

Prevalencia de *Legionella* spp. y su asociación con factores geográficos, estructurales y temporales en instalaciones de riesgo en Gipuzkoa (2005-2024)

Prevalência de *Legionella* spp. e sua associação com fatores geográficos, estruturais e relacionados ao tempo em instalações de risco em Gipuzkoa (2005–2024)

Prevalence of *Legionella* spp. and its association with geographic, structural, and time related factors in risk installations in Gipuzkoa (2005–2024)

Mónica Otazua Font¹, Ana Jiménez Zabala^{1,4}, Deiene García Mutio¹, Pepa Maiztegi Gallastegi³, Ruth Rodríguez Herrero², Susana Arregi Castiella².

¹ Subdirección de Salud Pública y Adicciones de Gipuzkoa.

² Laboratorio de Salud Pública del Gobierno Vasco.

³ Comarca de Salud Pública Alto-Bajo Deba.

⁴ Instituto de Investigación Sanitaria Biogipuzkoa.

Cita: Otazua Font M, Jiménez Zabala A, García Mutio D, Maiztegi Gallastegi P, Rodríguez Herrero R, Arregi Castiella S. Prevalencia de *Legionella* spp. y su asociación con factores geográficos, estructurales y temporales en instalaciones de riesgo en Gipuzkoa (2005-2024). *Salud ambient.* 2026; 26(1):13-26.

Recibido: 5 de diciembre de 2025. **Aceptado:** 24 de febrero de 2026. **Publicado:** 15 de junio de 2026.

Autor para correspondencia: Mónica Otazua Font.
Correo e: m-otazuafont@euskadi.eus

Financiación: Este grupo no ha contado con ningún tipo de financiación para el desarrollo de su trabajo.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés relacionado con la preparación, revisión o publicación del presente artículo.

Declaraciones de autoría: MOF diseño del estudio, análisis de datos, discusión de resultados y redacción del manuscrito; AJZ, DGM y PMG: revisión, discusión de resultados y redacción; RRH y SAC: análisis de las muestras en el laboratorio, revisión y redacción. Todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

Objetivo: Analizar los resultados de las muestras de agua procesadas en el Laboratorio de Salud Pública de Gipuzkoa para la detección de *Legionella* spp. en instalaciones de riesgo para la proliferación y dispersión de la bacteria.

Método: Se estudiaron 13 493 muestras de agua tomadas entre 2005 y 2024. El análisis siguió la norma ISO 11731:2017. La identificación de serogrupos se realizó mediante inmunoaglutinación con látex, y la caracterización fenotípica para la identificación de subgrupos de *L. pneumophila* serogrupo 1 mediante inmunofluorescencia indirecta con anticuerpos monoclonales de Dresden. El análisis estadístico incluyó un estudio descriptivo, una regresión logística univariante y un modelo multivariable para identificar asociaciones entre muestras positivas y variables geográficas, temporales o estructurales de las instalaciones.

Resultados: *Legionella* spp. se detectó en el 12,5 % de las muestras, predominando *L. pneumophila* (87 %). El serogrupo 2-14 fue el más frecuente (45,7 %), seguido de serogrupo 1 (38,7 %). De las 252 muestras *L. pneumophila* serogrupo 1 tipificadas el 74,6 % se clasificaron como MAb 3/1 negativo y 24,6 % como MAb positivo.

La presencia de *Legionella* spp. varió según comarca, tipo de instalación, estación del año y año del muestreo.

Conclusiones: La variabilidad en la prevalencia de *Legionella* spp. observada sugiere una influencia de factores ambientales y operativos en su proliferación. El predominio de cepas no relevantes clínicamente (MAb negativo) resalta que identificar las cepas es tan importante como cuantificar la bacteria para aplicar estrategias de control más específicas.

Palabras clave: *Legionella*; *L. pneumophila*; serogrupo, microbiología del agua; vigilancia ambiental; salud pública; evaluación del riesgo; España.

Resumo

Objetivo: Analisar os resultados das amostras de água processadas no Laboratório de Saúde Pública de Gipuzkoa para a deteção de *Legionella* spp. em instalações de risco para a proliferação e dispersão da bactéria.

Método: Estudaram-se 13 493 amostras de água recolhidas entre 2005 e 2024. A análise seguiu a norma ISO 11731:2017. A identificação de serogrupos foi realizada por imunoaglutinação com látex, e a caracterização fenotípica para a identificação de subgrupos de *L. pneumophila* serogrupo 1 foi feita por imunofluorescência indireta com anticorpos monoclonais de Dresden. A análise estatística incluiu um estudo descritivo, uma regressão logística univariada e um modelo multivariável para identificar associações entre amostras positivas e variáveis geográficas, temporais ou estruturais das instalações.

Resultados: *Legionella* spp. foi detetada em 12,5 % das amostras, predominando *L. pneumophila* (87 %). O serogrupo 2-14 foi o mais frequente (45,7 %), seguido do SG1 (38,7 %). Das 252 amostras de *L. pneumophila* serogrupo 1 tipificadas, 74,6 % classificaram-se como MAb 3/1 negativo e 24,6 % como MAb positivo.

A presença de *Legionella* spp. variou conforme a comarca, o tipo de instalação, a estação do ano e o ano de recolha.

Conclusões: A variabilidade na prevalência de *Legionella* spp. observada sugere uma influência de fatores ambientais e operacionais na sua proliferação. O predomínio de estirpes clinicamente não relevantes (MAb negativo) aponta que identificar as estirpes é tão importante quanto quantificar a bactéria para aplicar estratégias de controlo mais específicas.

Palavras-chave: *Legionella*; *L. pneumophila*; serogrupo; microbiología da água; vigilância ambiental; saúde pública; avaliação de risco; Espanha.

Abstract

Objective: To analyze the results of water samples processed at the Gipuzkoa Public Health Laboratory for the detection of *Legionella* spp. in facilities at risk for the proliferation and spread of the bacterium.

Methods: A total of 13,493 water samples from facilities in Gipuzkoa were studied between 2005 and 2024. The analysis followed ISO 11731:2017 standards. Serogroup identification was performed using latex agglutination, and phenotypic characterization for the identification of *L. pneumophila* serogroup 1 subgroups was carried out by indirect immunofluorescence with Dresden monoclonal antibodies. Statistical analysis included a descriptive study, univariate logistic regression, and a multivariable model to identify associations between positive samples and geographic, temporal, or structural variables of the facilities.

Results: *Legionella* spp. was detected in 12.5 % of samples, with *L. pneumophila* predominating (87 %). Serogroup 2–14 was the most frequent (45.7 %), followed by SG1 (38.7 %). Among the 252 *L. pneumophila* serogroup 1 samples typed, 74.6 % were classified as MAb 3/1 negative and 24.6 % as MAb positive. The presence of *Legionella* varied by region, facility type, season, and sampling year.

Conclusions: The observed prevalence variability of *Legionella* spp. suggests that environmental and operational factors influence its proliferation. The predominance of clinically non-relevant strains (MAb-negative) highlights that the identification of strains is as important as quantifying the bacteria when implementing more targeted control strategies.

Keywords: *Legionella*; *L. pneumophila*; serogroup; water microbiology; environmental monitoring; public health; risk assessment; Spain.

INTRODUCCIÓN

Legionella spp. es una bacteria gramnegativa de origen ambiental causante de la legionelosis, que se encuentra de forma ubicua en medios acuáticos naturales y suelo. Es capaz de parasitar protozoos, en particular amebas de vida libre. Se han identificado más de 70 especies de *Legionella*. En Europa, *Legionella pneumophila* serogrupo 1 (SG1) está asociado, al menos con el 80 % de los casos de legionelosis declarados. Sin embargo, las pruebas de diagnóstico estándar apuntan a que la prevalencia de otros serogrupos pueda estar subestimada¹. Sin embargo, en Australia y Nueva Zelanda, un 40 % de los casos están causados por *Legionella longbeachae* y se asocian con la manipulación de tierra y de compost en labores de jardinería.

