

**RADIOACTIVIDAD  
NATURAL EN AGUAS DE  
CONSUMO HUMANO**

**NATURAL RADIOACTIVITY  
IN WATER FOR HUMAN  
CONSUMPTION**



**LIFE ALCHEMIA**

**SEMINARIO ONLINE 17 JUNIO 2021  
ON-LINE SEMINAR 17 JUNE 2021**



DIPUTACIÓN DE ALMERÍA

# EXPERIENCIAS EN LA ELIMINACIÓN DE RADIOACTIVIDAD NATURAL EN PEQUEÑAS POBLACIONES: EL PROYECTO LIFEALCHEMIA

**Fco. Javier Martínez Rodríguez**

Área de Fomento, Medio Ambiente y Agua. Diputación de Almería

[fmartinr@dipalme.org](mailto:fmartinr@dipalme.org)

**Isabel María Rodríguez Ruano**

CIESOL. Universidad de Almería

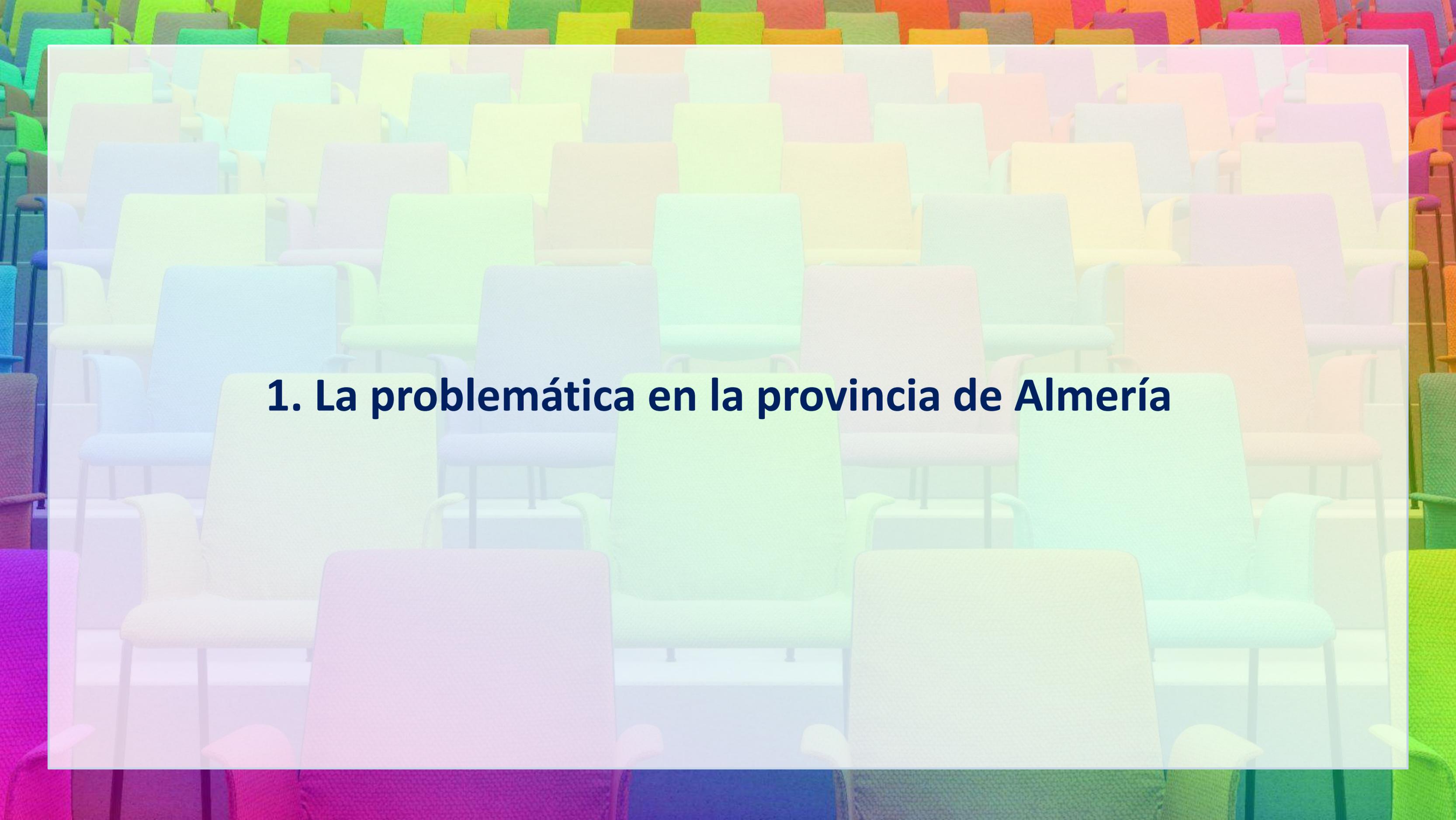
[imrodriguez@ual.es](mailto:imrodriguez@ual.es)



**Hablaremos de:**

- 1. La problemática en la provincia de Almería**
- 2. Control de la radioactividad en las aguas de consumo humano**
- 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres**
- 4. El proyecto LIFEALCHEMIA**





# **1. La problemática en la provincia de Almería**



## CUMPLIMIENTO NORMATIVA AGUAS DE CONSUMO HUMANO

- RD 140/2003, aguas de consumo humano
- DIRECTIVA 2013/51, 22 de octubre. T28/11/15
- RD 314/2016, 29 julio, modifica RD 140/2003

Realización de estudios hidrogeológicos en 2003.

- Universidad de San Petersburgo
- Instituto Medioambiental de la Academia de Ciencias de Rusia

## EXISTEN PROBLEMAS POR RADIOACTIVIDAD NATURAL EN DIVERSOS MUNICIPIOS

- Riesgo para la salud
- Declaración aguas “no aptas para consumo”
- Abastecimiento mediante cubas de agua







Antes de 2010 se ejecutaron:



Plantas de filtración por ósmosis inversa. ETAP Alcudia de Monteagud



Antes de 2010 se ejecutaron:



+



Coagulación / floculación y decantador lamelar

Filtros multicapa en presión

Antigua ETAP Benizalón

Desde 2011 se sustituyeron todos los sistemas con decantador lamelar + filtros por ósmosis inversa.



ETAP Tahal

Se han continuado ejecutando potabilizadoras por ósmosis inversa como solución preferente.



ETAP Huécija

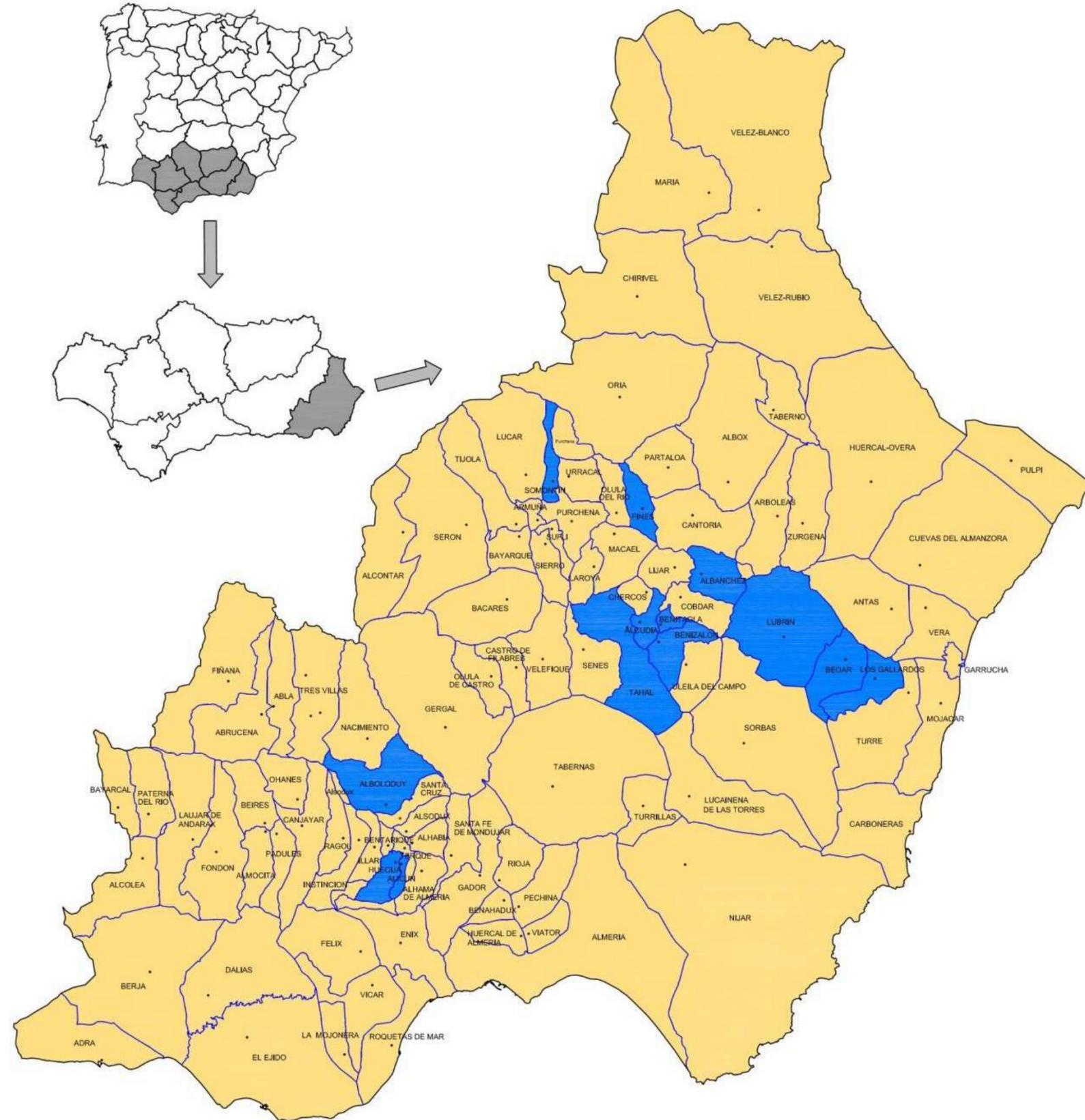
## ETAPs EN SERVICIO PARA LA ELIMINACIÓN DE RADIOACTIVIDAD

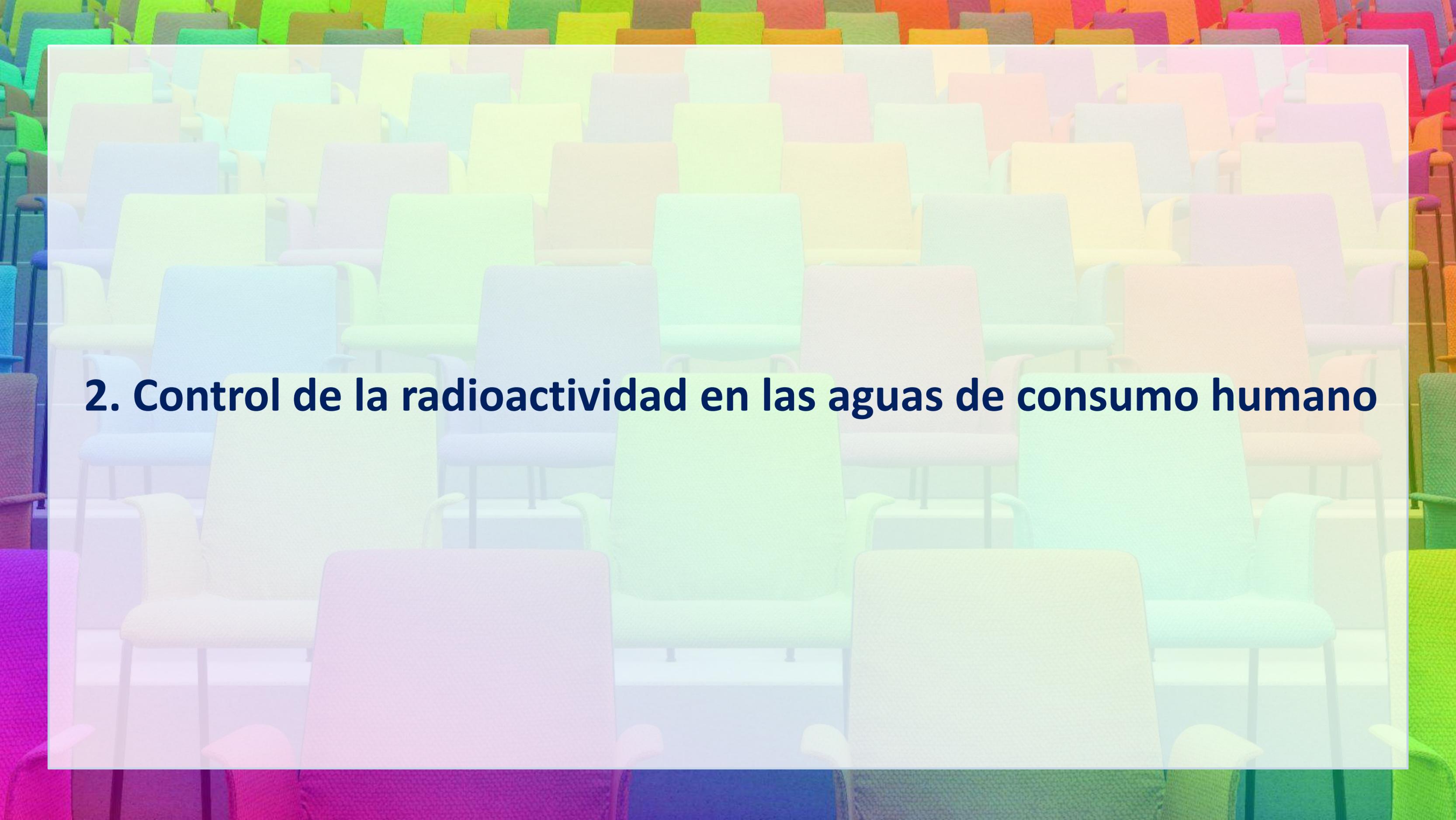
ETAP	T.M.	PUESTA SERVICIO	TIPO TRATAMIENTO ACTUAL	CAUDAL PRODUCCIÓN (m <sup>3</sup> /h)	VERTIDO RECHAZO
Alboloduy	Alboloduy	2009	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	6	Riego
Albanchez	Albanchez	2010	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	15	-
Alcudia Monteagud	Alcudia Monteagud	2010	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	4,5	Riego
Fines	Fines	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	38	Rambla o riego
Huécija	Huécija	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	36	Riego
Benitagla	Benitagla	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	5	Rambla o riego
Almocaizar	Los Gallardos	2012	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	1	Riego
Somontín	Somontín	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	11	Rambla
Benizalón	Benizalón	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	7,5	Saneam. o riego
Fuente La Higuera	Benizalón	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	2	Rambla o riego
Escúllar	Las Tres Villas	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	-	Rambla
Tahal	Tahal	2014	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	10	Saneamiento
Alicún	Alicún	2014	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	5	Riego
El Campico de Bédar	Lubrín	2016	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	1,4	Rambla o riego
Alboloduy	Alboloduy	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Benizalón	Benizalón	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Tahal	Tahal	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Lubrín	Lubrín	2020	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	15	Saneamiento



