agua captada o derivada, que ha pasado de 7 litros por persona y día en 1858, a unos 215 litros por persona y día actualmente (214,78 en 2016).

**FIGURA 15. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA DOTACIÓN DE AGUA DERIVADA POR HABITANTE**



En el gráfico de la Figura 16, independientemente de la población abastecida, se observan más claramente las oscilaciones anuales relacionadas con la meteorología, y especialmente los fenómenos de sequía, destacando notablemente los episodios de 1948 – 50, 1983 – 85, 1992 – 95 y 2005 – 06. Examinando con más detalle la evolución en los últimos 30 años que refleja esta gráfica se aprecia el efecto de los dos últimos episodios de sequía severa registrados en la Comunidad de Madrid y su repercusión sobre la demanda de agua, relacionada con las campañas de concienciación de la población y otras medidas adoptadas por Canal de Isabel II y las autoridades implicadas. En ambos casos se produce un descenso notable de las dotaciones por habitante, sin que posteriormente se recuperen los valores precedentes a la aparición de la sequía.

Ya se había observado un cambio de tendencia anterior al episodio de sequía de 2005 – 2006, que puede situarse sobre 2003, y que supone el inicio de un tramo de descenso en los consumos unitarios, que se prolonga hasta la actualidad. En capítulos posteriores se analizarán las posibles causas y consecuencias de este cambio de tendencia.

**FIGURA 16. DOTACIÓN DE AGUA DERIVADA POR HABITANTE 1987-2016**

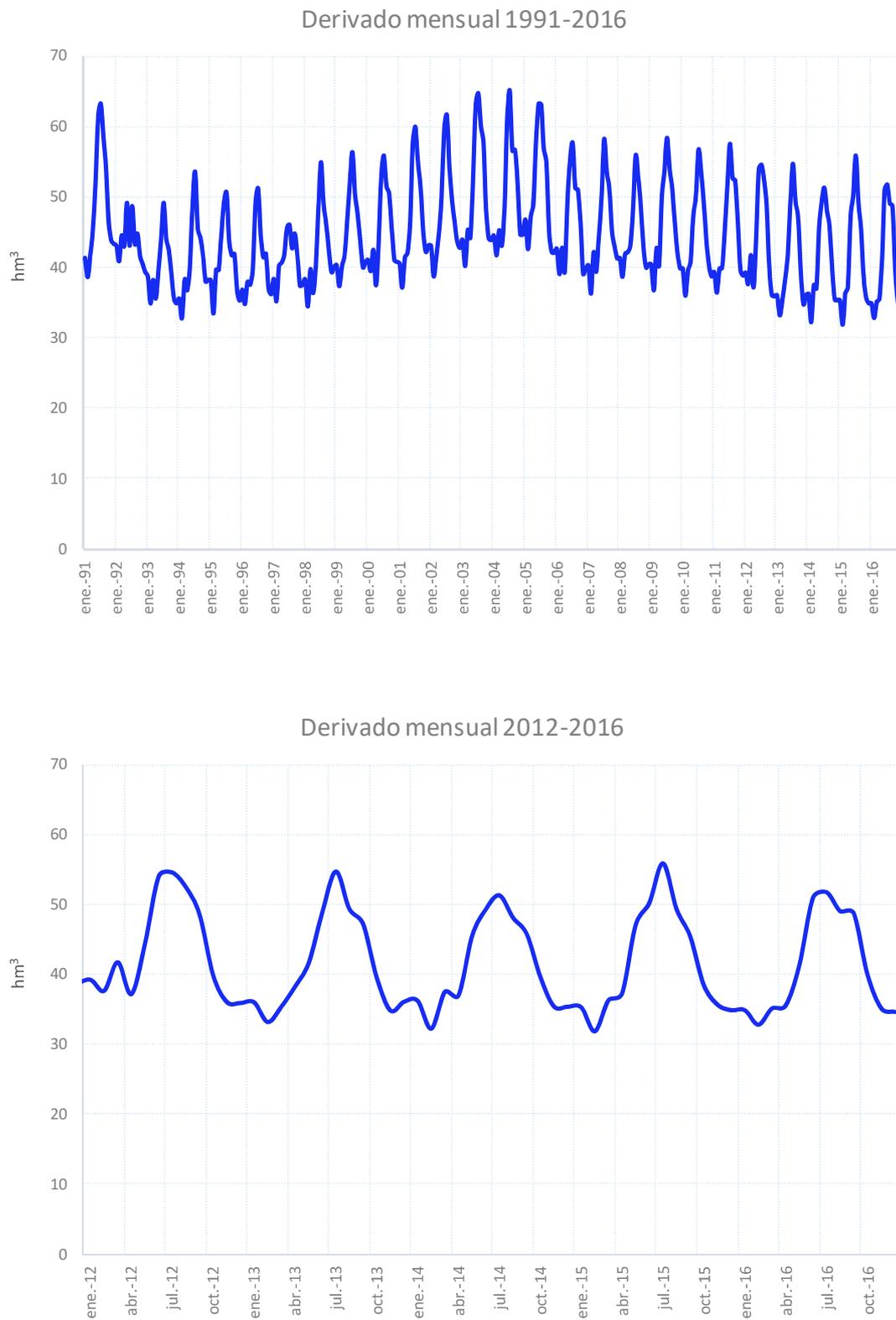
### 3.1.2. Estacionalidad y caudales punta

Los datos globales anuales del consumo y su evolución son relevantes en cuanto a la administración del recurso y previsión de su disponibilidad en escenarios futuros. La gestión a corto, o medio plazo del sistema de abastecimiento, y la planificación y proyecto de las instalaciones hidráulicas de tratamiento, regulación, transporte y distribución, precisan de un conocimiento más detallado del comportamiento de la demanda en relación al tiempo, de sus pautas estacionales, semanales, diarias y horarias, siendo los caudales punta, que habitualmente se registran al inicio del verano, los que marcan el diseño de las infraestructuras. El consumo global en la Comunidad de Madrid tiene una marcada periodicidad anual, registrándose los valores máximos en los meses de junio y julio, y los mínimos en el invierno, con descensos locales en las fechas vacacionales, principalmente en la Semana Santa y el mes de agosto, tal como puede apreciarse en las gráficas de la Figura 17.

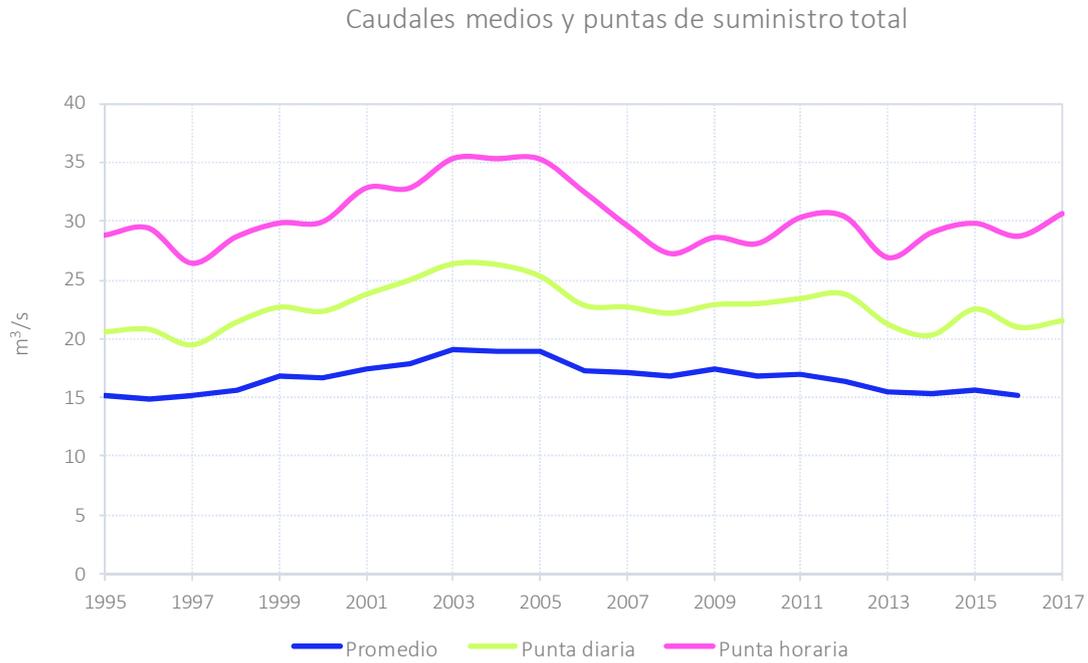
Para el diseño de las infraestructuras de tratamiento y regulación se utilizan como referencia los caudales medios diarios máximos esperados (regulación de 24 horas). Las conducciones de transporte o distribución se dimensionan para los caudales instantáneos máximos (normalmente, el promedio en una hora). La evolución de estos valores para el conjunto del sistema de abastecimiento se muestra en la Figura 18.

Los caudales medios presentan desde 2003–2004 una tendencia descendente, según se expuso anteriormente, mientras que los valores punta presentan importantes oscilaciones que se relacionan principalmente con las variables meteorológicas. Estos valores punta se presentan habitualmente en los primeros días del verano, antes de producirse los movimientos vacacionales, y pueden verse potenciados por la aparición de altas temperaturas, junto con ausencia de precipitaciones. Así, en la Figura 19 puede observarse un cierto paralelismo entre los caudales punta diarios y las temperaturas máximas registradas los meses de junio y julio.

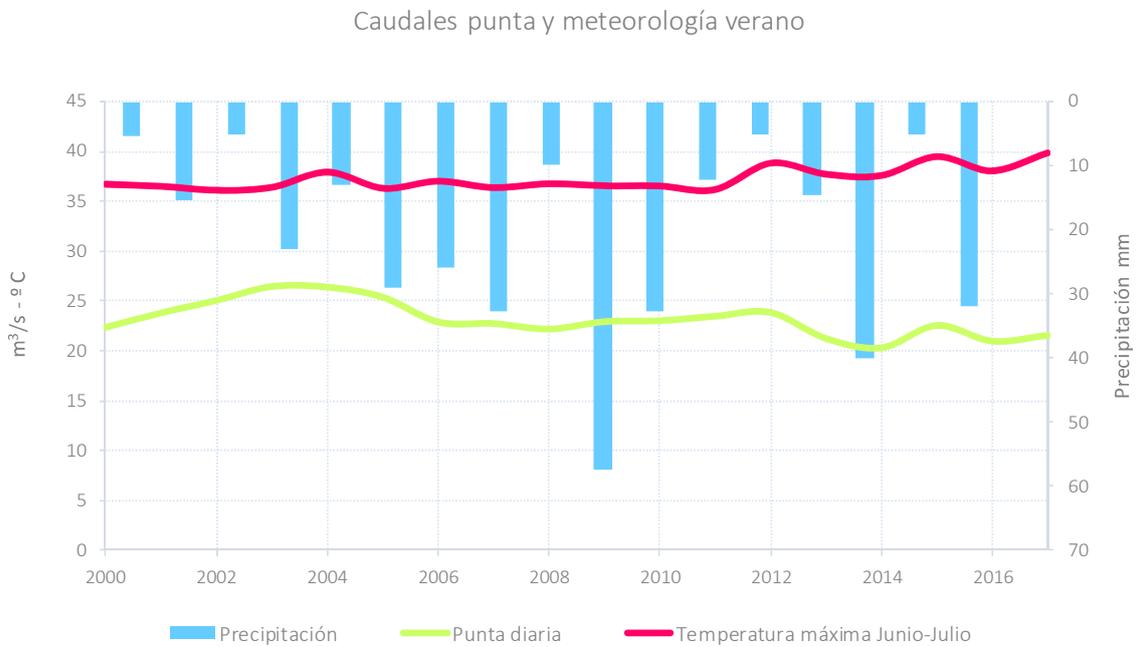
FIGURA 17. AGUA DERIVADA MENSUAL 1991-2016 Y 2012-2016



**FIGURA 18. CAUDALES MEDIOS Y CAUDALES PUNTA DE SUMINISTRO TOTAL 1995 - 2017**



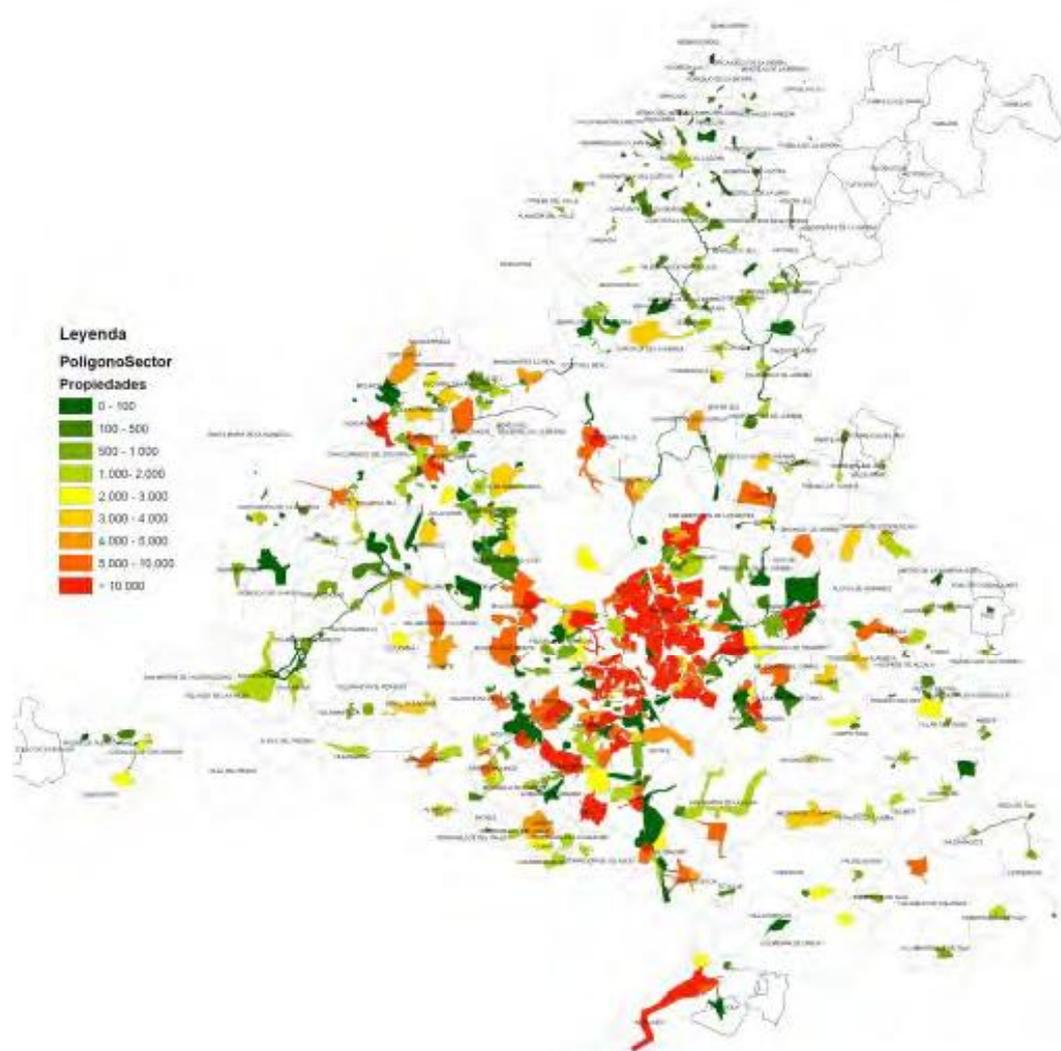
**FIGURA 19. CAUDALES PUNTA EN RELACIÓN CON LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS**



### Puntas por sectores

La sectorización de la Red de Distribución (Figura 20) se encuentra dividida en 580 sectores, con todas sus entradas controladas en tiempo real mediante caudalímetros integrados en el sistema de Telecontrol de Canal de Isabel II, proporciona mucha mayor información sobre el comportamiento de los caudales punta en distintas circunstancias. Observaciones en distintos sectores o combinaciones de los mismos muestran que, en igualdad de condiciones meteorológicas, el coeficiente de punta (relación entre el caudal punta y el caudal medio) está relacionado de forma exponencial con el número de propiedades que se abastecen desde el punto de medida. Esto se debe al efecto de simultaneidad, de forma que, cuanto mayor es el número de propiedades suministradas, menor es la probabilidad de que coincidan en el tiempo los consumos máximos de todos, o gran parte de los clientes.

**FIGURA 20. SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN. CLASIFICACIÓN POR NÚMERO PROPIEDADES**

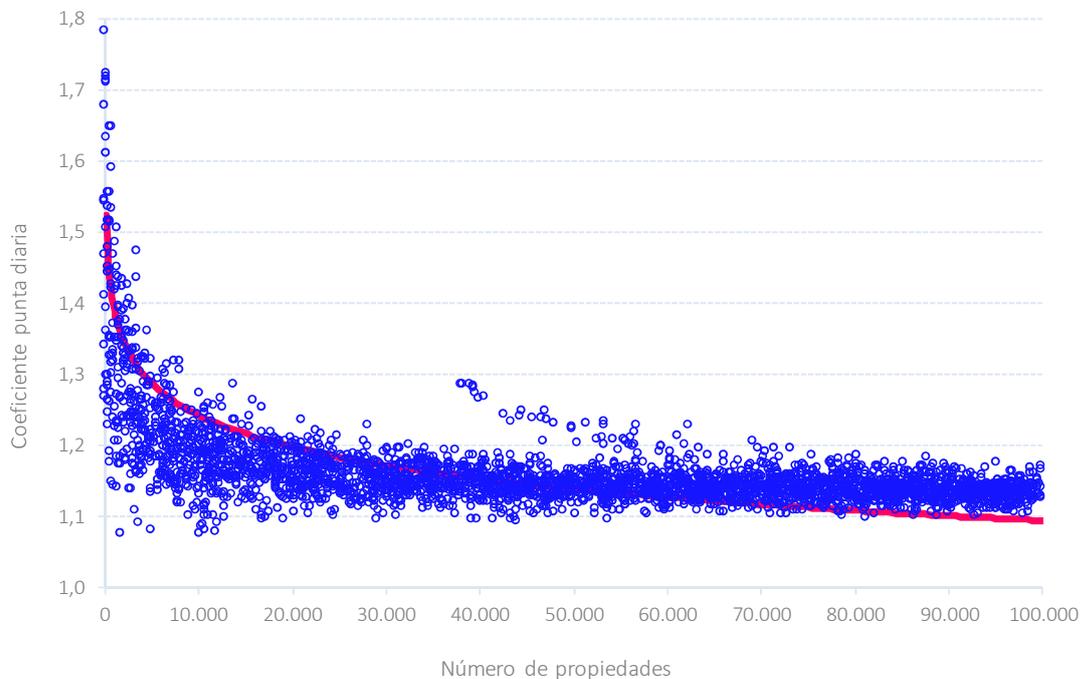


En la Figura 21 se ha representado el coeficiente punta relativo al día de máximo consumo, con respecto al consumo medio de los meses de verano (junio y julio) para distintos sectores y combinaciones de los mismos. Se puede observar que este coeficiente toma valores próximos a 1,80 cuando se trata de propiedades individuales, y tiende de forma asintótica a un valor comprendido entre 1,10 y 1,20 al aumentar el número de clientes suministrados. Conclusiones similares se pueden obtener para la relación entre la punta instantánea y el caudal medio diario.

Las Normas para Redes de Abastecimiento de Canal de Isabel II proponen para este coeficiente una fórmula cuadrática en función del caudal medio, que es una forma indirecta de relacionarlo con el número de propiedades suministradas.

Coeficiente punta instantáneo:  $C_p = 1,4 + 2,8 / \sqrt{Q_m}$

**FIGURA 21. COEFICIENTE PUNTA EN SECTORES VERSUS NÚMERO DE PROPIEDADES**



### 3.2. AGUA FACTURADA

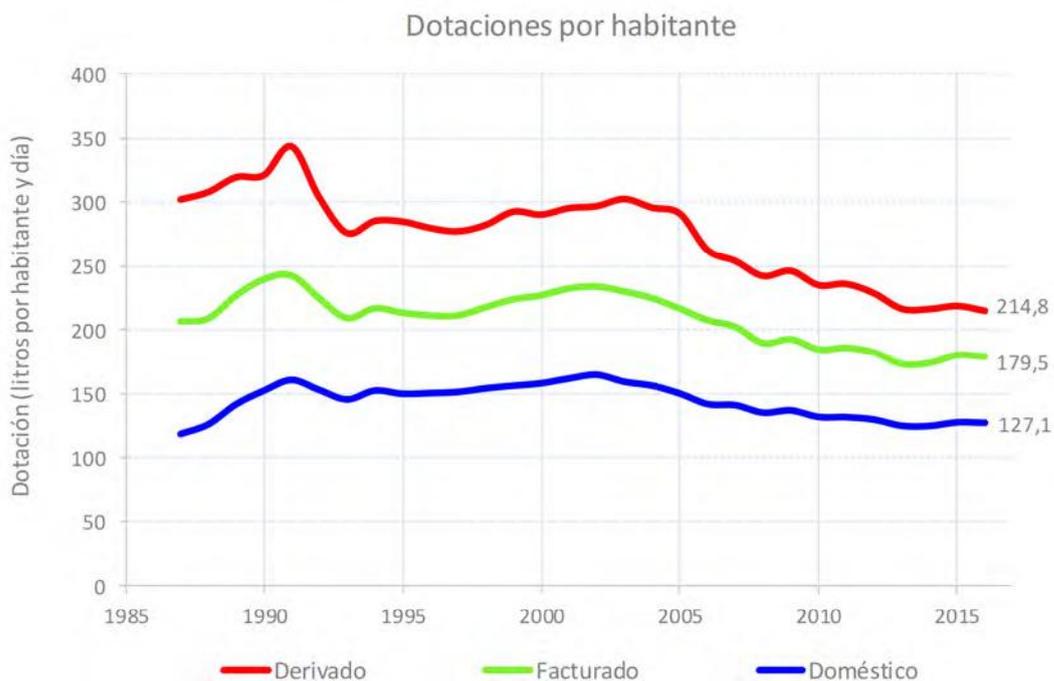
Los datos presentados en el apartado anterior corresponden al total del agua derivada para consumo desde los embalses y captaciones del Sistema de Abastecimiento de Canal de Isabel II, y al suministro a los sectores de la Red de Distribución. En el capítulo presente se mostrarán y analizarán los datos del consumo medido directamente en los contadores de los usuarios y registrados en el Sistema de Gestión Comercial de Canal de Isabel II (GRECO).

En la actualidad, el 100% de los clientes de Canal de Isabel II dispone de un contador individual para registro y facturación de su consumo. La lectura de estos contadores tiene carácter bimestral desde 2005; anteriormente se efectuaba trimestralmente.

La estructura de tarifas aplicada a los distintos tipos de clientes permite su clasificación por tipo de actividad, distinguiendo los usos domésticos, industriales, comerciales, etc. Por otra parte, al estar todos los clientes ubicados geográficamente con precisión, el análisis de estos datos permite conocer la distribución geográfica del consumo, agrupado por municipios, distritos, o barrios, en el caso de la capital; por zonas estadísticas u otras entidades geográficas y también por Sectores de la Red de Distribución.

La diferencia entre el agua derivada y la registrada en los contadores de los usuarios (facturada o no) es la denominada “agua no controlada”, que corresponde principalmente a los usos de operación, roturas y pérdidas en las redes, usos fraudulentos o no autorizados y subcontaje de los equipos de medida. El volumen de agua no controlada ha experimentado un descenso continuado debido a las políticas de mejora de la eficiencia del sistema de abastecimiento, y en la actualidad (2016) representa el 16,4% del total de agua derivada. En la Figura 22 se presenta la evolución desde 1987 de las dotaciones por habitante del agua derivada de embalses y captaciones y la registrada para facturación, y en este apartado los usos domésticos.

**FIGURA 22. DOTACIONES DE AGUA DERIVADA Y FACTURADA 1987-2016, POR HABITANTE**



El cambio de tendencia mencionado en el apartado precedente se observa con anterioridad (2002–2003) en las dotaciones de agua facturada, lo que indica un cambio en los hábitos de los usuarios que se produjo antes de iniciarse la sequía de 2005–2006. En ese punto (2005) se aprecia un mayor descenso en la diferencia entre agua derivada y facturada, es decir, que la gestión de este episodio de escasez incidió claramente en la mejora de la eficiencia, reduciendo el agua no controlada.

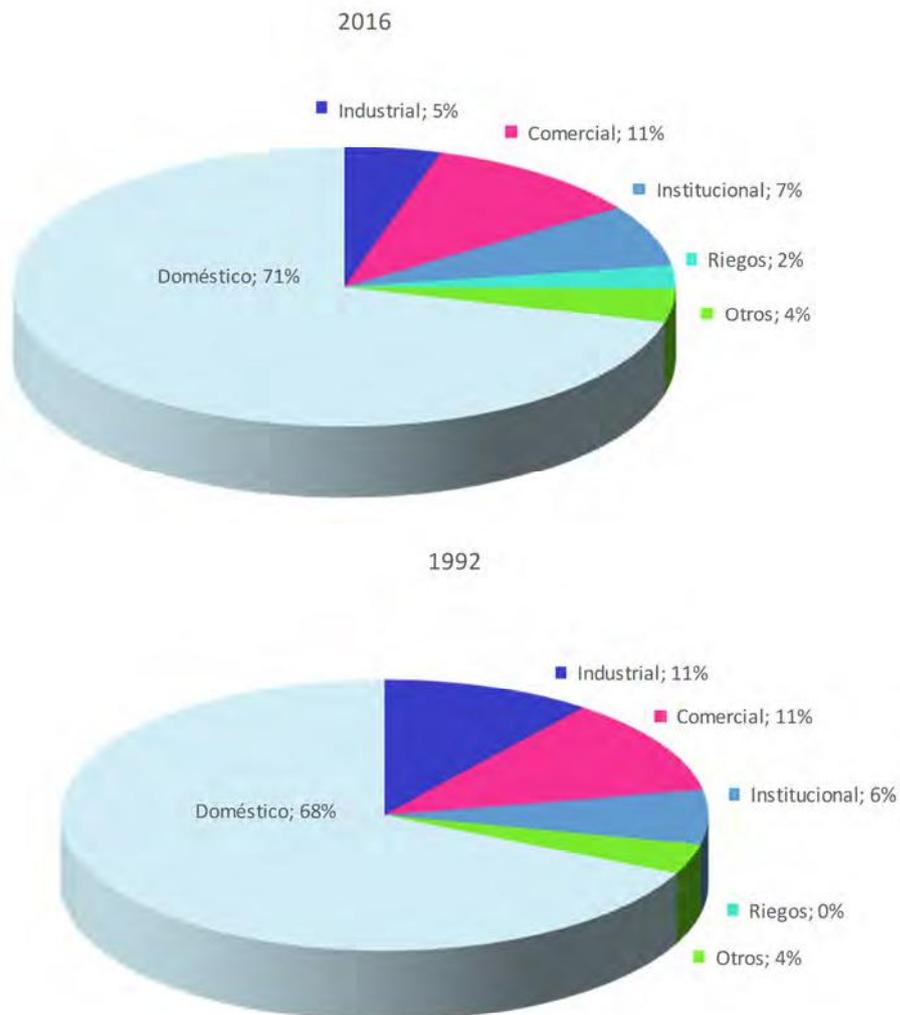
### 3.2.1. Consumo por sectores económicos

De acuerdo al tipo de tarifa aplicado a cada usuario, los consumos facturados se han clasificado en:

- Doméstico
- Industrial
- Comercial
- Institucional
- Riegos
- Otros

En la Figura 23 se presentan dos gráficos con la distribución del consumo anual, por tipos de uso, en el año 2016 (actual) y el año 1992. Según se observa en la Figura 23, los usos **domésticos** suponen en la actualidad el 70,8% del total de agua registrada para facturación, y le siguen en importancia los **comerciales**, con un 10,8%. Esta proporción ha variado a lo largo de los años debido a distintas circunstancias. Es de destacar el uso **industrial**, que en 1992 representaba el 10,5% del total, y en la actualidad solamente el 4,7%.

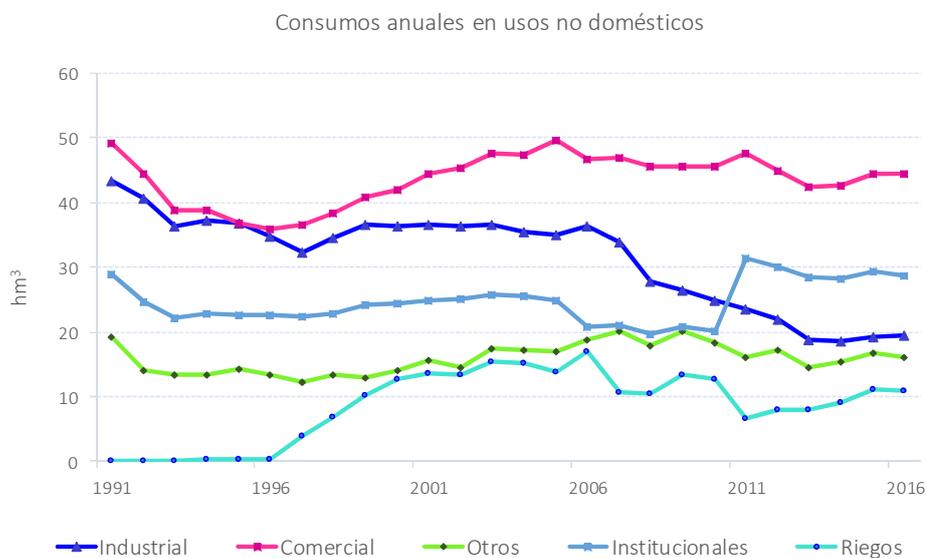
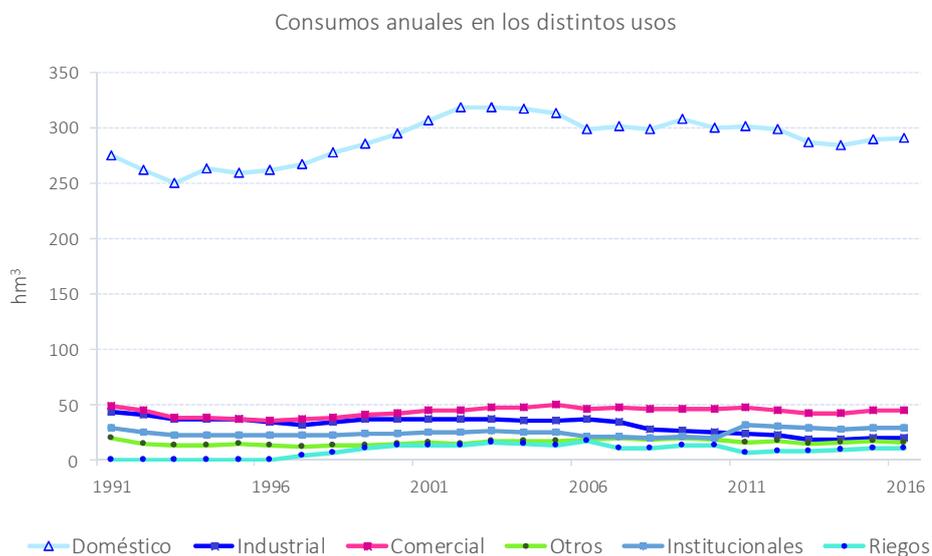
**FIGURA 23. COMPARACIÓN DEL CONSUMO FACTURADO POR SECTORES ECONÓMICOS, 2016 - 1992**



Estas variaciones se han debido, en parte, a ciertos cambios en la tipificación de contratos, usos y tarifas. Por ejemplo, la tarifa de **riegos** comenzó a aplicarse en 1996, y en 2011, la mayor parte de los contratos del Ayuntamiento de Madrid con este tipo de tarifa, pasaron a ser “**institucionales**”, lo que se refleja en la evolución de los consumos registrados en este tipo de usos, tal como puede apreciarse en los gráficos de la Figura 24.

La caída de los usos industriales es notoria a partir de 2006, coincidiendo con el último episodio de sequía registrado en la Comunidad de Madrid, y probablemente está relacionada con la optimización de los procesos industriales, reciclado en las propias empresas y utilización de agua regenerada. Los usos institucionales tienen un incremento importante en 2011, coincidiendo con la sustitución de contratos de riego en el Ayuntamiento de Madrid y con un mayor control de los usos de riego en parques y jardines públicos. Los usos domésticos sufrieron un importante descenso en los años de la sequía de 1992–1995, recuperándose posteriormente e iniciando el mencionado cambio de tendencia en 2003.

**FIGURA 24. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ANUAL FACTURADO POR SECTORES ECONÓMICOS, 1992-2016**

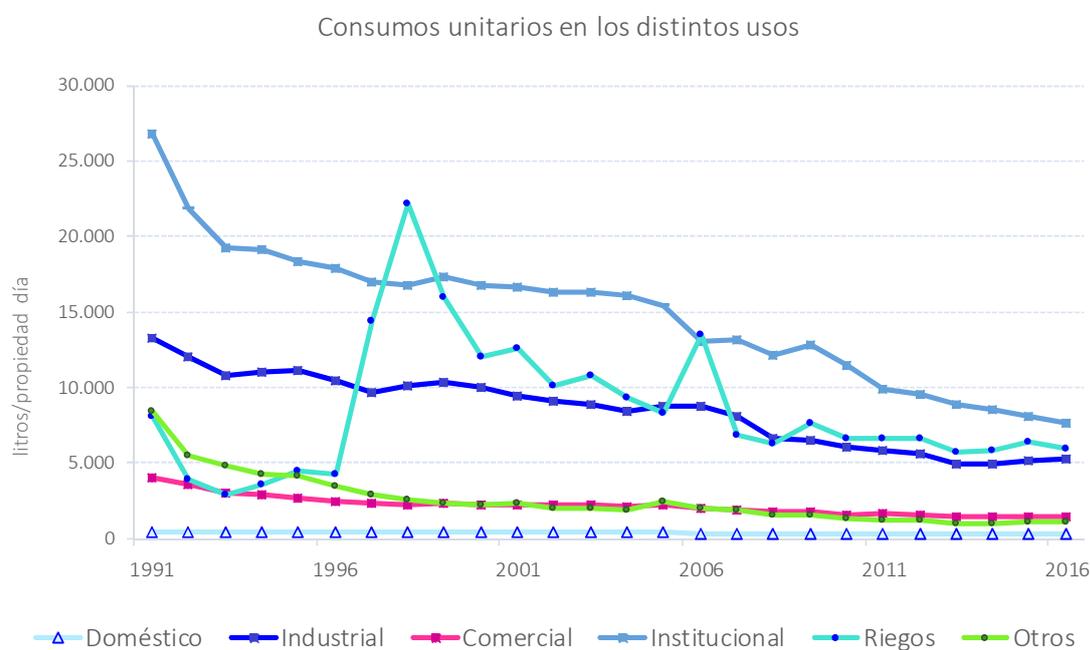


### Consumos unitarios

Para observar estos cambios de tendencia, independientemente del crecimiento de la población, se utilizan los consumos unitarios. Cuando se trata de los usos en los distintos sectores económicos, los consumos unitarios, en lugar de referirlos a la población abastecida, se suelen referir al número de propiedades, ya que no es posible establecer, por ejemplo en usos industriales, a qué número de ciudadanos sirve. Cada contrato de suministro se considera una propiedad, excepto para los usos domésticos donde cada vivienda es una propiedad, aunque exista un contrato colectivo para una urbanización o un bloque de pisos.

La Figura 25 muestra la evolución de estos consumos unitarios desde 1991.

**FIGURA 25. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO UNITARIO POR TIPO DE USO 1992-2016**

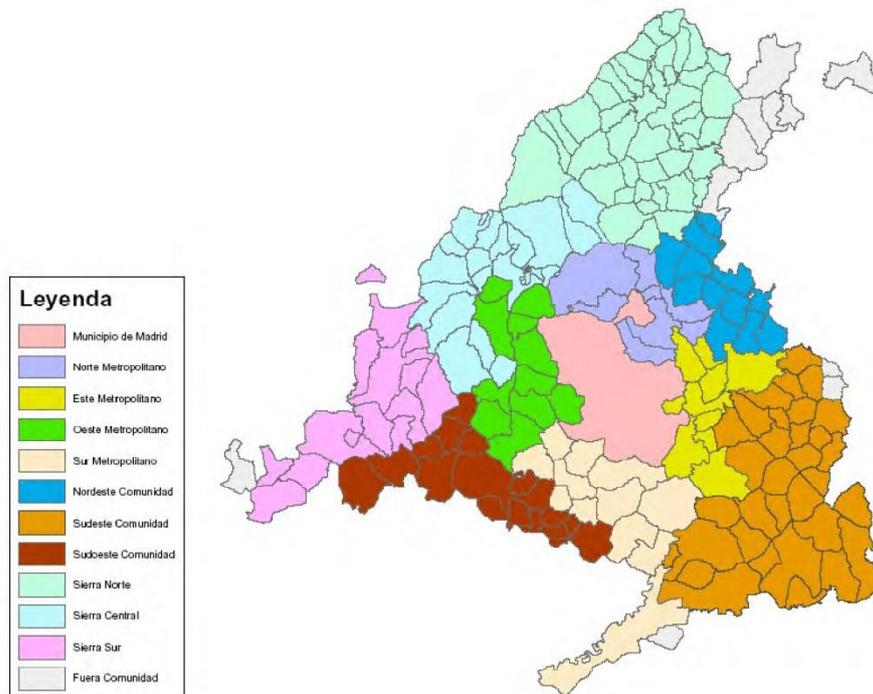


### 3.2.2. Consumo por zonas geográficas

Los datos de facturación a los clientes de Canal de Isabel II permiten el análisis detallado de la evolución de los consumos por distintas áreas geográficas: municipios, distritos, barrios, núcleos de población, o por sectores de la red de distribución.

Una primera aproximación ha consistido en la agrupación de los municipios de la región en zonas de características geográficas, económicas y sociológicas relativamente homogéneas. Para ello se ha utilizado la zonificación del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, que corresponde al nivel 4 de la Nomenclatura NUTS (Nomenclatura de Unidades Territoriales Estadísticas) de Eurostat, y que se muestra en la Figura 26.

FIGURA 26. ZONIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LA COMUNIDAD DE MADRID



Esta clasificación divide la Comunidad de Madrid en 11 zonas:

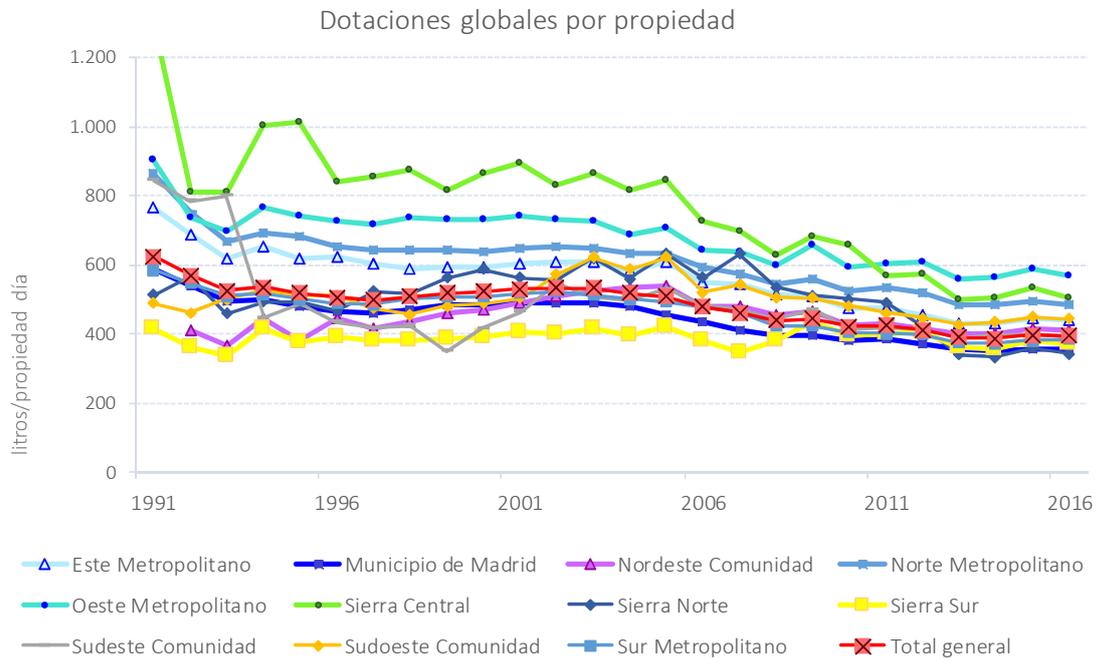
- Municipio de Madrid
- Corona metropolitana: norte, este, sur y oeste, metropolitanos
- Zonas de la sierra: norte, central y sur
- Zonas no metropolitanas: nordeste, sudeste y sudoeste de la Comunidad de Madrid<sup>1</sup>

Existe una notable dispersión en los consumos unitarios por propiedad en las distintas zonas geográficas, dispersión que puede atribuirse a las diferencias socioeconómicas, características de las viviendas, condiciones climáticas entre otras.

En la Figura 27 se muestran estos consumos globales por propiedad en los últimos 25 años en las 11 zonas estadísticas, y el valor general de la Comunidad de Madrid.

<sup>1</sup> En algunas publicaciones del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid se incluye en la denominación "municipios no metropolitanos" tanto los correspondientes a estas zonas, como los de la Sierra.

FIGURA 27. CONSUMOS UNITARIOS POR PROPIEDAD EN LAS ZONAS ESTADÍSTICAS 1991-2016

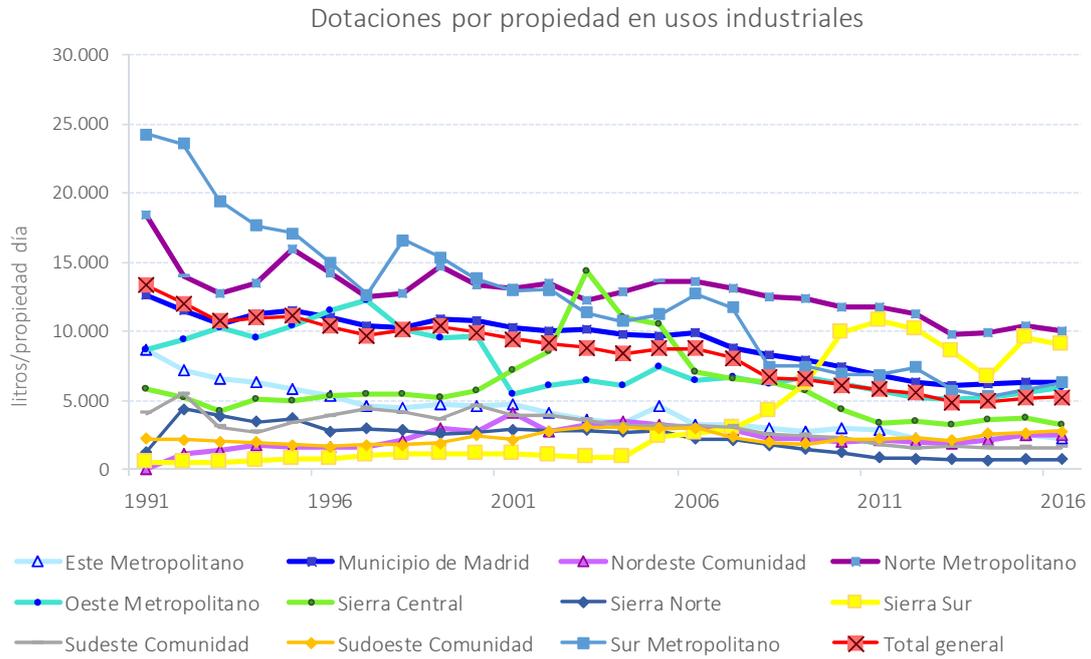


En todas las zonas se aprecia ese descenso generalizado a partir de los primeros años del presente siglo. El descenso es más notable en las áreas que tenían los valores más altos, destacando el caso de la Sierra Central. En la actualidad (2016) la dotación global por propiedad oscila entre los 342 litros diarios de Sierra Norte, y los 569 del Oeste Metropolitano. El municipio de Madrid se encuentra entre los valores más bajos, con 355 litros diarios por propiedad.

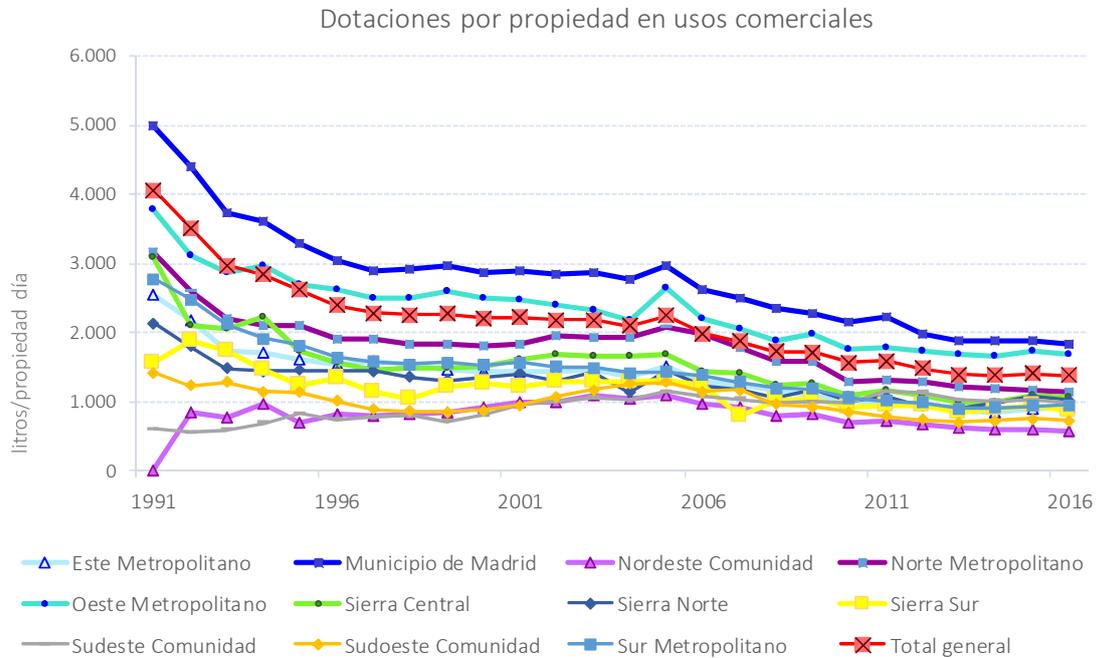
Atendiendo a los distintos usos, la mayor dispersión geográfica y temporal se observa en los usos **Industriales**, tal como se aprecia en la Figura 28, y está relacionada con cambios en los procesos industriales, o en la movilidad geográfica de las industrias con mayores niveles de consumo de agua. En los usos **Comerciales**, la dispersión es menor, e igualmente se aprecia la tendencia descendente en todo el periodo. En este caso los valores más altos corresponden al municipio de Madrid, y probablemente están relacionados con la importancia que el sector de la hostelería tiene en la capital (Figura 29).

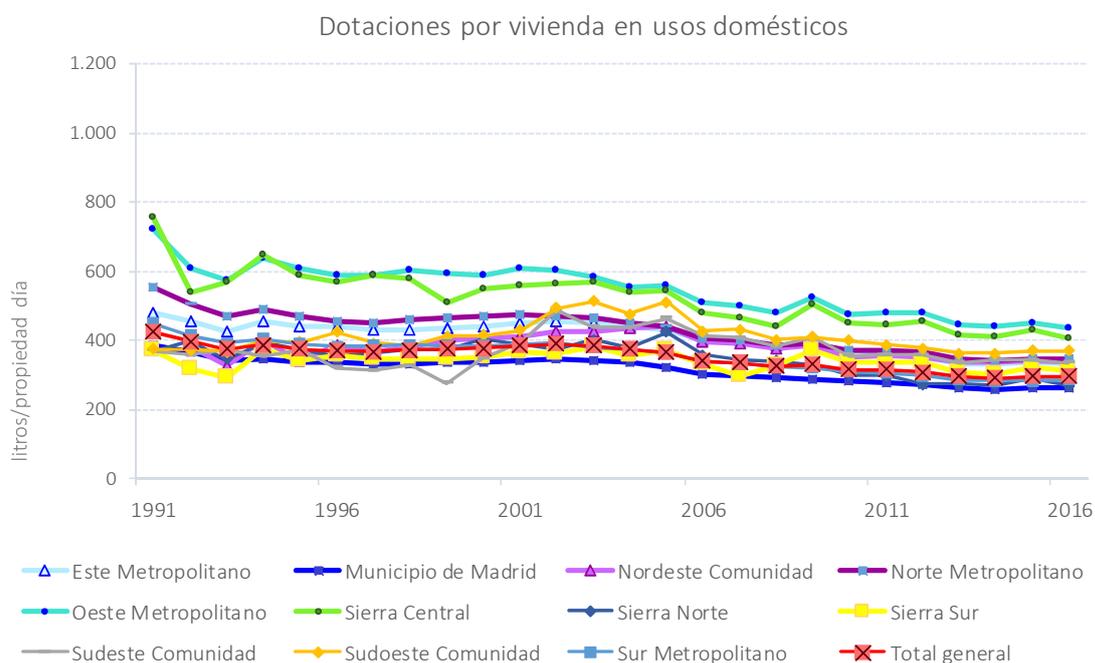
El comportamiento más estable es el de los usos **Domésticos**, siguiendo igualmente la tendencia general a la baja, y con oscilaciones interanuales relacionadas con la meteorología. En 2016, las dotaciones por vivienda oscilan entre los 263 litros diarios del municipio de Madrid, y los 437 litros diarios en el oeste metropolitano. Estas diferencias se analizarán con más detenimiento en capítulos posteriores, pero en principio, se corresponden con distintos niveles de renta, tipología de vivienda y grado de ocupación, o los usos de exterior en las viviendas (jardines o piscinas).

**FIGURA 28. CONSUMOS UNITARIOS EN USOS INDUSTRIALES EN LAS ZONAS ESTADÍSTICAS 1991-2016**



**FIGURA 29. CONSUMOS UNITARIOS EN USOS COMERCIALES EN LAS ZONAS ESTADÍSTICAS 1991-2016**



**FIGURA 30. CONSUMOS UNITARIOS EN USOS DOMÉSTICOS EN LAS ZONAS ESTADÍSTICAS 1991-2016**

En las tablas 4 y 5 se muestran los valores medios de los últimos diez años, y los correspondientes a 2016, para los distintos usos, en cada una de las zonas estadísticas de la región. Prácticamente en todos los valores, los datos de 2016 son inferiores a la media de los últimos diez años, lo que confirma la mencionada tendencia descendente del consumo en todos los usos y áreas geográficas.

**TABLA 4. CONSUMOS UNITARIOS (LITROS/PROPIEDAD DÍA) POR USOS Y ZONAS ESTADÍSTICAS. PROMEDIO 2007-2016**

	Doméstico	Industrial	Comercial	Institucional	Riegos	Otros	Total
Este Metropolitano	357,8	2.596,4	1.000,5	13.330,6	8.211,6	1.348,5	<b>471,8</b>
Municipio de Madrid	275,6	7.056,5	2.095,4	11.992,0	5.951,0	1.015,3	<b>375,9</b>
Nordeste Comunidad	356,8	2.239,5	699,3	2.525,3	1.842,2	612,4	<b>430,5</b>
Norte Metropolitano	367,0	11.314,2	1.357,2	7.073,2	5.194,3	1.099,2	<b>521,0</b>
Oeste Metropolitano	472,1	5.849,4	1.797,4	8.483,7	6.319,4	2.011,1	<b>598,1</b>
Sierra Central	443,2	4.350,2	1.139,0	8.226,5	2.282,1	4.465,1	<b>585,8</b>
Sierra Norte	298,3	1.119,3	1.040,0	2.854,6	8.027,1	1.734,5	<b>447,2</b>
Sierra Sur	326,3	7.807,8	918,6	1.050,2	2.036,1	473,7	<b>383,9</b>
Sudeste Comunidad	362,9	2.014,3	1.029,0	2.071,7	1.673,7	416,7	<b>422,0</b>
Sudoeste Comunidad	387,5	2.293,5	832,9	5.404,2	4.357,9	898,6	<b>469,6</b>
Sur Metropolitano	303,1	7.088,3	1.044,7	10.004,9	7.483,2	904,0	<b>403,3</b>
<b>Comunidad de Madrid</b>	<b>311,2</b>	<b>5.892,3</b>	<b>1.550,4</b>	<b>10.197,5</b>	<b>6.434,8</b>	<b>1.256,6</b>	<b>417,0</b>

**TABLA 5. CONSUMOS UNITARIOS (LITROS/PROPIEDAD DÍA) POR USOS Y ZONAS ESTADÍSTICAS, 2016**

	<i>Doméstico</i>	<i>Industrial</i>	<i>Comercial</i>	<i>Institucional</i>	<i>Riegos</i>	<i>Otros</i>	<i>Total</i>
Este Metropolitano	333,3	2.284,1	924,5	7.990,0	7.551,7	1.041,3	<b>439,5</b>
Municipio de Madrid	262,7	6.351,4	1.835,6	8.641,8	6.000,5	879,1	<b>355,1</b>
Nordeste Comunidad	336,0	2.511,5	573,0	2.215,2	1.203,2	595,6	<b>408,6</b>
Norte Metropolitano	344,4	10.084,6	1.144,3	4.906,3	4.388,7	992,2	<b>484,2</b>
Oeste Metropolitano	437,4	5.919,8	1.692,2	6.257,5	6.750,1	1.800,4	<b>569,2</b>
Sierra Central	407,7	3.274,3	1.075,0	4.908,4	1.759,7	2.925,0	<b>506,2</b>
Sierra Norte	269,7	734,7	1.018,3	2.384,4	2.573,0	346,4	<b>341,9</b>
Sierra Sur	311,7	9.063,6	880,4	1.015,1	1.771,2	455,2	<b>369,9</b>
Sudeste Comunidad	335,1	1.618,6	980,3	2.213,8	2.190,2	362,3	<b>392,3</b>
Sudoeste Comunidad	370,4	2.798,2	722,0	3.597,3	3.823,8	764,1	<b>443,6</b>
Sur Metropolitano	285,7	6.280,4	944,5	8.014,4	7.504,1	801,4	<b>383,8</b>
<b>Comunidad de Madrid</b>	<b>295,2</b>	<b>5.223,9</b>	<b>1.377,6</b>	<b>7.604,4</b>	<b>5.939,9</b>	<b>1.029,2</b>	<b>393,9</b>

Una medida de la dispersión de los distintos usos en las zonas geográficas, según los datos medios anuales de los últimos 10 años se obtiene mediante el cálculo de las desviaciones típicas, y más precisamente mediante el coeficiente de variación (CV), es decir el cociente entre la desviación típica y la media aritmética, según se observa en la Tabla 6.

**TABLA 6. ESTADÍSTICA DOTACIONES ANUALES 2007–2016, POR ZONAS GEOGRÁFICAS (LITROS/PROPIEDAD DÍA)**

	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Coefficiente de variación</i>
Doméstico	359,15	61,54	0,171
Industrial	4.884,48	3.264,97	0,668
Comercial	1.177,64	424,71	0,361
Institucional	6.637,90	4.377,25	0,659
Riego	4.852,59	3.333,55	0,687
Otros	1.361,73	1.264,19	0,928

Los valores más dispersos corresponden a los usos “**otros**”, seguidos por **riego**, **industrial**, e **institucional**; los usos **domésticos** son los de comportamiento más estable, junto con el **comercial**.

Si se desagregan estos datos a nivel municipal la dispersión es mucho mayor, tal como se refleja en la siguiente Tabla 7.

**TABLA 7. ESTADÍSTICA DOTACIONES ANUALES 2007–2016, POR MUNICIPIO (LITROS/PROPIEDAD DÍA)**

	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Coefficiente de variación</i>
Doméstico	316,78	167,13	0,528
Industrial	5.229,37	19.502,05	3,729
Comercial	1.054,83	2.058,73	1,952
Institucional	4.226,75	9.483,85	2,244
Riego	3.706,50	14.795,29	3,992
Otros	919,99	4.504,04	4,896

De esta estadística se han eliminado los municipios que, al no tener contratada con Canal de Isabel II la gestión comercial del servicio, no se dispone del número de viviendas abastecidas, y normalmente, los consumos se agrupan en un único contrato, bajo la categoría *Institucional*, o de *Otros usos*.

Aunque el **consumo doméstico** es el que presenta la mayor homogeneidad, los valores recogen un amplio rango de variación, entre los 82,9 litros por vivienda y día de La Hiruela, a los 738,7 litros por vivienda y día, de Nuevo Baztán en el año 2016. Las causas a las que obedece esta dispersión serán objeto de análisis en capítulos posteriores.

### 3.2.3. Agua no contabilizada

La diferencia entre la cantidad de agua derivada de embalses y captaciones, y la registrada finalmente en los contadores de los clientes, se considera agua no contabilizada o no controlada, y es un volumen de agua que, además de una pérdida de recurso natural, supone unos costes de producción y no produce ingresos económicos a la empresa responsable del abastecimiento. Por ello, la reducción de este volumen de agua no controlada figura entre los objetivos de todos los gestores de sistemas de abastecimiento.

El agua no contabilizada incluye tanto las llamadas pérdidas reales, es decir el agua que se pierde por fugas ocultas o roturas en conducciones u otros elementos del sistema, como los usos no controlados (autorizados o no), y los errores de medida en los contadores de los usuarios o el sistema de telemedida del agua producida.

Un indicador comúnmente utilizado para referirse al agua no contabilizada es la relación en términos de porcentaje sobre el agua total producida. Sin embargo, por diversas razones, no se considera este indicador muy adecuado.

Actualmente, organismos internacionales como *International Water Association* (IWA) recomiendan otros indicadores que tengan en cuenta las particularidades del sistema. El volumen de agua no controlada por unidad de tiempo y longitud de red, número de acometidas o número de propiedades suministradas resulta más apropiado.

IWA ha desarrollado una metodología para evaluar los diversos componentes del agua no contabilizada, en ella se distingue entre:

- Usos autorizados no facturados.
- Pérdidas aparentes (usos no autorizados o errores de medida).
- Pérdidas reales (en conducciones, depósitos u otros elementos del sistema de abastecimiento).

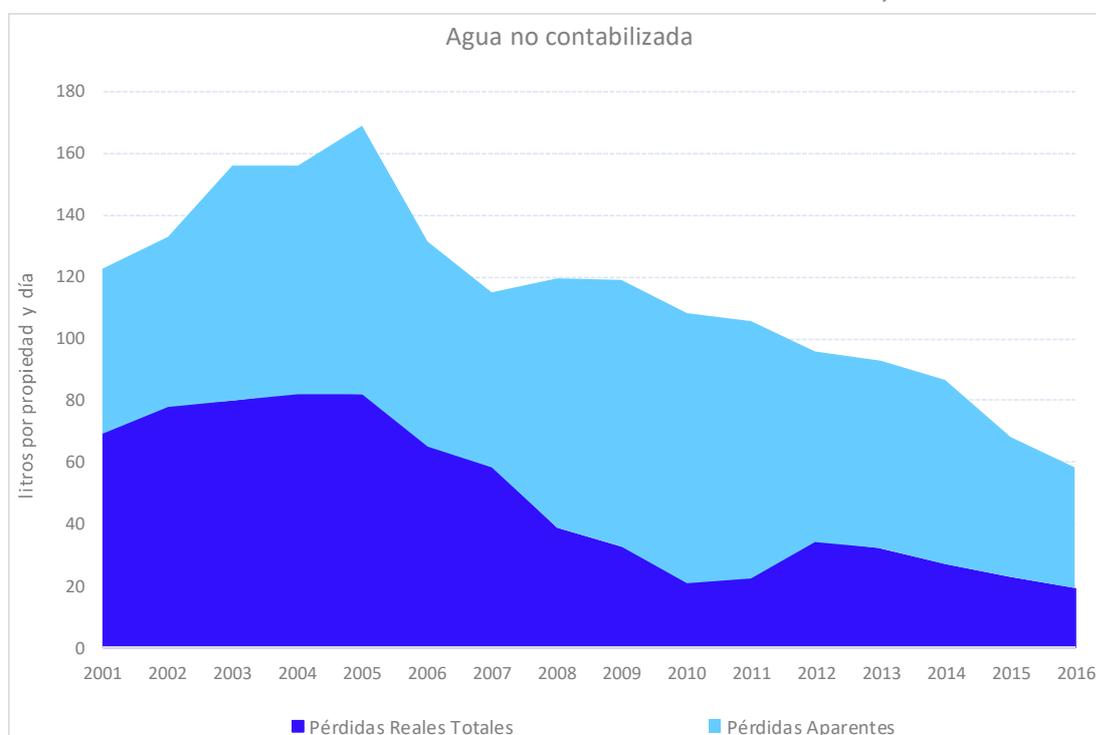
El cálculo de cada uno de los componentes presenta bastante incertidumbre y en muchos casos debe hacerse por estimación. Por ejemplo, por sus propias características, no existe un método preciso para la evaluación del agua consumida en usos ilegales, no autorizados o fraudulentos. Igual sucede con el agua que puede perderse a través de fugas ocultas.

La sectorización de las redes de abastecimiento permite efectuar el balance de agua no controlada para cada uno de los sectores de la red, identificando los menos eficientes y dirigiendo, de forma más efectiva, las actuaciones e inversiones destinadas a la reducción de pérdidas.

No es objeto de este trabajo profundizar sobre la gestión del agua no contabilizada. A título informativo se muestra en la Figura 31 la evolución en los últimos años de las pérdidas reales y aparentes en el sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II.

El volumen total de agua no contabilizada experimentó un importante descenso con ocasión del último episodio de sequía en 2005–2006, y ha continuado desde entonces esa pauta decreciente, como consecuencia de la aplicación del Plan de Empresa de Reducción del Agua no Controlada. En la actualidad, las pérdidas totales, reales y aparentes se sitúan por debajo de los 60 litros por propiedad y día (170 litros/propiedad y día en 2005), y constituyen menos del 14% del agua total derivada.

**FIGURA 31. EVOLUCIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA EN CANAL DE ISABEL II, PERIODO 2001-2016**



### 3.2.4. Usos de exterior

Los usos de agua en exterior constituyen un capítulo importante de la demanda en un sistema de abastecimiento urbano. En él se incluyen los riegos de las zonas verdes en parques y jardines, tanto públicos como privados; las zonas recreativas y deportivas, piscinas, estanques y fuentes ornamentales. El baldeo y limpieza de las vías públicas con agua potable fue prohibido en la Comunidad de Madrid durante la sequía de 2005–2006. Aunque la prohibición ya no se encuentra en vigor, este uso ha sido prácticamente abandonado en todos los municipios de la región, y ha sido sustituido por agua regenerada u otras formas de limpieza.

Por otra parte, según las Normas de Abastecimiento de Canal de Isabel II, para parques con una superficie bruta superior a 1,5 hectáreas, el agua para riego deberá obtenerse de fuentes alternativas distintas de la red de agua para consumo humano encomendada a Canal de Isabel II. En esta categoría se encuentran la mayor parte de campos de golf, grandes consumidores de agua para riego, que deberán utilizar agua regenerada o fuentes propias de suministro (pozos).

Los usos de agua en exterior, además de su importancia cuantitativa, ya que constituyen entre un 20 y un 30% del abastecimiento total, tienen unas características particulares que los hace merecedores de un análisis diferenciado. Algunas se detallan a continuación:

- Presentan una fuerte estacionalidad, y son en buena parte responsables de los caudales punta que se registran al inicio del verano. Están muy condicionados por la meteorología y su uso aumenta precisamente en períodos secos y calurosos coincidiendo con situaciones de escasez del recurso.
- Constituyen un componente indeterminado de las pérdidas aparentes, del agua no contabilizada, ya que no todos los usos municipales de riego de parques y jardines se encuentran completamente controlados. En los usos privados, tampoco se descarta que en ocasiones se encuentren entre los usos fraudulentos o no autorizadas.
- Ofrecen un importante potencial de mejora de la eficiencia, mejorando las prácticas de riego, u optimizando la utilización de las piscinas: vaciado y llenado, evaporación.
- Buena parte de estos usos podría atenderse con agua de inferior calidad (agua reciclada, no potable), por lo que la información sobre su cuantía y distribución temporal y geográfica es esencial para la implantación eficaz de un plan de utilización de agua regenerada.
- Estos usos tienen, en general, consideración de suntuarios o no esenciales, por lo que, en épocas de escasez, son los primeros candidatos para sufrir restricciones o limitaciones de uso.
- En relación con las infraestructuras de alcantarillado y saneamiento, el agua empleada en riegos no implica un caudal de retorno, lo que es preciso tener en cuenta para el diseño y dimensionamiento de esas infraestructuras.

En Canal de Isabel II existe una tarifa específica de riego que, en general, solo se aplica a los riegos públicos de parques y jardines por parte de los servicios municipales. Sin embargo, no todos los usos municipales de exterior están cubiertos por ese tipo de contratos. Además, en el Ayuntamiento de Madrid, a partir del año 2011, la mayor parte de los contratos con este tipo de tarifa, pasaron a ser categorizados como “Institucionales”, por lo que no es posible distinguirlos del resto de usos municipales, como escuelas, oficinas, etc.

Los jardines y piscinas privados, normalmente, se facturan juntamente con el resto de usos domésticos, principalmente en las viviendas unifamiliares, aunque también en urbanizaciones y comunidades de vecinos con áreas comunes. También en parques industriales y áreas comerciales se encuentran jardines privados con importantes consumos de agua de riego. Por todo ello, el sistema de información comercial de los clientes no aporta información completa y diferenciada sobre este tipo de usos. Por otra parte, su propia característica, de estar situados en el exterior los hace observables, por ejemplo, con técnicas de teledetección.

Canal de Isabel II dispone de un inventario de piscinas y zonas verdes públicas y privadas de toda la Comunidad de Madrid, realizado a partir de vuelos fotogramétricos de los años 1999, 2003 y 2006, a escala 1:2000. En este inventario se incluyen todas las zonas verdes identificadas, con discriminación del tipo de cultivo: pradera, arbusto o forestal, así como las piscinas, asociadas a las parcelas del catastro urbano (figuras 32 y 33). Sobre el fundamento de esta información se dispone de una estimación de la demanda de agua en usos de exterior, a escala de parcela urbana (Cuaderno 11 de I+D+i, *Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua para usos de exterior en la Comunidad de Madrid*).

Posteriormente, a partir de imágenes de satélite de resolución media (SPOT 5, 10/2,5 metros por pixel), correspondientes a los años 2008, 2009 y 2010 se actualizó, a escala de menor detalle (1:20.000) la información relativa a zonas verdes clasificadas por ámbitos urbanos y municipios, y por su tipología (pradera o arbolado) y grado de actividad vegetativa en función de los índices de vegetación (NDVI). Más recientemente se ha actualizado este inventario, utilizando imágenes satelitales de alta resolución, tomadas por el satélite Pléiades, en agosto de 2014. Este tipo de imágenes disponibles en la actualidad con una resolución del orden de 0,5 metros por pixel permiten identificar hasta las pequeñas parcelas privadas con jardines o piscinas. En el plazo de unas pocas semanas es posible disponer de imágenes con cobertura sobre toda la Comunidad de Madrid, con lo cual se puede considerar que toda la información obtenida es sincrónica, obtenida en las mismas fechas.

El proceso de las distintas bandas espectrales (R, G, B, NIR y PAN) se ha utilizado para la clasificación del suelo, e identificación de distintos tipos de zonas verdes mediante los índices de vegetación (NDVI), y láminas de agua.

La demanda de agua de las zonas verdes se calcula mediante el balance hídrico, considerando la evapotranspiración potencial de cada tipo de cultivo, y los datos meteorológicos registrados en distintas estaciones de AEMET y de Canal de Isabel II a lo largo de la Comunidad de Madrid.

Existen distintos métodos de cálculo de la evapotranspiración de referencia, los más habituales son los de Thornthwaite, Papadakis, Blaney-Criddle FAO, Hargreaves, Penman-Montieth, que pueden proporcionar resultados bastante dispares. En cualquier caso, la demanda calculada es la teóricamente necesaria para que las plantas mantengan el vigor vegetativo que muestran los índices de vegetación. Al estar las imágenes captadas en verano, cabe suponer que las zonas verdes detectadas han recibido aportes de agua artificiales, como mínimo, iguales a los calculados teóricamente.

La información proporcionada por la teledetección se asocia al catastro urbano, obteniendo la demanda teórica de agua para los usos de exterior por cada parcela catastral.

El contraste de la demanda de agua calculada en cada parcela con el registrado en los contadores para facturación puede servir, en caso de grandes discrepancias, para la detección de inconsistencias en la información y la identificación de posibles usos irregulares o no controlados del agua suministrada por Canal de Isabel II.

FIGURA 32. ORTOIMAGEN SATELITAL ZONA URBANA RESIDENCIAL



FIGURA 33. CLASIFICACIÓN ZONAS CON USOS DE EXTERIOR



En total se han identificado 28.357 hectáreas de zonas verdes urbanas en la Comunidad de Madrid, con una demanda calculada para 2014 de 134,67 hm<sup>3</sup> de agua, lo que supone el 27% del agua total derivada de embalses y captaciones en ese año, aunque naturalmente, no toda el agua utilizada para riego procede de las fuentes de agua potable, según se señaló anteriormente.

En cuanto a las piscinas, se han identificado 126.000, con un volumen total estimado de 8,37 hm<sup>3</sup> (suponiendo una profundidad media de 1,6 m).

Los datos más relevantes en cuanto a los usos de agua de exterior en la Comunidad de Madrid y su evolución desde el primer inventario de 1999, se muestran a continuación.

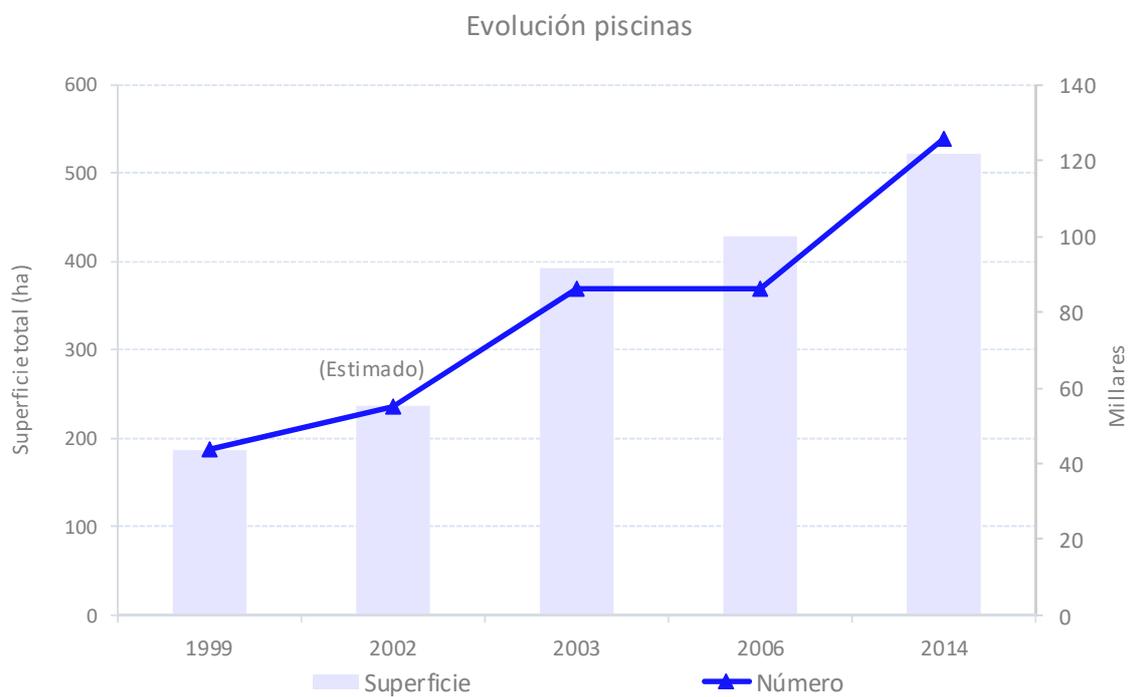
**FIGURA 34. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE ZONAS VERDES**



**TABLA 8. DEMANDA EN ZONAS VERDES 2006-2014**

Año	Superficie (ha)	Demanda anual (hm <sup>3</sup> )
2006	21.697	126,76
2014	23.009	134,67

FIGURA 35. EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE PISCINAS

TABLA 9. DEMANDA ANUAL DE PISCINAS (HM<sup>3</sup>)

	2006	2014
Llenado	6,86	8,37
Evaporación	3,97	4,84
Anexos (Duchas)	5,15	6,27
<b>Total</b>	<b>15,98</b>	<b>19,48</b>

## 4. El consumo doméstico



En este apartado se profundiza en el análisis de los consumos domésticos registrados a lo largo de los últimos años en la Comunidad de Madrid. Según ha quedado expuesto en apartados anteriores, el consumo doméstico representa en la Comunidad de Madrid del orden del 70% del total suministrado a los usuarios. El consumo doméstico es el que mayor homogeneidad presenta en su distribución tanto geográfica como temporal, a pesar de lo cual pueden observarse importantes diferencias en cuanto a las dotaciones unitarias en los distintos municipios de la región.