Legionella spp. puede colonizar sistemas de agua artificiales como las redes de distribución de agua, circuitos de refrigeración, y otros, donde encuentra condiciones óptimas para su supervivencia y multiplicación; como presencia de materia orgánica, temperaturas entre 20 °C y 50 °C (óptima 35 °C), formación de un biofilm, materiales que favorecen su crecimiento, etc.²

La transmisión de la enfermedad se produce por inhalación de aerosoles de agua contaminados con la bacteria. El período de incubación varía entre 2 y 10 días después de la exposición. La infección denominada legionelosis puede manifestarse de dos formas clínicas: la “fiebre de Pontiac”, que es la forma no neumónica, leve y autolimitada, que cursa con un síndrome febril, y la “enfermedad del legionario”, forma más grave y neumónica, que requiere tratamiento antibiótico y en la mayoría de los casos hospitalización. La probabilidad

de contraer la enfermedad depende de la concentración de *Legionella* en la fuente de agua, de la producción y dispersión de aerosoles, de factores propios de la persona y de la virulencia de la cepa de *Legionella* de que se trate³. La enfermedad afecta a personas de todas las edades, aunque es excepcional en menores de 15 años, las tasas de morbilidad y mortalidad son más altas en adultos mayores, personas con enfermedades pulmonares crónicas, sistemas inmunológicos debilitados y fumadores⁴.

En la Unión Europea, en 2022 se observó la tasa anual de notificación de legionelosis más alta hasta la fecha, con 2,6 casos/100 000 habitantes⁵. En España, la tasa de incidencia de legionelosis en 2023 se situó en 4,66 casos/100 000 habitantes, siendo la tendencia de la enfermedad creciente. Los casos siguieron un patrón estacional con un ciclo anual, concentrándose la mayor parte de los casos entre los meses de junio y noviembre, con un pico de incidencia en septiembre. En Gipuzkoa, la incidencia promedio anual (período 2011-2023) se situó en 5,3 casos/100 000 habitantes y como en España, el mayor porcentaje de casos se produjo entre los meses de junio y noviembre^{6,7}.

El marco normativo en materia de prevención de legionelosis en España ha evolucionado desde el primer Real Decreto 909/2001, que fue pronto derogado y sustituido por el Real Decreto 865/2003⁸. Este último establecía los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de legionelosis, en las instalaciones que utilicen agua en las que *Legionella* es capaz de proliferar y diseminarse a través de aerosoles diferenciando instalaciones de mayor riesgo (torres de refrigeración, sistemas de distribución de agua caliente y spas) y otros dispositivos de menor riesgo. Actualmente, el marco normativo es el Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, que establece los requisitos para la prevención y control de legionelosis, sin diferenciar las instalaciones por riesgo⁹.

El objetivo de este estudio fue analizar los resultados de las muestras de agua procesadas en el Laboratorio de Salud Pública de Gipuzkoa, para la determinación de *Legionella* spp. en instalaciones consideradas de riesgo para la proliferación y dispersión de la bacteria, inspeccionadas y muestreadas en Gipuzkoa durante el período 2005-2024.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. MUESTREO

Los datos utilizados en este estudio se obtuvieron de las muestras de agua recogidas durante las inspecciones comarcales en Gipuzkoa a las instalaciones incluidas en el programa de prevención de *Legionella* del Departamento

de Salud del Gobierno Vasco, y durante la investigación ambiental tras la notificación de casos de legionelosis confirmados por el Servicio de Epidemiología del mismo departamento¹⁰.

Las comarcas de salud pública de Gipuzkoa presentan diferencias geográficas y de infraestructura de abastecimiento de agua que podrían influir en la prevalencia de *Legionella* spp. En nuestro estudio, se definen las comarcas según la estructura del Departamento de Salud del Gobierno Vasco¹¹, salvo la comarca San Sebastián que se refiere exclusivamente al municipio de San Sebastián.

En total, se analizaron 13 493 muestras de agua recogidas entre los años 2005 y 2024. La distribución según el tipo de instalación fue la siguiente:

- Agua Fría de Consumo Humano (AFCH): 83 muestras
- Sistemas de Agua Caliente Sanitaria (ACS): 9 230 muestras
- Áreas de juegos recreativos con agua (ARA): 22 muestras
- Circuitos de Refrigeración (CRF): 2 396 muestras
- Fuentes Ornamentales (FOR): 673 muestras
- Sistemas de Lavado de Vehículos (LVH): 201 muestras
- Spas y similares (SPA): 753 muestras
- Otros elementos susceptibles de producir aerosoles, como vehículos de limpieza viaria (LCA), nebulizadores, humidificadores, agua no sanitaria (OTROS): 135 muestras

Las muestras de agua se recogieron siguiendo un proceso normalizado¹², consistente en la toma de un litro de agua en envase estéril con el neutralizante. A partir de 2012 se incorporaron neutralizantes específicos para biocidas distintos del cloro, mientras que previamente se utilizaba tiosulfato como neutralizante general. Durante la investigación de casos notificados se recogieron muestras ambientales en los lugares de exposición: se tomaron 10 muestras con torunda en puntos terminales de ACS de domicilios. Estas muestras se procesaron por separado y se integraron en el análisis global. Dado que representan únicamente el 0,55 % del total, su influencia potencial sobre las estimaciones de prevalencia es mínima.

En el caso de AFCH y ARA, las muestras se tomaron en grifo, en ACS se recogieron un mínimo de tres muestras por circuito en caso de disponer de acumulación y retorno (acumulador, retorno y punto terminal), en CRF y

FOR se tomaron en la balsa, bandeja o en la recirculación del agua cuando fue posible, y en LCA, LVH y SPA se obtuvieron de los depósitos, boquillas y vaso del spa.

2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Las muestras de agua recogidas se analizaron en el Laboratorio de Salud Pública de Gipuzkoa, acreditado para el análisis de *Legionella* por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). La caracterización fenotípica se llevó a cabo en el laboratorio del Instituto de Salud Carlos III, perteneciente al Centro Nacional de Microbiología (CNM-ISCIII)¹³.

El análisis microbiológico para la detección y cuantificación de *Legionella* spp. se llevó a cabo mediante cultivo, de acuerdo con la norma ISO 11731:2017, edición actualmente vigente¹⁴. Asimismo, se identificaron los serogrupos de *Legionella pneumophila* SG1 y SG2-14 mediante inmunoaglutinación con látex.

Un total de 252 cepas de *Legionella pneumophila* SG1 aisladas de muestras de agua recogidas entre 2010 y 2024 fueron enviadas al CNM-ISCIII para su caracterización utilizando el panel de Anticuerpos Monoclonales de Dresden (AcMo)^{15,16}.

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A partir de un total de 13 493 observaciones, se realizó un análisis descriptivo mediante el cálculo de frecuencias absolutas y relativas, así como porcentajes para todas las variables presencia de *Legionella*, comarca, tipo de instalación, mes y año, acompañado de representaciones gráficas.

El tratamiento de datos censurados (< LOQ: límite de cuantificación) se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones de Helsel (2011)¹⁷, aplicando el estimador de Kaplan-Meier, los valores \geq LOQ se consideraron observaciones exactas.

Se realizó un análisis de regresión logística univariable para evaluar la asociación de cada variable independiente (año, mes/estación, comarca y tipo de

instalación) con la presencia de *Legionella*. Las variables con $p < 0,05$ se incluyeron en un modelo multivariable mediante selección hacia adelante (*forward stepwise*). Para mejorar la estabilidad, el tipo de instalación se recodificó en 6 categorías agrupando en la categoría OTROS las instalaciones de baja frecuencia (ACS, CRF, FOR, SPA, LVH y OTROS) y la variable mes se transformó en estaciones del año. En el modelo de regresión logística multivariable incluimos como covariables el tipo de instalación, la estación (variable derivada del mes), el año y la comarca, a fin de ajustar por estacionalidad y diferencias territoriales. Se compararon cuatro modelos multivariables que combinaban año vs. períodos de cinco años y mes vs. estación. Dado que las variaciones fueron mínimas, se seleccionó el modelo con "año y estación", por ofrecer mejor interpretabilidad. La colinealidad entre los predictores se evaluó con VIF y tolerancia, obteniéndose valores dentro de rangos aceptables (VIF < 1,1; tolerancia > 0,99).

El análisis estadístico se realizó con SPSS® v.25.0 y Microsoft® Excel® (elaboración de los gráficos).

