

Màster Interuniversitari en Estadística i Investigació Operativa UPC-UB

Títol: La investigació ambiental dels brots de legionel·losi a l'Hospitalet de Llobregat en el període 2016-21

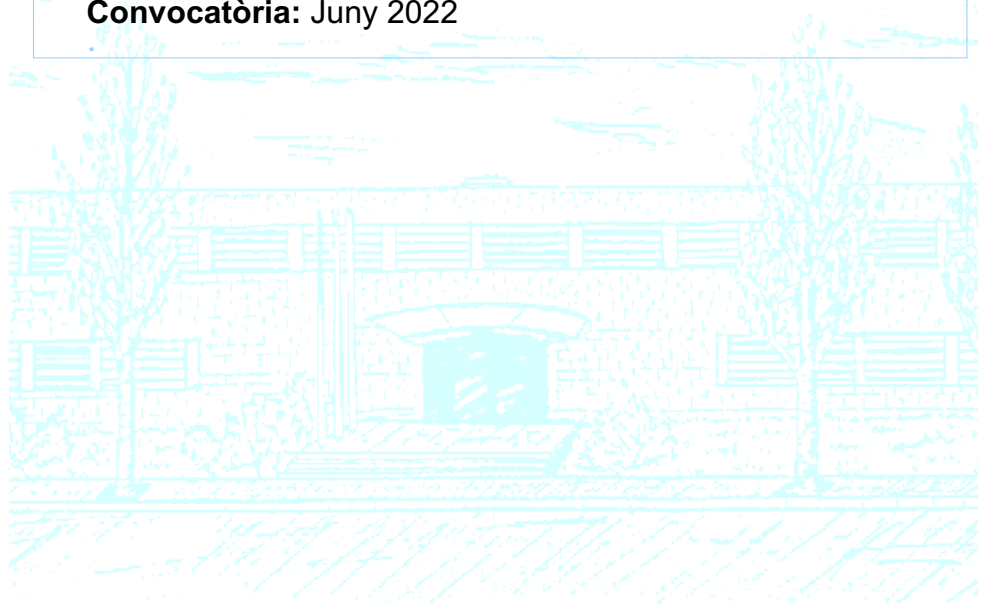
Autor: Clara de Caralt Pérez

Director: Antonio Monleón Getino (UB) - Rafael del Hoyo Pastor i Javier Checa Raya (Secció de Salut Ambiental i Laboratori de l'Ajuntament de l'Hospitalet)

Departament: Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística

Universitat: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) - Universitat de Barcelona (UB).

Convocatòria: Juny 2022



Universitat Politècnica de Catalunya
Facultat de Matemàtiques i Estadística

Tesi de Màster

**Estudi Epidemiològic de la legionel·la a
l'Hospitalet de Llobregat**

Clara de Caralt Pérez

Director: Antonio Monleón Getino (UB) - Rafael del Hoyo Pastor i
Javier Checa Raya (Servei de Salut de l'Ajuntament de l'Hospitalet
de Llobregat)

Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística

Agraeixo al meu tutor Antonio Monleón Getino, professor del Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística de la Universitat de Barcelona, també al Rafael del Hoyo Pastor i Javier Checa Raya del Servei de Salut de l'Ajuntament de l'Hospitalet de Llobregat, a tots tres per guiar-me i per la seva disposició a ajudar-me en qualsevol moment.

Resum

La legionel·losi és una malaltia produïda per un bacteri anomenat legionel·la que pot derivar en una pneumònia i acabar produint la mort. La legionel·losi es contrau en inhalar vapor o aerosols d'aigua contaminada. Actualment, la contenció d'aquesta malaltia és un problema de salut pública. El treball se centra en la investigació ambiental i modelització espai-temporal dels brots de legionel·losi en el municipi de l'Hospitalet de Llobregat durant el període 2016-21.

Objectius: Assolir les dimensions reals de la legionel·losi dins el municipi de l'Hospitalet de Llobregat mitjançant la modelització espai temporal dels brots i de les inspeccions realitzades a les instal·lacions de risc, per tal que d'aquesta manera es pugui tenir el coneixement de si s'està lluitant de forma correcta contra la malaltia i identificar mancances pel que fa al control de les inspeccions de risc i el millor coneixement dels focus ambientals presents al municipi.

Mètodes: Mitjançant els programaris R i Quantum GIS es creen les bases de dades necessàries per a l'estudi, es realitzen les anàlisis per conèixer millor les característiques d'aquestes dades, es creen mapes de calor, s'analitza la distribució espacial i es realitzen krigings i anàlisis de co-ocurrència. Les dades recollides són del període que comprèn del 2016-21, en el qual va haver-hi 9 brots i el total de pacients va ser de 28. El nombre d'instal·lacions de risc és de 178 dividides en 7 categories. El nombre d'inspeccions total (tan sistemàtiques com arran d'un brot) és d'un total de 556. **Resultats:** La malaltia es presenta més en adults i homes. La categoria d'instal·lacions de regs d'aspersió a instal·lacions municipals esportives és la que ha donat més vegades positiu en legionel·la i a la que s'han realitzat més inspeccions, seguida de les torres de refrigeració i condensadors evaporatius, considerades instal·lacions d'alt risc. La legionel·la detectada a concentracions més elevades és *pneumophila* serogrup 1. La majoria de les instal·lacions amb presència de legionel·la tenen una concentració d'aerobis totals més elevada. En totes les inspeccions arran de brot menys en un brot s'han detectat instal·lacions de risc positives. L'anàlisi espacial de co-ocurrències mostra associacions positives entre instal·lacions de risc amb presència de legionel·la i brots. **Conclusions:** Aquest treball posa de manifest la importància de dur a terme inspeccions sistemàtiques quan es notifica l'aparició de casos de legionel·losi per tal de detectar el focus ambiental i evitar la propagació de la malaltia. Cal reforçar les inspeccions sistemàtiques sobretot en aquelles categories d'instal·lacions on hem vist concentracions de legionel·la més elevades i sobretot del serogrup més infeccios, per tal de continuar lluitant per la prevenció i control d'aquesta malaltia.

Paraules clau: Legionel·la, legionel·losi, malaltia, brot, instal·lacions de risc, inspeccions i controls, salut pública

Abstract

Legionellosis is a disease caused by a bacterium called legionella that varies in severity from a mild febrile illness to a serious and sometimes fatal form of pneumonia. Legionellosis is contracted by inhaling vapor or aerosols from contaminated water. Containing this disease is currently a public health problem. The work focuses on environmental research and spatiotemporal modeling of legionellosis outbreaks in the municipality of Hospitalet de Llobregat during the period 2016-21. **Objectives:** Achieve the real dimensions of legionellosis in the municipality of l'Hospitalet de Llobregat by modeling the space-time of outbreaks and inspections carried out at risk facilities, to know if it is containing the disease correctly and identifying deficiencies in terms of control of risk facilities and better knowledge of the environmental sources present in the municipality. **Methods:** Analyses were performed using R and Quantum GIS softwares to create the databases needed for the study, performs the analyzes to explore the characteristics of this data, creates heat maps, analyzes the spatial distribution, and performs krigings and co-occurrence analysis. The data collected are from the period 2016-21, in which there were 9 outbreaks and the total number of patients was 28. The number of risk facilities is 178 collected in 7 categories. The total number of inspections (both systematic and by outbreak) is 556. **Results:** The disease is more common in adults and men. The category of "regs d'aspersió a instal·lacions municipals esportives" is the most positive in legionella and the most inspections have been carried out, followed by "torres de refrigeració i condensadors evaporatius" considered high-risk facilities. The legionella detected at higher concentrations is *Legionella pneumophila* serogroup 1. The legionella detected at higher concentrations is *pneumophila* serogroup 1. Most facilities with the presence of legionella have a higher concentration of total aerobes. Positive risk facilities have been detected in all outbreaks, except for one outbreak. Spatial analysis of co-occurrences shows positive associations between risk facilities with the presence of legionella and outbreaks. **Conclusions:** This work highlights the importance of conducting systematic inspections when cases of legionellosis are reported in order to detect the environmental focus and prevent the spread of the disease. Systematic inspections need to be strengthened, especially in those categories of facilities where we have seen higher concentrations of legionella and especially of the most infectious serogroup, in order to continue the fight for the prevention and control of this disease.