Se analizarán en este apartado los distintos factores que inciden en esas disparidades, además de las pautas estacionales, semanales o diarias, y las tendencias a largo plazo que marcan el comportamiento temporal de la demanda de agua para usos domésticos.

La principal fuente de información la constituyen los registros de facturación a los clientes del Sistema de Gestión Comercial de Canal de Isabel II (GRECO). Se dispone, además, de una muestra representativa de unas 300 viviendas, con monitorización permanente de su consumo a lo largo de un periodo de casi 10 años, que aporta información mucho más detallada de las pautas de consumo, y de los usos finales del agua en el ámbito doméstico en la Comunidad de Madrid.

#### **4.1. CONSUMO DOMÉSTICO FACTURADO**

La información que se presenta en este apartado proviene del Sistema de Información Comercial de Canal de Isabel II, donde se registran con carácter bimestral las lecturas de todos los clientes, a efectos de facturación.

Todas las viviendas construidas a partir de 1993, en el ámbito del Sistema de Abastecimiento de Canal de Isabel II, disponen de contador individual de agua para facturación. Anteriormente era habitual en comunidades de propietarios, el disponer solamente de un contador para todo un edificio, situación que aún persiste en viviendas antiguas. En todo caso, la información de los registros de facturación contiene los datos de consumo por vivienda (individual, o agregado en la Comunidad de Propietarios), y se conoce la ubicación exacta de la vivienda, por lo que se la puede relacionar con entidades, núcleos de población, sectores o áreas de las cuales se dispone de información estadística sobre determinados parámetros socioeconómicos que pueden ser analizados como variables explicativas o incidentes en el consumo de agua.

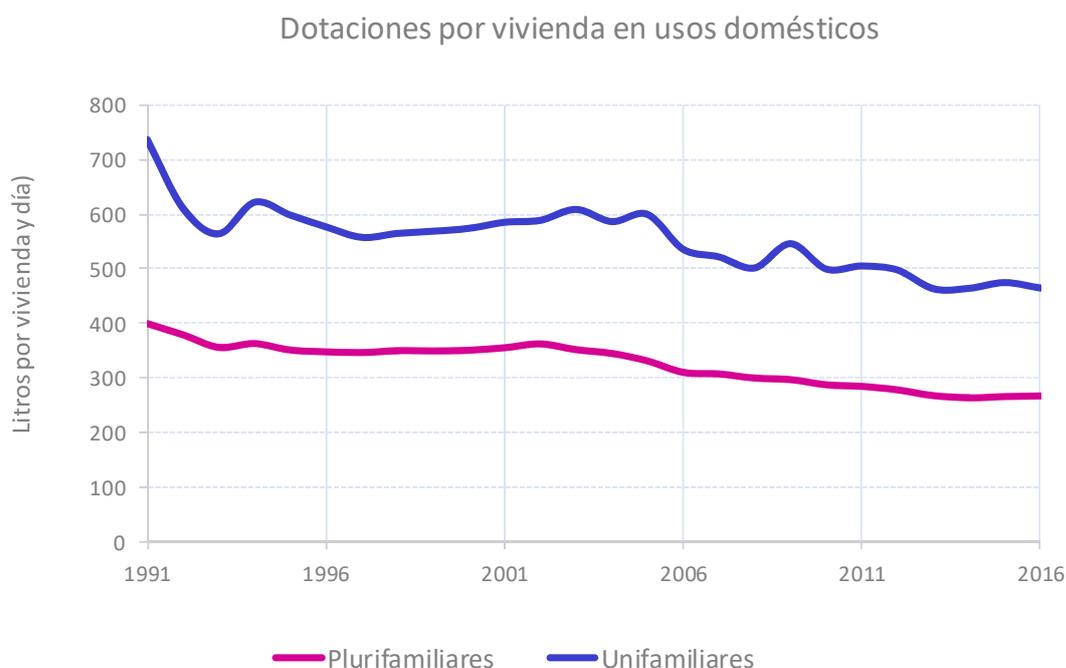
Se analizarán en este apartado los datos correspondientes a los últimos 25 años, que permiten observar la tendencia, a largo plazo, en el consumo doméstico registrada en este periodo. Con más detalle se incidirá en los datos correspondientes al periodo 2007–2016, que puede considerarse de cierta estabilidad, tras el último episodio de sequía severa registrado en la Comunidad de Madrid (2005–2006), y que parece más representativo de la realidad actual y orientativo sobre la posible evolución en el futuro. También se prestará especial atención a los últimos datos disponibles, correspondientes al año 2016.

##### **4.1.1. Viviendas unifamiliares y plurifamiliares**

En el análisis de las variables que inciden en el consumo de agua en el ámbito doméstico, aparece en primer lugar la tipología de viviendas. Se observa una diferencia clara entre las viviendas de tipo unifamiliar (chalets aislados, pareados o adosados) y plurifamiliar (bloques de viviendas).

La diferencia entre ambos tipos de viviendas estriba fundamentalmente en que en las viviendas de tipo unifamiliar, habitualmente, tienen más relevancia los usos de exterior (jardines, piscinas), con lo cual el nivel de consumo es más elevado, y sus pautas de uso son notablemente diferentes. En la Figura 36 se muestran los valores anuales desde 1991 para el conjunto del abastecimiento de Canal de Isabel II.

**FIGURA 36. EVOLUCIÓN DE LAS DOTACIONES POR VIVIENDA EN PLURIFAMILIARES Y UNIFAMILIARES 1991-2016**



Además de que los valores en las dotaciones son notablemente diferentes para ambos tipos de viviendas, se puede observar que hay un cambio de tendencia, que se presentó antes en las viviendas plurifamiliares (hasta el año 2003 se habían mantenido en un número, más o menos, estable) que en las unifamiliares cuyo descenso en el consumo se inicia en el año 2006, y que en éstas últimas se producen significativas oscilaciones de un año a otro (2008–2009–2010), posiblemente relacionadas con la meteorología, según se analizará más adelante.

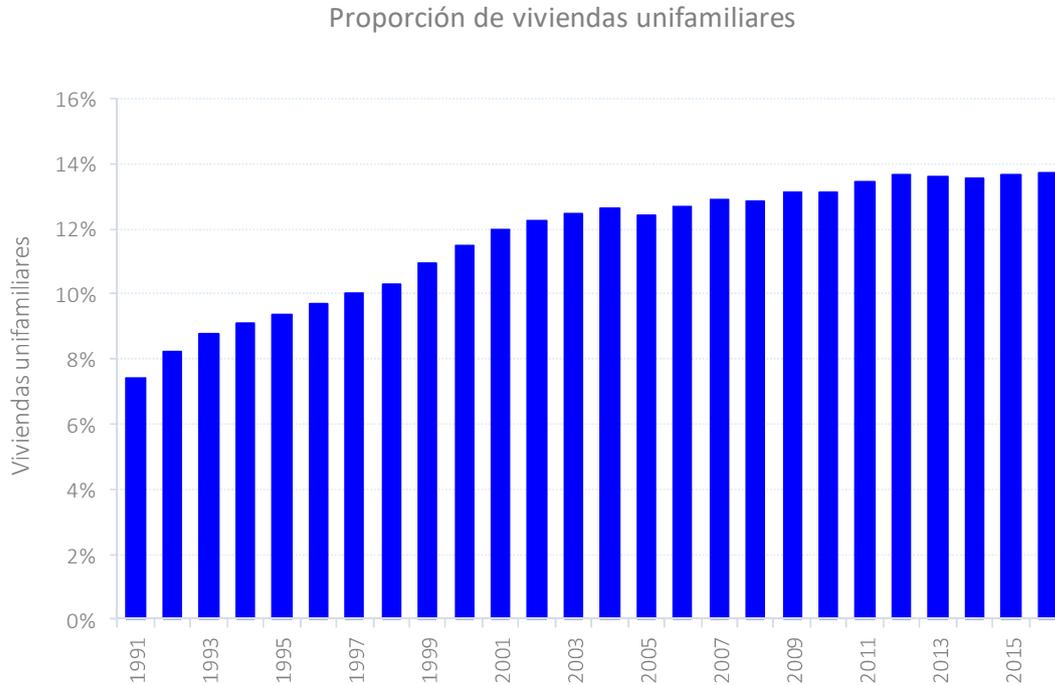
A pesar de tener un consumo unitario considerablemente menor, las viviendas plurifamiliares tienen un peso bastante mayor en el total del consumo facturado que supone un 55%, frente a las unifamiliares con un 15%, ya que su proporción es mucho mayor. En 2016 solamente el 14% de las viviendas suministradas por Canal de Isabel II eran del tipo unifamiliar. La Figura 37 refleja el importante incremento de la vivienda unifamiliar al final del pasado siglo, ya que en 1991 era del 7,4%.

Después de esta primera clasificación de las viviendas en unifamiliares y plurifamiliares, aún se observa una importante dispersión en los datos de consumos unitarios. Tomando los datos de todas las viviendas registrados durante 2016 se obtiene la distribución de frecuencias que se presenta en los gráficos siguientes.

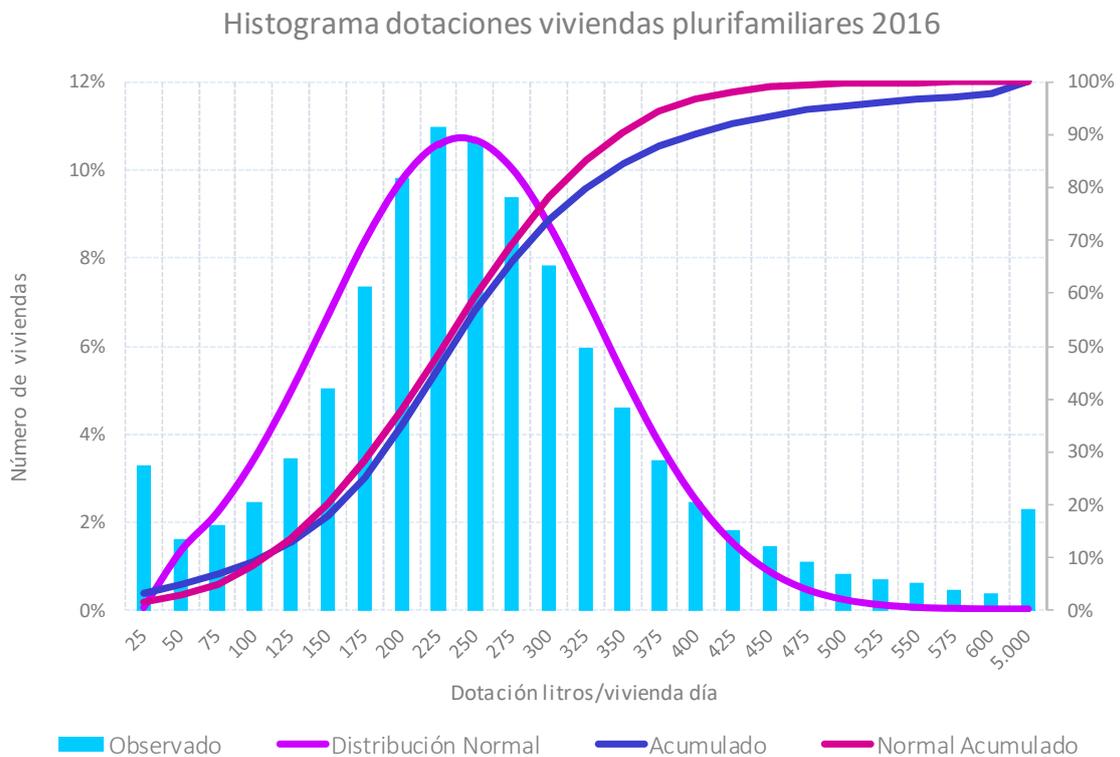
Las viviendas plurifamiliares presentan una distribución que se asemeja bastante a la distribución normal. Se ha ajustado, para los datos de 2016 (2.426.000 viviendas) una distribución normal con una media de 227,93 litros/vivienda día, y una desviación estándar de 92,71, (Figura 38).

En los extremos, se observa un 3,3% de viviendas con consumo inferior a los 25 litros diarios, y un 2,3% con consumo superior a 5.000 litros diarios.

**FIGURA 37. PROPORCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES 1991-2016**

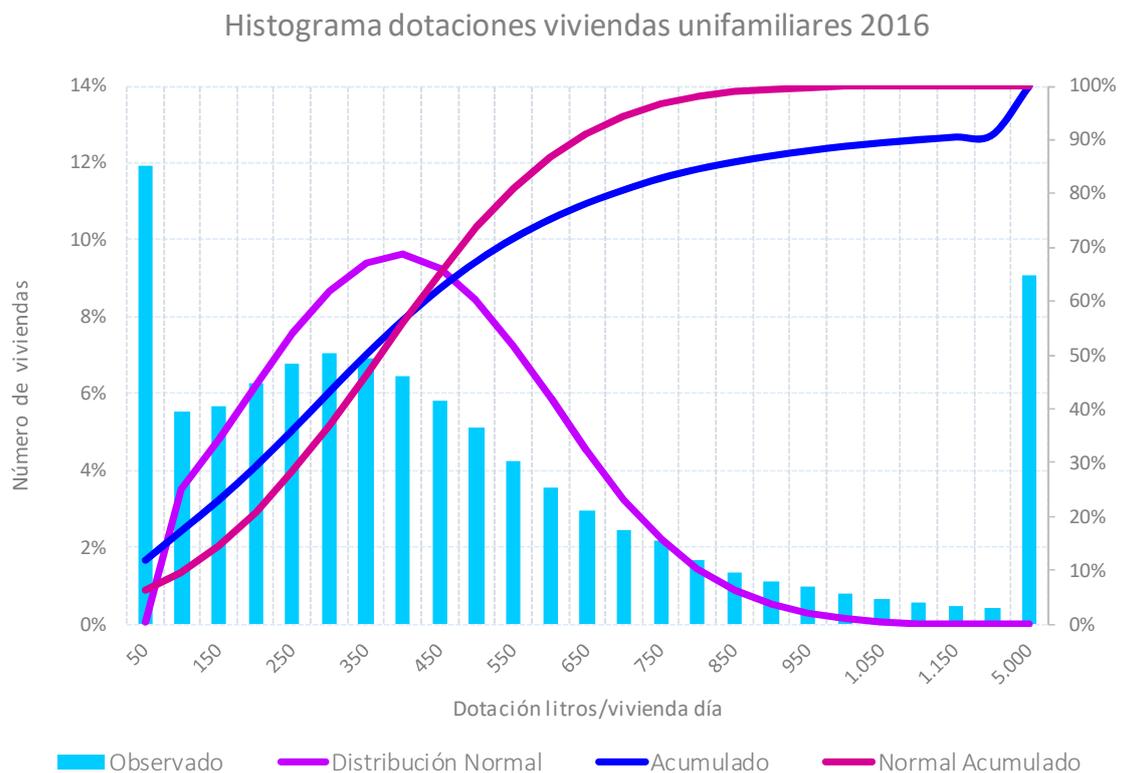


**FIGURA 38. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS, DOTACIÓN EN VIVIENDA PLURIFAMILIAR, 2016**



En el caso de las viviendas unifamiliares la distribución de frecuencias se aparta más de la normal. Además de ser la muestra más reducida (412.273 viviendas), existe un importante número de *outliers* en ambos extremos. Un 12% de viviendas tiene un consumo inferior a 50 litros diarios, lo que probablemente está relacionado con segundas viviendas. En el otro extremo, un 9,1% de las viviendas registró en 2016 un consumo superior a 5.000 litros diarios de media (Figura 39).

**FIGURA 39. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS, DOTACIÓN EN VIVIENDA UNIFAMILIAR, 2016**

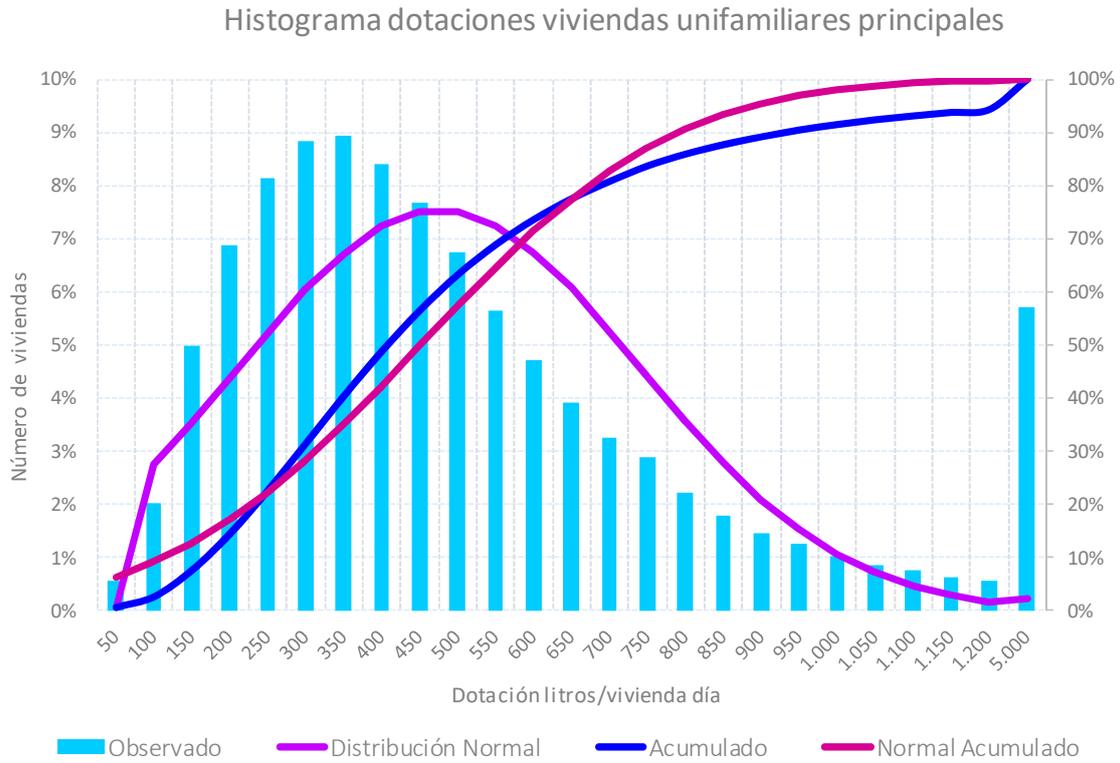


La distribución normal ajustada tiene una media de 369,36 litros por vivienda y día, y una desviación estándar de 207,0, según se puede observar en la gráfica de la Figura 39.

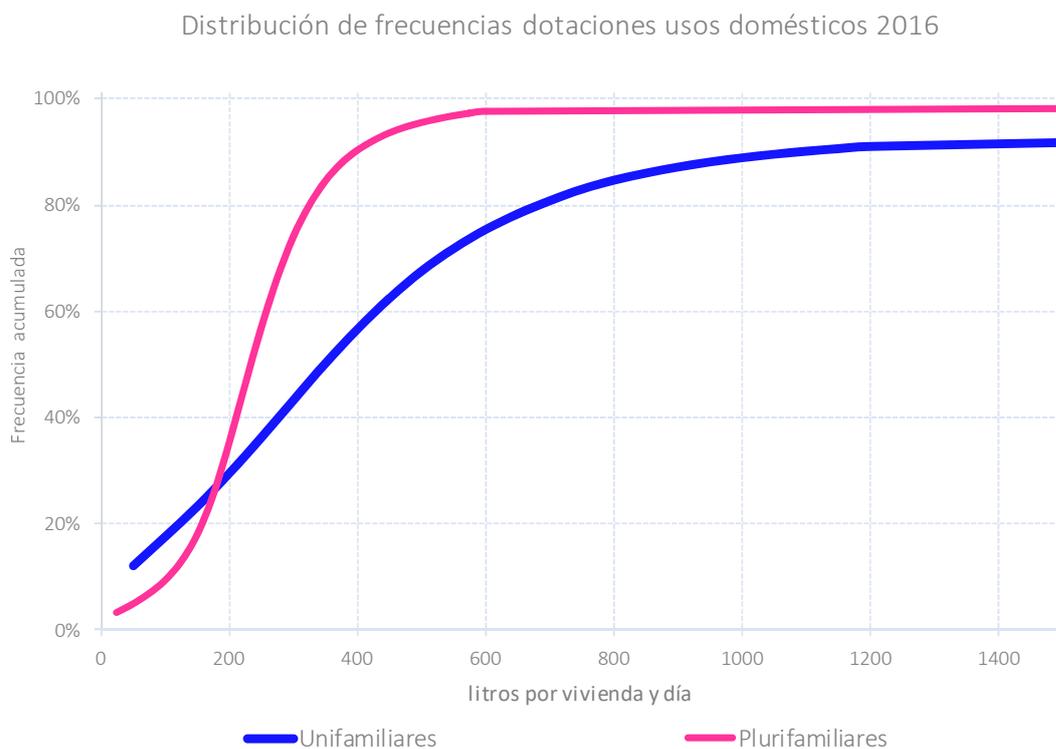
Si se eliminan las viviendas consideradas secundarias (las que en el bimestre enero-febrero registran un consumo inferior a 5 m<sup>3</sup>), y las que presentan consumos anómalos (superiores a los 10.000 m<sup>3</sup> anuales), la distribución se aproxima más a la normal, aunque con un claro sesgo a la izquierda (ver Figura 40).

La diferencia entre ambos tipos de viviendas, unifamiliares y plurifamiliares queda patente, además de en la diferencia de medias, que ya se ha señalado anteriormente, en su distribución, tal como aparece en la gráfica de la Figura 41.

**FIGURA 40. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS, DOTACIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES PRINCIPALES, 2016**



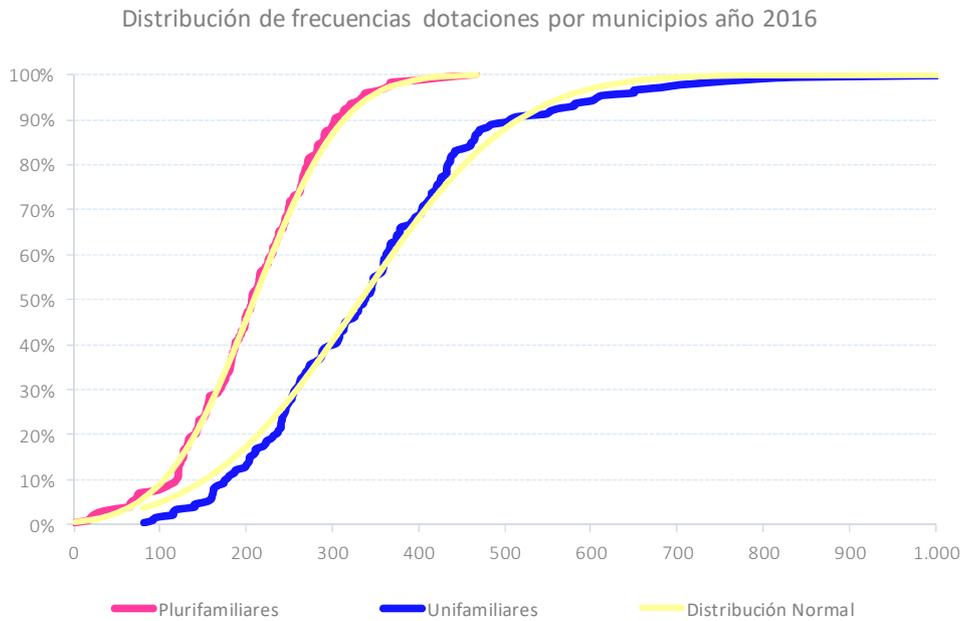
**FIGURA 41. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS, DOTACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y PLURIFAMILIARES, 2016**



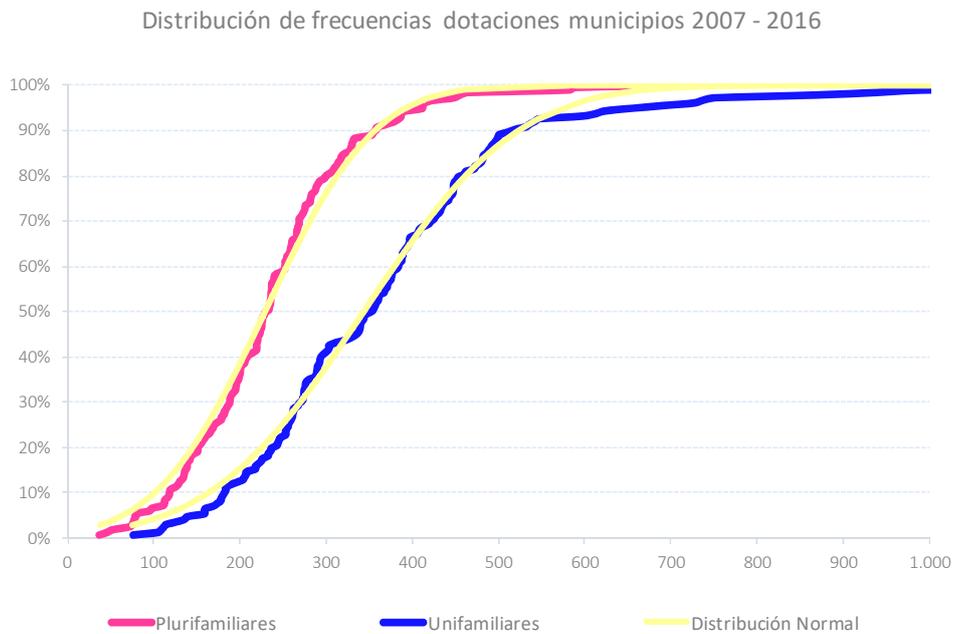
#### 4.1.2. Distribución geográfica por municipios y zonas estadísticas

Tomando los valores medios de las dotaciones por municipios, persiste gran parte de la varianza observada sobre los valores individuales, tal como aparece en la Figura 42 para el año 2016, y en la Figura 43 para los valores medios del periodo 2007–2016.

**FIGURA 42. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DOTACIONES DOMÉSTICAS POR MUNICIPIOS AÑO 2016**



**FIGURA 43. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DOTACIONES DOMÉSTICAS POR MUNICIPIOS PERIODO 2007-2016**



En este periodo, para las viviendas plurifamiliares, los valores oscilan entre los 37,5 litros por vivienda y día, del municipio de Canencia, y los 757,7 litros por vivienda y día, en Guadarrama. El municipio de Madrid, que puede considerarse el valor modal, ha tenido una dotación media de 260,7 litros por vivienda y día.

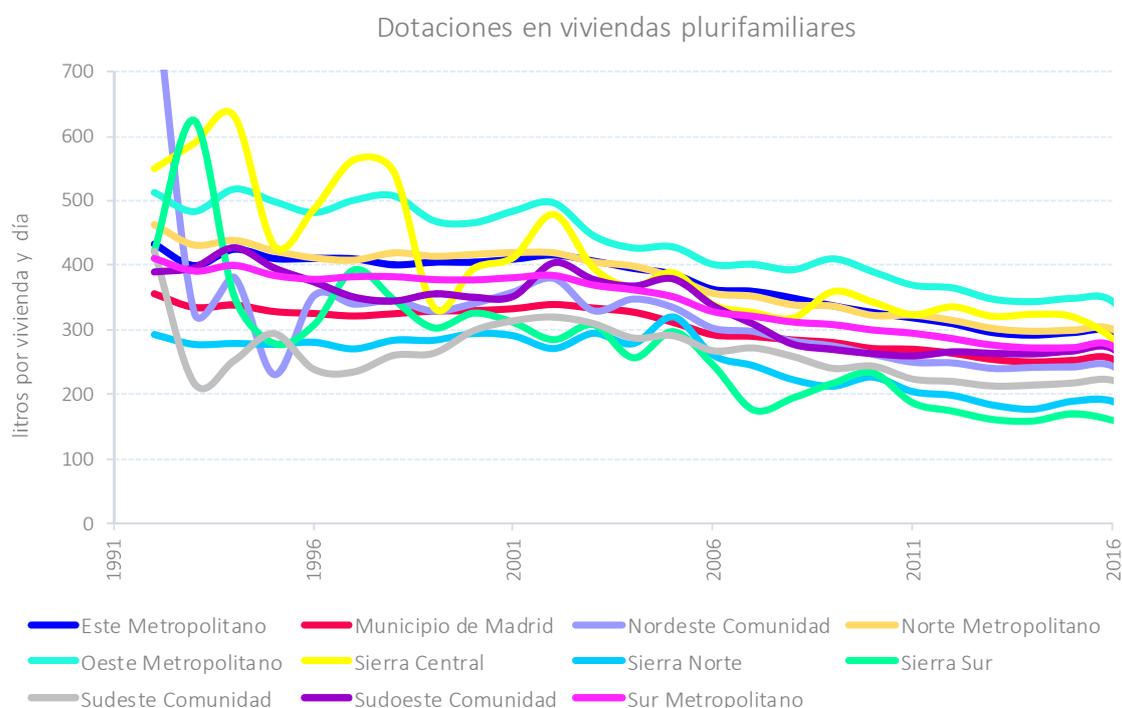
En viviendas unifamiliares, el valor mínimo corresponde a La Hiruela, con 75,4 litros por vivienda y día, y el máximo a Alcobendas con 1.264,6. En el municipio de Madrid la dotación para el tipo de vivienda unifamiliar ha sido de 613,4 litros diarios. La Tabla 10 presenta los valores de referencia de estas localidades.

**TABLA 10. DOTACIONES DIARIAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y PLURIFAMILIARES 2007–2016**

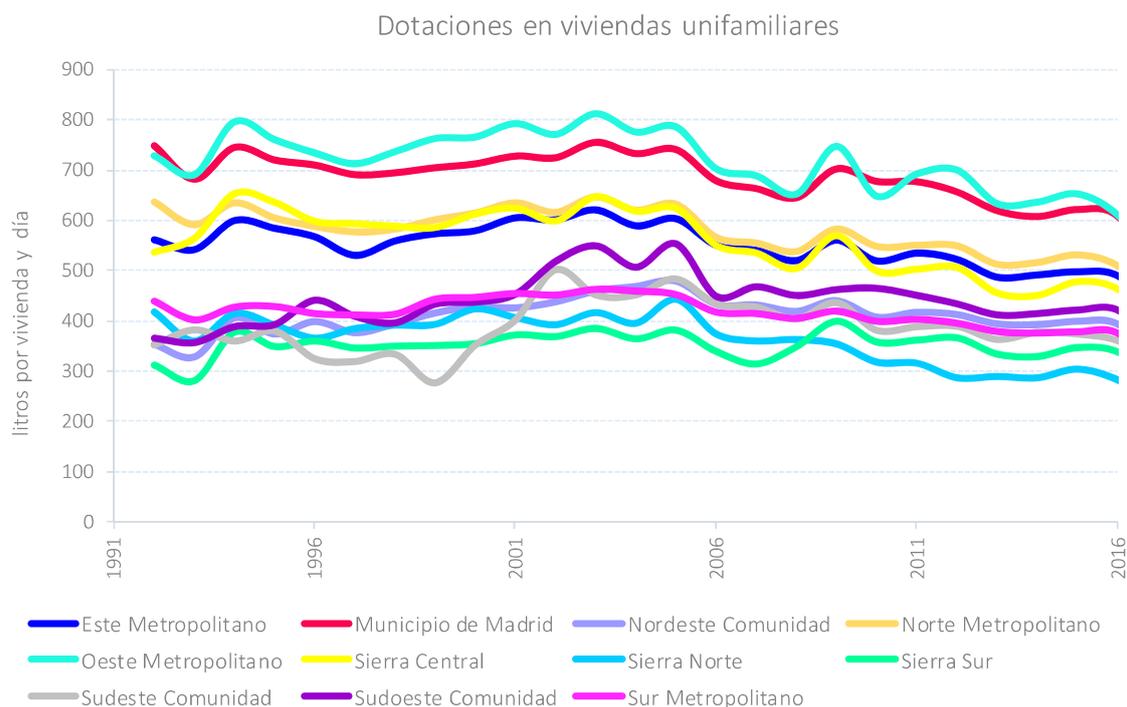
Valores	Plurifamiliares		Unifamiliares	
	Localidad	litros/vivienda día	Localidad	litros/vivienda día
Mínimo	Canencia	37,5	Hiruela (la)	75,4
Moda	Madrid	260,7	Madrid	613,4
Máximo	Guadarrama	757,7	Alcobendas	1.264,6

Las dotaciones para viviendas Plurifamiliares y Unifamiliares, agrupadas en las once zonas estadísticas de la Comunidad de Madrid, ofrecen los resultados que se muestran en las figuras 44 y 45, así como en las tablas 11 y 12.

**FIGURA 44. DOTACIONES VIVIENDAS PLURIFAMILIARES, POR ZONAS, 1991-2016**



Para las viviendas plurifamiliares los valores más altos corresponden al Oeste Metropolitano, y los más bajos a la Sierra Norte, encontrándose el municipio de Madrid en un punto intermedio.

**FIGURA 45. DOTACIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, POR ZONAS, 1991-2016**

En cuanto a las viviendas unifamiliares, el rango de variación es mayor que en las plurifamiliares, y los valores más altos corresponden, también, al Oeste Metropolitano, junto con el municipio de Madrid. En el extremo inferior se encuentra la Sierra Norte. En todos los casos se aprecia la tendencia, ya mencionada, de descenso de las dotaciones unitarias a partir de 2003, aproximadamente.

**TABLA 11. DOTACIONES DOMÉSTICAS POR ZONAS ESTADÍSTICAS, PERÍODO 2007–2016**

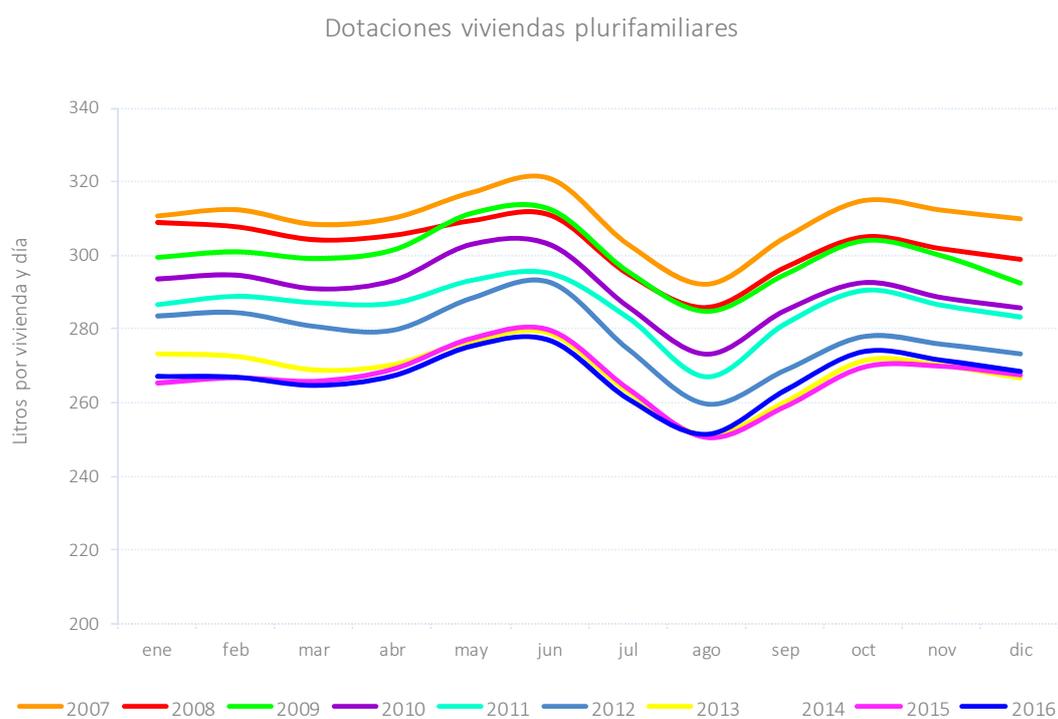
<i>Localidad</i>	<i>Plurifamiliares Litros por vivienda y día</i>	<i>Unifamiliares Litros por vivienda y día</i>
Este Metropolitano	317,9	516,5
Municipio de Madrid	260,7	613,4
Nordeste Comunidad	259,6	409,7
Norte Metropolitano	318,3	539,4
Oeste Metropolitano	371,7	666,3
Sierra Central	325,7	496,8
Sierra Norte	271,7	303,4
Sierra Sur	222,9	342,2
Sudeste Comunidad	307,9	373,1
Sudoeste Comunidad	272,2	439,8
Sur Metropolitano	292,3	394,1
<b>Comunidad de Madrid</b>	<b>282,7</b>	<b>493,2</b>

**TABLA 12. DOTACIONES DOMÉSTICAS POR ZONAS ESTADÍSTICAS, AÑO 2016**

<i>Localidad</i>	<i>Plurifamiliares Litros por vivienda y día</i>	<i>Unifamiliares Litros por vivienda y día</i>
Este Metropolitano	295,8	489,5
Municipio de Madrid	254,4	610,7
Nordeste Comunidad	245,2	392,8
Norte Metropolitano	300,5	509,7
Oeste Metropolitano	344,3	611,1
Sierra Central	286,4	463,6
Sierra Norte	211,2	279,3
Sierra Sur	252,8	321,5
Sudeste Comunidad	311,5	339,7
Sudoeste Comunidad	276,0	419,1
Sur Metropolitano	275,2	375,2
<b>Comunidad de Madrid</b>	<b>268,1</b>	<b>463,9</b>

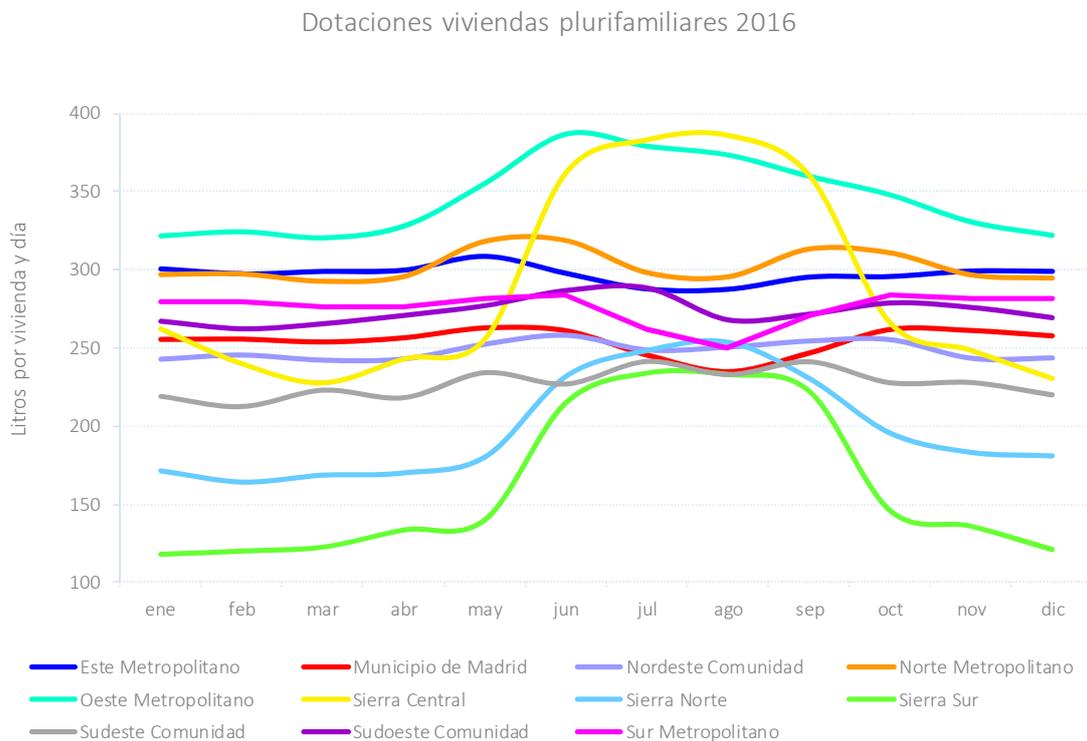
#### 4.1.3. Estacionalidad del consumo doméstico

El consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid tiene una importante componente estacional relacionada, por una parte, con las variables climatológicas y meteorológicas, y también, con los hábitos de la población, en especial en los periodos vacacionales. En la Figura 46 se representan los datos mensuales para las viviendas plurifamiliares en el periodo 2007– 2016.

**FIGURA 46. ESTACIONALIDAD DE LAS DOTACIONES EN VIVIENDA PLURIFAMILIAR, PERIODO 2007-2016**

El nivel de consumo ha ido descendiendo desde 2007, pero el perfil conserva la misma forma. Los consumos más elevados tienen lugar en el mes de junio, y experimentan un descenso en el mes de julio y, sobre todo, en el mes de agosto, mes de vacaciones por excelencia, en el que se observa una reducción del orden del 10% respecto de junio. En este comportamiento tiene una gran influencia el municipio de Madrid, donde reside cerca del 50% de la población de la Comunidad de Madrid. En la zona del Oeste Metropolitano y en la zona de la Sierra, donde tienen cierta importancia las segundas residencias, las pautas son distintas y los consumos más altos se registran en los meses de julio y agosto. En la Figura 47 se muestran los datos mensuales de 2016, para las once zonas estadísticas de la Región.

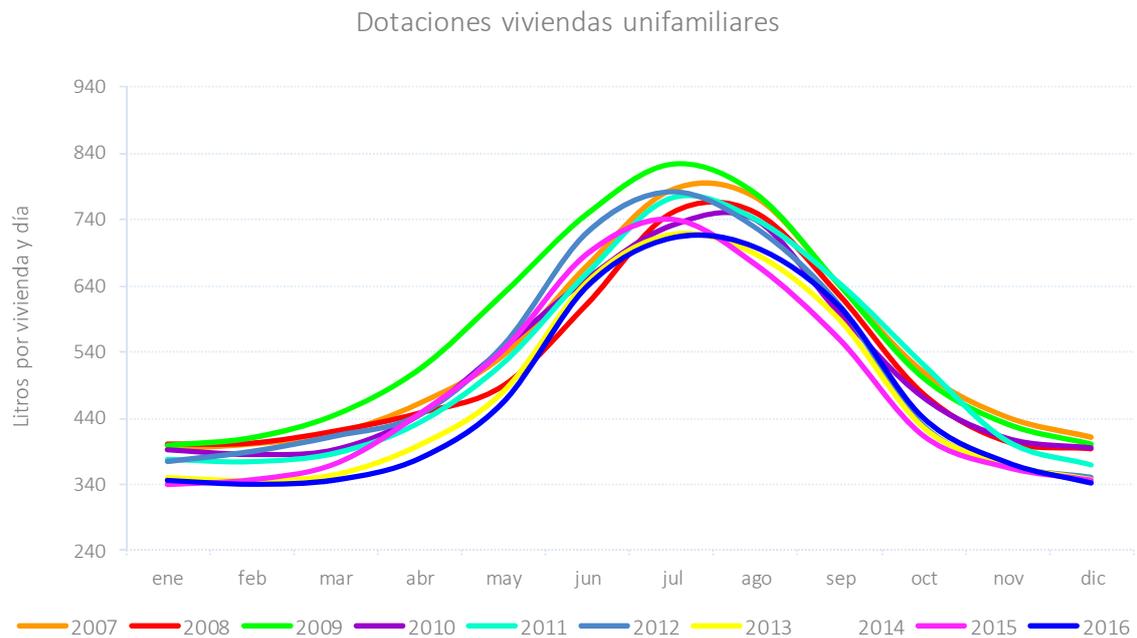
**FIGURA 47. ESTACIONALIDAD DE LAS DOTACIONES EN VIVIENDA PLURIFAMILIAR, POR ZONAS, EN 2016**



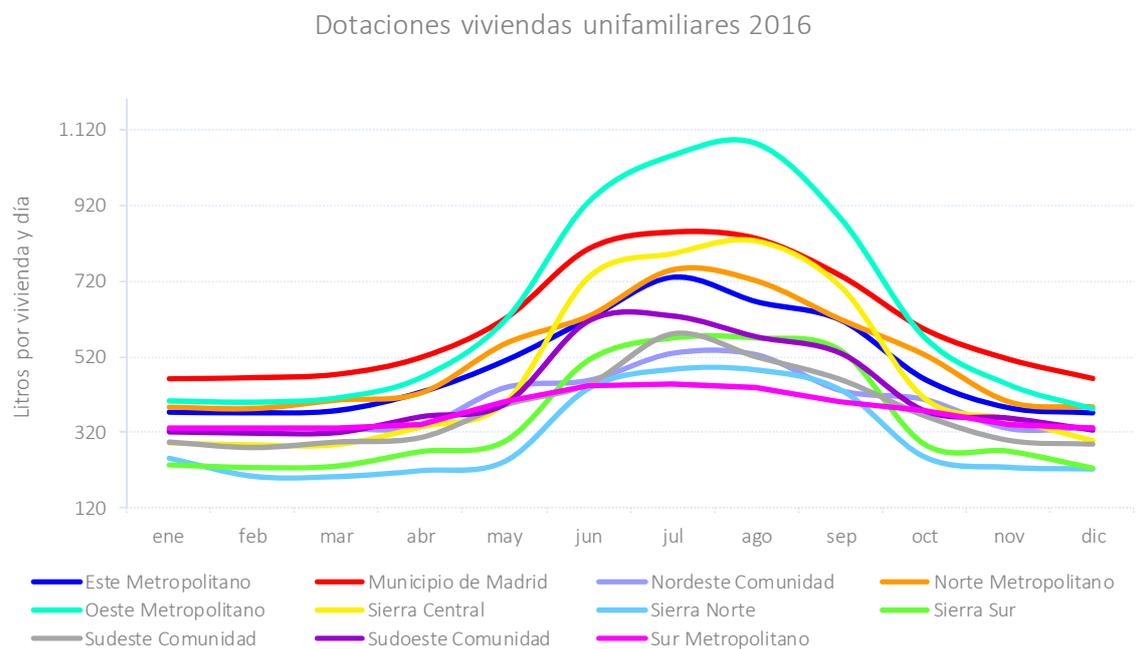
En las viviendas unifamiliares el comportamiento es distinto, los mayores consumos aparecen en los meses de verano (junio, julio y agosto), en los que se duplica el consumo con respecto al invierno, siguiendo un patrón claramente relacionado con los usos de exterior, así se refleja en las figuras 48 y 49.

En relación con este comportamiento estacional, los caudales de diseño para la planificación y proyecto de infraestructuras se calculan en base a los registros del bimestre junio-julio en que se producen los consumos más altos. Es necesario reseñar que, dado el carácter bimestral de las lecturas de contadores de los clientes, estos datos no proporcionan información precisa sobre los consumos punta reales, pero que en cualquier caso, esas puntas generalmente se producen en estos meses. Para obtener los consumos máximos diarios y los perfiles horarios se utilizan las medidas registradas por el sistema de Telecontrol de suministro a los sectores de la red de abastecimiento.

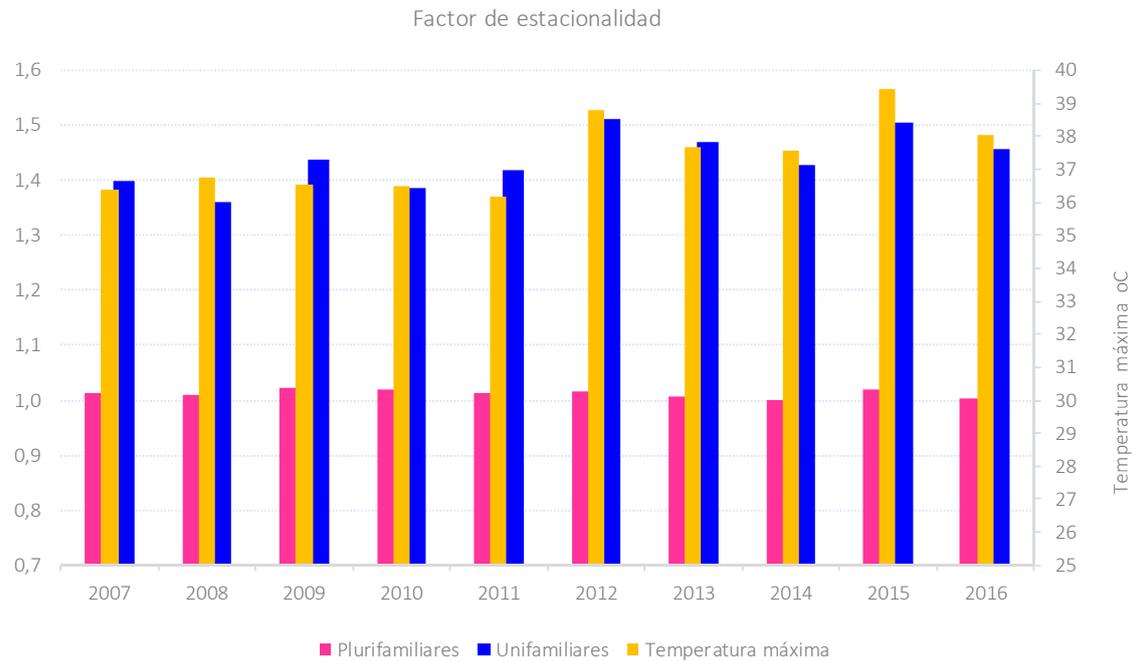
**FIGURA 48. ESTACIONALIDAD DE LAS DOTACIONES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR, PERIODO 2007-2016**



**FIGURA 49. ESTACIONALIDAD DE LAS DOTACIONES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR, POR ZONAS, EN 2016**



Un indicador de la estacionalidad del consumo es la relación entre el registrado en el bimestre junio–julio y la media anual. Este coeficiente se sitúa alrededor de la unidad en el conjunto de la Comunidad de Madrid, para las viviendas plurifamiliares. Para las viviendas unifamiliares, en los últimos 10 años, ha oscilado entre 1,36 y 1,51, correspondiendo los valores más altos a los años 2012 y 2015 en que se registraron los veranos más cálidos y secos. En la Figura 50 se presenta este factor en relación con la media de las temperaturas máximas diarias de junio–julio.

**FIGURA 50. FACTOR DE ESTACIONALIDAD EN RELACIÓN CON LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DE VERANO**

Se observa una cierta relación de la estacionalidad con las variables meteorológicas, principalmente temperaturas máximas y precipitaciones. Sin embargo, para precisar mejor estas relaciones se precisan medidas con resolución temporal mayor que la que proporcionan las lecturas bimestrales de los contadores de facturación.

Por zonas estadísticas, los valores más altos se dan en las zonas de la Sierra, y el Oeste Metropolitano, alcanzando, para las viviendas unifamiliares un valor próximo a 2.

#### 4.1.4. Factores explicativos del consumo doméstico

Se han apuntado anteriormente las variables climáticas y meteorológicas como incidentes en las variaciones del consumo doméstico de agua. Existen otros factores económicos y sociales respecto de la población y estructurales, en cuanto a la tipología de las viviendas y sus instalaciones, que pueden explicar la dispersión geográfica y temporal observada en el consumo doméstico. Además de estos factores, el componente personal relativo a los hábitos de uso resulta mucho más difícil de evaluar y de contrastar.

Se examinan en este apartado todas aquellas variables de las que se dispone de información objetiva y que pueden incidir en el consumo de agua.

### Renta disponible en los hogares

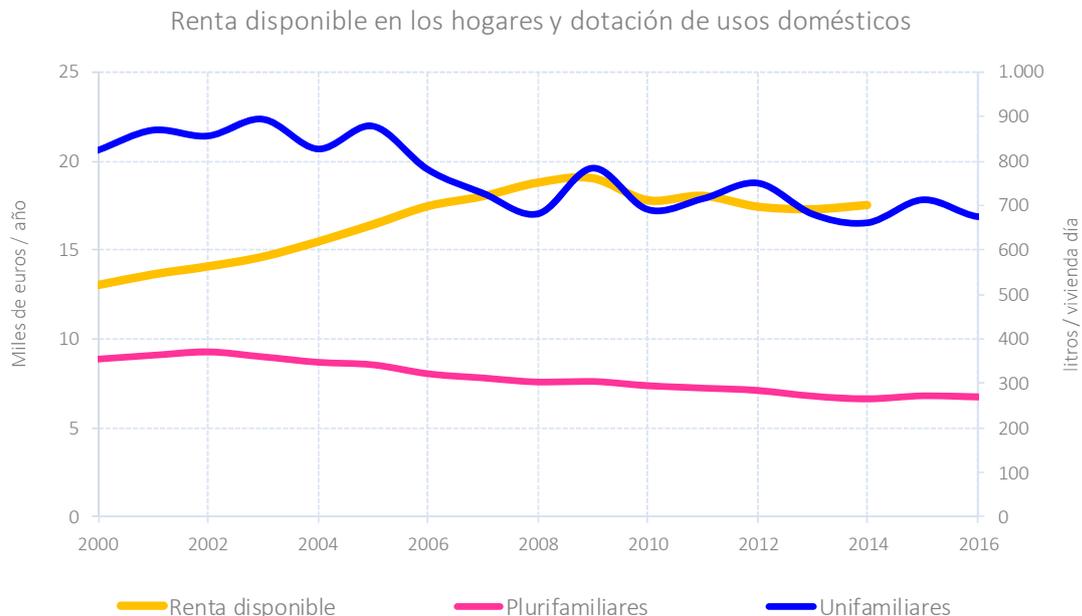
El nivel económico de las familias, representado por el indicador de renta disponible, es indudable que debe tener alguna incidencia en el consumo doméstico de agua.

El Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid publica este indicador, con carácter anual, para todos los municipios de la región y las 11 zonas estadísticas, además del valor general. La metodología de cálculo de este indicador ha sufrido algunos cambios desde su origen, siendo los datos más recientes los calculados según la denominada *Base 2010*. En la fecha de redacción de este documento están disponibles los datos desde 2000 hasta 2014 (avance), siendo provisionales los datos de 2012 y 2013.

En la Comunidad de Madrid, el indicador de renta disponible per cápita ha seguido una trayectoria ascendente hasta el año 2009, donde se alcanzaron los 19.000 € anuales. A partir de ahí se inicia un notable descenso, consecuencia de la recesión económica general del país, quedando estabilizado en los últimos años en valores próximos a los 17.000 € anuales (Figura 51). Poniendo estos datos en relación con los consumos unitarios de agua en las viviendas, no se aprecia una conexión clara en la evolución de ambas variables. Según se ha indicado anteriormente, el consumo doméstico de agua experimentó un cambio de tendencia sobre el año 2002 para las viviendas plurifamiliares y algo más tarde para las unifamiliares, pero en todo caso, con bastante anterioridad al inicio de la recesión económica, aunque es posible que esta circunstancia haya contribuido a reforzar la tendencia descendente del consumo.

Entre las distintas zonas estadísticas de la Comunidad, existen importantes diferencias en cuanto al nivel de renta, siendo el más alto en la zona del Oeste Metropolitano (23.562 € en 2014), seguido por el Norte Metropolitano y el Municipio de Madrid (19.044 €). Los más bajos se sitúan en el Sudeste de la Comunidad de Madrid y en la zona Sierra Sur (12.805 y 12.388 €, respectivamente).

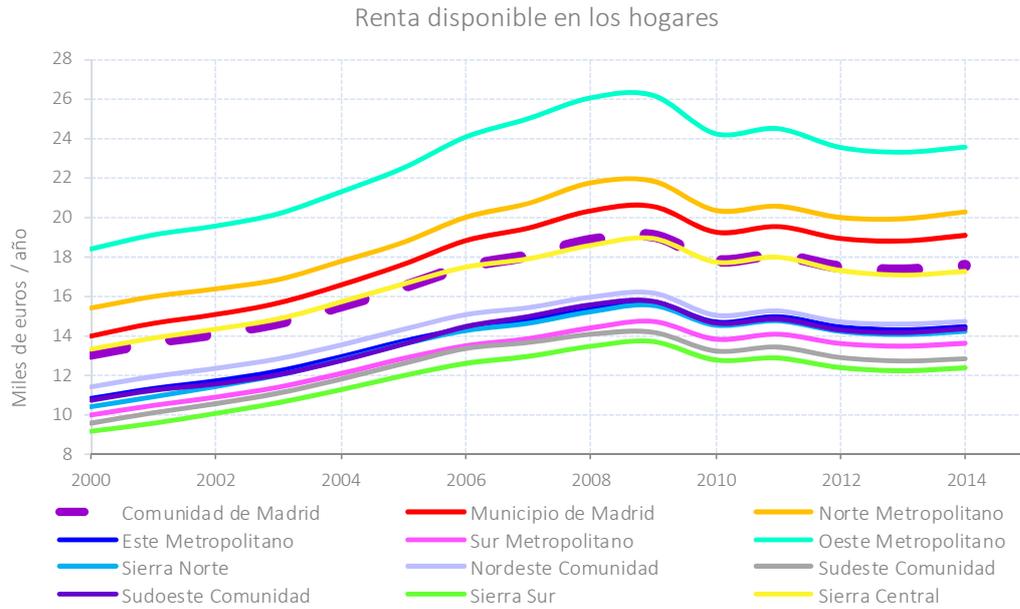
**FIGURA 51. DOTACIONES EN USOS DOMÉSTICOS EN RELACIÓN CON LA RENTA DISPONIBLE 2000-2014**



Fuente: Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid y Canal de Isabel II

En la Figura 52 se representa la evolución de este indicador para las distintas zonas, en el periodo 2000- 2014, observándose una pauta similar en todas ellas, pero con importantes diferencias en el nivel de renta.

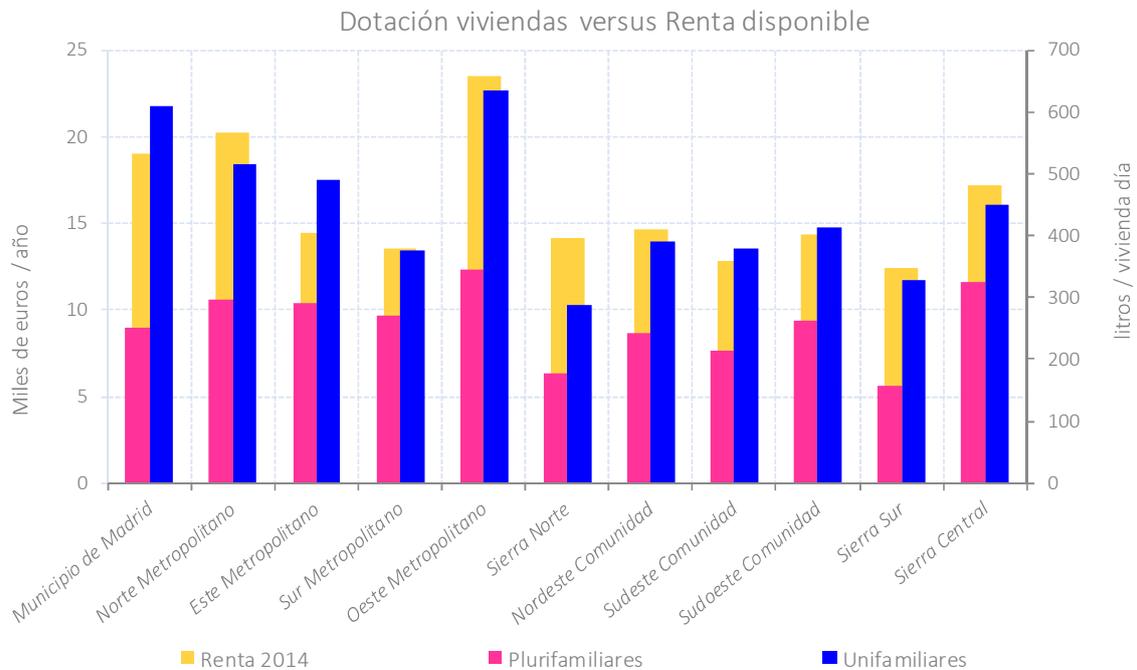
**FIGURA 52. RENTA DISPONIBLE EN LOS HOGARES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS, PERIODO 2000-2014**



Fuente: Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid

Si bien la evolución temporal del indicador de renta no se relaciona de forma clara con la del consumo doméstico de agua, la diferencia entre los niveles económicos de las distintas zonas de la región sí parece explicar, en parte, la disparidad en las dotaciones, tal como se muestra en la Figura 53. El paralelismo parece mayor en lo que se refiere a las viviendas unifamiliares que las plurifamiliares.

**FIGURA 53. RENTA DISPONIBLE EN LOS HOGARES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS, PERIODO 2000-2014**



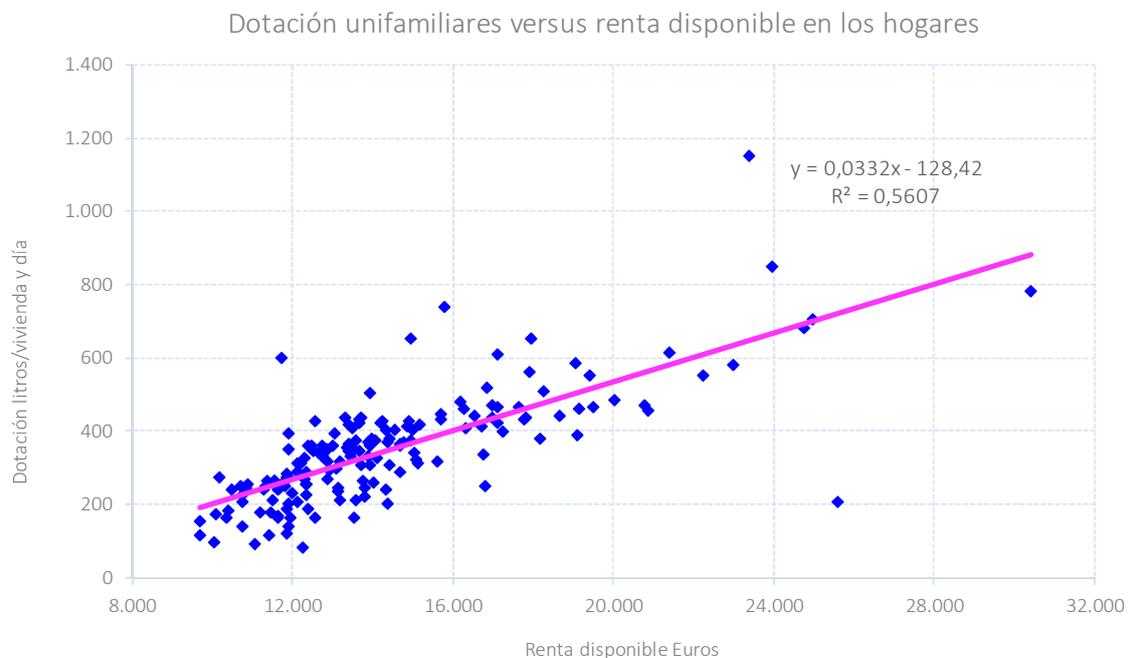
Fuente: Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid y Canal de Isabel II

A nivel municipal la dispersión en la renta disponible es aún mayor, con valores que estaban comprendidos entre los 9.618 € anuales de Somosierra y los 30.426 de Pozuelo de Alarcón, para 2014. Estas diferencias pueden relacionarse con la dispersión observada en las dotaciones del consumo doméstico.

En la Figura 54 se representa esta correlación para las viviendas unifamiliares, donde se obtiene un coeficiente de correlación de 0,75, lo que indica que un 56% de la varianza observada en los consumos de las viviendas unifamiliares, a nivel municipal, se explica por la diferencia en los niveles de renta.

Para las viviendas plurifamiliares esta correlación es bastante menor, siendo el coeficiente  $r^2$  de 0,32, es decir, el 32% de la varianza atribuible a la diferencia de renta. Este hecho se puede atribuir a que en las viviendas plurifamiliares el uso del agua está más relacionado con las necesidades mínimas esenciales de los usuarios, que no dependen de su nivel económico, y es menor el uso suntuario o accesorio.

**FIGURA 54. DOTACIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, POR MUNICIPIOS, EN RELACIÓN CON LA RENTA DISPONIBLE EN 2014**



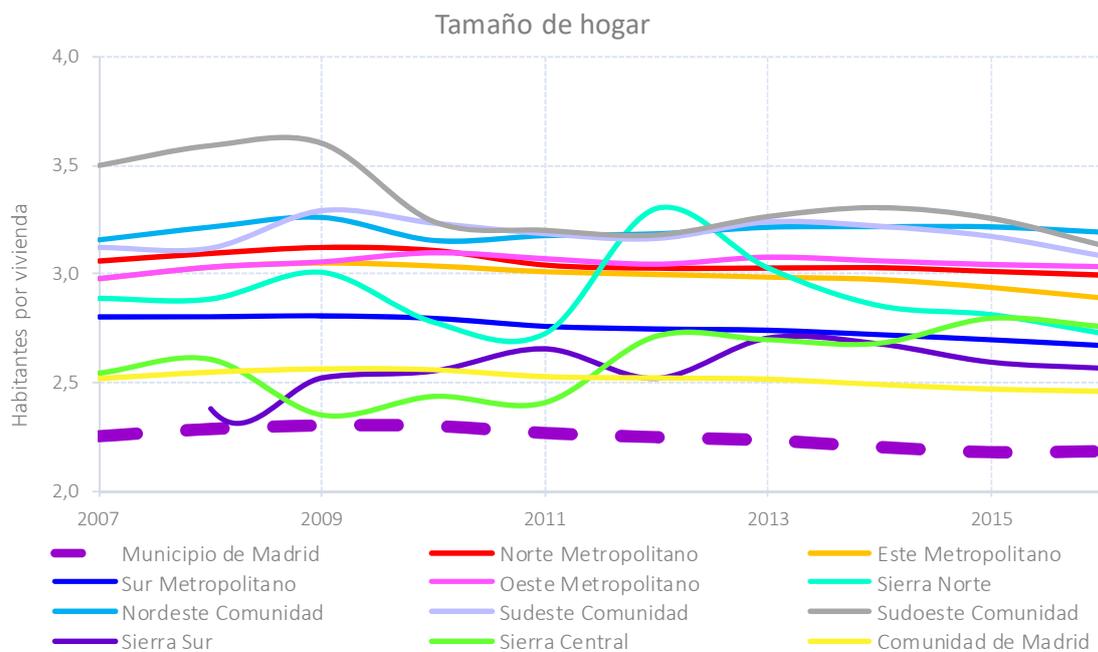
### Tamaño del hogar

Es evidente que el número de personas que habitan la vivienda condiciona el consumo de agua. En los ficheros de clientes de Canal de Isabel II no se dispone de este dato que, por otra parte, puede ser variable incluso a lo largo de un solo año. Se debe recurrir por ello a estadísticas oficiales, con datos agrupados por municipios. El Instituto Nacional de Estadística (INE) realiza censos de viviendas solamente cada 10 años, siendo el último disponible el de 2011, y solamente incluye municipios con una población superior a 1.000 habitantes. Una aproximación consiste en utilizar los padrones de población municipales que se publican anualmente, conjuntamente con los datos de número de viviendas abastecidas, de los ficheros de clientes. Estos datos no coinciden con los facilitados por el INE, debido a la consideración de viviendas principales, a la situación particular de algunas urbanizaciones, que no cuentan con abastecimiento de Canal de Isabel II, o a otras discrepancias en el cómputo del número de viviendas.

Dado que en los archivos del Sistema Comercial de Canal de Isabel II existen datos de todos los años y son consistentes entre sí, se ha preferido utilizar esta fuente. Para el año 2011, en la Comunidad de Madrid, según datos del INE, la ocupación media de las viviendas sería de 2,565 personas por vivienda, y según los registros del Sistema Comercial de la empresa *GRECO*, de 2,525 personas por vivienda, considerando únicamente las viviendas principales (las que en el bimestre enero-febrero han tenido un consumo superior a 5 m<sup>3</sup>). En algunos municipios, especialmente en las zonas periféricas de la región, las diferencias son mayores.

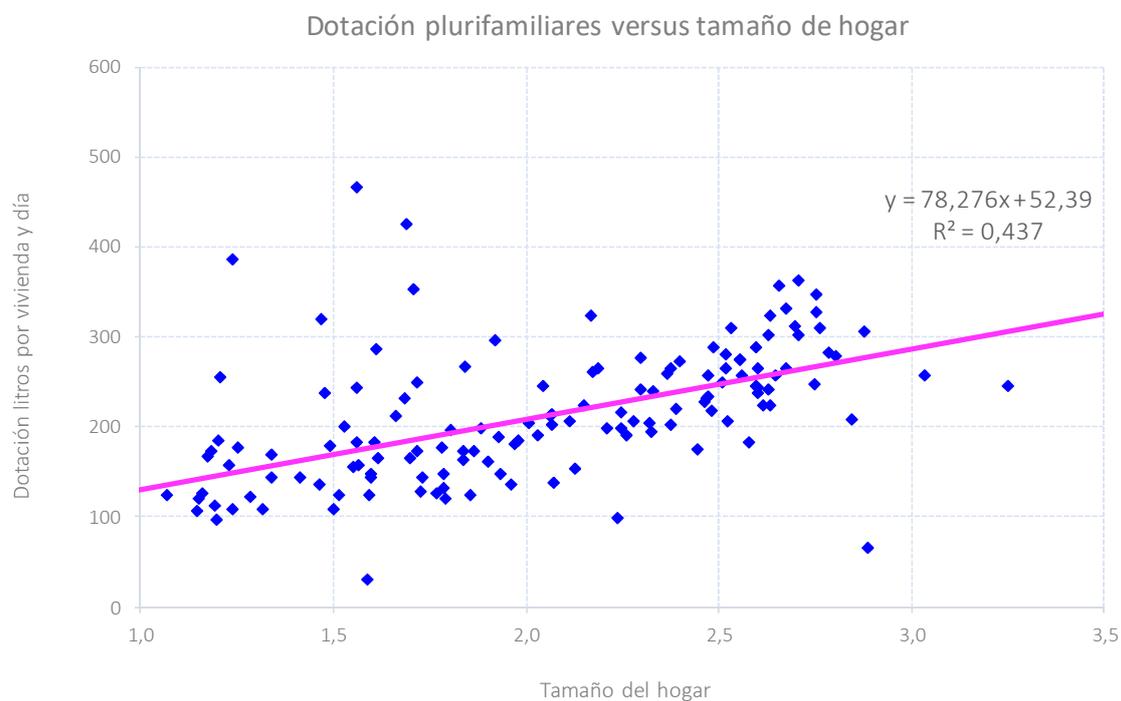
El tamaño de hogar en la Comunidad de Madrid no ha experimentado grandes variaciones en los últimos años, alcanzando un máximo en 2009 2,56 personas por vivienda y descendiendo ligeramente después. En el Municipio de Madrid, el comportamiento ha sido similar, con valores comprendidos entre 2,18 en 2016, y un máximo de 2,30 personas por vivienda en 2009. Las oscilaciones registradas en otras zonas se deben al distinto tratamiento que han podido tener algunas urbanizaciones que se han incorporado estos años al sistema de abastecimiento de Canal de Isabel II. En la Figura 55 se muestran los datos para las distintas zonas estadísticas, durante el periodo 2007 hasta 2016.

**FIGURA 55. TAMAÑO DE HOGAR VIVIENDAS PRINCIPALES POR ZONAS 2007-2016**



La variación en estos últimos años no se considera significativa, pero sí la dispersión entre las distintas zonas. En el año 2016, el valor mínimo de ocupación corresponde al Municipio de Madrid, y el máximo al Nordeste Comunidad, con 3,19 personas por vivienda.

Por municipios el rango de valores es aún mayor, variando entre cifras inferiores a la unidad en pequeñas poblaciones y valores superiores a 4 personas por vivienda en otros lugares. En este caso se observa mayor correlación con las dotaciones de las viviendas plurifamiliares, donde se obtiene un coeficiente de correlación de 0,66 (Figura 56). Para las viviendas unifamiliares este coeficiente es de 0,62.

**FIGURA 56. DOTACIONES EN VIVIENDAS PLURIFAMILIARES, POR MUNICIPIOS, EN RELACIÓN CON EL TAMAÑO MEDIO DE HOGAR PARA 2016**

### Viviendas principales y secundarias

En algunas zonas de la Comunidad de Madrid, especialmente en áreas de la sierra madrileña, un número importante de viviendas están dedicadas a segunda residencia, y no tienen ocupación durante todo el año. El censo de viviendas del INE distingue entre “Viviendas principales” y “Viviendas totales”. Se entiende que la diferencia entre ambas son las segundas residencias o viviendas secundarias y las viviendas desocupadas.