RESULTADOS

1. ESTUDIO DESCRIPTIVO

Entre 2005 y 2024, se analizaron 13 493 muestreos, con 1 687 (12,5 %) resultados positivos para *Legionella* spp. La distribución del muestreo varió entre comarcas: San Sebastián concentró el mayor número de muestras (3 980; 29,5 %), mientras que Alto-Bajo Deba registró el mayor número absoluto de positivas (528; 17,3 %) (tabla 1).

Los sistemas de ACS, con 9 230 muestras recogidas (2 309 en acumulador, 2 135 en retorno y 4 789 en punto terminal), representan el 68,4 % de todas las muestras del periodo. A pesar de su volumen, presentan un 11,2 % de positividad frente a *Legionella* spp. (1,2 % en acumulador, 3,4 % en retorno y 6,5 % en punto terminal) en el periodo estudiado. En contraste, los sistemas de CRF con 2 396 muestras recogidas, la positividad es la mayor (21,3 %) (figura 1A). Los ACS concentran la mayor actividad de muestreo en mayo, junio y noviembre, el porcentaje

Tabla 1. Nº de muestras positivas y porcentaje de muestras positivas

COMARCA	Nº muestras	Porcentaje	Nº muestras +	Porcentaje +
San Sebastián	3 980	29,5 %	307	7,7 %
Bidasoa	1 621	12,0 %	156	9,6 %
Alto-Bajo Deba	3 053	22,6 %	528	17,3 %
Urola	2 087	15,5 %	241	11,6 %
Tolosa-Goierri	2 752	20,4 %	455	16,5 %
Total periodo	13 493	100 %	1 687	12,5 %

Figura 1. A. Número de muestras por instalación y porcentaje de positividad (2005-2024). B. Número de muestras mensuales y porcentaje de positividad en ACS y CRF (2005-2024)

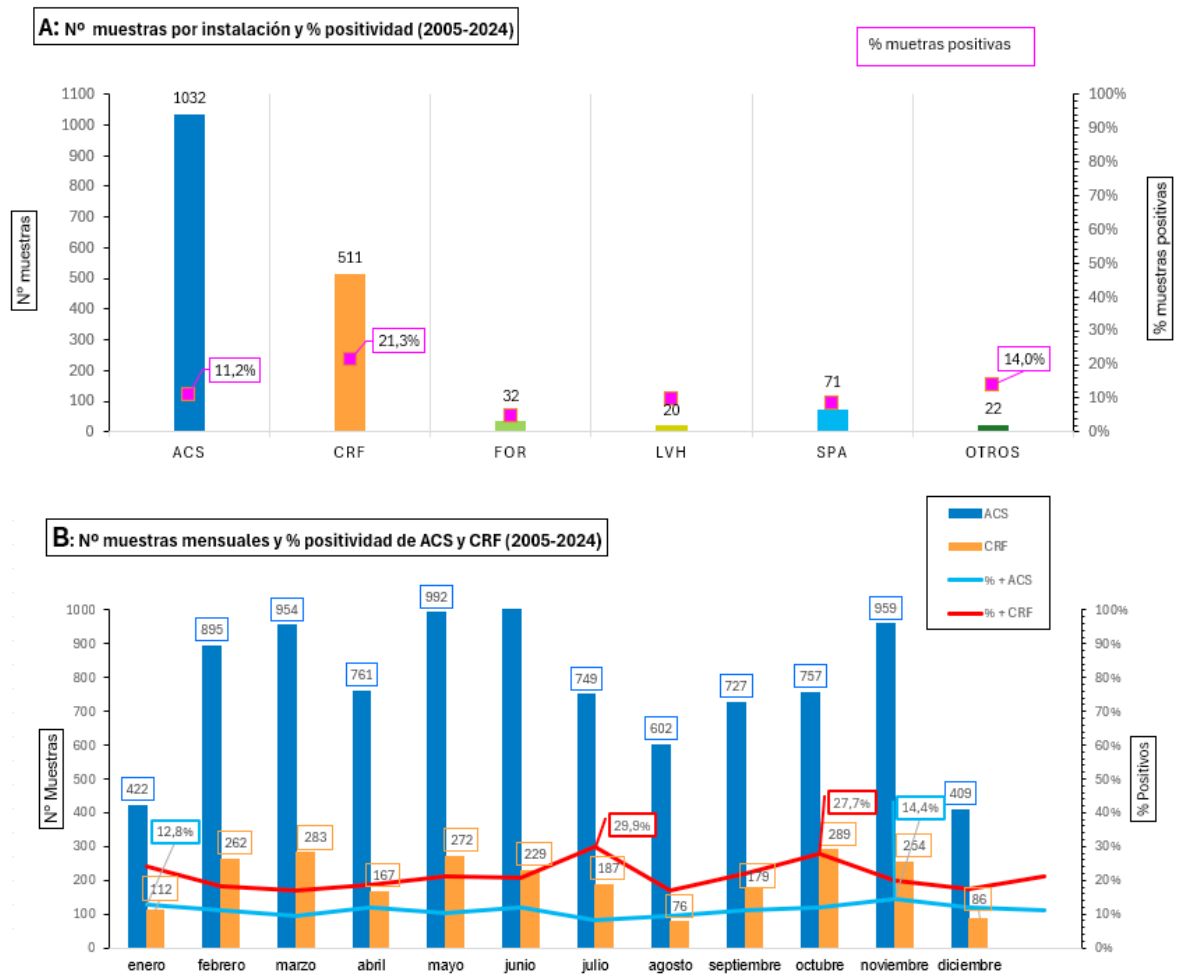
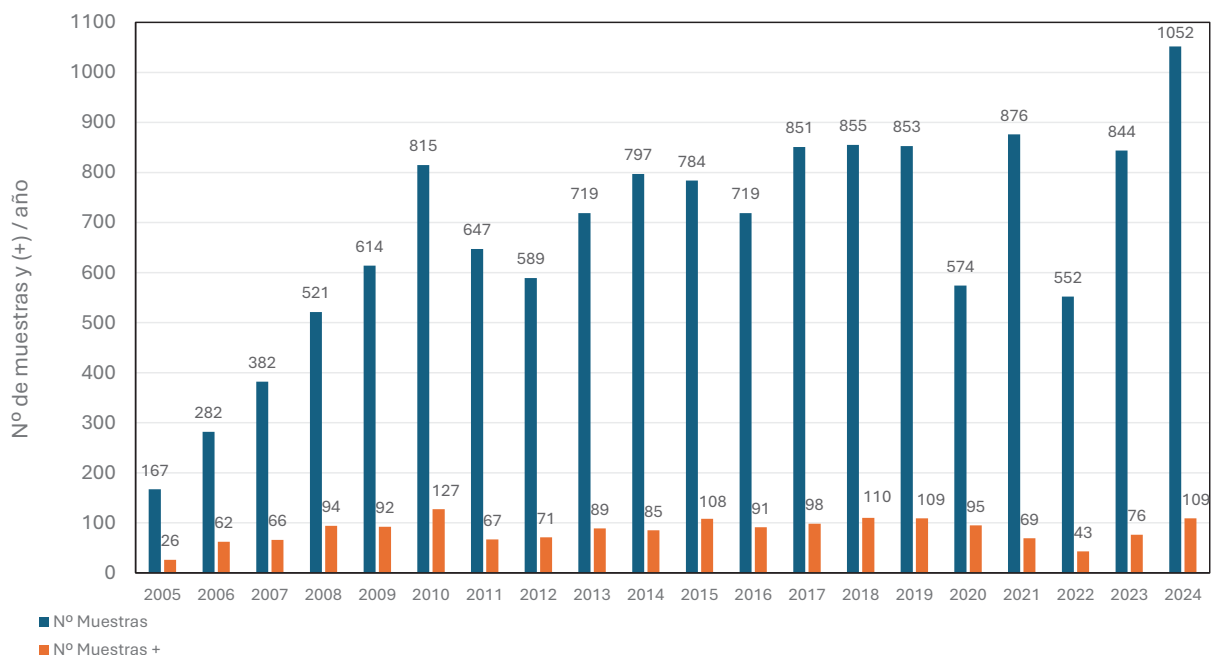


Figura 2. Número de muestras totales y positivas para *Legionella spp.* por año



de mayor positividad se encuentra en enero (12,8 %) y noviembre (14,4 %). Los CRF con una distribución mensual de muestras más homogénea, muestran picos marcados de positividad en julio (29,9 %) y octubre (27,7 %) (figura 1B). Su distribución por comarcas es menos homogénea que la de ACS. Se concentra sobre todo en Tolosa, que aporta el 29,2 % del muestreo de la comarca y registra un 40,9 % de positivos en CRF. Le siguen Alto-Bajo Deba (23,9 % del muestreo; 29,7 % de positivos) y Bidasoa (23,0 %; 53,8 %).