Keywords: Legionella, legionellosis, disease, outbreak, risk facilities, inspections and controls, public health

Taula de continguts

Introducció	1
Motivació i Objectius	1
Estructura del treball	1
1 Legionel·la, legionel·losi i instal·lacions de risc	3
1.1 Context i consideracions generals	3
1.1.1 Legionel·la. Microbiologia i ecologia del bacteri	3
1.1.2 Legionel·losi	4
1.1.3 Epidemiologia	4
1.2 Prevenció i control de la legionel·losi	6
1.2.1 Declaració de casos i brots (circuit i procediment)	6
1.2.2 Legislació, mesures higienicosanitàries	8
1.2.3 Investigació ambiental, actuacions i recollida de mostres	10
1.2.4 Diagnòstic de laboratori	11
2 Materials, documents utilitzats i metodologia	13
2.1 Àmbit d'estudi	13
2.2 Recollida i anàlisi de les mostres; mètode per la detecció, enumeració i confirmació de la presència de legionel·la	14
2.3 Aerobis totals (recompte de colònies)	15
2.4 Presentació de les dades	16
2.4.1 Documents de pacients, detalls epidemiològics	16
2.4.2 Documents de les inspeccions en instal·lacions de risc	16
2.5 Processament i creació de les bases de dades	22
2.6 Mètodes per a l'anàlisi estadística	24
2.6.1 Programaris estadístics utilitzats	24

2.6.2	Mètodes estadístics	25
3	Resultats i discussió	29
4	Conclusions	46

Llista de taules

1.1	Paràmetres indicadors de la qualitat de l'aigua en torres de refrigeració i condensadors evaporatius.[CON03] Per la conductivitat s'han de tenir en compte que ha d'estar entre límits que no generin fenòmens d'incrustació i/o corrosió.	9
1.2	Freqüència mínima de mostratge per a torres de refrigeració i condensadors evaporatius. [CON03]	9
2.1	Nombre de fitxers.	22
3.1	Casos de legionel·losi segons el sexe i l'edat en funció del brot	29
3.2	Nombre i distribució d'instal·lacions de risc	31
3.3	Nombre de controls sistemàtics / per brot realitzats a les instal·lacions de risc .	32
3.4	Resultats de detecció de legionel·la en les instal·lacions de risc segons el tipus de control	33
3.5	Legionel·la detectada en les instal·lacions de risc per espècie/serogrup	33
3.6	Concentració de legionel·la (UFC/litre) en les instal·lacions de risc	34
3.7	Instal·lacions de risc més positives	36
3.8	Recompte d'aerobis totals	36
3.9	Nombre de casos i d'instal·lació amb resultat positiu. (El cas del 2015 pertany al brot del 2016)	38
3.10	Controls per brot a les instal·lacions de risc segons brot	39
3.11	Instal·lacions de risc a 500 m dels centroides dels brots	39
3.12	Controls sistemàtics positius a les instal·lacions de risc a 500 m dels centroides dels brots	40

Llista de figures

1.1	<i>Legionella pneumophila</i> a 90,000X en microscòpia electrònica de transmissió. Adaptat de: Dr. Francis Chandler.	3
1.2	Circuit de notificació de brots comunitaris de legionel·losi. Adaptat de: Generalitat de Catalunya.[CAT18]	7
1.3	Colònies de legionel·la en BCYE. Adaptat de: ThermoFischer	11
3.1	Casos de legionel·losi per sexe i franja d'edat	30
3.2	Evolució mensual de casos segons el brot	30
3.3	Esquerre: distribució espacial dels casos de legionel·losi. Els punts fan referència als casos, els colors al brot al qual pertanyen. Dreta: distribució espacial de les instal·lacions de risc. Els punts fan referència a les instal·lacions, els colors a la categoria a la qual pertanyen. (Vegeu la llegenda)	31
3.4	Nombre d'instal·lacions de risc i de controls (sistemàtics i per brot)	32
3.5	Legionel·la detectada en les instal·lacions de risc per espècie/serogrup	34
3.6	Evolució anual de casos, de la mitjana de la concentració de legionel·la i d'aerobis totals (UFC/litre-ml) i del nombre d'instal·lacions de risc positives	37
3.7	Nombre d'instal·lacions de risc positives, de casos i de controls al llarg del temps. Esquerre: mesos. Dreta: anys	37
3.8	Mapes de calor de les instal·lacions de risc positives i casos segons el brot. Per any. Els punts fan referència a casos, els colors al brot al qual pertanyen (vegeu la llegenda)	40
3.9	Mapes dels casos segons el brot i les instal·lacions positives segons el tipus de control. Per any. Els punts fan referència a casos, els colors al brot al qual pertanyen. Els rombes al tipus d'inspecció (per brot o sistemàtica). (Vegeu la llegenda)	41
3.10	Anàlisi de co-ocurrència; resultats de R de <i>summary()</i>	42
3.11	Anàlisi de co-ocurrència; resultats de R de <i>prop.table()</i>	42

3.12	Anàlisi de co-ocurrència; gràfic de la matriu de co-ocurrència entre parelles. Per a les instal·lacions de risc; insta fa referència a instal·lació de risc, seguit del número identificador de la instal·lació, l'any en què dona el positiu i S en el cas que sigui per control sistemàtic. Pels brots: identificador del brot i any del brot	43
3.13	Anàlisi de co-ocurrència; resultats de R de <i>pair()</i> per a cada brot que ha mostrat associació	44
3.14	Anàlisi de co-ocurrència: percentatges d'aparellaments totals de cada espècie que són positius, negatius o aleatoris.	45

Notació: Abreviatures i símbols

- **ASPCAT** Agència de Salut Pública de Catalunya
- **BCYE- α** *Buffered Charcoal Yeast Extract* suplementat amb α -cetoglutarat
- **BBDD** Bases de dades
- **Cl** Clor
- **-/+cys** Menys/més cisteïna
- **CATEG** Categoria
- **GVPC** *Glycine Vancomycin Polymyxin Cycloheximide*
- **h** Amplada de banda de Kernel
- **id/ID** Identificador
- **IDE** *Integrated development environment* (Entorn de desenvolupament integrat)
- **INE** Institut nacional d'estadística
- **INSP** Inspecció (com a variable)
- **K** Funció de Kernel
- **KDE** *Kernel density estimation* Estimació de la densitat de Kernel
- **L/LEG** Legionel · la (LEG com a variable a les BBDD)
- **LAT** Latitud
- **LD** *Legionnaires' disease* (Malaltia del legionari)
- **LONG** Longitud
- **m** Metres
- **MD** Matriu de distàncies
- **MDO** Malalties de declaració obligatòria
- **ml** Mil · lilitres

- **N** Nombre/Número
- **OSM** *OpenStreetMap*
- **QGIS** Quantum GIS
- **qPCR** *Quantitative polymerase chain reaction* (Reacció quantitativa en cadena de la polimerasa)
- **RENAVE** *Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica* (Xarxa Nacional de Vigilància Epidemiològica)
- **RD** Reial Decret
- **RIC** Rang Interquartílic
- **SIG** Sistema d'informació geogràfica
- **SCR** Sistema de coordenades de referència
- **sg** Serogrup
- **SGVRESP** Subdirecció General de Vigilància i Resposta a Emergències de Salut Pública
- **SNMC** Sistema de Notificació Microbiològica de Catalunya
- **SP** Salut Pública
- **SUVEC** Servei d'Urgències de Vigilància Epidemiològica de Catalunya
- **TI** Taxa d'incidència
- **UFC** Unitats formadores de colònies
- **UNE** *Una Norma Española* (Una Norma Espanyola)
- **UNF** Unitats nefelomètriques de formacina.
- **VE** Vigilància Epidemiològica

Introducció

Consideracions generals

La legionel·losi és una malaltia produïda per un bacteri anomenat legionel·la, que es manifesta per mitjà de diversos símptomes i, en la seva manifestació més greu, pot derivar en una pneumònia i acabar produint la mort de la persona afectada. La legionel·losi no es transmet de persona a persona, es contrau en inhalar vapor o aerosols (dispersió d'un líquid o un sòlid en l'aire o en un gas) d'aigua contaminada.

Quan es detecta un cas de legionel·losi, les autoritats de salut pública inicien una investigació per trobar-ne la font i erradicar-la, per la qual cosa és molt important la vigilància epidemiològica.

Tenint en compte els medis a través dels quals es vehicula la legionel·la, la millor forma de prevenir-ne l'aparició és adoptar mesures dirigides a evitar la colonització, la multiplicació i la dispersió a les instal·lacions de risc.

Els coneixements actuals sobre la seva prevenció i el seu control no són concloents i és molt probable que encara hàgim de conviure-hi molt temps. D'aquí la importància d'insistir en la seva recerca dins l'àmbit clínic i en la seva declaració a les unitats de vigilància epidemiològica.