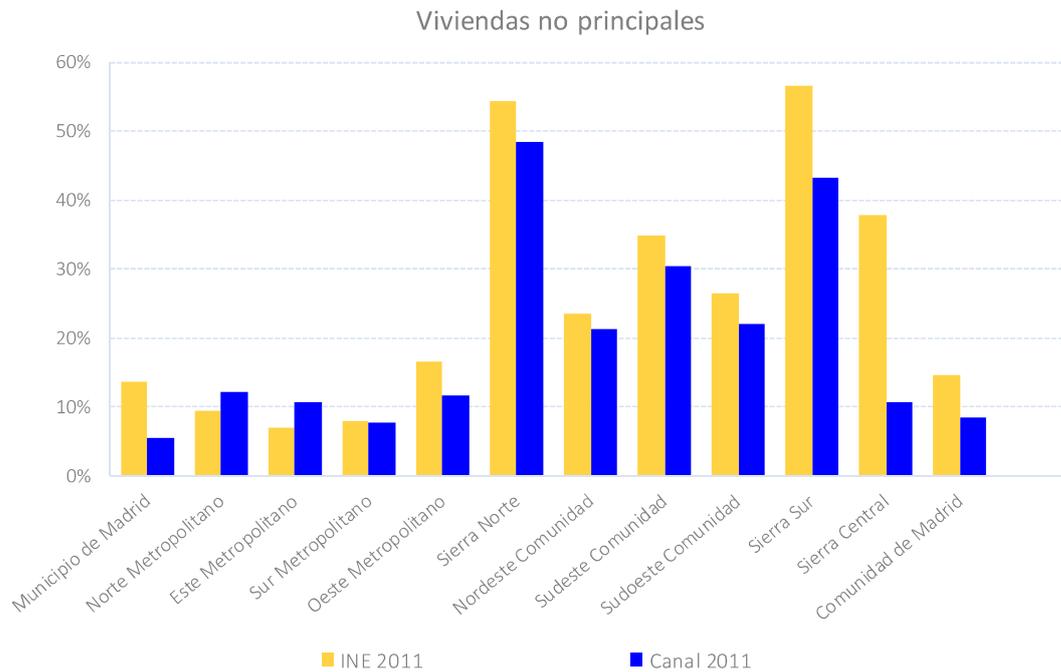
Basándose en los registros de consumo medidos en los contadores de los usuarios, puede deducirse que viviendas tienen un uso secundario o estacional. Se ha convenido en calificar como *viviendas secundarias* (o no principales) las que en el bimestre enero-febrero tienen un consumo inferior a 5 m<sup>3</sup>. Podrían considerarse como viviendas vacías las que no tienen ningún consumo a lo largo del año, pero es de suponer que gran parte de las viviendas vacías no tienen contrato activo con Canal de Isabel II, por lo que no se dispone de ninguna información sobre ellas en el archivo de clientes.

Según el censo de viviendas del INE de 2011, un 14,7% de las viviendas de la Comunidad de Madrid, no tienen la consideración de principales, alcanzando valores superiores al 50% en zonas como Sierra Norte y Sierra Sur. En el Municipio de Madrid, son un 13,7% las viviendas secundarias o vacías.

Aplicando el criterio expuesto a las viviendas con contrato con Canal de Isabel II, en la Comunidad de Madrid serían un 8,5% las viviendas secundarias. La diferencia con el censo se puede atribuir al hecho mencionado de viviendas vacías que no tienen contrato activo.

Por zonas estadísticas, existe una correspondencia consistente entre los datos del INE y los deducidos de los datos de consumo (Figura 57).

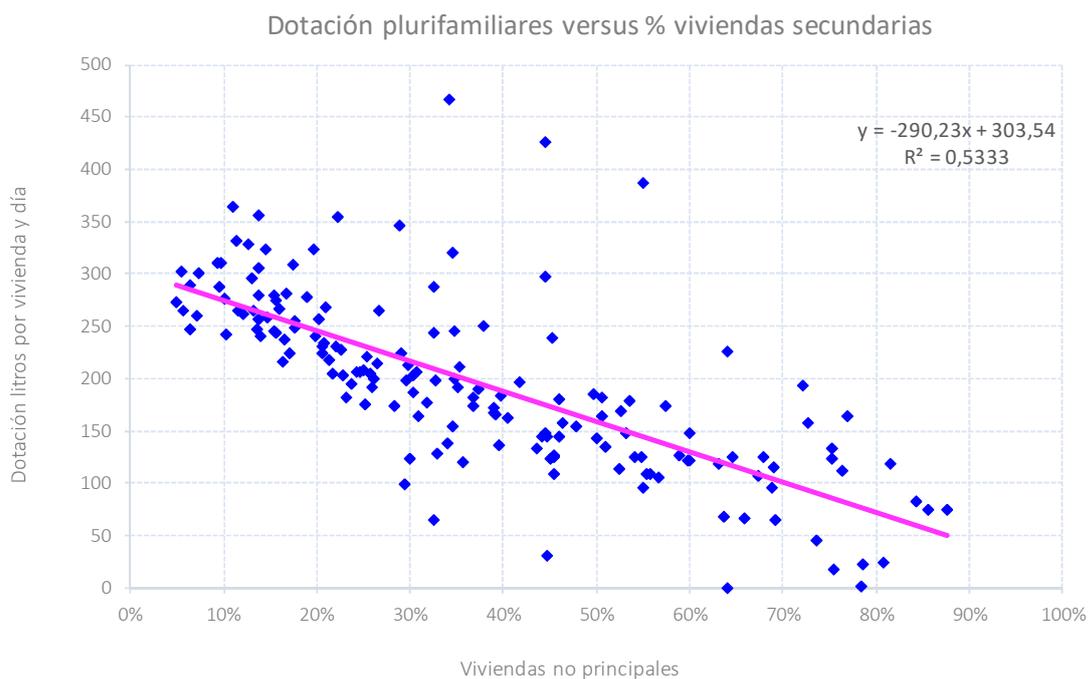
**FIGURA 57. PORCENTAJE DE VIVIENDAS NO PRINCIPALES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS, EN 2011**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Canal de Isabel II

El valor del porcentaje de viviendas secundarias o desocupadas puede ser un factor explicativo de las dotaciones medias. Por municipios, con los datos de 2016, se observa una fuerte correlación tanto para las viviendas plurifamiliares ( $r = 0,73$ ), como para las unifamiliares ( $r = 0,71$ ). En la Figura 58 se muestra esta correlación para el caso de las viviendas plurifamiliares.

**FIGURA 58. DOTACIÓN DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES POR MUNICIPIOS, EN RELACIÓN CON EL PORCENTAJE DE VIVIENDAS NO PRINCIPALES, EN 2016**

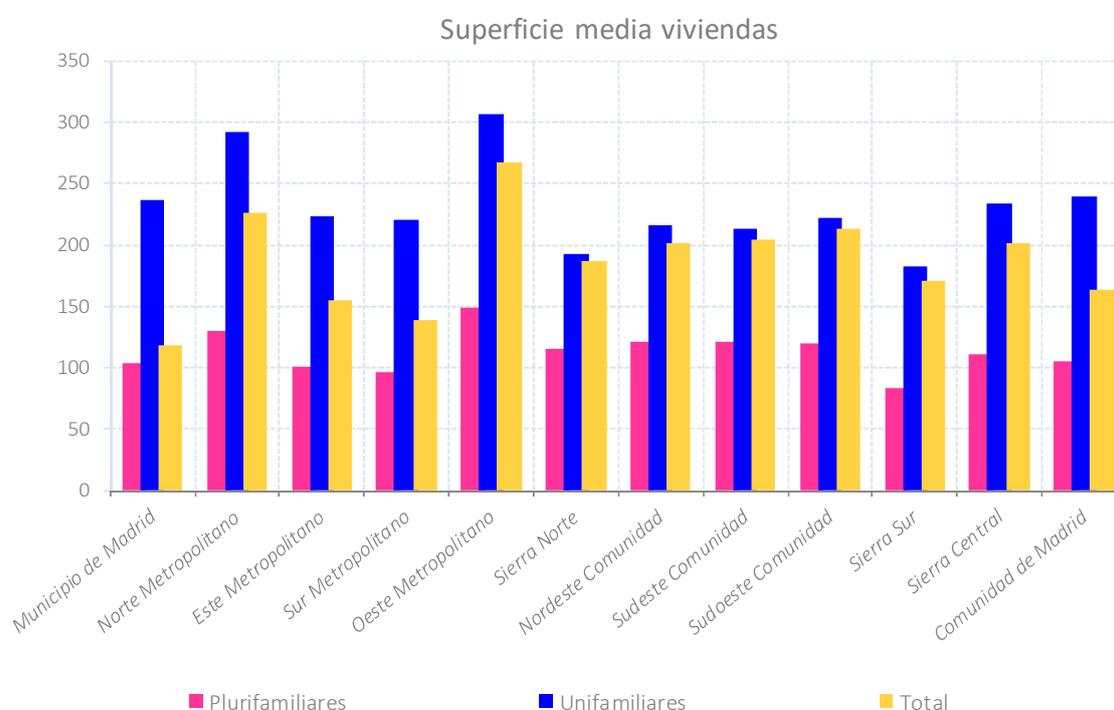


### Características físicas de las viviendas

Las características físicas de las viviendas y sus instalaciones son otro parámetro a tener en cuenta, con incidencia en el consumo del agua. El INE en su censo de viviendas de 2011 proporciona información de las viviendas principales clasificadas por número de habitaciones y superficie útil para los municipios de más de 1.000 habitantes, y por año de construcción para los municipios de más de 10.000 habitantes. La Dirección General del Catastro (DGC) del Ministerio de Hacienda y Función Pública, aporta información mucho más desagregada sobre construcciones, edificios y viviendas, con distinto grado de actualización según los distintos municipios de la región.

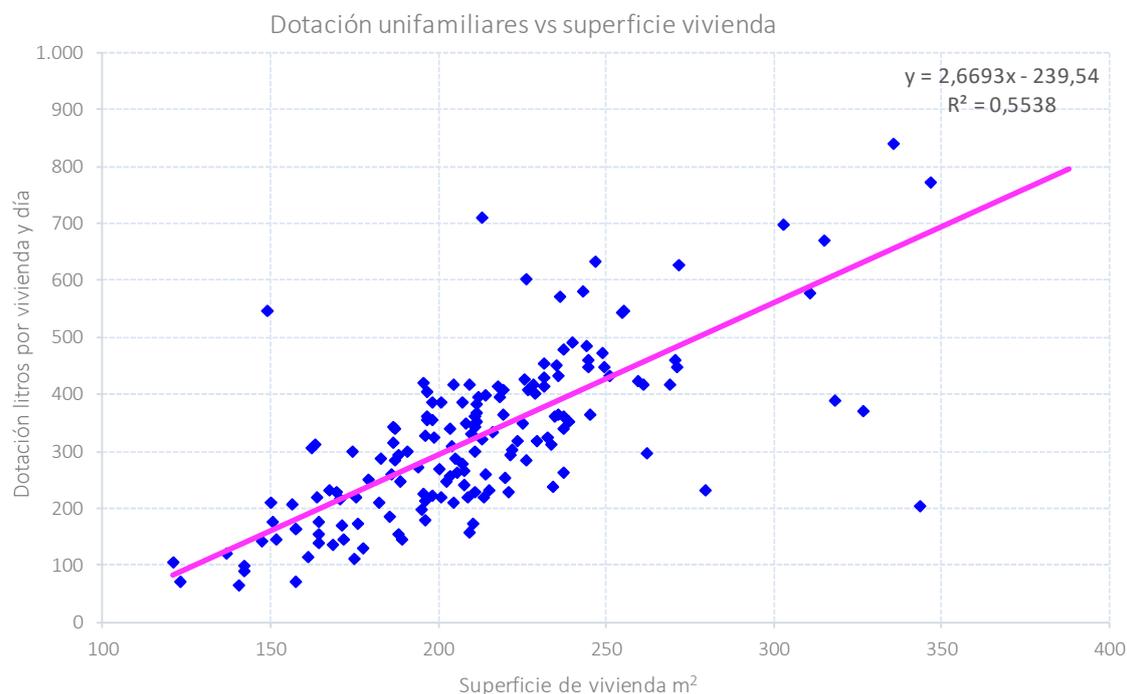
Se ha optado por utilizar como indicador para categorizar las viviendas, su superficie construida según los datos del Catastro, actualizado a 2015 (Figura 59), información que es consistente con la utilizada para otros tipos de análisis más detallados por sectores o parcelas catastrales.

**FIGURA 59. SUPERFICIE MEDIA DE LAS VIVIENDAS POR ZONAS ESTADÍSTICAS, CATASTRO 2015**



Fuente: Dirección General de Catastro

Por municipios, al igual que sucedía con el indicador de renta disponible en los hogares, también se observa una correlación significativa entre las dotaciones de las viviendas unifamiliares y la superficie media (Figura 60), pero no así en el caso de las viviendas plurifamiliares. De hecho, ambos indicadores, el de renta y el de superficie de vivienda, no son completamente independientes, existiendo también una importante correlación entre ambos.

**FIGURA 60. DOTACIÓN VIVIENDAS UNIFAMILIARES 2016 POR MUNICIPIOS EN RELACIÓN CON LA SUPERFICIE MEDIA DE LAS VIVIENDAS**

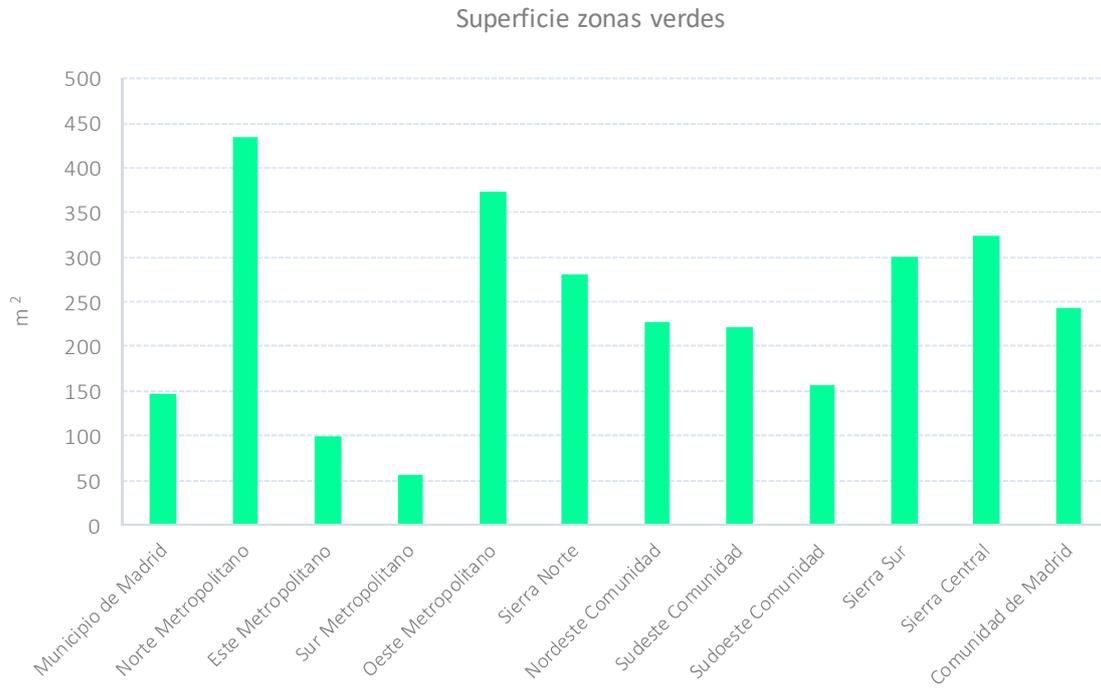
### Usos de exterior

Según se indicó en el apartado 3.2.4, los usos de exterior suponen un componente importante de los consumos de agua urbana y, en el ámbito doméstico, se relacionan principalmente con las viviendas unifamiliares, que frecuentemente disponen de jardín y en muchas ocasiones de piscina. Con el inventario de usos de exterior descrito en ese apartado, se dispone de la ubicación, con la parcela catastral, de las zonas verdes y piscinas de toda la Comunidad de Madrid. De esa forma, se puede relacionar la superficie de riego y láminas de agua por municipio, con las viviendas unifamiliares, y así se ha calculado la superficie media que correspondería a cada vivienda. Por zonas estadísticas, los resultados son los que se muestran a continuación, en las figuras 61 y 62.

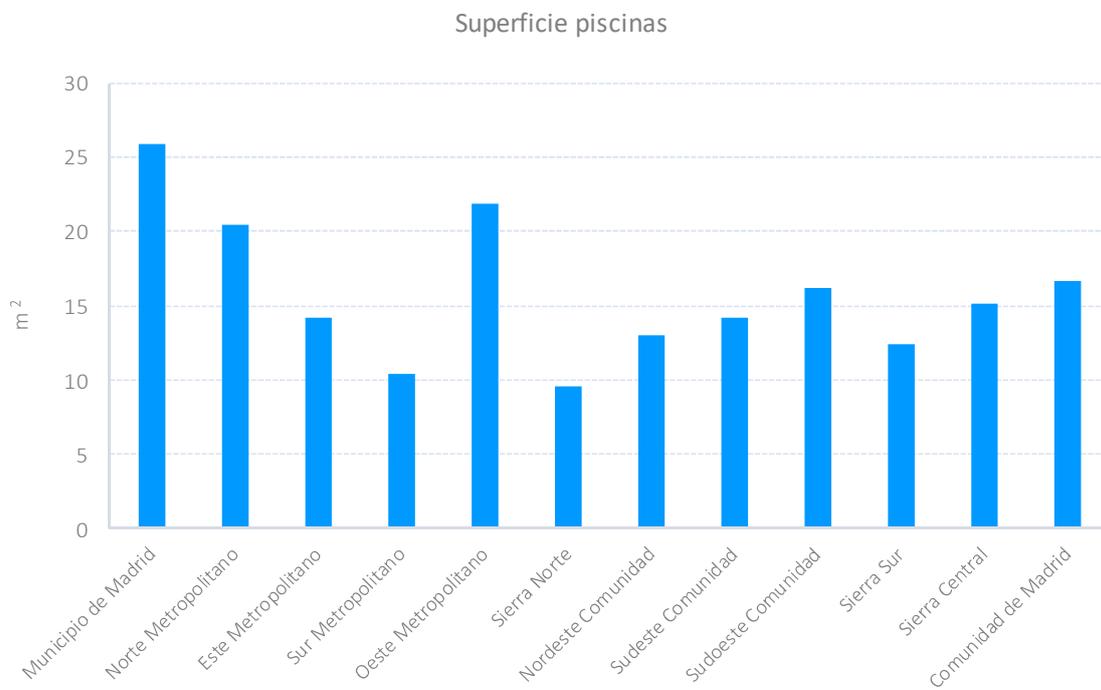
Las diferencias observadas por zonas o municipios son otro factor a considerar relacionado con las dotaciones de las viviendas unifamiliares.

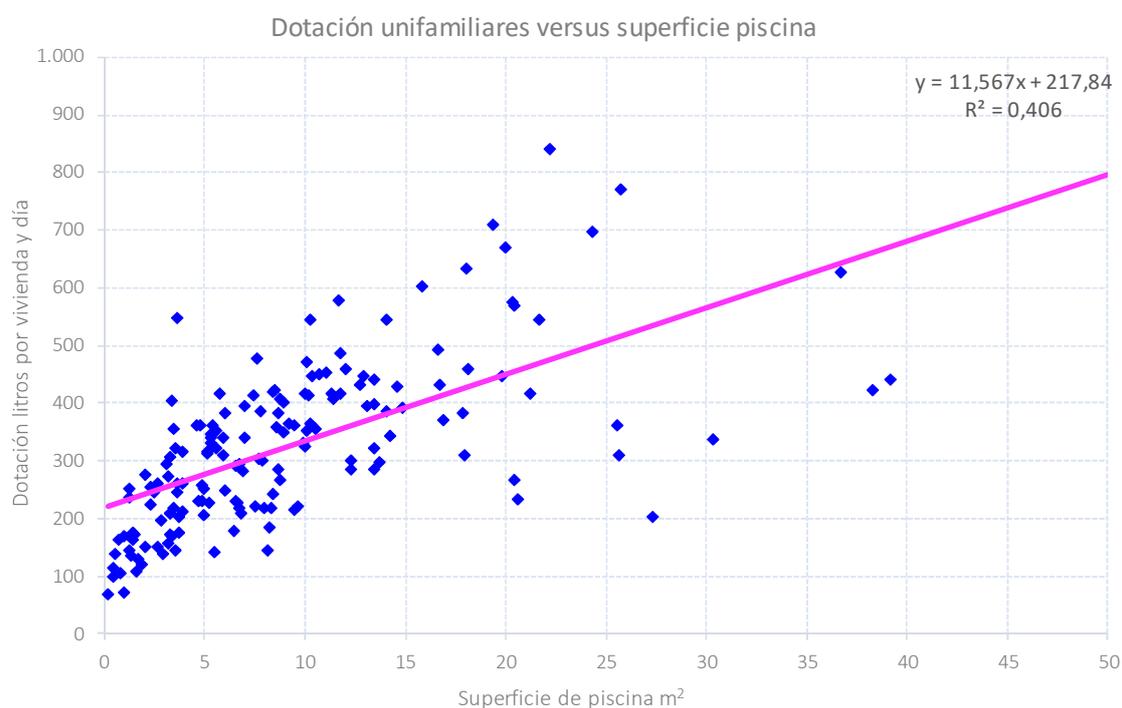
Se encuentra una mayor correlación de la dotación de las viviendas unifamiliares con la superficie media de la piscina ( $r = 0,64$ ), que con la superficie de zona verde ( $0,35$ ), lo que puede ser un indicativo de la diversidad de las distintas prácticas de riego, y tipología de jardines (Figura 63).

**FIGURA 61. SUPERFICIE MEDIA DE ZONAS VERDES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS**



**FIGURA 62. SUPERFICIE MEDIA DE PISCINA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS**



**FIGURA 63. DOTACIÓN VIVIENDAS UNIFAMILIARES 2016 POR MUNICIPIOS EN RELACIÓN CON LA SUPERFICIE MEDIA DE PISCINAS**

#### 4.1.5. El precio del agua

Según los postulados clásicos de las ciencias económicas, el precio del producto deberá influir en la demanda del mismo, con una variación de signo contrario. En el caso de la demanda doméstica de agua, esta relación no es tan evidente.

El gasto anual en agua en una vivienda media en la Comunidad de Madrid en 2016, con un consumo de 108 m<sup>3</sup>, sería de unos de 196 €, lo que supone solamente el 0,45% de la renta disponible en los hogares. Teniendo en cuenta que se trata de un producto de primera necesidad, y que no se dispone de una alternativa económica al mismo, se comprende que existe un consumo mínimo de agua que no se verá afectado por el precio.

Las tarifas del agua en Canal de Isabel II tienen una estructura binomial para los distintos conceptos de facturación (aducción, distribución, alcantarillado y depuración), para los que se aplica una cuota de servicio bimestral, y una parte variable relacionada con el consumo. Para la parte variable se aplican distintos precios por bloques de consumo, de forma progresiva, con el objeto de fomentar el uso eficiente del agua.

Para el consumo doméstico, estos bloques son:

- Bloque 1, hasta 25 m<sup>3</sup> al bimestre;
- Bloque 2, de 25 a 50 m<sup>3</sup> por bimestre,
- Bloque 3, a partir de 50 m<sup>3</sup> por bimestre.

Los bloques 2 y 3 tienen una tarifa estacional, que penaliza su consumo en verano (del 1 de junio al 30 de septiembre).

El consumo medio de las viviendas en la Comunidad de Madrid, en ninguno de los meses del año sobrepasa los 11 m<sup>3</sup> mensuales, por lo que nunca se factura en el tercer bloque.

En la Tabla 13 se presenta una clasificación de las viviendas suministradas por Canal de Isabel II, de acuerdo a los bloques de facturación en que han incurrido a lo largo de 2016. Al ser la facturación bimestral, durante un año civil, se emiten 6 facturas, por lo que se clasifican las viviendas según el número de bimestres en el año en que se les ha facturado en cada uno de los bloques.

**TABLA 13. CLASIFICACIÓN DE VIVIENDAS, SEGÚN EL NÚMERO DE BIMESTRES EN EL BLOQUE DE FACTURACIÓN**

	0	1	2	3	4	5	6	Total
Bloque 1	6,5%	2,5%	2,3%	3,4%	2,9%	4,1%	78,3%	100,0%
Bloque 2	79,4%	5,0%	3,9%	3,2%	2,3%	2,5%	3,8%	100,0%
Bloque 3	94,6%	1,8%	1,1%	1,3%	0,4%	0,3%	0,5%	100,0%

De la Tabla 13 se puede destacar que la mayoría de las viviendas (78,3%) se facturan exclusivamente en el primer bloque de facturación, y la gran mayoría (94,6%) no alcanzan nunca el tercer bloque. Solamente un 0,5% de las viviendas consumen durante todo el año en el tercer bloque.

Para las viviendas unifamiliares, con consumos superiores y mayor estacionalidad, estos valores son sensiblemente diferentes, tal como se muestra en la Tabla .

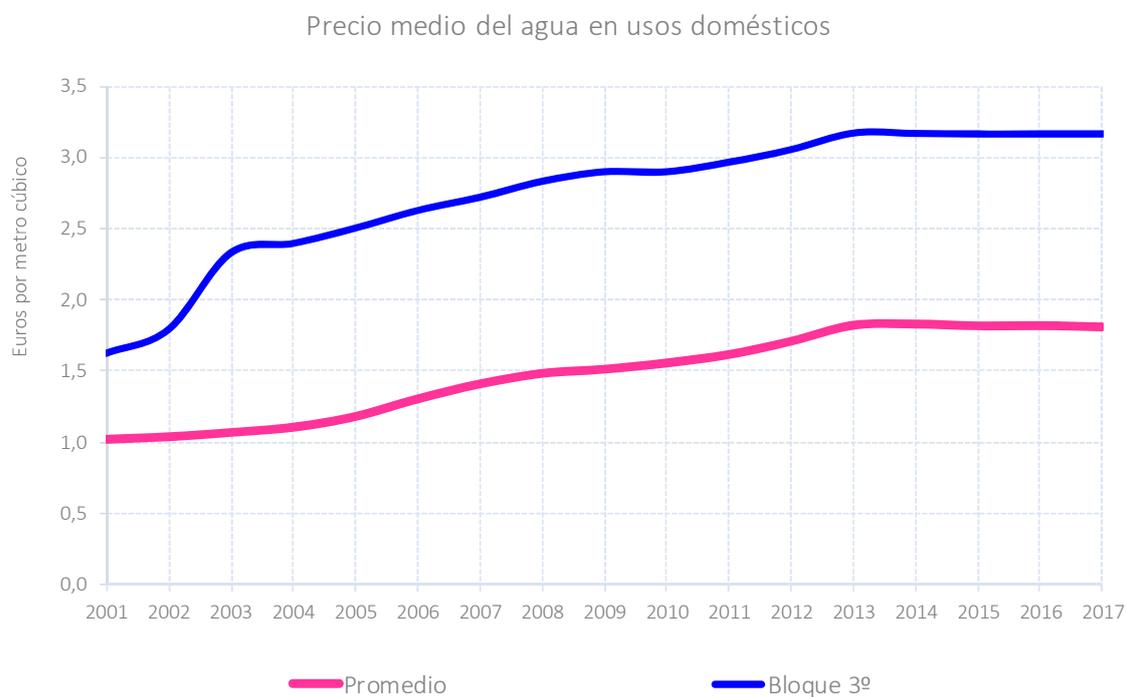
**TABLA 14. CLASIFICACIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES, SEGÚN EL NÚMERO DE BIMESTRES EN EL BLOQUE DE FACTURACIÓN**

	0	1	2	3	4	5	6	Total
Bloque 1	18,7%	5,7%	6,6%	11,9%	7,3%	8,1%	41,7%	100,0%
Bloque 2	46,5%	13,3%	12,8%	9,8%	5,5%	4,9%	7,2%	100,0%
Bloque 3	73,3%	8,6%	5,6%	7,5%	2,1%	1,1%	1,9%	100,0%

En este caso, solamente un 41,7% de las viviendas tienen todas sus facturas incluidas en el primer bloque, y un 1,9% facturan en el tercer bloque todos los meses del año.

La evolución del precio del agua desde 2001 se muestra en el gráfico de la Figura 64; en ella se presenta el precio medio por metro cúbico, incluidos todos los conceptos, para una vivienda con un consumo similar al promedio de la Comunidad de Madrid, junto con el precio marginal para el metro cúbico más caro, en el caso del tercer bloque de facturación en los meses de verano.

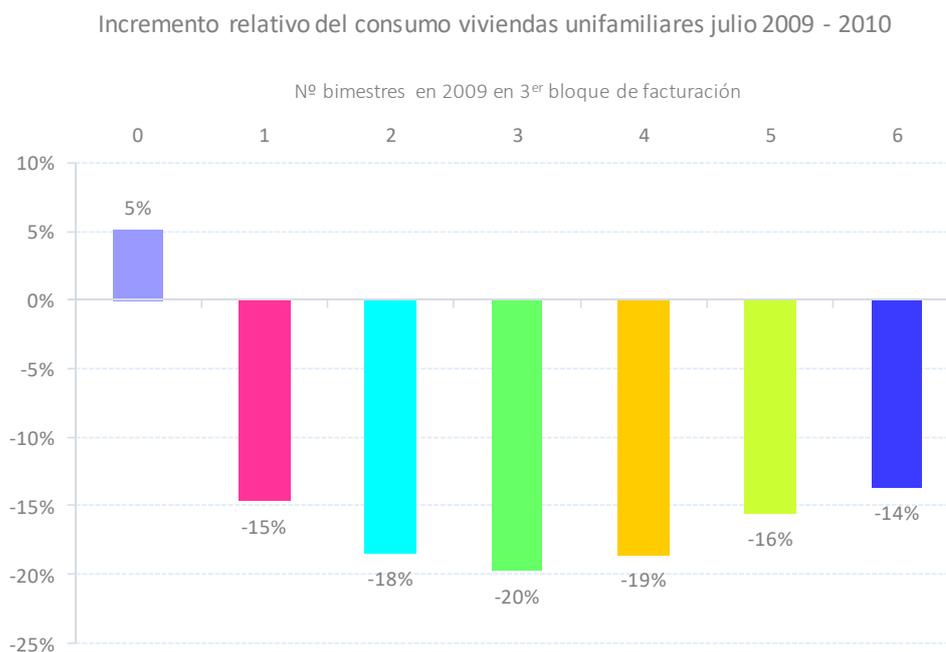
Desde 2013, las tarifas están prácticamente congeladas, incluso contaron con una pequeña reducción en 2015. El precio medio actual se mantiene en unos 1,81 €/m<sup>3</sup>.

**FIGURA 64. EVOLUCIÓN DEL PRECIO MEDIO Y PRECIO MARGINAL (BLOQUE 3º), DEL AGUA EN CONSUMOS DOMÉSTICOS**

La tarifa estacional comenzó a aplicarse en 2003, lo que se refleja en la subida del precio del consumo en el tercer bloque de facturación. Este ascenso coincide en el tiempo con el cambio de tendencia en el consumo doméstico mencionado con anterioridad (ver epígrafe 3.2. *Agua Facturada* y Figura 22). Sin embargo, no pudo establecerse una relación causal entre estos sucesos, ya que la subida de la tarifa solo afectaba al tercer bloque de facturación (hasta 2005 no se aplicó al segundo) y según se ha mencionado, en este tramo de facturación solamente incurren un 5,4% de las viviendas, la mayor parte de ellas unifamiliares, y la tendencia descendente del consumo en este tipo de viviendas comenzó a observarse con posterioridad, a partir de 2006.

Parece ser que el efecto de la tarifa sobre el consumo es bastante limitado, y que afecta casi exclusivamente a los usuarios con nivel de consumo más alto, y además se observa con un cierto retraso. En 2008 se modificó el nivel de inicio del tercer bloque de facturación, encareciendo la factura de los mayores consumidores. Este aumento de la tarifa coincidió además con el inicio de la recesión económica y descenso de la renta de los hogares. Sin embargo, en 2009 se produjo un aumento significativo en el consumo de las viviendas unifamiliares (ver Figura 36), probablemente relacionado con la meteorología, y no fue hasta 2010 cuando se observó un descenso notable en este tipo de viviendas. En la Figura 65 se observa el comportamiento de los usuarios, en función de su nivel de facturación en 2009, según el número de bimestres en que su factura incluyó el tercer bloque.

Se puede observar que los usuarios con consumos moderados, cuyas facturas en 2009 no llegaron nunca al tercer bloque, incluso aumentaron el consumo mientras que los descensos se produjeron en los usuarios que en 2009 sufrieron en mayor medida el incremento de tarifa, registrando una reducción en el consumo de hasta el 20%. Parece bastante verosímil que la importante reducción del consumo registrada, sobre todo en viviendas unifamiliares en 2010, esté relacionada con el incremento de la tarifa, aunque se produjo con un cierto retraso y en conjunción con otras circunstancias desfavorables, como la meteorología, y la situación económica general.

**FIGURA 65. INCREMENTO DE CONSUMO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES PERIODO JULIO 2009 – 2010, SEGÚN SU FACTURACIÓN EN TERCER BLOQUE**

#### 4.1.6. Modelización estadística

Se ha visto ya en los apartados anteriores la gran dispersión que presentan las dotaciones unitarias del Consumo Doméstico en la Comunidad de Madrid, lo que implica que la utilización de dotaciones medias para el diseño, planificación o explotación de las infraestructuras no resulte, en absoluto, adecuado. Se han identificado también una serie de factores que aparecen claramente relacionados con el consumo de agua en las viviendas y que pueden explicar esas variaciones.

Mediante técnicas estadísticas de regresión múltiple se ha evaluado de forma cuantitativa la influencia real de los distintos factores explicativos enumerados en los apartados anteriores sobre los consumos unitarios registrados.

Se han construido modelos diferentes para las dos categorías en que se han clasificado las viviendas: unifamiliares y plurifamiliares. De igual manera se pueden construir para los otros tipos de consumo (Industrial, Comercial, Institucional, etc.) aunque ya se ha apuntado que estas otras categorías presentan mucha mayor variabilidad y se encuentran condicionados por muchas variables difíciles de evaluar.

Los modelos se han parametrizado y calibrado independientemente para cada una de las 11 zonas estadísticas de la Comunidad de Madrid, y se han construido los modelos para las dotaciones medias mensuales, teniendo en cuenta la estacionalidad, y particularmente para los meses de junio y julio en que se producen normalmente los consumos punta. Varios han sido los factores explicativos que se han utilizado, tales como la renta disponible en los hogares, el tamaño de hogar (número de personas por vivienda), el porcentaje de viviendas secundarias, la superficie de las viviendas y la magnitud de los usos de exterior, según el inventario mencionado en el epígrafe 3.2.4. (*Usos de exterior*) y teniendo en cuenta las variables meteorológicas que lo determinan.

Se ha optado por modelos lineales, con una formulación del tipo:

$$D_{c,m} = (A_c + \sum_{i=1}^n K_{c,m,i} \times F_{c,m,i}) \times E_{c,m}$$

Donde:

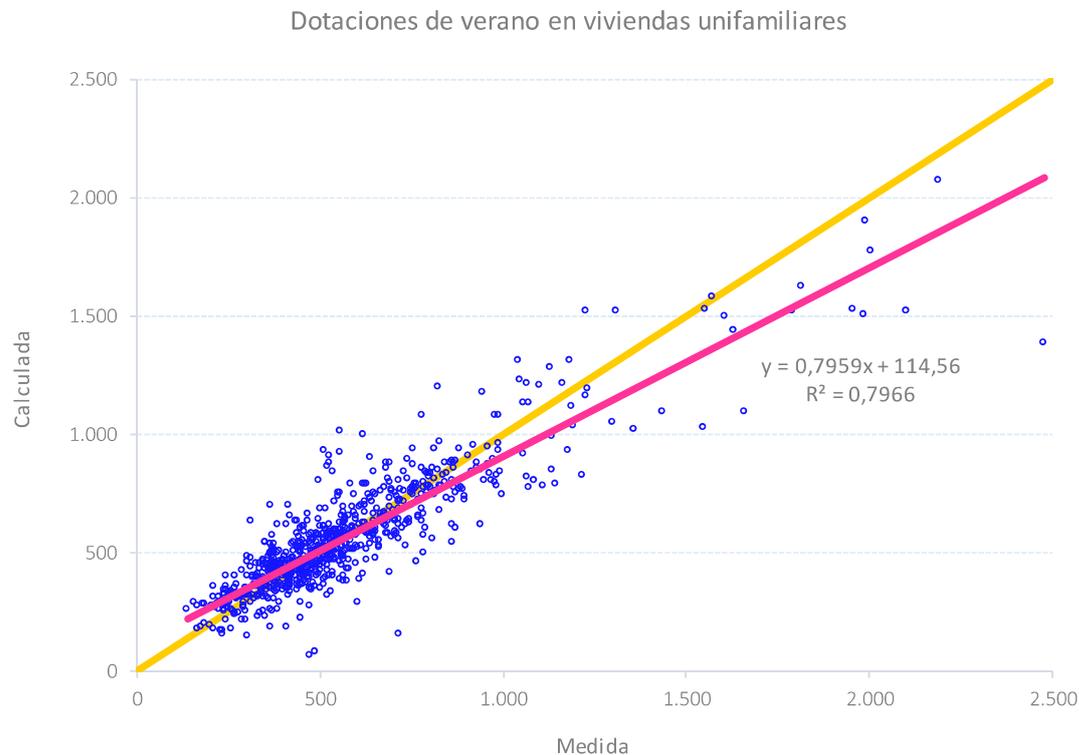
- $D_{c,m}$ :** dotación unitaria para la categoría  $c$  y el mes  $m$
- $A_c$ :** término independiente categoría  $c$
- $n$ :** número de factores (variables independientes) considerados
- $K_{c,m,i}$ :** coeficiente para la categoría  $c$  y la variable  $i$  y el mes  $m$
- $F_{c,m,i}$ :** valor de la variable  $i$  para la categoría  $c$  y el mes  $m$
- $E_{c,m}$ :** factor de estacionalidad para la categoría  $c$  y el mes  $m$

Modelos no lineales, por ejemplo exponenciales o polinómicos, pueden dar en principio mejores ajustes, pero cuando se quieren extrapolar, si las variables consideradas toman valores fuera del rango con el que fueron ajustados, es posible que conduzcan a resultados absurdos. Una vez ajustado numéricamente un modelo para cada una de las zonas y tipo de vivienda, éste se ha aplicado a cada uno de los municipios de la zona con los datos de los años 2011–2015, comparando las dotaciones calculadas por el modelo con los resultados reales registrados.

El mejor ajuste conseguido es el que se muestra en la Figura 66, con un coeficiente de correlación de  $R^2 = 0,796$  lo que indica que un 80% de la varianza entre las dotaciones de los 167 municipios modelizados en estos cinco años puede explicarse por los factores señalados. Podría considerarse este ajuste bastante satisfactorio, sin embargo, debe tenerse en cuenta que se trata de un ajuste simplemente numérico obtenido mediante optimización para minimizar el error cuadrático. Si se deseara extrapolar este modelo, debería introducirse algún aspecto conceptual como restricción. Por ejemplo, no debería admitirse una correlación negativa entre la dotación total y la estimación de usos de exterior. Introduciendo estos conceptos, el mejor ajuste conseguido sería de  $R^2 = 0,689$ , es decir un 70% de la varianza, aproximadamente.

En el gráfico de la Figura 66 se puede observar cómo los resultados obtenidos, están por debajo de los valores registrados, en numerosas ocasiones, y las diferencias pueden ser importantes sobre todo en los municipios con dotaciones más altas. Éste es un comportamiento habitual en los modelos matemáticos, que tienden a aproximar los valores medios o más comunes, y apartarse en los extremos.

En el caso de las viviendas plurifamiliares, el ajuste es bastante más pobre, de acuerdo con lo expuesto en apartados anteriores sobre la influencia de los distintos factores en el consumo de este tipo de viviendas.

**FIGURA 66. CORRELACIÓN ENTRE LAS DOTACIONES DE VERANO, MEDIDA Y CALCULADA, EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES**

Teniendo en cuenta la dificultad de estimar los valores de estas variables en el futuro, además de la incertidumbre en cuanto al mantenimiento de las actuales relaciones con el consumo de agua, las ventajas de este tipo de modelos quedan, en cierto modo, restringidas. Para estimar las demandas en el corto plazo pueden resultar más adecuados modelos estadísticos de análisis de las series históricas recientes de cada municipio o sector y extrapolación al horizonte de cálculo.

Es evidente que, además de las variables explicativas analizadas, existen otros muchos factores de difícil cuantificación y que no se encuentran en las estadísticas oficiales, como puede ser el tipo y condiciones de las instalaciones de fontanería o los hábitos de los usuarios, el grado de concienciación con el uso eficiente del agua, etc. Este tipo de información puede obtenerse mediante encuestas a los ciudadanos, un método no muy costoso, pero poco preciso. La medición directa en continuo del consumo del agua en las distintas aplicaciones domésticas proporciona esa información sobre el uso final y los microcomponentes del consumo, que completa el conocimiento sobre el comportamiento de la demanda de agua en el ámbito doméstico. Si en el estado actual de la tecnología no es viable esa medición directa sobre todos los usuarios del sistema de abastecimiento, una muestra representativa, puede ser suficiente.

En los apartados que vienen a continuación se expone la metodología empleada y los resultados obtenidos del *Panel de Monitorización*, compuesto por una muestra de 300 viviendas, que Canal de Isabel II viene monitorizando desde 2008, para el estudio de pautas de hábitos de consumo y usos finales de agua.

## 4.2. USOS FINALES EN EL CONSUMO DOMÉSTICO. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

El objetivo de esta parte del trabajo consiste en ampliar el conocimiento de las pautas de consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid, mediante monitorización, a largo plazo, de una muestra representativa de viviendas, identificando los usos finales a los que se destina dicho consumo y analizando la influencia de factores explicativos del mismo y sus modificaciones temporales.

En este capítulo se pretende responder a cuestiones concretas sobre el uso que dan las familias madrileñas al agua que se les suministra, y los factores que determinan dicho uso. El estudio ha estado focalizado en el consumo y usos finales domiciliarios, o de microcomponentes.

Los datos que aquí se presentan han sido recogidos entre enero de 2008 y junio de 2017, sobre una muestra, relativamente estable, de entre 200 y 300 viviendas repartidas por toda la Comunidad de Madrid. En este periodo se han monitorizado unos 15,8 millones de horas de consumo y se ha registrado y analizado el uso de cerca de 208 millones de litros de agua.

No se han encontrado referencias de ningún estudio equivalente en el que se haya consignado el uso final del agua con un volumen de datos tan alto y sobre un periodo tan prolongado, que permite el seguimiento de la evolución de los patrones de uso, y posibles cambios de tendencia a largo plazo.

En este apartado se expone el planteamiento metodológico utilizado en las diferentes partes del estudio y que pueden resumirse en los contenidos que se desarrollan seguidamente: la selección de la muestra, la tecnología para la medición y transmisión de los datos, el tratamiento de la información para la identificación de los usos finales y la información complementaria para el análisis final de datos. A la evaluación de los resultados se ha dedicado una especial atención en el capítulo siguiente.

El diagrama de proceso que se ha seguido ha sido el reflejado en la Figura 67.

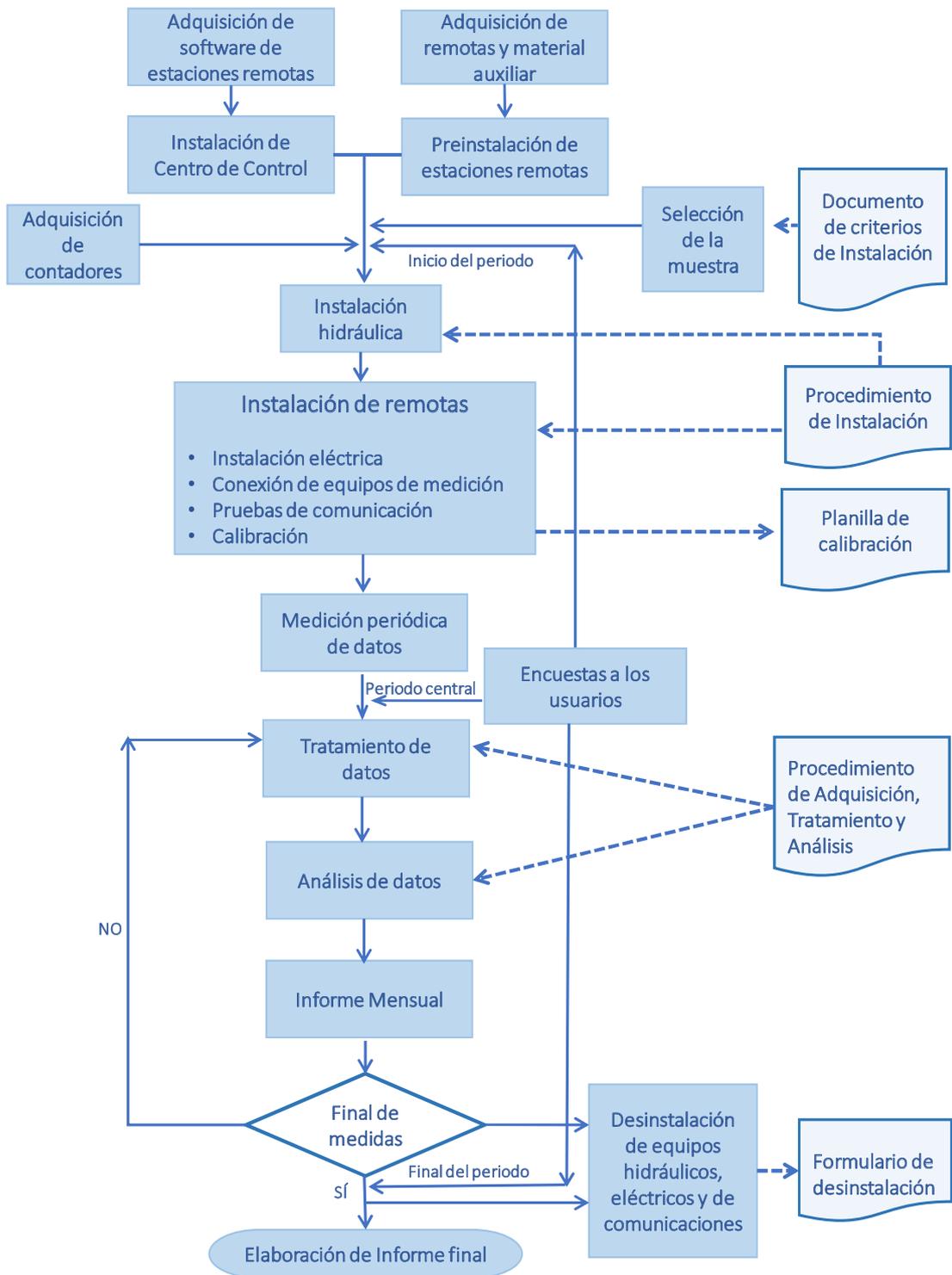
### 4.2.1. Selección de la muestra

Uno de los elementos esenciales del proyecto consistió en la selección de una muestra suficientemente representativa del conjunto de viviendas de la Comunidad de Madrid, para lo cual debía estar estratificada en cuanto a tipología de viviendas, ocupación, etc. y con una distribución geográfica que pudiera cubrir, dentro de lo posible, el conjunto de la región con toda su diversidad.

Los aspectos clave a tener en cuenta para establecer correctamente esa muestra fueron:

- ✓ *Estratificación*
- ✓ *Representatividad*
- ✓ *Estabilidad*
- ✓ *Colaboración de los clientes*
- ✓ *Protección de datos personales*
- ✓ *Viabilidad técnica de instalación de equipos: disponibilidad de energía eléctrica, cobertura GPRS*

FIGURA 67. DIAGRAMA DE PROCESO PARA MONITORIZACIÓN DE USOS FINALES



El objetivo perseguía conseguir una muestra de entre 200 y 300 viviendas, con la mayor estabilidad posible, aunque esto no siempre se ha podido conseguir a lo largo de todo el periodo de monitorización, debido al abandono de algunos de los usuarios, viviendas que han quedado desocupadas, o problemas técnicos.

Los usuarios se seleccionaron principalmente entre clientes de Canal de Isabel II, aunque en algunos casos, se trataba de viviendas que son suministradas por Canal de Isabel II pero no disponían de contador individual, al estar integradas en una Comunidad de Propietarios o urbanización.

### Evolución de la muestra

Un factor que influyó en el análisis de los datos es la variabilidad de la muestra a lo largo de los casi diez años del estudio, tanto por las incorporaciones, como por la salida de elementos, a lo largo de todo el periodo. Esta modificación de los usuarios del estudio distorsiona los análisis de la evolución de consumos (globales o por usos), aunque no afectan a los vinculados con la distribución semanal u horaria de cada uno de los usos analizados.

El inicio del estudio se puede datar en diciembre de 2007, con las primeras instalaciones, aunque el *Panel de Monitorización* quedó constituido en febrero de 2008. Desde entonces, hasta junio de 2017, participaron en el estudio 475 usuarios o viviendas (instalaciones realizadas), de los que 282 (60% del total) lo hicieron hasta el final, contando con datos en el último mes del proyecto (junio 2017).

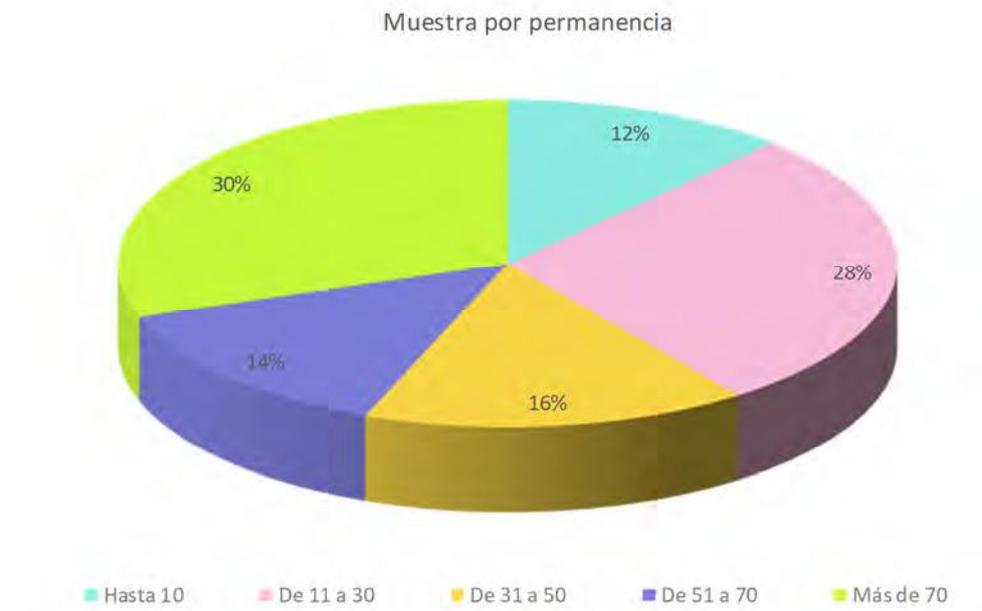
La evolución de la muestra a lo largo del tiempo, desde el inicio del trabajo con el número de usuarios activos, altas y bajas se muestra en la Figura 68.

**FIGURA 68. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA MUESTRA**



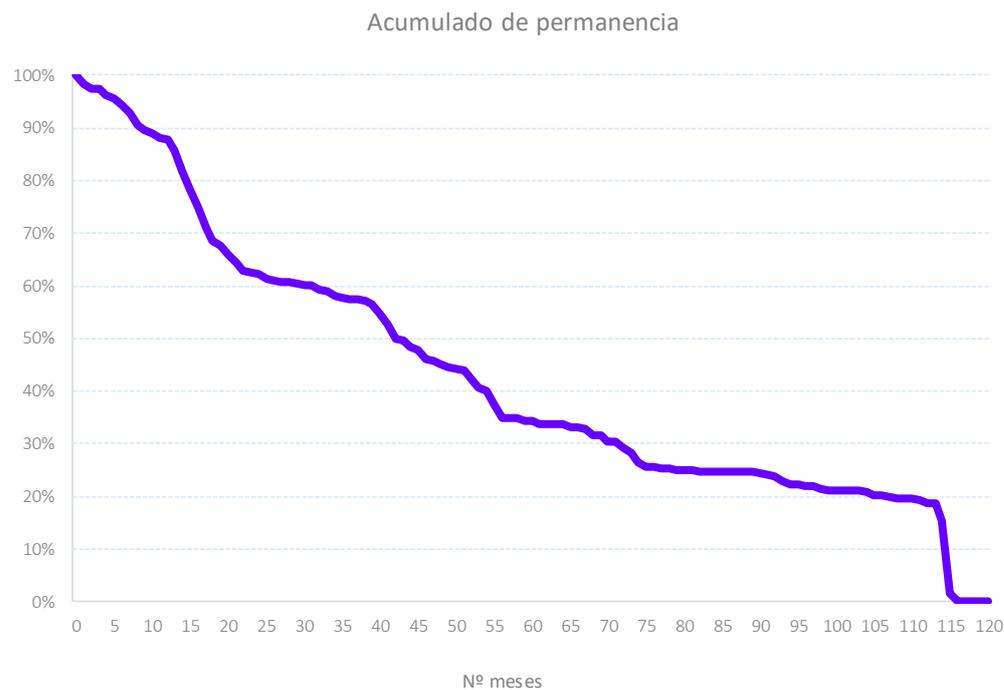
Según aparece en la Figura 69, si se agrupan por rangos los usuarios en función de sus meses de permanencia en el *Panel de Monitorización*, se observa que el 60% ha permanecido más de 30 meses en el estudio, y el 30% más de 70 meses.

**FIGURA 69. PERMANENCIA DE USUARIOS EN EL PANEL DE MONITORIZACIÓN POR RANGOS**



El porcentaje acumulado de usuarios según sus meses de permanencia en el *Panel de Monitorización*, se representa en la Figura 70, donde se puede observar como los cuartiles corresponden a 16, 42 y 80 meses de permanencia.

**FIGURA 70. ACUMULADO DE PERMANENCIA DE USUARIOS EN EL PANEL DE MONITORIZACIÓN**

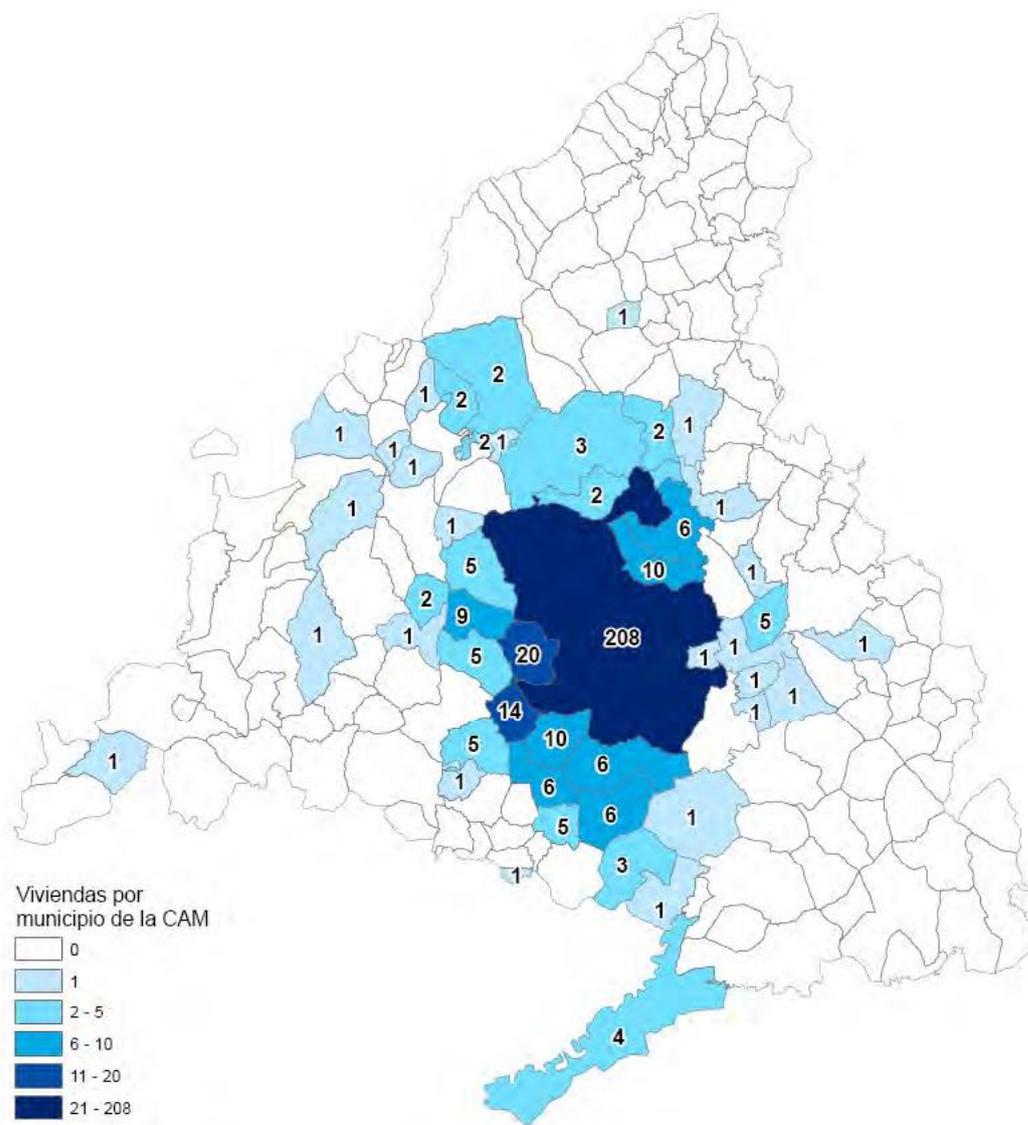


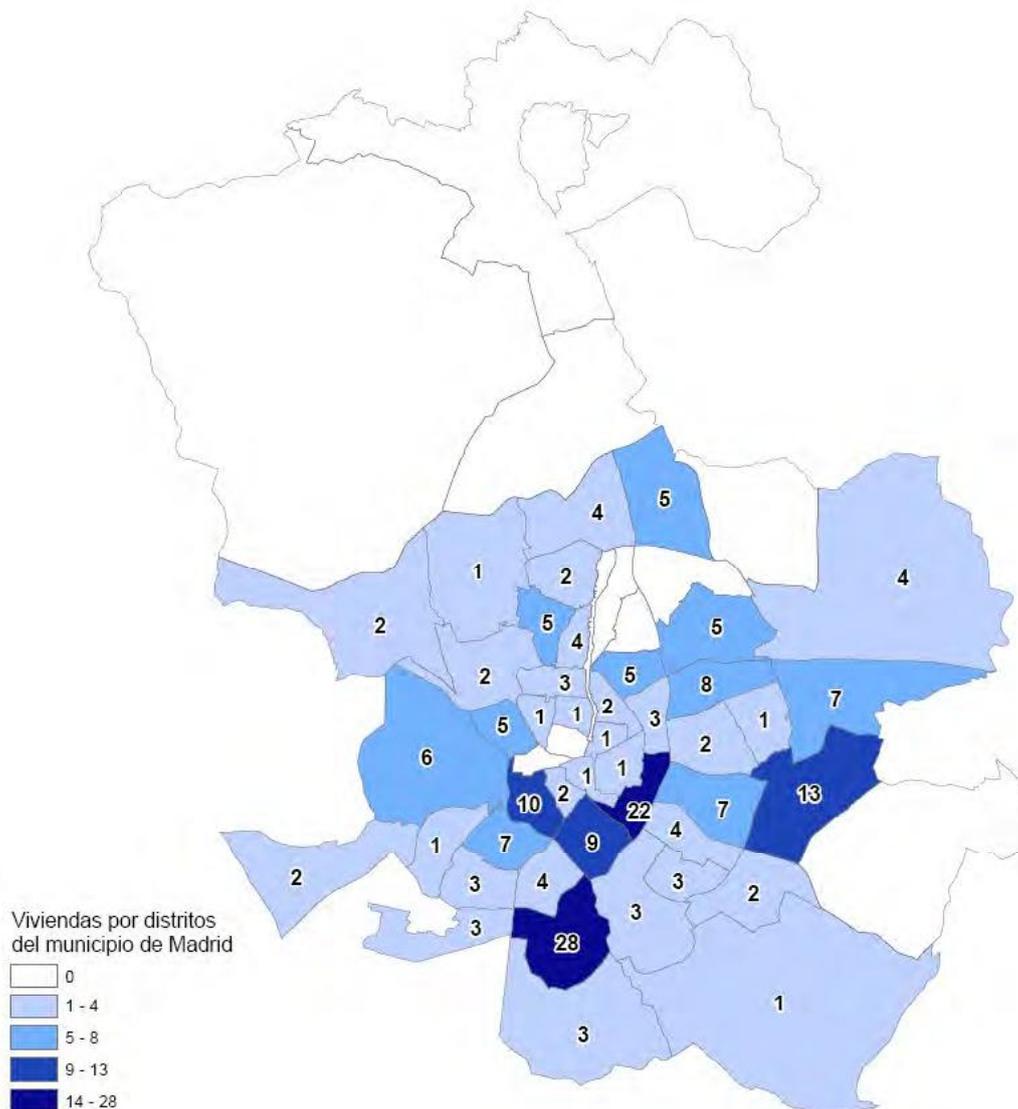
Aunque en el estudio se realizaron los análisis sobre la muestra que componía el *Panel de Monitorización* en cada momento, ocasionalmente se introdujeron análisis sobre una subpoblación con 45, o más meses, de permanencia en el estudio, denominada **muestra estable**, de 155 viviendas (40% sobre el total de la muestra).

### Distribución geográfica de la muestra

La distribución geográfica de la muestra, a lo largo de la realización del trabajo es la que se expone en las figuras 71 y 72. El mayor número de viviendas se concentra en el municipio de Madrid y su corona metropolitana, donde reside la mayor parte de la población, pero también se encuentran representadas las zonas periféricas.

**FIGURA 71. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR MUNICIPIOS. COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**



**FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA, POR DISTRITOS POSTALES, DEL MUNICIPIO DE MADRID**

### Estratificación y representatividad

Las características de las viviendas incluidas en el *Panel de Monitorización* para la realización del estudio se detallan en los gráficos y tablas que siguen. La representatividad de la muestra se ha evaluado comparando las características respecto a los datos del Instituto Nacional de Estadística, o del Instituto de Estadística de la Comunidad Autónoma de Madrid.

El tipo de vivienda ha sido una de las características que se han recopilado para caracterizar las viviendas. De modo general, la clasificación que se ha realizado en el estudio ha sido más detallada que las de referencia estadística, como se muestra en la Figura 73.

Actualmente la proporción de viviendas unifamiliares en la muestra es del 13%, similar a la media de la Comunidad Autónoma de Madrid (13,7%); aunque no siempre ha sido así, en 2011 era solamente del 9%. Este tipo de viviendas, normalmente, ha estado poco representada, debido a la mayor dificultad para instalar los equipos de medida en ellas.

**FIGURA 73. ESTRATIFICACIÓN POR TIPO DE VIVIENDA****TABLA 15. ESTRATIFICACIÓN POR TIPO DE VIVIENDA, UNIFAMILIAR O PLURIFAMILIAR**

Tipo de vivienda	Muestra	Instituto Nacional de Estadística (1)	Instituto de Estadística Comunidad Autónoma Madrid (2)
Unifamiliar	13%	14%	10%
Piso/Apartamento	87%	86%	90%

(1) Datos del censo demográfico del INE 2011 para la Comunidad Autónoma de Madrid

(2) Datos del Instituto de Estadística de la Comunidad Autónoma de Madrid de 2001

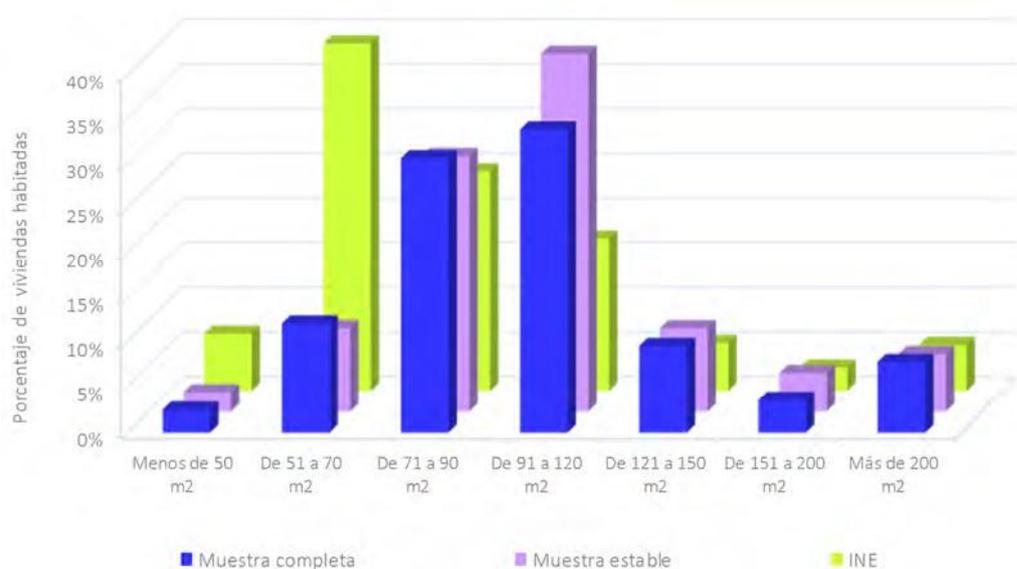
Otra de las características recopiladas de las viviendas que han compuesto el *Panel de Monitorización* es la del tamaño de las viviendas, estos datos aparecen reflejados en la Tabla 16.

**TABLA 16. ESTRATIFICACIÓN POR TAMAÑO DE VIVIENDA M<sup>2</sup>**

Tipo de vivienda en m <sup>2</sup>	Muestra completa	Muestra estable
Menos de 50	7	3
De 51 a 70	34	13
De 71 a 90	86	40
De 91 a 110	69	40
De 111 a 125	26	16
De 126 a 150	27	13
De 151 a 175	8	4
De 176 a 200	2	2
De 201 a 250	14	7
Más 251	8	2
No sabe/No contesta	21	15

Al igual que en lo que respecta al tipo de viviendas, la clasificación aplicada en el estudio ha sido más detallada que la que utilizan los censos estadísticos, por lo que se han agrupado para realizar una comparación adecuada, que se pone de manifiesto en la Figura 74. Lo más destacable es la baja representatividad de las viviendas en el intervalo de 51 a 70 m<sup>2</sup> y la elevada en el de 91 a 120 m<sup>2</sup>.

**FIGURA 74. ESTRATIFICACIÓN POR TAMAÑO DE VIVIENDA M<sup>2</sup>**



El nivel de ocupación es el aspecto más variable de la estratificación, por algunos cambios en los propietarios y/o inquilinos de las viviendas con las bajas de usuarios y la incorporación de nuevas viviendas al estudio a lo largo de todo el periodo.

Estos datos se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.17** donde se añaden los del Instituto de Estadística de la Comunidad Autónoma de Madrid y del Instituto Nacional de Estadística.

**TABLA 17. COMPARACIÓN DE OCUPACIÓN POR VIVIENDA, EN LA MUESTRA Y EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

Ocupación Nº de habitantes	Muestra Completa	Muestra Estable	Instituto Nacional de Estadística (1)	Instituto de Estadística Comunidad Autónoma Madrid (2)
1	10,2%	6,0%	23,6%	19,4%
2	23,4%	15,4%	29,7%	25,5%
3	22,0%	27,5%	21,1%	21,5%
4	34,9%	38,9%	18,7%	22,4%
5	8,1%	11,4%	5,0%	7,4%
6 o más	1,4%	0,7%	2,0%	2,2%

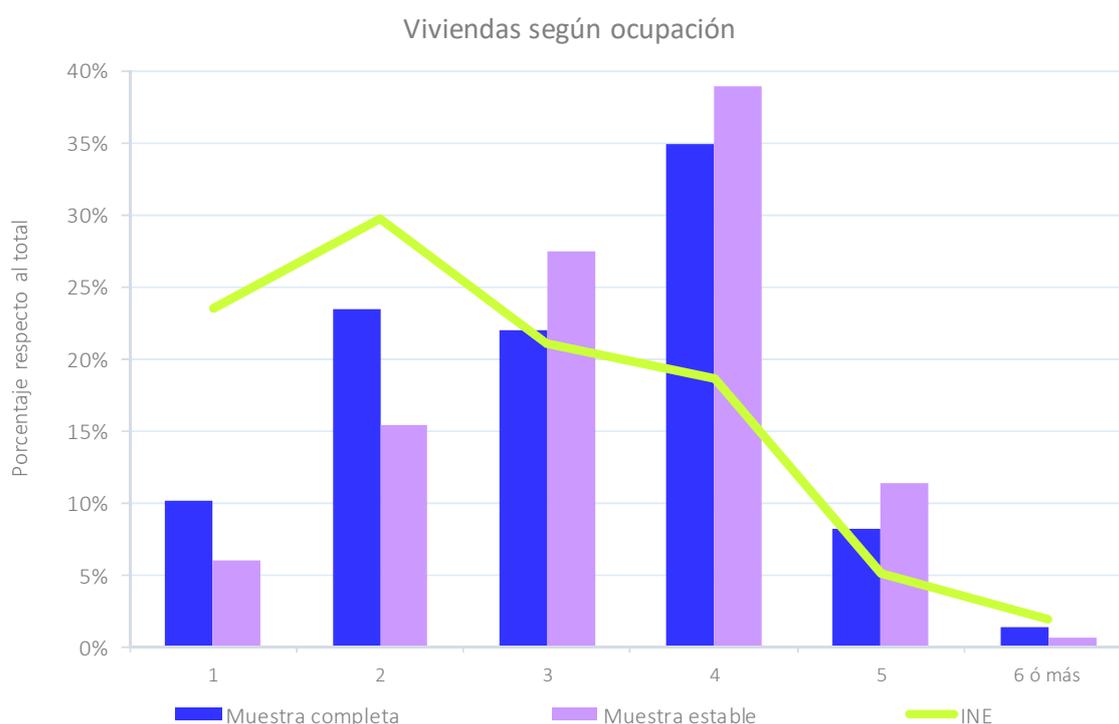
(1) Datos del censo demográfico del INE 2011 para la Comunidad Autónoma de Madrid

(2) Datos del Instituto de Estadística de la Comunidad Autónoma de Madrid de 2001

Como puede apreciarse en los datos de la tabla anterior, del 2001 al 2011 se ha producido un incremento en un 21% y un 17% el porcentaje de las viviendas de 1 y 2 habitantes, respectivamente, se ha mantenido prácticamente los de 3 habitantes (-2%), y han disminuido los del 4 (17%), 5 (32%), y 6 (11%) habitantes. Esta evolución en la ocupación tiene una incidencia negativa respecto a la representatividad de la muestra, ya que aumenta las diferencias existentes con los datos estadísticos.

En el gráfico de la Figura 75 se puede observar que las viviendas con 3 habitantes y con 6, o más, son las que están mejor representadas. Se puede observar también como la muestra completa representa mejor que la estable la ocupación de la Comunidad Autónoma de Madrid.

**FIGURA 75. ESTRATIFICACIÓN POR OCUPACIÓN DE VIVIENDA**



En cuanto a la evolución de la ocupación lo más notable ha sido el aumento de la representación de viviendas con 1 ocupante y la disminución de la de 2 ocupantes, desde el inicio hasta el final del estudio, tal y como se puede observar en la Figura 76.

El promedio de ocupación es de 3,2 habitantes por vivienda, mayor en la muestra de estudio que respecto a los datos estadísticos (2,58 habitantes por vivienda según datos del INE de 2011, y 2,71 habitantes por vivienda según los datos del Instituto de Estadística de la Comunidad Autónoma de Madrid de 2001), aunque la tendencia ha sido decreciente a lo largo del periodo de estudio, al igual que en el conjunto de la Comunidad de Madrid.

En cuanto al uso del agua en las viviendas, es relevante la existencia de jardines y terrazas con plantas y flores, que determinan los usos de exterior en riegos, por lo que esa fue otra de las características recogidas en las encuestas. El posterior análisis de usos detectó el riego en viviendas donde no se había declarado este uso. Como se puede observar en la Tabla 18, la muestra estable excluye a los potenciales grandes consumidores de agua en los jardines.