# 1. La problemática en Almería

SITUACIÓN ETAPs EN SERVICIO PARA LA ELIMINACIÓN DE RADIOACTIVIDAD

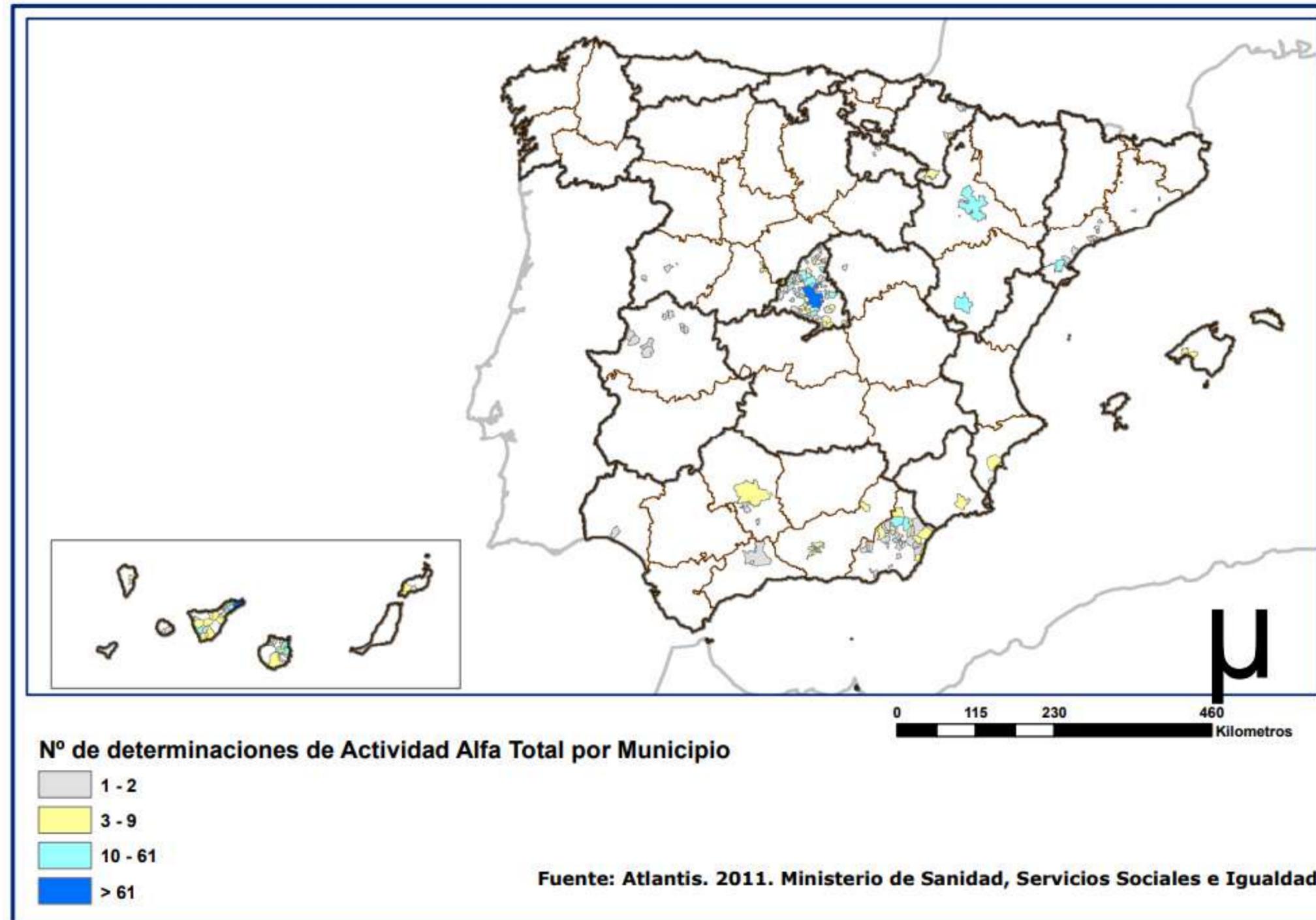




## **2. Control de la radioactividad en las aguas de consumo humano**

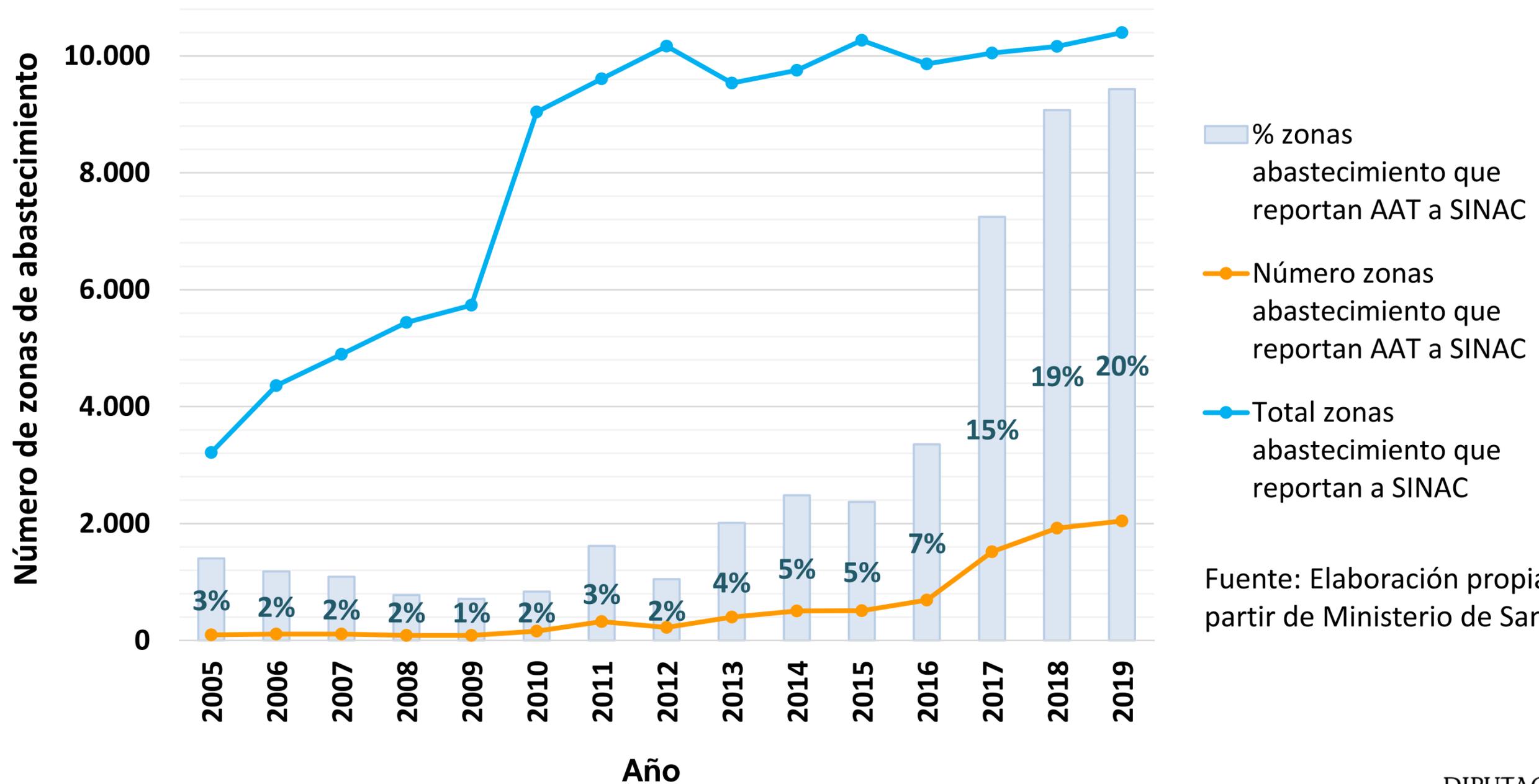


## NÚMERO DE ANÁLISIS DE ACTIVIDAD ALFA TOTAL POR MUNICIPIO EN 2011





## EVOLUCIÓN REPORTE DE ACTIVIDAD ALFA TOTAL (AAT) A SINAC ENTRE 2005 Y 2019

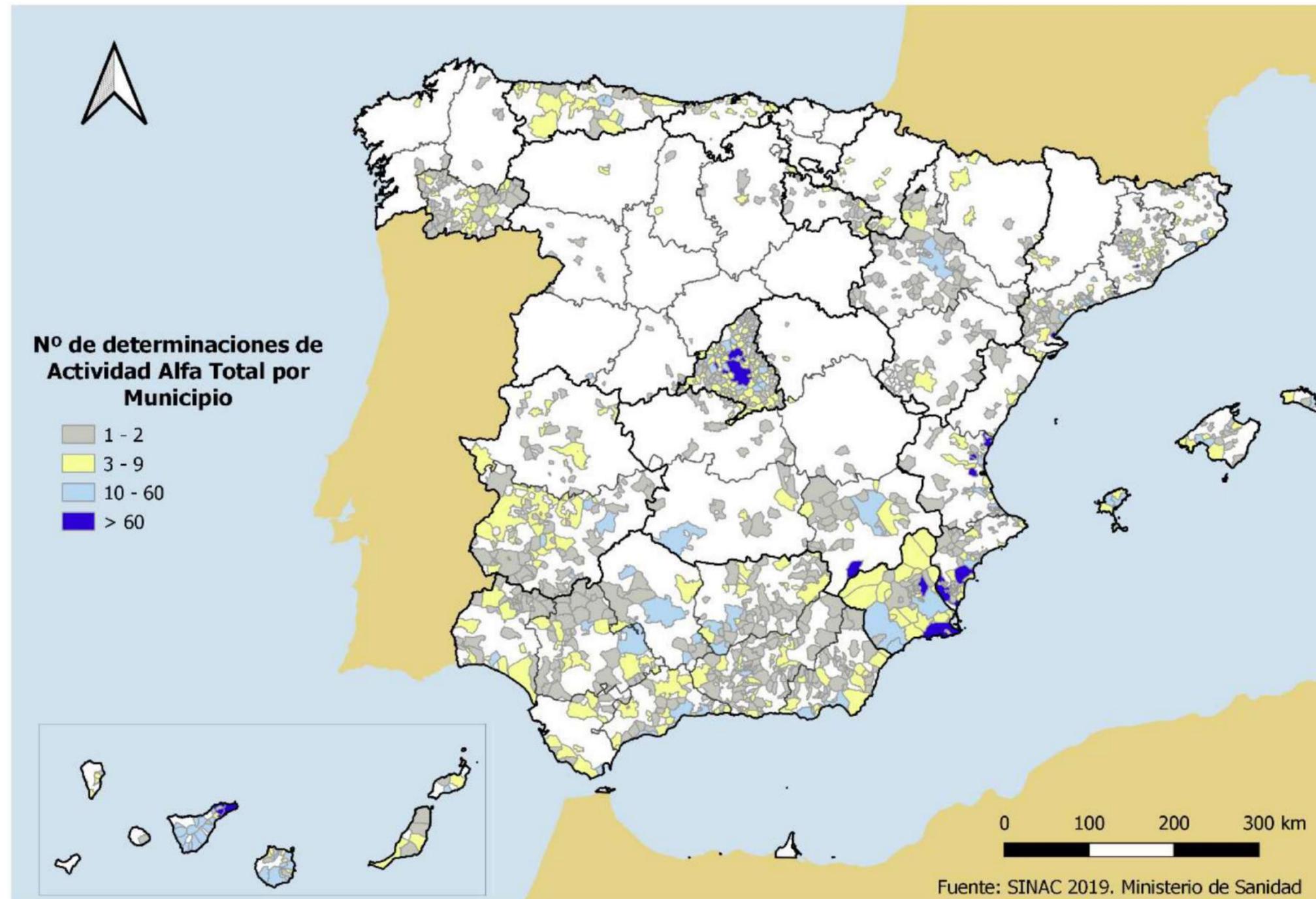


Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Sanidad



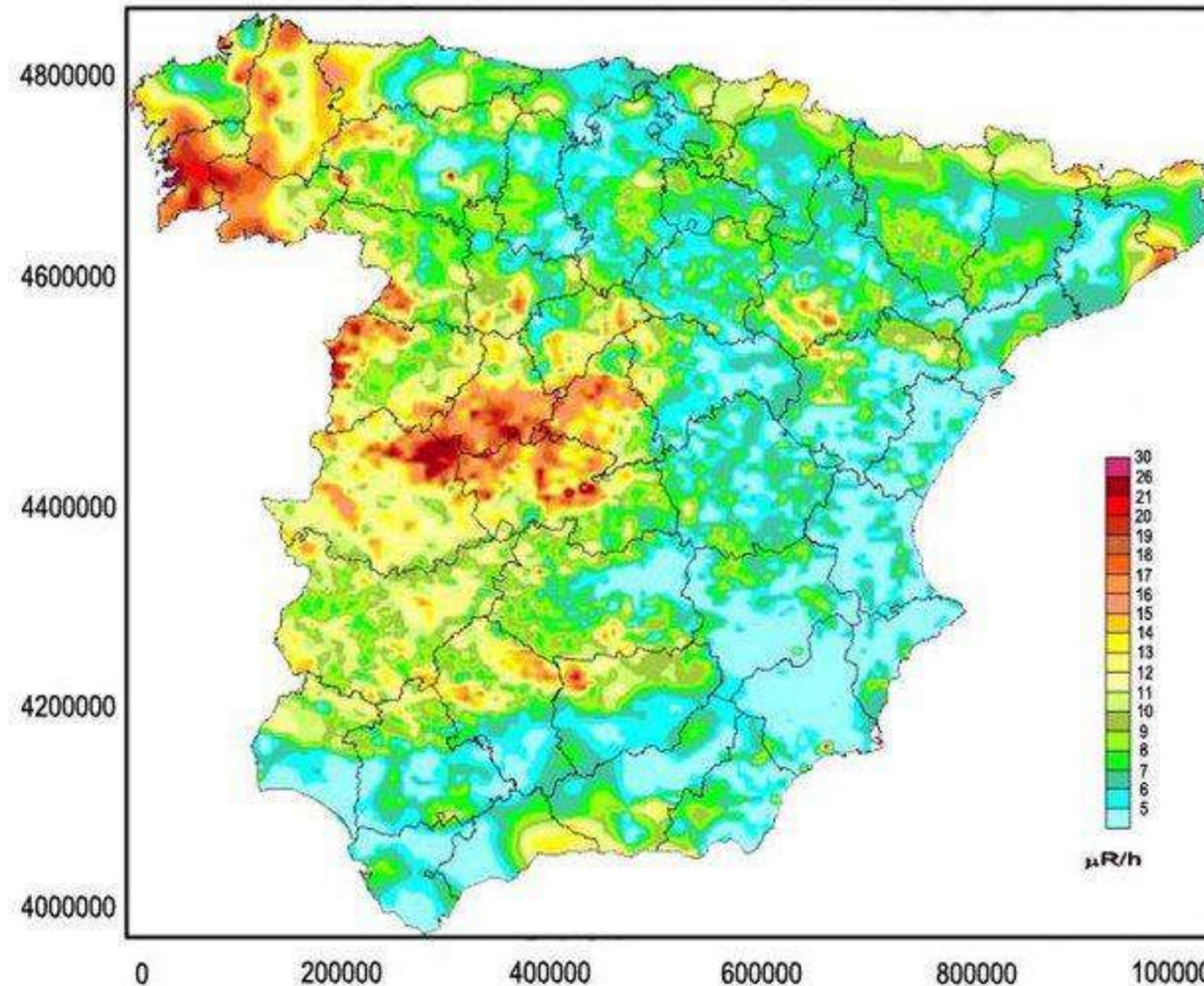


## NÚMERO DE ANÁLISIS DE ACTIVIDAD ALFA TOTAL POR MUNICIPIO EN 2019



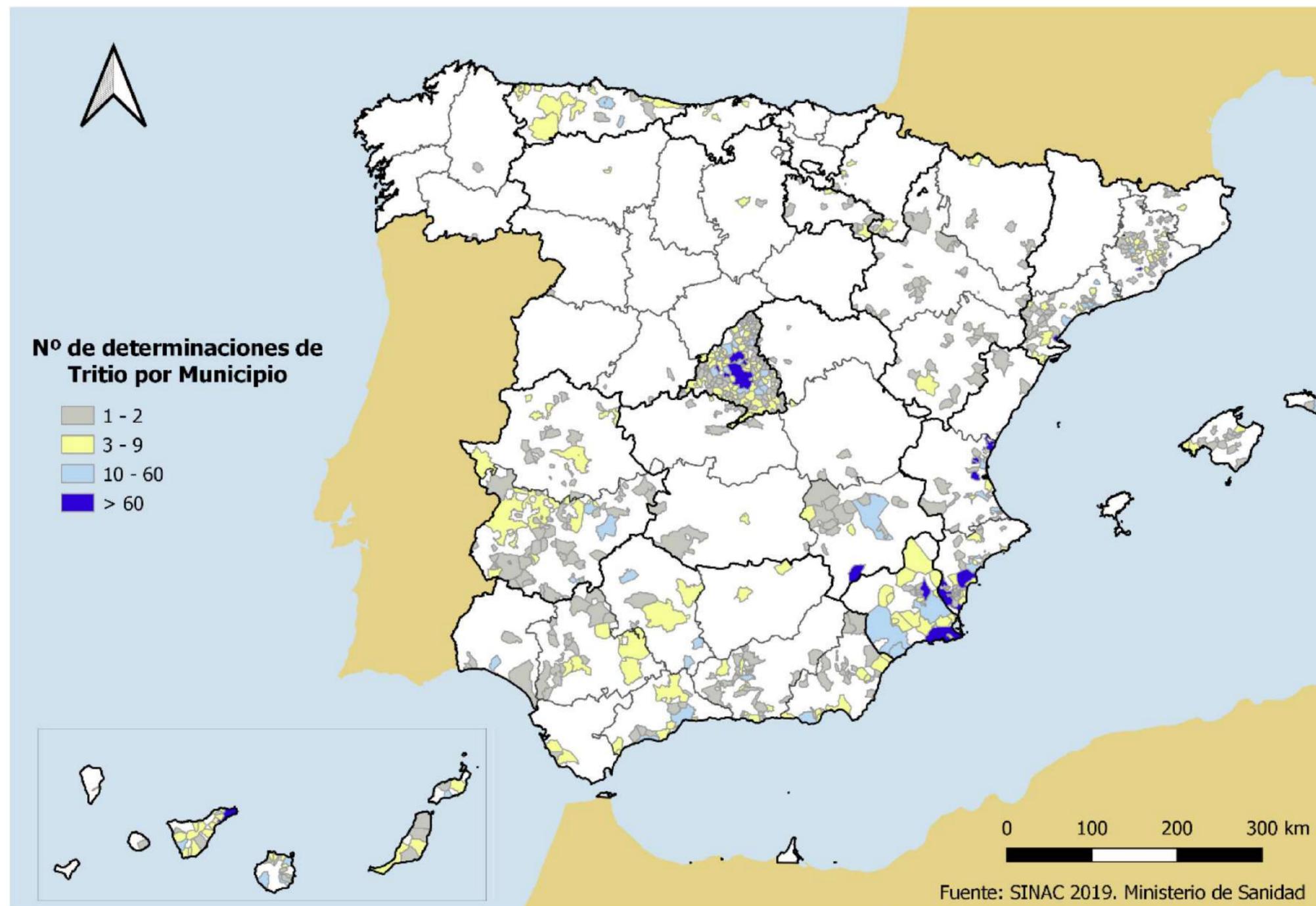


# TASA DE EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN GAMMA NATURAL. PROYECTO MARNA. MAPA DE RADIACIÓN GAMMA NATURAL. CSN COLECCIÓN INFORMES TÉCNICOS 5.2000