Motivació i Objectius

La legionel·losi continua sent un problema de salut pública pel que control i la prevenció així com la seva recerca dins l'àmbit clínic són de gran importància.

Per tot això, l'objectiu principal d'aquest treball és assolir les dimensions reals de la legionel·losi dins el municipi de l'Hospitalet de Llobregat durant els últims anys (2016-21) mitjançant la modelització espai temporal dels brots i de les inspeccions realitzades a les instal·lacions de risc. Aquest treball no està enfocat a una revisió exhaustiva dels brots o controls sinó a assolir les dimensions reals d'aquests dins el municipi de l'Hospitalet de Llobregat.

D'aquesta manera es podrà tenir el coneixement de si s'està lluitant de forma correcta contra la malaltia i identificar mancances pel que fa al control de les instal·lacions de risc i el millor coneixement dels focus ambientals presents al municipi.

Estructura del treball

El treball es divideix en les següents parts;

- **La introducció**
- **El cos del treball:**
 - **Capítol 1: Legionel·la, legionel·losi i instal·lacions de risc:** aspectes teòrics; s'exposen els conceptes bàsics necessaris per entendre que és la legionel·la, la malaltia que provoca, les vies d'infecció i finalment, els circuits i importància de la seva prevenció i control.
 - **Capítol 2: Materials, documents emparats i metodologia:** detalla el mètode; ens situa en l'àmbit d'estudi concret del treball, l'obtenció i processament de dades així com els mètodes estadístics i programaris utilitzats.
 - **Capítol 3: Resultats i discussió:** es mostren els resultats obtinguts.
- **Capítol 4: Les conclusions**

Capítol 1

Legionel·la, legionel·losi i instal·lacions de risc

1.1 Context i consideracions generals

1.1.1 Legionel·la. Microbiologia i ecologia del bacteri

La legionel·la (L) és un microorganisme aïllat per primer cop el 1977 per McDade, arran d'una epidèmia d'etiologia desconeguda que es va produir a Filadèlfia durant l'estiu d'aquell any. [ÁLV+02] Pertany a la Família *Legionellaceae*, i al gènere *Legionella*. Actualment, es coneixen unes 60 espècies, tot i que se'n continuen descrivint de noves.[AC+20]

Les legionel·les són bacteris aeròbics. Tenen l'estructura característica dels bacils gramnegatius amb una grandària de 0,3 a 0,9 μm d'ample i 1,5 a 5 μm de llarg; presenten des de formes coccoides o bacil·lars als teixits fins a formes molt allargades en alguns cultius, (**figura 1.1**). La majoria d'espècies descrites fins ara són mòbils. [ÁLV+02].



Figura 1.1: *Legionella pneumophila* a 90,000X en microscòpia electrònica de transmissió. Adaptat de: Dr. Francis Chandler.

La seva principal font d'energia són els aminoàcids, alguns dels quals són essencials pel seu creixement. Sobreviuen en un ampli interval de condicions fisicoquímiques, es multipliquen entre 20°C i 45°C, i es destrueixen a 70°C. Es troben a baixes concentracions a les aigües superficials,

com ara llacs, rius, estanys com a microorganismes de vida lliure [M+91] o intracel·lularment en cèl·lules d'algues o protozous, on s'hi multipliquen. [AEA22]

Són de real interès a causa de les seves característiques microbiològiques, la interacció amb els protozous de vida lliure al seu hàbitat aquàtic i, finalment, per la capacitat patògena.

1.1.2 Legionel·losi

La legionel·losi és la malaltia causada per aquests bacteris, se sol presentar de dues formes clíniques diferenciades: la infecció pulmonar o malaltia del legionari (LD) que es caracteritza per una pneumònia amb febre alta, i la forma no pneumònica, coneguda com a «febre de *Pontiac*», que es manifesta com una síndrome febril aguda i de pronòstic lleu. [CON03]

La infecció per legionel·la es pot adquirir en dos àmbits, el comunitari i l'hospitalari. En ambdós casos la malaltia pot estar associada a diversos tipus d'instal·lacions, equips i edificis. Pot presentar-se en forma de brots i casos aïllats o esporàdics. [CON03]

La pneumònia adquirida per legionel·la té un període d'incubació de 2 a 14 dies, la gravetat dels símptomes depèn de diferents factors de risc. [HJ+10]

Al voltant del 50% de les espècies poden infectar persones, principalment a les vies respiratòries inferiors, però l'espècie *L. pneumophila* és, amb diferència, la més freqüentment associada a aquesta malaltia, [AEA22] sent la responsable de més del 96% dels casos de LD diagnosticats a Europa. [J+21]

L. pneumophila comprèn diferents serogrupos (sg), el sg 1 és el patogen principal per als humans causant més del 90% de les infeccions i de l'origen del 10% de tots els casos de pneumònia, tant en les adquirides a la comunitat com als hospitals i en la malaltia aguda autolimitada. [WK16]

1.1.3 Epidemiologia

Distribució geogràfica i estacionalitat, incidència i letalitat

La distribució geogràfica d'aquesta malaltia és mundial, ara bé, com que els edificis amb una xarxa de subministrament complexa i els sistemes de condicionament d'aire estan més estesos als països desenvolupats, és en aquests on la legionel·losi presenta una major incidència i constitueix un notable problema de salut pública. També s'ha de destacar el fet que en aquests països l'existència de guies, normatives i que comporten la notificació obligatòria dels casos, pel qual la incidència estarà millor documentada. [ÁLV+02]

Espanya és un dels països europeus que encapçala la llista amb una de les incidències més altes. El 2019 es van notificar 1543 casos autòctons (taxa d'incidència o TI=3,28 per 100.000 habitants), el 2020 van ser 1354 (TI=2.86). La incidència el 2020 va ser un 13% menys que l'any anterior, fet que es podria atribuir als canvis produïts per la pandèmia COVID-19.[RCR21]

Catalunya ha tingut una de les majors taxes dins el territori espanyol en els últims anys. El 2019 es van detectar 495 casos (TI=6.51), el 2020 se'n van detectar 338 (TI=4.41), sent respectivament, la primera i tercera comunitat autònoma de la llista. [RCR21]

La malaltia es presenta amb una major incidència en homes i augmenta en funció de l'edat en ambos sexes. Té una clara distribució estacional, augmentant els casos els mesos d'estiu i tardor. [S+16]

L'evolució es coneix per al 84% dels casos el 2019 i pel 78% el 2020. En aquests anys la letalitat global va ser de 5,2% (81/1.543) i 5,8% (78/1.354), respectivament. [RCR21]

El 2019 la letalitat per a homes va ser del 5,1% (55/1.072) i per a dones del 5,6% (26/462). El 2020 aquestes xifres van ser, per a homes del 5,6% (54/960) i del 5,9% (23/389) per a les dones. L'edat mitjana de les víctimes mortals el 2019 va ser de 75,5 per a homes (amb un Rang Interquartílic o RIC=64-85) i per a les dones també va ser de 75,5 (RIC=67-84). L'edat mitjana de les víctimes mortals el 2020 va ser de 76 per a homes (RIC=68-86) i per a les dones va ser de 83 (RIC=72-88).[RCR21]

La rellevància d'aquesta malaltia es deu sobretot a la seva presentació en forma de brots i a la seva alta letalitat, que en les pneumònies per legionel·la, pot situar-se entre el 10 i el 20%, esdevenint un problema de salut pública.

Cadena epidemiològica

La legionel·la és capaç de colonitzar els sistemes hídrics de les ciutats i a través de la xarxa de distribució, incorporar-se als sistemes d'aigua sanitària o d'altres que requereixin aigua pel seu funcionament.

En algunes ocasions, en aquestes instal·lacions, mal dissenyades, sense manteniment o amb un manteniment inadequat, s'afavoreix l'estancament de l'aigua i l'acumulació de productes nutrients del bacteri, com ara llots, matèria orgànica, matèries de corrosió i amebes, que formen una biocapa. La presència d'aquesta biocapa, al costat d'una temperatura propícia, explica la multiplicació de legionel·la fins a concentracions infectants per a l'ésser humà. [CON03]

La transmissió des de les instal·lacions fins a les persones es produeix principalment a partir d'aerosols. [CON03] Aquests patògens transportats per l'aire es transmeten en aquestes petites gotes, que permeten que el bacteri arribi a l'alvèol. [AEA22]

Així doncs, els factors de risc són els següents; [AGÈ16]

- Ambientals: Proximitat de la font, problemes de disseny/manteniment de la instal·lació, ús de la instal·lació o part d'ella de forma estacional o intermitent, fluctuacions de la temperatura de l'aigua, trams llargs de canonades, estancament de l'aigua.
- Individuals: immunodeprimits diabètics, insuficiència renal crònica, malaltia cardíaca

crònica, malalts pulmonars crònics, fumadors, alcohòlics, etc.