En la distribución anual 2024 acumuló el mayor número de muestras (1 052; 7,8 %). El mayor porcentaje de muestras positivas por año se obtuvo en 2006 (22 %), disminuyó por debajo del 15 % a partir de 2010, con un pico puntual en 2020 (16,6 %) (figura 2).

Respecto a las concentraciones, los recuentos positivos de *Legionella* spp. oscilaron entre 1 y 1×10^7 UFC/L. La mediana fue de 780 UFC/L (IC del 95 %: 686–874), la media de 36 297 UFC/L (IC del 95 %: 17 841–54 754), el percentil 25 en 150 UFC/L, el 50 en 780 UFC/L y el 75 en 5 300 UFC/L.

La actividad de muestreo mensual fue relativamente estable, aunque enero, agosto y diciembre tuvieron menos muestras, coincidiendo con periodos vacacionales y cierres temporales. Los porcentajes de positividad fueron más elevados en enero (15,68 %) y octubre (15,12 %). La estación con mayor proporción de positivos fue el otoño (tabla 2).

Tabla 2. Resultados por mes y estación

MES	Estación	Nº Muestras	%	Nº Muestras Estación	% Estación	Nº Muestras +	% Muestras +	Nº Muestras + Estación	% Muestras + Estación
enero	Invierno	574	4,3 %	3 196	23,7 %	90	15,7 %	393	12,3 %
febrero		1 260	9,3 %			153	12,1 %		
marzo		1 362	10,1 %			150	11 %		
abril	Primavera	1 029	7,6 %	4 026	29,8 %	140	13,6 %	497	12,3 %
mayo		1 469	10,9 %			170	11,6 %		
junio		1 528	11,3 %			187	12,2 %		
julio	Verano	1 149	8,5 %	3 123	23,2 %	124	10,8 %	338	10,8 %
agosto		861	6,4 %			79	9,2 %		
septiembre		1 113	8,2 %			135	12,1 %		
octubre	Otoño	1 210	9 %	3 148	23,3 %	183	15,1 %	459	14,6 %
noviembre		1 360	10,1 %			201	14,8 %		
diciembre		578	4,3 %			75	13 %		
Total Periodo		13 493	100 %	13 493	100 %	1 687	12,5 %	1 687	12,5 %

2. DISTRIBUCIÓN DE SEROGRUPOS DE *LEGIONELLA* SPP. Y CARACTERIZACIÓN DEL SG1

De la tipificación microbiológica de los cultivos, se observó que, de las 1 687 muestras positivas, 217 muestras (12,9 %) se identificaron como *Legionella* spp., y 1 470 (87 %) como *L. pneumophila*.

De las muestras identificadas como *L. pneumophila*, la distribución por serogrupos fue la siguiente: 534 (31,6 %) correspondieron al SG1, 652 (38,7 %) a los SG2-14 y en 118 (7 %) se identificaron SG1 y SG2-14. En 166 muestras (9,7 %) no se pudo identificar el serogrupo (figura 3).

Al analizar los datos por periodos de cinco años, se observó que, excepto en el primer periodo (2005-2009),

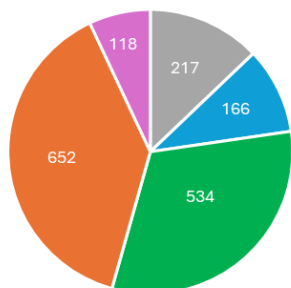
donde predominó *L. pneumophila* SG1, en los periodos posteriores *L. pneumophila* SG2-14 fue el más frecuente.

En 2010, de las 127 muestras positivas tipificadas, 71 (56 %) correspondieron al SG2-14, siendo el año con mayor número absoluto de aislamientos de este grupo (tabla 3).

A partir del año 2010 se realizó la tipificación fenotípica en el CNM-ISCIII de algunos aislados de *L. pneumophila* SG1. De un total de 252 muestras tipificadas, 188 (74,6 %), se clasificaron como pertenecientes al subgrupo (MAb 3/1-), 62 (24,6 %) al subgrupo (MAb 3/1 +) y con ambos 2 (0,8 %) (figura 4). El subgrupo Olda OLDA resultó ser el más frecuente con 81 aislados (32,14 %) y 19 aislados identificados como Olda OLDA-Olda Oxford (7,54 %) (tabla 4).

Figura 3. Resultados según especie y serogrupo (SG) de Legionella. Años 2005-2024

Nº de muestras por especie y serogrupo 2005-2024



■ L. spp ■ L. pneumophila ■ L.pn. SG1 ■ L.pn. SG 2-14 ■ L.pn. SG 1 y 214

Figura 4. *L. pneumophila* SG1. Tipificación

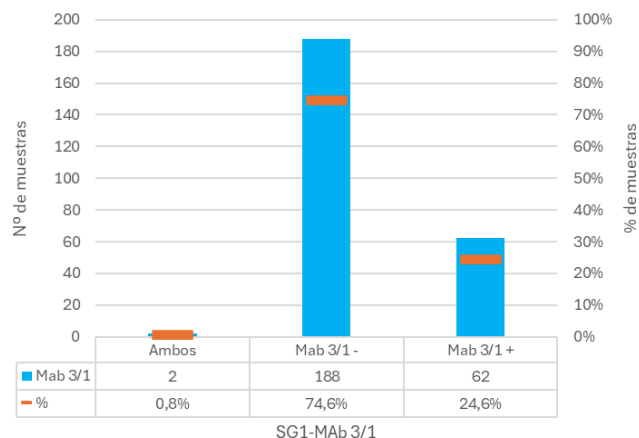


Tabla 3. Identificación de especie y serogrupo de *L. pneumophila*

Año	<i>L. spp</i>	<i>L. pneumophila</i>	<i>L. pn</i> SG1	<i>L. pn</i> SG2-14	<i>L. pn</i> SG1 y SG2-14	Total
2005	5	0	21	0	0	26
2006	15	4	43	0	0	62
2007	10	1	55	0	0	66
2008	30	0	64	0	0	94
2009	7	8	26	49	2	92
2005-2009	67	13	209	49	2	340
2010	14	7	27	71	8	127
2011	4	11	10	40	2	67
2012	4	3	13	43	8	71
2013	10	5	31	36	7	89
2014	12	4	27	34	8	85
2010-2014	44	30	108	224	33	439
2015	8	8	43	34	15	108
2016	8	7	26	41	10	92
2017	11	9	30	45	3	98
2018	2	33	36	21	18	110
2019	1	52	16	37	3	109
2015-2019	30	109	151	178	49	517
2020	3	9	15	53	15	95
2021	7	2	11	43	6	69
2022	4	0	9	26	4	43
2023	31	0	17	25	3	76
2024	32	3	14	54	6	109
2020-2024	77	14	66	201	34	392
Total	218	166	534	652	118	1 688
Total %	12,9 %	9,8 %	31,6 %	38,6 %	7 %	100 %