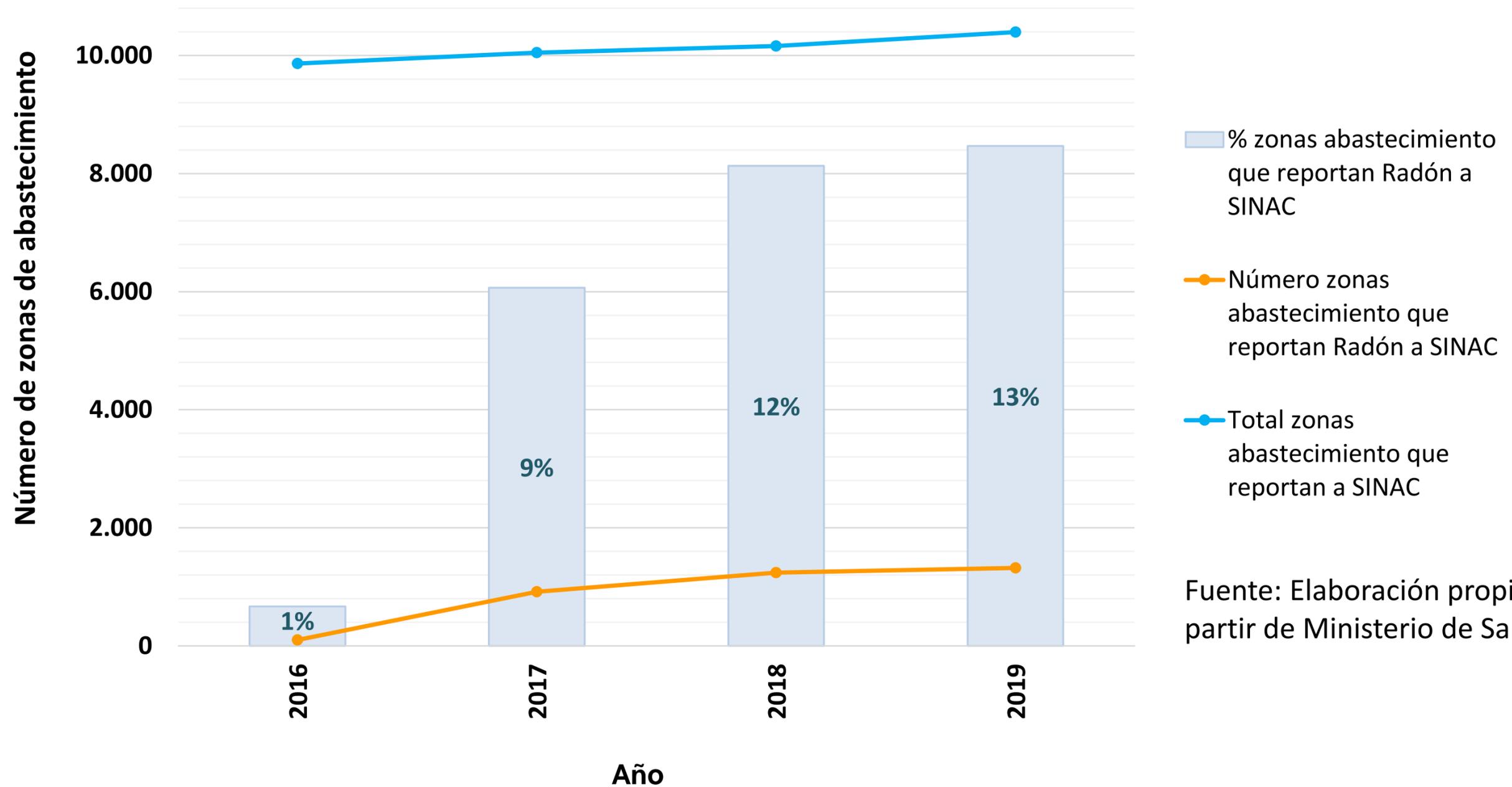


## NÚMERO DE ANÁLISIS DE DOSIS INDICATIVA TOTAL POR MUNICIPIO EN 2019





## EVOLUCIÓN REPORTE DEL RADÓN A SINAC ENTRE 2016 Y 2019

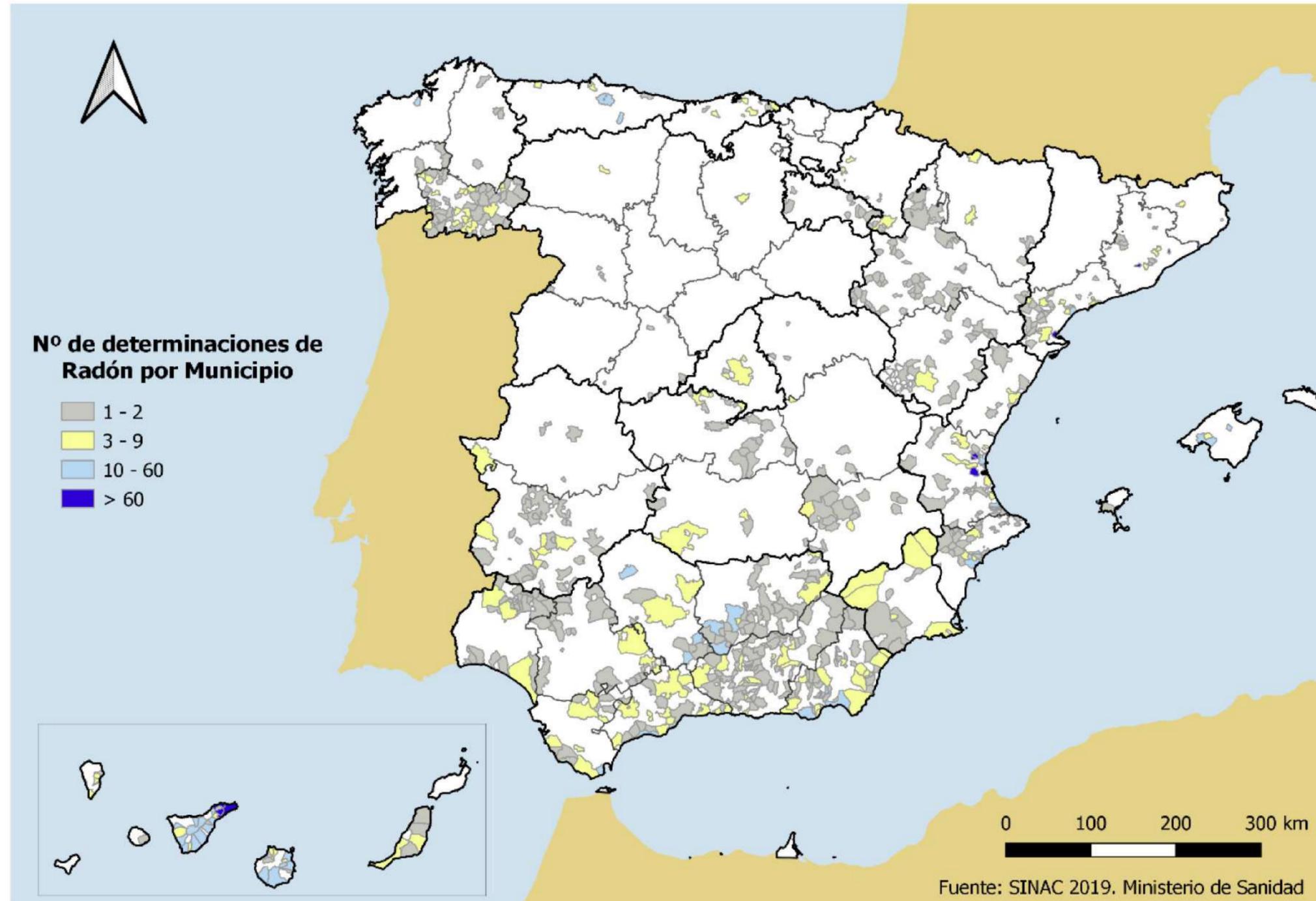


Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Sanidad





## NÚMERO DE ANÁLISIS DE RADÓN POR MUNICIPIO EN 2019



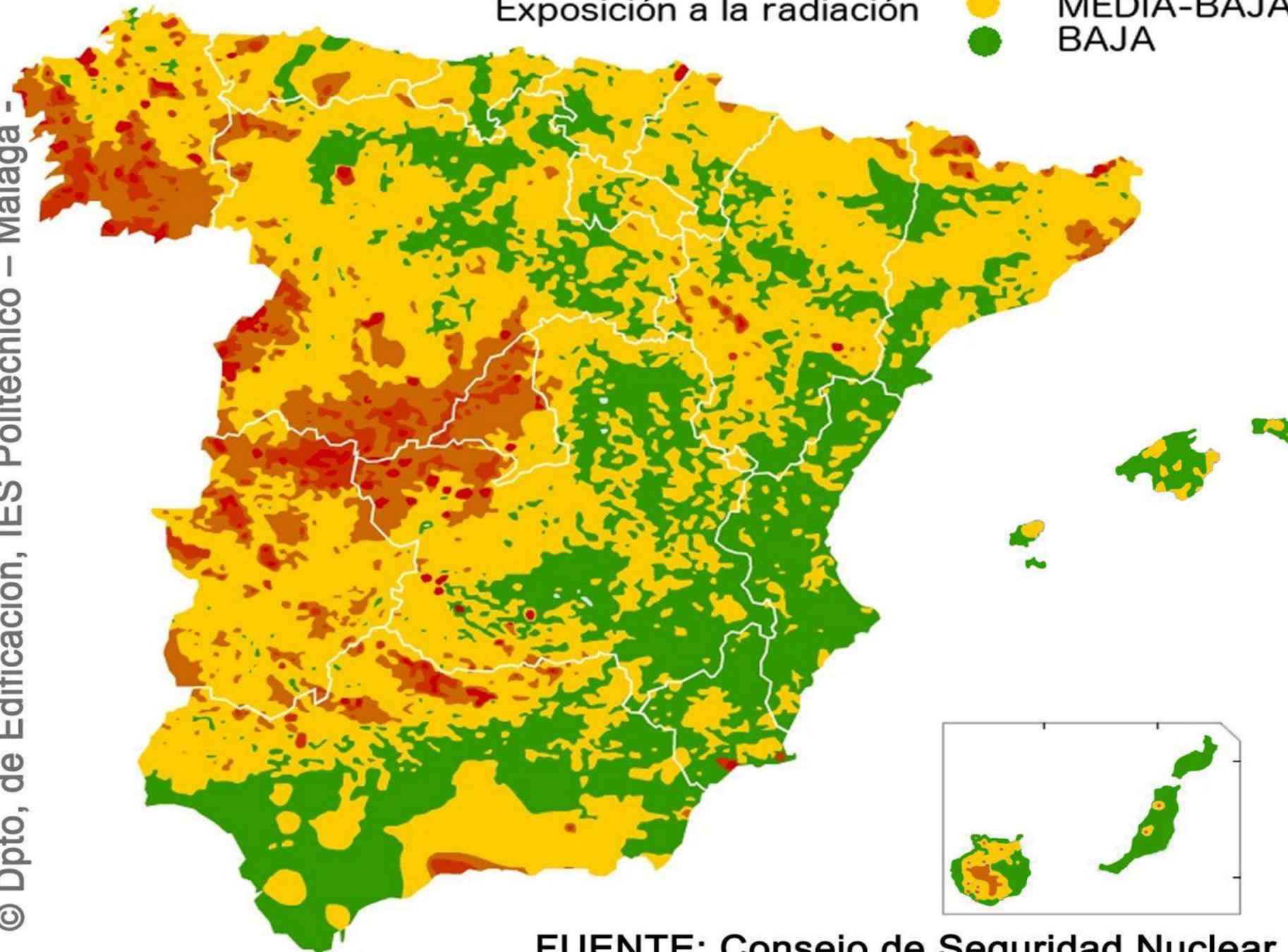


# MAPA DEL RADÓN EN ESPAÑA

Exposición a la radiación

- ALTA
- MEDIA-BAJA
- BAJA

© Dpto. de Edificación, IES Politécnico – Málaga -



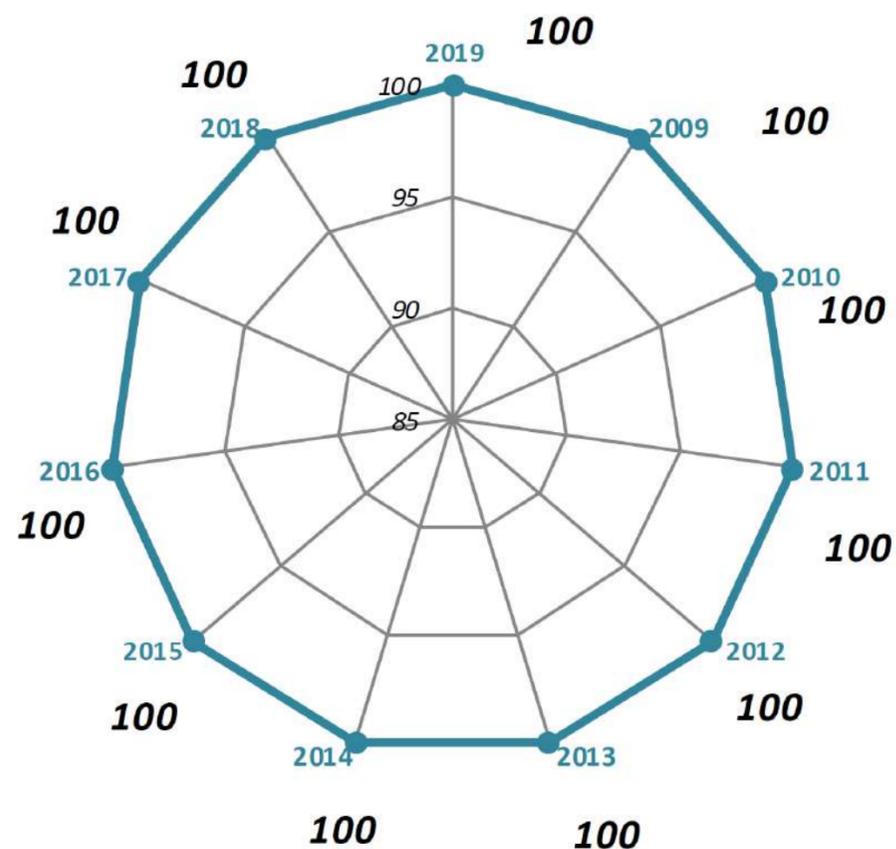
FUENTE: Consejo de Seguridad Nuclear



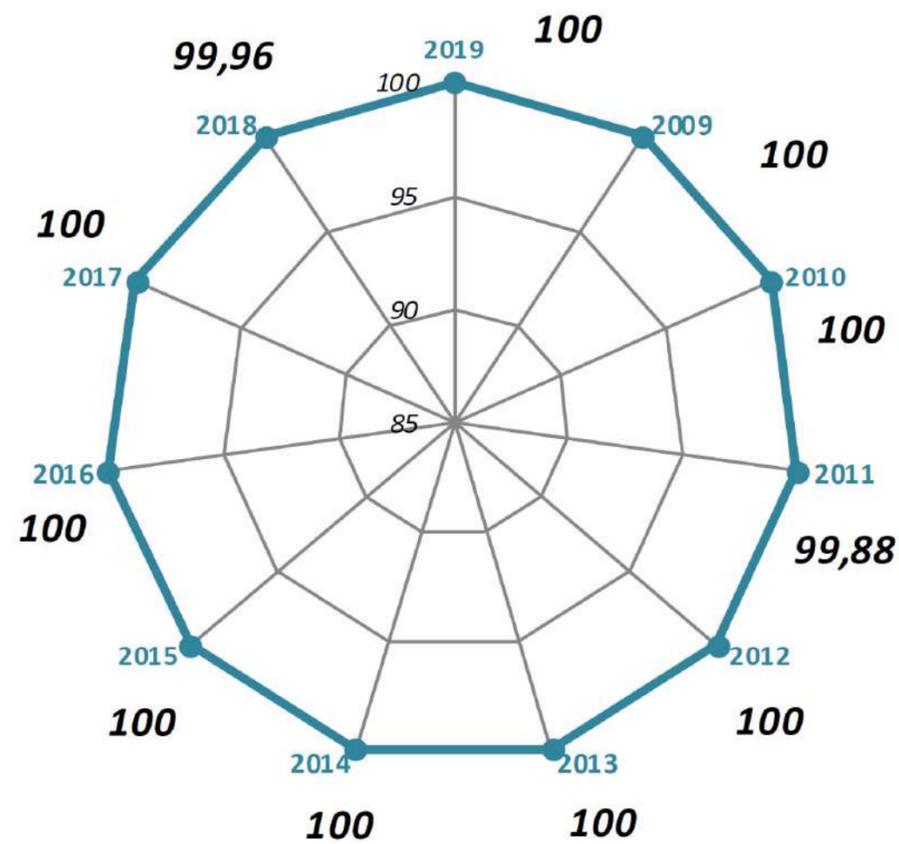


## EVOLUCIÓN DE LA CONFORMIDAD EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO

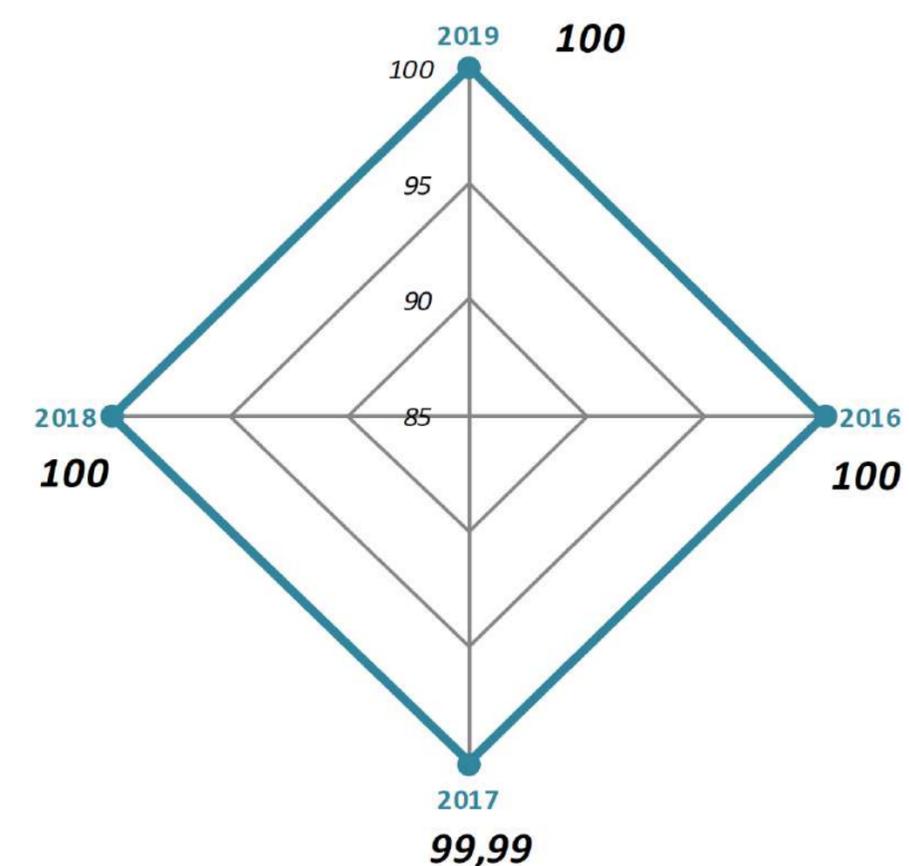
### TRITIO



### BETA RESTO



### RADÓN



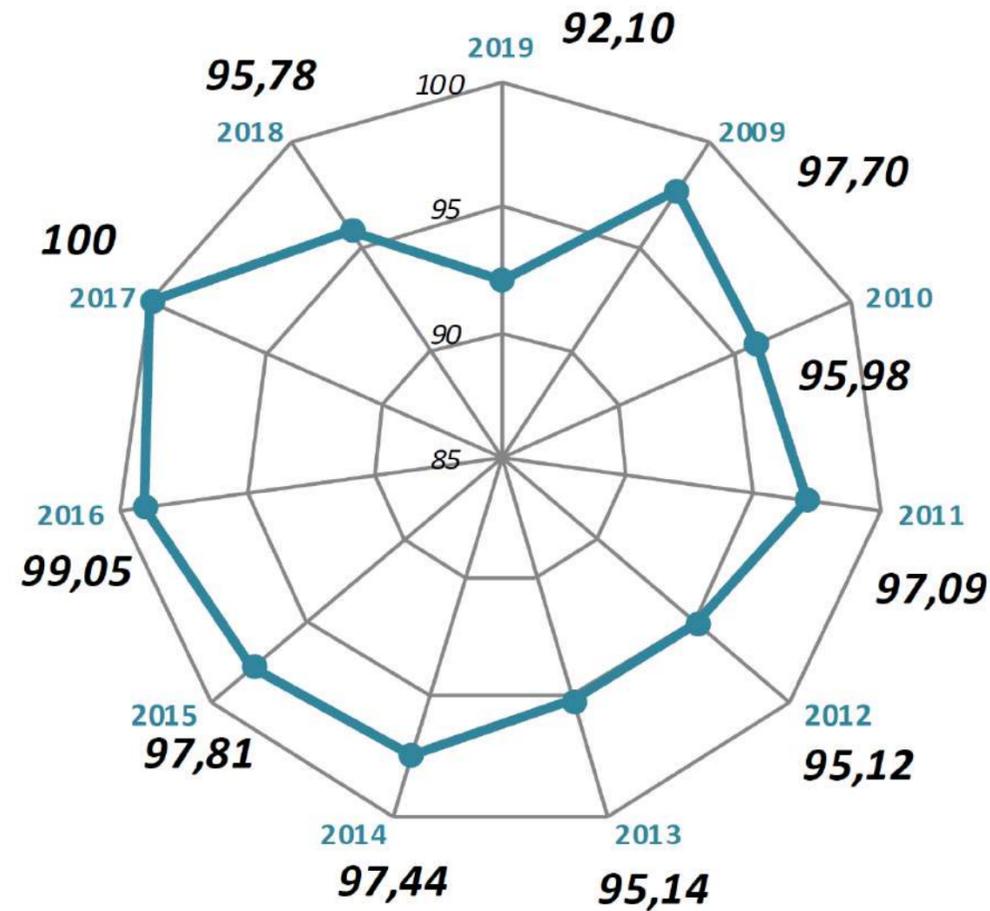
Fuente: Ministerio de Sanidad



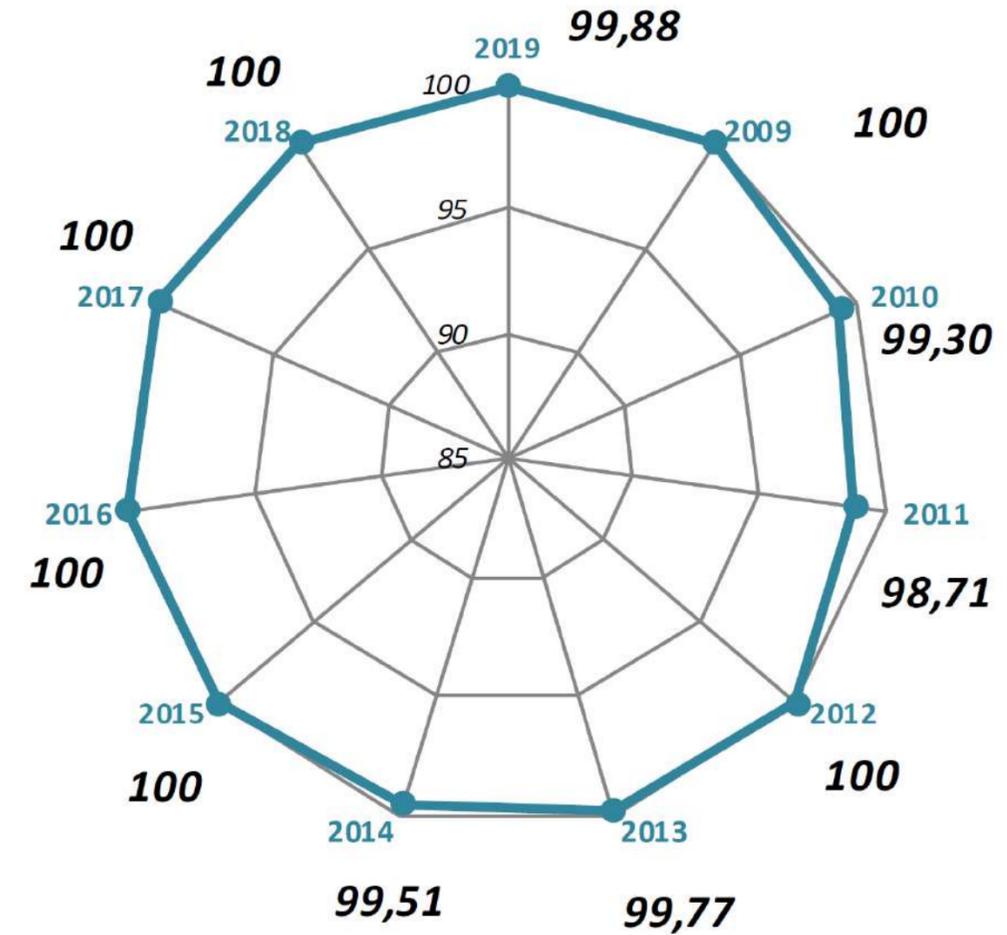


# EVOLUCIÓN DE LA CONFORMIDAD EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO

## ALFA TOTAL



## D.I.T.

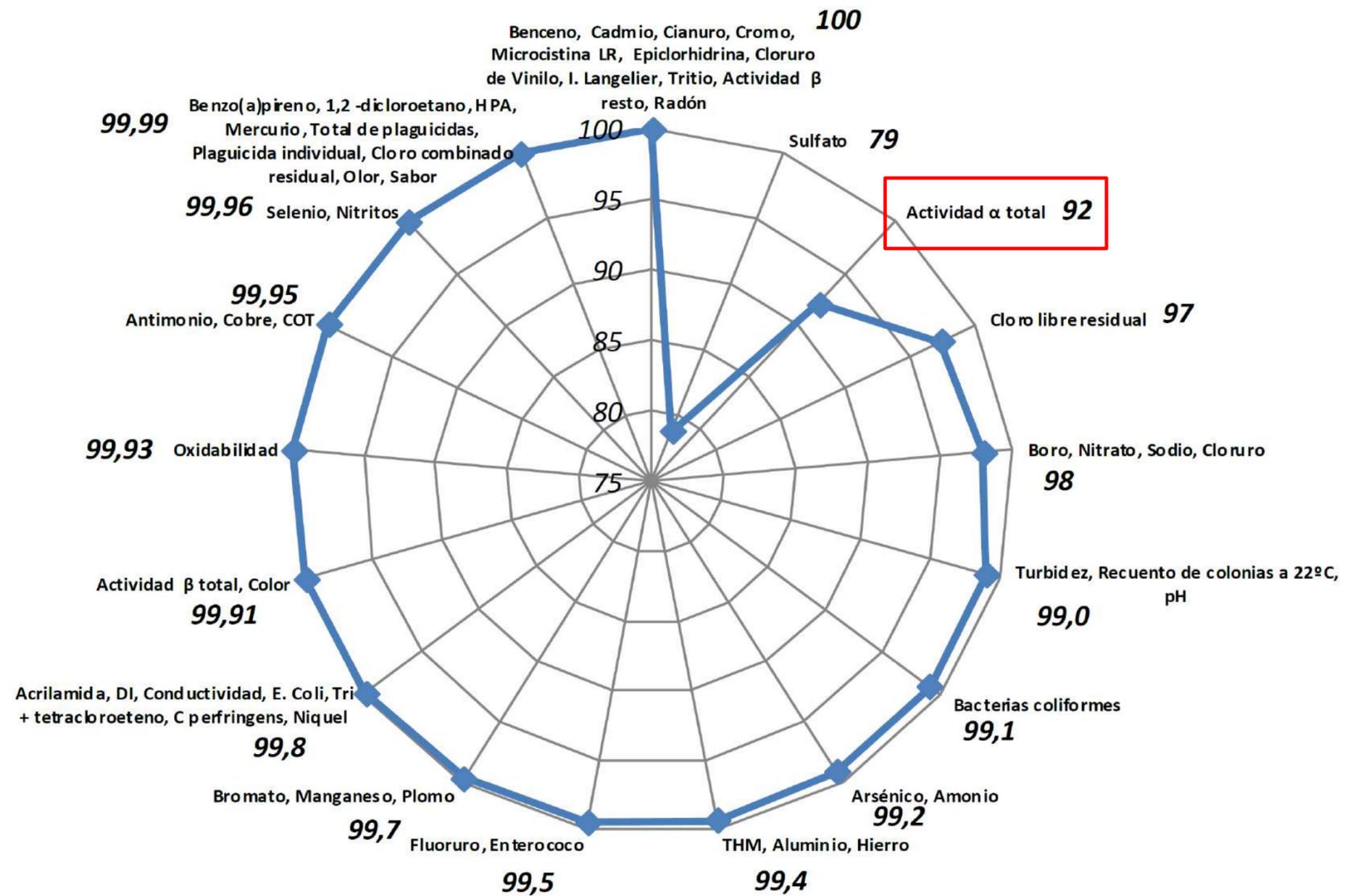