I els requisits per la infecció són; [AGÈ16]

- Una via d'entrada de la legionel·losi a la instal·lació.
- Condicions de la instal·lació adients per a la seva reproducció i multiplicació.
- La capacitat de la instal·lació per a provocar dispersió per l'aire, del bacteri, mitjançant aerosols.
- La grandària de les gotes o aerosols que per a que penetrin en pulmons, per inhalació, han de ser de diàmetre inferior a $5 \mu\text{m}$.
- El bacteri ha de ser virulent per l'home.
- La persona exposada ha de ser susceptible.

1.2 Prevenició i control de la legionel·losi

1.2.1 Declaració de casos i brots (circuit i procediment)

A Catalunya, la legionel·losi es va incloure entre les malalties de declaració obligatòria (MDO) el 1987.[CAT10]

Posteriorment, es publica el Reial Decret (RD) 2210/1995, pel qual es crea la Xarxa Nacional de Vigilància Epidemiològica (RENAVE), que integra la declaració obligatòria de malalties, la notificació de situacions epidèmiques i de brots i la declaració d'informació microbiològica amb els objectius d'emmarcar el sistema nacional de vigilància de les malalties en l'estructura descentralitzada espanyola i incorporar noves malalties susceptibles a control, entre elles la legionel·losi, que passa a ser així de declaració obligatòria a la resta del territori estatal. [CON10]

L'any 2019, a Catalunya s'actualitzen les malalties de declaració obligatòria i s'adapten a la normativa europea i als requeriments en matèria de vigilància epidemiològica mitjançant el Decret 203/2015, pel qual es crea la Xarxa de Vigilància Epidemiològica.7.[GEN19]

Segons aquest decret, tot cas sospitós o confirmat de legionel·losi s'ha de declarar de forma individualitzada i urgent dins el sistema de MDO al Servei de Vigilància Epidemiològica (VE) corresponent o al Servei d'Urgències de Vigilància Epidemiològica de Catalunya (SUVEC), (**figura 1.2**). També s'ha de notificar per part de la xarxa de laboratoris al Sistema de Notificació Microbiològica de Catalunya (SNMC) a la Subdirecció de Vigilància i Resposta a Emergències de Salut Pública de l'Agència de Salut Pública de Catalunya. [CAT18]

El Servei de VE del territori afectat inicia la investigació amb una actuació coordinada dels tècnics de les unitats de vigilància i de sanitat ambiental per tal d'identificar la possible font d'exposició i la recollida de mostres ambientals.[ÁLV+02]

Davant la sospita de brots epidèmics, és a dir, l'ocurrència de dos o més casos relacionats amb el temps i l'espai, [AIM21] caldrà fer la investigació epidemiològica per detectar una possible relació entre ells i diferenciar si són susceptibles de pertànyer a un brot.[CAT18]

Segons la normativa vigent, els brots epidèmics de qualsevol etiologia són de declaració obligatòria urgent a la Xarxa de Vigilància Epidemiològica de l'Agència de Salut Pública de Catalunya.[AIM21] El Servei de VE ha de notificar urgentment els brots detectats al Servei de Salut Pública (SP), a la Subdirecció General de Vigilància i Resposta a Emergències de Salut Pública (SGVRESP), a la Sub-director/a Regional Territorial corresponent, aglutinar la informació clínica, epidemiològica i ambiental, fer seguiment del brot i informar-ne a la SGVRESP.[CAT18]

La investigació dels brots epidèmics és fonamental per poder-ne conèixer l'etiologia, el mecanisme de transmissió, la font d'infecció i els factors que n'han afavorit l'aparició i també per poder adoptar les mesures de control adequades en cada situació i reduir-ne l'impacte sanitari, social i econòmic. [AIM21]

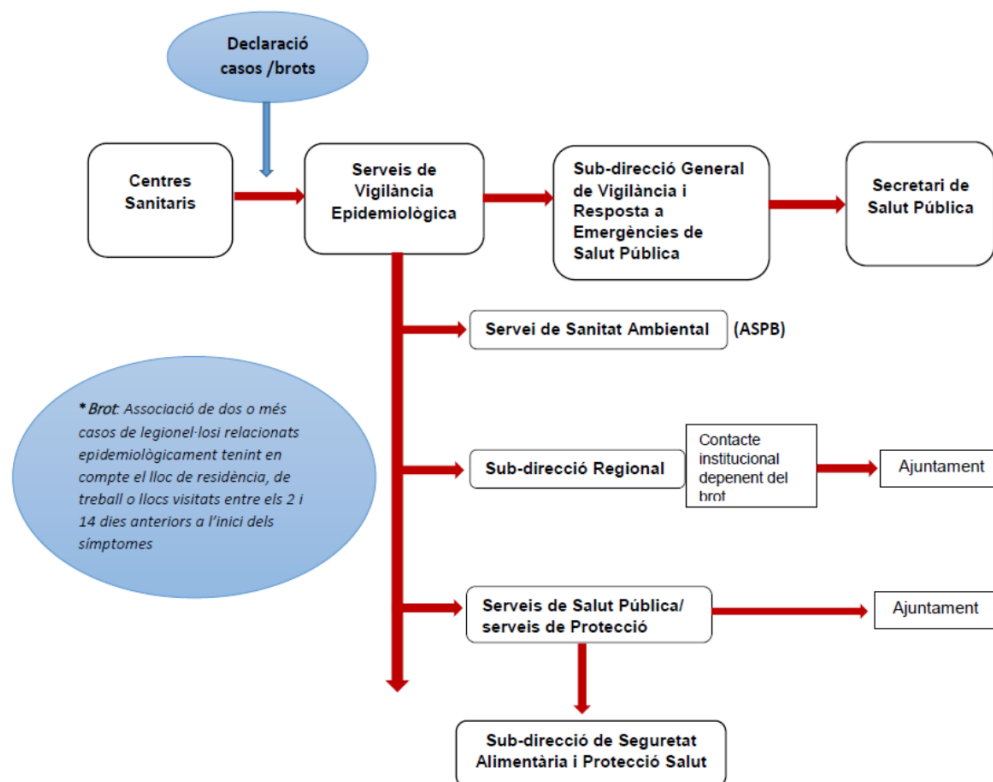


Figura 1.2: Circuit de notificació de brots comunitaris de legionel·losi. Adaptat de: Generalitat de Catalunya.[CAT18]

1.2.2 Legislació, mesures higienicosanitàries

Des de l'any 2001, existeix a Catalunya i Espanya normativa específica per a la prevenció i control de la legionel·losi, revisada el 2004 i 2003, respectivament.

La legislació autonòmica a Catalunya queda recollida en el Decret 352/2004.[PRE04] La legislació estatal queda recollida al Reial Decret 865/2003, pel qual s'estableixen els criteris higienicosanitaris per a la prevenció i el control de la legionel·losi.[CON03]

Aquest Reial Decret té com a objecte la prevenció i el control de la legionel·losi mitjançant l'adopció de mesures higienicosanitàries en aquelles instal·lacions en què la legionel·losi és capaç de proliferar i disseminar-se; instal·lacions que utilitzin aigua en el seu funcionament, produeixin aerosols i estiguin ubicades a l'interior o l'exterior d'edificis d'ús col·lectiu, instal·lacions industrials o mitjans de transport que puguin ser susceptibles de convertir-se en focus per a la propagació de la malaltia, durant el seu funcionament, proves de servei o manteniment. [CON03]

Les instal·lacions de risc es classifiquen de la següent forma: [CON03]

1. Instal·lacions amb més probabilitat de proliferació i dispersió de legionel·losi:
 - Torres de refrigeració i condensadors evaporatius.
 - Sistemes d'aigua calenta sanitària amb acumulador i circuit de retorn.
 - Sistemes d'aigua climatitzada amb agitació constant i recirculació a través de raigs d'alta velocitat o injecció d'aire
 - Centrals humidificadores industrials.
2. Instal·lacions amb menor probabilitat de proliferació i dispersió de legionel·losi:
 - Sistemes d'instal·lació interior d'aigua freda de consum humà (canonades, dipòsits, aljubs), cisternes o dipòsits mòbils i aigua calenta sanitària sense circuit de tornada.
 - Equips de refredament evaporatiu que polvoritzin aigua, no inclosos a l'apartat 1r.
 - Humectadors.
 - Fonts ornamentals.
 - Sistemes de reg per aspersió al medi urbà.
 - Sistemes d'aigua contra incendis.
 - Elements de refrigeració per aerosols, a l'aire lliure.
 - Altres aparells que acumulin aigua i puguin produir aerosols.
3. Instal·lacions de risc en teràpia respiratòria:
 - Equips de teràpia respiratòria.
 - Respiradors.
 - Nebulitzadors.