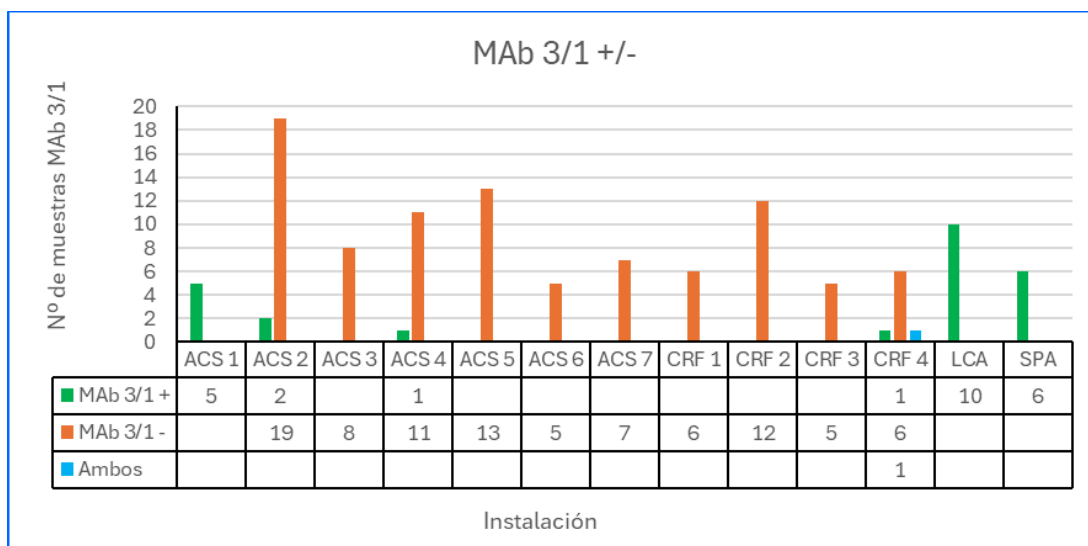
Tabla 4. Identificación Subgrupo *L. pneumophila* SG1 y % de Mab 3/1(+/-)

<i>L. pneumophila</i> SG1	Mab 3/1 +	%
Pontiac	13	5,2 %
Pontiac Allentown / France	8	3,2 %
Pontiac Allentown / France - Pontiac Benidorm	1	0,4 %
Pontiac Benidorm	12	4,8 %
Pontiac Knoxville	11	4,4 %
Pontiac knoxville - Pontiac Philadelphia	1	0,4 %
Pontiac Philadelphia	16	6,4 %
<i>L. pneumophila</i> SG1	Mab 3/1 -	%
Olda o Bellingham	42	16,7 %
Bellingham	15	6,0 %
Bellingham	1	0,4 %
Bellingham	1	0,4 %
Olda	7	2,8 %
Olda	1	0,4 %
Olda	81	32,1 %
Olda	19	7,5 %
Olda	21	8,3 %
<i>L. pneumophila</i> SG1	Ambos	%
Bellingham - Pontiac Benidorm	1	0,4 %
Olda OLDA - Pontiac Allentown / France	1	0,4 %
Total	252	100 %

Se analizaron las 13 instalaciones que contaban con al menos resultados de 5 muestras tipificadas (7 ACS, 4 CRF, 1SPA y 1 LCA). En la mayoría de ellas se observó el mismo patrón del MAb 3/1. Solo en 3, aparecieron ambos

tipos del marcador MAb 3/1. Por otro lado, al analizar los subgrupos se observó una clara diversidad de cepas en cada instalación (figuras 5 y 6).

Figura 5. Instalaciones con más de 5 muestras tipificadas. MAb 3/1



3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el análisis univariable, las cuatro variables analizadas demostraron asociación estadísticamente significativa con la presencia de *Legionella* ($p < 0,001$) (tabla 5).

El modelo de regresión logística multivariable elegido mostró un buen ajuste y los resultados fueron confiables. La prueba ómnibus mostró que el modelo fue significativo (Chi cuadrado de Pearson (χ^2) = 441,529; $p < 0,001$) y clasificó correctamente el 87,5 % de los casos. La prueba de Hosmer-Lemeshow utilizada para evaluar la bondad del ajuste, indicó que las predicciones del modelo se ajustaron correctamente a los datos observados ($p = 0,084$). La capacidad discriminativa del modelo, medida mediante el área bajo la curva fue moderada (AUC=0,655). Los coeficientes de determinación ajustados R^2 de Cox y Snell (0,032) y R^2 de Nagelkerke (0,061) fueron bajos, lo que indica que el modelo explicó solo una parte de la variabilidad del evento. No obstante, todas las variables incluidas resultaron significativas, lo que respalda la validez del modelo.

La presencia de *Legionella* spp. mostró diferencias estadísticamente significativas en función de la comarca,

el tipo de instalación, el mes y el año de muestreo. Entre las comarcas, Alto Bajo-Deba presentó la mayor probabilidad de detección frente al resto de las comarcas (OR: 1,403 $p = 0,000$) seguido de Tolosa-Goierri (OR: 1,375 $p = 0,000$).

Los circuitos de refrigeración (CRF) se asociaron con mayor probabilidad de positividad (OR:2,161 y $p = 0,001$).

El análisis indicó una mayor probabilidad de presencia de *Legionella* en otoño (categoría de referencia) seguido del invierno (OR:0,830 $p = 0,015$), la primavera (OR:0,827 $p = 0,009$) y el verano (OR: 0,804 $p = 0,006$).

Respecto a la variable año, entre 2006 y 2010, se observó un aumento significativo en la probabilidad de presencia de *Legionella* en comparación con 2024. El mayor incremento se registró en 2006 (OR:1,885; $p = 0,001$), lo que indica que la probabilidad casi se duplicó con respecto a 2024. El año 2020 también mostró un aumento significativo (OR:1,429; $p = 0,021$).

En el periodo 2011-2019, los cambios fueron menores y no significativos. A partir de 2021 se observó una disminución significativa, con una reducción del 30 % en la probabilidad de presencia con respecto a 2024 (tabla 6).

Tabla 5. Univariables - categorías significativas ($p < 0,05$)

Variable	X ² (gl)	Valor p global	Categoría	OR (IC 95 %)	Valor p
Comarca	205,72	< 0,001	Urola (Ref.)	1,00	-
			Deba	1,60 (1,36-1,89)	< 0,001
			San Sebastián	0,64 (0,54-0,77)	< 0,001
			Tolosa	1,52 (1,28-1,79)	< 0,001
Tipo de Instalación	218,32	< 0,001	Otros (Ref.)	1,00	-
			CRF	2,69 (1,71-4,21)	< 0,001
			FOR	0,50 (0,28-0,87)	< 0,014
Mes	36,64	< 0,001	Diciembre (Ref.)	1,00	-
			Agosto	0,68 (0,49-0,95)	0,023
Año	113,74	< 0,001	2024 (Ref.)	1,00	-
			2005	1,60 (1,00-2,53)	0,048
			2006	2,44 (1,73-3,44)	< 0,001
			2007	1,81 (1,30-2,52)	< 0,001
			2008	1,91 (1,41-2,57)	< 0,001
			2009	1,53 (1,13-2,05)	0,005
			2010	1,60 (1,21-2,10)	0,001
			2015	1,38 (1,04-1,84)	0,025
			2020	1,72 (1,28-2,31)	< 0,001

Tabla 6. Regresión logística multivariable: coeficientes B, errores estándar, estadístico Wald, significación, odds ratio (Exp(B)) e intervalos de confianza. La constante refleja la odds basal del modelo (categorías de referencia)