Fuente: Ministerio de Sanidad



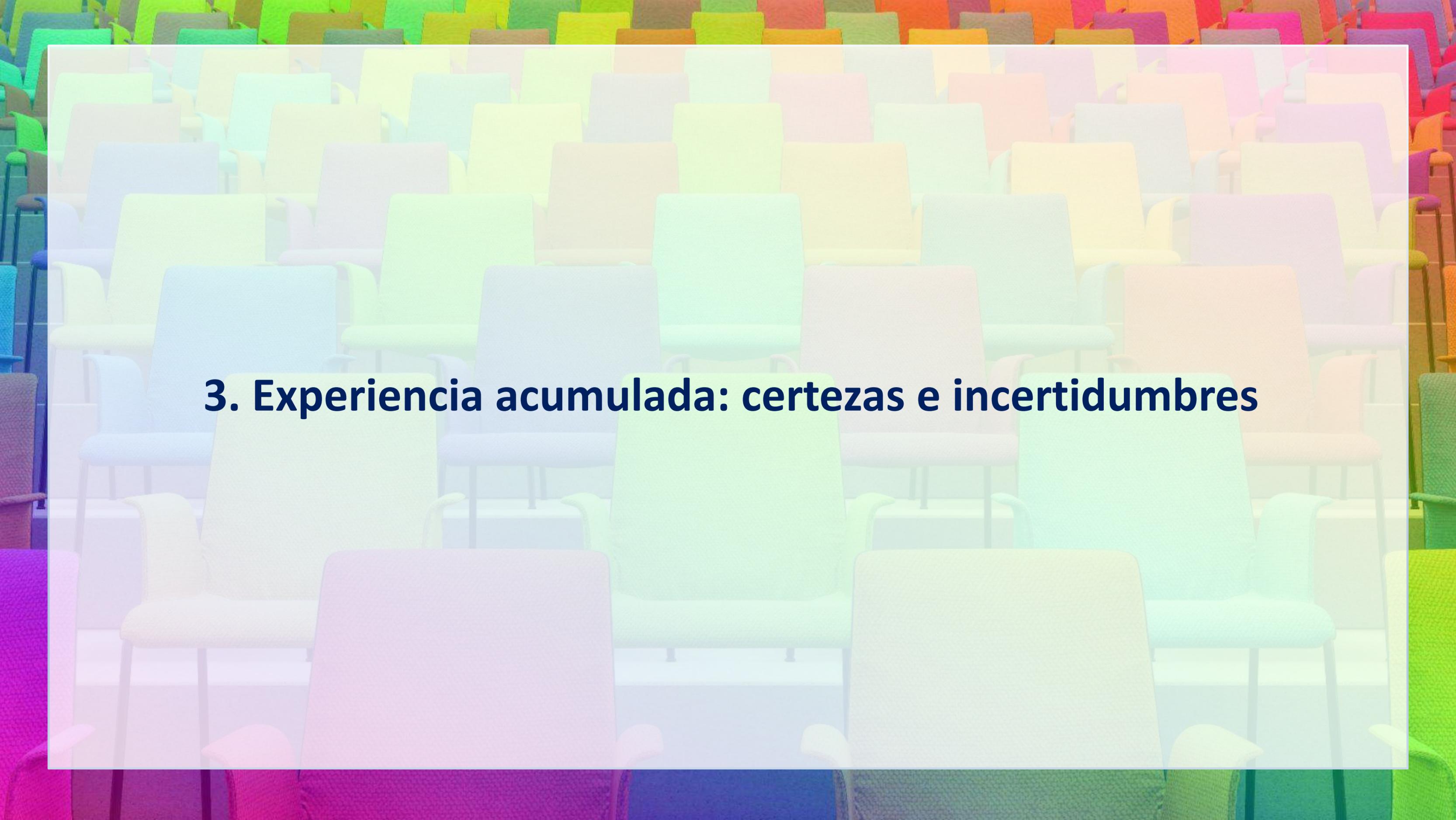


## APTITUD DE AGUAS DE CONSUMO HUMANO POR PARÁMETRO EN 2019



Fuente: Ministerio de Sanidad





### **3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres**



## ETAPs EN SERVICIO PARA LA ELIMINACIÓN DE RADIOACTIVIDAD

ETAP	T.M.	PUESTA SERVICIO	TIPO TRATAMIENTO ACTUAL	CAUDAL PRODUCCIÓN (m <sup>3</sup> /h)	VERTIDO RECHAZO
Alboloduy	Alboloduy	2009	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	6	Riego
Albanchez	Albanchez	2010	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	15	-
Alcudia Monteagud	Alcudia Monteagud	2010	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	4,5	Riego
Fines	Fines	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	38	Rambla o riego
Huécija	Huécija	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	36	Riego
Benitagla	Benitagla	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	5	Rambla o riego
Almocaizar	Los Gallardos	2012	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	1	Riego
Somontín	Somontín	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	11	Rambla
Benizalón	Benizalón	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	7,5	Saneam. o riego
Fuente La Higuera	Benizalón	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	2	Rambla o riego
Escúllar	Las Tres Villas	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	-	Rambla
Tahal	Tahal	2014	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	10	Saneamiento
Alicún	Alicún	2014	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	5	Riego
El Campico de Bédar	Lubrín	2016	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	1,4	Rambla o riego
Alboloduy	Alboloduy	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Benizalón	Benizalón	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Tahal	Tahal	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Lubrín	Lubrín	2020	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	15	Saneamiento