- Altres equips mèdics en contacte amb les vies respiratòries.

Les mesures preventives i els programa de manteniment de les instal·lacions s'exposen en funció del risc de cada instal·lació. Els paràmetres a controlar, la periodicitat dels controls, la neteja i desinfecció, així com la notificació de la posada en funcionament de la instal·lació, són més estrictes en les instal·lacions classificades com d'alt risc. D'aquesta manera, només s'estableixen paràmetres indicadors de la qualitat de l'aigua, accions en funció de les anàlisis microbiològiques de legionel·la i concentracions límit per a torres de refrigeració i dispositius anàlegs, (**taules 1.1 i 1.2**). Tot i això, l'objectiu és eliminar o reduir zones brutes i evitar les condicions que afavoreixen la supervivència i multiplicació de legionel·la.

Paràmetres fisicoquímics	Nivells
Terbolesa	<15 UNF
pH	6.5-9.0
Fe total	<2 mg/l
Nivell de biocida	Segons especificacions del fabricant

Taula 1.1: Paràmetres indicadors de la qualitat de l'aigua en torres de refrigeració i condensadors evaporatius.[CON03] Per la conductivitat s'han de tenir en compte que ha d'estar entre límits que no generin fenòmens d'incrustació i/o corrosió.

Paràmetres	Freqüència mínima
Legionel·la	Trimestral
Aerobis Totals	Mensual

Taula 1.2: Freqüència mínima de mostratge per a torres de refrigeració i condensadors evaporatius. [CON03]

Amb valors d'aerobis totals a torres de refrigeració i dispositius anàlegs superiors a 10.000 UFC/ml és necessari comprovar l'eficàcia de la dosi i el tipus de biocida utilitzat i realitzar un mostreig de Legionel·la. [CON03]

Pel que fa a les accions per a les diferents concentracions (UFC/litre) de legionel·la en aquestes mateixes instal·lacions, són: [CON03]

- **>100<1.000**: Revisar el programa de manteniment i realitzar les correccions oportunes. Remostreig al cap de 15 dies.
- **>1.000<10.000**: Es revisa el programa de manteniment, a fi d'establir accions correctores que disminueixin la concentració de legionel·la. Neteja i desinfecció. Confirmar el recompte, al cap de 15 dies. Si aquesta mostra és inferior a 100 UFC/litre, s'ha de

prendre una nova mostra al cap d'un mes. Si el resultat de la segona mostra és superior a 100 UFC/litre s'ha de continuar amb el manteniment previst. Si una de les dues mostres anteriors dona valors superiors a 100 UFC/litre, s'ha de revisar el programa de manteniment i introduir-hi les reformes estructurals necessàries. Si supera les 1.000 UFC/litre, s'ha de realitzar una neteja i desinfecció. I dur a terme una nova presa de mostres al cap de 15 dies.

- **>10.000:** S'ha d'aturar el funcionament de la instal·lació, buidar el sistema, si s'escau. Netejar i realitzar un tractament de xoc. Abans de reiniciar el servei. I fer una nova presa de mostres al cap de 15 dies.

Altres normes aplicables en la prevenció i control de la Legionel·la:

- *Guía técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.* Publicada el 2006 per desenvolupar els aspectes tècnics que contempla el RD 865/03.
- Norma UNE 100030:2017 [NOR17a] Guia per a la prevenció i el control de la proliferació i disseminació de legionel·la en instal·lacions. Amb l'objectiu de complementar i perfeccionar el Reial decret 865/2003.
- El Ministeri de Sanitat ha obert un període de consulta pública per al projecte de RD 2021 on tractarà de recollir opinions i aportacions higienicosanitàries de les instal·lacions per a la prevenció i el control de la legionel·losi. Un document per a la prevenció de la legionel·losi que derogarà l'actual RD 865/2003.

1.2.3 Investigació ambiental, actuacions i recollida de mostres

El Servei de SP inicia la investigació quan rep la notificació de sospita de brot per part del Servei de VE. L'ajuntament en coordinació amb el Servei de SP proporciona la següent informació per tal de definir les instal·lacions que hagin pogut ser la causa de brot. [CAT18]

- Cens de les torres de refrigeració i condensadors evaporatius
- Llistat de les fonts ornamentals de la zona i la seva ubicació.
- Sistema de neteja viària, origen de l'aigua que s'utilitza, i sistema d'aplicació.
- Regs per aspersion i altres instal·lacions que puguin generar aerosols.
- Obres en la via pública i altres possibles instal·lacions o activitats no permanents que hagin pogut emetre aerosols.
- Sistemes de rentat de vehicles (boxes, túnels i ponts de rentat) i nebulitzadors de terrasses.
- Incidències en la xarxa d'aigua de consum públic (aquesta informació es pot obtenir directament de l'entitat gestora de subministrament, si escau)

Juntament amb informació meteorològica si s'escau i el mapatge geogràfic dels casos i de les instal·lacions, es defineix l'àrea d'estudi del brot. [CAT18]

Si les instal·lacions no expliquen els casos, es realitzarà una cerca en l'àrea d'estudi en col·laboració amb l'ajuntament.

Les inspeccions es duen a terme en funció del risc de les instal·lacions i la proximitat als casos, la recollida de mostres serà d'acord amb el decret 352/2004 i el procediment establert RD 865/2003.

Les mostres s'envien al laboratori corresponent dins de la xarxa de laboratoris de l'Agència de Salut Pública de Catalunya (ASPCAT), on es caracteritzaran les soques per tal de poder associar-les amb les mostres clíniques dels pacients. [CAT18]

1.2.4 Diagnòstic de laboratori

Els procediments pel diagnòstic d'aerobis totals i legionel·la als quals fa referència el RD 865/2003 es basen en la norma UNE-ISO 6222:1999 [NOR99] per a l'enumeració de microorganismes cultivables i recompte de colònies i en l'UNE-ISO 11731:1998 [NOR98] i la ISO 11731:2017 [NOR17b] per la detecció i enumeració de legionel·la.

El mètode al qual fa referència aquesta última norma per tal de diagnosticar la legionel·la és el cultiu de placa. El medi de cultiu més utilitzat és l'agar selectiu *Buffered Charcoal Yeast Extract* suplementat amb α -cetoglutarat (BCYE- α), que conté els complementos necessaris, com cisteïna, per al desenvolupament del bacteri, (**figura 1.3**). Així com suplementos selectius basats en antimicrobians per inhibir la flora bacteriana i inhibidors del desenvolupament de fongs. També es fa un tractament amb un tampó àcid, i un altre amb calor, i posteriorment se sembra en plaques d'agar GVPC (*Glycine Vancomycin Polymyxin Cycloheximide*) per a mostres amb alta flora acompanyant, (apartat materials, documents emparats i metodologia). [ÁLV+02] Posteriorment s'identifica els serogrupos (*L. spp.*, *L. pneumophila* Sg 1 or *L. pneumophila* Sg 2–15.)



Figura 1.3: Colònies de legionel·la en BCYE. Adaptat de: ThermoFischer

La quantificació de legionel·la mitjançant aquesta metodologia té un alt requeriment pel que fa al temps (10-14 dies). A causa de la necessitat d'actuar de manera urgent davant de casos detectats de legionel·losi, en els casos de brots en paral·lel al mètode de cultiu en placa es fa servir la PCR quantitativa (qPCR). [J+21]

Actualment, existeix la norma UNE-ISO 11731:2017[NOR17b] substituint a les versions anteriors.

Capítol 2

Materials, documents utilitzats i metodologia

2.1 Àmbit d'estudi

L'Hospitalet de Llobregat és una ciutat i municipi de la comarca del Barcelonès que amb 264.657 habitants el 2021 (Segons les dades publicades per l'Institut nacional d'estadística INE) i una superfície de 12,49 quilòmetres quadrats, té una densitat poblacional de les més altes d'Europa, així com un important teixit industrial i un gran nombre d'activitats comercials.

Als anys 2001, 2002 i 2003, el municipi va registrar de forma consecutiva brots de legionel·losis, tenint un gran impacte mediàtic el brot del maig del 2002.