FIGURA 76. ESTRATIFICACIÓN POR OCUPACIÓN DE VIVIENDA ANUALMENTE

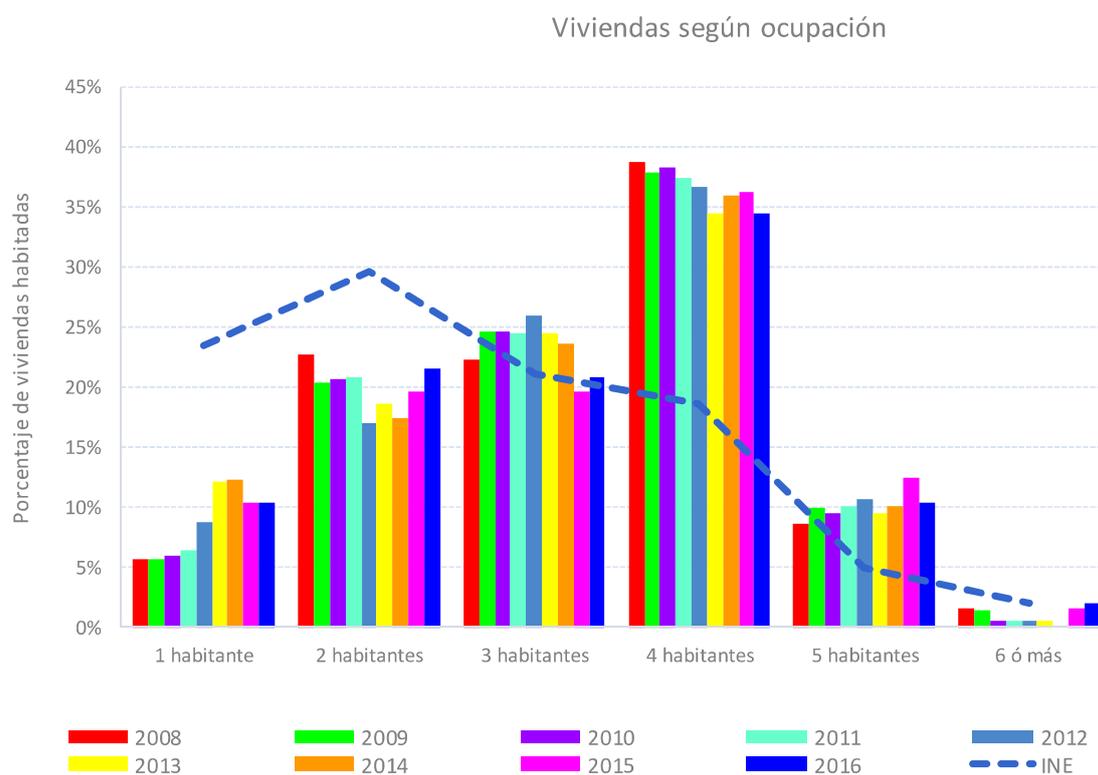


TABLA 18. COMPARACIÓN DE OCUPACIÓN POR VIVIENDA, EN LA MUESTRA Y EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

<i>Terraza</i>	<i>Muestra completa</i>	<i>Muestra estable</i>
No tienen	44,5%	45,6%
Sí, con plantas y flores	36,1%	33,6%
Sí, sin plantas	19,4%	20,8%

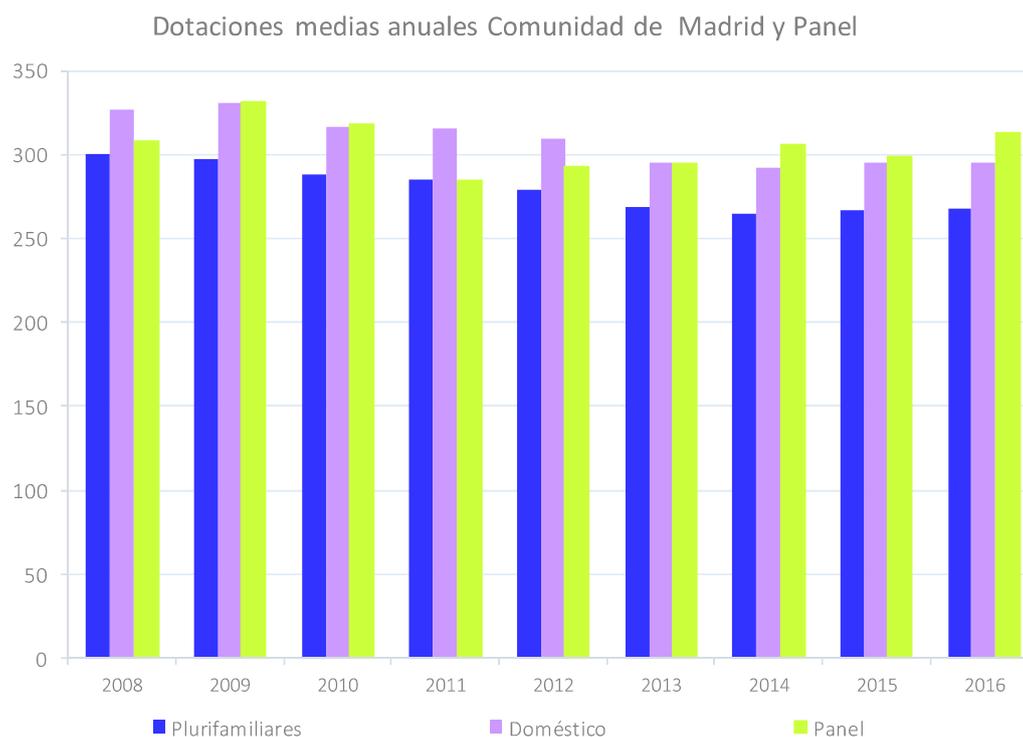
<i>Jardín - Número de m<sup>2</sup></i>	<i>Muestra completa</i>	<i>Muestra estable</i>
No tienen	81,6%	87,2%
De 25 a 75	14,5%	10,4%
De 75 a 200	2,6%	2,4%
De 200 a 500	0,9%	
Más de 500	0,4%	

La existencia de piscina propia en las viviendas es minoritaria, solamente apareció en 11 casos a lo largo del estudio, de los cuales, actualmente, solo permanecen 6 (un 2%).

El nivel de consumo (dotación unitaria) en la muestra en 2016 ha sido de 313 litros diarios por vivienda, algo superior al promedio de la Comunidad de Madrid.

En años anteriores, especialmente en 2011 y 2012, la dotación era inferior a la media de la región, precisamente por esa menor proporción de viviendas unifamiliares. En la Figura 77 se muestra la evolución de esa dotación media anual, en comparación con el promedio del consumo doméstico y de las viviendas plurifamiliares de la Comunidad de Madrid.

**FIGURA 77. DOTACIONES ANUALES DE LA MJESTRA DEL PANEL DE MONITORIZACIÓN Y COMUNIDAD DE MADRID**



#### 4.2.2. Tecnología para la medición y transmisión de datos

Los requisitos técnicos que exigía el objeto de este estudio eran difíciles de cubrir mediante las soluciones comerciales habituales que se pueden encontrar en el mercado. Por ello se desarrollaron soluciones *ad hoc*, a partir de experiencias previas, y de las especificaciones del estudio, entre ellas:

- caracterizar las curvas de consumo de los domicilios controlados, con precisión suficiente para la clasificación de los usos y para la determinación de los caudales más bajos de consumo,
- durante periodos de tiempo en continuo de hasta 3 años, y
- en localizaciones donde se controlen desde 1 hasta 8 contadores de modo simultáneo.

Las soluciones analizadas inicialmente desde el punto de vista técnico y económico fueron dos:

- Control de caudal instantáneo registrado con frecuencia fija.
- Control de volúmenes fijos con control de tiempos de consumo.

Para cada una de estas soluciones se aplicaron las consideraciones que se explican seguidamente.

**Control de caudal instantáneo registrado con frecuencia fija:** ordenadores locales y contadores electrónicos.

El equipo contador tendría que ser capaz de proporcionar como salida el dato de caudal instantáneo en continuo y el equipo de registro ser capaz de almacenar este dato con frecuencias altas, del orden del segundo. Esto implicaba disponer de una capacidad de almacenamiento muy elevada, aunque el uso de ordenadores podría suplir la limitación de los interfaces de adquisición y registro que proporcionan las marcas comerciales de contadores electrónicos.

En cuanto a los contadores, existían multitud de caudalímetros en el mercado que proporcionan el caudal instantáneo con gran precisión, aunque son equipos orientados al control de procesos o de diámetros mayores a los empleados para consumo domiciliario, siendo, además, su precio muy elevado. Sin embargo, cada vez se está generalizando más el uso de contadores electrónicos destinados al control de consumos para facturación. Tanto los contadores, como los interfaces de lectura y software de explotación están pensados para permitir la lectura de gran número de contadores ubicados en espacios físicos próximos pero solamente el dato del volumen consumido en periodos largos de tiempo. Algunos de estos dispositivos permiten la obtención de datos adicionales que además de presentar buenas características métricas, proporcionan informaciones adicionales como el caudal instantáneo requerido en este caso, tiempo de consumos en el periodo, caudales máximos y mínimos, etc.

El problema de esos contadores es que, aunque facilitan su centralización, presentan una etapa de adquisición que no está optimizada para realizar un seguimiento en tiempo real de las curvas de consumo instantáneo.

Esta solución se desestimó, finalmente, porque no garantiza frecuencias menores de 5 segundos para bloques de hasta 8 contadores, con almacenamiento en ordenadores y, técnicamente, no estaba probada con experiencias previas similares (el tiempo necesario de lectura de la memoria del microprocesador más el de apertura del puerto y transmisión del dato se estimó en alrededor de 600 ms. Puesto que un contador de 13 mm tendrá un caudal máximo de 3 m<sup>3</sup>/h, equivalente a 0,8 l/s, luego cada litro se consume en 1,2 s, por tanto, no se puede registrar más de dos contadores de modo simultáneo). Estos contadores no están diseñados para estas frecuencias de lectura aunque su electrónica pueda permitirlo (están diseñados para lecturas, al menos, mensuales).

**Control de volúmenes fijos con control de tiempos de consumo:** estaciones remotas y contadores volumétricos.

Esta solución se basa en el empleo de estaciones remotas de control comercial, con MODEM GSM integrado para la transmisión de históricos al centro de control. El equipo de medida sería un contador volumétrico, tipo pistón rotativo, y fue la solución elegida para la realización del estudio.

Como la precisión de los contadores y la medición de caudales bajos deben ser muy altas se emplearon contadores volumétricos, con salida mediante emisor de impulsos, para su centralización en equipos *datalogger*. Estos equipos tienen una limitación de memoria para el registro de datos y número de canales de entrada que admiten.

Para optimizar esta memoria se ha empleado un procedimiento ventajoso, de forma que se registran solo volúmenes atendiendo a pulsos generados como eventos. Es decir, cada pulso genera un evento en el programa del equipo que será registrado en la memoria junto con la fecha y hora en que se produjo.

Para este estudio se produce un pulso por litro o decilitro consumido. De este modo se caracteriza la curva de consumo controlando además los volúmenes consumidos.

Por todo lo anterior, los contadores de precisión instalados requieren ser complementados con un equipo que registra el momento y la cantidad del consumo de agua. Este equipo se sitúa cerca del contador de precisión y va conectado a él a través de un cable. La estación transmite de forma autónoma de modo periódico los datos registrados, consumiendo un mínimo de energía eléctrica (potencia de 1,5 a 2 vatios, y consumo anual aproximado de 18 kWh).

Atendiendo a datos históricos disponibles, teniendo en cuenta que estos equipos disponen de una capacidad de almacenamiento de hasta 25.000 lecturas, suponiendo unos consumos tipo, por vivienda, de doscientos litros por habitante y día y una media de cuatro habitantes por vivienda resultan las siguientes capacidades de almacenamiento:

- Una instalación para un contador (vivienda): 1 contador con resolución de un litro por pulso implica 800 pulsos (lecturas) por día, es decir, una capacidad para más de 30 días.
- Una instalación para más de un contador (varias viviendas): 8 contadores, con resolución de un litro por pulso implican unos 6.400 pulsos (lecturas), es decir, una capacidad para almacenar datos durante 3,9 días.

Este dimensionamiento inicial quedo ampliamente superado a lo largo del estudio:

- Máximo volumen registrado en el estudio de 10.100,6 litros en un día, en un usuario con contador de decilitro (101.006 registros), y 29.041 litros en un día en uno con contador de litro (29.041 registros).
- Promedio de viviendas unifamiliares, en meses de verano, superiores a 500 litros por vivienda y día.
- Este número de registros no supuso ningún problema, ya que el sistema central de control se había parametrizado para realizar llamadas diarias, además las estaciones remotas se habían configurado para:
  - a) Descarga automática preventiva de reboses de memoria. Evitaba cualquier pérdida de datos en los días de consumos extraordinarios, como son los llenados de piscinas, y los de elevado consumo, como los riegos.

La estación remota realiza automáticamente la llamada, vaciando la memoria.

- b) Configuración de alarmas. Avisos preventivos y correctivos ante incidencias

En conclusión, los equipos seleccionados fueron:

**Equipos hidráulicos:** contador volumétrico (entrada general de agua fría).

**Equipos electrónicos:** estación remota de control (MODEM GSM integrado) para registro y transmisión de datos, conectado a cada contador de entrada general por medio de un emisor de pulsos.

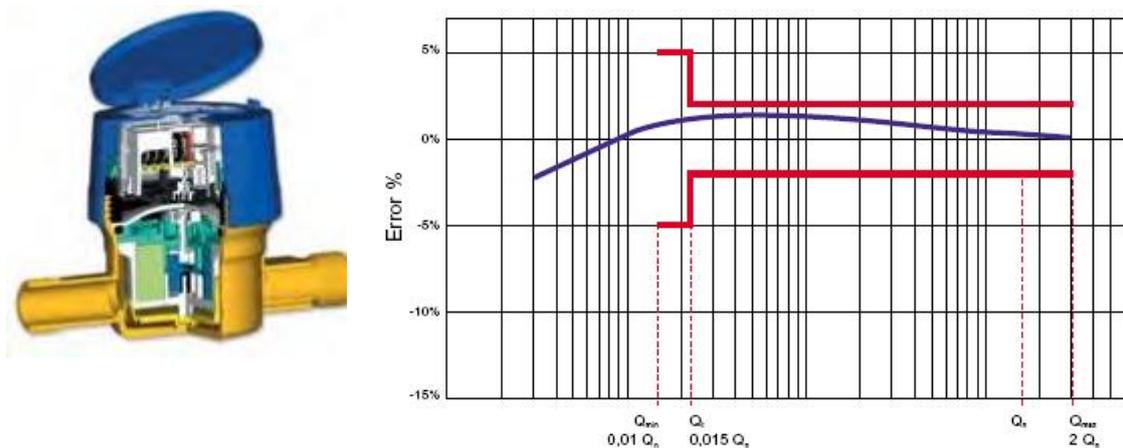
## Equipos utilizados

A continuación se presentan los equipos que se emplearon.

### Contador volumétrico de Clase C (620C)

Tipo pistón rotativo, equipado con un emisor de pulsos que genera un impulso cada vez que pasa un litro. (Ver Figura 78). Este emisor se conecta a uno de los canales de entrada digital de la estación remota. Se utilizaron contadores de DN 13 mm, y solo donde se producía una disminución de presión que implicaba una reducción apreciable de la calidad del servicio se instalaron contadores de DN 20 mm.

FIGURA 78. CONTADORES DE PRECISIÓN CLASE C



Este contador ha sido el utilizado en las instalaciones realizadas en el periodo 2008-2011 cuyas características se especifican en la Tabla 19. También ha sido el utilizado en aquellas instalaciones posteriores al periodo indicado, en donde ha sido necesario sustituir el contador de lectura y facturación, ya que este contador se encuentra homologado en España para poder ser utilizado con esos fines, no así el de clase D que se detalla en la Tabla 20.

### Contador volumétrico de Clase D<sup>2</sup> (Aquadis+ de Actaris)

Tipo pistón rotativo, equipado con un emisor de pulsos que genera un impulso cada vez que pasa un decilitro. (Ver Figura 79). Este emisor se conecta a uno de los canales de entrada digital de la estación remota. Se utilizaron contadores de DN 13/15 mm. Es el contador que se ha instalado en casi todos los usuarios incorporados al estudio desde 2011. (Ver Tabla 20).

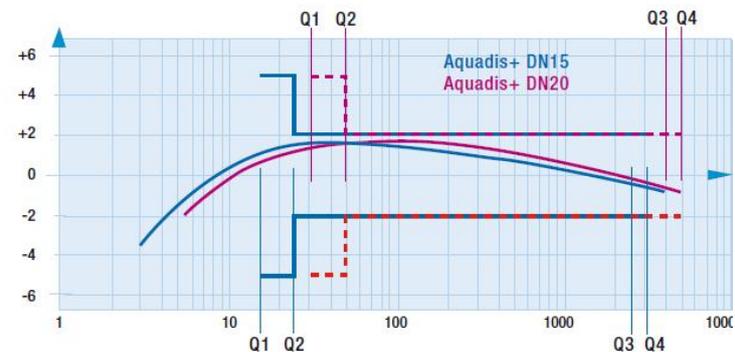
### Emisores de pulsos (Ver Figura 80).

A los contadores que controlan la entrada general de agua a la vivienda se les ha acoplado, en su parte superior, un emisor de pulsos que transmite la señal del paso del volumen desde el contador que lo mide a la estación remota, a través de un cable que los une. El volumen mínimo que puede transmitirse es de un decilitro (si el contador es de clase D), o de un litro (si el contador es de clase C), siendo precisamente éste el registro que se ha conseguido, en el instante preciso en el que se produce su medida.

<sup>2</sup> De acuerdo a la Norma British Standard 5728/7.

**TABLA 19. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTADOR VOLUMÉTRICO CLASE C**

Diámetro nominal (DN)		13 mm	20 mm
Clase metrológica CEE		Clase C todas posiciones	Clase C todas posiciones
Temperatura máxima admisible	°C	30	30
Temperatura máxima (corto periodo)	°C	50	50
Presión máxima admisible	Bar	16	16
Ensayo de presión	Bar	25	25
Grupo de pérdida de carga a $Q_{max}$	Bar	1	1
Caudal nominal $Q_n$	m <sup>3</sup> /h	1,5	2,5
Caudal máximo $Q_{max}$	m <sup>3</sup> /h	3	5
Caudal mínimo $Q_{min}$ (Precisión $\pm 5\%$ )	l/h	3	6
Caudal transición $Q_t$ (Precisión $\pm 2\%$ )	l/h	5	12
Caudal arranque	l/h	<1	2
Capacidad máxima de lectura	m <sup>3</sup>	105	105
Mínima unidad graduada	m <sup>3</sup>	0,0001	0,0001
Comunicación pre-equipo		Tecnología Cyble	Tecnología Cyble

**FIGURA 79. CONTADORES DE PRECISIÓN CLASE D**

#### Estación remota de control con MODEM GSM integrado

Modelo S510 de la casa Sofrel, para la transmisión de históricos al centro de control (ver Figura 81). Estos equipos han conferido flexibilidad al sistema, son modulares, ampliables, totalmente configurables y disponen de una capacidad de almacenamiento de hasta 25.000 lecturas. La estación remota cuenta con una antena de transmisión que permite buscar la mejor señal posible, o sacar la antena al entorno cercano de la estación.

**TABLA 20. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTADOR VOLUMÉTRICO CLASE D**

<i>Clase metrológica</i>		<i>Clase D todas posiciones</i>
Temperatura máxima admisible	°C	30
Temperatura máxima (corto periodo)	°C	50
Presión máxima admisible	bar	16
Ensayo de presión	bar	25
Grupo de pérdida de carga a $Q_{max}$	bar	1
Caudal nominal $Q_n$	m <sup>3</sup> /h	1,5
Caudal máximo $Q_{max}$	m <sup>3</sup> /h	2
Caudal mínimo $Q_{min}$ (Precisión $\pm 5\%$ )	l/h	7,5
Caudal transición $Q_t$ (Precisión $\pm 2\%$ )	l/h	11,5
Caudal arranque	l/h	1
Capacidad máxima de lectura	m <sup>3</sup>	9.999
Mínima unidad graduada	l	0,02
Comunicación pre-equipo		Tecnología Cyble

**FIGURA 80. EMISORES DE PULSOS INSTALADOS**

Como ya se ha descrito, cada contador de entrada general a la vivienda se ha equipado con un emisor de pulsos que genera un impulso cada vez que pasa un litro o un decilitro por el contador. Este emisor se ha conectado a uno de los canales de entrada digital de la estación remota. Cada canal se ha asociado a una función de registro por flanco de subida que provoca el almacenamiento del dato con fecha y hora en la que se produce el evento. El dato almacenado es siempre la unidad de volumen fijada (1 litro o 1 decilitro), aunque podría almacenarse, en su lugar, el volumen total.

Los equipos se alimentan a 220 VAC. El consumo se produce por la alimentación eléctrica que tienen que proporcionar al emisor de pulsos, y aumenta algo únicamente en las fases de comunicación mediante el MODEM GSM, siendo su duración inferior a un minuto (potencia de 1,5 a 2 vatios, y consumo anual aproximado de 18 kWh).

Puesto que la instalación de las estaciones remotas de control se ha realizado en las proximidades de los contadores de la entrada general de agua, se han preparado unas cajas que fueran resistentes al agua, previendo salpicaduras (instalaciones bajo fregadero) o lluvia (instalaciones exteriores). Así, las estaciones se han montado dentro de una caja IP 68 en la que previamente se había montado una placa de fijación de la estación, y se habían preparado para el paso del cableado, asegurando la estanqueidad (Figura 81).

**FIGURA 81. ESTACIÓN REMOTA DE CONTROL. DERECHA (DENTRO DE CAJA PROTECTORA IP 68)**



Por último, en el exterior de la propia caja de la estación remota se coloca una etiqueta que identifica el estudio para el que se está trabajando, en concreto a qué estación remota pertenece, y los datos de contacto ante cualquier incidencia (Figura 82).

**FIGURA 82. ETIQUETA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES REMOTAS**



El Centro de Control se ha compuesto de un PC de recepción de las señales dotado de un módem GSM para recepción de las llamadas de las estaciones remotas, con el fin de distribuir la carga de las comunicaciones en dos líneas. En el equipo se ha instalado el software *PCwin*, de la casa Sofrel, que gestiona las estaciones remotas instaladas y las interroga de modo programado. Este software ha permitido, asimismo, operaciones de configuración de modo remoto sobre las estaciones.

Los contadores empleados para este estudio se han instalado, siempre que ha sido posible, en serie con el contador existente, con el objeto de no interferir en la facturación a los clientes. En aquellos casos en los que, por razones de espacio, no ha sido posible, se ha sustituido el contador por el volumétrico.

Las Figura 83 muestra dos ejemplos de algunas de las instalaciones realizadas.

**FIGURA 83. CONTADOR PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE AGUA EN EL DOMICILIO (IZQUIERDA). ESTACIÓN REMOTA PARA REGISTRO Y TRANSMISIÓN DE DATOS (DERECHA DE LA FIGURA)**



#### 4.2.3. Tratamiento de los datos para la identificación de los usos finales

Para realizar este proceso completo se han seguido las fases que se describen seguidamente (Figura 84).

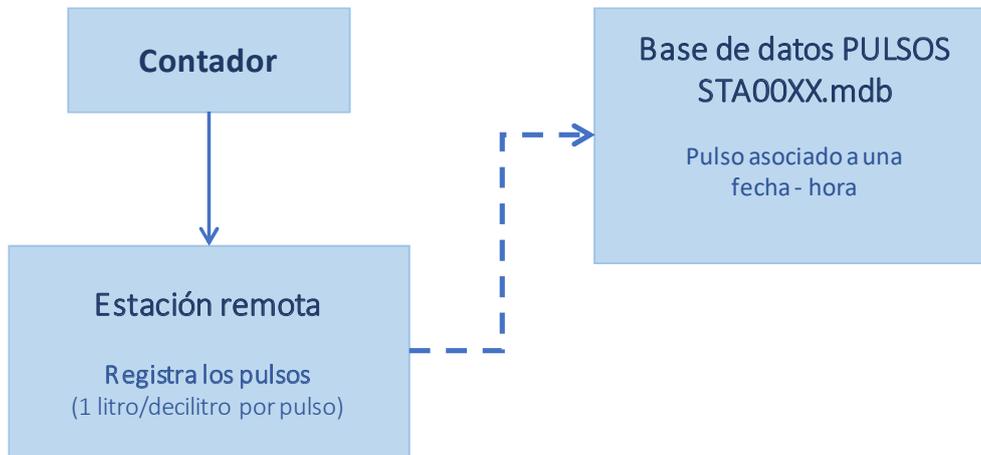
**FIGURA 84. FASES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS DATOS**



**Adquisición de datos:** es el registro de los datos de consumo de cada usuario y la transmisión de los mismos hasta un servidor con capacidad de almacenamiento y procesamiento. Tal y como se ha descrito, la recogida de datos se ha realizado a través de contadores con salida mediante emisor de pulsos. Este emisor genera un pulso cada vez que pasa por el contador un volumen fijo de 1 litro, si el contador es de clase C, y de 1 decilitro si es de clase D. El emisor de pulsos está conectado a un canal de entrada digital de la estación remota de control y tiene asociada una función de registro que almacena los pulsos con el momento preciso en el que se producen. Estos datos, gracias al MODEM GSM integrado, son transmitidos al centro de control. El centro de control realiza automáticamente la comunicación y descarga de datos diariamente, actualizando los datos en dicha comunicación (Figura 85). De modo paralelo, se comprueba diariamente por parte de un técnico el correcto funcionamiento de dicha sistemática.

Se genera un archivo *Access* por cada estación remota y estos archivos se almacenan en carpetas independientes que identifican el mes natural y el año de registro de datos.

**FIGURA 85. MÉTODO DE ADQUISICIÓN DE DATOS**



Cada uno de estos archivos tiene una tabla independiente por cada contador controlado por la remota, por tanto, las estaciones remotas de viviendas con contadores de agua fría y caliente, y las viviendas con contadores situados en la misma batería de contadores generan un solo archivo *Access* con varias tablas. Cada tabla contiene el registro de la fecha, hora, minuto y segundo, y el volumen acumulado registrado.

Además del histórico de consumos, las estaciones remotas se han configurado para generar tablas de notificación de alarmas (en el caso de que se produzcan dichas alarmas) en los siguientes casos:

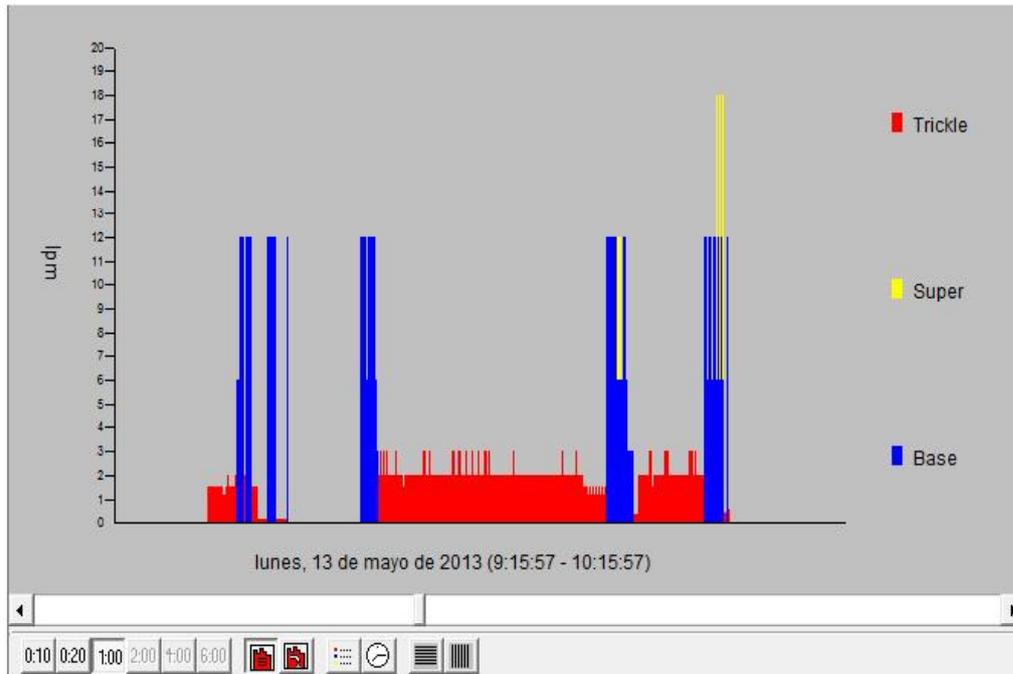
- Cuando el equipo se está quedando sin batería.
- Cuando se produce un error en la transmisión.
- Cuando la memoria del equipo está llena. En este caso la estación remota dispone de una función específica que fuerza la descarga de históricos cuando la memoria está próxima a agotarse.

**Transformación en eventos:** se trata de la conversión de los datos de pulso/tiempo recogidos por los contadores en caudales y desde esos caudales se crean los eventos de consumo.

Los datos adquiridos de las estaciones remotas son unas bases de datos con las tablas que contienen los registros de los pulsos que se han producido. Los datos que se registran en estas tablas son discretos, es decir, se registra un pulso cuando ha pasado por el contador un determinado volumen. Por lo tanto es necesario transformarlos en una magnitud continua que refleje la realidad del consumo a lo largo del tiempo. Posteriormente, a partir de la curva de tiempo-caudal, se identificarán los distintos eventos de uso del agua. Para estas operaciones se ha desarrollado una aplicación *ad hoc* de transformación directa de pulsos a eventos que automatiza el proceso de conversión los archivos correspondientes al conjunto de usuarios. Por este procedimiento, el consumo registrado se ha separado en distintos eventos de uso de agua, caracterizados por una serie de atributos, tales como el momento de inicio y fin, la duración, el pico de caudal máximo y el volumen total, y se organizan en categorías denominadas “*base*”, “*super*” o “*trickle*”.

Los eventos “*trickle*” (goteo) son eventos que se identifican *a priori* por su escaso caudal como potenciales goteos o chorros de agua (fugas o grifos abiertos fundamentalmente). Los demás eventos potencialmente identificables por sus atributos como usos, bien únicos en el tiempo “*base*”, o superpuestos, en el caso de que por sus atributos, no sean atribuibles a un solo uso “*super*” o superpuestos, (ver Figura 86).

**FIGURA 86. EVENTOS DE CONSUMO**



**Asignación de usos finales:** es la correlación entre los eventos de consumo y cada uno de los usos posibles en cada vivienda. Se realiza en función de datos característicos del evento (duración, volumen, pico de caudal máximo). Uno de los retos del proyecto ha sido la vinculación del tipo de uso del agua a los distintos eventos identificados.

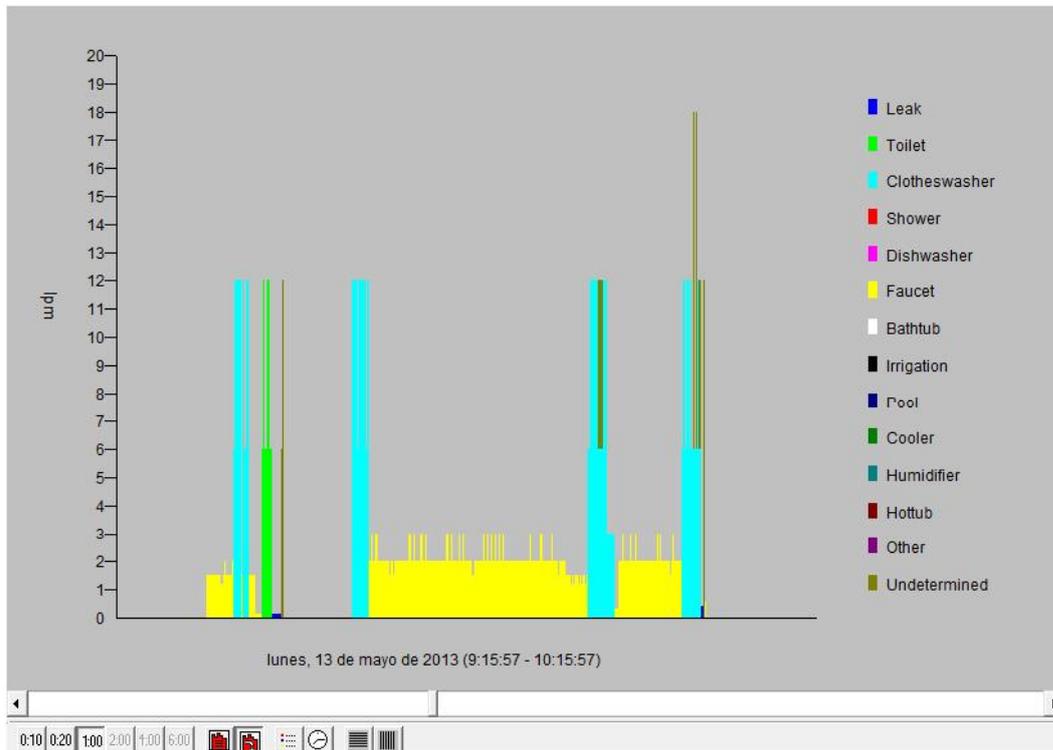
Al inicio del proyecto se utilizó el software comercial *Trace Wizard*<sup>3</sup>. Esta aplicación realiza una clasificación preliminar de los distintos eventos detectados, basada en simples árboles de decisión. Esta clasificación debe ser supervisada por un operador, el cual decide la asignación final de usos. Este método requiere una gran cantidad de horas de operador, estimada en 1–2 horas por cada semana de registro de consumos en una vivienda<sup>4</sup>, lo que lo hace prácticamente inviable para la monitorización de una muestra de un tamaño considerable, durante varios años. Por ello, fue necesario desarrollar un procedimiento que permitiera la asignación automática de usos de forma más rápida, ya que el volumen de datos a analizar no permitía el análisis mensual de consumos y usos dentro del mes siguiente al de generación de los datos de pulsos.

En cualquiera de los procedimientos ensayados de modo inicial, siempre se ha realizado la asignación manual, de 2-3 meses como mínimo por vivienda (periodo de entrenamiento), por parte de técnicos, a través de la interfaz gráfica del programa *Trace Wizard*<sup>®</sup> (Figura 87).

<sup>3</sup> *Trace Wizard* versión 4.1 R17, de la compañía Aquacraft de Boulder, CO, EE. UU.

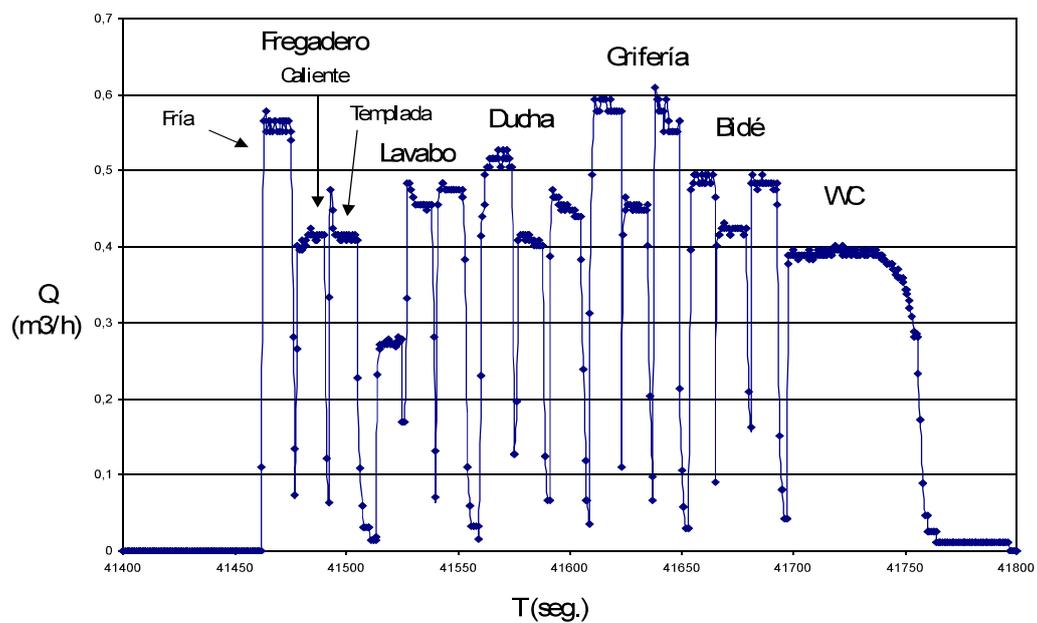
<sup>4</sup> Mayer, P.W., W.B. DeOreo, E.L.Towler, y D.M.Lewis (July 2003). *Residential indoor water conservation study*

FIGURA 87. EJEMPLO DE ASIGNACIÓN MANUAL DE USOS MEDIANTE EL SOFTWARE TRACE WIZARD



La asignación de los usos se basa en el conocimiento de la forma teórica de distribución del consumo correspondiente a un determinado uso y de la particularización obtenida para cada vivienda en la calibración de los dispositivos (ver Figura 88).

FIGURA 88. EJEMPLO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CONSUMO



Técnicos entrenados han realizado así la asignación de usos a cada evento, en al menos dos meses de datos para cada contador. La asignación manual de usos aporta mucha calidad en las asignaciones, pero un técnico entrenado emplea un tiempo estimado de unas 2 horas para 15 días de datos.

Los datos correspondientes a estos meses de entrenamiento se han estudiado estadísticamente utilizando tres estadísticos de cada evento: **volumen**, **pico** o **máximo caudal** de la señal y **duración del evento**.

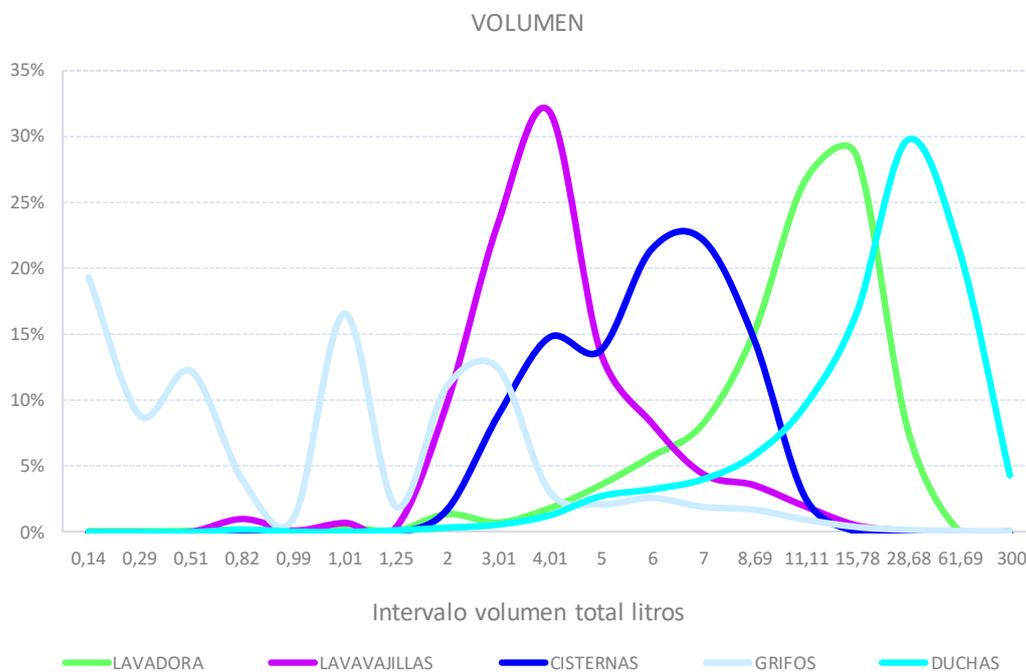
En primer lugar se ensayaron diferentes distribuciones paramétricas (normal, t de Student, F de Fisher-Snedecor y  $\chi^2$  de Pearson) y suponiendo relaciones entre las variables independientes o como variables dependientes y sus probabilidades condicionadas (Teorema de Bayes). Las conclusiones fueron que los datos no responden a ninguna de las distribuciones estudiadas, y los resultados obtenidos de asignación de usos estaban alejados de los rangos manejados en los análisis realizados por técnicos.

Puesto que las funciones de distribución teóricas ensayadas no presentaron resultados satisfactorios, se utilizó la distribución empírica obtenida de los datos correspondientes al periodo de entrenamiento.

Para la discretización de esas series de datos se ha utilizado un algoritmo heurístico de mínima entropía (*Minimal Entropy Heuristic*)<sup>5</sup>, calculando los intervalos de probabilidad para las tres variables consideradas (volumen, pico y duración), sobre una muestra de diferentes usuarios y meses analizados de forma manual por los técnicos. Esta discretización ha sido la utilizada posteriormente para los datos de todos los usuarios. Para el volumen total de agua en el evento se definen 19 intervalos, 16 para la duración, y 14 para el caudal máximo.

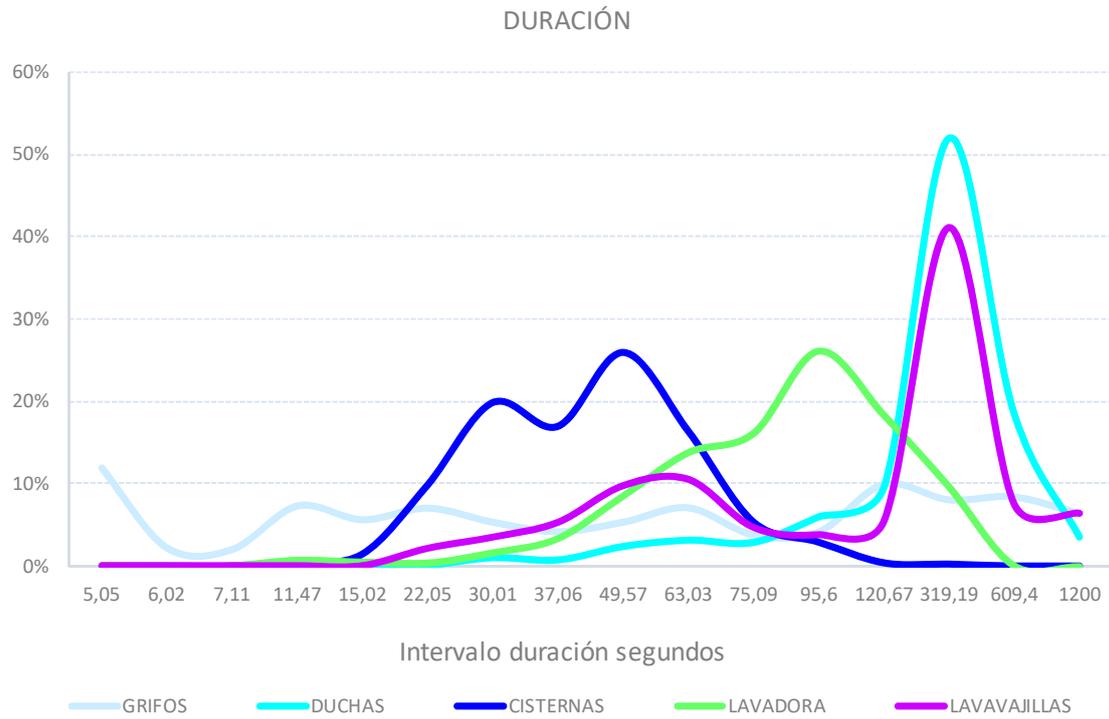
En las figuras 89 a 91 se representa la distribución de frecuencias observada en la muestra y discretizada en esos intervalos, para las variables mencionadas, y para los usos de grifos, duchas, cisternas, lavadora y lavavajillas, donde se puede apreciar que existen diferencias significativas entre los distintos dispositivos.

**FIGURA 89. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL VOLUMEN DE EVENTOS EN DISTINTOS DISPOSITIVOS**

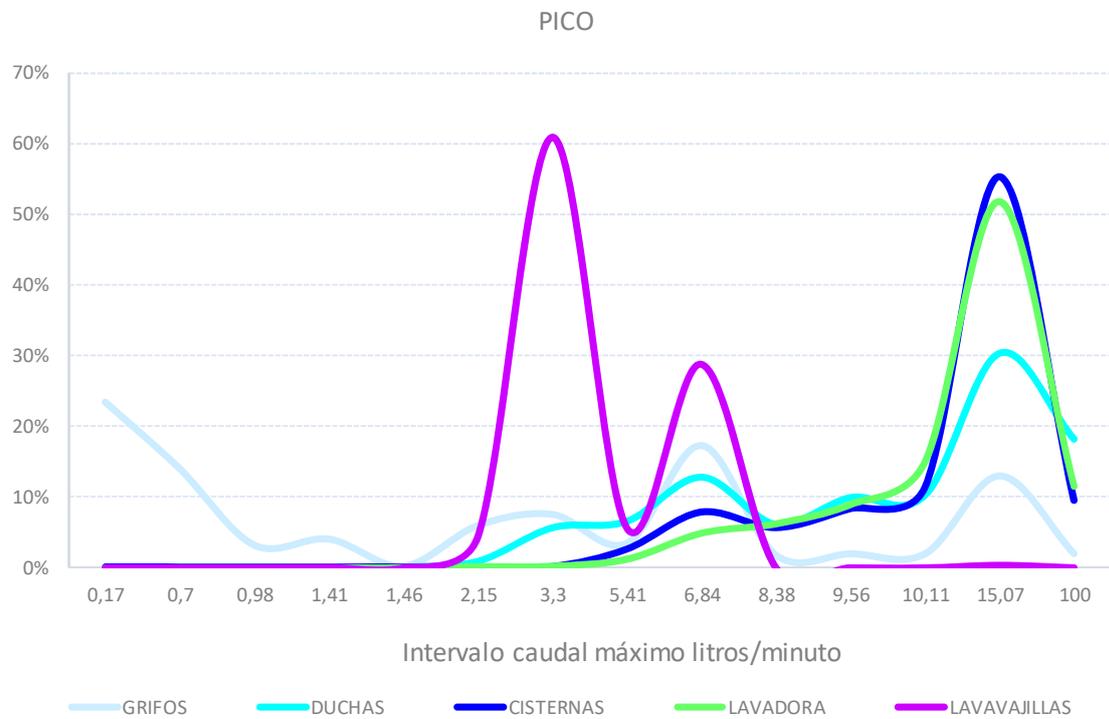


<sup>5</sup> Jaroslaw P. Sacha. (1999). *New sintesis of bayesian network classifiers and cardiac spect image interpretation*

**FIGURA 90. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA DURACIÓN DE EVENTOS EN DISTINTOS DISPOSITIVOS**



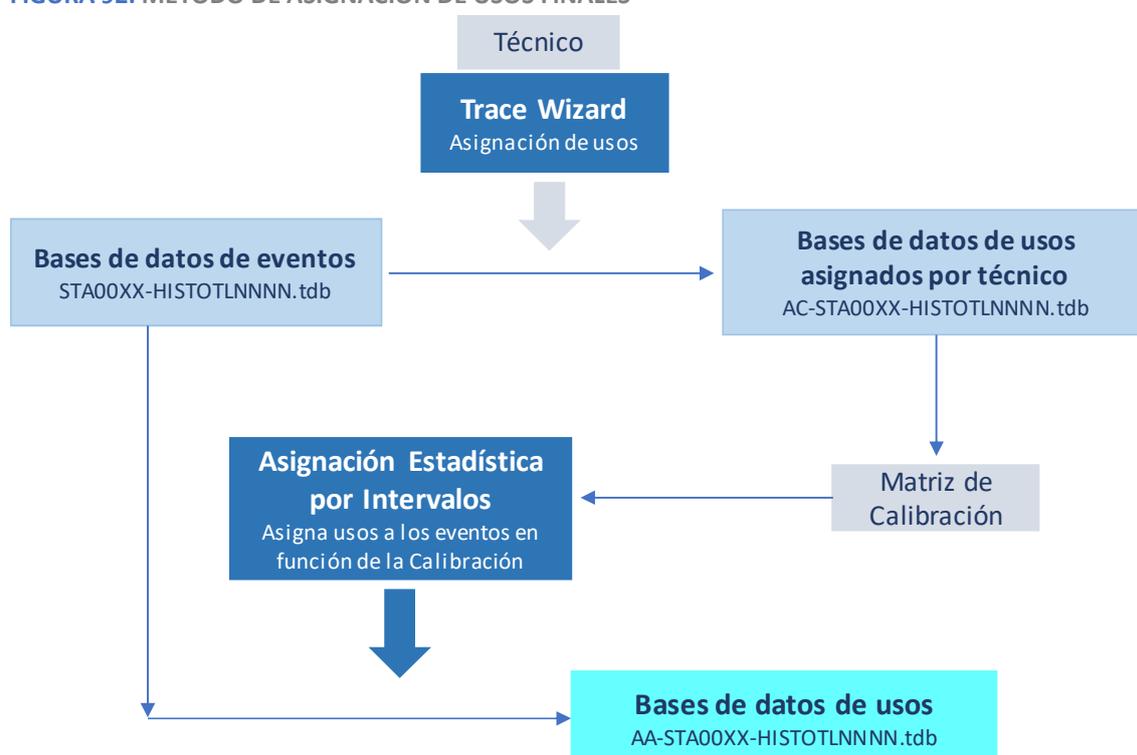
**FIGURA 91. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL CAUDAL MÁXIMO DE EVENTOS EN DISTINTOS DISPOSITIVOS**



Considerando las posibles dependencias entre las tres variables, se ha construido una red bayesiana muy simple, de tres nodos, que permite calcular la probabilidad de que un determinado evento (dadas sus características de volumen, duración y caudal máximo) pertenezca a cada una de las distintas categorías de uso del agua, y asignar finalmente la que resulte más probable. Los eventos identificados por los técnicos como consumos en piscinas, riegos y fugas se han excluido, ya que estos eventos presentan una alta singularidad que permite identificarlos, de modo independiente, mediante unos criterios preestablecidos. En la Figura 92 se muestra el esquema del proceso de asignación de usos finales descrito.

Las pruebas ofrecieron una concordancia aceptable (por encima del 97% en volúmenes asignados) entre los resultados asignados por técnicos, respecto a los asignados por la red bayesiana basada en la distribución empírica de probabilidades.

**FIGURA 92. MÉTODO DE ASIGNACIÓN DE USOS FINALES**



#### 4.2.4. Información complementaria para el análisis final de los datos

De modo previo al análisis, propiamente dicho, se han realizado actividades de obtención de datos sobre las características de las viviendas y sus ocupantes, mediante la realización de encuestas, ensayos en las viviendas para caracterizar los distintos usos de agua, también con la calibración de dispositivos, y por otro lado, datos climatológicos descargados de organismos oficiales.

##### Información complementaria: encuestas, calibraciones y datos climáticos

**Las encuestas** se han realizado simultáneamente con la instalación de los equipos y posteriormente se revisaron, por lo general con una frecuencia anual, y también al producirse las desinstalaciones. Estas encuestas caracterizan la muestra empleada en el *Panel de Monitorización* y se utilizan tanto en el análisis de los datos de consumo y usos, como en la propia asignación de usos finales o de microcomponentes del consumo.

Se ha utilizado un cuestionario estructurado como instrumento para la recogida de la información. Los apartados de la encuesta y su objeto se detallan en la Figura 93.

#### FIGURA 93. CUESTIONARIO DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN

##### ***0-Cuestiones previas (y autorización)***

*Datos personales, no subjetivos, acerca del encuestado. Llevan a cabo una función de control y comprobación, ya que en muchos casos se conocen de antemano. Por otro lado, incluye una autorización para el empleo de los datos recogidos en el resto del cuestionario.*

##### ***I-Datos Generales***

*Consiste en un código identificativo que únicamente sirve para desvincular la información personal, objeto de la LPDO, con el resto de datos de uso en los análisis, garantizando así el carácter anónimo de los datos.*

##### ***II-Características físicas de la vivienda***

*Este apartado recoge información relativa al tipo de vivienda, antigüedad, habitaciones, baños, terraza, jardín, piscina, aljibe, etc.*

##### ***III-Características de los equipos de fontanería***

*Elementos consumidores de agua (inodoros, duchas, bañeras, grifos, lavadoras, calefacción, etc.) y sus características (número, tipo, existencia de dispositivos ahorradores, etc.). También se especifican las reformas llevadas a cabo en este tipo de instalaciones.*

##### ***IV-Características ocupacionales***

*Número de habitantes y personas externas, edad y ausencias en el hogar (periodos vacacionales).*

##### ***V-Hábitos de consumo y datos socioeconómicos***

*En el caso de los hábitos de consumo las opciones de respuesta se han graduado en intensidad creciente o decreciente sobre el punto de información deseado. Las cuestiones se relacionan con la preocupación del individuo por el problema del agua y las costumbres de consumo relacionadas (cierre de grifos, modo de riego, etc.). Para los datos socioeconómicos sólo se considera la edad y el nivel de estudios.*

**Calibración de dispositivos en las viviendas.** Se han realizado ensayos para caracterizar los potenciales usos de agua en las viviendas participantes en el *Panel de Monitorización*. Los ensayos se han realizado una vez instalado el contador, emisor de pulsos y estación remota, y se ha verificado el correcto registro de pulsos.

Las calibraciones han consistido en el registro de los pulsos de los diferentes dispositivos o puntos de consumo de agua, de un modo individualizado y controlado en el tiempo. Además, en los dispositivos donde se puede producir consumo de agua caliente y fría, se han individualizado ambos consumos, ya que los eventos de uso presentan características diferenciadas.

Por otro lado, en los aparatos de lavado de ropa y vajilla (lavadoras y lavavajillas) por la diversidad de programas que presentan se ha recogido información de los principales programas utilizados en la vivienda y se ha solicitado la comunicación precisa de cuando se habían utilizado (el día y el intervalo de horas) para caracterizar los eventos, que se complementa con información bibliográfica o comercial de la marca específica. La ficha utilizada en la toma de datos se muestra en la Figura 94.

FIGURA 94. FICHA DE CALIBRACIÓN EN LAS VIVIENDAS

FICHA DE CALIBRACIÓN DE VIVIENDAS (Ver Instrucciones al dorso)				
CÓDIGO	Nombre:			
FECHA	Dirección:			
<b>Cocina</b>				
Fregadero	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Lavadora	Usos/Semana	Media Carga <input type="checkbox"/>	Marca:	<input type="text"/>
Lavavajillas	Usos/Semana	Media Carga <input type="checkbox"/>	Marca:	<input type="text"/>
		Prelavado <input type="checkbox"/>		
<b>Baño 1</b>				
Lavabo	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Ducha	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Bañera	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Bidé	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Cisterna	Hora	Simple <input type="checkbox"/>	Doble Descarga <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Interrupción <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
<b>Baño 2</b>				
Lavabo	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Ducha	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Bañera	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Bidé	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Cisterna	Hora	Simple <input type="checkbox"/>	Doble Descarga <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Interrupción <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
<b>Baño 3</b>				
Lavabo	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Ducha	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Bañera	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Bidé	Hora	Ruleta <input type="checkbox"/>	Monomando <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Termostática <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Cisterna	Hora	Simple <input type="checkbox"/>	Doble Descarga <input type="checkbox"/>	Ahorro: <input type="text"/>
		Interrupción <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
Riego	Hora	Terraza <input type="checkbox"/>	Tipo <input type="text"/>	
		Jardín <input type="checkbox"/>		

**INSTRUCCIONES DE CALIBRACIÓN:**

Generales para todas las pruebas:

1. Cuando abra un grifo o use una máquina que use agua (lavadora, p.ej.) es necesario que sea el único abierto en su domicilio.
2. Apunte la hora de inicio de la apertura (minuto y segundo). Utilice siempre el mismo reloj en todas las pruebas.
3. Cuando cierre el grifo, anote la duración de tiempo en el que ha estado abierto (mínimo de 30 segundos).
4. Espere al menos 15 segundos entre la calibración (apertura) de un grifo y el siguiente.
5. Si se tiene agua fría y caliente en el mismo grifo deberá realizar una apertura sólo con agua fría y otra sola con caliente.
6. Anote en observaciones lo que desee.
7. No es necesario realizar todas las calibraciones el mismo día, pero, si lo hace, anote en observaciones cuando la realiza. En caso contrario entenderemos que todas se realizan el día indicado como FECHA CALIBRACIÓN en la parte superior.

Inodoros:

- Espere a que termine de cargar la cisterna para dar por finalizada la prueba.
- En el caso de inodoros de doble descarga, tendrá que hacer dos calibraciones, una por cada opción (sencilla y doble).
- En el caso de inodoros con interrupción de descarga, realice una descarga completa (sin interrumpir) únicamente.

Lavadora/Lavavajilla:

1. Apunte, de media, cuantas veces a la semana utiliza su lavadora y/o lavavajillas.
2. Indíquenos si utiliza habitualmente media carga y el modelo de su lavadora y/o lavavajillas.

**Ejemplos de algunos dispositivos de uso de agua:**

		Grifo Ruleta	Grifo Monomando
		Grifo Termostático	Pulsado de inodoro con doble descarga

A partir de la calibración, examinando los eventos provenientes de los pulsos recogidos, el técnico tenía información sobre las características de los eventos, tales como pico máximo de caudal (en el caso de grifos, duchas y bañeras al tener consumo de agua caliente y fría se tendrían dos máximos), volumen asociado al uso (fundamental en cisternas, donde pueden existir varios diferentes, en casos como el de la doble descarga), y duración del consumos (importante en cisternas, riegos programados, y ciclos de lavado). Con esa información el técnico realizó la asignación de usos de los meses de entrenamiento.

**Datos climatológicos.** Respecto a los datos climatológicos, como ayuda en la interpretación de los resultados de consumos y usos de la muestra, se decidió recopilar algunos datos meteorológicos que permitiesen explicar variaciones en las pautas (ver Tabla 21). Con ese propósito se calcularon datos promedio mensuales con 10 puntos de control, de los cuales 7 pertenecen a la Comunidad de Madrid (Navacerrada; Colmenar; Barajas; Madrid; Cuatro Vientos; Getafe; Torrejón), y 3 se encuentran en las proximidades (Guadalajara, Cuenca y Toledo), con lo que se podían tener valores representativos en toda la zona del estudio.

**TABLA 21. DATOS CLIMÁTICOS PARA LOS ANÁLISIS DE CONSUMO Y USOS**

<b>T</b>	Media mensual de las temperaturas diarias (°C)
<b>dT</b>	Desviación típica de la temperatura media diaria
<b>Tx</b>	Media mensual de las temperaturas máximas diarias (°C)
<b>Tn</b>	Media mensual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
<b>R</b>	Precipitación acumulada durante el mes (milímetros)
<b>Q</b>	Quintil al que pertenece
<b>nr</b>	Número de días con precipitación => 1 mm
<b>Hr</b>	Insolación total del mes (horas)
<b>%</b>	Porcentaje de la insolación total del mes en relación con la normal

**Análisis de datos**

Mediante una serie de rutinas se han procesado los datos obtenidos y se han ordenado para su análisis. Los datos de los pulsos se han procesado no solo para la obtención eventos de consumo, sino también para la obtención de histogramas de consumo.

En cuanto a los principales parámetros sobre los que se agruparon los datos de las tablas, con los consumos y los usos de todo el mes, han sido el tipo de día (**festivos**, que incluye sábados y domingos; **festivos autonómicos** y **no festivos**); la hora a la que se ha realizado el consumo; la ocupación de la vivienda y el tipo de vivienda (plurifamiliar, que incluye las categorías de piso y de apartamento/estudio; y unifamiliar, que incluye las categorías de chalet/casa sin parcela, chalet adosado con parcela común, chalet adosado con parcela propia y chalet individual con parcela propia).

## 5. Resultados del estudio



Con la selección de las viviendas que han formado parte del estudio se buscó la representatividad de la muestra respecto a las variables explicativas del consumo de agua, así como su concordancia con los valores promedio de estos parámetros en la Comunidad Autónoma de Madrid. No obstante, hay una serie de factores imposibles de conocer *a priori* que sólo se pueden identificar mediante la monitorización y el propio desarrollo de las mediciones y encuestas de detalle.

Un análisis de la información registrada en términos de consistencia ha de considerar las diferencias en dichas variables a lo largo del estudio, por ello en el apartado “Caracterización de la muestra” se han analizado dichas diferencias.

Los resultados del estudio, realizado sobre las mediciones de las viviendas que han compuesto la muestra de estudio, se divide en resultados de consumos y resultados de usos finales o microcomponentes.

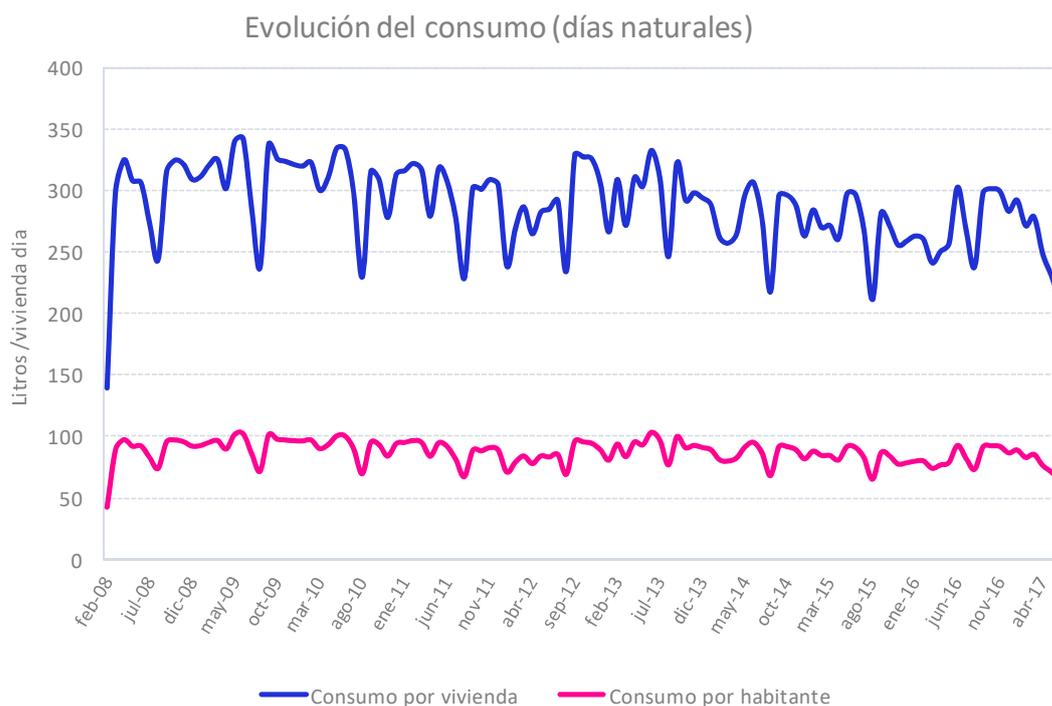
## 5.1. RESULTADOS DE CONSUMO

En este apartado se resumen datos que se han obtenido a lo largo de todo el estudio, en lo que se refiere los consumos mensuales registrados en las viviendas de la muestra y en datos de consumo por vivienda y por habitante.

Los resultados se presentan teniendo en cuenta los días con consumo o reales, es decir, los días del mes en los que se ha registrado algún consumo de agua en la vivienda y los días naturales, o sea, todos los días del mes, independientemente de que se hayan registrado consumos, o no.

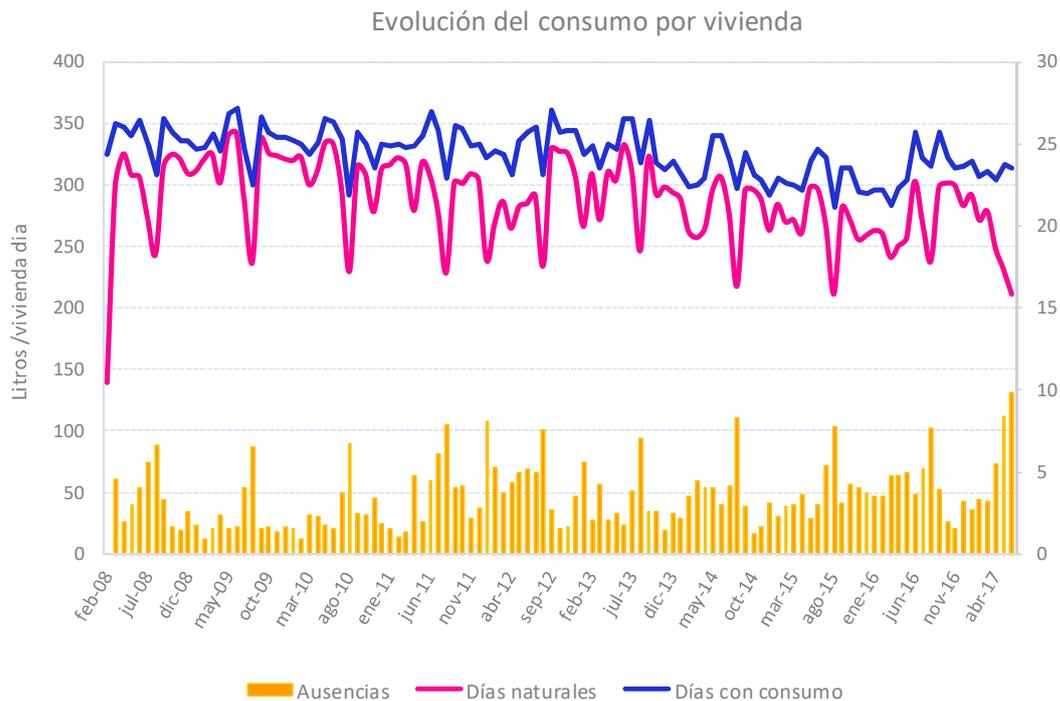
Por días reales, los datos medios mensuales, en litros por vivienda, o por habitante y día, son los que se muestran en la Figura 95. Tanto por vivienda como por habitante, se aprecia una tendencia descendente en el consumo, especialmente a partir de 2013.

**FIGURA 95. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MENSUAL POR DIAS NATURALES**



La comparación de los datos por día natural o día con consumo se presenta en la Figura 96, donde se incluye también el número medio de días sin consumo por mes (ausencias). Las mayores diferencias entre ambos tipos de datos se registran en los periodos vacacionales. En algunos casos, los periodos son estables de un año a otro (navidades y gran parte de las vacaciones de verano) pero otros son variables, en función de en qué día/s de la semana (“puentes”) o del año caigan los festivales (Semana Santa y festivales móviles). Los mayores valores de días sin consumo se registran todos los años en el mes de agosto, con un promedio de 7,3 días de ausencia.

**FIGURA 96. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MENSUAL POR VIVIENDA**



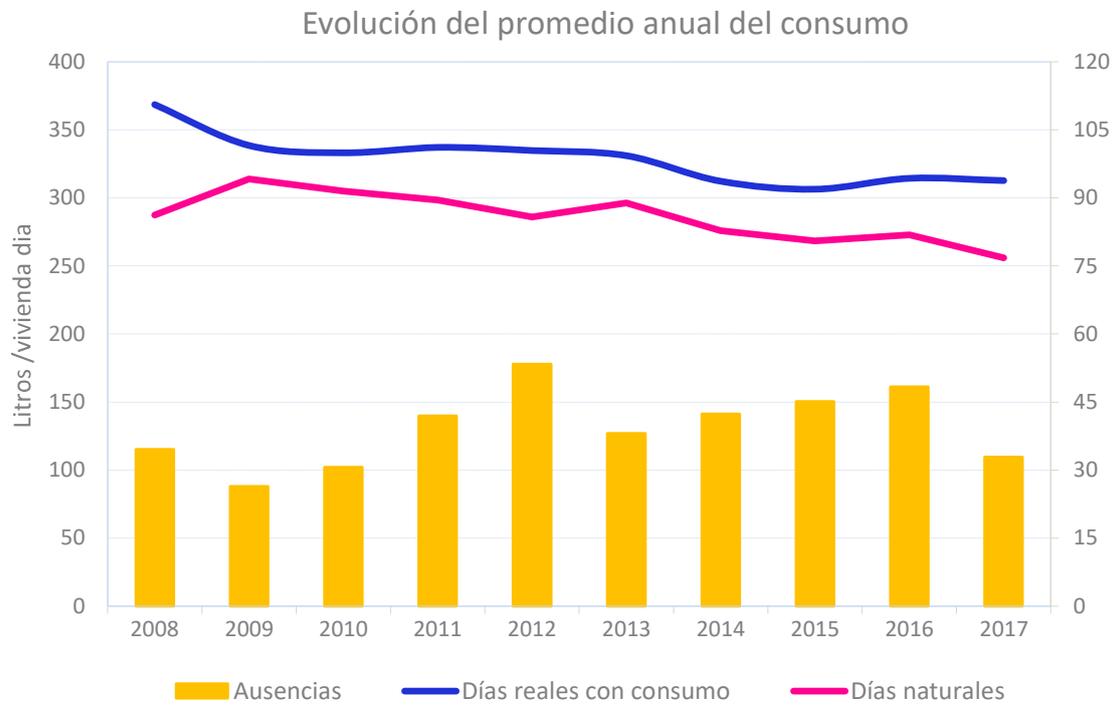
La tendencia descendente del consumo se confirma observando los datos anuales, tanto sobre los días naturales como en los días con consumo real, como se observa en la Figura 97. Los consumos promedio en todo el periodo del estudio han sido de 327,7 litros por vivienda/día, y de 99,8 litros por habitante/día para días reales con consumo, y de 286, litros por vivienda/día, y de 87,2 litros por habitante/día, para días naturales. La tasa media anual de descenso es del 1,7% respecto a los consumos por vivienda, tanto teniendo en cuenta los días naturales como los reales con consumo. El promedio de los tres últimos años es un 12% inferior al de los tres primeros del estudio. Las dotaciones por habitante también han registrado un descenso, a razón del 1,3% anual.

El número de días de ausencia anual tiene un máximo en 2012 de 53 días, y posteriormente se estabiliza en torno a los 45 días anuales. Los datos de 2008 corresponden a la formación del *Panel de Monitorización*, en enero y febrero, cuando no todos los usuarios registraron meses completos de consumo, y los de 2017 finalizaron en junio, por lo que no está todo el periodo de verano.

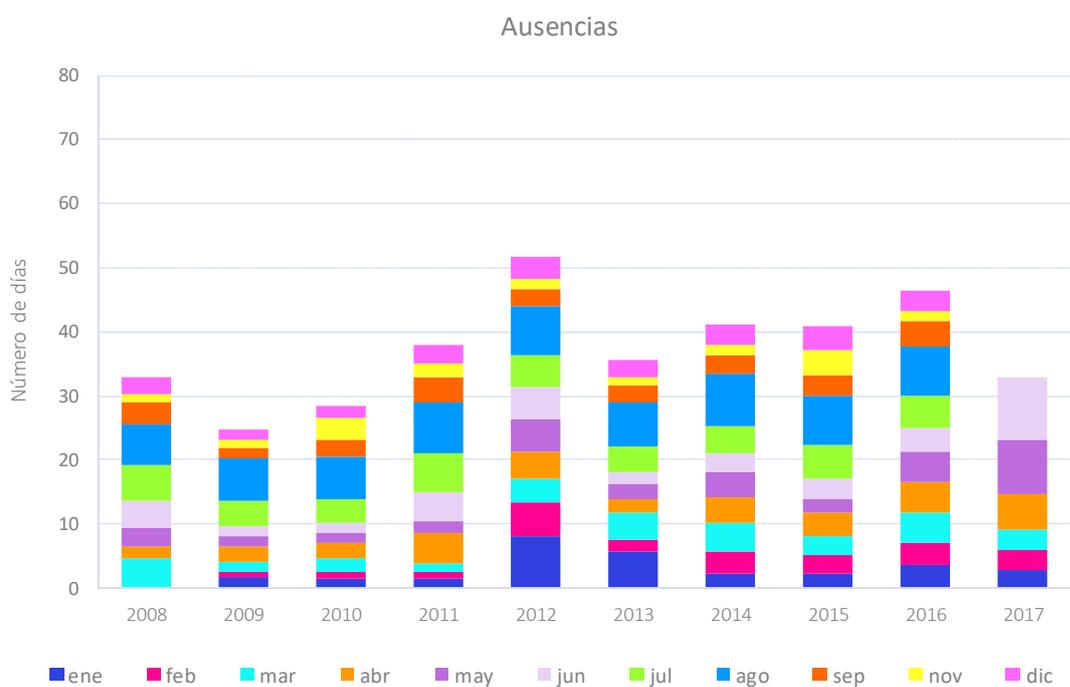
En la Figura 98 se muestra el número de días sin consumo en el domicilio, por meses, que es una aproximación a los días de ausencia. Hay que tener en cuenta que aquí no se consideran las ausencias parciales que pueden producirse dentro de un mismo día, es decir, sólo se contabilizan los periodos iguales o superiores a 24 horas seguidas sin consumo. Por la razón indicada más arriba, se han suprimido del gráfico los meses de enero y febrero de 2008.

En los datos de la Figura 98 se observa que las mayores ausencias anuales se producen normalmente en el mes de agosto, seguido del mes de julio, y los valores menores en los meses de invierno.