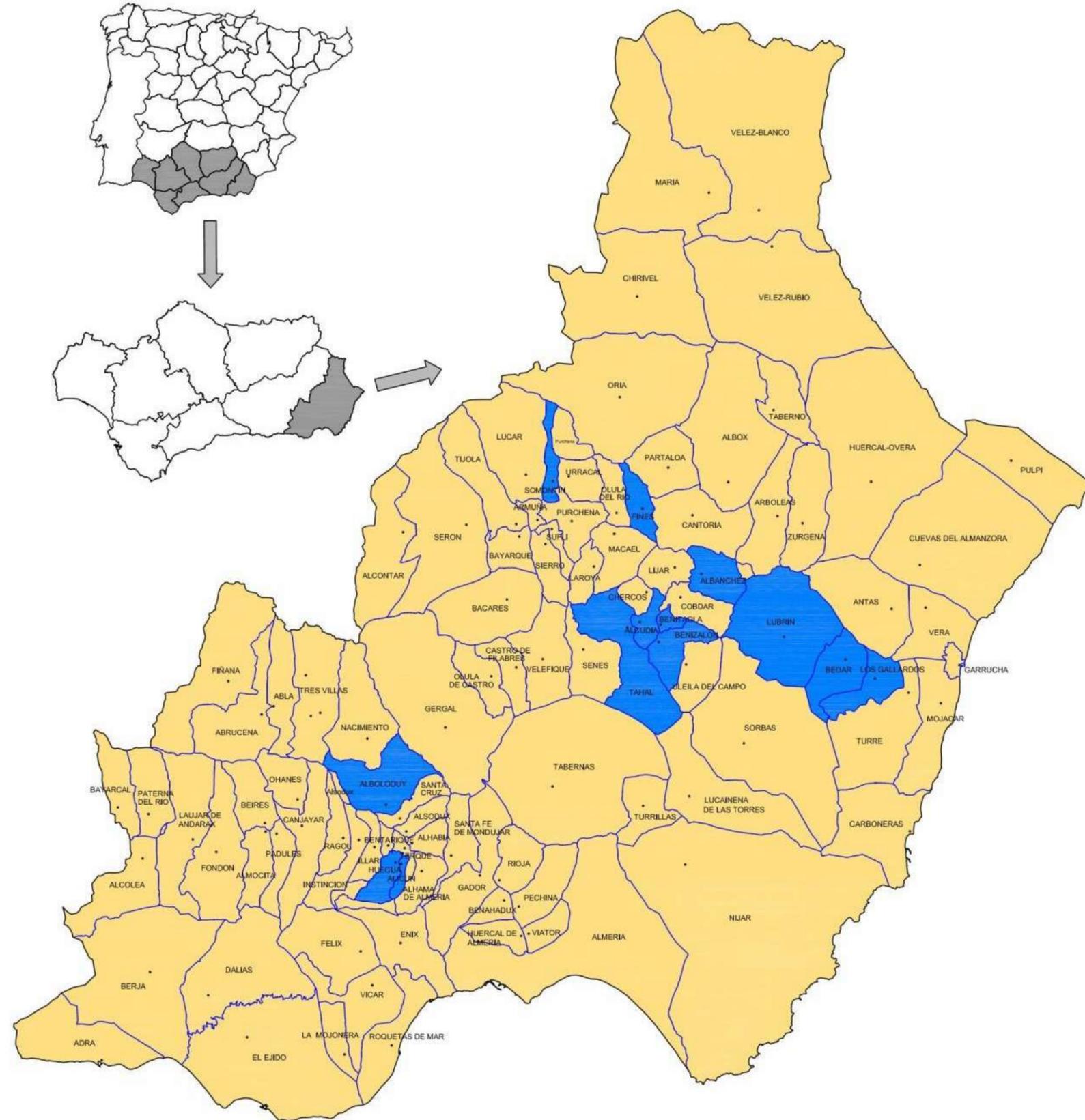
### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres

SITUACIÓN ETAPs EN SERVICIO PARA LA ELIMINACIÓN DE RADIOACTIVIDAD





## INCONVENIENTES ESPECÍFICOS DE LAS ETAPS POR ÓSMOSIS INVERSA

- *Elevado consumo de recursos hídricos : certeza*
- Tecnología de eliminación muy efectiva pero poco específica: certeza
- Gestión compleja del rechazo: incertidumbre
- Elevados costes de explotación: certeza
- Escasa vida útil equipos instalados y sustitución membranas y filtros: certeza
- Dificultades de explotación: certeza





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres



ETAP Benizalón



### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres

ETAP	% de rechazo
Alboloduy	42%
Alicún	39%
Benizalón	37%
Huécija	40%
Tahal	39%

Necesidad de optimizar el consumo de recursos hídricos

La reducción de rechazos implicará la reducción de costes de explotación y de inversión





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres



**1,5 – 1,8  
litros**

**Se extraen**

**1  
litro**

**Para producir**





## INCONVENIENTES ESPECÍFICOS DE LAS ETAPS POR ÓSMOSIS INVERSA

- Elevado consumo de recursos hídricos : certeza
- *Tecnología de eliminación pero poco específica: certeza*
- Gestión compleja del rechazo: incertidumbre
- Elevados costes de explotación: certeza
- Escasa vida útil equipos instalados y sustitución membranas y filtros: certeza
- Dificultades de explotación: certeza





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres



ETAP Tahal



## INCONVENIENTES ESPECÍFICOS DE LAS ETAPS POR ÓSMOSIS INVERSA

- Elevado consumo de recursos hídricos : certeza
- Tecnología de eliminación pero poco específica: certeza
- *Gestión compleja del rechazo: incertidumbre*
- Elevados costes de explotación: certeza
- Escasa vida útil equipos instalados y sustitución membranas y filtros: certeza
- Dificultades de explotación: certeza



## ETAPs EN SERVICIO PARA LA ELIMINACIÓN DE RADIOACTIVIDAD

ETAP	T.M.	PUESTA SERVICIO	TIPO TRATAMIENTO ACTUAL	CAUDAL PRODUCCIÓN (m <sup>3</sup> /h)	VERTIDO RECHAZO
Alboloduy	Alboloduy	2009	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	6	Riego
Albanchez	Albanchez	2010	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	15	-
Alcudia Monteagud	Alcudia Monteagud	2010	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	4,5	Riego
Fines	Fines	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	38	Rambla o riego
Huécija	Huécija	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	36	Riego
Benitagla	Benitagla	2011	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	5	Rambla o riego
Almocaizar	Los Gallardos	2012	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	1	Riego
Somontín	Somontín	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	11	Rambla
Benizalón	Benizalón	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	7,5	Saneam. o riego
Fuente La Higuera	Benizalón	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	2	Rambla o riego
Escúllar	Las Tres Villas	2013	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	-	Rambla
Tahal	Tahal	2014	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	10	Saneamiento
Alicún	Alicún	2014	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	5	Riego
El Campico de Bédar	Lubrín	2016	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	1,4	Rambla o riego
Alboloduy	Alboloduy	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Benizalón	Benizalón	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Tahal	Tahal	2019	Piloto ALCHEMIA. Filtración	10,8	Saneamiento
Lubrín	Lubrín	2020	Filtros arenas + Microfiltración+ OI	15	Saneamiento



## INCONVENIENTES ESPECÍFICOS DE LAS ETAPS POR ÓSMOSIS INVERSA

- Elevado consumo de recursos hídricos : certeza
- Tecnología de eliminación pero poco específica: certeza
- Gestión compleja del rechazo: incertidumbre
- *Elevados costes de explotación: certeza*
- Escasa vida útil equipos instalados y sustitución membranas y filtros: certeza
- Dificultades de explotación: certeza





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres

#### CONSUMO ENERGÉTICO ETAPS POR ÓSMOSIS INVERSA

ETAP	kWh / m <sup>3</sup>
Alboloduy	1,1
Benizalón	1,2
Tahal	1,1



ETAP Tahal



### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres



0,13 €/m<sup>3</sup>

Coste pasado



+



0,65 €/m<sup>3</sup>

Coste en la actualidad



## INCONVENIENTES ESPECÍFICOS DE LAS ETAPS POR ÓSMOSIS INVERSA

- Elevado consumo de recursos hídricos : certeza
- Tecnología de eliminación pero poco específica: certeza
- Gestión compleja del rechazo: incertidumbre
- Elevados costes de explotación: certeza
- *Escasa vida útil equipos instalados y sustitución membranas y filtros: certeza*
- *Dificultades de explotación: certeza*





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres





#### ALGUNAS LECCIONES APRENDIDAS EN ESTOS AÑOS

- La ósmosis inversa es un sistema totalmente efectivo para la eliminación de la radioactividad, pero no exento de inconvenientes.
- No contar con medidas rápidas de evaluación de los niveles de radioactividad dificulta considerablemente la explotación. Se debe trabajar en la búsqueda de medidas indirectas, por ejemplo con la medición radiación gamma.
- Los valores indicadores de la radioactividad varían con el tiempo en el agua de un único sondeo. Mucho más aun entre distintos sondeos de un municipio.
- *Todas las ETAPs por ósmosis inversa con aguas procedentes de sondeos contruidos en acero deben incluir pretratamientos para la eliminación del hierro, diga lo que diga la analítica.*





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres





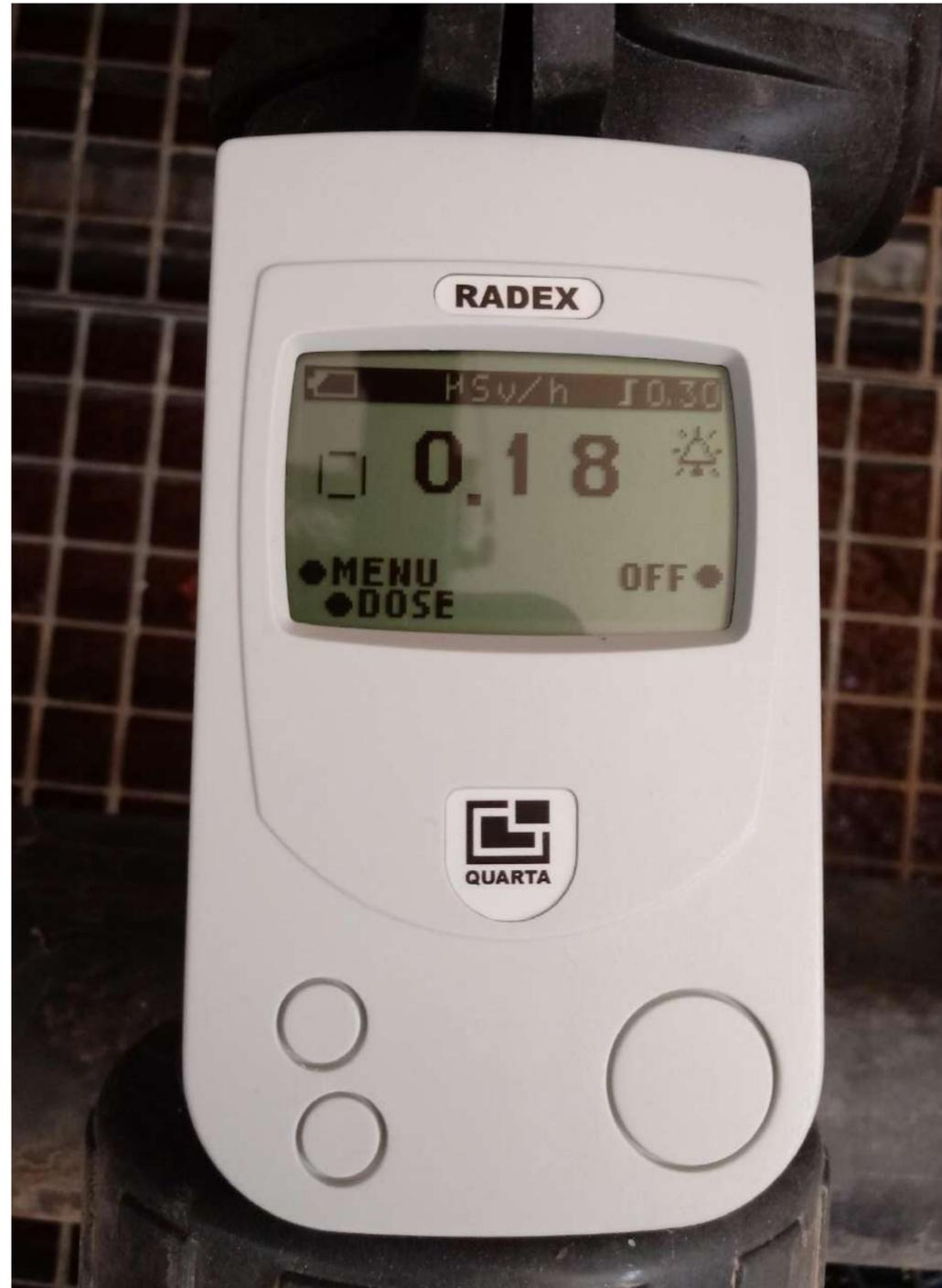
## ALGUNAS LECCIONES APRENDIDAS EN ESTOS AÑOS

- *Todos los proyectos deberán incluir la adquisición de medidores de radiación gamma y de radón en el ambiente.*
- Se deberá efectuar un seguimiento de la radiación gamma como medida indirecta en todos los elementos de las ETAPs.
- Se tratará de que los espacios en los que se ubiquen las ETAPs estén lo más ventilados posibles para evitar concentración de radón.
- Los vasos de los depósitos de agua bruta deberán estar completamente aislados de espacios donde se prevea la presencia de trabajadores.





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres





## ALGUNAS LECCIONES APRENDIDAS EN ESTOS AÑOS

- Todos los proyectos deberán incluir la adquisición de medidores de radiación gamma y de radón en el ambiente.
- *Se deberá efectuar un seguimiento de la radiación gamma como medida indirecta en todos los elementos de las ETAPs.*
- Se tratará de que los espacios en los que se ubiquen las ETAPs estén lo más ventilados posibles para evitar concentración de radón.
- Los vasos de los depósitos de agua bruta deberán estar completamente aislados de espacios donde se prevea la presencia de trabajadores.