Les investigacions es van dur a terme per tècnics del Departament de Sanejament Ambiental de la Generalitat de Catalunya i per tècnics del Negociat de Salut Pública de l'Ajuntament de l'Hospitalet. Des del 2002, el Laboratori de Salut Pública de l'Hospitalet inspecciona i analitza la Legionel·la en instal·lacions de baix i alt risc d'aquesta ciutat.

Com a resposta als brots, l'any 2003 el negociat de salut pública de l'ajuntament de l'Hospitalet va iniciar un programa específic de control de les activitats catalogades de risc de propagació de legionel·losi. Així, es va establir una planificació periòdica i sistemàtica d'inspeccions i anàlisi de les activitats amb torres de refrigeració/condensadors evaporatius, els sistemes d'aigua calenta sanitària dels centres d'ús col·lectiu que disposin de dutxes, banyeres d'hidromassatge i fonts ornamentals.[RN03]

Un any més tard, com ja s'ha mencionat anteriorment, a causa de la importància de la prevenció i control de la legionel·losi en l'àmbit estatal, els criteris higienicosanitaris queden recollits en la legislació espanyola en el RD 865/2003.

Així doncs, el treball se centrarà en la investigació ambiental dels brots de legionel·losi en aquest municipi en el període 2016-21. Tindrem les dades dels pacients i de les inspeccions/controls que es duen a terme a les instal·lacions de risc de propagació de la legionel·losi arran de brots o de forma sistemàtica pel control de la legionel·la en aquestes instal·lacions. (Apartat presentació de les dades)

2.2 Recollida i anàlisi de les mostres; mètode per la detecció, enumeració i confirmació de la presència de legionel·la

La recollida de mostres per les inspeccions i anàlisis de les instal·lacions de baix i alt risc és portada a terme pel Negociat de Salut Pública de l'Ajuntament de l'Hospitalet, arran del programa creat el 2002.

El Negociat de Laboratori de l'Ajuntament de l'Hospitalet (laboratori certificat; ISO 9001:2015) analitza les mostres extretes dels diferents emplaçaments i equipaments per detectar i quantificar legionel·la mitjançant plaques d'agar segons el mètode estàndard ISO 11731:1998.[J+21]

El mètode es basa en la filtració d'un volum de mostra (generalment 1 litre) a través d'un filtre de membrana mitjançant una bomba peristàltica.[J+21]

Després de la filtració es tallen els filtres amb material estèril i es col·loquen en un tub amb 10 ml de diluent estèril (solució de Ringer diluïda 1:40 o aigua destil·lada). Posteriorment, se li realitza un bany d'ultrasons durant 7,5 minuts. Així mateix, per facilitar l'elució, els filtres immersos en els diluents s'agiten enèrgicament amb un vòrtex durant dos minuts i s'estén una alíquota de 0,1 ml d'aquesta mostra concentrada en una placa GVPC.[J+21]

Per al tractament tèrmic, 1 ml de la mostra concentrada s'escalfa en un bany d'aigua a $50 \pm 1^\circ\text{C}$ durant 30 ± 2 minuts i immediatament s'estén 0,1 ml a una placa GVPC. Per al tractament àcid, una part de la mostra concentrada (1 ml) i una part de la solució àcida (1 ml) es barregen en un tub estèril i s'incuben durant $5, 0 \pm 0, 5$ minuts. Des d'aquest tub, es distribueixen 0,2 ml en una placa GVPC.[J+21]

Es distribueixen 0,2 ml de la mostra d'aigua original directament sobre una placa de medi GVPC, pel mostreig directa.[J+21]

Les plaques s'incuben en posició invertida a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ durant un mínim de 10 dies en una atmosfera humida. Durant la incubació, s'examina les plaques a intervals de 2-3 dies. Les colònies de legionel·la a l'agar GVPC són de color blanc blavós-grisenc, brillants i amb una incubació prolongada, el color de la colònia es pot tornar gris. També poden ser marrons i grocs verds. Quan s'observa sota llum UV, algunes *L. spp.* són fluorescents, i el color de la fluorescència varia segons l'espècie.[J+21]

De les plaques que mostren creixement de legionel·la, se seleccionen colònies representatives que mostren diferents característiques de la colònia. Quan hi ha un tipus de colònia, se n'extreuen almenys 3 de la placa que conté el nombre màxim de colònies per volum de mostra. Si es troba més d'un tipus de colònia amb morfologies diferents, se selecciona almenys un representant de cada morfologia. Per a cada colònia a confirmar, aïlladament, s'inocula una placa BCYE-cys (menys cisteïna) i una placa BCYE+cys (més cisteïna). Les plaques s'incuben a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ durant almenys 48 hores. Les legionel·les creixen a BCYE+cys, però no a BCYE-cys, si hi ha creixement a BCYE+cys i no hi ha creixement a BCYE-cys, llavors el resultat es considera

positiu per a *L. spp.*. [J+21]

Per determinar el serogrup de cada colònia confirmada de legionel·la s'utilitza un kit de prova de làtex Oxoid. Per a la determinació, es trien colònies tant de la placa BCYE+cys com directament de les plaques GVPC originals. Un resultat és positiu si hi ha aglutinació. Si una colònia es confirma a la prova BCYE, però mostra resultat de làtex negatiu, el resultat encara es considera positiu per a *L. spp.*, ja que el kit de làtex no reacciona amb totes les espècies.[J+21]

Per a les plaques que mostren creixement de legionel·la, es considera primer la placa inoculada amb la mostra directa si el nombre de colònies confirmades com a legionel·la és superior a quatre. En aquest cas, el nombre de colònies comptades i confirmades es divideix pel volum de mostra inoculada a la placa per determinar la concentració. Si el nombre de colònies confirmades com a legionel·la a la placa directa és inferior a quatre, la placa que dona el nombre més gran de colònies confirmades se selecciona entre les plaques inoculades amb la mostra concentrada, sense tractament, amb tractament tèrmic o amb tractament àcid.

Tenint en compte el volum inoculat a cada tipus de placa, es calcula el nombre d'UFC per litre de mostra. Els resultats s'informen segons els serogrupos de legionel·la identificats. El límit teòric de detecció per al mètode estàndard és de 100 UFC/litre que compleix els requisits del RD 865/2003. [J+21]

2.3 Aerobis totals (recompte de colònies)

Els aerobis totals són el conjunt de microorganismes que necessita o tolera la presència d'oxigen molecular per sobreviure. [NOR17a]

Aquest recompte de colònies és útil per avaluar l'estat dels recursos d'aigua a l'origen i l'eficàcia del procés de tractament de les aigües destinades al consum humà i indica la neteja i estat dels sistemes de distribució. De la mateixa manera, permet detectar canvis anòmals al nombre de microorganismes a la xarxa de distribució. Així, tot augment sobtat del número obtingut pot advertir de l'existència d'un focus de contaminació i requeriria la seva investigació immediata. [J M06]

Normalment es determinen d'acord amb la norma ISO 6222:1999 a la temperatura de l'aigua més propera a la de funcionament de la instal·lació.

Aquest mètode es basa en comptar el nombre de colònies desenvolupades en una placa de medi de cultiu sòlid en què s'ha sembrat un volum conegut d'aigua mostra, transcorregut un temps i una temperatura d'incubació determinats. [J M06]

2.4 Presentació de les dades

En aquest apartat s'exposen els documents dels quals s'ha partit per iniciar el treball, cedits per la secció de salut ambiental i laboratori de l'ajuntament de l'Hospitalet.

Primer s'expliquen els documents i dades dels pacients en cada brot, seguit dels que fan referència a les inspeccions en les instal·lacions de risc, començant pel cens d'aquestes, darrerament per les inspeccions o controls arran d'un brot i finalment pels controls sistemàtics.

2.4.1 Documents de pacients, detalls epidemiològics

Per cada brot es crea un document que recull els detalls epidemiològics dels pacients en taules i on consta la referència del brot, el barri on s'ha produït i la data de comunicació d'aquest. A la taula es recullen el nombre de casos, i per cada cas, el sexe, l'edat, el lloc de residència, la data d'inici dels símptomes i observacions amb informació addicional rellevant per l'estudi del brot com poden ser els recorreguts que ha realitzat el pacient els dies previs a la infecció per legionel·la.

S'afegeix també un mapa amb un radi de 500 m a partir de l'epicentre dels casos detectats per tal de delimitar l'àrea d'estudi.