Variable	B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	95% C.I. para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Tipo Instalación OTROS (Ref.)			121,945	5	0,000			
ACS	0,173	0,230	0,565	1	0,452	1,188	0,758	1,864
CRF	0,770	0,233	10,948	1	0,001	2,161	1,369	3,41
FOR	-0,587	0,292	4,041	1	0,044	0,556	0,313	0,985
SPA	0,036	0,260	0,019	1	0,891	1,036	0,622	1,725
LVH	-0,098	0,329	0,089	1	0,765	0,906	0,475	1,728
Año 2024 (Ref.)	82,561	19,000			0,000			
2005	-0,053	0,243	0,048	1	0,827	0,948	0,589	1,528
2006	0,634	0,183	12,004	1	0,001	1,885	1,317	2,697
2007	0,515	0,172	8,953	1	0,003	1,673	1,194	2,343
2008	0,460	0,156	8,668	1	0,003	1,584	1,166	2,152
2009	0,302	0,155	3,787	1	0,052	1,352	0,998	1,832
2010	0,415	0,143	8,419	1	0,004	1,514	1,144	2,004
2011	-0,057	0,167	0,116	1	0,733	0,945	0,682	1,31
2012	0,068	0,165	0,170	1	0,68	1,07	0,775	1,479
2013	0,113	0,155	0,537	1	0,464	1,12	0,827	1,517
2014	-0,063	0,155	0,164	1	0,685	0,939	0,693	1,273
2015	0,180	0,147	1,496	1	0,221	1,197	0,897	1,597
2016	0,074	0,154	0,233	1	0,629	1,077	0,797	1,456
2017	-0,060	0,150	0,158	1	0,691	0,942	0,702	1,264
2018	0,100	0,146	0,465	1	0,495	1,105	0,83	1,471
2019	0,106	0,146	0,523	1	0,47	1,112	0,835	1,48
2020	0,357	0,154	5,367	1	0,021	1,429	1,057	1,934
2021	-0,371	0,163	5,179	1	0,023	0,69	0,502	0,95
2022	-0,286	0,191	2,243	1	0,134	0,751	0,516	1,092
2023	-0,231	0,159	2,109	1	0,146	0,794	0,581	1,084
Comarca Urola (Ref.)			112,543	4	0,000			
Bidasoa	-0,266	0,112	5,682	1	0,017	0,766	0,616	0,954
Alto-Bajo Deba	0,339	0,086	15,476	1	0,000	1,403	1,185	1,661
San Sebastián	-0,363	0,093	15,218	1	0,000	0,696	0,58	0,835
Tolosa	0,318	0,089	12,735	1	0,000	1,375	1,154	1,638
Estación Otoño (Ref.)			10,555	3	0,014			
Invierno	-0,187	0,077	5,937	1	0,015	0,83	0,714	0,964
Primavera	-0,191	0,073	6,882	1	0,009	0,827	0,717	0,953
Verano	-0,219	0,079	7,632	1	0,006	0,804	0,688	0,938
Constante	-2,212	0,265	69,742	1	0	0,11		

DISCUSIÓN

1. VARIABILIDAD GEOGRÁFICA

Se observaron diferencias entre comarcas en la proporción de muestras positivas. Parte de esta variabilidad puede deberse a la composición del muestreo, ya que algunas comarcas se muestrearon más CRF (Tolosa-Goierri) y otras más ACS (San Sebastián). Sin embargo, estas diferencias persistieron en el modelo ajustado donde CRF conservó una asociación independiente con la positividad tras controlar por estación, año y comarca.

Esto sugiere la influencia de factores ambientales y operativos propios de cada zona. Entre estos factores pueden encontrarse las características de la red de abastecimiento y de la hidrología^{18,19}, la configuración de las redes, la calidad del agua²⁰ y diversas condiciones ambientales²¹, previamente asociados con un aumento de casos de legionelosis.

2. FACTORES OPERATIVOS DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones de ACS y, especialmente, los CRF concentraron el mayor número de muestras positivas; además el análisis de regresión multivariable confirma que el tipo de instalación (en particular los CRF) mantuvo una asociación independiente con la positividad, coincidiendo con estudios que las señalan a estos sistemas como críticos por sus condiciones favorables para la multiplicación bacteriana²²⁻²⁶.

El diseño complejo de los CRF, su uso en ocasiones intermitente - que favorece el estancamiento del agua -, junto con la antigüedad de la instalación y la calidad del agua, son factores que facilitan la colonización bacteriana²⁷⁻³⁰. La acumulación de materia orgánica, la formación de biofilms y la interacción con otros microorganismos incrementan la supervivencia de *Legionella*, especialmente en épocas cálidas, cuando las condiciones ambientales y la mayor disponibilidad de nutrientes favorecen su proliferación. Todo ello refuerza la importancia de un mantenimiento adecuado²¹.

3. VARIABILIDAD ESTACIONAL

Se observa un patrón estacional con mayor riesgo en otoño, con una tendencia descendente en invierno, primavera y verano. Aunque parte de esta estacionalidad se debe al calendario operativo del muestreo (por ejemplo, mayor presencia de CRF en primavera-otoño), incluso tras ajustar por instalación persisten las variaciones estacionales.

Varios estudios han identificado tendencias similares, aunque con variaciones según el tipo de instalación y el clima local. Se han relacionado estos patrones con temperaturas más altas del agua en verano, con el estancamiento durante el período vacacional y con la posterior reactivación de estos sistemas³¹. Algunos estudios sugieren la influencia de la alta temperatura ambiente, del agua de suministro por encima de 20 °C³² o de mayores variaciones diarias de la temperatura (diferencia entre máxima y mínima), factores asociados a una mayor frecuencia de detección de *Legionella*³³.

Otros trabajos plantean que, la estacionalidad podría deberse más a factores operativos, como el bajo caudal, la presencia de biofilm y el bajo nivel de desinfectante en sistemas clorados que con un aumento de la temperatura del agua³⁴. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar variables ambientales y operativas en el diseño de estrategias de vigilancia.

Gipuzkoa posee un clima oceánico húmedo, con temperaturas moderadas todo el año (media anual: 13-15 °C), escasa oscilación térmica diurna (6-8 °C de diferencia entre máximas y mínimas) y alta pluviosidad (1 200-2 000 mm/año)³⁵. Este clima de tipo oceánico podría contribuir a las diferencias con estudios realizados en climas mediterráneos o continentales³⁶, donde la estacionalidad suele ser más marcada; sin embargo, no contamos con evidencia directa que permita atribuir a este factor las diferencias observadas.

La mayoría de los estudios relacionan los casos de legionelosis con condiciones climáticas durante el período de incubación (2-10 días antes del diagnóstico), especialmente temperatura, humedad y precipitaciones³⁶. En España, los casos de legionelosis suelen concentrarse entre finales de verano y principios de otoño, lo que se relaciona con una mayor temperatura ambiente en julio y agosto y con la mayor humedad ambiental en otoño. El desfase de dos meses con respecto a la temperatura ambiente podría explicarse por el lento crecimiento de la bacteria (más prolongado en su medio natural), junto con el tiempo de incubación y las demoras en el diagnóstico y hospitalización^{6,37,38}.

Sin embargo, la evidencia actual sobre estacionalidad en la enfermedad del legionario indica que son muchos los factores que se combinan y estos pueden variar según la región o país²¹.

4. TENDENCIAS TEMPORALES

El análisis mostró un mayor riesgo en el período inicial (2006-2010) y un incremento puntual en 2020, posiblemente relacionado con el cierre prolongado de

instalaciones durante la pandemia de COVID-19, que favoreció el estancamiento del agua y el crecimiento de *Legionella*^{39,40}. El descenso observado en 2022 podría deberse a variaciones operativas en la planificación del muestreo y no a cambios epidemiológicos o ambientales documentados.

La tendencia descendente posterior podría reflejar tanto mejoras en las medidas de control y una mayor exigencia normativa como cambios en la composición del muestreo, en particular el descenso notable del número de CRF muestreados en los últimos años (instalaciones con mayor probabilidad de positividad según el análisis por tipo y año).

Este descenso contrasta con el aumento de casos clínicos observados en España, especialmente en regiones del norte; dicho aumento podría estar influido por factores ambientales compartidos (temperatura, humedad o pluviosidad) y por mejoras en la notificación y la vigilancia epidemiológica^{38,41}.

En Gipuzkoa, al igual que en muchos otros países, la mayoría de los casos de legionelosis han sido esporádicos y de origen comunitario, sin que se lograra identificar la fuente ambiental²¹ y solo se notificó un brote asociado a un balneario en 2011⁴².

En Europa y España, la incidencia continúa aumentando, con una breve disminución en 2020, durante la primera fase de la pandemia COVID-19⁵. La pandemia no modificó sustancialmente la epidemiología de la enfermedad, que probablemente se deba a que no se transmite de persona a persona, por lo que las medidas de distanciamiento social no tuvieron un impacto relevante en la epidemiología, lo que subraya la necesidad de identificar las fuentes ambientales para mejorar la prevención.

5. DIVERSIDAD DE SEROGRUPOS

L. pneumophila fue la especie más prevalente, consolidando su papel como principal patógeno. Se observó un predominio de los serogrupos SG2-14 frente a SG1, un patrón que coincide con estudios que muestran menor frecuencia de SG1 en vigilancia ambiental³¹. La detección de ambos serogrupos en varias instalaciones sugiere la coexistencia de distintas subpoblaciones circulantes y, por tanto, una mayor diversidad genética dentro de los sistemas hídricos estudiados.