**FIGURA 97. EVOLUCIÓN DEL PROMEDIO ANUAL DEL CONSUMO**

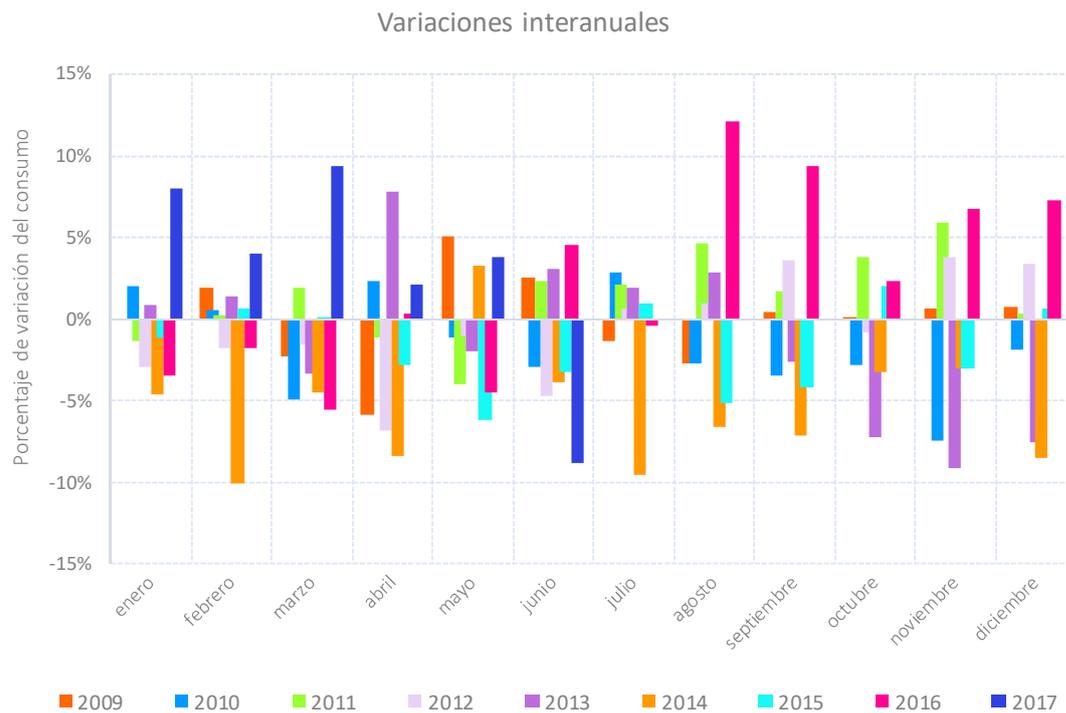


**FIGURA 98. AUSENCIA MENSUALES DEL CONSUMO DURANTE EL ESTUDIO**



Las variaciones interanuales mensuales reflejan la evolución de los consumos, destacando la variabilidad de los meses de verano (julio y agosto), influenciados por la meteorología y que responden también parcialmente a diferentes preferencias temporales para disfrutar de las vacaciones. Las diferencias en los meses de marzo y abril se relacionan, en general, con las fechas de la Semana Santa (ver Figura 99). Los meses con menores variaciones registradas corresponden a meses fríos, como son diciembre y enero, quedando febrero fuera de este grupo por el descenso importante de consumo registrado en 2014/2013 (-10%).

**FIGURA 99. VARIACIONES INTERANUALES DEL CONSUMO POR MES (VIVIENDAS Y DÍAS REALES)**



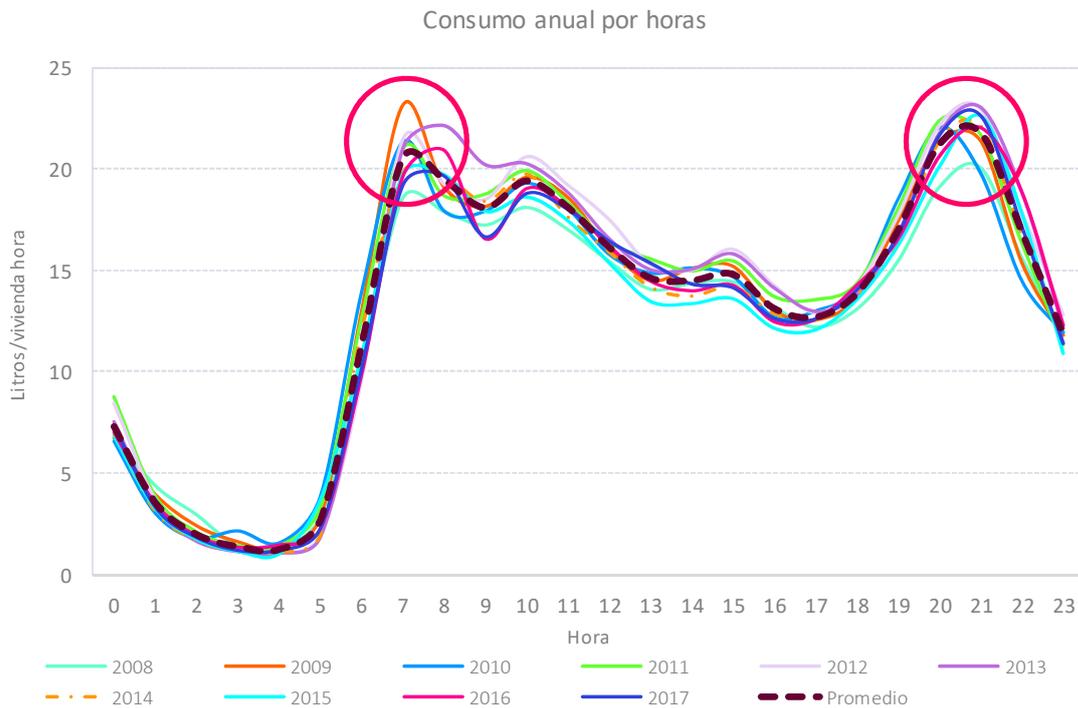
### 5.1.1. Patrones horarios

Si se examinan los consumos horarios comparados de los diez años del proyecto, los datos muestran tendencias análogas a lo largo de todo el estudio, con dos máximos de consumo a las 7-8 horas de la mañana, y a las 20-21 horas de la tarde (Figura 100).

Entre ambos máximos existe un consumo importante que va descendiendo, con ligeros repuntes a las 10 horas, y a las 15 horas, hasta llegar a un mínimo sobre las 17 horas, para ascender nuevamente hacia valores máximos al final de la tarde. El resto de las horas tiene un consumo mucho menor, llegando al mínimo a las 3-4 de la madrugada.

Las tres comidas habituales (desayuno, almuerzo y cena) son las que marcan los máximos de consumo en las viviendas, ya que la existencia de los máximos de las 7-8 horas y de las 10 horas responden a las diferentes pautas de desayuno los días festivos y no festivos, tal y como se verá en apartados siguientes.

FIGURA 100. CONSUMOS HORARIOS



De modo conjunto, la distribución horaria del consumo puede expresarse como porcentajes del consumo diario promedio, que para todo el periodo de estudio han sido los que se especifican en la Tabla 22.

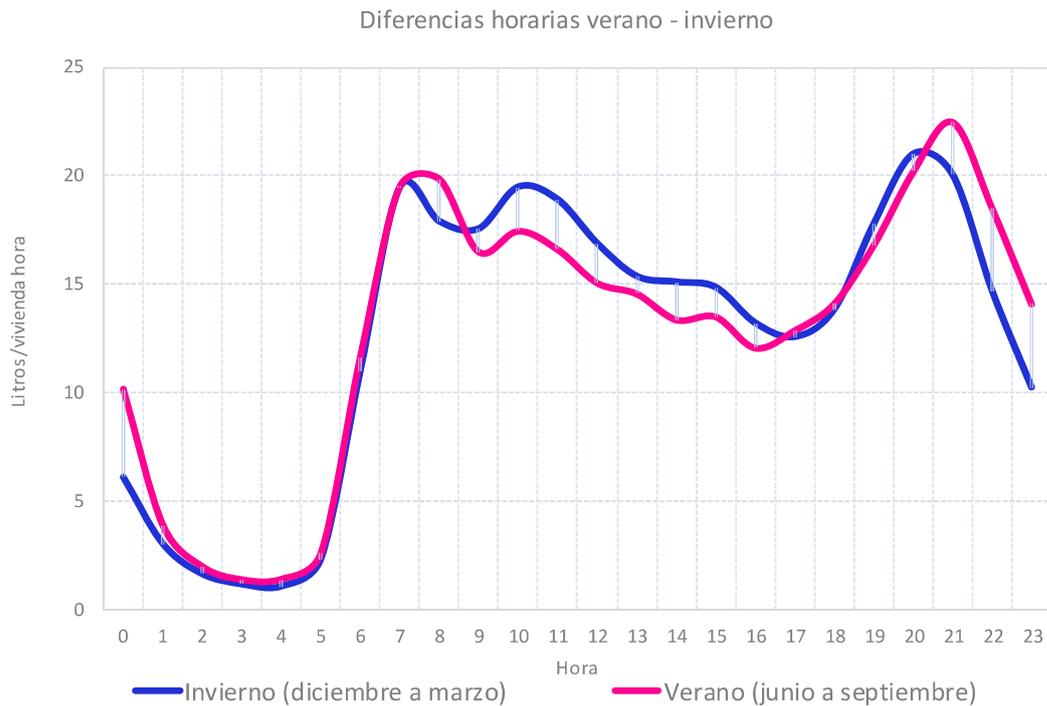
TABLA 22. DISTRIBUCIÓN HORARIA DE CONSUMOS

Hora A.M.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
% de consumo	2,3%	1,1%	0,6%	0,4%	0,4%	0,9%	3,6%	6,6%	6,2%	5,8%	6,2%	5,8%
Hora P.M.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
% de consumo	5,1%	4,7%	4,6%	4,7%	4,2%	4,0%	4,4%	5,4%	6,8%	6,9%	5,4%	3,8%

En cuanto a los consumos horarios estacionales, en verano se puede observar una tendencia de mayor consumo en las horas nocturnas de 21 a 02 horas (de 1 a 4,1 litros más), así como un menor consumo que el que se produce en invierno, de 10 a 15 horas y desde las 19 a las 20 horas (1 a 3,5 litros menos). Igualmente se observa el retraso de una hora en el máximo nocturno, pasando de las 20 a las 21 horas en verano como se puede observar en la Figura 101.

Estas tendencias pueden deberse a que en invierno hay una mayor presencia en los domicilios, lo que se traduce en un mayor consumo de agua, y a que en verano se incrementa el riego de terrazas y jardines, que suele realizarse al anochecer o en las primeras horas de la madrugada.

El promedio del consumo de toda la muestra de estudio en verano (junio a septiembre) es de 321,7 litros por vivienda y día; mientras que el consumo de invierno (diciembre a marzo) es de 304,8 litros por vivienda y día, lo que supone una diferencia de 17 litros. Es decir, el consumo medio en verano es solamente un 5,5% mayor que en invierno.

**FIGURA 101. CONSUMOS HORARIOS DE VERANO - INVIERNO**

Por otra parte, en los meses de verano se pueden distinguir dos tendencias, en junio y septiembre el consumo de agua está en los valores máximos del año (promedio obtenido en la muestra de 302,2 y 310,6 litros por vivienda y día, respectivamente), mientras que en agosto los valores de consumo son los mínimos anuales (promedio de 231,5 litros por vivienda y día). En el mes de julio están en el orden de la media anual.

Como es evidente la variable más determinante para el consumo doméstico es la presencia en el domicilio, debido a ello, aunque en el periodo estival el consumo aumenta (mayo, junio, septiembre) en los meses más calurosos (julio y agosto) el consumo desciende por una menor presencia en el domicilio; por ello, las diferencias verano-invierno son menores de lo que *a priori* se podría prever, ya que en la Comunidad Autónoma de Madrid se produce en verano un fuerte flujo poblacional de residentes hacia otras zonas.

## 5.2. INFLUENCIA DE LAS DISTINTAS VARIABLES EN EL CONSUMO

A continuación, se presentan los datos de consumo mensual, por vivienda y por habitante, durante todo el periodo de estudio. Se ha diferenciado en función de que el consumo se produzca en un día festivo (sábados, domingos y fiestas nacionales y autonómicas), o se realice en un día laborable (de lunes a viernes, no festivos).

Posteriormente se ha realizado el mismo análisis discriminando por tipo de vivienda, vivienda plurifamiliar o unifamiliar y, de la misma manera, según la ocupación de la vivienda.

### 5.2.1. Influencia de días festivos

El promedio de consumo en día **no festivo** es de 321,0 litros por vivienda y día, con variaciones que oscilaron entre los 283,4 litros por vivienda y día de agosto de 2015, y los 368,4 litros por vivienda y día del mes de junio de 2009.

Los días **festivos** han registrado un consumo ligeramente mayor de promedio, con 330,2 litros por vivienda y día (2,9%), con mayores variaciones que los no festivos, que oscilaron entre los 277,4 litros por vivienda y día de agosto de 2015 y los 370,7 litros por vivienda y día de junio de 2008.

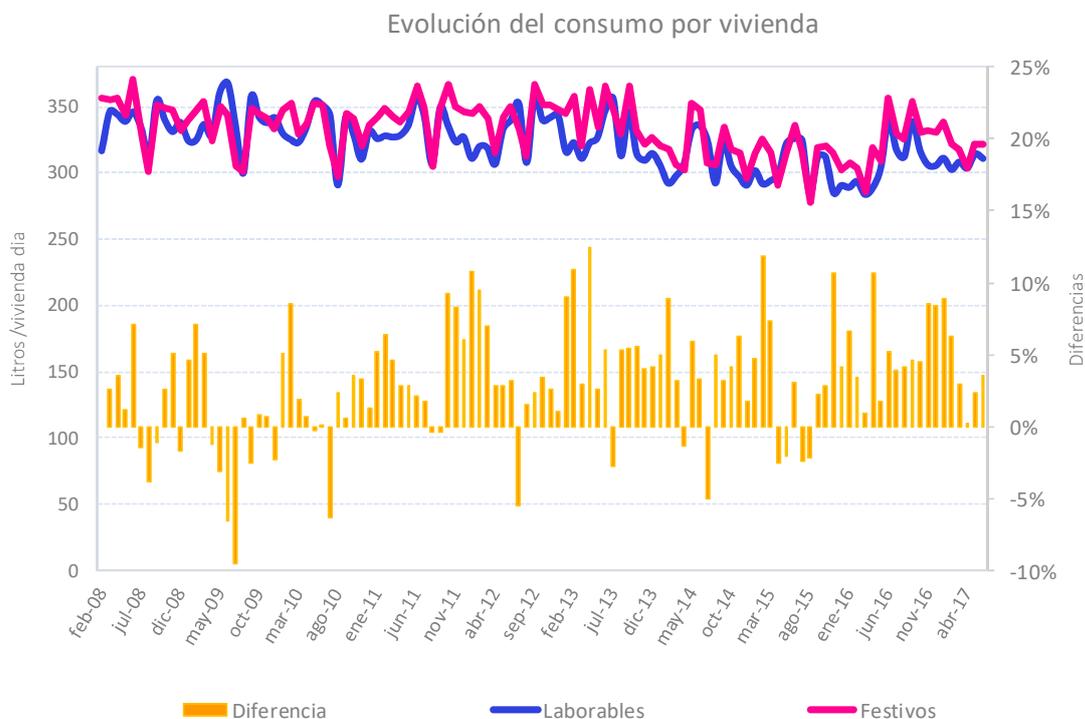
Respecto a los consumos por habitante, el promedio de consumo en día **no festivo** es de 97,6 litros por habitante y día, con variaciones entre los 86,5 litros por habitante y día de agosto de 2015 y los 121,0 litros por habitante y día de julio de 2013.

Los días **festivos**, han registrado un consumo ligeramente mayor de promedio, de 100,4 litros por habitante y día (2,9%), con mayores variaciones que los no festivos, entre los 85,5 litros por habitante y día de agosto de 2015, y los 114,4 litros por habitante y día de junio de 2013.

Aunque la tendencia es de un menor consumo diario, la reducción ha sido mayor en los días no festivos en comparación con los días festivos (un -5% frente a un -4%, respectivamente, en consumos por vivienda, y un -5,3% frente a un -4,4% en consumos por habitante).

Que el consumo sea mayor en días festivos va relacionado con la climatología y con los periodos vacacionales, como se observa en la Figura 102. En julio de 2009 se registró la mayor diferencia de consumo por vivienda de días no festivos (11,02%), y en abril de 2013 la mayor de días festivos (-11,07%).

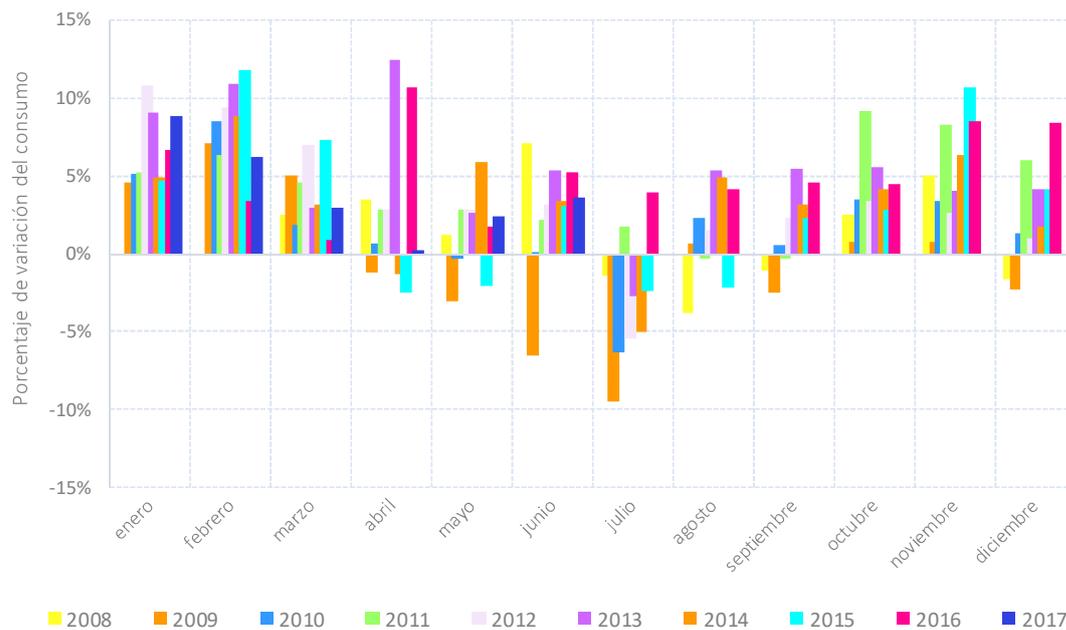
**FIGURA 102. CONSUMOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE DÍA**



De modo general se puede observar que al inicio del estudio (2008-2010) el consumo es mayor en festivo (enero a abril y en octubre a noviembre), con alguna excepción ligada a la variación de las fechas en que se celebra la Semana Santa. Así mismo, es inferior el consumo de junio a septiembre, principalmente debido al incremento de las ausencias de fin de semana en este periodo. Desde 2011, los consumos mayores en no festivos se han producido fundamentalmente en abril y de julio a agosto. La Figura 103 refleja los porcentajes de variación de consumo por tipo de día. Estos porcentajes se calculan como la diferencia entre el consumo de los días festivos y laborables, respecto a los laborables.

**FIGURA 103. VARIACIÓN DE CONSUMO MENSUAL POR TIPO DE DÍA**

Variación de consumo, por vivienda, días festivos respecto a días laborables



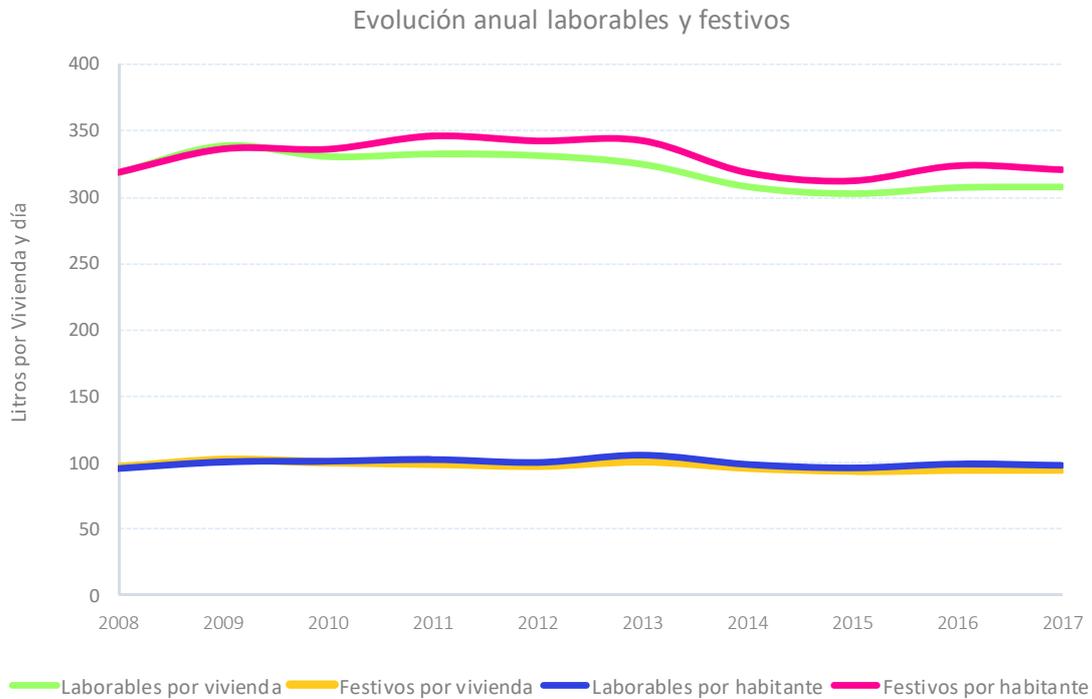
La evolución de los consumos por vivienda y por habitante, de modo anual, se presenta en la Figura 104 donde se puede observar cómo, tanto en días festivos, como en días no festivos, existe una tendencia decreciente a lo largo del periodo de estudio.

La distribución horaria en los días laborables y festivos y los días no festivos sigue también pautas similares en los diez años del estudio sin que se detecten diferencias apreciables entre ellas. En el análisis del horario comparado de días laborables y días festivos la Figura 105 permite observar como la mayor concentración del consumo se produce en la mañana entre las 6 y las 8 horas, de los días no festivos, frente a las 9 a 12 horas de los días festivos. Este desplazamiento del máximo en festivos, y la mayor anchura de su rango, era la esperable, según los diferentes hábitos entre ambos tipos de días. Los máximos nocturnos, sin embargo, se producen de 20 a 21 horas, en ambos tipos de días, aunque su intensidad los días festivos es menor. El consumo es realmente similar, tal y como ya se ha reseñado, los días festivos han registrado un 2,9% más de consumo diario de promedio.

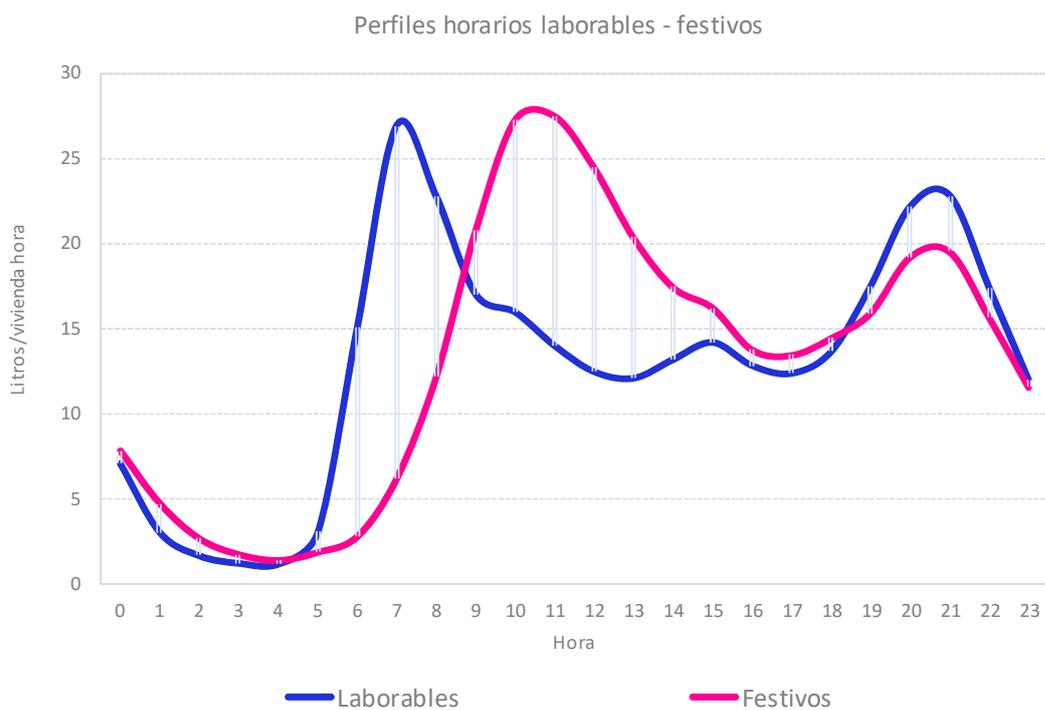
En cuanto a las diferencias estacionales, en las figuras 106 y 107, se han comparado los consumos de invierno (diciembre - marzo) con los de verano (junio - septiembre).

En los días no festivos las tendencias son más parecidas destacando, el desplazamiento del máximo nocturno en verano de las 20 a las 21 horas, algo que también se ha observado para los días festivos. En los días festivos se aprecia también una diferencia significativa en los consumos entre las 10 y las 16 horas y dentro de este rango, especialmente entre las 10 y las 13 horas (de 4 a 5 litros).

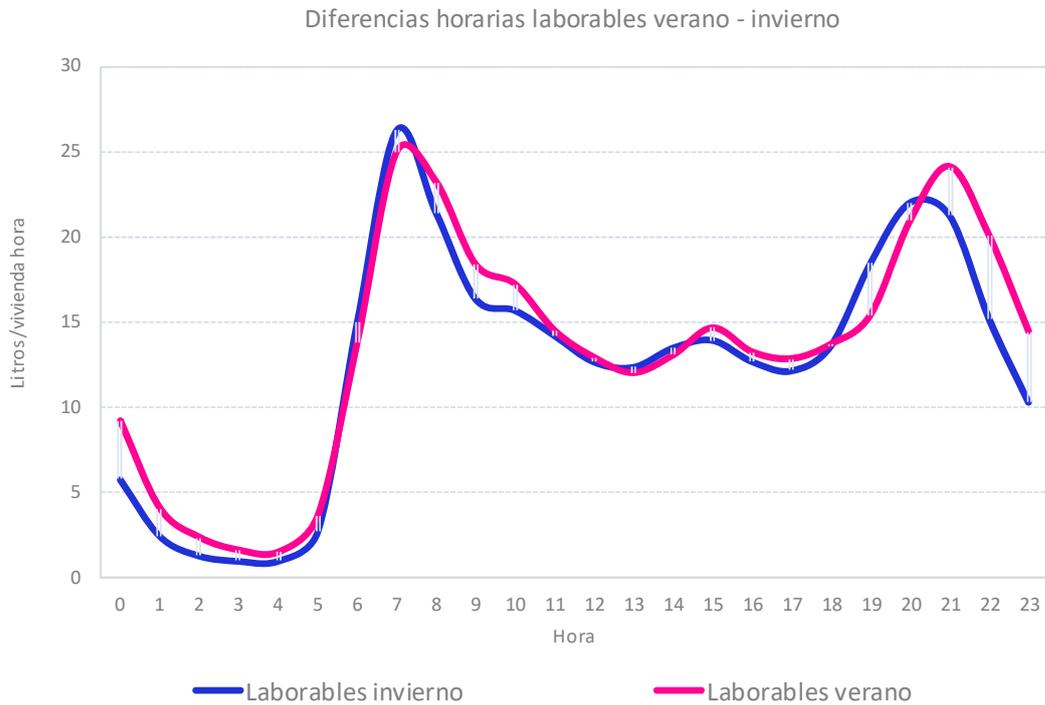
**FIGURA 104. CONSUMOS ANUALES EN FESTIVOS Y LABORABLES**



**FIGURA 105. VARIACIÓN DE CONSUMO MENSUAL POR TIPO DE DÍA**

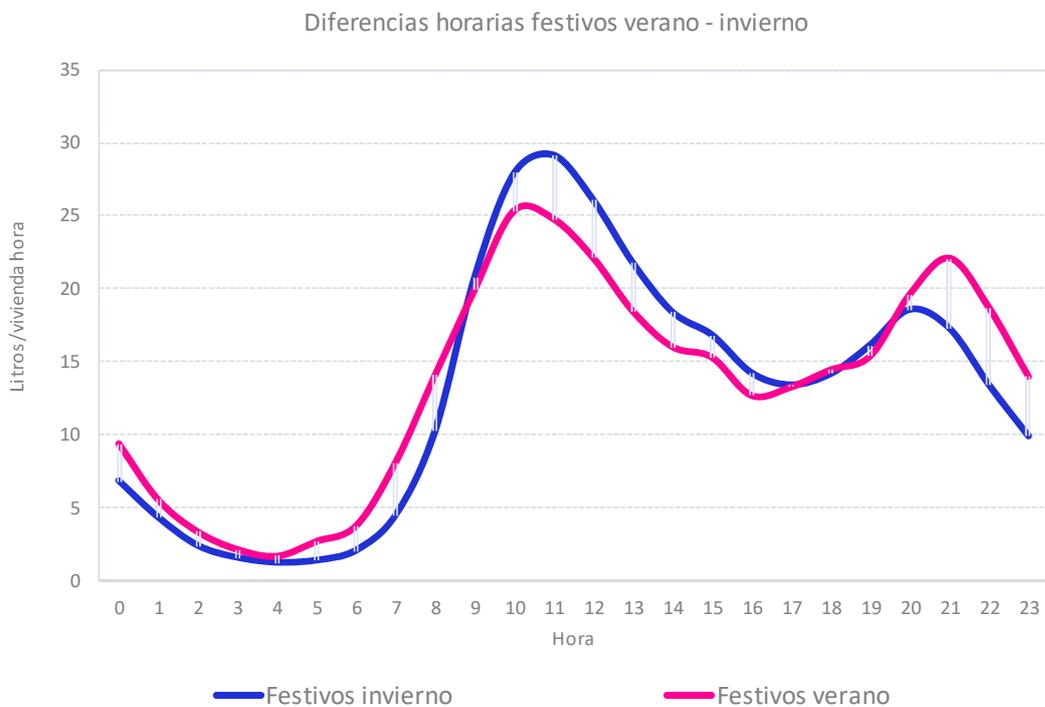


**FIGURA 106. DIFERENCIAS ESTACIONALES EN LA MODULACIÓN HORARIA – DÍAS LABORABLES**



Si consideramos el consumo medio a lo largo del día, en invierno el consumo es un 3,9% mayor en los días festivos, respecto a los no laborables, y en verano solamente un 0,5% mayor.

**FIGURA 107. DIFERENCIAS ESTACIONALES EN LA MODULACIÓN HORARIA – DÍAS FESTIVOS**



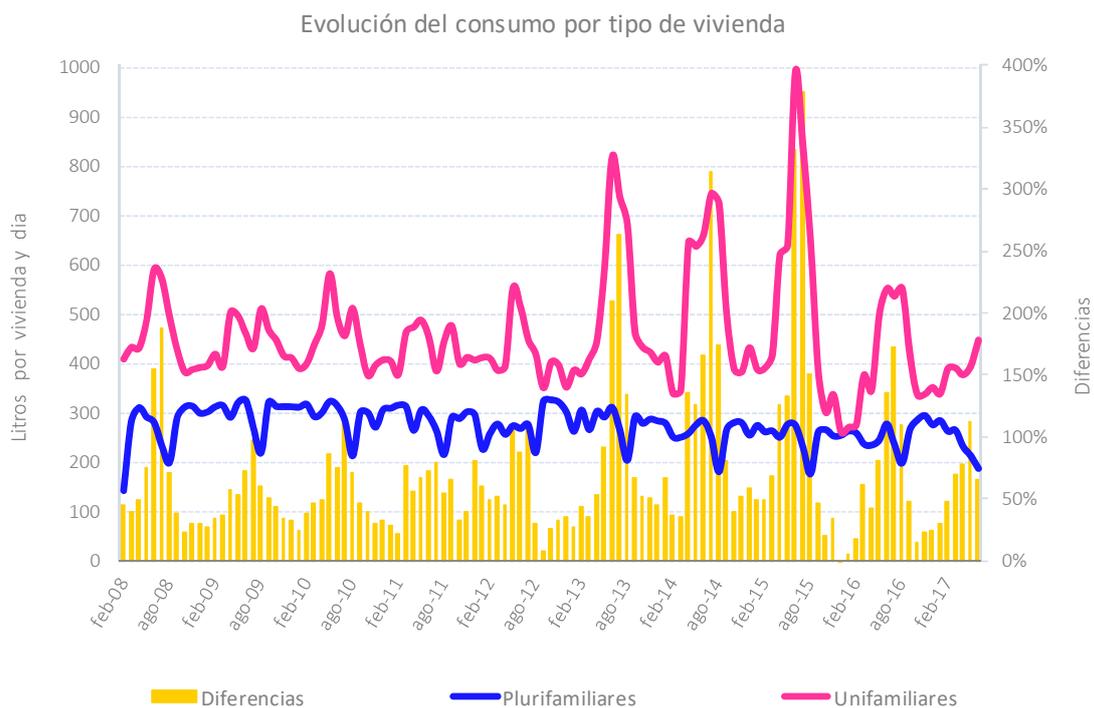
### 5.2.2. Influencia por tipo de vivienda

A continuación, se analizan los datos de consumo en función del tipo de vivienda, unifamiliar o plurifamiliar. La diferencia porcentual se calcula a partir de la diferencia entre el consumo unifamiliar menos el plurifamiliar, respecto al consumo plurifamiliar (Figura 108).

El promedio de consumo en plurifamiliares es de 271,2 litros por vivienda y día, con variaciones entre los 176,1 litros por vivienda y día de agosto de 2015, y los 325,5 litros por vivienda y día de octubre de 2012. Las viviendas unifamiliares, han registrado un consumo promedio mucho mayor que las plurifamiliares, de 449,1 litros por vivienda y día (un 65,6% mayor que las plurifamiliares), y también con mayores variaciones mensuales que las plurifamiliares, entre los 262,3 litros por vivienda y día de enero de 2016 y los 993,3 litros por vivienda y día de julio de 2015.

Respecto a los consumos por habitante, el promedio de consumo es de 83,2 litros por habitante y día en plurifamiliares, con oscilaciones entre los 54,7 litros por habitante y día de agosto de 2015 y los 98,6,3 litros por habitante y día de junio de 2009. Las viviendas unifamiliares han registrado un consumo promedio considerablemente mayor, de 127,5 litros por habitante y día (53,2%), con mayores variaciones que las plurifamiliares, entre los 74,7 litros por habitante y día de enero de 2016, y los 261,4 litros por habitante y día de julio de 2015.

**FIGURA 108. CONSUMO MENSUAL EN FUNCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA**

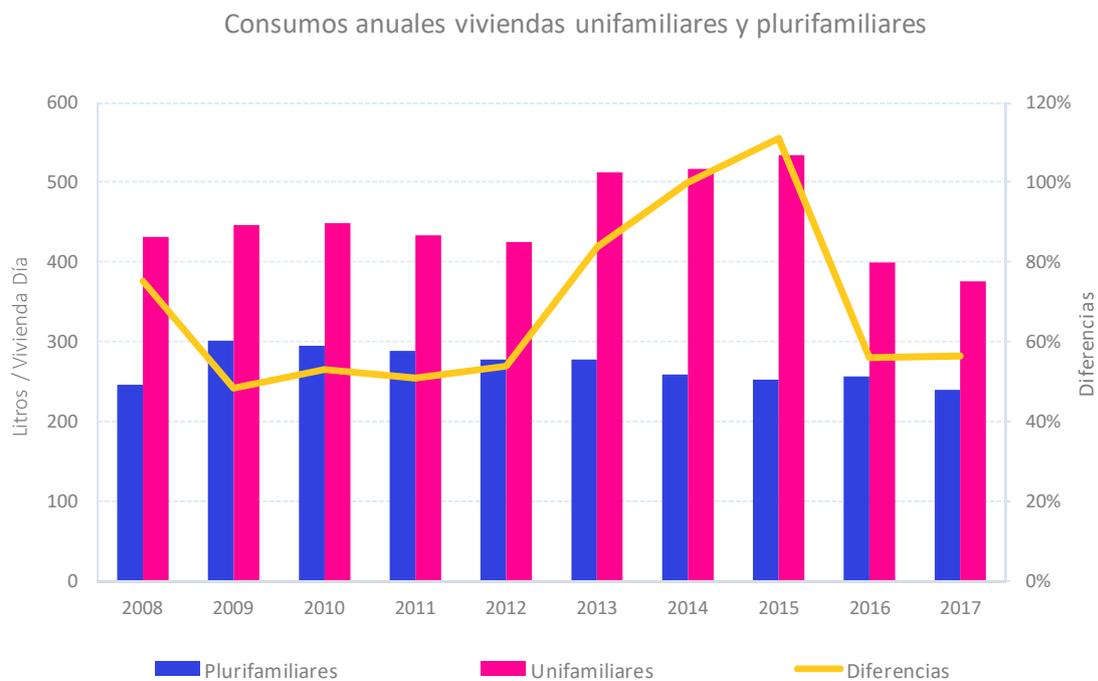


La tendencia general a lo largo de los diez años de estudio ha reflejado un menor consumo diario en las viviendas plurifamiliares. En las viviendas unifamiliares, a partir de 2013 se observa un aumento del consumo por vivienda, especialmente en los meses de verano, que se puede atribuir a la incorporación a la muestra de viviendas con mayores parcelas de jardín, segmento este que anteriormente no estaba suficientemente representado.

Aunque el consumo es siempre mayor en las viviendas unifamiliares respecto a las plurifamiliares, las diferencias se hacen más notorias en el periodo estival y en función de la climatología (por los usos exteriores de las unifamiliares, fundamentalmente). Particularmente en los meses de julio y agosto, cuando coinciden las vacaciones de muchas familias con el incremento de los usos recreativos de exterior, el consumo de las viviendas unifamiliares puede llegar a cuadruplicar el de las plurifamiliares.

Analizando los valores anuales (Figura 109) se observa que la diferencia de consumo entre las viviendas unifamiliares y las plurifamiliares no ha sido todos los años igual de importante. Así, desde el 2008 al 2012 la diferencia del consumo fue descendiendo desde el 75% al 54%. A partir del año 2013, se incrementa notablemente la diferencia de consumo entre las viviendas unifamiliares y plurifamiliares debido, según se apuntó anteriormente, a la incorporación a la muestra de nuevas viviendas unifamiliares con mayor superficie de jardín. En 2015, esta diferencia llega a superar el 100%. Los valores de 2017 solo incluyen datos hasta junio, por lo que no se han contemplado los meses de verano con mayor consumo en este tipo de viviendas.

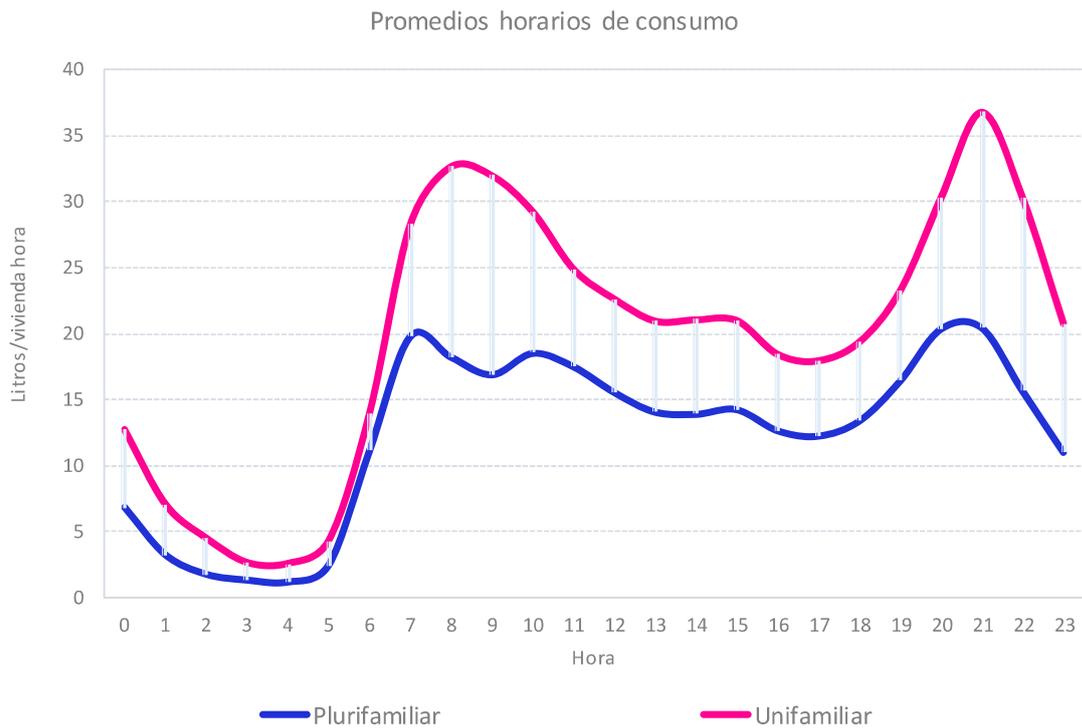
**FIGURA 109. CONSUMO ANUAL POR TIPO DE VIVIENDA**



Respecto a la distribución horaria del consumo durante los años de duración del estudio, en las viviendas plurifamiliares se puede decir que sigue tendencias similares en los siete años, sin que se detecten diferencias apreciables entre ellas. En las viviendas unifamiliares, se aprecia la existencia de alguna diferencia en la distribución horaria del consumo, derivada fundamentalmente de la variabilidad implícita en la composición de la muestra.

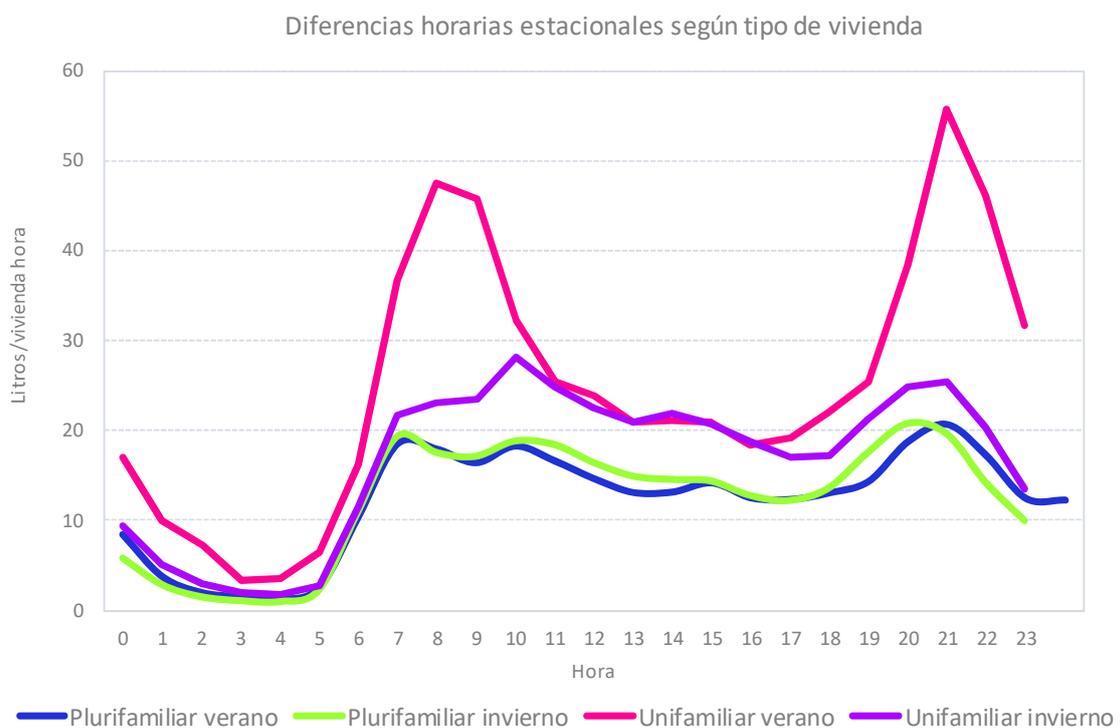
Como puede verse en la Figura 110, el análisis horario comparado de viviendas plurifamiliares y unifamiliares permite observar como el mayor consumo en estas últimas se produce a lo largo de todo el día. Las mayores diferencias se registran entre las 20 y las 22 horas, con un máximo de 16 litros por hora de diferencia a las 21 horas; y entre las 8 y las 10 horas, con un máximo a las 9 horas de 15 litros por hora y vivienda. Se observa también un desplazamiento del máximo matinal y vespertino de una hora en las viviendas unifamiliares, de 8 a 9 horas y de 21 a 22 horas.

**FIGURA 110. DIFERENCIAS EN LA MODULACIÓN HORARIA SEGÚN EL TIPO DE VIVIENDA**



En cuanto a las tendencias estacionales por tipo de vivienda, la Figura 111 ofrece una imagen en la que se han comparado los consumos de invierno (diciembre - marzo), con los de verano (junio - septiembre) de las viviendas plurifamiliares y las unifamiliares.

**FIGURA 111. DIFERENCIAS ESTACIONALES EN LA MODULACIÓN HORARIA SEGÚN EL TIPO DE VIVIENDA**



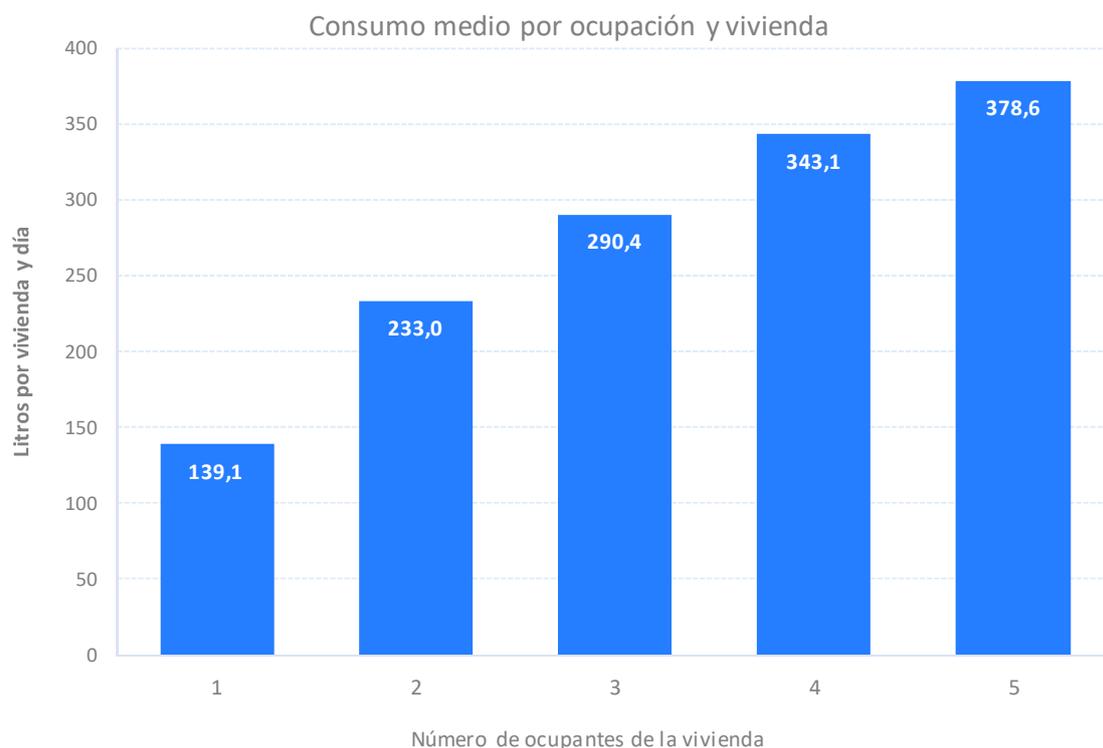
En el gráfico de la Figura 111 se observa que el comportamiento de las viviendas plurifamiliares es similar en ambos periodos estacionales. Respecto a las viviendas unifamiliares, el consumo diario en invierno es similar, en su perfil, al de las viviendas plurifamiliares, aunque más intenso en las franjas centrales del día, a excepción del periodo nocturno; el consumo de invierno de viviendas unifamiliares es muy similar al de verano de viviendas plurifamiliares, entre las 21 y las 8 horas.

El consumo diario estival de las viviendas unifamiliares se caracteriza por un volumen mucho más elevado, con una marcada diferencia respecto al resto de consumos, especialmente en los picos matinales y vespertinos y hasta las 3 horas. Las viviendas unifamiliares presentan consumos similares en las horas centrales del día (de 12 a 18 horas) tanto verano como en invierno.

### 5.2.3. Influencia por ocupación de la vivienda

La ocupación de las viviendas es una de las características que tienen una relación más directa con el consumo en las viviendas. Es evidente que se debe producir un aumento de consumo según aumenta el número de ocupantes de la vivienda (Figura 112), pero existen factores que influyen en que el crecimiento no sea lineal.

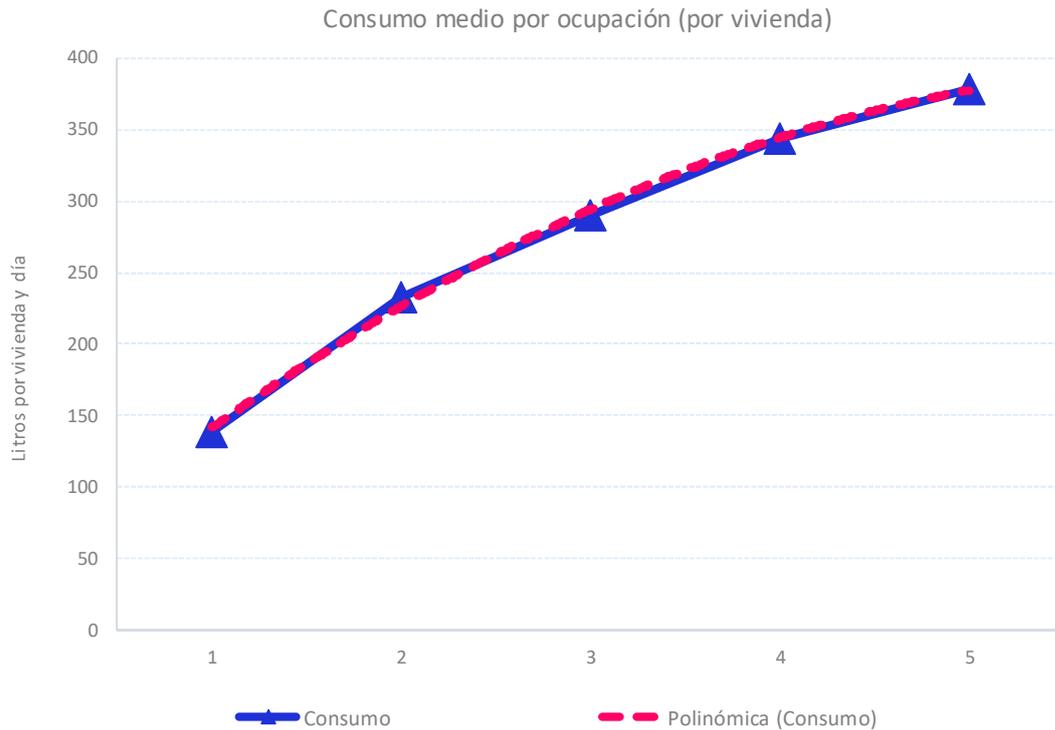
**FIGURA 112. PROMEDIOS DE CONSUMO SEGÚN LA OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA**



El análisis estadístico de esta variable en el estudio muestra una relación entre el número de ocupantes y el consumo de la vivienda significativa, con una alta correlación de Pearson (0,984), con un 99% de fiabilidad. El modelo obtenido se muestra a continuación y en la gráfica de la Figura 113.

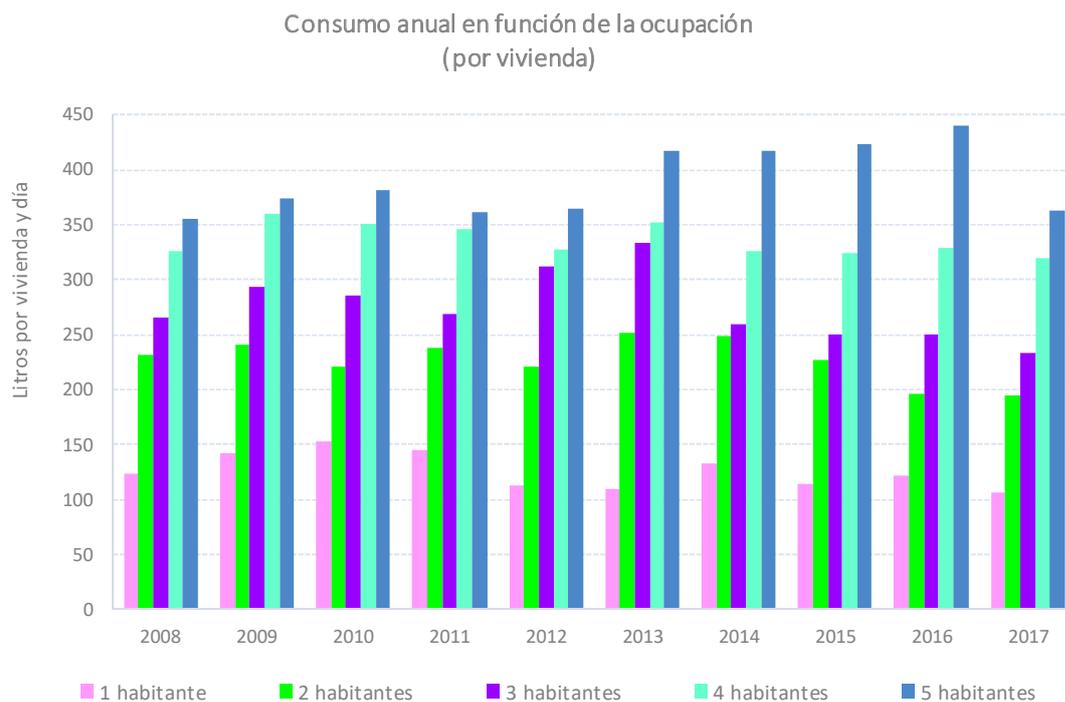
$$\text{Consumo de vivienda} = -12,957 \times \text{habitantes}^2 + 139,219 \times \text{habitantes}$$

**FIGURA 113. PROMEDIOS DE CONSUMO SEGÚN LA OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA**



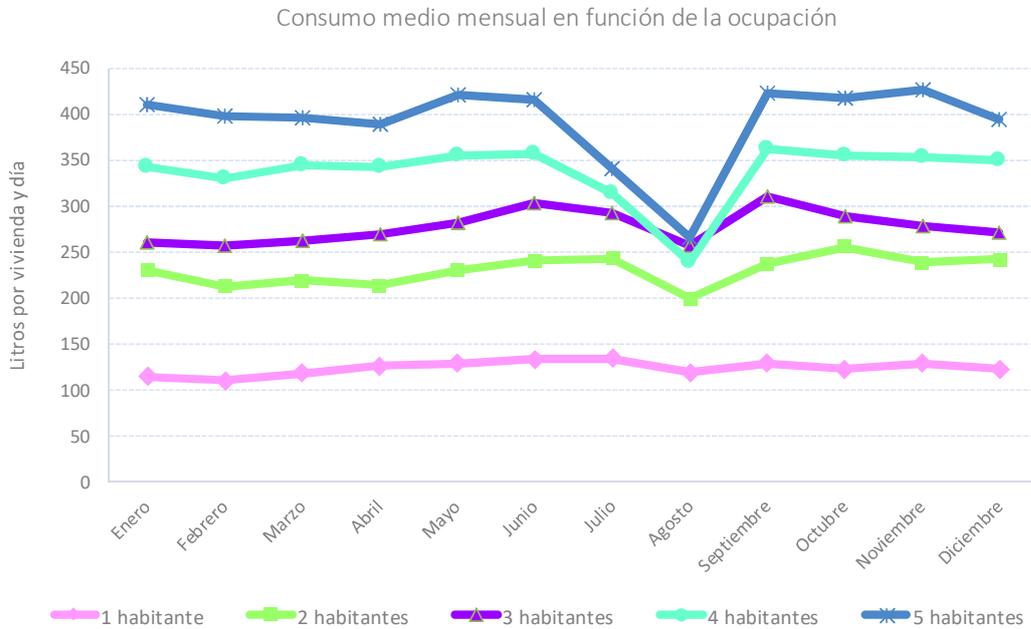
Si se analiza la evolución del consumo anual de las viviendas, en función de su ocupación, se puede observar una reducción del consumo para las viviendas entre uno y cuatro ocupantes (Figura 114), en oposición a las viviendas de cinco habitantes, que muestran una clara tendencia a elevar el consumo, (con aumentos del 24% entre 2008 y 2016).

**FIGURA 114. CONSUMO ANUAL EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN**



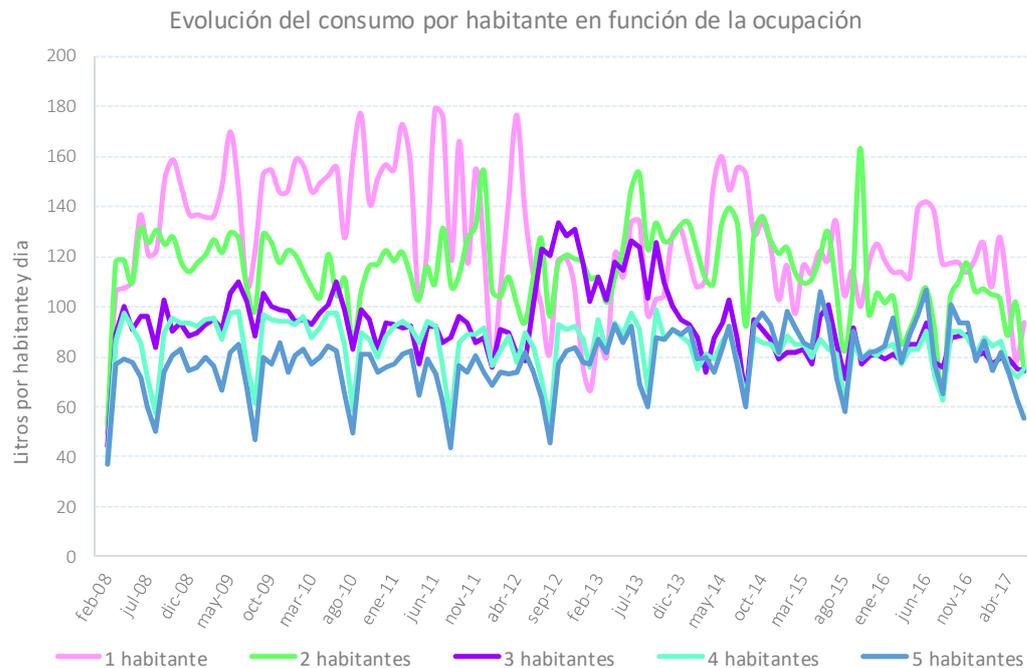
Si se analiza la evolución mensual del consumo, se puede observar (Figura 115) que las mayores variaciones de los consumos a lo largo del año están en el descenso de consumo, que es propio del periodo estival. En las viviendas con mayor ocupación esta bajada del consumo es más acusada, mientras que en las de menor ocupación apenas se observa el efecto del verano.

**FIGURA 115. CONSUMO MENSUAL EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN (POR VIVIENDA)**



Otro modo de analizar estos consumos es por habitante, en vez de por vivienda. En la Figura 116 se pueden observar los datos mensuales de todo el periodo de estudio, en el gráfico se aprecia claramente la disminución del consumo por persona, con el aumento de la ocupación de las viviendas y viceversa, según disminuye la ocupación de habitantes por vivienda aumenta la variabilidad del consumo registrado.

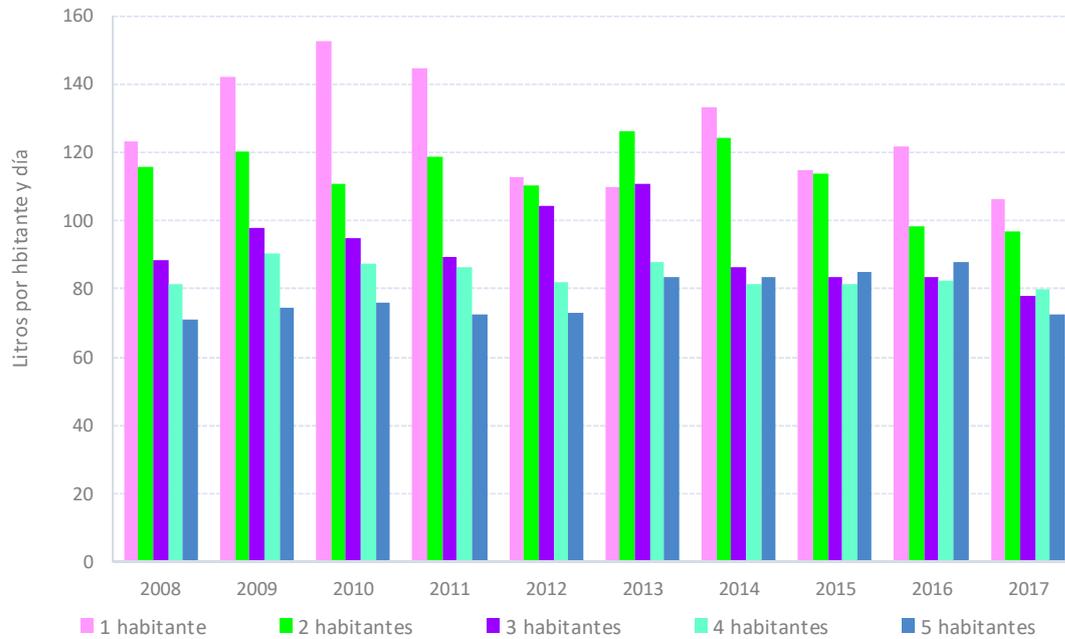
**FIGURA 116. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MENSUAL POR HABITANTE EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN**



Si se analiza la evolución del consumo anual de las viviendas, en función de la ocupación, se observa (ver figuras 117 y 118) cómo disminuye el consumo por habitante al aumentar la ocupación, llegando a ser hasta un 37% menor en las viviendas de 5 habitantes que en las de una sola persona.

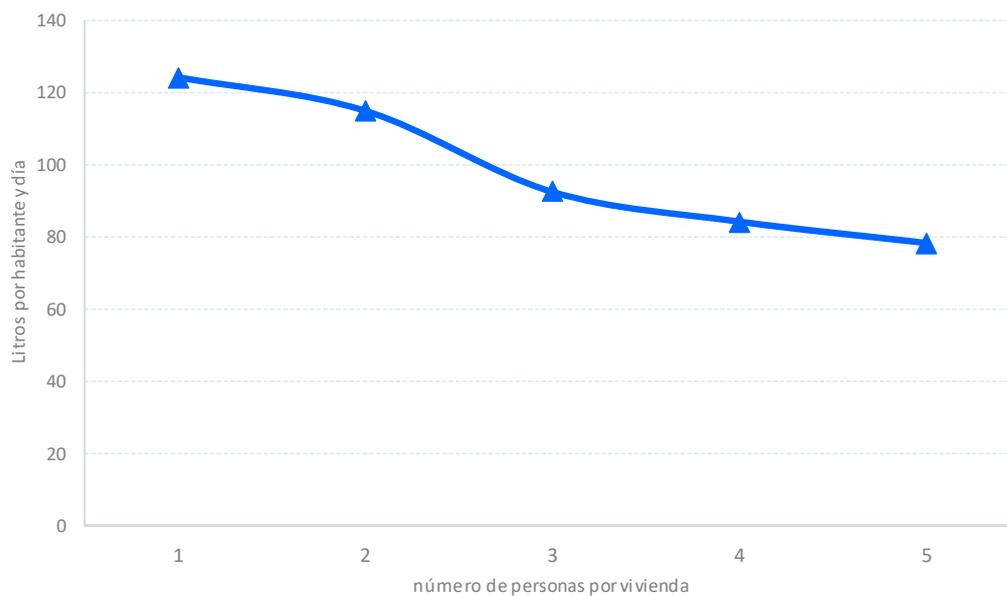
**FIGURA 117. CONSUMO ANUAL POR HABITANTE SEGÚN LA OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA**

Consumo anual en función de la ocupación (por habitante)



**FIGURA 118. CONSUMO MEDIO ANUAL POR HABITANTE EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN**

Consumos medios anuales por habitante en función de la ocupación

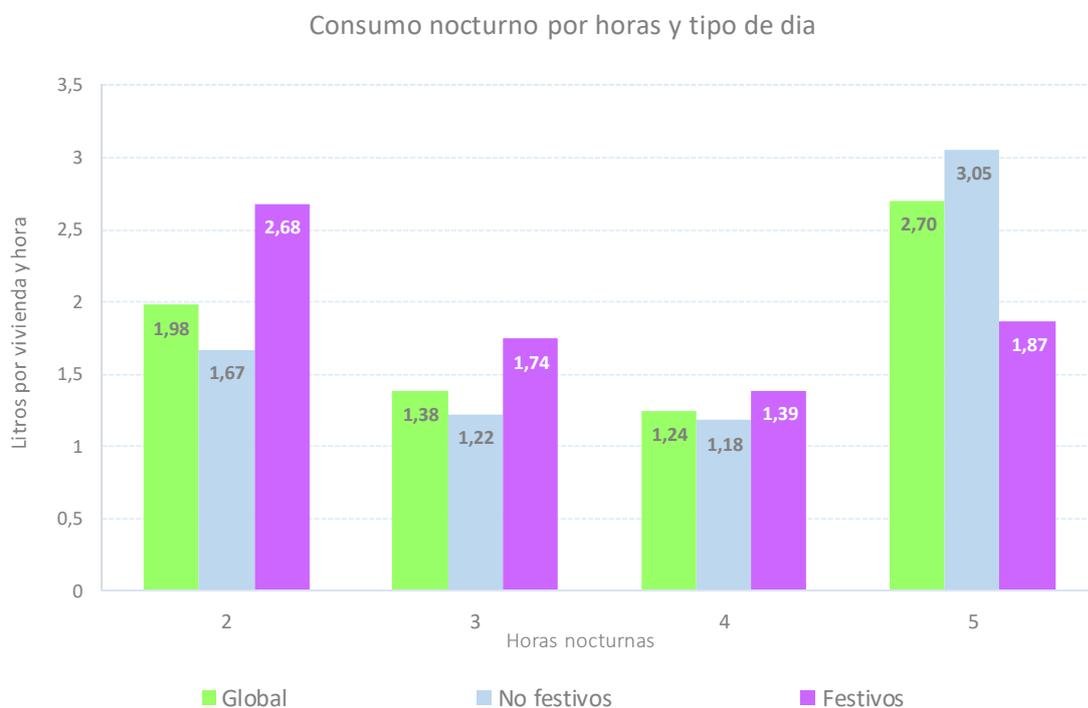


### 5.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS CONSUMOS MÍNIMOS NOCTURNOS

Para caracterizar los consumos nocturnos se ha considerado el promedio de consumo producido entre las 2:00 y las 5:00 horas de la madrugada de las viviendas de la muestra (Figura 119). En este periodo, los consumos horarios son inferiores al 1% del consumo diario, que es de 328 litros por vivienda y día, de promedio, para todo el periodo del estudio.

El mínimo nocturno se produce, en todos los casos, a las 4:00, pero se observa que, en los días laborables, o no festivos, los consumos son inferiores, excepto a las 5:00, hora a la que comienza la actividad en algunas viviendas. De manera opuesta, en los días festivos se retrasa la hora del descanso, produciéndose el mayor consumo nocturno a las 2:00.

**FIGURA 119. CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO, POR HORAS Y TIPO DE DÍA**

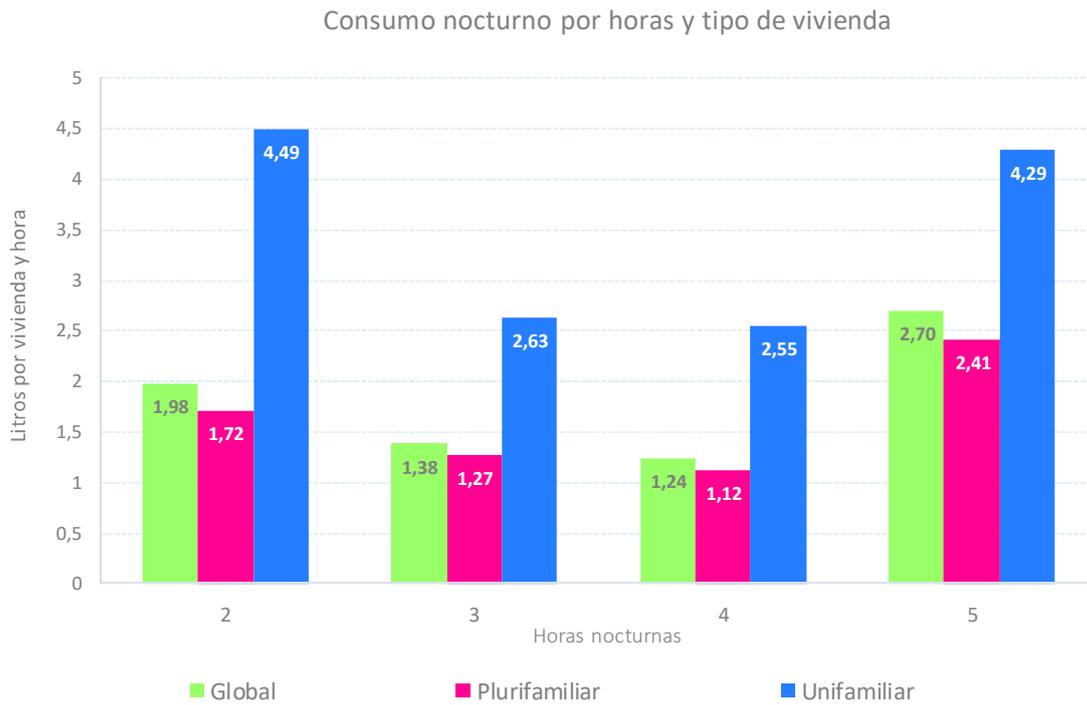


Analizando el consumo, por tipo de vivienda, es destacable el consumo mucho más elevado que se produce en las viviendas unifamiliares, con respecto al de las plurifamiliares, especialmente a las 2:00, como puede verse en la Figura 120. El uso externo destinado a riegos es uno de los factores que contribuye más a esta diferencia de consumos.

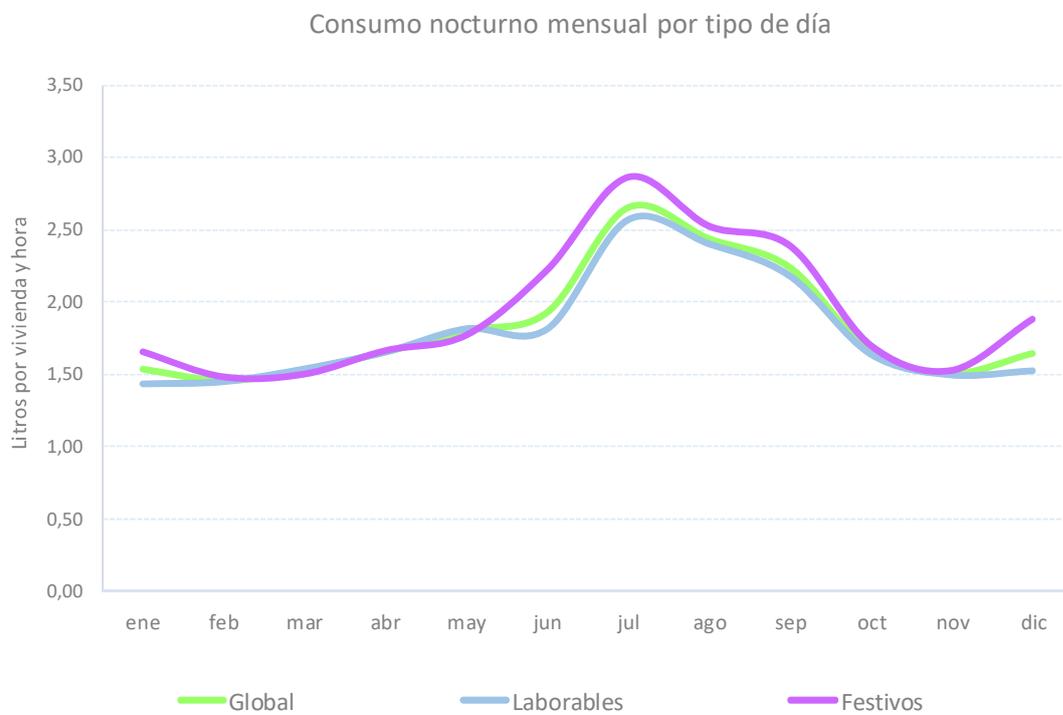
En el análisis mensual de los consumos nocturnos se observa que, de modo general, son mayores en los periodos vacacionales, y de modo particular en los días festivos, como en Navidades que cuenta con días señalados con veladas muy prolongadas. También es apreciable el aumento de consumo que se produce al final de primavera y verano, en paralelo con el crecimiento que experimenta la actividad nocturna de los fines de semana y festivos (Figura 121).

Por tipo de vivienda, las unifamiliares (Figura 122) comienzan los riegos en primavera y se extienden hasta finales de septiembre, siendo especialmente importantes en los meses estivales. Las campañas sobre los momentos más idóneos de riego, junto a las posibilidades de programación de riegos, provocan el aumento nocturno de los valores de consumo, a los que también contribuye las pérdidas en las redes exteriores que están cortadas en otros momentos del año.