Per la realització d'aquest treball, es té aquesta informació pels 9 brots ocorreguts en el període 2016-21 a l'Hospitalet de Llobregat. (**Taula 2.1**)

2.4.2 Documents de les inspeccions en instal·lacions de risc

Cens d'instal·lacions

La informació relativa a les ubicacions de les instal·lacions de risc i el seu cens està continguda en diferents fitxers en funció de la categoria d'aquestes. (Apartat legislació, mesures higienicosanitàries)

Per les fonts ornamentals tenim el cens del març de 2022. Aquest fitxer conté les següents variables;

- **Núm.:** número de la instal·lació.
- **Nom:** nom de la instal·lació.
- **Adreça/Emplaçament:** direcció on es localitza la instal·lació.
- **Gestió/Observacions:** qui gestiona la instal·lació.
- **Mostres:** aporta informació sobre les mostres que s'han recollit, les que han sortit positives o negatives i si és el cas, si no s'ha pogut obtenir una mostra.
- **Data última inspecció.**

Pels regs d'aspersió freàtics es tenen imatges satèl·lit de la localització dels pous.

Pels regs d'aspersió de les pistes municipals, el cens del novembre de 2021 es recull de la següent manera;

- **Reg aspersió 2021:** número i nom per poder identificar cada instal·lació.
- **Adreça:** per localitzar les instal·lacions.
- **Data última inspecció.**

Pels túnels de rentat el cens és de 2022 i conté la següent informació;

- **Codi:** codi de la instal·lació.
- **Nom:** empresa a la qual pertany la instal·lació.
- **Adreça/ Emplaçament.**
- **Tipus (Classificació):** túnel de rentat, box de rentat, pistola a pressió, pont de rentat...
- **Data (última revisió).**
- **Mostres:** si/no s'ha recollit mostra.
- **Observacions:** observacions rellevants.
- **Inspeccionat:** data de la inspecció.
- **Data requeriments:** data a la qual es realitzen els requeriments pertinents.

El cens pels vehicles de neteja es recull en mapes dels barris on els recorreguts estan marcats en diferents colors, no obstant això, no tenim informació de quin color correspon a quin vehicle.

Finalment per les torres de refrigeració i condensadors evaporatius, el cens de gener de 2022 queda recollit de la següent manera;

- **Núm.**
- **Empresa:** empresa a la qual pertany la instal·lació
- **Adreça.**
- **Tipus:** torre de refrigeració/condensador evaporatiu.
- **Quant:** quantitat de torres o condensadors evaporatius en cada empresa.
- **Nº.**
- **Alta.**
- **Baixa.**
- **Revisió EVA (Vàlid fins).**

Inspeccions per control arran de brot

Paral·lelament a la informació epidemiològica mencionada anteriorment, davant d'un brot es genera un document que recull el seguit d'actuacions a les diferents instal·lacions de risc susceptibles a ser les causants d'aquest.

En els documents generats, hi ha dues taules que agrupen les inspeccions en instal·lacions segons si aquestes són d'alt o baix risc (apartat legislació, mesures higienicosanitàries) i que contenen la següent informació;

- **Categoria de la instal·lació;** torres de refrigeració, fonts ornamentals, túnels de rentat, etc.). (Apartat legislació, mesures higienicosanitàries)
- **Nom de la instal·lació:** per poder identificar-la.
- **Data d'inspecció/acta.**
- **Mostra:** fa referència a si s'ha pogut obtenir la mostra o si per contra no s'ha pogut obtenir i n'especifica el motiu (per exemple, pel fet que la instal·lació no estava en funcionament).
- **Resultats:** si es detecta legionel·la s'indica el serogrup i la concentració (UFC/litre), si no se'n detecta consta que no s'ha detectat i la concentració límit de detecció (per exemple, "no es detecta (<100 UFC/litre)")
- **Requeriments:** en el cas que siguin necessaris s'indica quin s'ha realitzat (per exemple, aturada, desinfecció, desinfecció de xoc, altres requeriments, etc.).
- **Observacions:** hi consta altra informació rellevant, per exemple si s'han aconseguit noves mostres, el tipus d'altres requeriments duts a terme (com ara si s'augmenta la cloració), si la mostra estava integrada en el control d'instal·lacions de risc realitzades a l'Hospitalet...

En recollir-se de forma paral·lela als informes epidemiològics dels pacients quan ocorre un brot, per la realització d'aquest treball, també es té aquesta informació pels 9 brots ocorreguts en el període 2016-21 a l'Hospitalet de Llobregat. (**Taula 2.1**

Inspeccions per control sistemàtic

Es recullen les dades dels controls realitzats a les instal·lacions per tal de prevenir els contagis de legionel·la i prendre'n les mesures necessàries. Aquestes dades venen recollides en funció de les categories de les instal·lacions de risc i de l'any en el qual es duen a terme aquestes inspeccions.

Per cada font ornamental inspeccionada es recull; (" " fa referència a variables sense nom)

- " ": número i nom de la instal·lació.
- **Data:** data de la inspecció.

- **Núm. mostra:** el número de mostra.
- **Observacions mostra:** observacions sobre la instal·lació de risc està en funcionament, si té clor, si està anul·lada...
- **Legionel·la UFC/litre:** indica el sg i la concentració de legionel·la (UFC/litre).
- **Positiva:** si/no és positiva a legionel·la.
- **Recompte colònies a 22°C:** recompte de microorganismes aerobis totals (UFC/ml).
- **Requeriment:** data del requeriment i/o altra informació sobre els requeriments.
- **Tractament:** data i/o altra informació sobre el tractament que s'hi realitza.

Pels regs d'aspersió freàtics;

- **Reg per aspersió freàtic:** número i nom per poder identificar cada instal·lació.
- **Data:** data de la inspecció.
- **Núm. mostra:** el número de mostra.
- **Temperatura.**
- **Cl lliure:** clor lliure.
- **Cl total:** clor total.
- **Requeriment:** data del requeriment i/o altra informació sobre els requeriments.
- **Tractament:** data i/o altra informació sobre el tractament que s'hi realitza.
- **Legionel·la UFC/litre:** indica el sg i la concentració de legionel·la (UFC/litre).
- **Recompte aerobis a 22°C:** recompte de microorganismes aerobis totals (UFC/ml).
- **Observacions:** observacions de rellevància.

Pels regs d'aspersió de les pistes municipals es recull;

- **Reg aspersió:** nom de la instal·lació.
- **Data:** data de la inspecció.
- **Núm. mostra:** el número de mostra.
- **Característiques de la mostra:** fa referència a quin lloc es recull la mostra (per exemple el número de l'aspersor, si és del camp gran/petit o d'un pou freàtic, etc.)
- **Legionel·la UFC/litre:** indica el sg i la concentració de legionel·la (UFC/litre).
- **Positiva:** si/no és positiva a legionel·la, en alguns casos també indica el sg.
- **Recompte colònies a 22°C:** recompte de microorganismes aerobis (UFC/litre).
- **Requeriment:** data del requeriment i/o altra informació sobre els requeriments.
- **Tractament:** data i/o altra informació sobre el tractament que s'hi realitza.

- **Observacions:** observacions de rellevància.

Pels túnels de rentat la informació queda recollida de la següent manera;

- " "": codi de la instal·lació i empresa a la qual pertany.
- **Data:** data de la inspecció.
- **Núm. mostra:** el número de mostra.
- **Característiques de la mostra:** fa referència a quin lloc es recull la mostra (per exemple el número de l'aspersor, o si és del camp gran/petit, o d'un pou freàtic...)
- **Legionel·la UFC/litre:** indica el sg i la concentració de legionel·la (UFC/litre).
- **Positiva:** si/no és positiva a legionel·la, en alguns casos també indica el sg.
- **Bacteris:** recompte de microorganismes aerobis totals (UFC/ml).
- **Requeriment:** data del requeriment i/o altra informació sobre els requeriments.
- **Tractament:** data i/o altra informació sobre el tractament que s'hi realitza.
- **Observacions:** observacions de rellevància.

Així doncs, per cada categoria anterior (4 categories) tenim 6 fulls d'Excel que contenen aquesta informació, corresponent als 6 anys del període 2016-21. (**Taula 2.1**)

Pels vehicles de neteja diària i hidrants tota la informació es recull en un únic Excel (no en funció de l'any) de la següent manera.

Pels vehicles de neteja;

- " "": data.
- " "": número de la mostra o ASPCAT si la inspecció es realitza arran d'un brot i no com a inspecció de control del vehicle.
- **Legionel·la:** indica el sg i la concentració de legionel·la (UFC/litre).
- **Aerobis (22°C):** recompte de microorganismes aerobis totals (UFC/ml).
- " "": aljub o tipus de vehicle i número de referència.
- **Requeriment:** data del requeriment i/o altra informació sobre els requeriments.
- **Tractament:** data i/o altra informació sobre el tractament que s'hi porta a terme.
- **Observacions:** observacions de rellevància.