### 3. Experiencia acumulada: certezas e incertidumbres

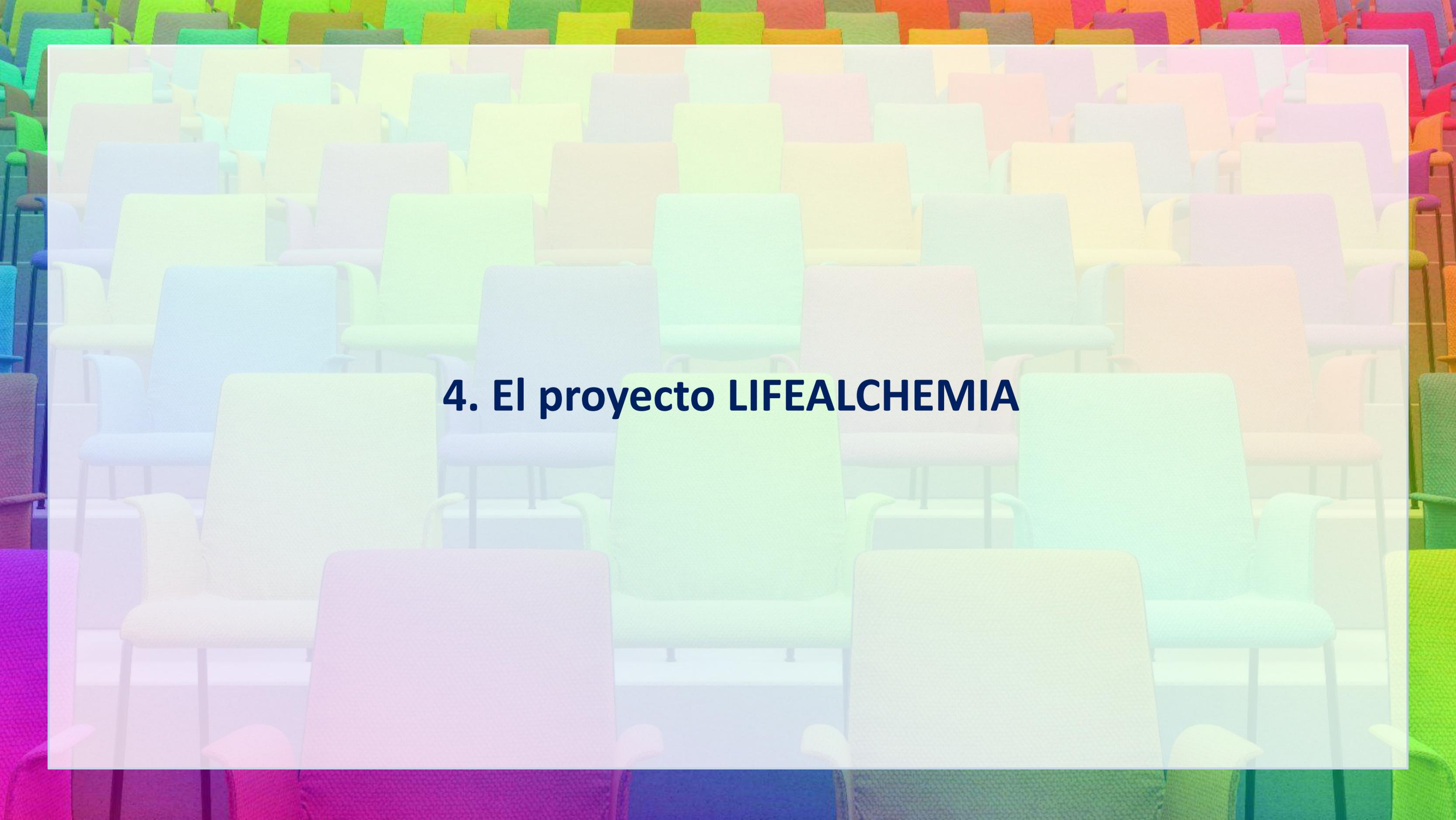




## ALGUNAS LECCIONES APRENDIDAS EN ESTOS AÑOS

- Todos los proyectos deberán incluir la adquisición de medidores de radiación gamma y de radón en el ambiente.
- Se deberá efectuar un seguimiento de la radiación gamma como medida indirecta en todos los elementos de las ETAPs.
- *Se tratará de que los espacios en los que se ubiquen las ETAPs estén lo más ventilados posibles para evitar concentración de radón.*
- *Los vasos de los depósitos de agua bruta deberán estar completamente aislados de espacios donde se prevea la presencia de trabajadores.*





## **4. El proyecto LIFEALCHEMIA**

Ante esta situación surgió la pregunta:

**¿Existirían otras tecnologías en el mercado eficientes y baratas alternativas a la Ósmosis Inversa?**

**NO EXISTIAN EXPERIENCIAS  
CONTRASTADAS APLICABLES**

Se pudo constatar la relación entre la presencia de hierro en el agua y la radioactividad natural





# 4. El proyecto LIFEALCHEMIA

**Life ALCHEMIA**

**European Project Life+**

Presupuesto total: 1.523.450 €  
 Contribución europea: 803.960 €  
 Duración del proyecto: 02/10/2017 - 31/12/2020

## OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO LIFEALCHEMIA

- Demostrar la viabilidad técnica y económica del empleo de filtros de lecho fijo optimizados en España y de dióxido de manganeso líquido en Estonia para la eliminación de la radiactividad natural en las aguas de consumo humano.
- Reducir las actividades alfa y beta total y la concentración de radionucleidos de U y el Ra entre un 75 y un 90%.
- Reducir la cantidad de residuos NORM generados en un 90%.
- Reducir el coste de explotación, el impacto ambiental y los gases de efecto invernadero en un 80%.
- Replicar las soluciones del proyecto a otras zonas de la UE.



## ESQUEMA GENERAL DE INSTALACIÓN DE LAS ETAPS PILOTO LIFEALCHEMIA EN ALMERÍA

Sondeo existente



ETAP O.I. existente



Depósito existente

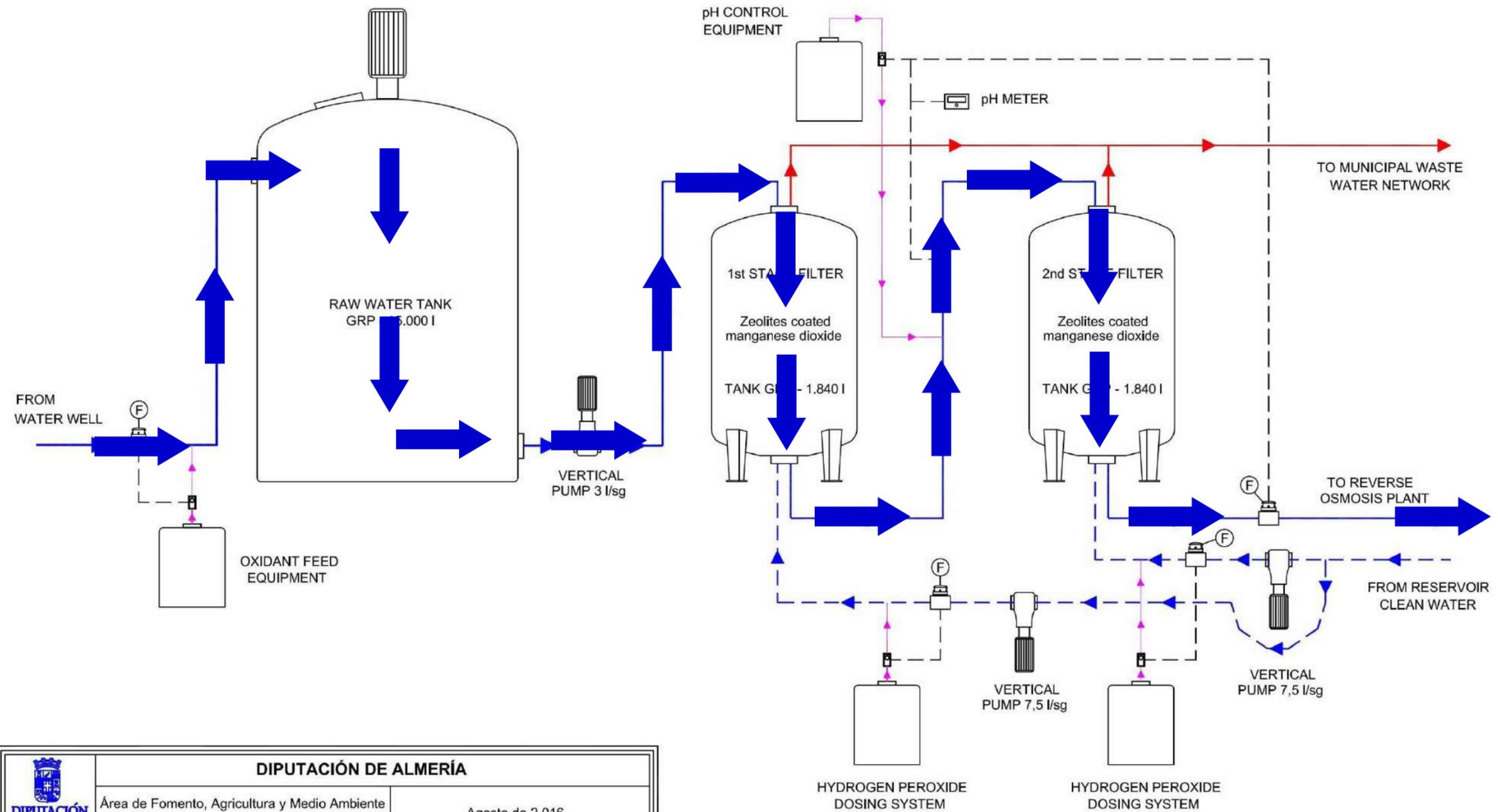


ETAP piloto LIFEALCHEMIA





# ESQUEMA DE FILTRADO DE ETAPS PILOTO LIFEALCHEMIA EN ALMERÍA



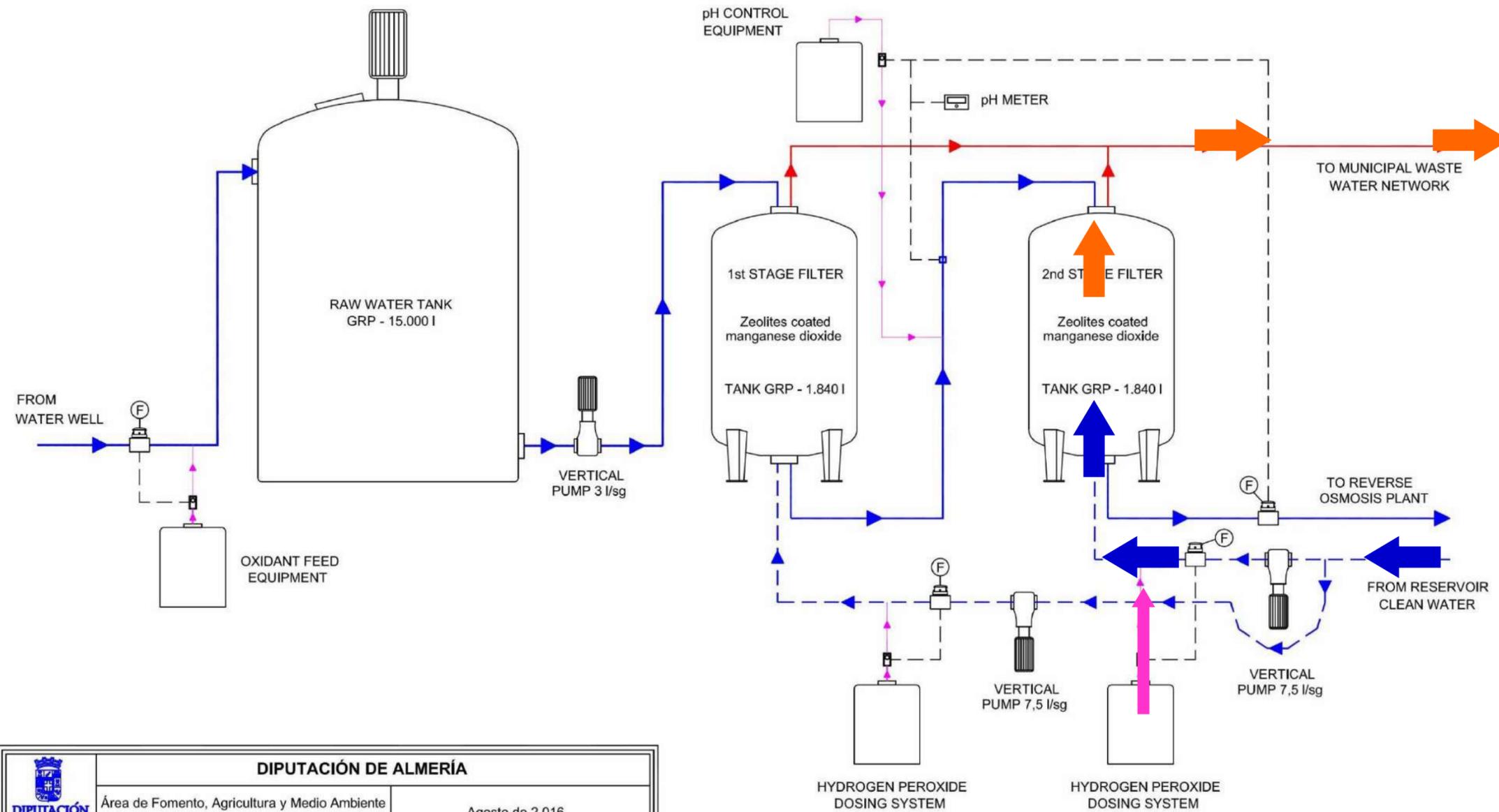
	<b>DIPUTACIÓN DE ALMERÍA</b>	
	Área de Fomento, Agricultura y Medio Ambiente Servicio de Infraestructura Urbana	Agosto de 2.016
<b>PROYECTO ALCHEMIA</b>		
PLANO:	<b>RADIUM 1 AND RADIUM 2 PLANTS - Operating diagram</b>	

**- CICLO DE FILTRADO -**





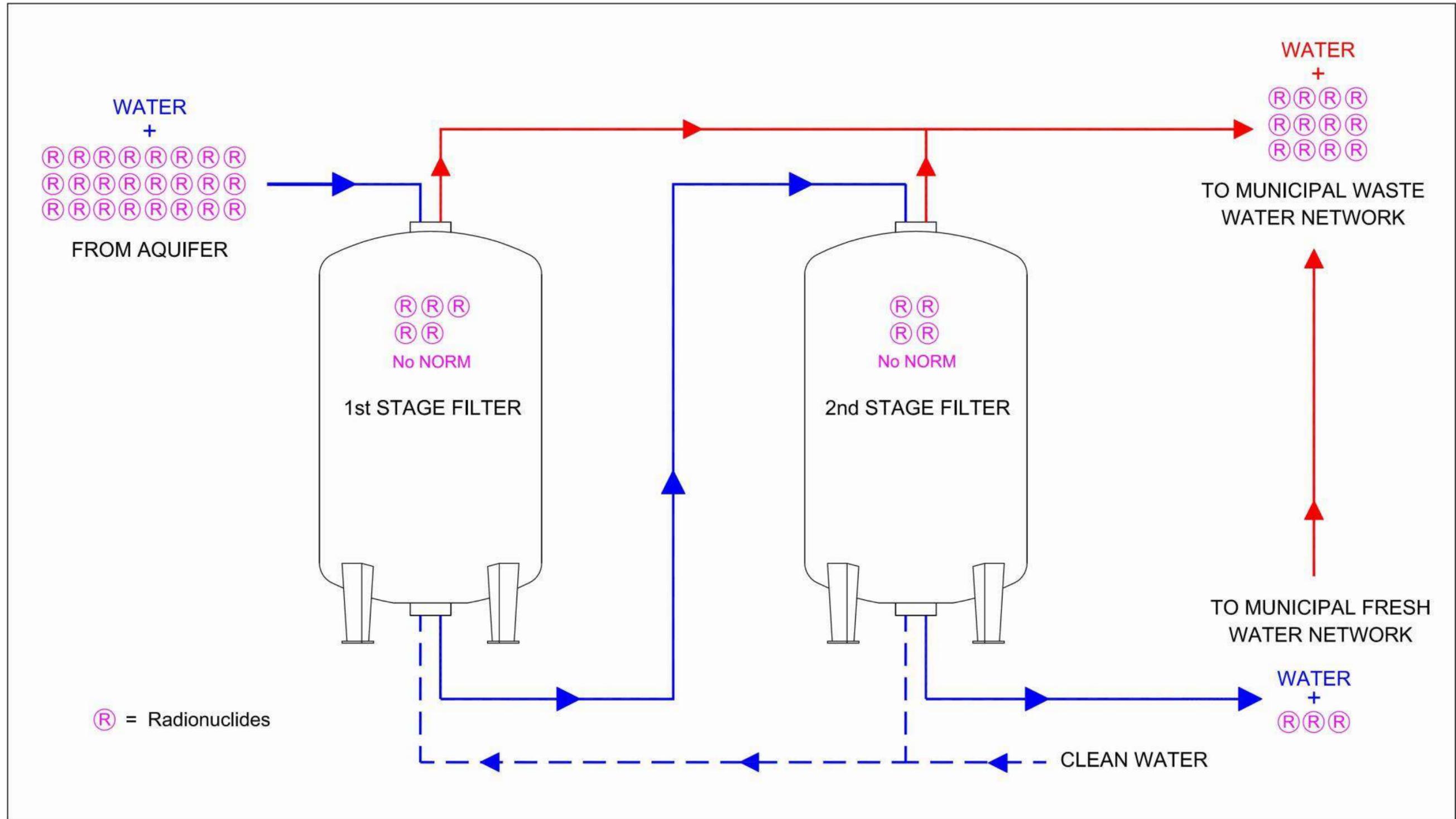
# ESQUEMA DE LAVADOS DE ETAPS PILOTO LIFEALCHEMIA EN ALMERÍA