Diversos estudios han demostrado que solo algunas cepas de *L. pneumophila* están asociadas al marcador de virulencia MAb 3/1 positivo (responsables de la mayoría de las infecciones comunitarias), mientras que en sistemas ambientales predominan las cepas MAb 3/1 negativas⁴³⁻⁴⁶. En nuestro estudio, la mayoría de las cepas

tipificadas fueron MAb 3/1 negativas, lo que coincide con estudios nacionales¹⁴. Este hallazgo podría explicar la ausencia de brotes asociados a estas instalaciones en Gipuzkoa y plantea dudas sobre el papel de estas cepas ambientales en los casos esporádicos y brotes.

LIMITACIONES:

Muestreo: El muestreo no fue uniforme por mes ni por comarca según el tipo de instalación, lo que podría haber contribuido a parte de las diferencias geográficas y estacionales observadas. Aun así, tras ajustar la regresión logística multivariable por estación, año y comarca, el tipo de instalación corroboró una asociación independiente de los CRF con la positividad.

Los neutralizantes específicos se incorporaron en 2012; antes se utilizaba tiosulfato. Sin embargo, el período 2005-2010 fue el que mostró más positividad, por lo que este cambio en el método no parece explicar la tendencia observada, si bien debe tenerse en cuenta al comparar periodos.

Datos censurados: La asignación de valores censurados introduce cierto grado de incertidumbre en las estimaciones, lo que debe considerarse al interpretar los resultados

Recodificación de variables: La recodificación de categorías de baja frecuencia mejoró la robustez del análisis, pero pudo reducir la especificidad de algunos hallazgos.

Variables no evaluadas: El modelo explica solo una parte de la variabilidad, lo que indica que existen otros factores relevantes no incluidos (p.ej., temperatura y características físico-químicas del agua, desinfectante residual, biopelícula, diseño y mantenimiento de las instalaciones o las condiciones meteorológicas).

Tipificación parcial: La ausencia de tipificación en más de la mitad de las muestras de *L. pneumophila* SG1 no enviadas al CNM-ISCIII limita la generalización de los resultados para este grupo.

CONCLUSIONES

La detección de *Legionella* spp. en muestras ambientales mostró variaciones temporales, geográficas y estructurales. La probabilidad de positividad fue mayor en otoño, en determinadas comarcas y en CRF.

La tendencia descendente observada tras 2020 debe interpretarse con cautela: puede reflejar tanto mejoras de control como cambios en la composición del muestreo (menor peso de CRF).

La diversidad de serogrupos (predominio de SG2-14 frente a SG1) y la alta proporción de cepas MAb 3/1 negativas (menos asociadas a virulencia) sugiere un riesgo bajo de brotes y un papel limitado en los casos esporádicos en Gipuzkoa.

RECOMENDACIONES

Reforzar la vigilancia basada en riesgo estacional, priorizando los CRF, el otoño y las áreas con mayor carga.

Profundizar en el análisis incorporando variables ambientales y operativas (meteorología, diferencias geográficas entre comarcas, parámetros del agua de aporte, desinfectante residual, indicadores de biofilm, diseño y mantenimiento) para mejorar la capacidad explicativa y predictiva.

Incorporar la identificación de subgrupos de SG1, especialmente MAb 3/1+ para mejorar la evaluación del riesgo, ya que aporta información útil sobre qué cepas pueden llegar a causar enfermedad, y así dirigir la vigilancia y las medidas de control hacia las instalaciones con mayor riesgo.

Ampliar la investigación de otras posibles fuentes de transmisión de *Legionella* para mejorar la prevención y el control.

BIBLIOGRAFÍA

- Romanov KA, O'Connor TJ. Legionella pneumophila, a Rosetta stone to understanding bacterial pathogenesis. *J Bacteriol*. 2024;206:e00324-24. Doi: 10.1128/jb.00324-24.
- Barbosa A, Azevedo NF, Goeres DM, et al. Ecology of Legionella pneumophila biofilms: the link between transcriptional activity and the biphasic cycle. *Biofilm*. 2024;7:100196. Doi: 10.1016/j.biofilm.2024.100196.
- Organización Mundial de la Salud. Legionelosis. Hoja informativa [Internet]. Ginebra: OMS; 2021 [citado 2025 nov 21]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/legionellosis>.
- Brady MF, Awosika AO, Nguyen AD, et al. Legionnaires Disease [Internet]. [Actualizado 24 Feb 2024]. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430807/>.
- European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease. In: ECDC. Annual Epidemiological Report for 2022. Stockholm: ECDC; 2026.
- Chaves-Cordero J, Guerrero-Vadillo M, Cano-Portero R, Varela-Martínez C, Martín-Mesonero C, Roche-Royo J, Gómez-Barroso D. Estudio epidemiológico de la legionelosis esporádica en España (2011-2023). *Bol Epidemiol Sem*. 2025;33(2):86-95. Doi: 10.4321/s2173-92772025000200003.
- Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, Departamento de Salud. Informe de resultados de vigilancia en salud pública 2023 [Internet]. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco; 2024 [citado 2025 nov 21]. Disponible en: <https://www.euskadi.eus/informacion/informes-de-vigilancia-epidemiologica/web01-a3vipub/es/>.
- Ministerio de Sanidad y Consumo. Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis [Internet]. Boletín Oficial del Estado. 2003. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-14408>.
- Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis [Internet]. 2022. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-10297>.
- Gobierno Vasco, Departamento de Salud. Departamento de Salud Pública del Gobierno Vasco [Internet]. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco; 2025 May 28 [citado 2025 nov 21]. Disponible en: <https://www.euskadi.eus/informacion/prevencion-y-control-legionellosis/web01-a2ingsan/es/>.
- Departamento de Salud, Gobierno Vasco. Sedes y delegaciones del Departamento de Salud [Internet]. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco; [citado 2025 nov 21]. Disponible en: <https://www.euskadi.eus/sedes-y-delegaciones-del-departamento-de-salud/web01-s2osa/es/>.
- Departamento de Salud del Gobierno Vasco. Guía para la toma de muestras. Control preventivo de legionelosis en instalaciones de riesgo de la CAPV. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco; 2020 [citado 2025 nov 21]. Disponible en: https://www.euskadi.eus/web01-a2aznscp/es/k75aWebPublicacionesWar/k75aObtenerPublicacionDigitalServlet?R01HNoPortal=true&N_LIBR=052533&N_EDIC=0001&C_IDIOM=es&FORMATO=.pdf.
- Centro Nacional de Epidemiología. Legionelosis [Internet]. Madrid: Instituto de Salud Carlos III; 2025 [citado 2025 nov 21]. Disponible en: <https://cne.isciii.es/es/servicios/enfermedades-transmisibles/enfermedades-a-z/legionellosis>.
- Organización Internacional de Normalización. ISO 11731:2017. Water quality — Enumeration of Legionella. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/61782.html>.
- Bellido B, Pelaz C. Programa de Legionelosis. En: Echevarría Mayo JE, Oteo Iglesias J, editores. Centro Nacional de Microbiología. Programas de Vigilancia Microbiológica. Madrid: Instituto de Salud Carlos III; 2021. p. 74-85.
- Echevarría Mayo JE, Oteo Iglesias J, Jado García I, editores. Programas de Vigilancia Microbiológica Centro Nacional de Microbiología. Volumen 2. Majadahonda (Madrid): Instituto de Salud Carlos III, Centro Nacional de Microbiología; 2023. p. 77-89. Disponible en: <https://repisalud.isciii.es/entities/publication/06825c9d-903f-48b8-ac7e-a2b1791d7b48>.
- Helsel DR. Statistics for censored environmental data using Minitab and R (2ª ed.). Wiley. 2011. Doi: 10.1002/9781118162729.
- Gobierno Vasco. Sistema de Información de Aguas de Consumo de Euskadi (EKUIS) [Internet]. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco; 2025 [citado 2025 nov 21]. Disponible en: <https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/sistema-de-informacion-de-aguas-de-consumo/>.
- Schwake DO, Alum A, Abbaszadegan M. Legionella Occurrence beyond Cooling Towers and Premise Plumbing. *Microorganisms*. 2021;9:2543. Doi: 10.3390/microorganisms9122543.
- Buse HY, Morris BJ, Gomez-Alvarez V, Szabo JG, Hall JS. Legionella Diversity and Spatiotemporal Variation in The Occurrence of Opportunistic Pathogens within a Large Building Water System. *Pathogens*. 2020 Jul 13;9(7):567. Doi: 10.3390/pathogens9070567.
- Hammes F, Gabrielli M, Cavallaro A, Eichelberg A, Barigelli S, Bigler M, et al. Foresight 2035: a perspective on the next decade of research on the management of Legionella spp. in engineered aquatic environments. *FEMS Microbiol Rev*. 2025;49:fuaf022. Doi: 10.1093/femsre/fuaf022.