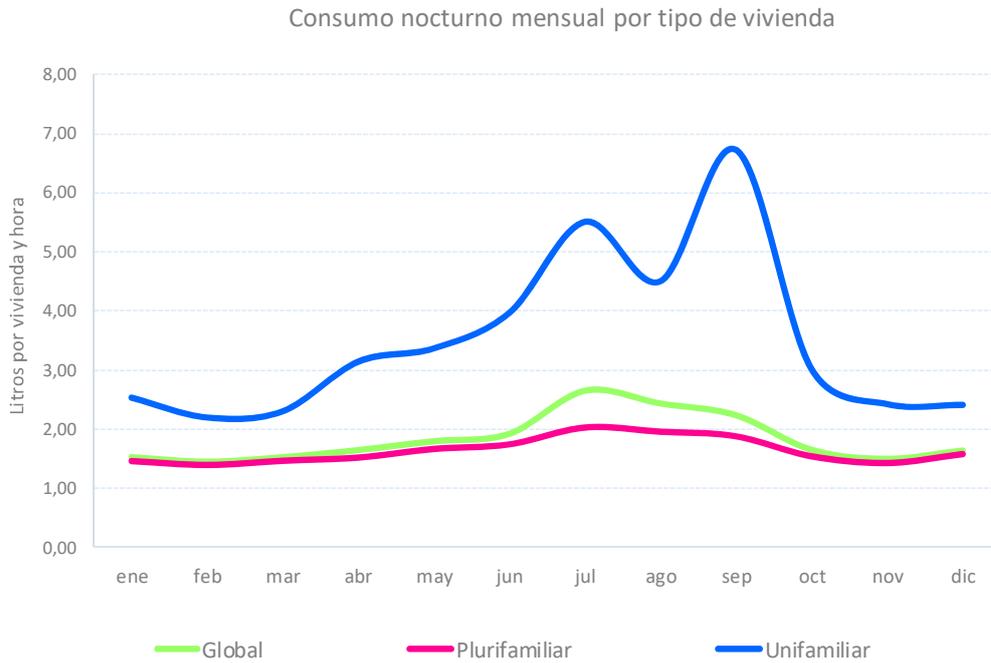
**FIGURA 120. CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO, POR HORAS Y TIPO DE VIVIENDA**



**FIGURA 121. CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO MENSUAL, POR TIPO DE DÍA**



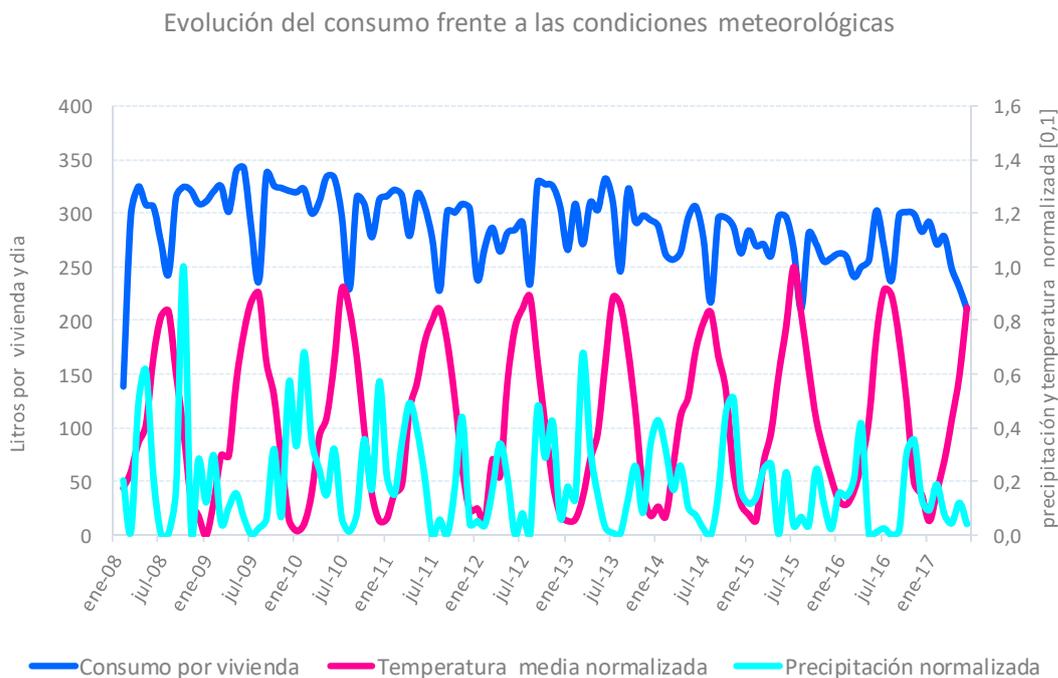
**FIGURA 122. CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO MENSUAL, POR TIPO DE VIVIENDA**



**5.4. IMPACTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS SOBRE EL CONSUMO**

La influencia meteorológica sobre los incrementos o descensos de consumo resulta evidente en el gráfico de la Figura 123. Representando los valores de una determinada población de estudio se ha observado un comportamiento que se repite: cuando la temperatura empieza a subir y las precipitaciones a bajar, se empieza a incrementar el consumo; y cuando las precipitaciones se incrementan y la temperatura empieza a bajar, se muestra un descenso en el consumo.

**FIGURA 123. CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO MENSUAL, POR TIPO DE VIVIENDA**



Sin embargo, hacer un modelo y especificar que el consumo total depende de la temperatura o de las precipitaciones es complicado ya que no están correlacionados.

Las variables climáticas mostradas en la Figura 123 son la precipitación normalizada y la temperatura normalizada, esto quiere decir que han sufrido una transformación lineal, y esto se hace para eliminar su dependencia respecto a las unidades de medida. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$z_i = \frac{x_i - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)}$$

Para intentar determinar las influencias climáticas, se ha estudiado la influencia entre consumos y variaciones de consumos de días festivos y no festivos, y de viviendas unifamiliares y plurifamiliares, con respecto a la temperatura, precipitaciones, días de precipitaciones e insolación. Todas estas variables se han estudiado respecto a todo el periodo temporal considerado (113 meses), y respecto a datos medios mensuales del periodo (12 meses). Teniendo en cuenta que la representatividad de las viviendas unifamiliares es limitada, se ofrecen en este apartado los resultados de interés del análisis realizado.

#### 5.4.1. Análisis sobre todo el periodo

Solo se han encontrado relaciones reseñables con respecto a la temperatura. En todos los casos se observa una dispersión de datos al aumentar la temperatura, que provoca que los coeficientes de determinación empeoren notablemente.

**Relación entre las diferencias de consumo de viviendas unifamiliares y plurifamiliares con respecto a la temperatura.** El análisis de los datos permite observar una relación entre las variables significativa, con una correlación de Pearson discreta (0,678). El modelo obtenido presenta un coeficiente de determinación  $R^2=0,46$ , con un nivel de confianza del 99%:

$$\text{Diferencia unifamiliar - plurifamiliar} = 0,040 \times \text{Temperatura}$$

Como se observa en la Figura 124, el aumento de la temperatura explica la diferencia de consumo entre viviendas unifamiliares y plurifamiliares en un 46%.

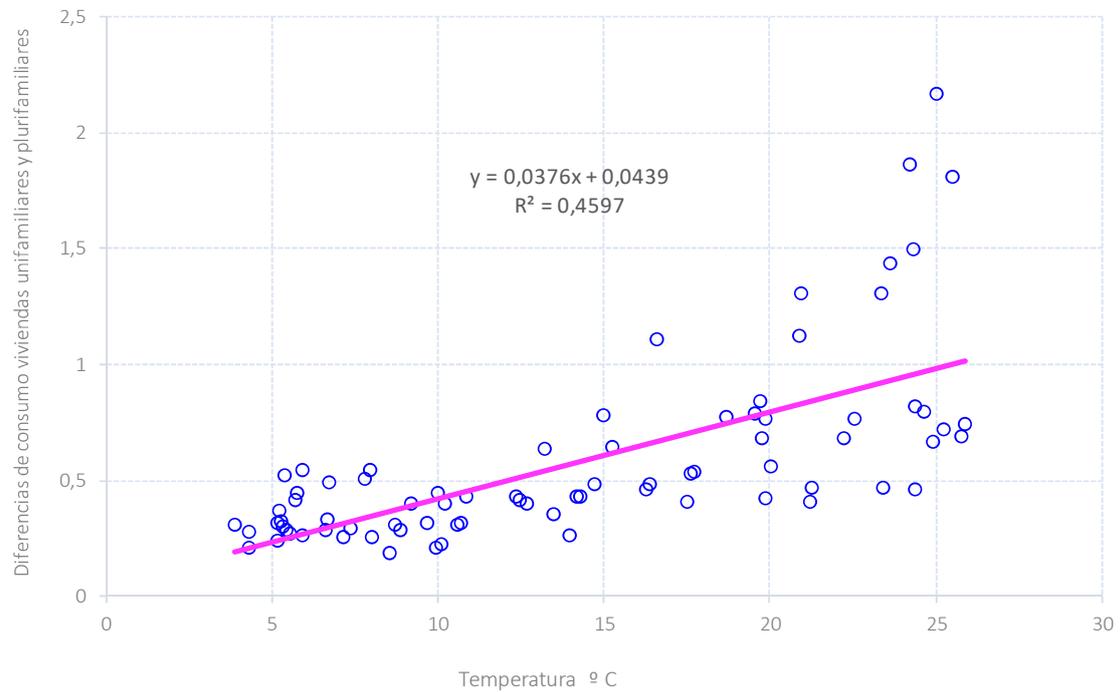
**Relación entre el consumo de viviendas unifamiliares y la temperatura.** El objetivo ha sido modelizar el incremento fundamentalmente de los usos exteriores de agua con variables climáticas. Con respecto a la temperatura normalizada, el análisis de los datos permite observar una relación entre las variables significativa, con una correlación de Pearson de 0,693. El modelo obtenido es significativo y de calidad regular con un coeficiente de determinación  $R^2=0,48$ .

$$\ln(\text{Consumo unifamiliar}) = 5,866 \times e^{(0,09 \times \text{temperatura normalizada})}$$

Como se observa en la Figura 125, el modelo exponencial, explica el aumento de consumo unifamiliar en logaritmos, respecto al aumento de la temperatura, en un 48%.

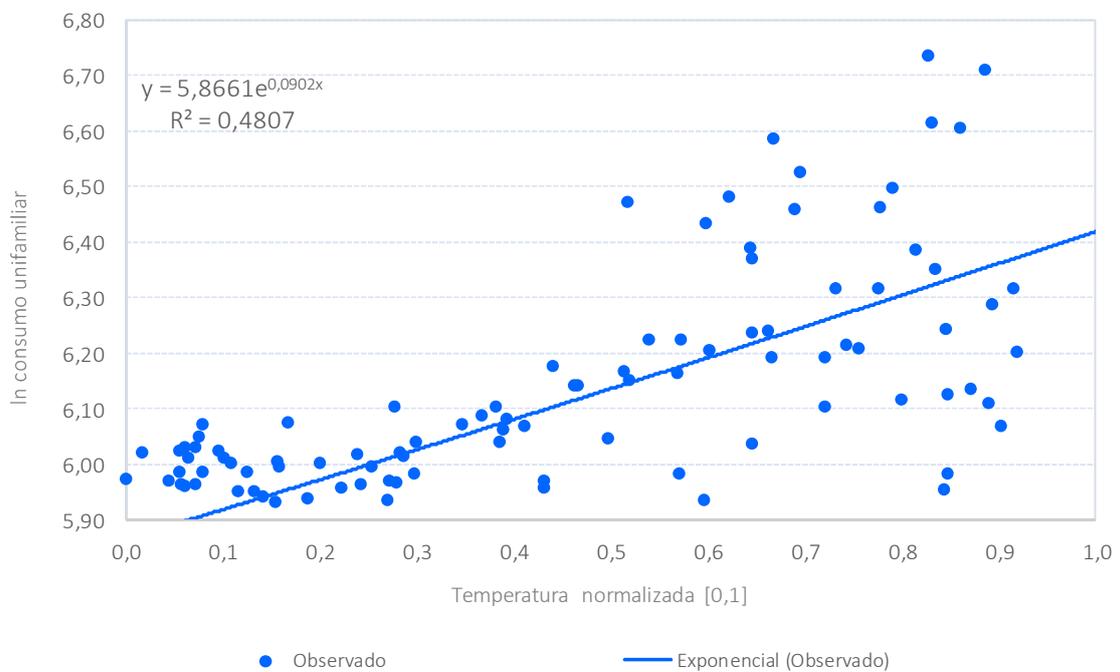
**FIGURA 124. REGRESIÓN DIFERENCIA UNIFAMILIAR Y PLURIFAMILIAR CON TEMPERATURA**

Diferencia de consumo uni - plurifamiliar con respecto a la temperatura media



**FIGURA 125. REGRESIÓN DEL CONSUMO UNIFAMILIAR CON TEMPERATURA NORMALIZADA**

Consumo unifamiliar con respecto a la temperatura normalizada



### 5.4.2. Análisis sobre promedios mensuales

Este análisis se ha realizado sobre los promedios mensuales del consumo, es decir sobre los 12 datos promedio correspondientes a cada mes del año, en vez de realizarlo sobre el conjunto de datos del estudio. En este caso las variables climáticas con relaciones reseñables son las horas de insolación y los días de lluvia, además de la temperatura.

**Relación entre las diferencias de consumo de días no festivos y festivos con respecto a horas de insolación (en porcentaje).** El modelo que mejor explica la diferencia es el cuadrático (de calidad regular, con un coeficiente de determinación  $R^2=0,616$ ). El modelo es significativo para un nivel de confianza del 95% y las variables también son significativas a ese nivel de confianza.

$$\text{Diferencia en \% festivos y no festivos} = -0,021 - 3,08 \times 10^{-4} \times \text{horas insolación} + 1,070 \times 10^{-6} \times \text{horas insolación}^2$$

Como se observa en el modelo cuadrático de la Figura 126, el aumento de las horas de insolación explica el aumento de la diferencia en porcentaje, del consumo entre días festivos y no festivos, en un 61,6%.

**FIGURA 126. REGRESIÓN DIFERENCIA % FESTIVOS Y NO FESTIVOS CON HORAS DE INSOLACIÓN**



**Relación entre las diferencias de consumo entre viviendas unifamiliares y plurifamiliares con respecto a horas de insolación y días de lluvia.** El análisis de los datos permite observar una relación entre las variables significativas, con una correlación de Pearson respecto a las horas de insolación de 0,919; y respecto a los días de lluvia de 0,935. El modelo es significativo, de calidad excelente, con un coeficiente de determinación  $R^2=0,937$ .

$$\text{Diferencia unifamiliar-plurifamiliar} = 0,546 - 0,063 \times \text{días de lluvia} + 0,002 \times \text{horas de insolación}$$

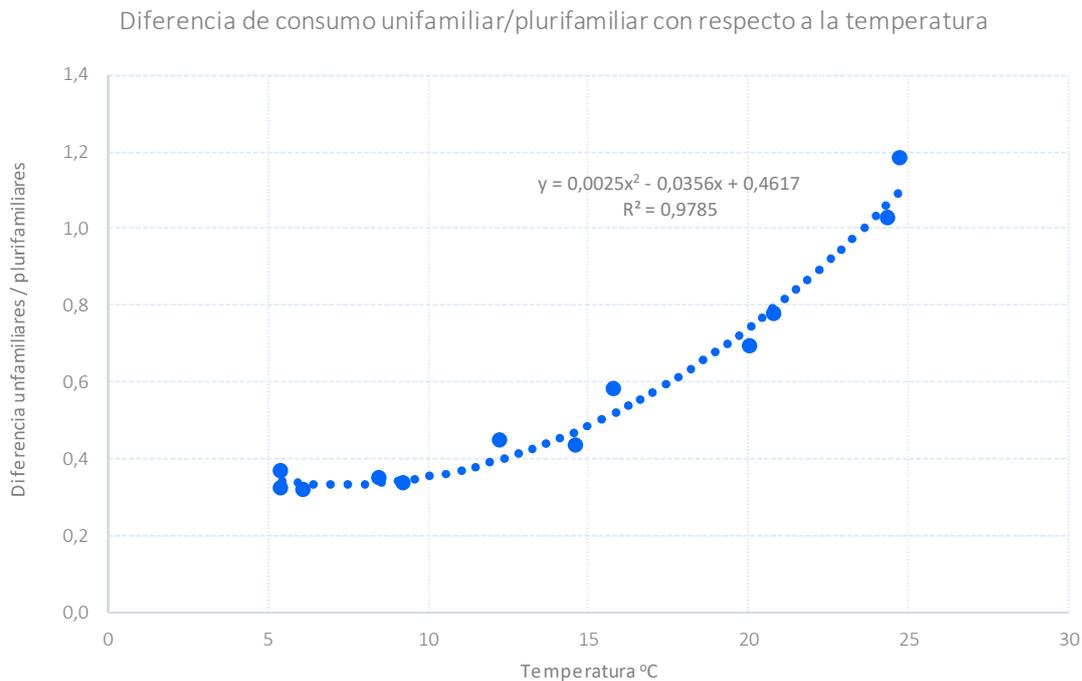
La diferencia del consumo de unifamiliares y plurifamiliares queda explicada un 93,7% por las horas de insolación y días de lluvia. De acuerdo con la relación obtenida, los días de lluvia aproximan el consumo en los tipos de viviendas, mientras que las horas de insolación la aumentan.

**Relación entre las diferencias de consumo entre viviendas unifamiliares y plurifamiliares con respecto a la temperatura.** El análisis de los datos permite observar una relación entre las variables significativa, con una correlación de Pearson de 0,933. Se ha obtenido un modelo significativo, de calidad excelente, con un coeficiente de determinación de  $R^2=0,978$ .

$$\text{Diferencia unifamiliar-plurifamiliar} = 0,0025 \times \text{temperatura}^2 - 0,0352 \times \text{temperatura} + 0,4587$$

Como se observa en la Figura 127 el aumento de la temperatura explica la creciente diferencia entre los consumos de viviendas unifamiliares y plurifamiliares en un 97,8%.

**FIGURA 127. REGRESIÓN DIFERENCIA UNIFAMILIAR Y PLURIFAMILIAR CON TEMPERATURA**



## 5.5. IMPACTO SOBRE EL CONSUMO, DE CIERTOS ACONTECIMIENTOS PUNTUALES

El consumo promedio de cualquier abastecimiento puede estar muy alejado del producido en ocasiones específicas debido a sucesos extraordinarios, o a momentos festivos de fecha variable, como es la Semana Santa. Con objeto de evaluar su impacto en los consumos registrados en el estudio, se ha identificado alguno de los consumos extraordinarios producidos a lo largo de estos 10 años.

### 5.5.1. Huelga general 2010

La huelga general convocada el 29 de septiembre de 2010, de acuerdo con los datos oficiales, tuvo un seguimiento desigual en función de la fuente consultada: 70% de seguimiento según los sindicatos; 7,5% de los funcionarios del Estado y un 23,8% en las empresas públicas, según el Gobierno.

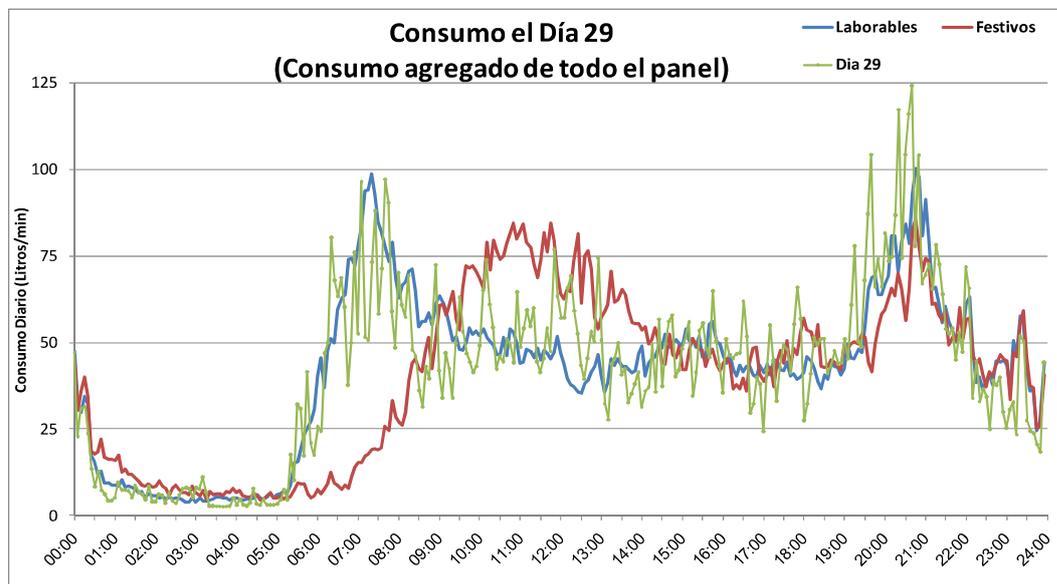
Hubo un seguimiento de un 10% en comercios, y de un 3% en hostelería; el sector del transporte secundó la huelga en un 21%, según datos del Gobierno. El consumo de electricidad cayó un 16,5%.

Los datos extraídos para ese día no muestran una diferencia significativa cuando se comparan con los dos días laborables anteriores y posteriores al día de huelga (Figura 128).

Analizando la curva de consumo del día 29 se puede ver que el máximo de consumo matutino se produjo en torno a las 7:30 horas, de forma muy similar a los días laborables. Entre las 9:00 y las 14:00 horas hubo un pequeño aumento del consumo, centrado en las 12:00 horas, que se asemeja al comportamiento de un día festivo, aunque los valores de consumo estuvieron más próximos a los de un día laborable. A partir de esa hora las curvas de días laborables y festivos fueron muy similares y el consumo del día 29 sigue las mismas pautas.

Respecto al consumo global del conjunto de viviendas analizadas en septiembre de 2010, el promedio de consumo diario es de 344,1 litros mientras que el día 29 el consumo medio fue de 316,3 litros lo que supone un descenso del 8,1%.

**FIGURA 128. CONSUMO DURANTE LA HUELGA GENERAL 29-9-2010**



### 5.5.2. Mundial de fútbol de Sudáfrica 2010

El mundial de fútbol se desarrolló del día 11 de junio al día 11 de julio de 2010. El análisis de los datos no ha determinado una repercusión clara en los consumos asociada a todos los partidos, teniendo en cuenta que este es un estudio de consumos domiciliarios.

El consumo más significativo fue durante la final del mundial de fútbol de Sudáfrica (Figura 129); el análisis de los datos ha permitido observar la singularidad del consumo. Se resaltan a continuación algunos de los datos registrados para aquel día.

Entre las 20:15 y las 23:00 horas el consumo fue siempre inferior al habitual, con las excepciones de los momentos de intermedios en el partido, a saber:

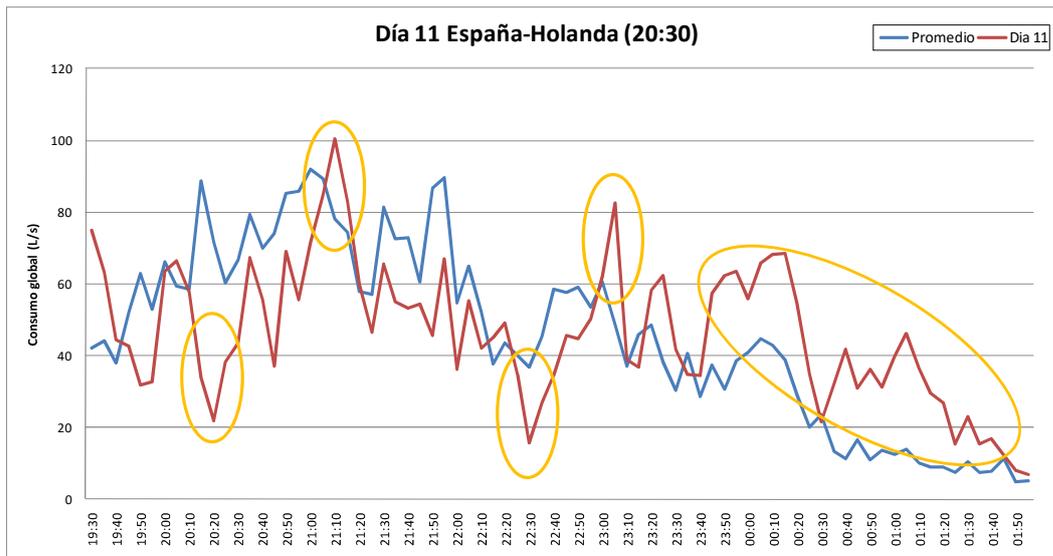
- 21:10 a 21:25 horas (descanso entre tiempos).
- 22:15 a 22:25 horas (fin del partido y comienzo de prórroga).

En el comienzo del partido el descenso llegó a ser de un 70% sobre el consumo promedio, alcanzando un descenso del 57% al comienzo de la prórroga.

El consumo entre el final del partido y las 2:00 horas fue mayor que el promedio, con picos muy elevados:

- 70% al terminar el partido.
- Consumos mantenidos superiores al 200% entre 00:50 y las 1:25 horas.

**FIGURA 129. CONSUMO DURANTE LA FINAL DEL MUNDIAL DE FÚTBOL DE SUDÁFRICA 2010**



### 5.5.3. Semana Santa

Tradicionalmente en Semana Santa se evidencia en Madrid una disminución de la población en este periodo vacacional, ya que se une al periodo no lectivo de toda la semana las festividades del jueves y viernes, como días no laborables.

Se ha analizado el consumo registrado durante los periodos de Semana Santa a lo largo de los años que abarca el estudio, cuya fecha es variable de año a año. Esta diferencia de fechas de la Semana Santa (de hasta 4 semanas), junto con las condiciones climáticas tan variables de principios de primavera, influyen en los consumos que van ligados a las vacaciones y ausencias de estos días, como se refleja en la Tabla 23.

La Semana Santa de los 10 años que abarca el estudio ha coincidido con las siguientes fechas:

2008 del 17 al 23 de marzo

2009 del 6 al 12 de abril

2010 del 30 de marzo al 4 de abril

2011 del 18 al 24 de abril

2012 del 2 al 8 de abril

2013 del 25 al 31 de marzo

2014 del 14 al 20 de abril

2015 del 30 de marzo al 5 de abril

2016 del 21 de marzo al 27 de marzo

2017 del 10 de abril al 16 de abril

Como se puede observar en la Tabla 23, las precipitaciones fueron escasas entre 2008 y 2010, y también a partir de 2014, lo que ha podido fomentar las ausencias vacacionales de esos días.

**TABLA 23. CONSUMOS DE SEMANA SANTA**

<i>Año</i>	<i>Temperatura media °C</i>	<i>Precipitaciones mm</i>	<i>Consumo L/vivienda y día</i>
2008	8,56	0,57	300,00
2009	11,41	0,73	287,76
2010	9,44	0,77	296,85
2011	12,95	7,39	310,07
2012	9,08	3,88	252,90
2013	10,15	6,18	274,21
2014	17,64	0,17	267,41
2015	17,98	0,00	250,30
2016	10,77	2,07	245,02
2017	20,09	0,00	265,69

En cuanto a las temperaturas se puede decir que las cuatro semanas de diferencia que pueden existir entre las fechas en las que se celebra la Semana Santa influyen mucho. Así, los cuatro años en los que la Semana Santa fue durante el mes de abril son los de mayor temperatura, destacando los 20,1°C en 2017.

En el año 2017, además, se combinó la temperatura elevada con la falta de precipitaciones, siendo el tercer año con menor consumo (265,7 litros por vivienda y día).

Sin embargo, en el año 2011, con una temperatura no muy elevada de 13°C se tuvo el mayor consumo con 310,07 litros por vivienda y día, debido a las altas precipitaciones (7,39 mm, las mayores de las registradas).

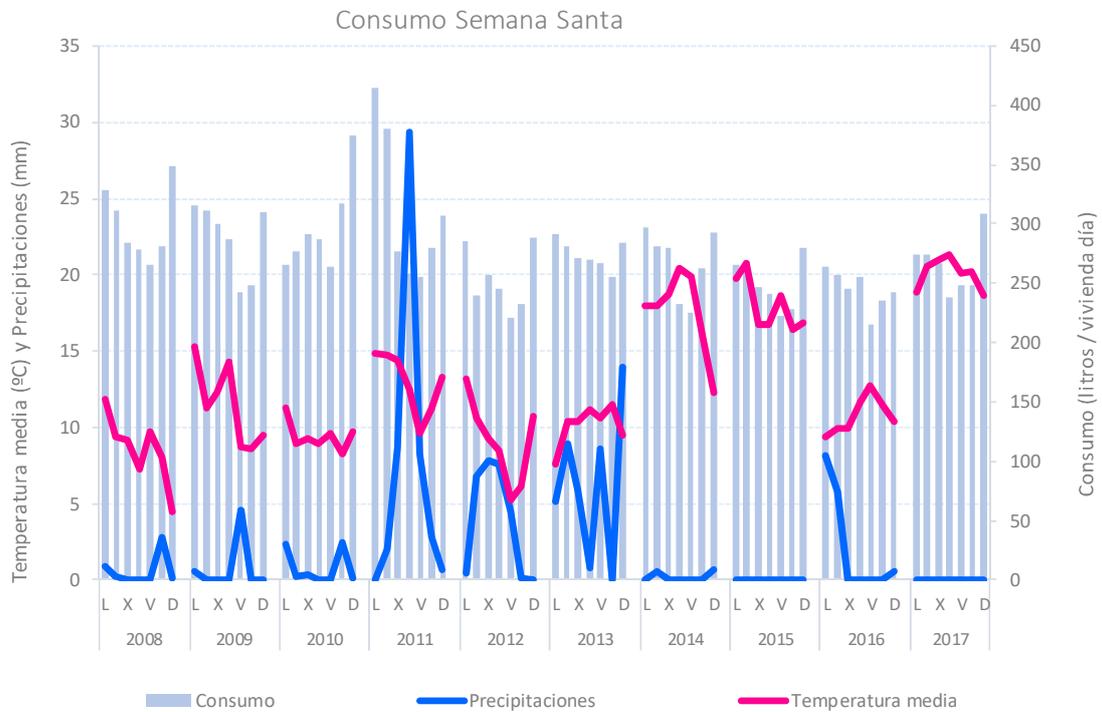
El análisis desglosado por días se puede ver en la Figura 130 y evidencia cómo en 2013 no se observó un claro efecto de éxodo vacacional de Semana Santa en ningún día, y su inicio se combinó, con temperatura baja y lluvias, que se reiteran en Viernes Santo. En 2012, se contó con un inicio de Semana Santa mejor, a pesar de que se dieron lluvias iniciales, sí que se observó una tendencia clara con el segundo menor consumo promedio (252,90 litros por vivienda y día).

Si se compara el consumo en Semana Santa con la semana precedente (Figura 131), se puede ver claramente que el consumo en Semana Santa fue mucho menor, excepto en 2010 que apenas fue un 6% mayor la semana que precede a la Semana Santa; seguido del año 2011 con solo un 9%. El año que más diferencia hubo fue en 2012 con un 28% mayor respecto a la Semana Santa. Desde 2013 la diferencia estuvo entre el 16 y el 10%.

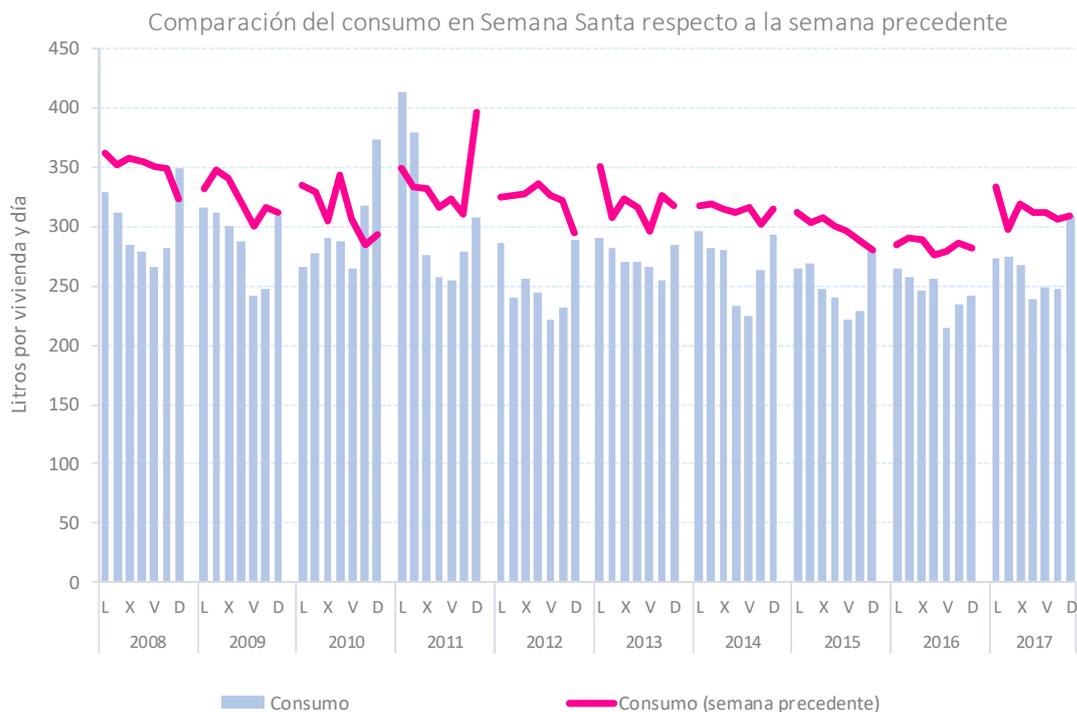
La comparación de los días de la semana (Figura 132) permite observar como los menores consumos se registran de miércoles a sábado, especialmente el viernes es el día más bajo (243 litros por vivienda y día), mientras que domingo y lunes son los de mayor consumo, seguido del martes (304, 300 y 288 litros por vivienda y día, respectivamente).

Haciendo el análisis por tipo de día *Festivo-No Festivos* (Figura 133) se observa que el año 2010 es el único con un mayor consumo durante los días festivos, reflejo de que ese año no se produjo una salida vacacional. En 2011 la diferencia fue de 80 litros diarios por vivienda, menor en los días festivos, y a partir de ese año, la diferencia oscila entre los 11 y 30 litros diarios (2014).

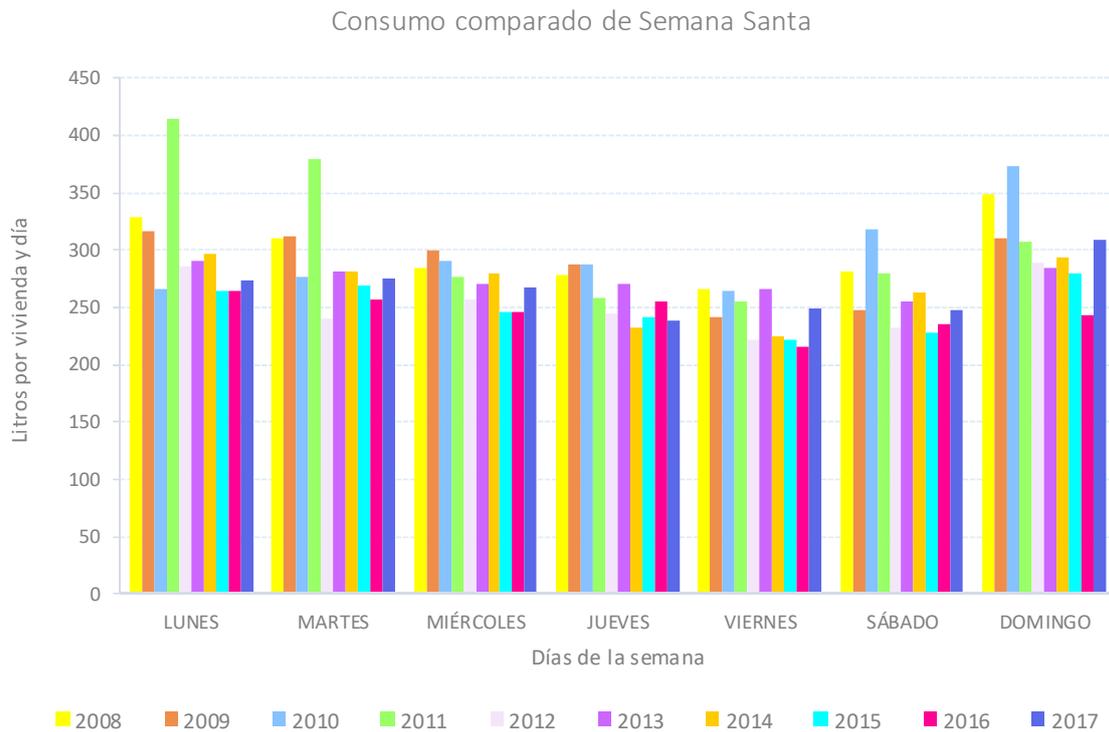
**FIGURA 130. INFLUENCIA METEOROLÓGICA EN LOS CONSUMOS DE SEMANA SANTA**



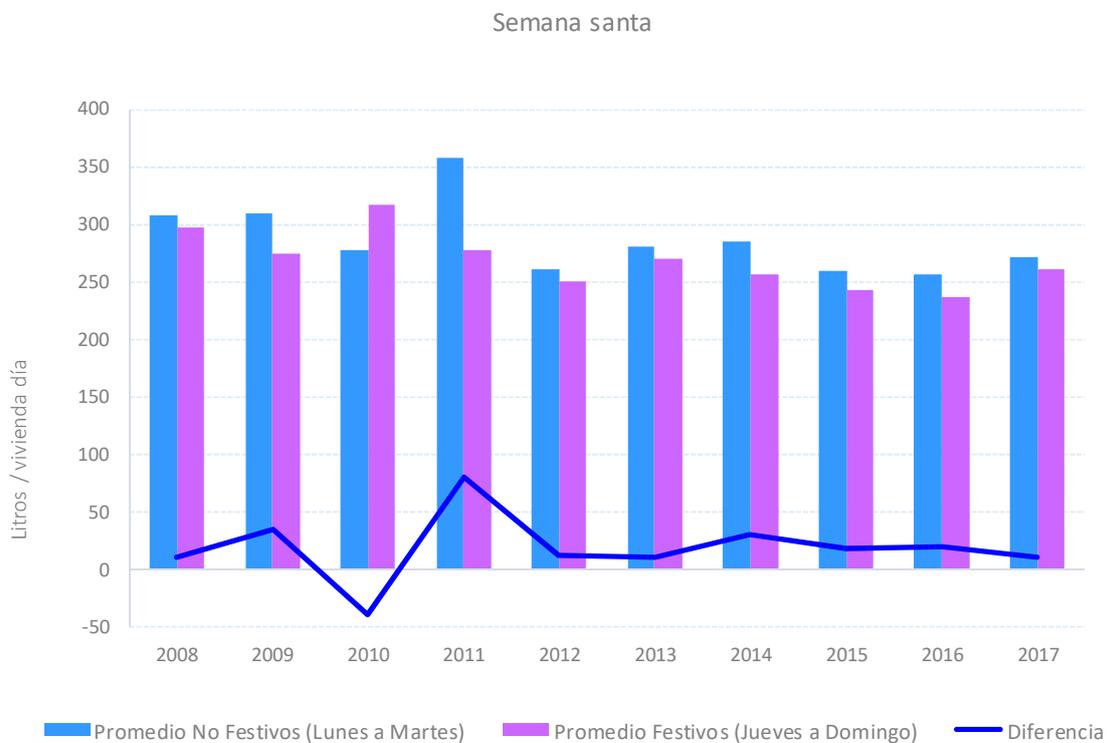
**FIGURA 131. COMPARACIÓN DEL CONSUMO EN SEMANA SANTA RESPECTO A LA SEMANA PRECEDENTE**



**FIGURA 132. CONSUMO COMPARADO POR DÍAS EN SEMANA SANTA**



**FIGURA 133. CONSUMO COMPARADO EN LAS DISTINTAS CELEBRACIONES DE SEMANA SANTA**



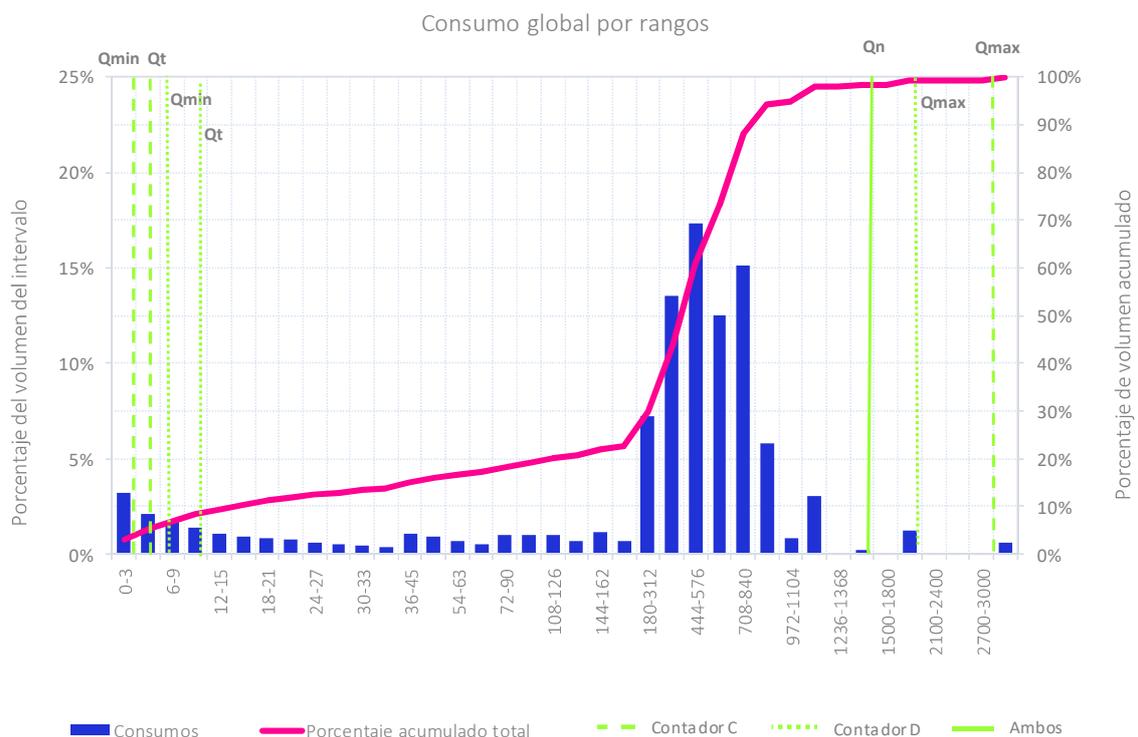
## 5.6. HISTOGRAMAS DE CONSUMO

Los pulsos registrados en cada vivienda de la muestra han sido tratados para determinar a qué caudal ha sido consumido cada litro o decilitro registrado. Para ello se ha determinado una serie de rangos en los que agrupar dicho volumen, detallando particularmente los caudales bajos, con el fin de conocer mejor como se realiza ese consumo.

### 5.6.1. Resultados obtenidos

La Figura 134 muestra, para los rangos establecidos, los porcentajes de volumen consumidos en cada uno de los rangos y el porcentaje acumulado desde el rango menor. En dicha figura se han incluido los caudales característicos de los contadores empleados en el estudio (Clase C y D) que posteriormente se detallarán en la Tabla 24. Se puede observar que el intervalo de rangos entre los 180 litros por hora, y los 972 litros por hora promedia más del 70% del consumo total y, en particular, es en el de 444 a 576 litros por hora donde se registra el mayor volumen (17,4% del total); seguido del rango 708 a 840 litros por hora, con un 15,2%; asimismo el intervalo de 321 a 444 litros por hora, y el de 576 a 708 litros por hora con 13,6% y 12,5%, respectivamente. Por debajo de los 180 litros por hora los volúmenes registrados son solo de un 22,8% del consumo total.

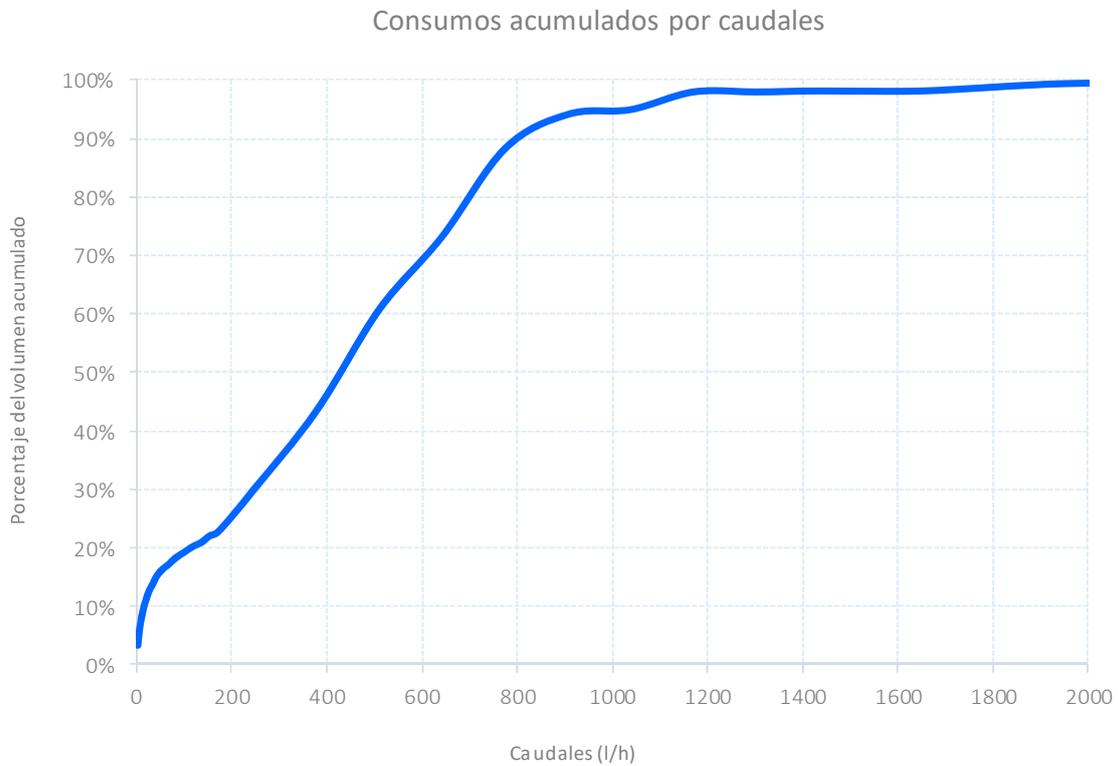
FIGURA 134. HISTOGRAMA GENERAL DE CAUDALES



En el histograma se observa cierto volumen en el rango mayor de 3.000 litros por hora. Este volumen corresponde a tres y cuatro usuarios, que aportan el 99,7% del volumen de ese rango en 2013, y el 98,9% de 2014, respectivamente. Con el fin de no distorsionar otras conclusiones no se han considerado estos volúmenes en los análisis siguientes.

En la Figura 135 se muestra la distribución de frecuencias acumulada del volumen suministrado en función del caudal.

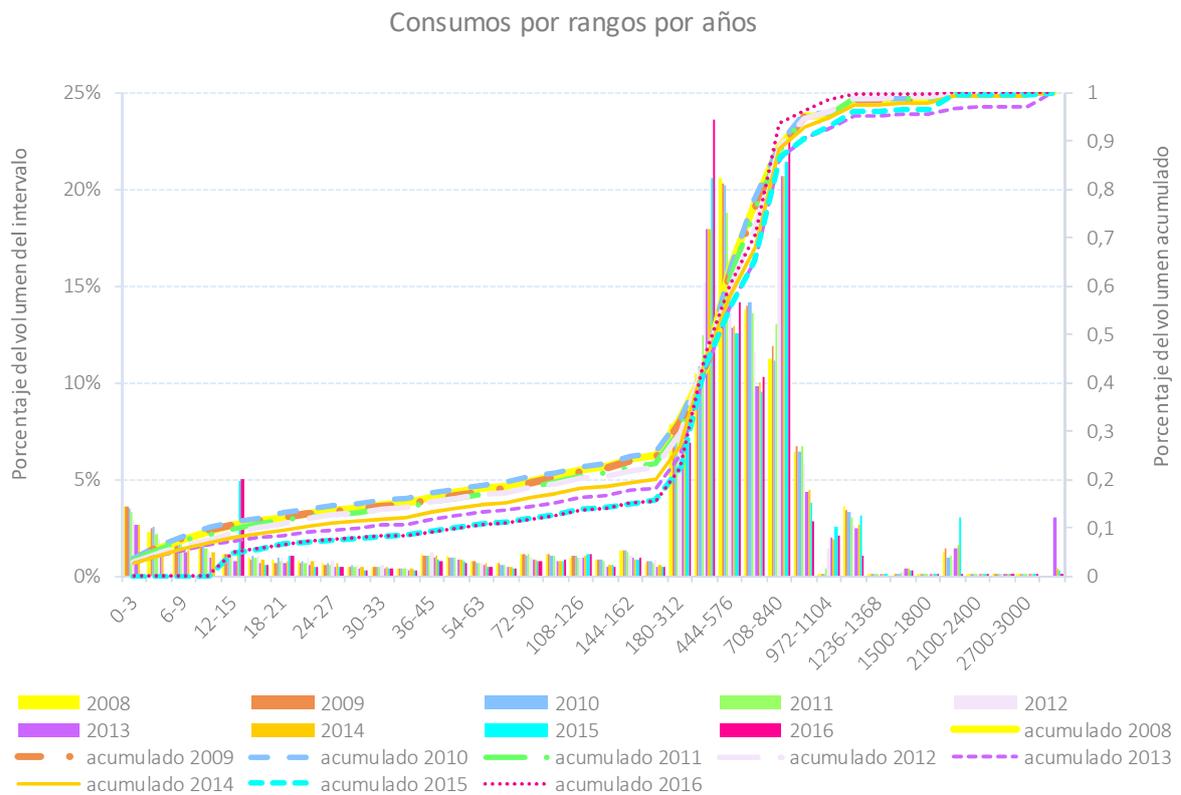
**FIGURA 135. HISTOGRAMA DE CONSUMO ACUMULADO**



Si el consumo global se detalla para todos los años del estudio puede observarse la similitud general de los datos registrados con el gráfico de la Figura 136.

Destaca, sin embargo, cierta diferencia entre las curvas de consumo acumulado de los primeros años, respecto a los últimos. Esta diferencia pudiera venir motivada por la incorporación, a partir del año 2011, de los contadores clase D.

FIGURA 136. HISTOGRAMA DE CAUDALES POR AÑOS



### 5.6.2. Influencia de la clase de contador y del registro de datos en los resultados

La utilización de contadores de dos clases metrológicas diferentes, C y D, aun cuando ambos son volumétricos de tipo de pistón rotativo, presentan diferentes características respecto a los caudales, que se resumen en la Tabla 24 siguiente:

TABLA 24. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTADOR VOLUMÉTRICO

Diámetro nominal (DN)	mm	13/15	15
Clase metrológica		Clase C <sup>8</sup> todas posiciones	Clase D <sup>9</sup> todas posiciones
Caudal nominal Q <sub>n</sub>	m <sup>3</sup> /h	1,5	1,5
Caudal máximo Q <sub>max</sub>	m <sup>3</sup> /h	3	2
Caudal mínimo Q <sub>min</sub> (Precisión ± 5%)	l/h	3	7,5
Caudal transición Q <sub>t</sub> (Precisión ± 2%)	l/h	5	11,5
Caudal arranque	l/h	< 1	1
Capacidad máxima de lectura	m <sup>3</sup>	105	105
Mínima unidad graduada	l	0,05	0,02

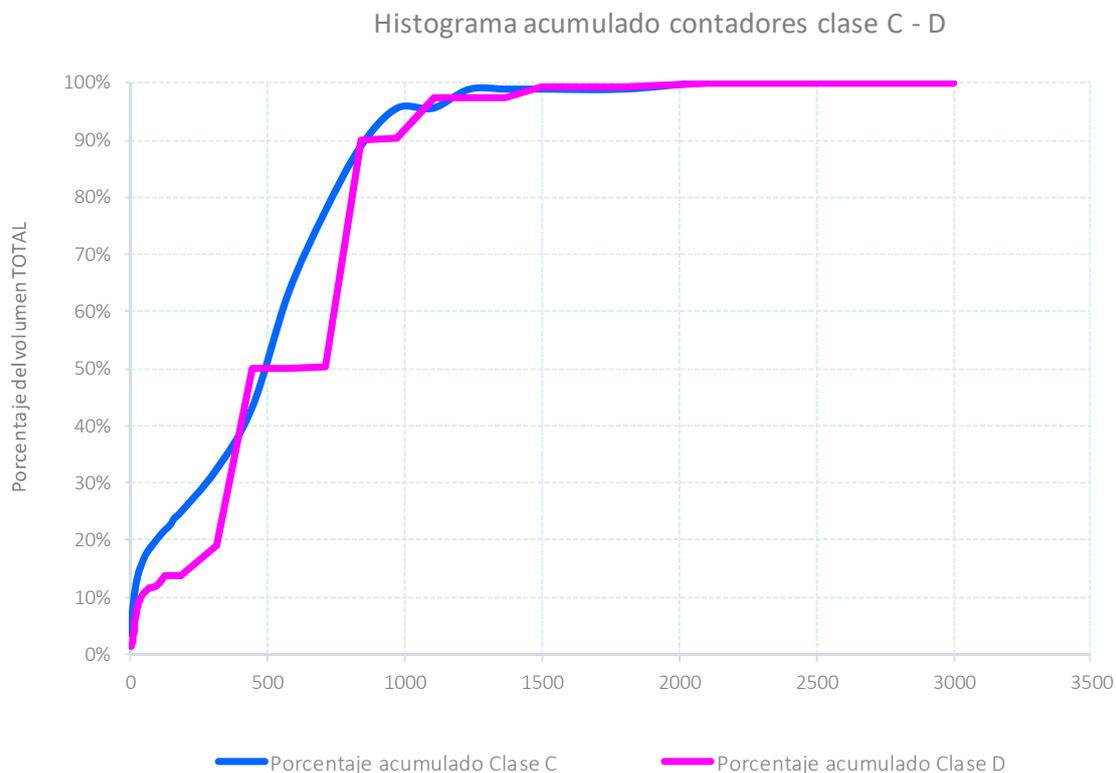
C<sup>8</sup> Clase metrológica CEE

D<sup>9</sup> De acuerdo a la Norma British Standard 5728/7

Un aspecto a tener en cuenta es que los primeros contadores de **clase D** se instalaron en 2011, mientras que los primeros contadores de **clase C** se instalaron en 2008. Para considerar adecuadamente la posible influencia de los resultados, se ha realizado en algunas viviendas una instalación en serie de estos contadores, de modo que el caudal suministrado a los clientes está pasando, sucesivamente, por el contador de **clase D**, **clase C**, y por último por el dispuesto para la facturación. Un primer análisis de los datos evidencia que el consumo de las viviendas consideradas es bastante constante cuando se analiza en la serie temporal de los años 2012-2014. Las diferencias de lecturas entre los tres contadores son bajas. Solamente una vivienda presenta diferencias por encima del  $\pm 2\%$ . De modo conjunto, las lecturas de los contadores de facturación actual son ligeramente menores que los contadores de **clase C** (-0,26%) y similar a los contadores de **clase D** (-0,02%). Las diferencias, por tanto, entre las lecturas de los contadores clase C y D en esta submuestra de viviendas son muy bajas.

Analizando toda la muestra y atendiendo a la clase del contador, se pueden observar (Figura 137) diferencias significativas en la parte baja del histograma, donde la precisión de los contadores es muy diferente. El primer rango, de 0 a 3 litros por hora, recoge la zona de mayor incertidumbre para ambos contadores que tienen como caudal de arranque 1 litro por hora, pero en el contador de **clase C** el siguiente rango, de 3 a 6 litros por hora incluye la zona de precisión del  $\pm 5\%$  (caudal mínimo de 3 litros por hora, y de transición de 5 litros por hora), pero no así en los contadores de **clase D**, que tienen esa zona de precisión en los dos rangos siguientes, de 6 a 9 litros por hora y de 9 a 12 litros por hora (caudal mínimo de 7,5 litros por hora, y de transición de 11,5 litros por hora). Otra diferencia notable se produce entre los 162 y los 1.104 litros por hora, y en especial, entre los 312 y los 840 litros por hora donde hay fuertes fluctuaciones entre rangos consecutivos para los volúmenes registrados en los contadores de **clase D**. Ello se debe a que, en ese rango, en los contadores con precisión de un decilitro se pueden registrar dos pulsos por segundo, que es la menor unidad de tiempo empleada en el registro de datos.

**FIGURA 137. HISTOGRAMA DE CAUDALES POR CLASE DE CONTADOR**



## 5.7. RESULTADOS DE MICROCOMPONENTES O USOS FINALES

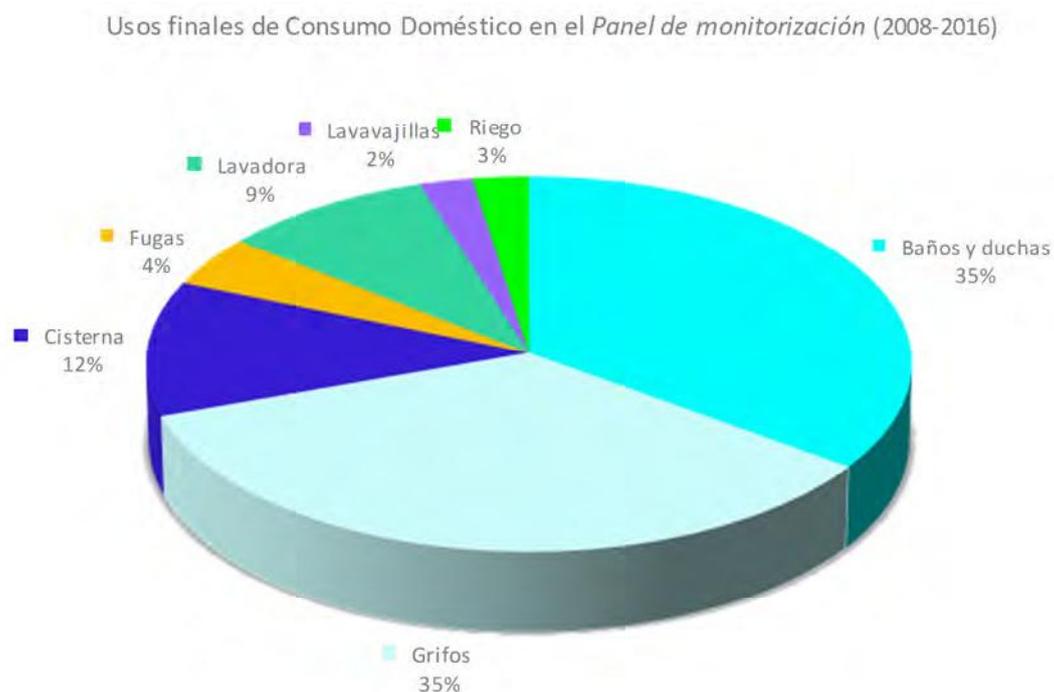
El objeto de este apartado es el análisis de los usos del agua en los distintos dispositivos existentes en las viviendas, una vez que ya se han expuesto las características del consumo registrado en los diez años del estudio. Se ha realizado sobre 7 categorías diferentes, correspondientes al riego, al uso de máquinas de lavado de vajilla y de ropa, al uso en bañera o ducha, a grifos, a cisternas de inodoros y a las fugas o pérdidas interiores.

### 5.7.1. Caracterización de los distintos dispositivos

Los distintos usos del agua en el ámbito doméstico presentan diferentes características en cuanto a caudal medio, caudal punta, duración, o volumen total de agua utilizado, lo que sirve para poder clasificarlos de forma automática.

La distribución media de los usos en esta muestra es la que se presenta en la Figura 138. Los baños y duchas y grifos, cisternas de inodoros y lavadora suponen el 91% del consumo total en una vivienda, según los datos obtenidos de la muestra.

**FIGURA 138. DISTRIBUCIÓN DE USOS DE AGUA EN EL PANEL DE MONITORIZACIÓN 2008 – 2016**



Tomando los datos del último año completo disponible (julio de 2016 a junio de 2017), las características de los eventos asignados a estos usos son las que se resumen en la Tabla 25.

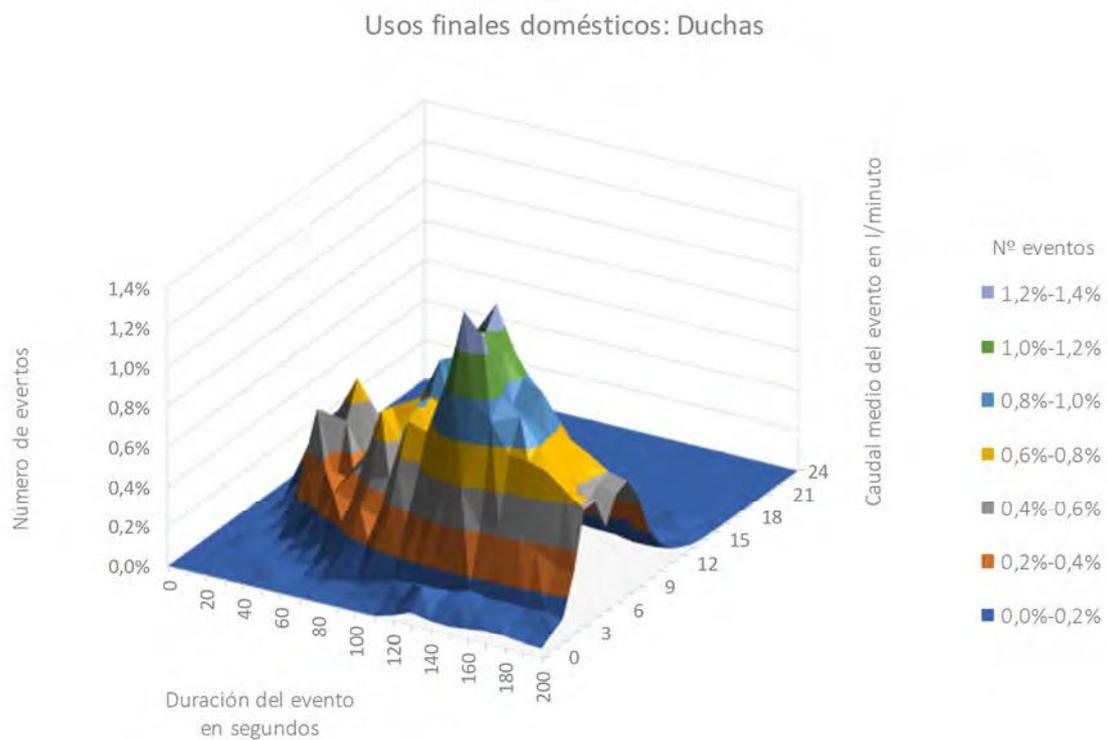
**TABLA 25. DESCRIPCIÓN DE EVENTOS TIPO**

Uso	Nº eventos	Duración media (seg)	Caudal medio (l/min)	Volumen medio (litros)	Caudal pico (l/min)	Moda caudal (l/min)	Moda duración (seg)
Duchas	8.106	124,9	8,4	17,6	12,4	7,8	76,5
Cisternas	125.607	34,6	8,5	4,9	11,1	8,0	22,3
Lavadoras	24.728	84,1	7,5	10,5	11,3	6,7	56,2
Grifos	461.476	12,2	5,5	1,1	6,5	5,8	10,2

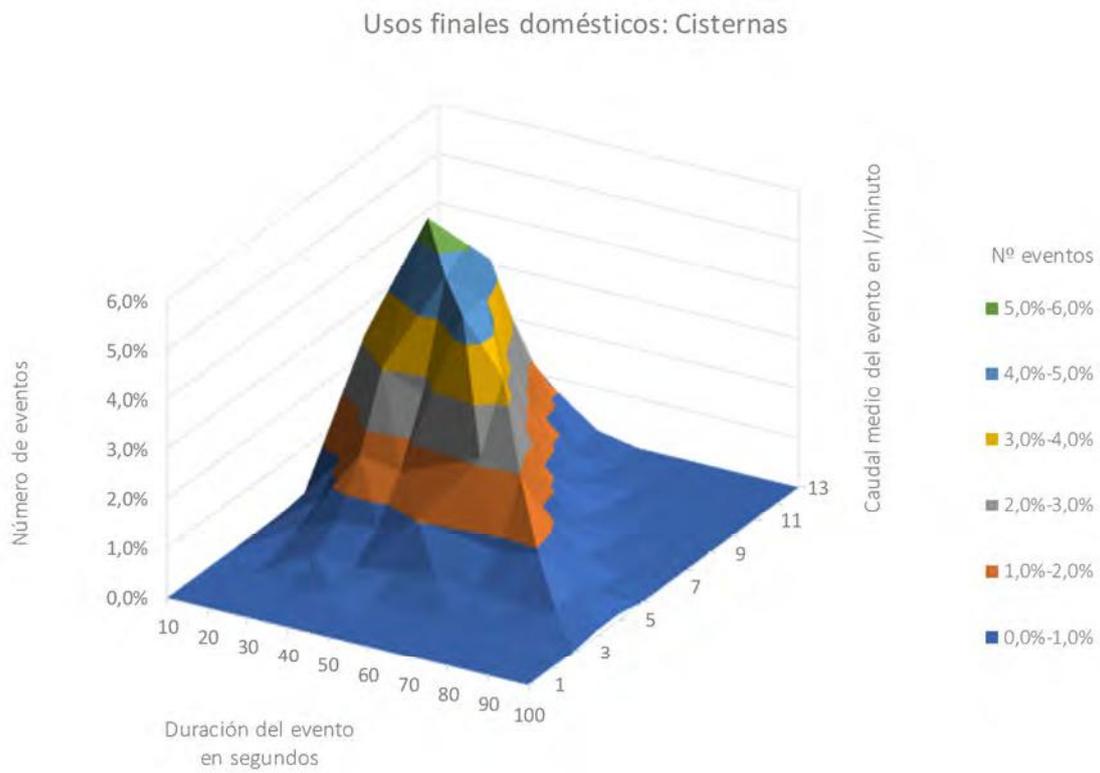
En los gráficos de las figuras 139 a 142 se representan estos eventos, clasificados de acuerdo con la duración y el caudal medio utilizado.

La mayor dispersión en los datos se observa en los eventos clasificados como “grifos”, dada la gran variedad de usos posibles, que con la técnica utilizada para su identificación y etiquetado no es posible distinguir.

En la Tabla 26 se presenta el número medio diario de cada tipo de eventos observado durante este último periodo (de julio de 2016 a junio de 2017).

**FIGURA 139. HISTOGRAMA. CARACTERÍSTICAS EVENTOS DE DUCHAS**

**FIGURA 140. HISTOGRAMA CARACTERÍSTICAS EVENTOS: CISTERNAS**



**FIGURA 141. HISTOGRAMA CARACTERÍSTICAS EVENTOS: LAVADORAS**

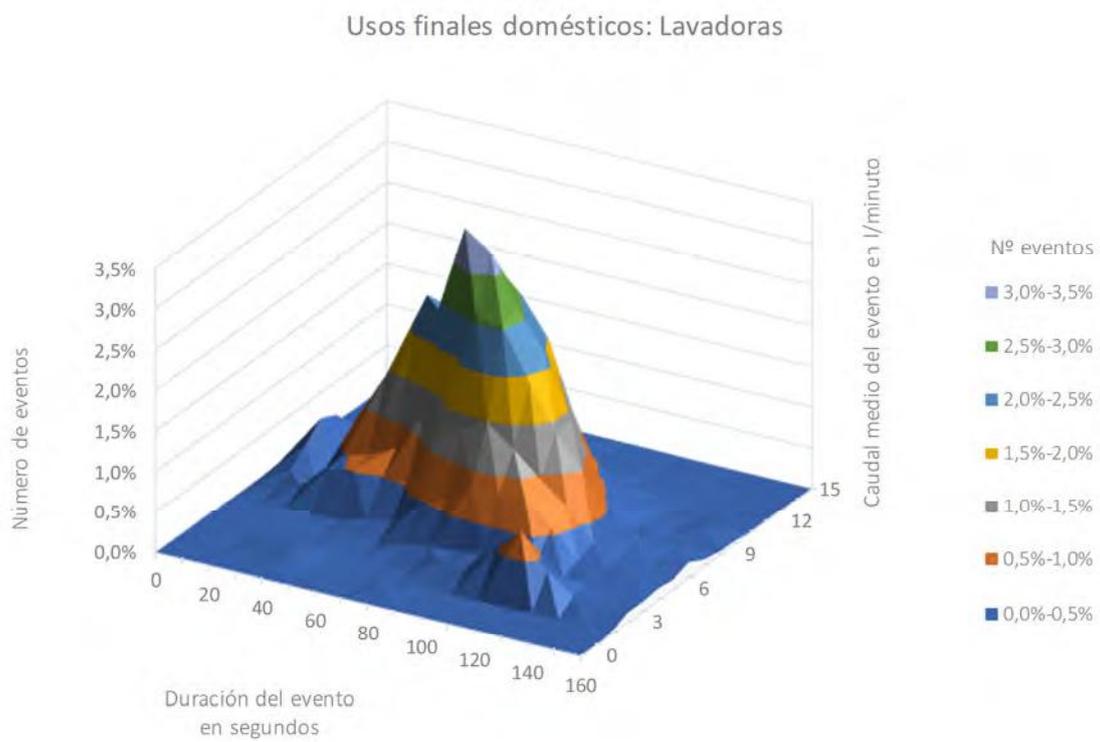


FIGURA 142. HISTOGRAMA CARACTERÍSTICAS EVENTOS: GRIFOS

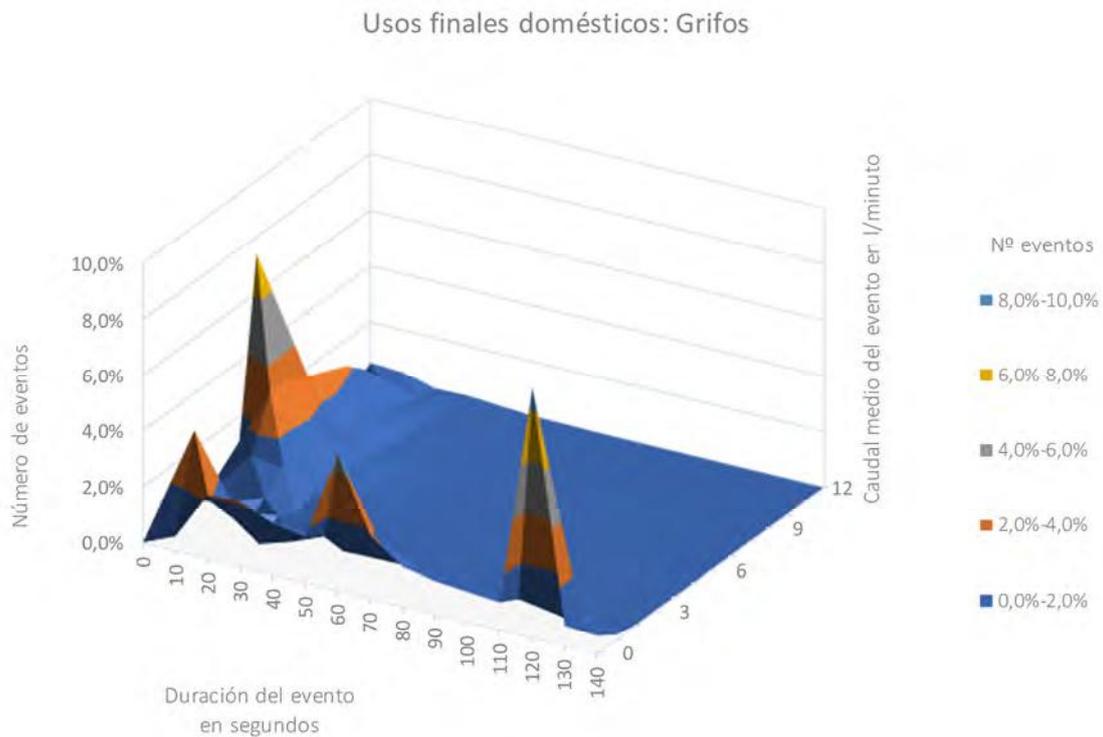


TABLA 26. PROMEDIO DE NÚMERO DE EVENTOS DIARIOS, POR VIVIENDA

Uso	Promedio de número de eventos diarios por vivienda
Duchas	1,7
Cisternas	6,0
Lavadoras	2,1
Grifos	18,8

### 5.7.2. Resultados globales de utilización de los dispositivos

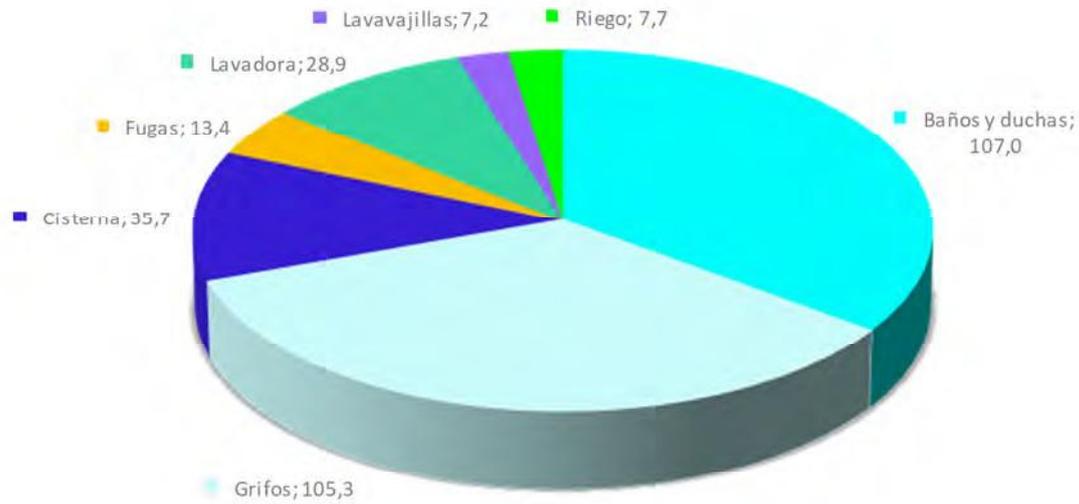
A lo largo de todo el estudio los resultados de uso obtenidos, en litros por vivienda y día real, han sido los que se reflejan en la Figura 143.