	<b>DIPUTACIÓN DE ALMERÍA</b>	
	Área de Fomento, Agricultura y Medio Ambiente Servicio de Infraestructura Urbana	Agosto de 2.016
<b>PROYECTO ALCHEMIA</b>		
PLANO:	<b>RADIUM 1 AND RADIUM 2 PLANTS - Operating diagram</b>	

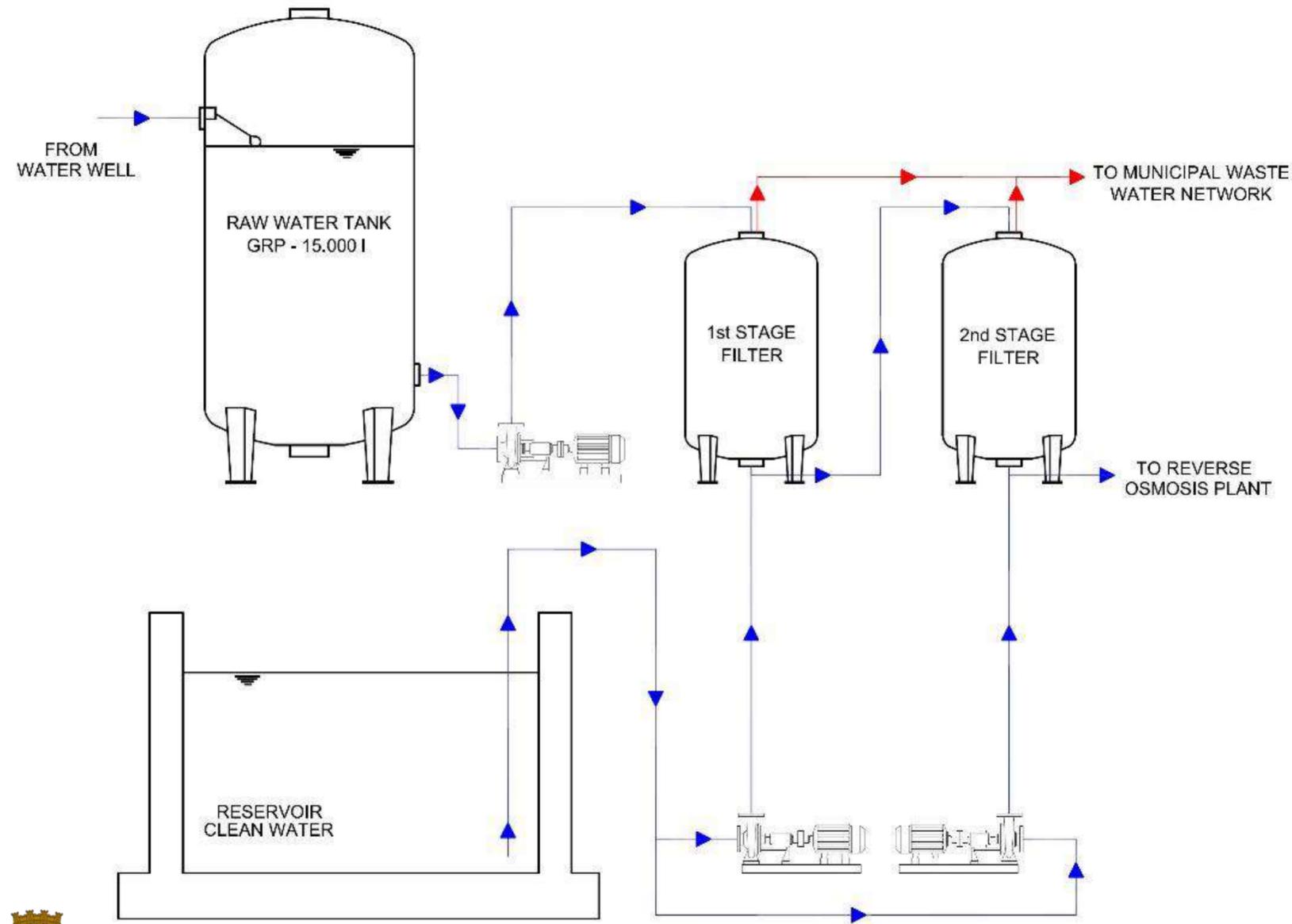
**- CICLO DE LAVADO -**





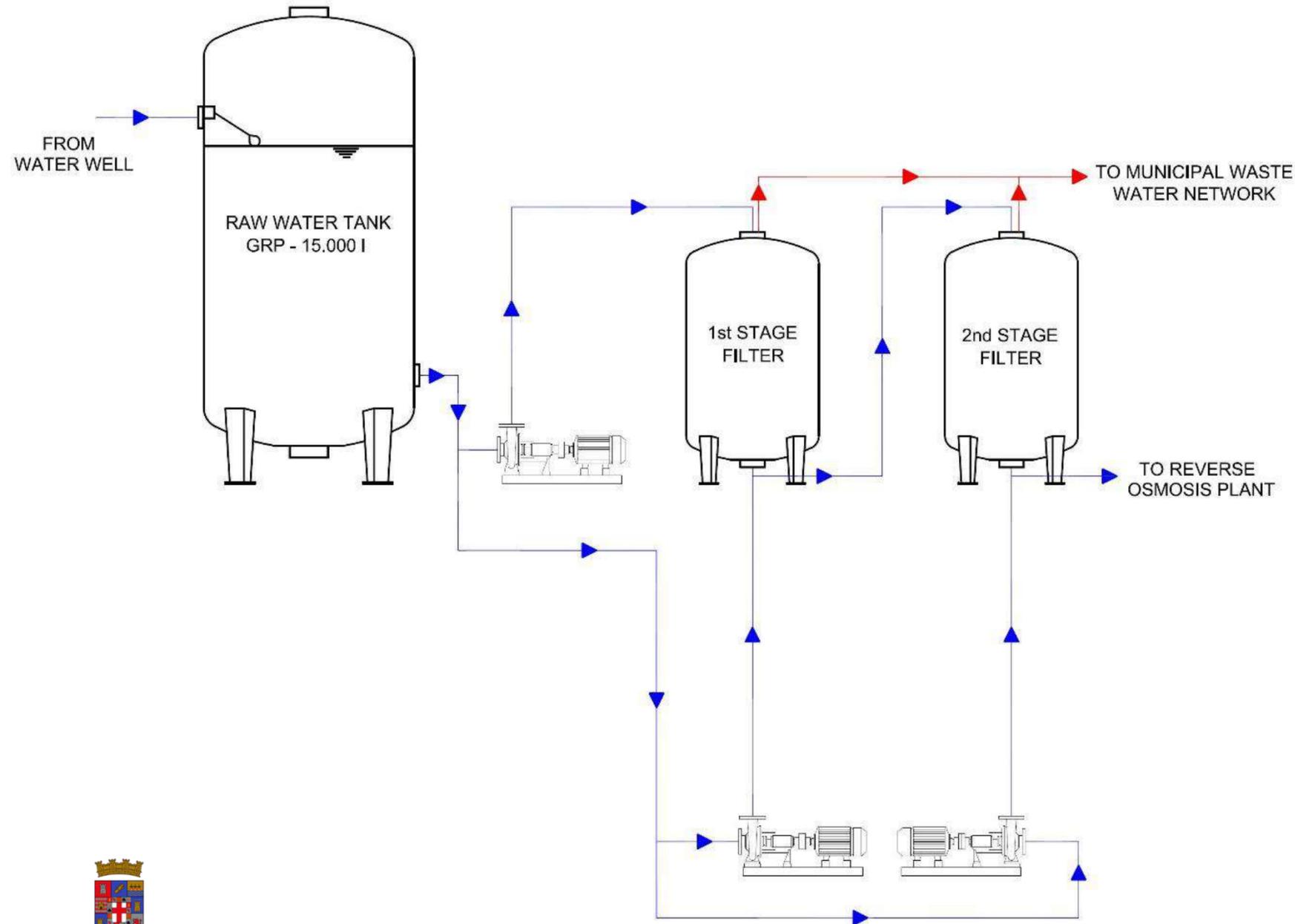


## ETAP PILOTO ALBOLODUY



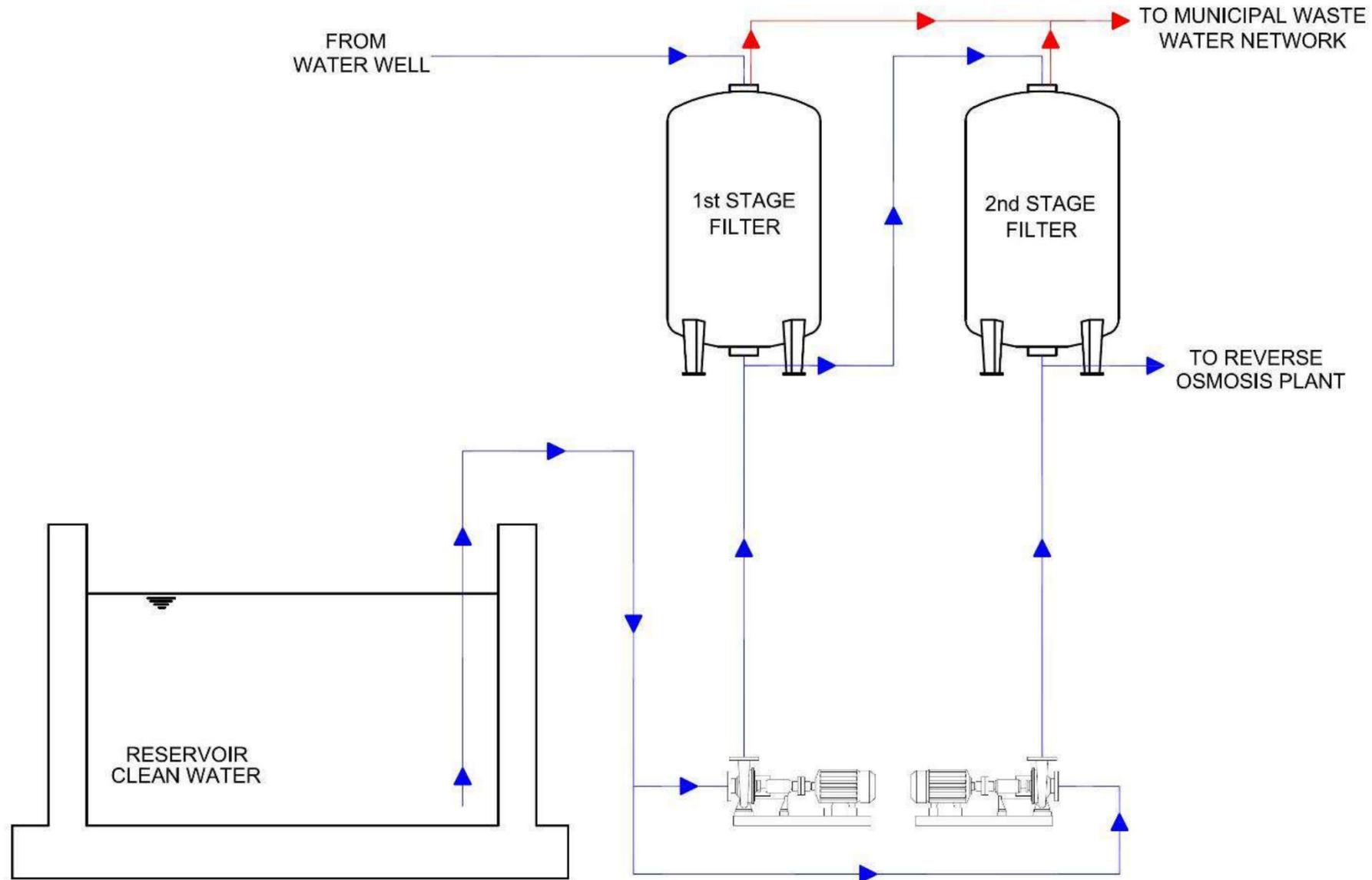


## ETAP PILOTO BENIZALÓN





### ETAP PILOTO TAHAL





DIPUTACIÓN DE ALMERÍA

**¡Muchas gracias por su atención!**

**Estamos a su disposición en:**

**Fco. Javier Martínez Rodríguez**

Área de Fomento, Medio Ambiente y Agua. Diputación de Almería

[fmartinr@dipalme.org](mailto:fmartinr@dipalme.org)

**Isabel María Rodríguez Ruano**

CIESOL. Universidad de Almería

[imrodriguez@ual.es](mailto:imrodriguez@ual.es)