22. Checa Raya J, del Hoyo Pastor R, Carbonell Sánchez I, Martí Casanovas I. Distribución y frecuencia de las diferentes especies y serogrupos de *Legionella* aisladas por cultivo en instalaciones de riesgo por legionelosis. La experiencia del Laboratorio de Salud Pública de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). *Rev Salud Ambient* [Internet]. 2024;24(1):16–29. Recuperado a partir de: <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1238>.
23. García-Fulgueiras A, Navarro C, Fenoll D, García J, González-Diego P, Jiménez-Buñuales T, et al. Legionnaires' disease outbreak in Murcia, Spain. *Emerg Infect Dis*. 2003;9(8):915–21. Doi: 10.3201/eid0908.030337
24. Fitzhenry R, Weiss D, Cimini D, et al. Legionnaires' disease outbreaks and cooling towers, New York City, New York, USA. *Emerg Infect Dis*. 2017;23:1769–76. Doi: 10.3201/eid2311.161584.
25. Nguyen TM, Illef D, Jarraud S, et al. A community-wide outbreak of Legionnaires disease linked to industrial cooling towers—how far can contaminate aerosols spread? *J Infect Dis*. 2006;193:102–11. Doi: 10.1086/498575.
26. Radziminski C, White P. Cooling tower *Legionella pneumophila* surveillance results: Vancouver, Canada, 2021 [Internet]. ResearchGate. 2023 [citado 15 may 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/368910450_Cooling_tower_Legionella_pneumophila_surveillance_results_Vancouver_Canada_2021ResearchGate.
27. Bentham RH, Broadbent CR. A model for autumn outbreaks of Legionnaires' disease associated with cooling towers, linked to system operation and size. *Epidemiol Infect*. 1993;111(2):287-95. Doi: 10.1017/S0950268800056995.
28. Rivera J, Aguilar L, Granizo JJ, et al. Isolation of *Legionella* species/serogroups from water cooling systems compared with potable water systems in Spanish healthcare facilities. *J Hosp Infect*. 2007;67(4):360-6. Doi: 10.1016/j.jhin.2007.07.022.
29. Logan-Jackson AR, Rose JB. Water Age Effects on the Occurrence and Concentration of *Legionella* Species in the Distribution System, Premise Plumbing, and the Cooling Towers. *Microorganisms*. 2021 Dec 31;10(1):81. Doi: 10.3390/microorganisms10010081.
30. Luksamijarulkul P, Kornkrerkkiat S, Saranpuetti C, Sujirarat D. Predictive Factors of *Legionella pneumophila* Contamination in Cooling Tower Water. *Air Soil Water Res*. 2014 Jan;7:ASWR.S12972. Doi: 10.4137/ASWR.S12972.
31. Felice A, Franchi M, De Martin S, Vitacolonna N, Iacumin L, Civilini M. Environmental surveillance and spatio-temporal analysis of *Legionella* spp. in a region of northeastern Italy (2002–2017). *PLoS One*. 2019;14(7):e0218687. Doi: 10.1371/journal.pone.0218687.
32. Almonacid Garrido MC, Villanueva-Suárez MJ, Montes Martín MJ, García-Alonso A, Tenorio Sanz MD. Prevalence and distribution of *Legionella* in municipal drinking water supply systems in Madrid (Spain) and risk factors associated. *Sci Total Environ*. 2024 Dec 1;954:176655. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.176655.
33. De Giglio O, Fasano F, Diella G, Lopuzzo M, Napoli C, Apollonio F, et al. Legionella and legionellosis in touristic-recreational facilities: Influence of climate factors and geostatistical analysis in Southern Italy (2001-2017). *Environ Res*. 2019 Nov;178:108721. Doi: 10.1016/j.envres.2019.108721.
34. Whiley H, Keegan A, Fallowfield H, Bentham R. Detection of *Legionella*, *L. pneumophila* and *Mycobacterium avium* complex (MAC) along potable water distribution pipelines. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(7):7499-517. Doi: 10.3390/ijerph110707499.
35. Euskalmet. Datos climáticos históricos de Gipuzkoa. Gobierno Vasco. 2023. Disponible en: <https://www.euskalmet.euskadi.eus>.
36. Pampaka D, Gómez-Barroso D, López-Perea N, Carmona R, Portero RC. Meteorological conditions and Legionnaires' disease sporadic cases—a systematic review. *Environ Res*. 2022 Nov;214(Pt 4):114080. doi: 10.1016/j.envres.2022.114080. Epub 2022 Aug 11. PMID: 35964674.
37. Moffa MA, Rock C, Galiatsatos P, Gamage SD, Schwab KJ, Exum NG. Legionellosis on the rise: A scoping review of sporadic, community-acquired incidence in the United States. *Epidemiol Infect*. 2023;151:e133. Doi: 10.1017/S0950268823001206.
38. Orts Costa JA, Guerrero Espejo A, Martínez Martínez MI, García Hurtado F. In-hospital morbidity and mortality due to Legionnaires' disease in Spain: Seasonal correlation of morbidity with environmental temperature. *Rev Salud Ambient* [Internet]. 2007;7(2):185-94. Disponible en: <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/265/238>.
39. Molina JJ, Bennassar M, Palacio E, Crespi S. Impact of prolonged hotel closures during the COVID-19 pandemic on Legionella infection risks. *Front Microbiol*. 2023;14:1136668. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1136668>.
40. Sreenath K, Das A, Chaudhry R. Resurgence of *Legionella*: A post-COVID-19 concern. *ACS EST Water*. 2024;4(6):2324–9. Doi: 10.1021/acsestwater.4c00242.
41. Mondino S, Schmidt S, Rolando M, Escoll P, Gomez-Valero L, Buchrieser C. Legionnaires' Disease: State of the Art Knowledge of Pathogenesis Mechanisms of *Legionella*. *Annu Rev Pathol*. 2020;15:439–66. Doi: 10.1146/annurev-pathmechdis-012419-032742.
42. Santa Marina Rodríguez I, Basterretxea Irurzun M, Ibarlucea Maurologoitia J, Serrano Ibarbia E, Zigorraga Arrieta C. Brote de legionelosis asociado a un balneario. *Rev Salud Ambient* [Internet]. 2001;1(1):12–19. Recuperado a partir de: <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/435>.
43. Uldum SA, Schjoldager LG, Baig S, Cassell K. A Tale of Four Danish Cities: *Legionella pneumophila* Diversity in Domestic Hot Water and Spatial Variations in Disease Incidence. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Feb 22;19(5):2530. Doi: 10.3390/ijerph19052530.
44. Harrison TG, Afshar B, Doshi N, Fry NK, Lee JV. Distribution of *Legionella pneumophila* serogroups, monoclonal antibody subgroups and DNA sequence types in recent clinical and environmental isolates from England and Wales (2000-2008). *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2009 Jul;28(7):781-91. Doi: 10.1007/s10096-009-0705-9.
45. Ditommaso S, Giacomuzzi M, Rivera SRA, et al. Virulence of *Legionella pneumophila* strains isolated from hospital water system and healthcare-associated Legionnaires' disease in Northern Italy between 2004 and 2009. *BMC Infect Dis*. 2014;14:483. Doi: 10.1186/1471-2334-14-483.
46. Quero S, Párraga-Niño N, Barrabeig I, et al. Population structure of Environmental and Clinical *Legionella pneumophila* isolates in Catalonia. *Sci Rep*. 2018;8:6241. Doi: 10.1038/s41598-018-24708-1.