La Figura 144 presenta las tendencias en la evolución de los usos en la muestra. Como se puede apreciar en la gráfica, los usos con más variabilidad son *baños* y *duchas*, junto con *grifos*. Respecto al uso de *baños* y *duchas*, la diferencia entre el máximo valor mensual (octubre 2012) y el mínimo (agosto 2013) fue de un 94%, y en el uso de *grifos*, la diferencia mayor (de mayo 2014 y agosto 2011) fue del 111%.

En el resto de los usos las tendencias se mantuvieron bastante estables, salvo las *fugas* que disminuyeron notablemente a partir de 2011.

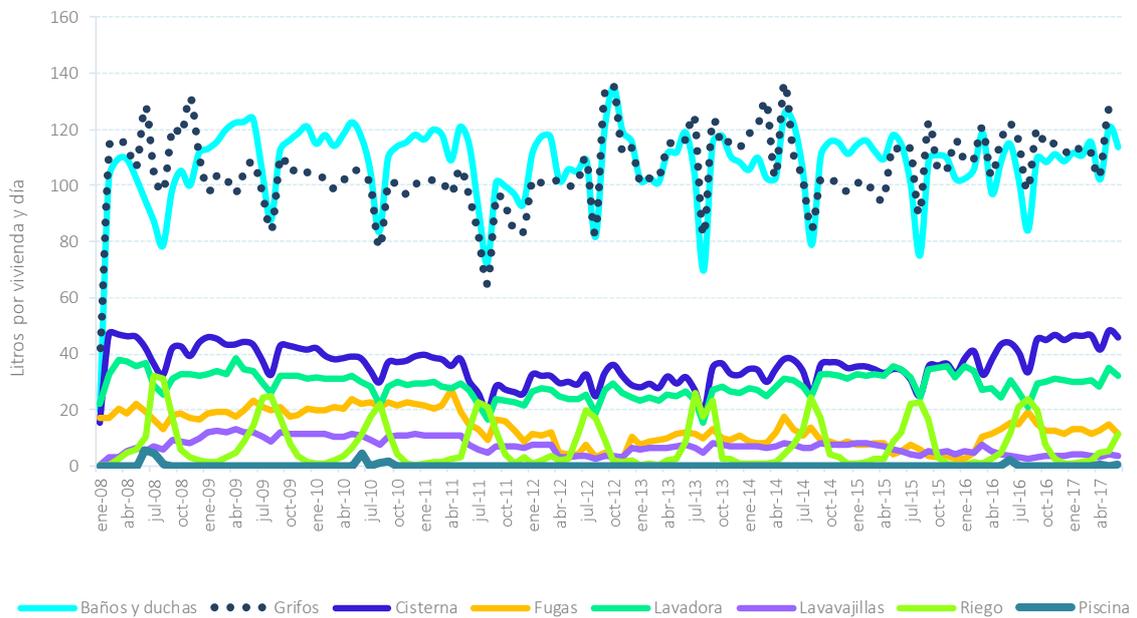
**FIGURA 143. USOS PROMEDIO A LO LARGO DEL ESTUDIO (LITROS POR VIVIENDA Y DÍA)**

Usos finales de Consumo Doméstico en el *Panel de monitorización* (2008- 2016)  
litros por vivienda y día



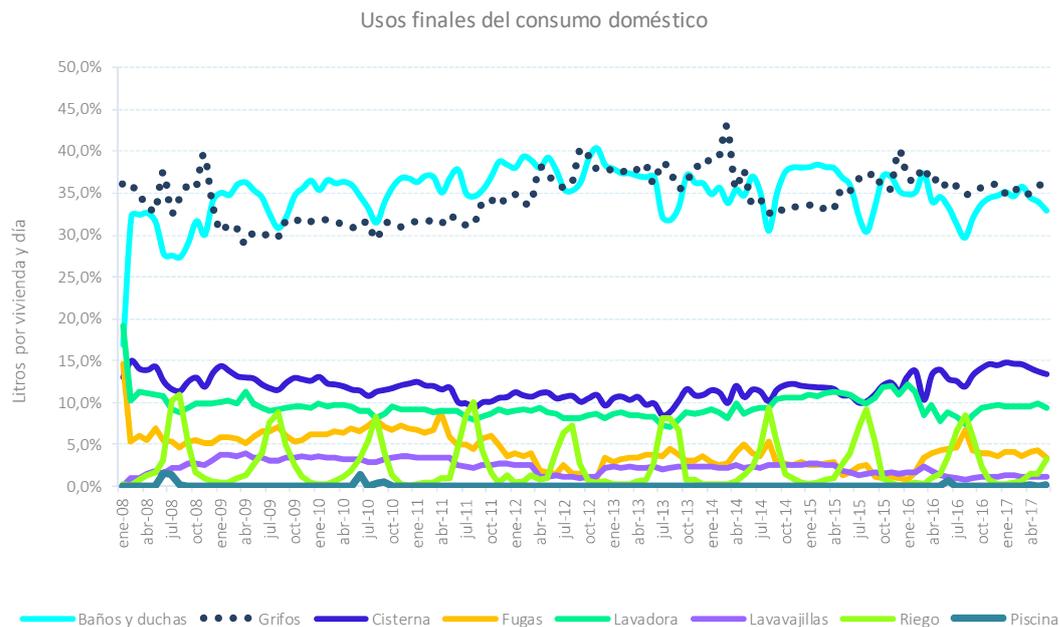
**FIGURA 144. EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE CADA USO DURANTE EL ESTUDIO**

Usos finales del consumo doméstico



La Figura 145 presenta la evolución en porcentajes, donde se observa la tendencia en los usos, con menos fluctuaciones que en la figura anterior. Se produjo un incremento significativo en el uso de *grifos* desde 2012, y esta tendencia se invirtió a partir de su pico más alto (marzo de 2014) en todo el tiempo del estudio. Éste el uso donde la diferencia en verano es la más alta (9,8%). La siguiente diferencia significativa es en *baños y duchas* (8,6%).

FIGURA 145. EVOLUCIÓN DE LOS PORCENTAJES DE CADA USO DURANTE EL ESTUDIO



Según se indicó anteriormente (Figura 138), los usos *Baño y duchas*, y *Grifos* son los más importantes y suponen un 69,9% del consumo de una vivienda, con 35,1% y 34,5% respectivamente. Después de esos, los usos más importantes, según los usuarios de la muestra, son las *Cisternas* (12%) y las *Lavadoras* (9%).

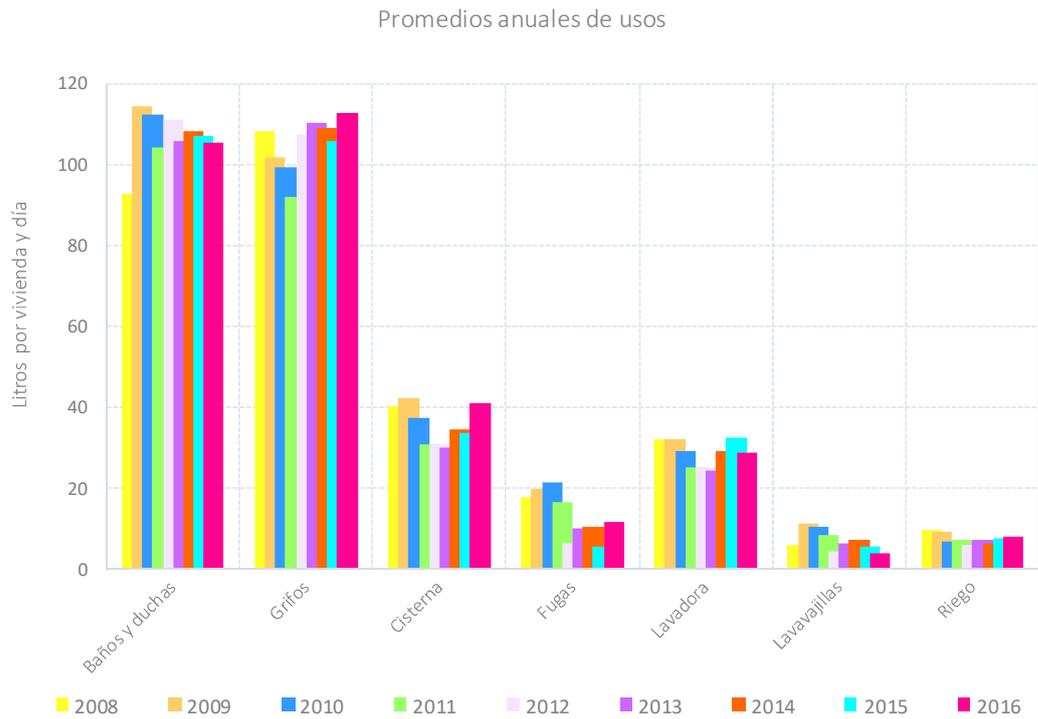
El uso *Lavavajillas* y *Riego* suponen el 2,4% y 2,5% del consumo cada uno. En el caso del *Riego*, solo tiene ese valor porque ese uso no se produce en todas las viviendas y por su carácter marcadamente estacional. En cuanto las *Fugas*, aunque su promedio es de un 4%, se puede observar en la evolución anual, un descenso continuado a partir de 2012. En la Figura 146 se observa la evolución anual de los promedios de uso.

A excepción del uso *riego*, los valores mensuales de la muestra mantienen un comportamiento muy estable a lo largo del año, según se puede apreciar en la gráfica de la Figura 147, donde solo destaca el descenso que se produce en los meses de verano en *Baño y duchas* y *Grifos*, por las ausencias vacacionales. El *riego*, como es natural, tiene un comportamiento inverso y alcanza su máximo en los meses de julio y agosto.

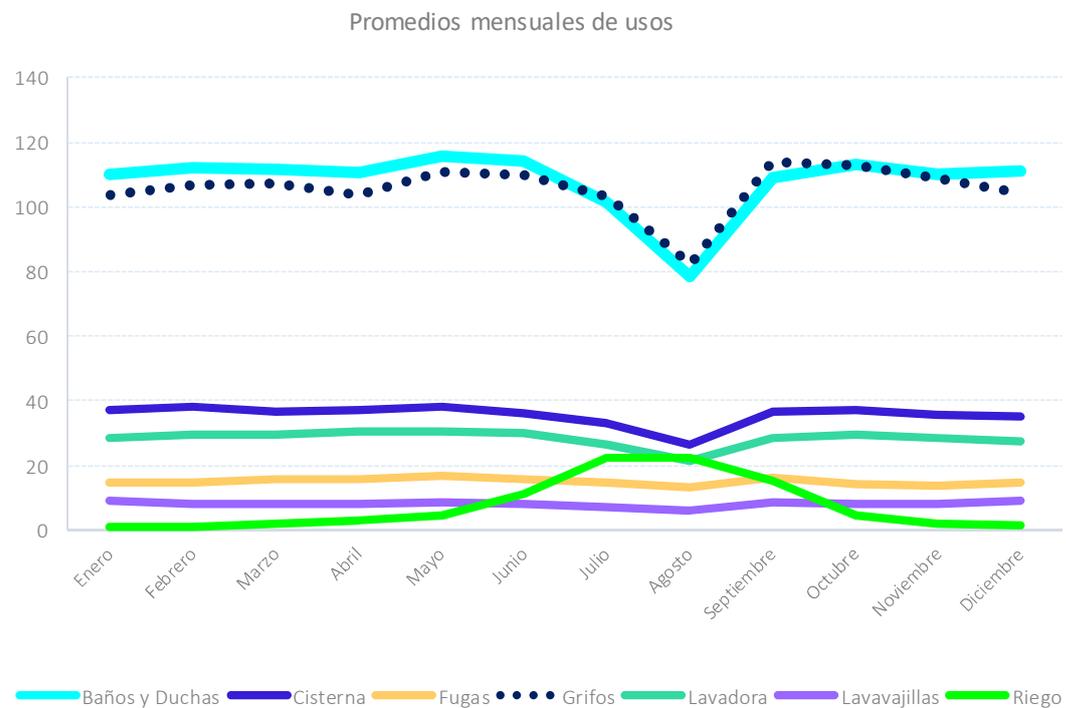
En las variaciones porcentuales mensuales se observa cómo en época de riego, el consumo asociado a este uso es considerable, especialmente en los meses estivales y de primavera (Figura 148). En las viviendas donde se produce este uso (principalmente unifamiliares), los meses de julio, agosto o incluso septiembre llegan a superar los consumos de *Grifos* y *Baños y duchas*, con un promedio de 132,6 litros por vivienda y día. En los meses de invierno el consumo en *riego* desciende mucho, por debajo del 1% del consumo total. El resto de los usos son bastante estables a lo largo del año.

El tipo de vivienda es también un factor importante en la distribución de usos, no solo por los usos de exterior, como son el *Riego* y la *Piscina*, sino también por la mayor incidencia de *Fugas* ya que las tuberías suelen tener una mayor longitud y estar ubicadas parcialmente en exteriores, dándose una mayor probabilidad de roturas y pequeñas pérdidas de agua, según se puede apreciar en la Figura 149.

**FIGURA 146. VOLÚMENES PROMEDIO ANUAL DE LOS DISTINTOS USOS**

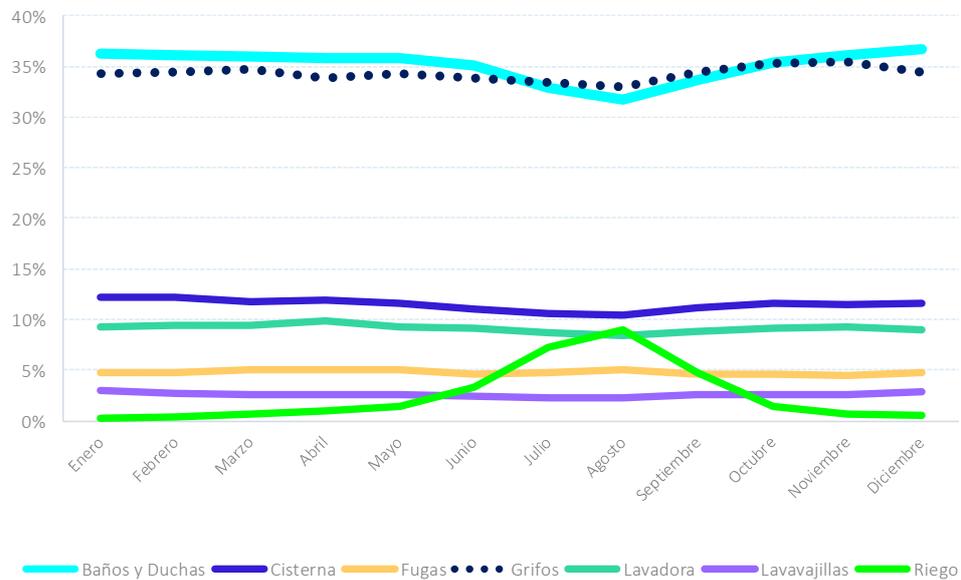


**FIGURA 147. PROMEDIOS MENSUALES DE LOS DISTINTOS USOS**



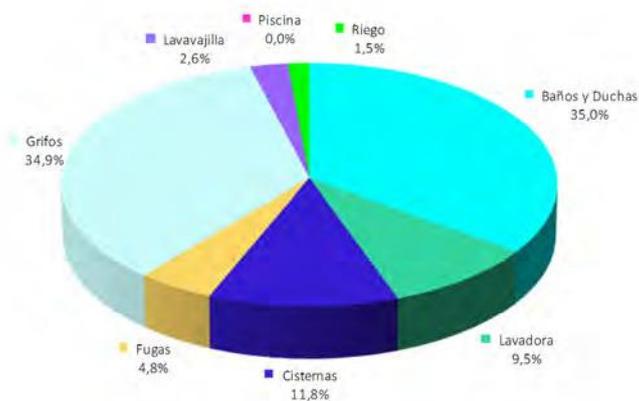
**FIGURA 148. PORCENTAJE MENSUAL DE USOS**

Porcentajes de usos en viviendas

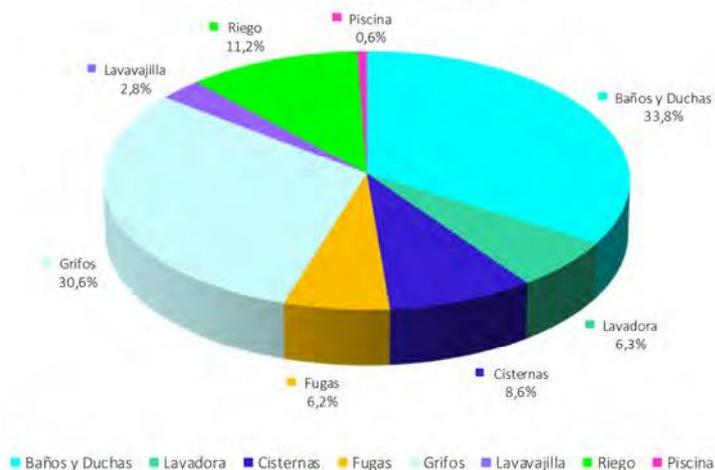


**FIGURA 149. DISTRIBUCIÓN DE USOS SEGÚN EL TIPO DE VIVIENDA (PLURIFAMILIAR/UNIFAMILIAR)**

Usos en viviendas plurifamiliares



Usos en viviendas unifamiliares



## 5.8. ANÁLISIS PARTICULAR PARA CADA TIPO DE DISPOSITIVO

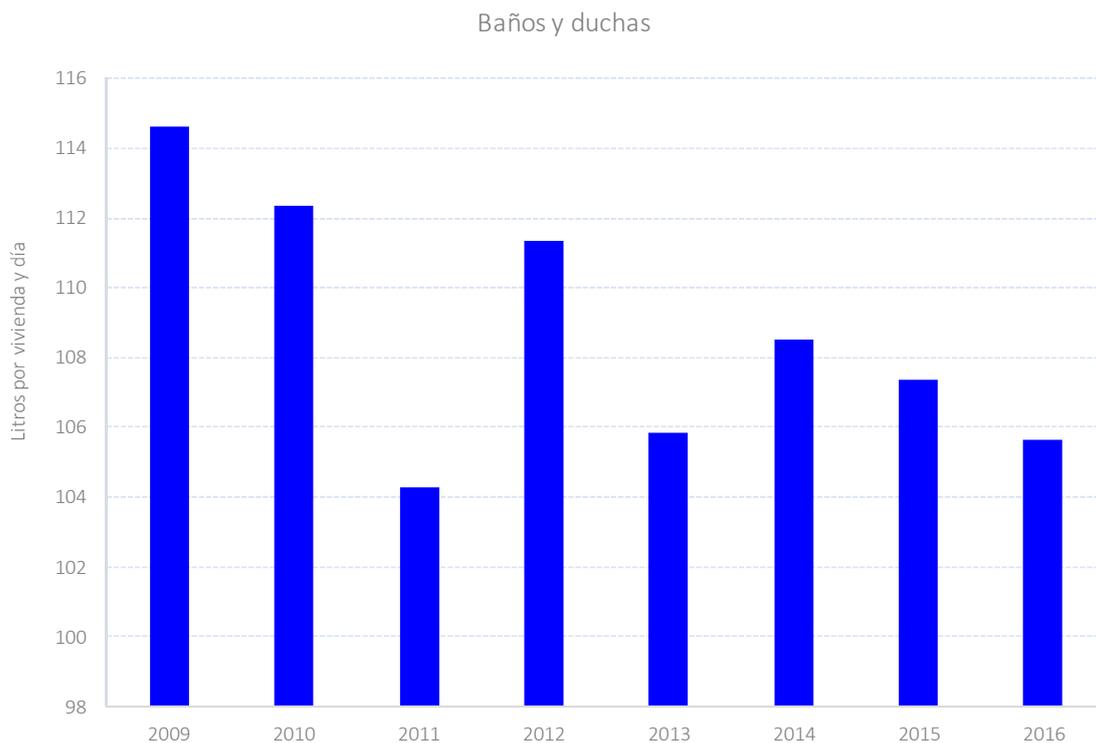
### 5.8.1. Tipo de uso *Baños y duchas*

La evolución por años del consumo de *Baños y duchas* aparece reflejada en la Figura 150. De modo general se puede decir que existe una tendencia descendente, con altibajos en el ecuador del estudio. El uso anual, según el tipo de vivienda, se aprecia en la Figura 151. Se puede observar que el consumo en las viviendas unifamiliares es mayor (un 53,8% más de media) y la diferencia llega a ser de un 74,8% respecto a las viviendas plurifamiliares en el año 2014, seguido del año 2010 con un 62%.

Dentro de cada tipo, en las viviendas plurifamiliares se ve un aumento significativo del uso de *Baños y duchas* en 2009 (un 15,3% más respecto al año 2008).

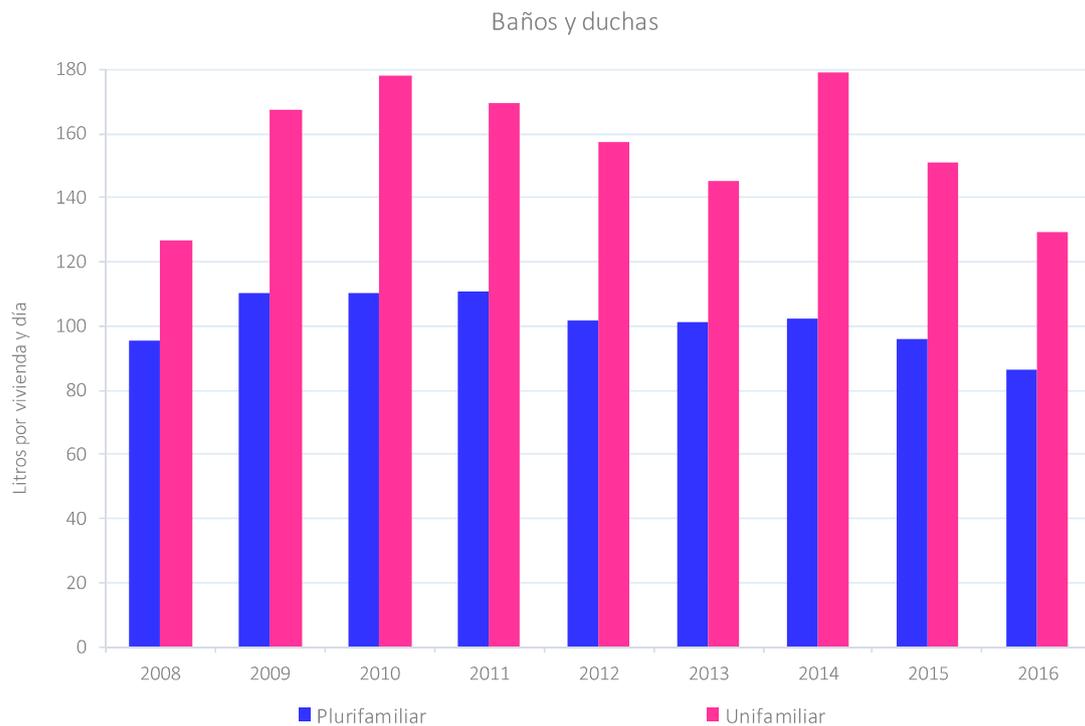
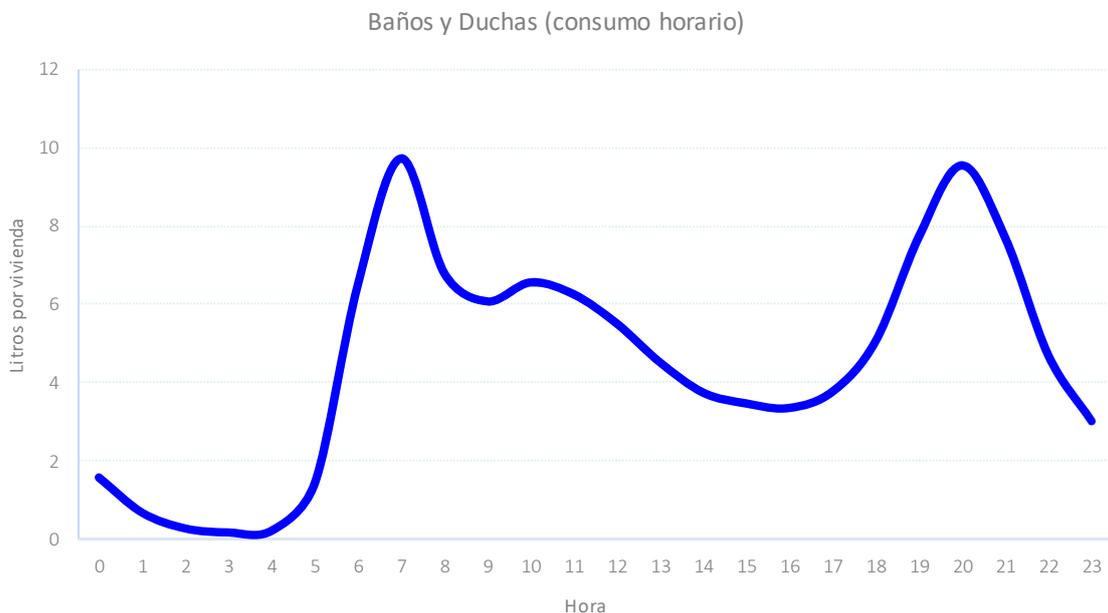
En cuanto a las unifamiliares se ve un aumento significativo en el año 2009 (un 31,9% más respecto a 2008), y a partir del año 2010 una tendencia descendente, estable en el tiempo, (alrededor del -7% respecto a cada año anterior). En 2014 se recuperó el consumo, con una subida del 23,3%; la diferencia entre el máximo, del año 2014 y el mínimo, del año 2008 fue del 41%, para las viviendas unifamiliares.

**FIGURA 150. PROMEDIOS ANUALES DE BAÑOS Y DUCHAS**

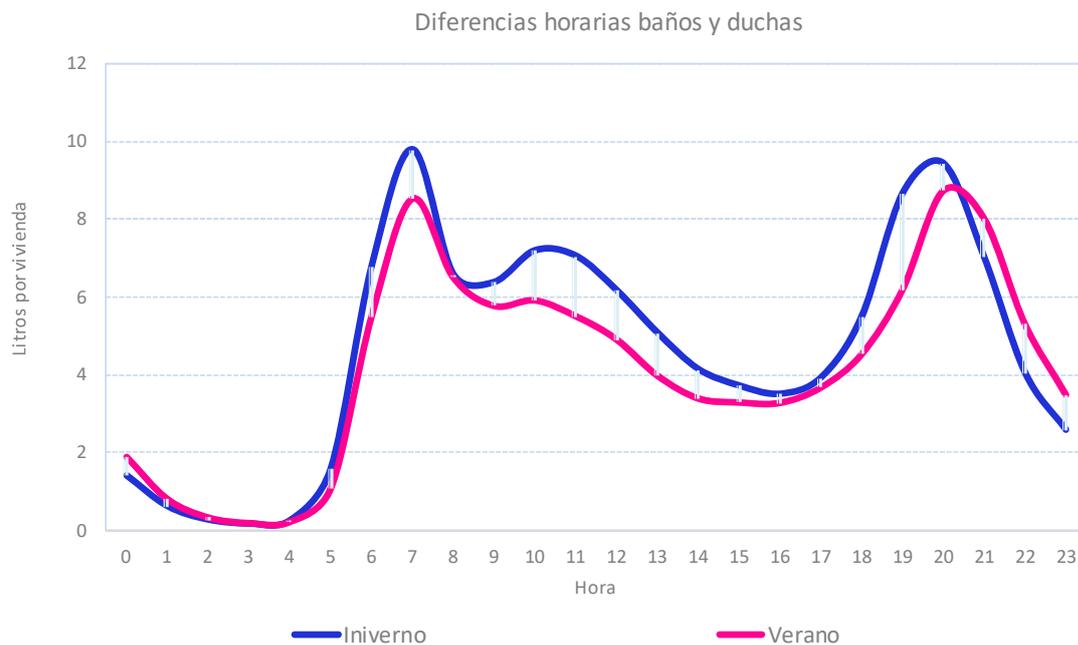


En la Figura 152 se muestra la modulación horaria global de *Baños y duchas*; puede observarse que se centra en las primeras y últimas horas del día, asociado a los hábitos de higiene. Así, los máximos consumos se producen entre las 6 y las 8 horas, y entre las 19 y las 21 horas.

Los momentos puntuales de máximo consumo se producen a las 20 horas, representando un 14,1% del consumo promedio mensual para este uso, y a las 7 horas que representa un 11,9%.

**FIGURA 151. USO DE BAÑOS Y DUCHAS POR TIPO DE VIVIENDA****FIGURA 152. MODULACIÓN HORARIA DE BAÑOS Y DUCHAS**

Estacionalmente, en época invernal se aprecia un consumo mayor, casi durante toda la jornada del día, respecto al consumo de verano. Las mayores diferencias se concentran en la mañana, sobre las 10 – 11 horas, y por la tarde, entre las 18 y las 19 horas. A partir de las 20 horas se aprecia un uso ligeramente más alto de *Baños y duchas* en verano, que en invierno (ver Figura 153).

**FIGURA 153. DIFERENCIAS ESTACIONALES DE BAÑOS Y DUCHAS**

### 5.8.2. Tipo de uso Lavadora

En lo que respecta al uso del dispositivo se observa una tendencia negativa a lo largo de los años, modificándose la misma en 2014; en este año se aprecia una recuperación, alcanzando los niveles de 2009, la Figura 154 refleja los promedios anuales.

Analizando esta tendencia, en función del tipo de vivienda, se observa que en el periodo que va de 2009 a 2014, el uso de la lavadora en viviendas plurifamiliares fue mayor que en viviendas unifamiliares; esta tendencia se invirtió en 2014, llegando a ser un 35,2% menor el uso en las viviendas plurifamiliares (Figura 155). El promedio global en todo el periodo es de un 9% de uso menor en viviendas plurifamiliares con respecto al uso en viviendas unifamiliares.

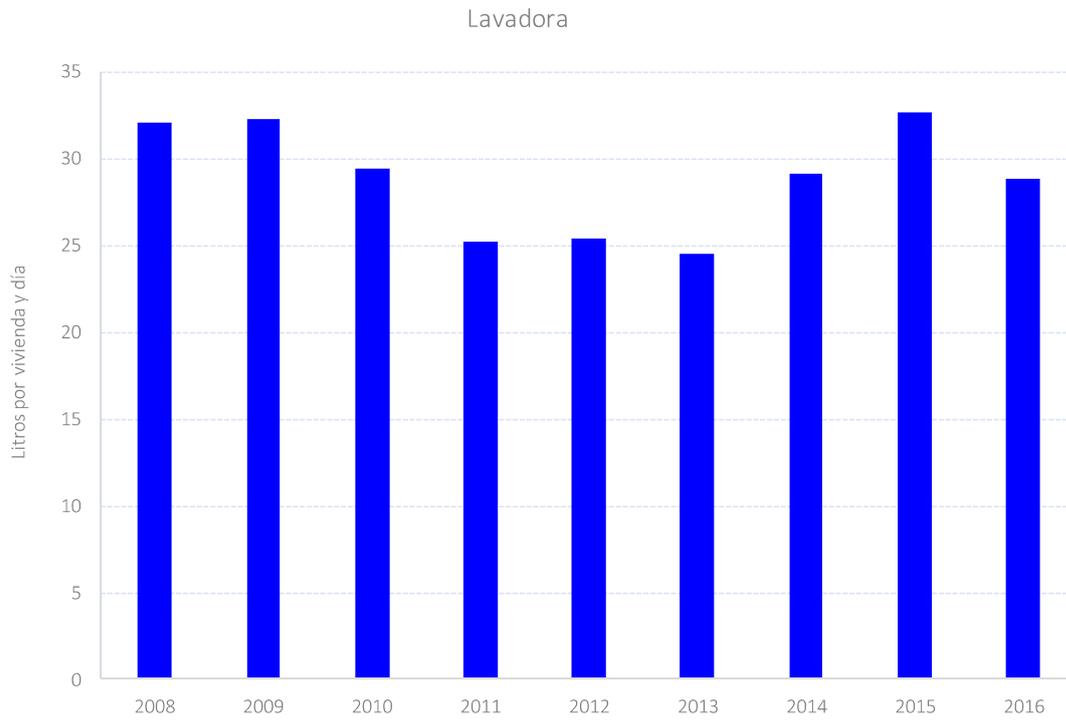
El crecimiento del uso *Lavadora* en las viviendas unifamiliares, durante el año 2014, respecto al año 2013, fue de un 78,7% y para las viviendas plurifamiliares de un 11,3%.

Ese aumento rompió la tendencia descendente de los registros anuales anteriores. Posteriormente, en 2016 volvió a descender. El uso en viviendas plurifamiliares tiene una diferencia entre el primer año de estudio, respecto al último de un 27,4%.

En la Figura 156 se representa el perfil horario del uso *Lavadora*, con un máximo muy importante centrado entre las 10 y las 11 horas, bajando posteriormente el uso hasta las 17 horas y teniendo un repunte, con un máximo (mucho menor que el diurno) entre las 20 y las 21 horas. El consumo matutino, entre las 9 y las 13 horas, supone el 32% de todo el consumo diario.

En cuanto a los usos estacionales, se aprecia en la gráfica de la Figura 157, un uso un 6% mayor en *Lavadora* en invierno, respecto al uso de verano. En el perfil de horario de uso y su relación con la estación del año, se produce un incremento de su uso entre las 13 y las 14 horas, un 13% mayor en invierno; hacia la medianoche la utilización de la lavadora en invierno es mucho menor (un -21%). En verano es mayor el uso a partir de las 21 horas, que en invierno. Aun así, se sigue la misma modulación horaria de uso.

**FIGURA 154. PROMEDIOS ANUALES DE LAVADORA**



**FIGURA 155. USO DE LAVADORA POR TIPO DE VIVIENDA**

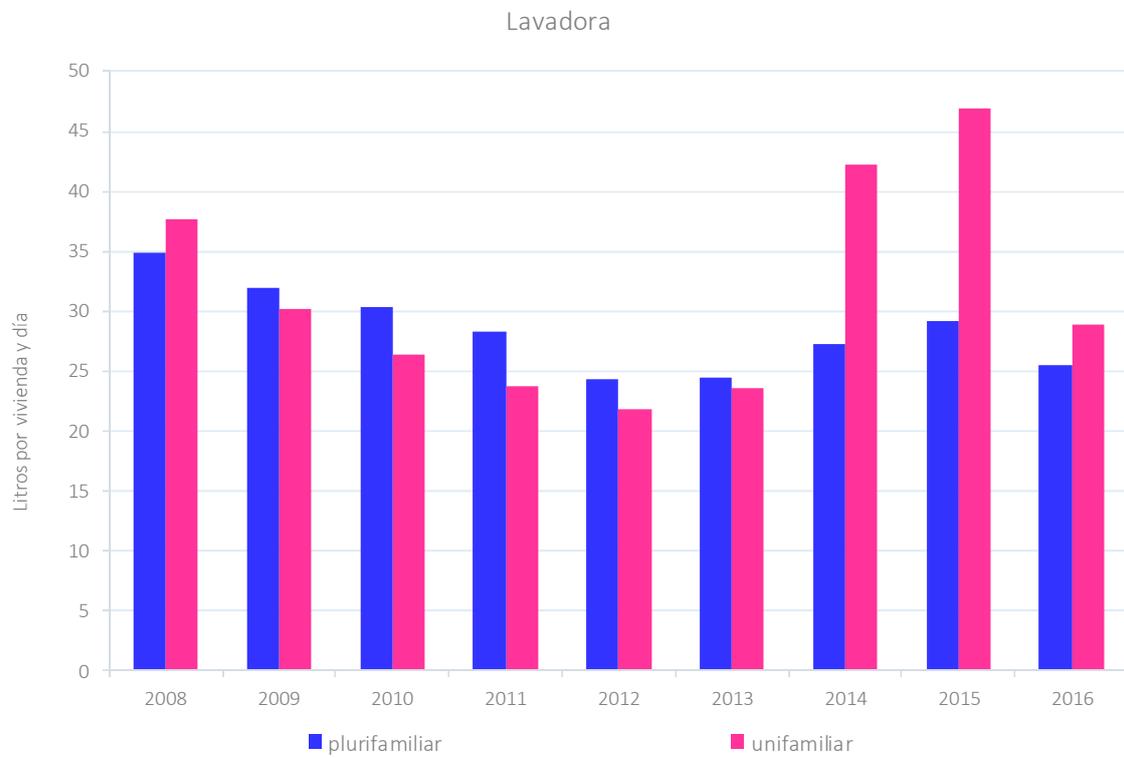


FIGURA 156. MODULACIÓN HORARIA DE LAVADORA

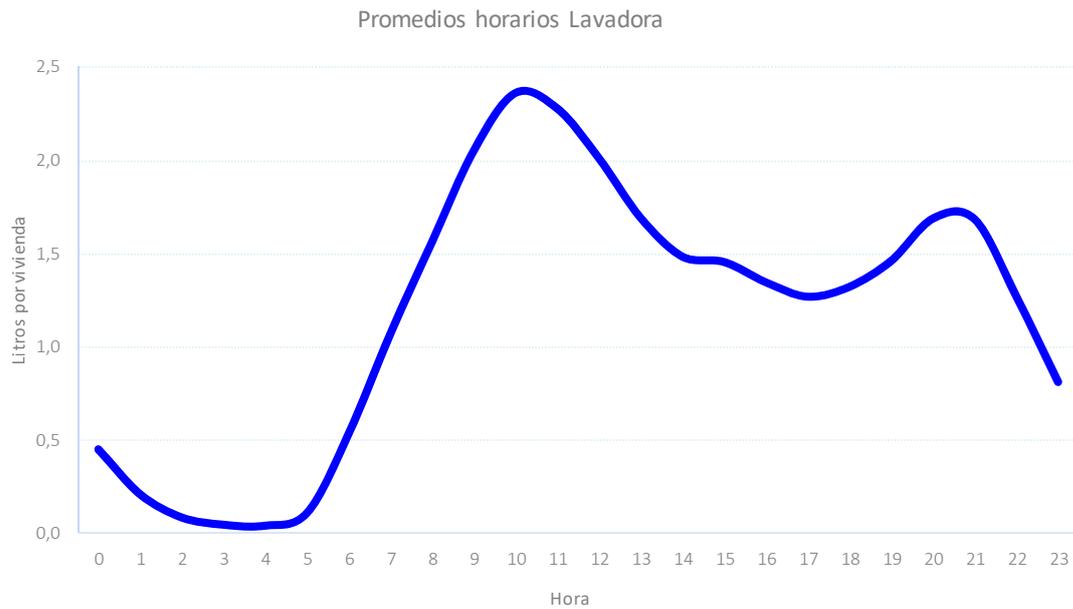
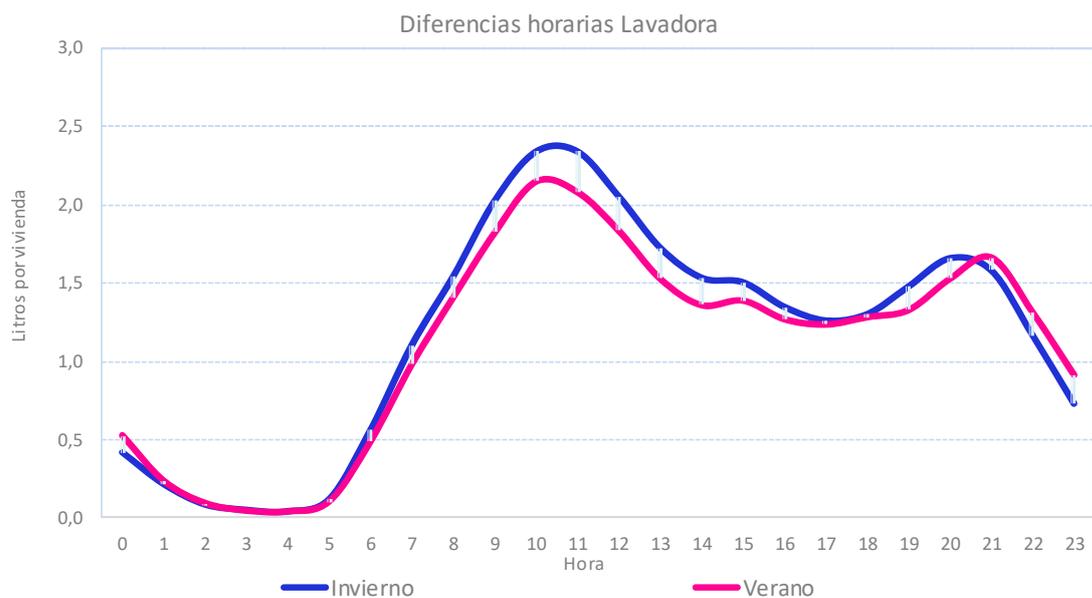


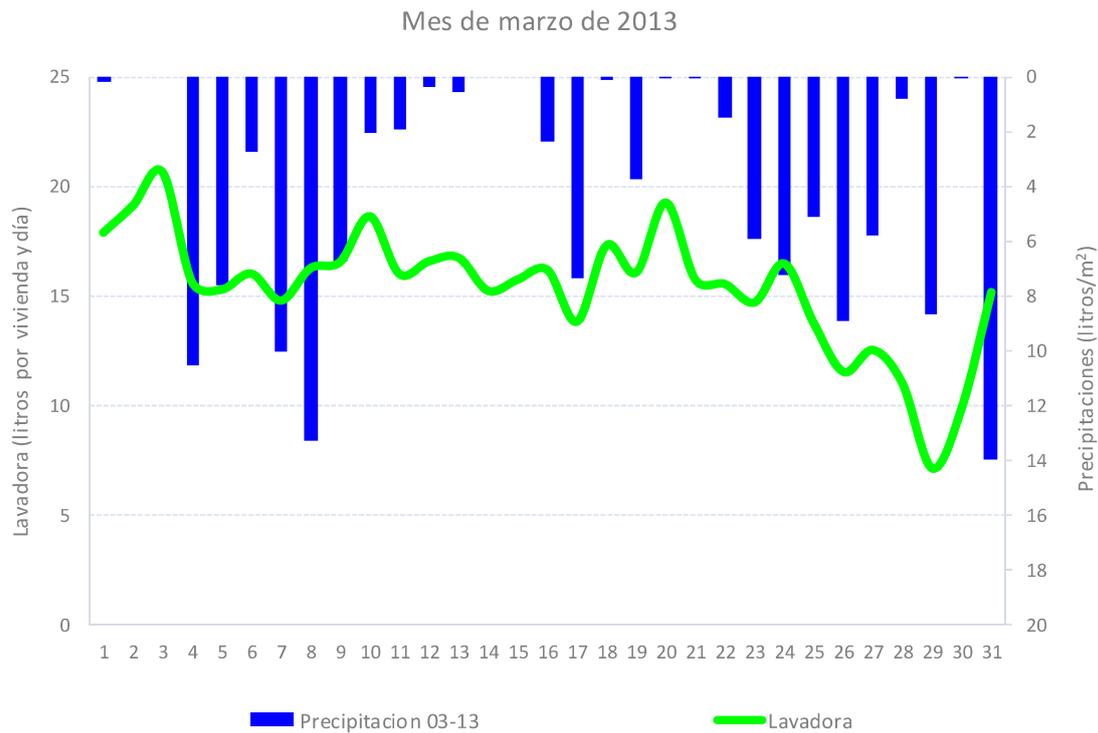
FIGURA 157. DIFERENCIAS ESTACIONALES PARA LAVADORA



En el caso de las lavadoras se ha realizado un análisis sobre la relación que pudiera existir entre la meteorología, particularmente las precipitaciones, y el uso de la lavadora. Para ello se eligió el mes de marzo de 2013, ya que fue el mes con más días lluvioso de todo el período de estudio, así se puede contrastar mejor la hipótesis, que se observa en la Figura 158.

Se observa una cierta coincidencia en los días de mayor precipitación, con un descenso en el consumo de agua en la *Lavadora*, aunque no se ha podido determinar una correlación estadísticamente significativa. Los últimos días del mes de marzo coinciden con Semana Santa, por lo que el descenso del consumo presenta otros componentes, además del meteorológico.

FIGURA 158. RELACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES CON EL USO DE LA LAVADORA



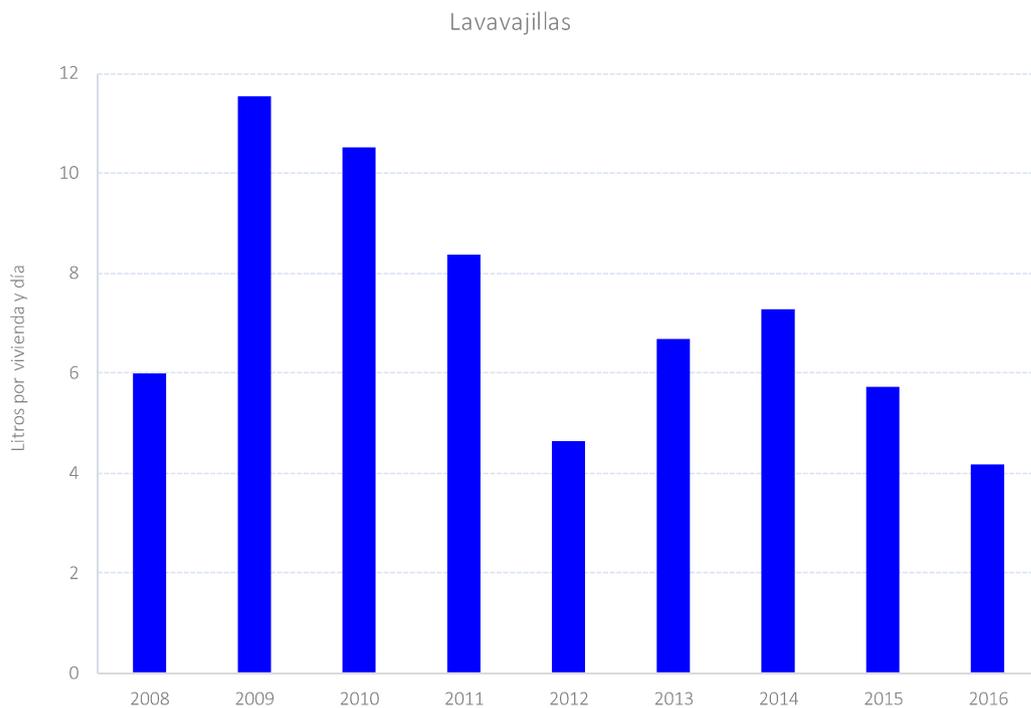
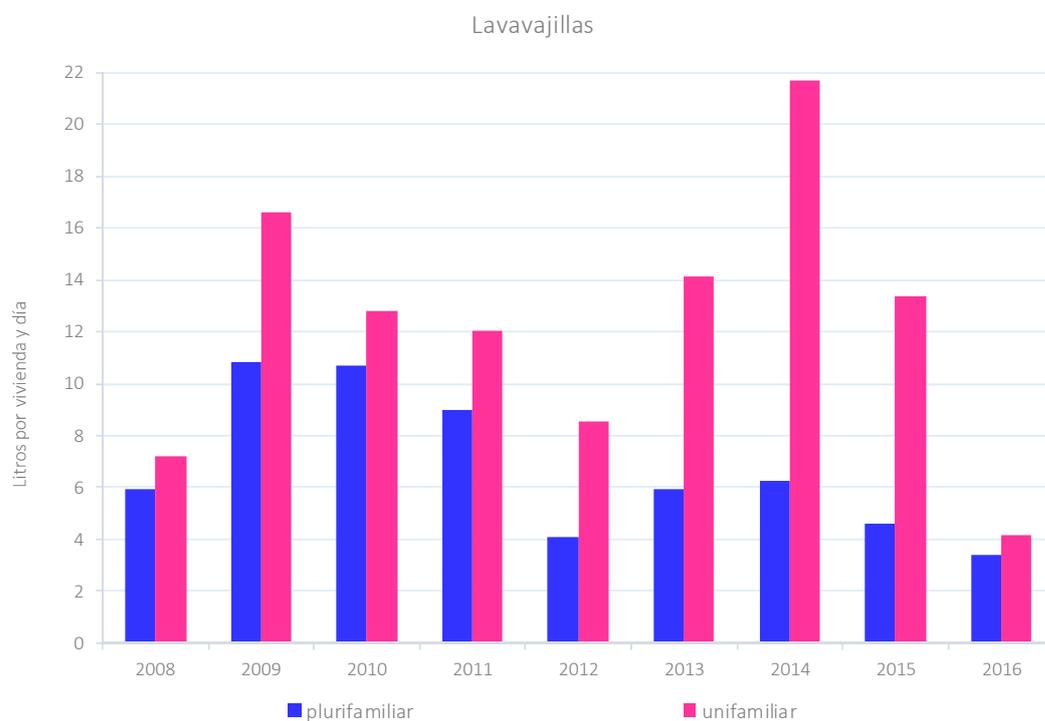
### 5.8.3. Tipo de uso Lavavajillas

En el análisis por años para el uso *Lavavajillas* se observa una tendencia al descenso, que va desde 2009 hasta 2012 y, a partir de ahí, se empiezan a incrementar los consumos en 2013 y 2014, continuando posteriormente (Figura 159) con una tendencia descendente en el uso del *Lavavajillas*. Los valores de 2008 están condicionados debido a que una gran parte de la muestra de ese periodo participó en un estudio de lavado con lavavajillas, con un periodo inicial de dos meses en 2008 **sin uso del lavavajillas**, seguido después de un uso con programas de ahorro de agua.

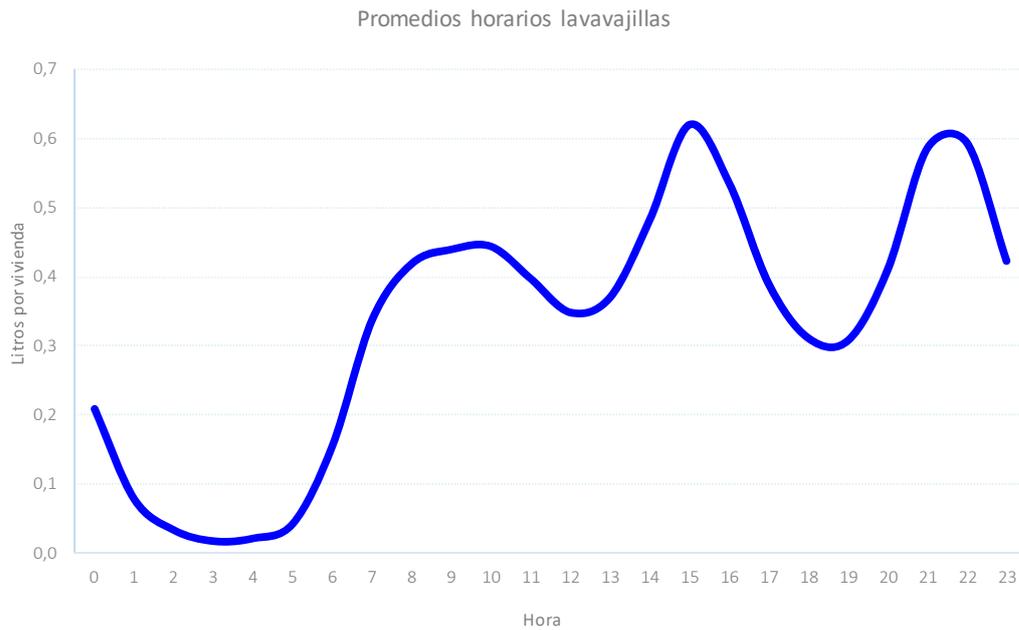
Otro de los motivos que condicionaron el resultado de este uso fue la variación en el porcentaje de viviendas con lavavajillas que, globalmente, ha sido del 73% en todo el periodo del estudio. Inicialmente (periodo de 2008 a 2009) se situaba alrededor del 84% - 85%. En el año 2012 bajó a un 65% de promedio. En el periodo final del estudio (años 2013 a 2016) alcanzó el 71% su uso.

Por tipo de vivienda, se puede observar que el uso de lavavajillas fue mayor en las viviendas unifamiliares que en las viviendas plurifamiliares, un 82% de media, según se aprecia en la Figura 160.

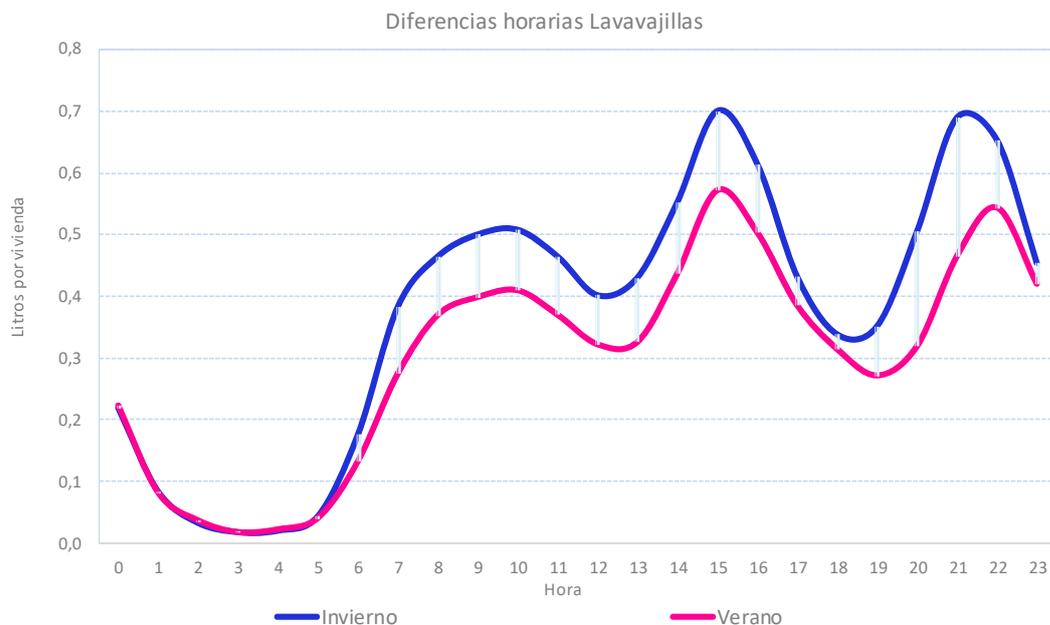
En los últimos años la diferencia fue incrementándose. El mayor contraste se encuentra en el año 2014, donde el uso fue un 202% mayor en las viviendas unifamiliares, respecto a las plurifamiliares; seguido de los años 2015 y 2013 donde el uso en viviendas unifamiliares fue un 191% y un 139% mayor, respectivamente.

**FIGURA 159. PROMEDIOS ANUALES DE LAVAVAJILLAS****FIGURA 160. USO DEL LAVAVAJILLAS POR TIPO DE VIVIENDA**

En la evolución producida en las viviendas plurifamiliares se observa que en los últimos años 2013-2014 los valores de consumo fueron semejantes a los iniciales del año 2008. La progresión en las viviendas unifamiliares es totalmente diferente, con un importante incremento en 2013 y descenso en 2016. El lavado a máquina de la vajilla sigue unas pautas ligadas a los horarios habituales de las tres comidas principales, según se representa en la Figura 161.

**FIGURA 161. MODULACIÓN HORARIA DE LAVAVAJILLAS**

En la distribución horaria de los consumos en *Lavavajillas*, se observan claramente los picos de las horas posteriores a las comidas principales, los máximos aparecen después del almuerzo, a las 15 horas, que representa el 7,79% y después de la cena entre las 21 y las 22 horas, que representa un 7,41% del total de uso diario. El incremento que se registra después de los desayunos, entre las 9 y las 10 horas, representa un 5,55% y es claramente menor. La diferencia estacional se aprecia en la Figura 162.

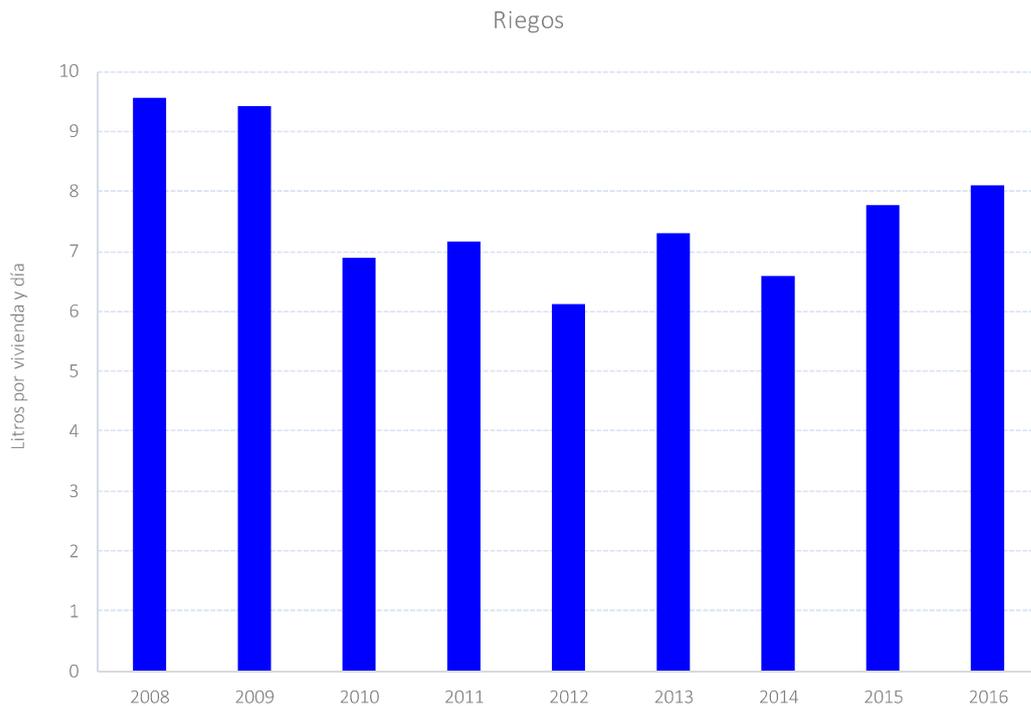
**FIGURA 162. DIFERENCIAS ESTACIONALES PARA EL LAVAVAJILLAS**

En el uso estacional se observa un mayor consumo en invierno (un 24,8% más), que en verano. Las diferencias más significativas se encuentran a las 20, 21, y 7 horas con un 58,5%, un 48,3% y un 39,9%, respectivamente. En verano la jornada de día se prolonga y el pico nocturno de uso de *Lavavajillas* se retrasa de las 21 horas, a las 22 horas.

#### 5.8.4. Tipo de uso *Riego*

El *Riego* es uno de los usos más relacionados con el tipo de vivienda y con las condiciones meteorológicas o climáticas. Sobre los datos recogidos se observó que los años donde hubo menor riego fueron 2010, 2012 y 2014, siendo 2010 el año más lluvioso (499 litros por m<sup>2</sup>). En los años 2015 y 2016 se produjo un incremento del consumo y se registró, al mismo tiempo, una subida de la temperatura media; estas observaciones se reflejan en la Figura 163.

**FIGURA 163. PROMEDIOS ANUALES DE RIEGO**

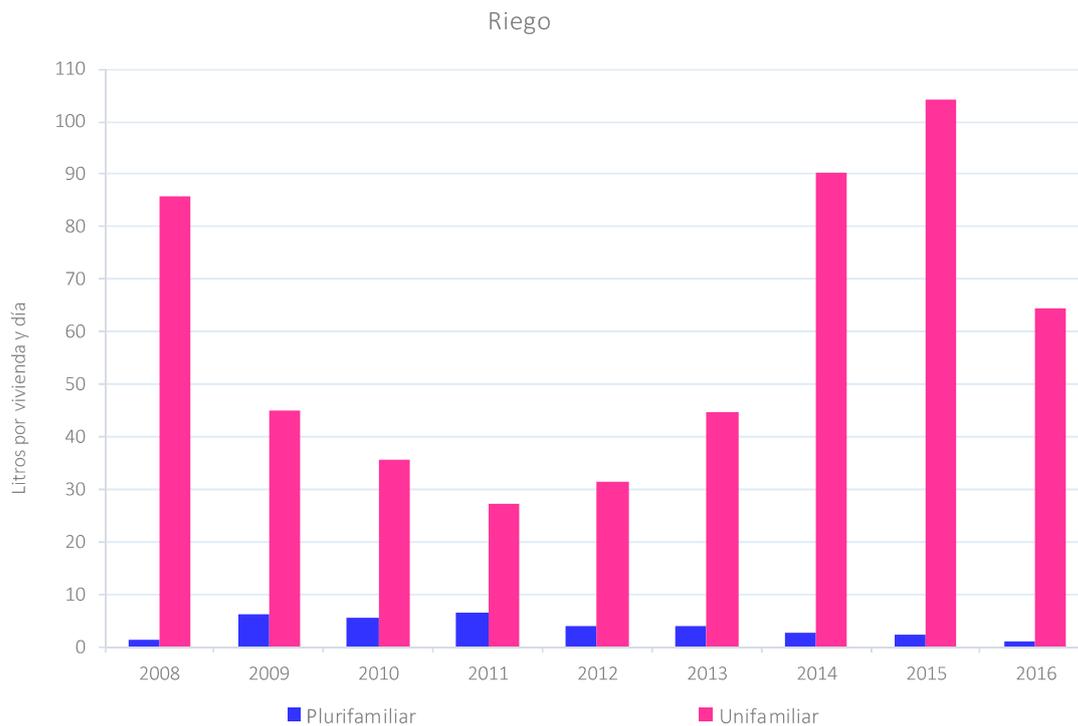


En cuanto a las diferencias que se produjeron, según el tipo de vivienda, se observa con claridad el mayor uso del *Riego* en las viviendas unifamiliares, respecto a las plurifamiliares, como se refleja en la Figura 164.

De media, el consumo en viviendas unifamiliares es notablemente mayor (un 1.496%) comparado con el producido en las plurifamiliares. Las mayores diferencias de este uso se han registrado en el año 2008 (un 6.092% mayor), y en el año 2016 (un 7.471% mayor), respecto al consumo en viviendas plurifamiliares.

El riego en viviendas plurifamiliares alcanzó su máximo en el año 2011, a partir de entonces disminuyó su uso cada año, hasta llegar a niveles parecidos a los del año 2008. En este tipo de viviendas el consumo medio en *Riego* es de 3,7 litros por vivienda al día.

FIGURA 164. USO DE RIEGO POR TIPO DE VIVIENDA



Se observa que el uso *Riego* tiene forma convexa en la distribución anual de las viviendas unifamiliares, siendo sus máximos en los años 2008 y 2015, y su mínimo en 2011. El consumo medio para *Riego* en este tipo de viviendas ha sido de 58,8 litros diarios, en todo el periodo, con un máximo de 1.043 litros diarios en el año 2015.

En cuanto a la modulación horaria diaria del *Riego*, se representa el promedio obtenido en todo el periodo de estudio en la Figura 165. El análisis horario del *Riego* muestra, en general, unos hábitos adecuados y adaptados a los consejos de realización del mismo, ya que generalmente evitan las horas centrales del día (de 10 a 18 horas), y se centran en las primeras y en las últimas horas; los máximos diarios se produjeron entre las 7 y las 8 horas y entre las 20 y las 22 horas, respectivamente. También, se registró un importante uso en horario nocturno, a excepción de las 4 de la madrugada donde se observó el mínimo de consumo. El *Riego* entre las 7 y las 8 horas representó el 10,7% del consumo total y, a su vez, el producido entre las 20 y las 22 horas representó el 10,6% del consumo total.

El uso estacional presenta unas diferencias enormes, con un incremento considerable en verano. Los picos de consumo para invierno y verano se producen igualmente a las 7 y a las 21 horas, y la diferencia llega a ser de 84,5% y 90,5% de uso menor en invierno, respecto al verano. Es también destacable el uso notable del riego nocturno en verano (Figura 166).

Tal y como se indicó al inicio de este apartado, parece que las condiciones meteorológicas pueden tener una relación con el riego, por ejemplo, en el mes de marzo del año 2013, se produjeron muchas precipitaciones que permiten observar ciertas pautas, con un menor riego de los meses de julio a septiembre. Respecto a las precipitaciones, se observa cierta coincidencia entre los días con registro de lluvia y la notable disminución en el riego, aunque es menos clara la relación, ya que cuando empieza a llover la temperatura normalmente desciende. Ya sea solo la lluvia, o la combinación de la lluvia y la temperatura, se produce un cambio en el uso del riego.

FIGURA 165. MODULACIÓN HORARIA DEL RIEGO

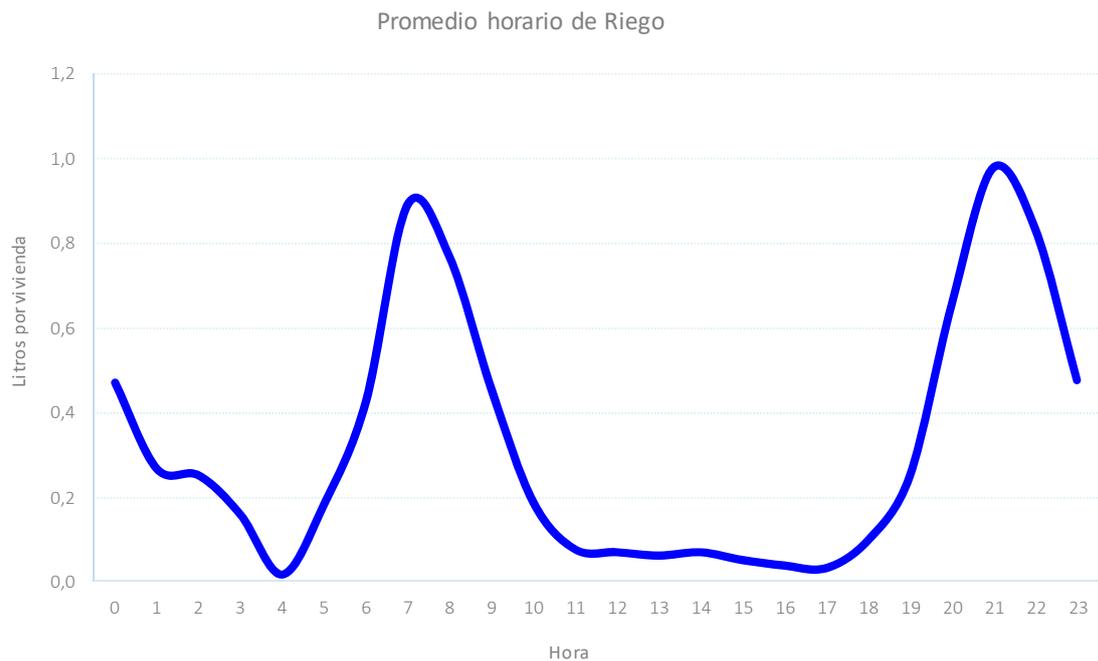
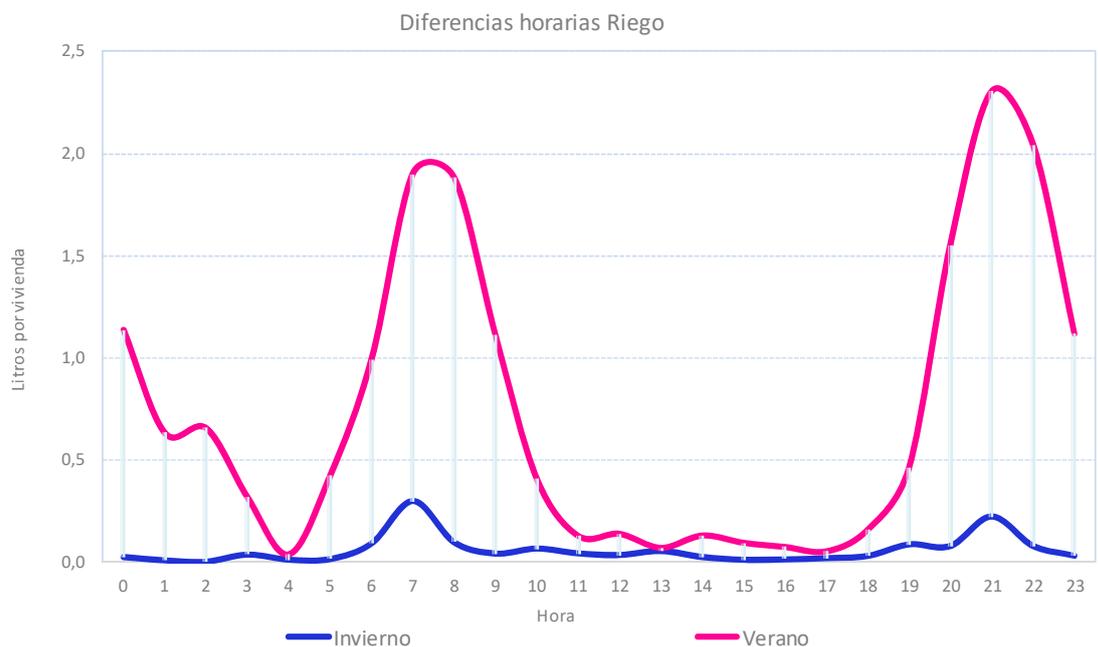
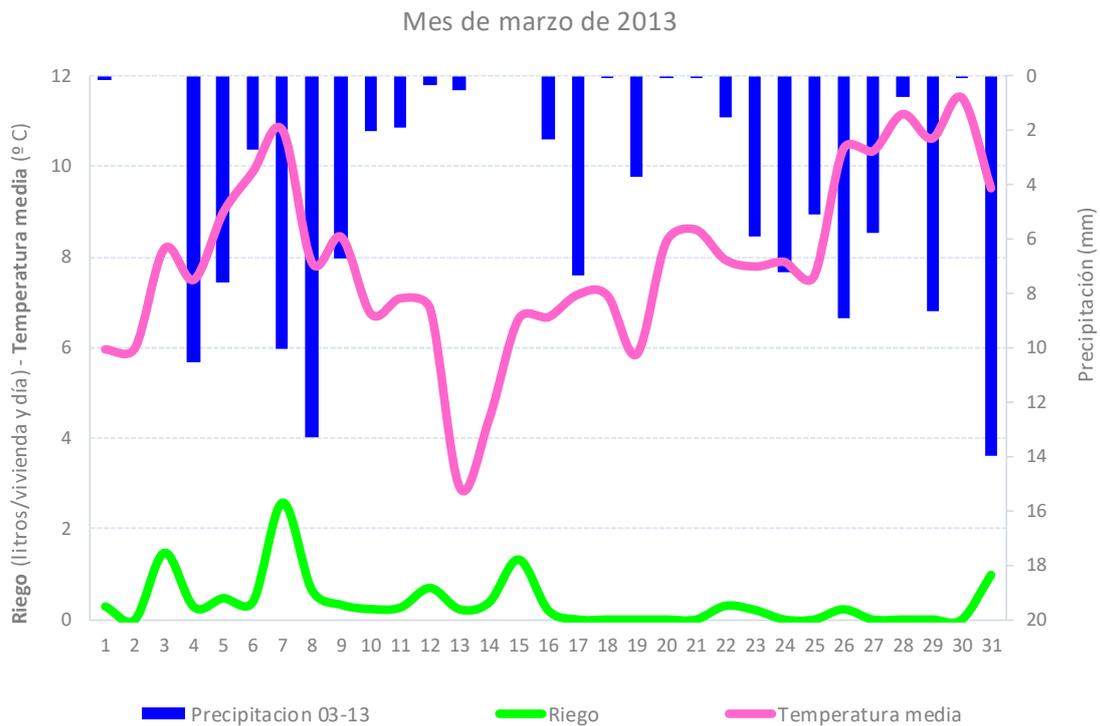


FIGURA 166. DIFERENCIA ESTACIONALES PARA EL USO DEL RIEGO



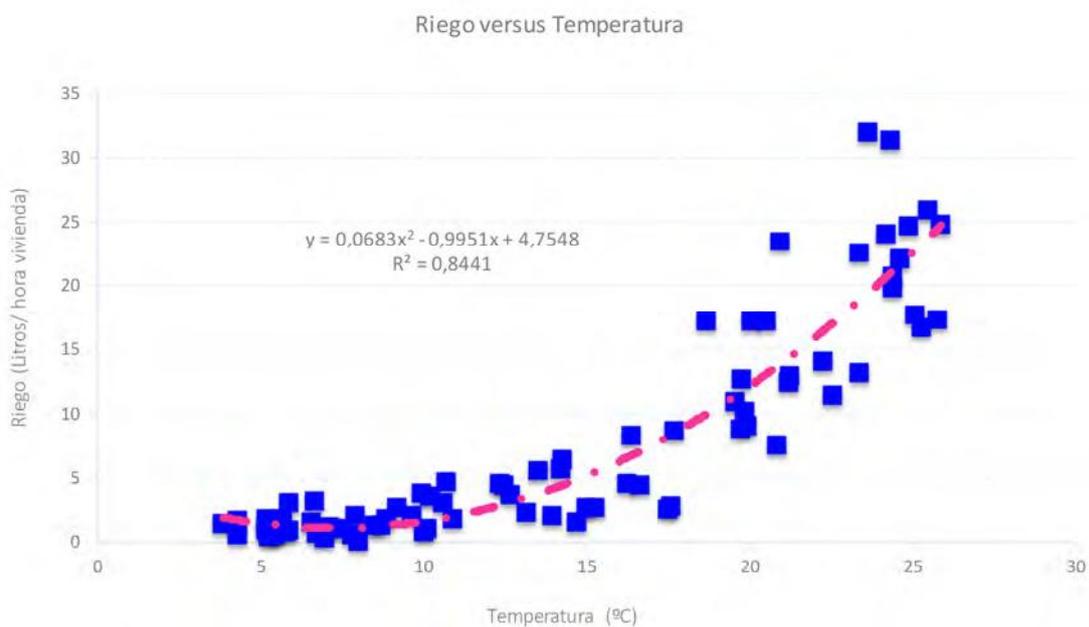
En la Figura 167 se representa la aparente relación entre la temperatura media y el uso del *Riego*. Se observa que, durante la primera mitad del mes de marzo de 2013 se dio, en paralelo, un incremento de la temperatura y un mayor uso del riego y en la parte central del mes se produce a la inversa. En la segunda mitad de ese mes puede verse cómo, a pesar de que la temperatura se elevó, durante esos días se produjeron muchas precipitaciones, por lo que el uso del riego cambia, en este caso disminuyó.

FIGURA 167. DIFERENCIA ESTACIONALES PARA EL USO DEL RIEGO

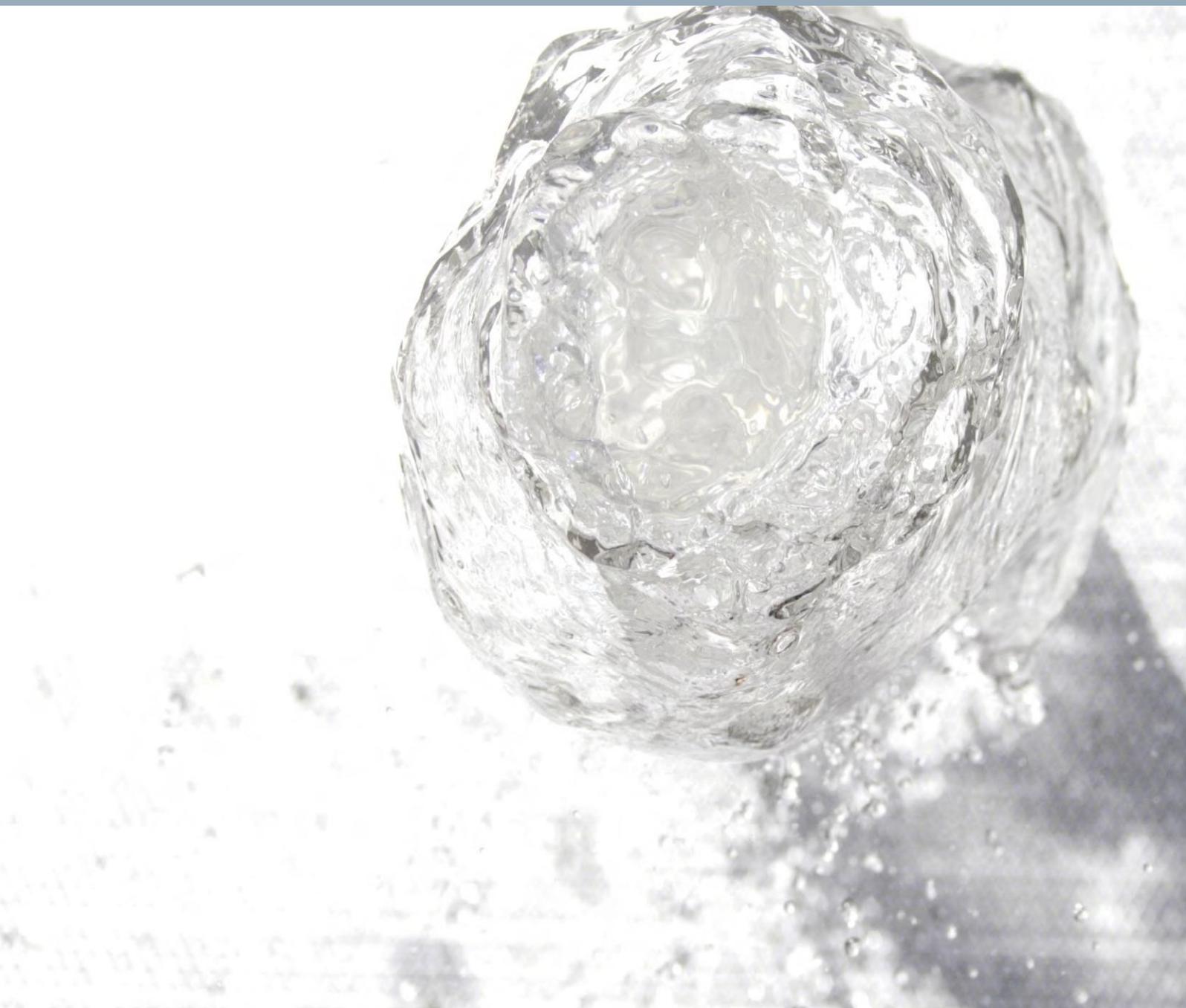


Finalmente, se ha realizado un análisis buscando dicha relación del riego con las variables meteorológicas temperatura y precipitación. Con los datos mensuales de todo el periodo de estudio se ha obtenido un modelo cuadrático donde la temperatura media explica en un 84,4% la varianza en el uso del riego. En la Figura 168 se puede ver la relación entre el volumen que se destina al riego y la temperatura. La relación entre las precipitaciones y el riego no presenta una correlación tan clara, con un coeficiente de determinación  $r^2 = 0,44$ .

FIGURA 168. RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y RIEGO



## 6. Comparación con otros estudios similares



El presente estudio se ha llevado a cabo a lo largo de casi diez años (2008-2017), y se han registrado datos en una media de 211 viviendas, con más de 200 millones de litros de agua monitorizados y un registro exacto del momento en que se producía el consumo de cada litro o decilitro (en función del contador de control empleado).

Seguidamente se ofrece una comparación con estudios con un objetivo similar, sin embargo, dichos estudios carecen de la misma cantidad de datos analizados. Se pueden encontrar estudios con un número de viviendas grande y una duración comparable, pero con una precisión menor en las medidas; otros han sido realizados con muy alta precisión en las medidas, pero sobre una muestra pequeña y comparativamente, durante periodos cortos de unos pocos días.

Se presentan a continuación algunos trabajos documentados sobre análisis de microcomponentes del consumo residencial de agua en distintas partes del mundo.

### 6.1. RESIDENTIAL END USES OF WATER (REUW 1999)<sup>6</sup>

Este estudio trata sobre el uso de agua residencial en 12 localidades de América del Norte. Se realizó con contadores magnéticos y obteniendo un registro del consumo cada 10 segundos (lo que puede producir resultados más imprecisos por la menor definición del pulso).

La muestra elegida fueron cien viviendas y se realizó durante periodos de cuatro semanas, aproximadamente, se obtuvieron un total de 28.015 días de medidas.

Los valores de consumo de este estudio resultan mucho mayores que las cifras de consumo en España. El promedio por habitante y día fue de 262,3 litros, mientras que en el trabajo desarrollado por Canal de Isabel II la cifra obtenida fue, aproximadamente, de 103 litros por habitante y día. Este dato ya indica que las diferencias en el consumo son tan grandes que los resultados son difícilmente comparables.

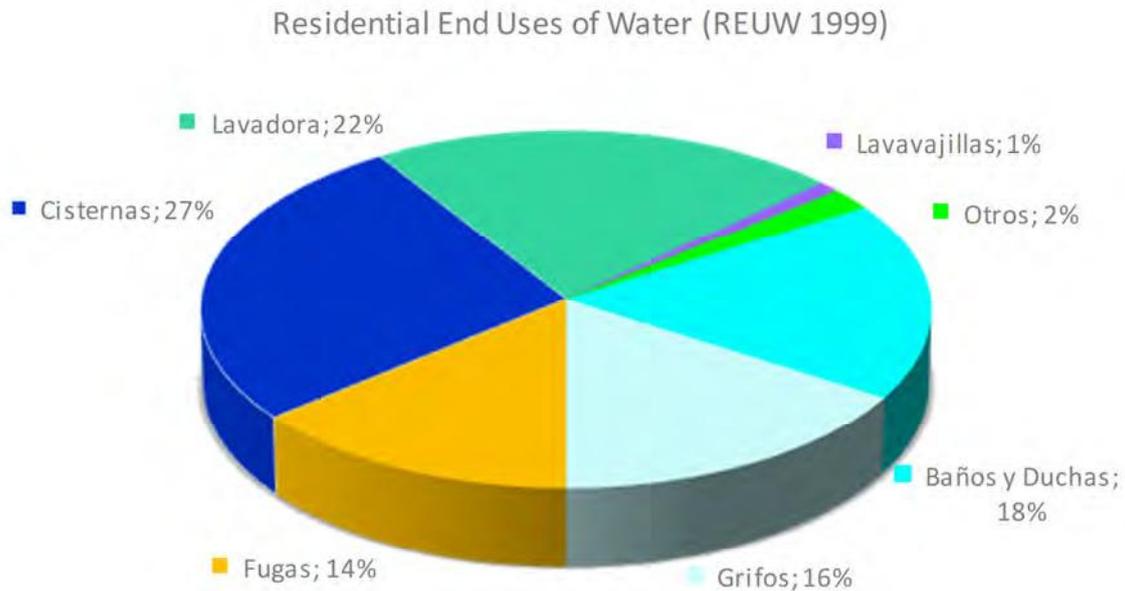
Las principales diferencias se observan en los usos de *Lavadora* y *Cisternas*, que en el caso de REUW presentan valores mucho mayores que los que se han obtenido en el estudio que aquí se presenta, probablemente debidas a las diferencias de diseño de los propios dispositivos (el volumen de descarga de las cisternas y el volumen de agua por lavado de las propias lavadoras).

Destaca también el porcentaje de *Fugas* que llegó a ser el 14% de todo el consumo interior, casi el triple del registrado en este estudio de Canal de Isabel II. Los valores se recogen en la Figura 169.

---

<sup>6</sup> Mayer, P. W., DeOreo, W. B., Opitz, E. M., Kiefer, J. C., Davis, W., Dziegielewski, B., Nelson, J. O. (1999). *Residential end uses of water*. U.S.A. American Water Works Association Research Foundation

FIGURA 169. REUW - DISTRIBUCIÓN DE USOS



Fuente: Creación propia sobre la imagen del trabajo Residential End Uses of Water. U.S.A: American Water Works Association Research Foundation, de los autores Mayer, P. W., DeOreo, W. B., Opitz, E. M., Kiefer, J. C., Davis, W., Dziegielewski, B., Nelson, J. O. (1999).

## 6.2. RIWCS - RESIDENTIAL INDOOR WATER CONSERVATION STUDY (EEUU, 2002-2004)<sup>7</sup>

En este estudio, llevado a cabo entre los años 2002 y 2004, se realizó un análisis de los usos residenciales en tres localizaciones distintas de los Estados Unidos (Seattle, Washington; East Bay Municipal Water District, California; y Tampa, Florida).

Es destacable que en este estudio los autores no tuvieron en cuenta los usos de exterior (incorporó uno genérico llamado "otros" que quizá los incluyese); las muestras de viviendas de cada localización fueron pequeñas (entre 26 y 37 viviendas), y se monitorizaron poco tiempo, con una media de 15 días. En cuanto al registro de datos, se utilizaron contadores magnéticos y *data-loggers* con una medición a intervalos de 10 segundos y con una precisión de los contadores 300- 450 pulsos magnéticos/litro.

Como se puede observar en la Tabla 27, los porcentajes de uso que se obtuvieron no se parecen a los que se han obtenido en el presente estudio. Lo primero que hay que destacar es la disparidad en los valores de consumo globales, en este estudio el promedio de consumo por habitante y día osciló entre los 240 y 326 litros, mientras que los resultados del *Panel de Monitorización* del trabajo de Canal de Isabel II que aquí se presenta, ofreció unos valores de uso, por habitante y día, que iban de los 86 a los 125 litros, en función del mes monitorizado.

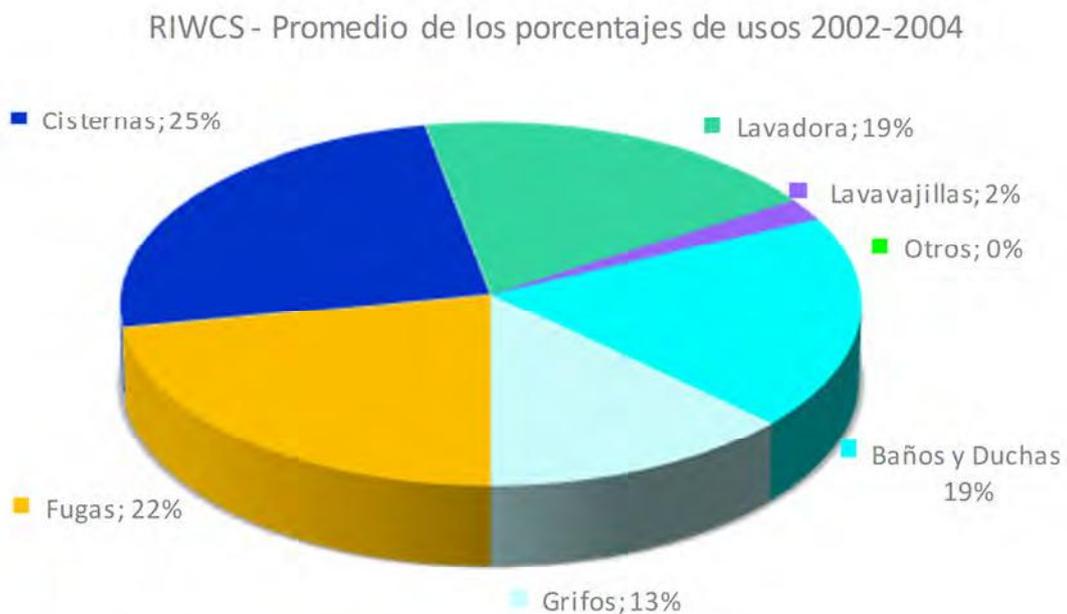
<sup>7</sup> Mayer, P.W., DeOreo W. B., Towler, E., Martien, L., Lewis, D. M. (2004). Tampa, Water Department Residential Water Conservation Study: The impacts of high efficiency plumbing fixture retrofits in single-family homes. Colorado: Tampa Water Department, the United States Environmental Protection Agency

TABLA 27. RIWCS – DATOS DE DISTRIBUCIÓN DE USOS

Uso	EBMWD		Seattle		Tampa	
	Volumen diario (litros/habitante/día)	%	Volumen diario (litros/habitante/día)	%	Volumen diario (litros/habitante/día)	%
Baño y Duchas	56,8	17,4%	48,1	20,0%	57,9	19,9%
Lavadora	52,6	16,1%	56,0	23,3%	55,6	19,1%
Lavavajillas	3,8	1,2%	5,3	2,2%	2,3	0,8%
Grifos	39,7	12,2%	34,8	14,5%	35,6	12,2%
Fugas	97,3	29,8%	24,6	10,2%	71,2	24,4%
Cisternas	75,3	23,1%	71,2	29,6%	67,8	23,2%
Otros	0,4	0,1%	0,8	0,3%	1,1	0,4%
<b>Total</b>	<b>325,9</b>		<b>240,8</b>		<b>291,5</b>	

Al igual que en el estudio de REUW, en la gráfica de la Figura 170 se observa que el uso *Cisternas* fue el que obtuvo el valor más alto (25%), seguido en este caso de *Fugas* (22%), y con un mismo porcentaje, de los usos *Lavadoras* y *Baños y Duchas* (19%). Esta distribución difiere mucho de los valores obtenidos en el *Panel de Monitorización* de este estudio, donde los usos mayoritarios son *Grifos* y *Baños y Duchas*.

FIGURA 170. RIWCS - DISTRIBUCIÓN DE USOS (PROMEDIO DE LAS TRES LOCALIZACIONES DEL ESTUDIO)



Fuente: Creación propia sobre la imagen del trabajo de Mayer, P.W., DeOreo W. B., Towler, E., Martien, L., Lewis, D. M. (2004). Tampa, Water Department Residential Water Conservation Study: The impacts of high efficiency plumbing fixture retrofits in single-family homes.

Colorado: Tampa Water Department, the Unites States Environmental Protection Agency

### 6.3. REUMS - RESIDENTIAL END USE MEASUREMENT STUDY (YARRA VALLEY WATER, AUSTRALIA 2004)<sup>8</sup>

Este estudio utilizó contadores de DN 20 mm, de pistón rotativo, unidos a un *data-logger*, con una precisión de 70 pulsos/litro, y con intervalos de medida de consumo cada 5 segundos. Se realizaron medidas en 81 viviendas en invierno, y 93 viviendas en verano, alcanzando un total de 2.394 días de medidas (cerca de 14 días en cada periodo).

En este trabajo también es destacable la diferencia de consumo global que existen entre ambos trabajos y zonas. Mientras que en el estudio de Canal de Isabel II los valores de consumo por vivienda oscilan entre 270 y 358 litros por vivienda y día, en el estudio australiano estos valores son de 511 litros en usos interiores, en el periodo de invierno, y de 784 litros en el periodo de verano, incluyendo usos de exterior. Los valores son más del doble de los registrados en el *Panel de Monitorización* de la Comunidad de Madrid.

El comportamiento estacional es otro de los aspectos diferenciales, ya que es el opuesto al observado en el *Panel de Monitorización*. En la muestra analizada estos siete años el consumo en verano descendió, debido a las ausencias vacacionales, mientras que en el estudio de Australia el consumo es claramente mayor en verano (meses de diciembre a febrero).

En cuanto a la distribución de usos y valores, se observa en la imagen de la Figura 171 la coincidencia en el uso *Baño y duchas*, ya que en el estudio australiano es el mayoritario, salvo cuando se tiene en cuenta el uso *Exteriores*, en verano. En el estudio de Canal de Isabel II el uso *Baños y duchas* es también el mayoritario, con porcentajes entre el 30% y el 35% dependiendo de la época.

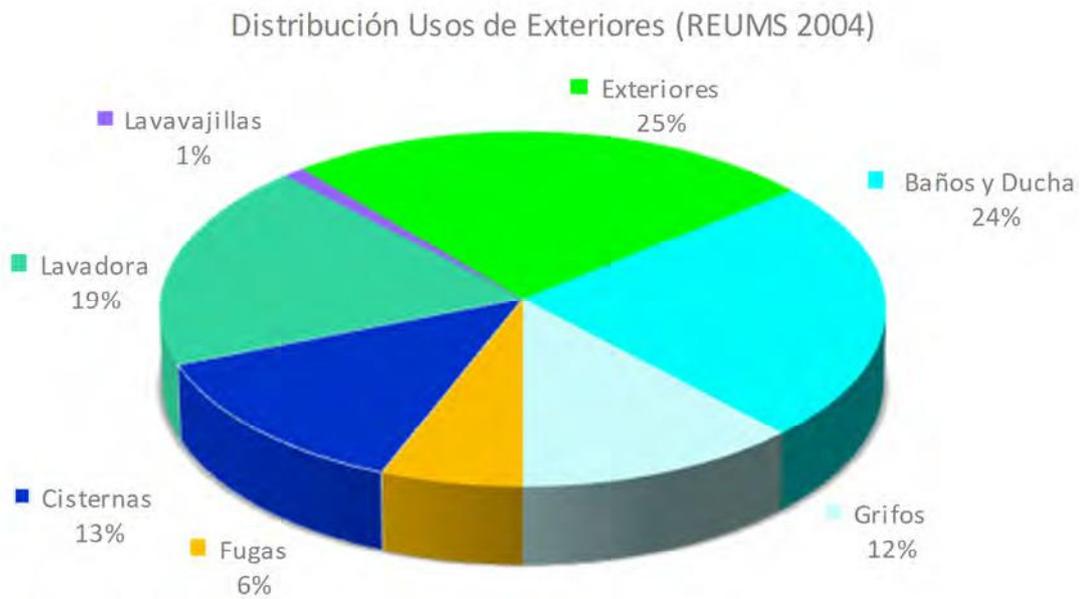
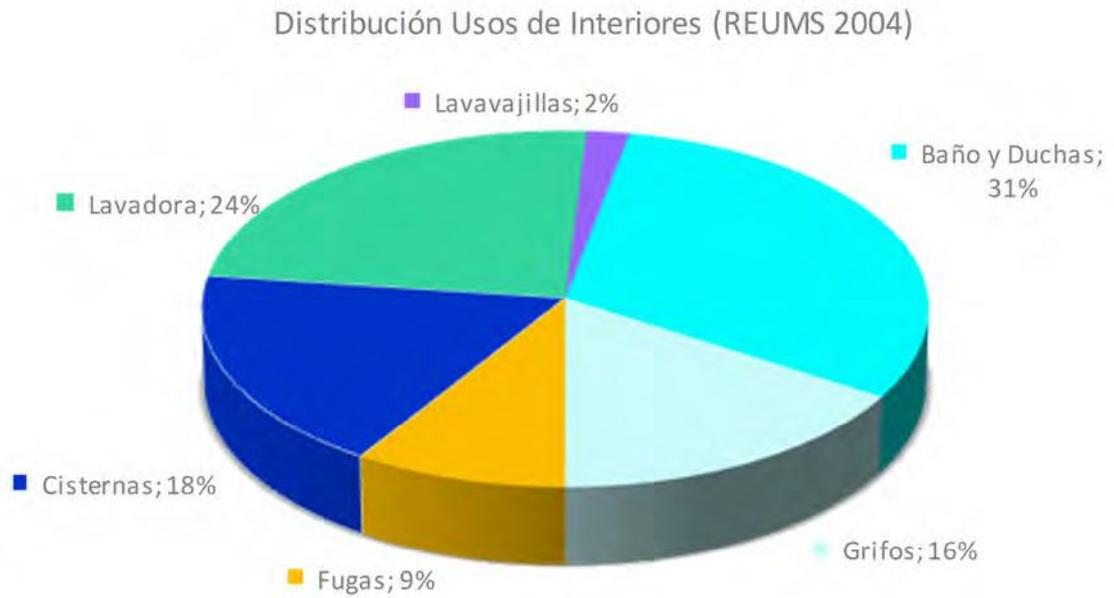
En el uso *Exteriores*, el porcentaje es de un 25%, lejano a los valores de agosto de la Comunidad de Madrid donde se ha registrado hasta un 11% del consumo total. En lo que se refiere a viviendas unifamiliares, sin embargo, el valor promedio de los consumos en *riego* de los meses de julio-agosto- septiembre de los nueve años de estudio es de un 23%, similar, por tanto, en porcentaje a los valores del estudio australiano.

Le siguen los usos *Lavadora* y *Cisternas*, que ofrecen valores más altos que los del presente estudio, y el de *Grifos*, claramente inferior a los valores de la Comunidad de Madrid. En cuanto a los valores de *Fugas*, éstos se sitúan en un intervalo porcentual próximo a los resultados de Canal de Isabel II.

---

<sup>8</sup> Roberts, P. (2005). *2004 Residential End Use Measurement Study*. Victoria: Demand Forecasting Section, Yarra Valley Water

FIGURA 171. REUMS - DISTRIBUCIÓN DE USOS



#### 6.4. ESTUDIO DE MICROCOMPONENTES Y FACTORES EXPLICATIVOS DEL CONSUMO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE MADRID (CANAL DE ISABEL II, 2003)<sup>9</sup>

Se realizó en dos fases (una primera entre los años 2002 y 2003 y una segunda fase en el año 2006). En la primera fase se analizaron 292 viviendas, con medidas cada 15 minutos durante una media de 12 meses, y también se hicieron mediciones en continuo (2 viviendas simultáneamente y rotando las viviendas). En la segunda fase se controlaron 698 viviendas durante un año, con medidas cada hora para usos interiores y cada 24 horas en usos exteriores.

Los resultados de consumo que se pueden apreciar en la Tabla 28, son bastante más parecidos a los actuales. En los consumos por habitante se registraron 84,9 litros en viviendas plurifamiliares, frente a los 99,8 litros (rango de 79,5 a 110,3 litros) del presente estudio. En viviendas unifamiliares los valores obtenidos fueron de 151,4 litros, frente a los 133,8 litros por día (entre 75,9 y 263,2 litros) del presente estudio. Los valores son comparables, aunque en el presente estudio las diferencias entre los tipos de vivienda son menores (de un consumo un 78% mayor en las viviendas unifamiliares en el estudio de 2003, se ha pasado a un 25% más de consumo en el trabajo que se está presentando sobre el *Panel de Monitorización 2007-2017*).

**TABLA 28. DATOS DE DISTRIBUCIÓN DE USOS EN CANAL DE ISABEL II (2003-2006)**

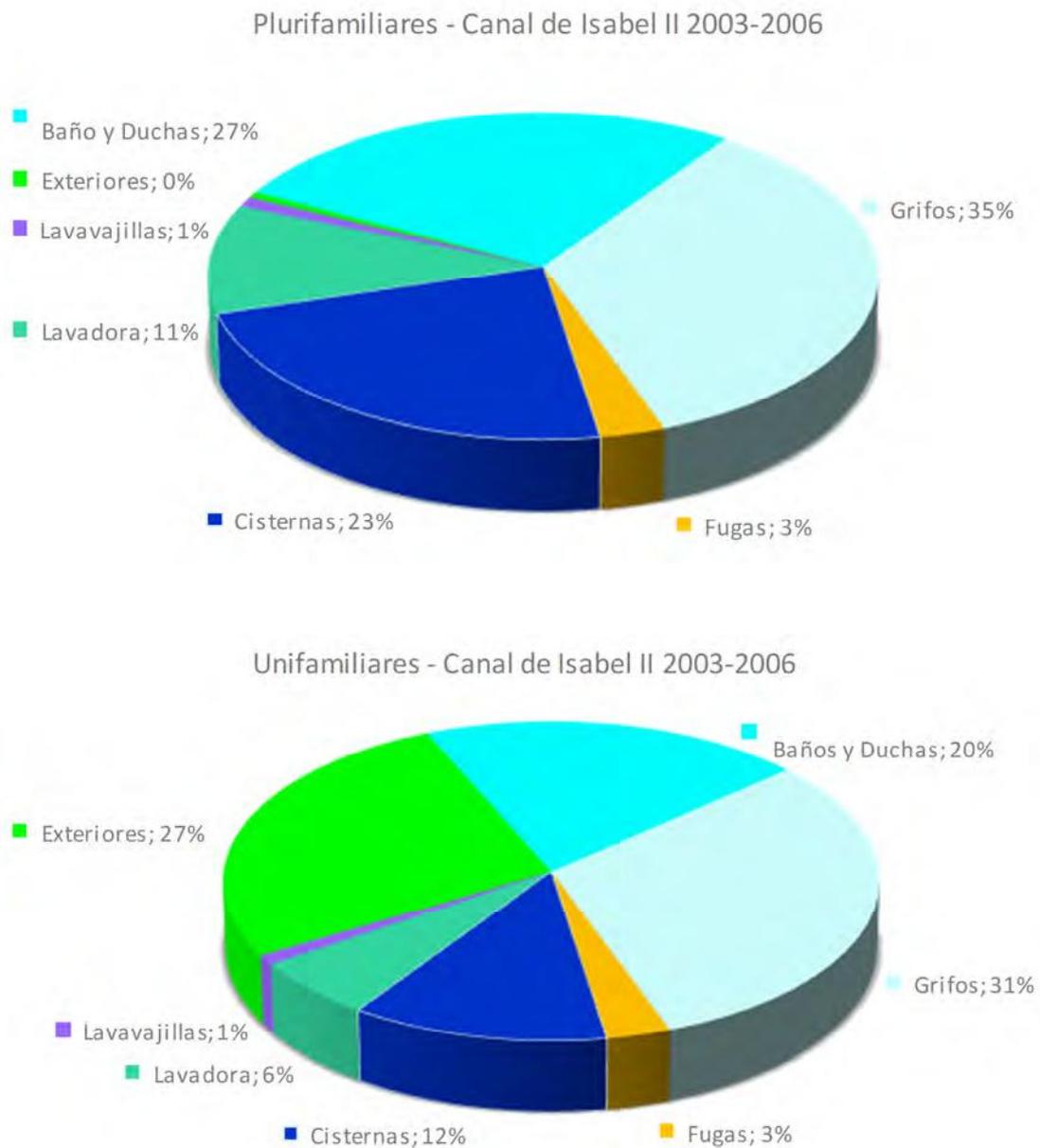
Uso	Plurifamiliares				Unifamiliares			
	Volumen diario (L/viv./día)	%	Volumen diario (L/hab./día)	%	Volumen diario (L/viv./día)	%	Volumen diario (L/hab./día)	%
Baño y Duchas	77,2	26,5	22,5	26,5	124,9	19,7	30,1	19,9
Lavadora	32,9	11,3	9,6	11,3	40	6,3	9,6	6,3
Lavavajillas	3,1	1,1	0,9	1,1	4,7	0,7	0,3	0,2
Grifos	103,1	35,4	30,1	35,5	194,4	30,7	46,8	30,9
Fugas	8,3	2,9	2,4	2,8	18,9	3,0	4,5	3,0
Cisternas	66,5	22,8	19,4	22,9	78,9	12,5	18,9	12,5
Exteriores					171,4	27,1	41,2	27,2
<b>Total</b>	<b>291,1</b>		<b>84,9</b>		<b>633,2</b>		<b>151,4</b>	

En cuanto a la distribución de usos, como se puede observar en la Figura 172, hay que destacar las diferencias en el uso *Exteriores*, en el anterior estudio suponían un 27% del consumo de las viviendas unifamiliares, mientras que en el presente es solo el 11,2%, o de un 23% si se consideran solo los meses de verano, junio a septiembre).

<sup>9</sup> Cubillo, F., Moreno, T., Ortega, S. (2008). Cuadernos de I+D+i Nº 4. Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid, Canal de Isabel II.

Otra diferencia que se aprecia es en el uso *Cisternas*, en el caso del anterior estudio de Canal de Isabel II (2003-2006), se ofrecieron unos resultados de 23,26 litros por habitante y día. En el actual trabajo, obtenido del *Panel de Monitorización* se ha registrado un promedio de 10,96 litros por habitante y día. También destaca la semejanza en el peso de *Grifos* (35% y 31% para plurifamiliares y unifamiliares, respectivamente).

**FIGURA 172. CANAL DE ISABEL II 2003-2006. DISTRIBUCIÓN DE USOS EN VIVIENDAS PLURIFAMILIARES Y UNIFAMILIARES**



## 6.5. CALIFORNIA SINGLE FAMILY WATER USE EFFICIENCY STUDY (AQUACRAFT, 2011-12-06)<sup>10</sup>

El objetivo principal de este estudio para el Estado de California era reducir el uso del agua un 20% *per cápita*, para 2020. Los datos fueron recolectados desde 2005 hasta 2008, y el periodo total del estudio fue desde el año 2005 hasta el año 2010; de una muestra de alrededor 700 hogares distribuidos, a través de 10 agencias del agua, por todo el Estado de California.

Este estudio se realizó con contadores magnéticos y registro del consumo cada 10 segundos, generando de 80 a 100 pulsos por galón. Las 10 agencias del agua que participaron en el estudio sirvieron a un total de 1,3 millones de hogares durante ese periodo. Hubo un total de 735 viviendas incluidas en el análisis interior.

El consumo medio anual total de agua en estos hogares fue de 132 kilogalones por año, lo que equivale a 499.674 litros por año, o 362 galones por vivienda y día, unos 1.370 litros por vivienda y día). El consumo medio de agua en interior fue de 62,4 Kilogalones al año, equivalentes a 236.210 litros por año, es decir, de 171 galones por vivienda y día, unos 647,31 litros por vivienda y día. Aproximadamente el 53% del uso anual parece que se dedicó a uso en exteriores y el 47% para usos interiores.

## 6.6. MELBOURNE RESIDENTIAL WATER USE STUDIES (SMART WATER FUND, 2013-06)<sup>11</sup>

Este estudio se realizó en la ciudad de Melbourne, sobre una muestra con la distribución de viviendas siguiente: 77% de viviendas unifamiliares individuales, 9% unifamiliares adosadas y el 14% plurifamiliares.

La media de consumo por habitante, del año 2000 a 2001, fue de 247 litros por día y del año 2011 a 2012 fue de 149 litros por día, lo cual denota que el consumo ha mostrado una notable tendencia a la baja. En cuanto a los consumos por vivienda, la media de consumo en invierno, en este estudio, fue de 352 litros por día, y en verano 442 litros por día.

En este estudio se han buscado modelos de consumo diversos. Entre los resultados principales, ofrece un modelo lineal de consumo diario, en litros, en función de la ocupación de la vivienda:

$$\text{Consumo diario (litros)} = 93,60 \times \text{ocupación} + 145,18$$

Otros de los modelos, ha buscado la relación entre la utilización de dispositivos de lavado y la ocupación:

$$\text{Cargas de lavado en lavadora por semana} = 1,13 \times \text{ocupación} + 1,21$$

$$\text{Uso de lavavajillas por semana} = 2,05 \times \text{ocupación} + 0,58$$

Sobre el uso *Ducha*, la media de tiempo utilizado de los residentes de Melbourne fue de 6,1 minutos con una frecuencia media de 6,3 veces por semana. Las duchas son el principal uso en las viviendas.

Algunas de las características diferenciales de las viviendas y los potenciales usos, respecto al estudio realizado por Canal de Isabel II, referido al *Panel de Monitorización*, se detallan a continuación:

---

<sup>10</sup> DeOreo, W. B., Martien, L., Mayer P. W., Hayden, M., Funk, A., Kramer-Duffield, M., Davis, R. (2011).

California single-family water use efficiency study. Colorado. Aquacraft Inc. Water Engineering and Management

<sup>11</sup> Gan, K., Redhead, M., Smart Water Fund. (2013). Melbourne Residential Water Use Studies.

Recuperado de: <http://www.yvw.com.au/yvw/groups/public/documents/document/yvw1004065.pdf>

- Una alta proporción de las viviendas (82%) tienen *Jardín*.
- El *Riego* se realiza una vez por semana, de media.
- Un 28% de las viviendas tienen instalado tanques de recogida de agua de lluvia.
- Un 8% de los hogares de Melbourne tienen piscina, de los cuales un 36% usa agua de lluvia, un 41% usa agua potable y un 23% usa ambas.
- El 89% de los hogares en la muestra tienen Bañera, y de media realizan entre 3 y 4 *Baños* a la semana.

### 6.7. REPORT ON IN-HOME WATER USE PATTERNS IN SINGLE FAMILY HOMES FROM JORDAN (AQUACRAFT, 2011-06-20)<sup>12</sup>

El informe “*Instituting Water Demand Management in Jordan*” (IDARA) ofrece información detallada sobre los patrones de uso del agua en viviendas unifamiliares, dentro de un grupo de estudio de aproximadamente 95 viviendas. Los datos se obtuvieron de los medidores de agua y registradores de datos conectados a la salida de los tanques situados en los techos. Los datos de los medidores de agua fueron recogidos en intervalos de 10 segundos, con una resolución de 0,5 litros por pulso.

La media del consumo diario para las viviendas de toda la muestra fue de 453 litros por vivienda al día y la mediana es de 389 litros por vivienda al día. Esta media es casi un 30% menos consumo que la media por vivienda en Estados Unidos, que es alrededor de 670 litros por vivienda al día. Si además se tiene en cuenta el tamaño de los hogares en Jordania, que de media tiene una ocupación de 5,6 habitantes por vivienda frente a la media en Estados Unidos que es 2,7, el consumo por habitantes es mucho menor que la media de los Estados Unidos.

Los datos recogidos en la Figura 173, muestran que el uso predominante es el de *Grifos* (45,8%), mientras que en el conjunto de los estudios de EE. UU. era la *Cisterna* (25,5%). Como puede observarse en la gráfica, no existe la categoría de uso *Riego* en este estudio, que se realizó en meses no estivales, controlando el consumo durante unos 14 días por vivienda.

Este estudio también realizó un análisis de los consumos en diferentes rangos de caudal. Estos patrones de uso presentaron una distribución muy diferente a la observada en la muestra del *Panel de Monitorización* de Canal de Isabel II.

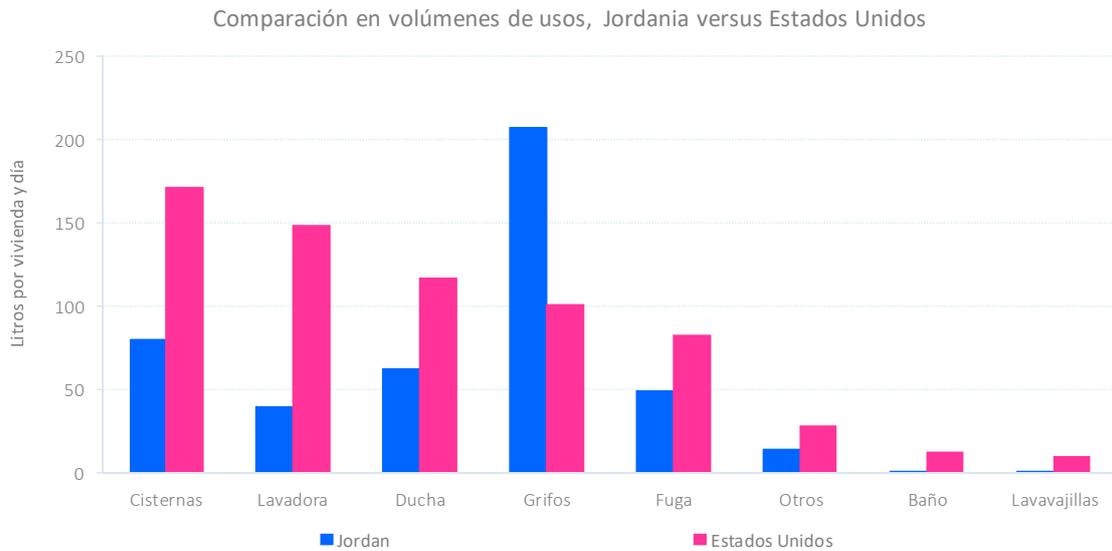
En la Figura 174 se observa, como el 65% del consumo en este caso se produce entre 225 litros por hora y los 600 litros por hora. Aunque los rangos del estudio de Canal de Isabel II son diferentes, seleccionando puntos semejantes se tiene, en volúmenes acumulados totales, una referencia de comparación de los patrones de consumo, a diferentes caudales. La Tabla 29 refleja los datos comparativos de los trabajos.

Es notable el menor volumen registrado a caudales inferiores a los 150 litros por hora, respecto a los resultados del estudio de Canal de Isabel II, posiblemente por la calidad de registro a bajos caudales.

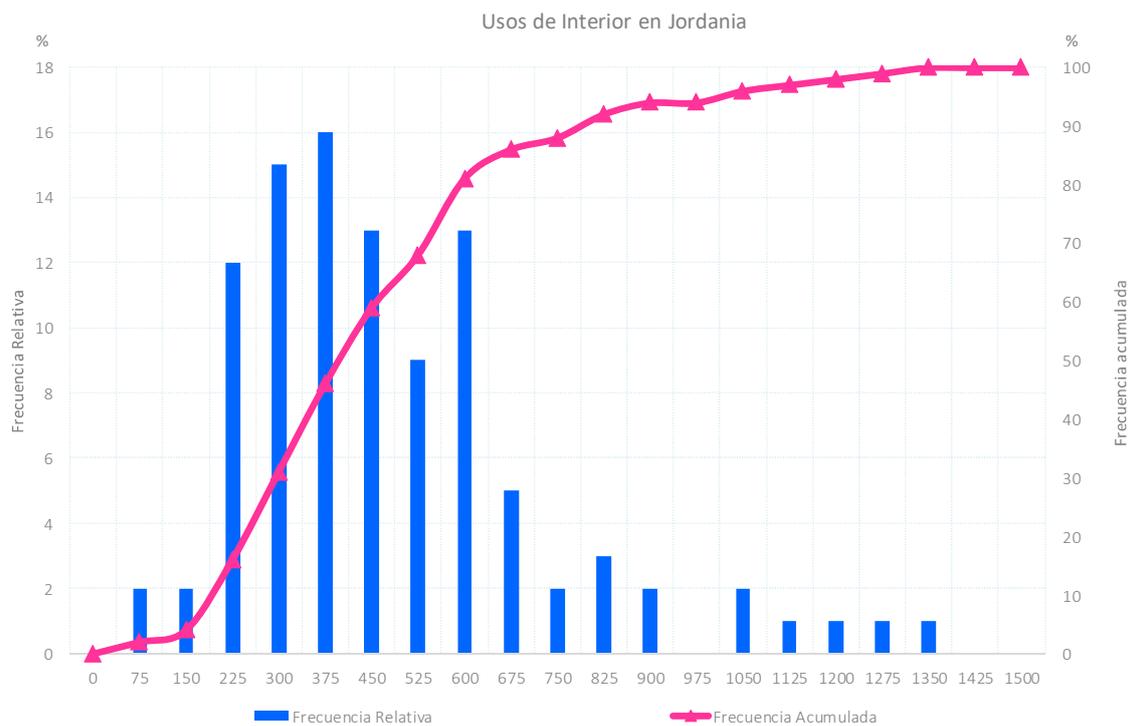
---

<sup>12</sup> DeOreo, W. B. (2011). *Report on In-home water use patterns in single family homes from Jordan*. Colorado: Aquacraft Inc. *Water Engineering and Management*

**FIGURA 173. COMPARACIÓN DE USOS FINALES EN JORDANIA Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA**



**FIGURA 174. HISTOGRAMA DE CONSUMO EN HOGARES JORDANOS**



**TABLA 29. COMPARATIVA DE HISTOGRAMAS: IDARA - CANAL DE ISABEL II**

Litros por hora y porcentaje acumulado de consumo								
IDARA	75/2%	150/4%	300/31%	450/59%	600/81%	825/92%	975/94%	1.200/98%
Panel de Monitorización Canal de Isabel II	3/3%	162/22%	312/30%	444/43%	576/61%	840/88%	972/94%	1.236/98%

## 6.8. CONSIDERACIONES FINALES

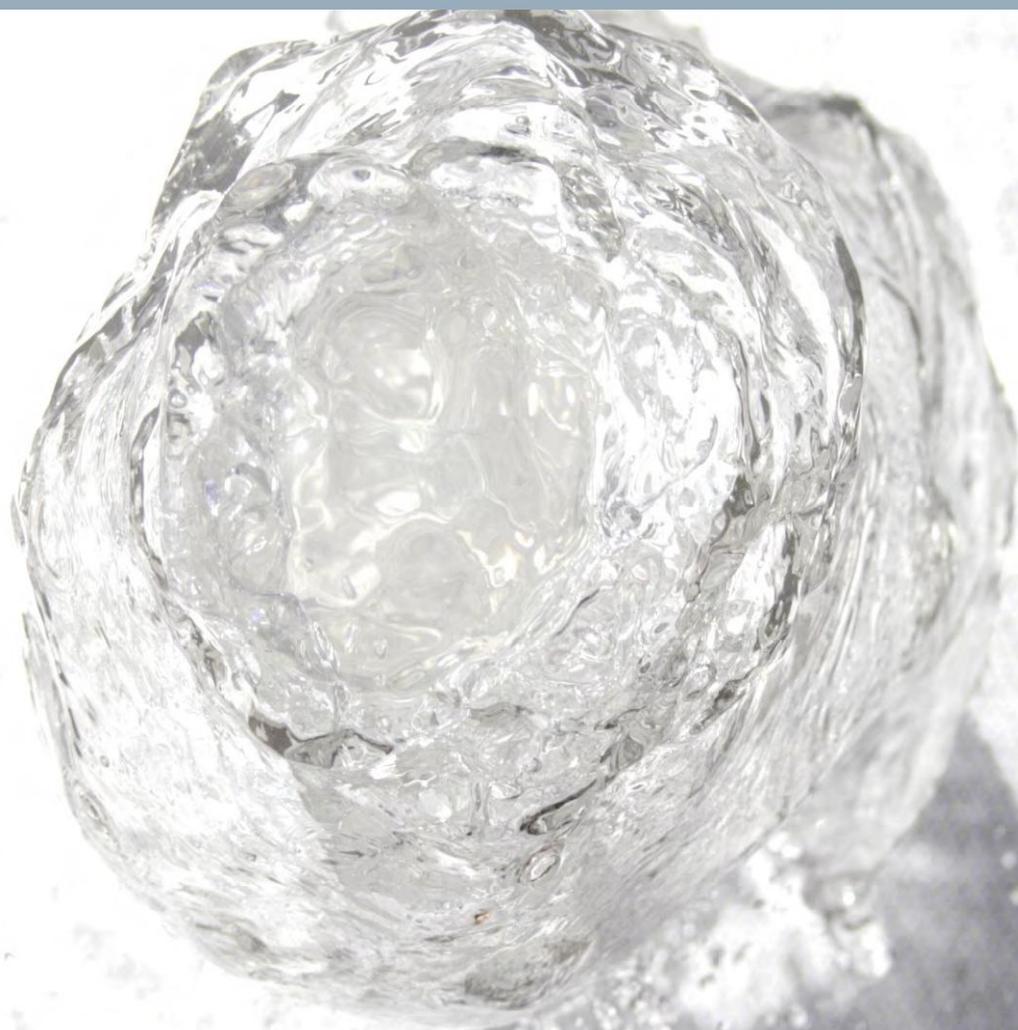
Como se ha explicado en el capítulo anterior los resultados obtenidos en estudios similares, llevados a cabo en otros países, son difícilmente comparables con los realizados en la Comunidad de Madrid.

Si bien los planteamientos de los estudios realizados en otros países pueden ser similares, lo primero que se advierte es que los consumos, tanto en los trabajos de Estados Unidos, como en el de Australia, son mucho más elevados que los que se han registrado en Madrid con el *Panel de Monitorización*.

La diferencia en los datos obtenidos puede deberse a muchos factores, algunas se pueden justificar por:

- 🔹 **Diferencias en el tipo de edificación**, en el estudio que aquí se presenta, cerca del 87% de las viviendas son pisos, mientras que en otros países son mucho más abundantes las viviendas unifamiliares, con jardín o patio.
- 🔹 **Diferencias en los volúmenes de agua en dispositivos como las Cisternas**, en otros países las cisternas tienen volúmenes de descarga mayores, y en el caso de *Lavadoras*, son dispositivos que consumen más agua por ciclo de lavado.
- 🔹 **Diferencias en los hábitos de uso eficiente de agua** y en la concienciación de los usuarios con la conservación del agua.
- 🔹 **Diferentes periodos anuales en la realización de los estudios**. En los estudios llevados a cabo en Estados Unidos y en Australia las monitorizaciones de las viviendas se hicieron en periodos cortos de tiempo, como máximo 4 semanas, en este sentido tanto la época del año, como las condiciones meteorológicas, e incluso la modificación de los hábitos de consumo por el hecho de estar siendo monitorizado pueden tener una influencia importante en los resultados.

ANEXOS



## **ANEXO 1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

**Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera Jr E., Cubillo F., Duarte, P., Hirner W., Merkel W., Paena, R. (2006).**  
Performance Indicators for Water Supply Services. London, International Water Association Publishing.

**Cordell, D. J., Robinson, J. E., Loh, M.T.Y. (2003).**  
Collecting Residential End Use Data from Primary Sources: Do's and Dont's, Tenerife: Efficient Conference.

**Cubillo, F., Ibáñez, J. C., Fernández, F. J. (2001).**  
Estudio de la demanda de agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid. Madrid.  
Fundación Canal de Isabel II.

**Cubillo, F., Moreno, T., Ortega, S. (2008).**  
Cuadernos de I+D+i, Nº 4. Madrid, Canal de Isabel II.  
Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid.

**Cubillo, F., Díaz, I., Flores, J. (2010).**  
Cuadernos de I+D+i, Nº 8. Madrid. Canal de Isabel II.  
Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid.

**DeOreo, W. B., Heaney, J. P., Mayer P. W. (1996).**  
Flow trace analysis to assess water use. Colorado: Journal American Water Works Association.

**DeOreo, W. B., Martien, L., Mayer P. W., Hayden, M., Funk, A., Kramer-Duffield, M., Davis, R. (2011).**  
California single-family water use efficiency study.  
Colorado: Aquacraft Inc. Water Engineering and Management.

**DeOreo, W. B. (2011). Report on in-home water use patterns in single family homes from Jordan.**  
Colorado: Aquacraft Inc. Water Engineering and Management.

**Fernández, M. y Sainctavit, L. (2009).**  
Cuadernos de I+D+i, Nº 6. Madrid. Canal de Isabel II.  
Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior en la Comunidad de Madrid.

**Gan, K., Redhead, M., Smart Water Fund. (2013).**  
Melbourne Residential Water Use Studies.  
Recuperado de: <http://www.yvw.com.au/yvw/groups/public/documents/document/yvw1004065.pdf> .

**Ibáñez, J. C., Martínez, V., Pérez, D. (2009).**  
Cuadernos de I+D+i, Nº 7. Madrid. Canal de Isabel II.  
Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas

**Jaroslav P.S. (1999).**  
New Synthesis of Bayesian Network Classifiers and Cardiac SPECT Image Interpretation.  
Toledo.The University of Toledo.

**Kowalski, M. and Marshallsay, D. (2003).**

Using Measured Microcomponent data to model the impact of water conservation strategies on the diurnal consumption profile. Santiago de Chile. Efficient Conference.

**Loh, M. y Coghlan, P. (2003).**

Domestic Water Use Study in Perth, Western Australia 1998-2001.

Recuperado de: <http://www.water.wa.gov.au/PublicationStore/first/42338.pdf> .

**Mayer, P. W., DeOreo, W. B., Opitz, E. M., Kiefer, J. C., Davis, W., Dziegielewski, B., Nelson, J. O. (1999).**

Residential End Uses of Water. EEUU. American Water Works Association Research Foundation.

**Mayer, P. W., DeOreo, W. B., Lewis, D. M. (2000).**

Seattle Home Water Conservation Study: The impacts of high efficiency plumbing fixture retrofits in single-family homes. Colorado: Seattle Public Utilities, the United States Environmental Protection Agency.

**Mayer, P. W., DeOreo W. B., Towler, E., Lewis, D. M. (2003).**

Residential Indoor Water Conservation Study: Evaluation of High Efficiency Indoor Plumbing Fixture Retrofits in Single-Family Homes in the EBMUD Area.

Colorado. East Bay Municipal Utility District. The United States Environmental Protection Agency.

**Mayer, P.W., DeOreo W. B., Towler, E., Martien, L., Lewis, D. M. (2004).**

Tampa Water Department Residential Water Conservation Study: The impacts of high efficiency plumbing fixture retrofits in single-family homes.

Colorado. Tampa Water Department, The United States Environmental Protection Agency.

**Roberts, P. (2005).**

2004 Residential End Use Measurement Study. Victoria: Demand Forecasting Section, Yarra Valley Water.

**Victorian Smart Water Fund (2006).**

Evaluation of Innovative End-Use Measurement Techniques Project.

**Victorian Smart Water Fund (2008).**

Residential End-Use Measurement Guidebook. A guide to study design, sampling and technology.

**Water Corporation.**

Perth Residential Water Use Study 2008/2009.

Recuperado de: <http://www.water.wa.gov.au/PublicationStore/first/98576.pdf>

**Yurina, O., Masahiro, O., Toshiya, A., Osamu, S. (2003).**

Residential Water Demand Analysis by Household Activities. Tenerife: Efficient Conference.

**ANEXO 2. ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
1	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA DOTACIÓN DE AGUA DERIVADA POR HABITANTE	13
2	DOTACIÓN POR HABITANTE DE AGUA DERIVADA Y FACTURADA 1987-2016	14
3	CONSUMO FACTURADO POR SECTORES ECONÓMICOS EN 2016	15
4	EVOLUCIÓN EN DOTACIÓN POR VIVIENDA (PLURIFAMILIARES Y UNIFAMILIARES) 1991-2016	17
5	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DOTACIONES EN VIVIENDAS PLURIFAMILIARES 2016	17
6	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DOTACIONES VIVIENDAS UNIFAMILIARES 2016	18
7	EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MENSUAL POR DÍAS NATURALES	23
8	CONSUMOS HORARIOS	25
9	DISTRIBUCIÓN HORARIA DEL CONSUMO POR TIPO DE DÍA	25
10	DISTRIBUCIÓN HORARIA DEL CONSUMO POR TIPO DE VIVIENDA	26
11	MODELIZACIÓN DEL CONSUMO SEGÚN LA OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA	26
12	HISTOGRAMA GENERAL DE CAUDALES	27
13	DISTRIBUCIÓN DE USOS SEGÚN TIPO, VIVIENDA UNIFAMILIAR O PLURIFAMILIAR	29
14	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL AGUA SUMINISTRADA Y POBLACIÓN ABASTECIDA	37
15	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA DOTACIÓN DE AGUA DERIVADA POR HABITANTE	38
16	DOTACIÓN DE AGUA DERIVADA POR HABITANTE 1987-2016	39
17	AGUA DERIVADA MENSUAL 1991-2016 Y 2012-2016	40
18	CAUDALES MEDIOS Y CAUDALES PUNTA DE SUMINISTRO TOTAL 1995 - 2017	41
19	CAUDALES PUNTA EN RELACIÓN CON LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS	41
20	SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN. CLASIFICACIÓN POR NÚMERO PROPIEDADES	42
21	COEFICIENTE PUNTA EN SECTORES VERSUS NÚMERO DE PROPIEDADES	43
22	DOTACIONES DE AGUA DERIVADA Y FACTURADA 1987-2016, POR HABITANTE	44
23	COMPARACIÓN DEL CONSUMO FACTURADO POR SECTORES ECONÓMICOS, 2016 - 1992	45
24	EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ANUAL FACTURADO POR SECTORES ECONÓMICOS, 1992-2016	46

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>página</i>
25	EVOLUCIÓN DEL CONSUMO UNITARIO POR TIPO DE USO 1992-2016	47
26	ZONIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LA COMUNIDAD DE MADRID	48
27	CONSUMOS UNITARIOS POR PROPIEDAD EN LAS ZONAS ESTADÍSTICAS 1991-2016	49
28	CONSUMOS UNITARIOS EN USOS INDUSTRIALES EN LAS ZONAS ESTADÍSTICAS 1991-2016	50
29	CONSUMOS UNITARIOS EN USOS COMERCIALES EN LAS ZONAS ESTADÍSTICAS 1991-2016	50
30	CONSUMOS UNITARIOS EN USOS DOMÉSTICOS EN LAS ZONAS ESTADÍSTICAS 1991-2016	51
31	EVOLUCIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA EN CANAL DE ISABEL II, PERIODO 2001-2016	54
32	ORTOIMAGEN SATELITAL ZONA URBANA RESIDENCIAL	57
33	CLASIFICACIÓN ZONAS CON USOS DE EXTERIOR	57
34	EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE ZONAS VERDES	58
35	EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE PISCINAS	59
36	EVOLUCIÓN DE LAS DOTACIONES POR VIVIENDA EN PLURIFAMILIAR Y UNIFAMILIAR 1991-2016	62
37	PROPORCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES 1991-2016	63
38	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS, DOTACIÓN EN VIVIENDA PLURIFAMILIAR, 2016	63
39	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS, DOTACIÓN EN VIVIENDA UNIFAMILIAR, 2016	64
40	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS, DOTACIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES PRINCIPALES, 2016	65
41	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS, DOTACIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y PLURIFAMILIARES, 2016	65
42	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DOTACIONES DOMÉSTICAS POR MUNICIPIOS AÑO 2016	66
43	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DOTACIONES DOMÉSTICAS POR MUNICIPIOS PERIODO 2007-2016	66
44	DOTACIONES VIVIENDAS PLURIFAMILIARES, POR ZONAS, 1991-2016	67
45	DOTACIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, POR ZONAS, 1991-2016	68
46	ESTACIONALIDAD DE LAS DOTACIONES EN VIVIENDA PLURIFAMILIAR, PERIODO 2007-2016	69
47	ESTACIONALIDAD DE LAS DOTACIONES EN VIVIENDA PLURIFAMILIAR, POR ZONAS, EN 2016	70
48	ESTACIONALIDAD DE LAS DOTACIONES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR, PERIODO 2007-2016	71
49	ESTACIONALIDAD DE LAS DOTACIONES EN VIVIENDA UNIFAMILIAR, POR ZONAS, EN 2016	71
50	FACTOR DE ESTACIONALIDAD EN RELACIÓN CON LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DE VERANO	72
51	DOTACIONES EN USOS DOMÉSTICOS EN RELACIÓN CON LA RENTA DISPONIBLE 2000-2014	73

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>página</i>
52	RENDA DISPONIBLE EN LOS HOGARES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS, PERIODO 2000-2014	74
53	RENDA DISPONIBLE EN LOS HOGARES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS, PERIODO 2000-2014	74
54	DOTACIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, POR MUNICIPIOS, EN RELACIÓN CON LA RENTA DISPONIBLE EN 2014	75
55	TAMAÑO DE HOGAR VIVIENDAS PRINCIPALES POR ZONAS 2007-2016	76
56	DOTACIONES EN VIVIENDAS PLURIFAMILIARES, POR MUNICIPIOS, EN RELACIÓN CON EL TAMAÑO MEDIO DE HOGAR PARA 2016	77
57	PORCENTAJE DE VIVIENDAS NO PRINCIPALES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS, EN 2011	78
58	DOTACIÓN DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES POR MUNICIPIOS, EN RELACIÓN CON EL PORCENTAJE DE VIVIENDAS NO PRINCIPALES, EN 2016	78
59	SUPERFICIE MEDIA DE LAS VIVIENDAS POR ZONAS ESTADÍSTICAS, CATASTRO 2015	79
60	DOTACIÓN VIVIENDAS UNIFAMILIARES 2016 POR MUNICIPIOS EN RELACIÓN CON LA SUPERFICIE MEDIA DE LAS VIVIENDAS	80
61	SUPERFICIE MEDIA DE ZONAS VERDES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS	81
62	SUPERFICIE MEDIA DE PISCINA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, POR ZONAS ESTADÍSTICAS	81
63	DOTACIÓN VIVIENDAS UNIFAMILIARES 2016 POR MUNICIPIOS EN RELACIÓN CON LA SUPERFICIE MEDIA DE PISCINAS	82
64	EVOLUCIÓN DEL PRECIO MEDIO Y PRECIO MARGINAL (BLOQUE 3ª), DEL AGUA EN CONSUMOS DOMÉSTICOS	84
65	INCREMENTO DE CONSUMO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES PERIODO JULIO 2009 – 2010, SEGÚN SU FACTURACIÓN EN TERCER BLOQUE	85
66	CORRELACIÓN ENTRE LAS DOTACIONES DE VERANO, MEDIDA Y CALCULADA, EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES	87
67	DIAGRAMA DE PROCESO PARA MONITORIZACIÓN DE USOS FINALES	89
68	EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA MUESTRA	90
69	PERMANENCIA DE USUARIOS EN EL PANEL DE MONITORIZACIÓN POR RANGOS	91
70	ACUMULADO DE PERMANENCIA DE USUARIOS EN EL PANEL DE MONITORIZACIÓN	91
71	DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR MUNICIPIOS. COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID	92
72	DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA, POR DISTRITOS POSTALES, DEL MUNICIPIO DE MADRID	93
73	ESTRATIFICACIÓN POR TIPO DE VIVIENDA	94
74	ESTRATIFICACIÓN POR TAMAÑO DE VIVIENDA M <sup>2</sup>	95

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>página</i>
75	ESTRATIFICACIÓN POR OCUPACIÓN DE VIVIENDA	96
76	ESTRATIFICACIÓN POR OCUPACIÓN DE VIVIENDA ANUALMENTE	97
77	DOTACIONES ANUALES DE LA MJESTRA DEL PANEL DE MONITORIZACIÓN Y COMUNIDAD DE MADRID	98
78	CONTADORES DE PRECISIÓN CLASE C	101
79	CONTADORES DE PRECISIÓN CLASE D	102
80	EMISORES DE PULSOS INSTALADOS	103
81	ESTACIÓN REMOTA DE CONTROL. DERECHA (DENTRO DE CAJA PROTECTORA IP 68)	104
82	ETIQUETA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES REMOTAS	104
83	CONTADOR PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE AGUA EN EL DOMICILIO (IZQUIERDA). ESTACIÓN REMOTA PARA REGISTRO Y TRANSMISIÓN DE DATOS (DERECHA DE LA FIGURA)	105
84	FASES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS DATOS	105
85	MÉTODO DE ADQUISICIÓN DE DATOS	106
86	EVENTOS DE CONSUMO	107
87	EJEMPLO DE ASIGNACIÓN MANUAL DE USOS MEDIANTE EL SOFTWARE TRACE WIZARD	108
88	EJEMPLO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CONSUMO	108
89	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL VOLUMEN DE EVENTOS EN DISTINTOS DISPOSITIVOS	109
90	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA DURACIÓN DE EVENTOS EN DISTINTOS DISPOSITIVOS	110
91	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL CAUDAL MÁXIMO DE EVENTOS EN DISTINTOS DISPOSITIVOS	110
92	MÉTODO DE ASIGNACIÓN DE USOS FINALES	111
93	CUESTIONARIO DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN	112
94	FICHA DE CALIBRACIÓN EN LAS VIVIENDAS	113
95	EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MENSUAL POR DIAS NATURALES	116
96	EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MENSUAL POR VIVIENDA	117
97	EVOLUCIÓN DEL PROMEDIO ANUAL DEL CONSUMO	118
98	AUSENCIA MENSUALES DEL CONSUMO DURANTE EL ESTUDIO	118
99	VARIACIONES INTERANUALES DEL CONSUMO POR MES (VIVIENDAS Y DÍAS REALES)	119
100	CONSUMOS HORARIOS	120
101	CONSUMOS HORARIOS DE VERANO - INVIERNO	121

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>página</i>
102	CONSUMOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE DÍA	122
103	VARIACIÓN DE CONSUMO MENSUAL POR TIPO DE DÍA	123
104	CONSUMOS ANUALES EN FESTIVOS Y LABORABLES	124
105	VARIACIÓN DE CONSUMO MENSUAL POR TIPO DE DÍA	124
106	DIFERENCIAS ESTACIONALES EN LA MODULACIÓN HORARIA – DÍAS LABORABLES	125
107	DIFERENCIAS ESTACIONALES EN LA MODULACIÓN HORARIA – DÍAS FESTIVOS	125
108	CONSUMO MENSUAL EN FUNCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA	126
109	CONSUMO ANUAL POR TIPO DE VIVIENDA	127
110	DIFERENCIAS EN LA MODULACIÓN HORARIA SEGÚN EL TIPO DE VIVIENDA	128
111	DIFERENCIAS ESTACIONALES EN LA MODULACIÓN HORARIA SEGÚN EL TIPO DE VIVIENDA	128
112	PROMEDIOS DE CONSUMO SEGÚN LA OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA	129
113	PROMEDIOS DE CONSUMO SEGÚN LA OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA	130
114	CONSUMO ANUAL EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN (POR VIVIENDA)	130
115	CONSUMO MENSUAL EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN (POR VIVIENDA)	131
116	EVOLUCIÓN DEL CONSUMO MENSUAL POR HABITANTE EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN	131
117	CONSUMO ANUAL POR HABITANTE SEGÚN LA OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA	132
118	CONSUMO MEDIO ANUAL POR HABITANTE EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN	132
119	CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO, POR HORAS Y TIPO DE DÍA	133
120	CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO, POR HORAS Y TIPO DE VIVIENDA	134
121	CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO MENSUAL, POR TIPO DE DÍA	134
122	CONSUMO NOCTURNO PROMEDIO MENSUAL, POR TIPO DE VIVIENDA	135
123	REGRESIÓN DIFERENCIA % FESTIVOS Y NO FESTIVOS CON HORAS DE INSOLACIÓN	138
124	REGRESIÓN DIFERENCIA UNIFAMILIAR Y PLURIFAMILIAR CON TEMPERATURA	137
125	REGRESIÓN DEL CONSUMO UNIFAMILIAR CON TEMPERATURA NORMALIZADA	137
126	REGRESIÓN DIFERENCIA % FESTIVOS Y NO FESTIVOS CON HORAS DE INSOLACIÓN	138
127	REGRESIÓN DIFERENCIA UNIFAMILIAR Y PLURIFAMILIAR CON TEMPERATURA	139
128	CONSUMO DURANTE LA HUELGA GENERAL 29-9-2010	140
129	CONSUMO DURANTE LA FINAL DEL MUNDIAL DE FÚTBOL DE SUDÁFRICA 2010	141

<i>Figura</i>	<i>Título</i>	<i>página</i>
130	INFLUENCIA METEOROLÓGICA EN LOS CONSUMOS DE SEMANA SANTA	143
131	COMPARACIÓN DEL CONSUMO EN SEMANA SANTA RESPECTO A LA SEMANA PRECEDENTE	143
132	CONSUMO COMPARADO POR DÍAS EN SEMANA SANTA	144
133	CONSUMO COMPARADO EN LAS DISTINTAS CELEBRACIONES DE SEMANA SANTA	144
134	HISTOGRAMA GENERAL DE CAUDALES	145
135	HISTOGRAMA DE CONSUMO ACUMULADO	146
136	HISTOGRAMA DE CAUDALES POR AÑOS	147
137	HISTOGRAMA DE CAUDALES POR CLASE DE CONTADOR	148
138	DISTRIBUCIÓN DE USOS DE AGUA EN EL PANEL DE MONITORIZACIÓN 2008 – 2016	149
139	HISTOGRAMA. CARACTERÍSTICAS EVENTOS DE DUCHAS	150
140	HISTOGRAMA CARACTERÍSTICAS EVENTOS: CISTERNAS	151
141	HISTOGRAMA CARACTERÍSTICAS EVENTOS: LAVADORAS	151
142	HISTOGRAMA CARACTERÍSTICAS EVENTOS: GRIFOS	152
143	USOS PROMEDIO A LO LARGO DEL ESTUDIO (LITROS POR VIVIENDA Y DÍA)	153
144	EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE CADA USOS DURANTE EL ESTUDIO	153
145	EVOLUCIÓN DE LOS PORCENTAJES DE CADA USO DURANTE EL ESTUDIO	154
146	VOLÚMENES PROMEDIO ANUAL DE LOS DISTINTOS USOS	155
147	PROMEDIOS MENSUALES DE LOS DISTINTOS USOS	155
148	PORCENTAJE MENSUAL DE USOS	156
149	DISTRIBUCIÓN DE USOS SEGÚN EL TIPO DE VIVIENDA (PLURIFAMILIAR/UNIFAMILIAR)	156
150	PROMEDIOS ANUALES DE BAÑOS Y DUCHAS	157
151	USO DE BAÑOS Y DUCHAS POR TIPO DE VIVIENDA	158
152	MODULACIÓN HORARIA DE BAÑOS Y DUCHAS	158
153	DIFERENCIAS ESTACIONALES DE BAÑOS Y DUCHAS	159
154	PROMEDIOS ANUALES DE LAVADORA	160
155	USO DE LAVADORA POR TIPO DE VIVIENDA	160
156	MODULACIÓN HORARIA DE LAVADORA	161

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>página</b>
157	DIFERENCIAS ESTACIONALES PARA LAVADORA	161
158	RELACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES CON EL USO DE LA LAVADORA	162
159	PROMEDIOS ANUALES DE LAVAVAJILLAS	163
160	USO DEL LAVAVAJILLAS POR TIPO DE VIVIENDA	163
161	MODULACIÓN HORARIA DE LAVAVAJILLAS	164
162	DIFERENCIAS ESTACIONALES PARA EL LAVAVAJILLAS	164
163	PROMEDIOS ANUALES DE RIEGO	165
164	USO DE RIEGO POR TIPO DE VIVIENDA	166
165	MODULACIÓN HORARIA DEL RIEGO	167
166	DIFERENCIA ESTACIONALES PARA EL USO DEL RIEGO	167
167	DIFERENCIA ESTACIONALES PARA EL USO DEL RIEGO	168
168	RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y RIEGO	168
169	REUW - DISTRIBUCIÓN DE USOS	171
170	RIWCS - DISTRIBUCIÓN DE USOS (PROMEDIO DE LAS TRES LOCALIZACIONES DEL ESTUDIO)	172
171	REUMS - DISTRIBUCIÓN DE USOS	174
172	CANAL DE ISABEL II 2003-2006. DISTRIBUCIÓN DE USOS EN VIVIENDAS PLURIFAMILIARES Y UNIFAMILIARES	176
173	COMPARACIÓN DE USOS FINALES EN JORDANIA Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	179
174	HISTOGRAMA DE CONSUMO EN HOGARES JORDANOS	179

**ANEXO 3. ÍNDICE DE TABLAS**

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
1	DOTACIONES ANUALES 2007–2016 POR MUNICIPIOS (LITROS/PROPIEDAD DÍA)	16
2	DOTACIONES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y PLURIFAMILIARES, PERIODO 2007– 2016 (LITROS/VIVIENDA Y DÍA)	19
3	CUADERNOS DE I+D+I SOBRE DEMANDA DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE MADRID	33
4	CONSUMOS UNITARIOS (LITROS/PROPIEDAD DÍA) POR USOS Y ZONAS ESTADÍSTICAS. PROMEDIO 2007-2016	51
5	CONSUMOS UNITARIOS (LITROS/PROPIEDAD DÍA) POR USOS Y ZONAS ESTADÍSTICAS, 2016	52
6	ESTADÍSTICA DOTACIONES ANUALES 2007–2016, POR ZONAS GEOGRÁFICAS (LITROS/PROPIEDAD DÍA)	52
7	ESTADÍSTICA DOTACIONES ANUALES 2007–2016, POR MUNICIPIO (LITROS/PROPIEDAD DÍA)	53
8	DEMANDA EN ZONAS VERDES 2006-2014	58
9	DEMANDA ANUAL DE PISCINAS (HM <sup>3</sup> )	59
10	DOTACIONES DIARIAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y PLURIFAMILIARES 2007–2016	67
11	DOTACIONES DOMÉSTICAS POR ZONAS ESTADÍSTICAS, PERÍODO 2007–2016	68
12	DOTACIONES DOMÉSTICAS POR ZONAS ESTADÍSTICAS, AÑO 2016	69
13	CLASIFICACIÓN DE VIVIENDAS, SEGÚN EL NÚMERO DE BIMESTRES EN EL BLOQUE DE FACTURACIÓN	83
14	CLASIFICACIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES, SEGÚN EL NÚMERO DE BIMESTRES EN EL BLOQUE DE FACTURACIÓN	83
15	ESTRATIFICACIÓN POR TIPO DE VIVIENDA, UNIFAMILIAR O PLURIFAMILIAR	94
16	ESTRATIFICACIÓN POR TAMAÑO DE VIVIENDA M <sup>2</sup>	94
17	COMPARACIÓN DE OCUPACIÓN POR VIVIENDA, EN LA MUESTRA Y EN LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID	95
18	COMPARACIÓN DE OCUPACIÓN POR VIVIENDA, EN LA MUESTRA Y EN LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID	97
19	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTADOR VOLUMÉTRICO CLASE C	102
20	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTADOR VOLUMÉTRICO CLASE D	103
21	DATOS CLIMÁTICOS PARA LOS ANÁLISIS DE CONSUMO Y USOS	114
22	DISTRIBUCIÓN HORARIA DE CONSUMOS	120
23	CONSUMOS DE SEMANA SANTA	142
24	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTADOR VOLUMÉTRICO	147

<i>Tabla</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
25	DESCRIPCIÓN DE EVENTOS TIPO	150
26	PROMEDIO DE NÚMERO DE EVENTOS DIARIOS, POR VIVIENDA	152
27	RIWCS – DATOS DE DISTRIBUCIÓN DE USOS	172
28	DATOS DE DISTRIBUCIÓN DE USOS EN CANAL DE ISABEL II (2003-2006)	175
29	COMPARATIVA DE HISTOGRAMAS: IDARA - CANAL DE ISABEL II	179

# Canal de Isabel II



Santa Engracia, 125. 28003 Madrid

[www.canaldeisabelsegunda.es](http://www.canaldeisabelsegunda.es)