Pels hidrants;

- " "": data.

- **Legionel·la:** erròniament indica número de la mostra o ASPCAT si la inspecció es realitza arran d'un brot i no com a control de l'hidrant per prevenció.
- **Aerobis (22°C):** erròniament indica el sg i la concentració de legionel·la (UFC/litre).
- " " : hi consta recompte de microorganismes aerobis totals (UFC/ml).
- **Requeriment:** data del requeriment i/o altra informació sobre els requeriments.
- **Tractament:** data i/o altra informació sobre el tractament que s'hi fa.
- **Observacions:** observacions de rellevància.

Per les torres de refrigeració i condensadors evaporatius la informació també ve recollida en un únic Excel que conté la següent informació;

- " " : identificador de la mostra.
- **Legionella:** 0 si no es detecta o la concentració en UFC/litre si se'n detecta.
- **Serogrup:** indica el serogrup.
- **Aerobis:** la concentració en UFC/ml de microorganismes aerobis totals.
- **Empresa:** empresa a la qual pertany la instal·lació.
- " " : codi de la instal·lació.
- **Observacions:** número de la torre, localització...
- **Data:** data de la inspecció.

El nombre de fitxers mencionats anteriorment s'observa a la següent taula (**taula 2.1**);

Informació	N	Observacions
Pacients (dels brots)	9	Un fitxer word per a cada un dels 9 brots ocorreguts dins del període 2016-21.
Cens d'instal·lacions	6	Un Excel per a 4 de les categories d'instal·lacions de risc, ¹ i dos Words amb imatges de les altres 2 categories ²
Inspecció arran de brot	9	Un fitxer word per cada un dels 9 brots ocorreguts dins el període 2016-21.
Inspecció de control (sistemàtica)	27	Un Excel per a cada any del període 2016-21 (6 anys) de 4 de les categories d'instal·lacions de risc ³ , i un Excel les altres 2 categories ⁴

Taula 2.1: Nombre de fitxers.

¹ Fonts ornamentals, regs d'aspersió de les pistes municipals, túnels de rentat i torres de refrigeració/condensadors evaporatius.

² Regs d'aspersió freàtics i vehicles de neteja.

³ Fonts ornamentals, regs d'aspersió freàtics, regs d'aspersió de les pistes municipals i túnels de rentat.

⁴ Vehicles de neteja (vehicles i hidrants per separat) i torres de refrigeració/condensadors evaporatius.

2.5 Processament i creació de les bases de dades

La informació tractada per realitzar aquest treball és complexa d'entendre i una de les dificultats del treball ha estat organitzar les dades i situar-les en coordenades geogràfiques. A causa del gran nombre de documents (**taula 2.1**) i per tal de recopilar tota la informació anterior de forma clara, s'han creat les següents bases de dades (.xlsx). Per a l'obtenció de les coordenades geogràfiques (latitud i longitud) de les residències dels pacients i de cadascuna de les instal·lacions de risc (un total de 206 localitzacions) s'ha utilitzat *Google maps*.

PACIENTS: Conté la informació dels pacients agrupats i la seva localització, identificant a quin brot pertanyen cadascun;

- ID: codi identificador de cada pacient.
- LAT: (coordenades) latitud del lloc de residència.
- LONG: (coordenades) longitud del lloc de residència.
- SEXE: sexe del pacient.
- EDAT: edat del pacient.
- INICI SIMPTOMES: data en la qual inicien els símptomes.
- ID BROTS: número identificador del brot (1,2,3,4,5,6,7,8,9).

INSTAL·LACIONS: Recull la informació bàsica de cada instal·lació (ubicació, identificador, categoria, coordenades) en les següents variables;

- ID INSTA: número identificador per a cada instal·lació.
- LAT: (coordenades) latitud on es localitza la instal·lació.
- LONG: (coordenades) longitud on es localitza la instal·lació.
- NOM: número identificador i nom de la instal·lació.
- CATEG: categoria de la instal·lació (Fonts ornamentals, Reg aspersió inst. esportives municipals, Reg aspersió freàtic, Túnel de rentat, T. Refrigeració i condensadors, Reg per aspersió (zones verdes) i Neteja viària). (Apartat legislació, mesures higienicosanitàries)

INSTA 500: Recull aquelles instal·lacions de risc que es troben dins del radi de 500 m al voltant de l'epicentre de cada brot, de la següent manera;

- ID BROT: número identificador del brot.
- ID INSTA 500M: número identificador de la instal·lació dins d'aquest radi.
- CATEG: categoria a la qual pertany la instal·lació.

CONTROLS: Recull totes les inspeccions que es fan a les instal·lacions ja sigui arran d'un brot o per control i prevenció tal que les variables són les següents;

- ID INSTA: número identificador per a cada instal·lació.
- DIA: data en la qual es realitza la inspecció
- RESULTADO: 0/1 absència/presència de legionel·la.
- LEG1: concentració en UFC/litre de legionel·la.
- TIPO LEG1: serogrup.
- LEG2: concentració en UFC/litre de legionel·la, si es detecta una segona espècie/serogrup.
- TIPO LEG2: serogrup de la segona espècie.
- LEG3: concentració en UFC/litre de legionel·la, si es detecta una tercera espècie/serogrup.
- TIPO LEG3: serogrup de la tercera espècie.
- TOTAL LEG: serogrupos totals.
- TIPO INSP: brot/sistemàtica en funció de si la inspecció s'ha fet arran d'un brot o per prevenció les instal·lacions de risc
- ID BROT: en el cas que la inspecció s'hagi realitzat arran d'un brot, indica l'identificador d'aquest.
- COLONIA: concentració en UFC/ml de microorganismes aerobis totals a 22°C.

***INSTAL·LACIONS LLOC:** per tal de tenir agrupades les instal·lacions segons la seva localització es crea aquesta base de dades, la seva estructura és igual que INSTAL·LACIONS, però agrupant per localització (per exemple una empresa amb 5 torres de refrigeració es considera un punt). Les variables "ID INSTA" i "NOM" contenen la informació agrupada en cada cas.

2.6 Mètodes per a l'anàlisi estadística

2.6.1 Programaris estadístics utilitzats

R, RStudio i R Markdown

R és un llenguatge de programació i un entorn de desenvolupament de programari per a l'obtenció de càlculs i gràfics estadístics.

Per la realització d'aquest treball s'ha utilitzat RStudio. RStudio és un entorn de desenvolupament integrat (IDE) per a R. Inclou una consola, un editor de ressaltat de sintaxi que admet l'execució directa de codi, així com eines per a la traça, l'historial, la depuració i la gestió de l'espai de treball.

RStudio està disponible en edicions de codi obert i comercials i s'executa a l'escriptori (Windows, Linux i Mac, com en el cas d'aquest treball) o en un navegador connectat a RStudio Server o RStudio Workbench (Debian/Ubuntu, Red Hat/CentOS i SUSE Linux).

Per la creació de taules i obtenir-les en PDF s'ha fet servir un paquet de R anomenat R Markdown. RMarkdown és un processador de text per desenvolupar codi i idees en un document reproduïble. El principal benefici d'aquesta eina és que permet treballar en un sol document tant la redacció del contingut narratiu de reports de recerca, com també la construcció i la presentació formal de resultats d'anàlisi estadística. Per a la realització de l'anàlisi de co-ocurrència s'ha utilitzat el paquet *cooccur*. (Apartat mètodes estadístics)

Quantum GIS

Per la realització del treball s'ha utilitzat també Quantum GIS (QGIS). QGIS és un programa de visualització, edició i anàlisi de dades que conforma un sistema d'informació geogràfica (SIG). Es tracta de programari de codi lliure i multiplataforma, es pot fer servir amb els sistemes operatius Mac OS X, Linux, UNIX i Microsoft Windows.

El programa està escrit en C++ i fa un ús extensiu de les llibreries Qt per a la seva interfície gràfica. Permet la integració de *plugïns* programats tant en llenguatges C++ com Python. A més de llibreries Qt també té dependències de GEOS i SQLite.

Per la realització del treball s'han descarregat dades d'interès de *OpenStreetMap* (OSM) a través de Quantum GIS utilitzant el *plugin* QuickOSM. El *plugin smart-map* s'ha fet servir per realitzar un Kriging, (veure el següent apartat).

2.6.2 Mètodes estadístics

Estadística descriptiva

L'estadística descriptiva fa referència a les característiques principals de la recollida de dades quantitativament. Aquest mètode bàsic d'anàlisi de dades ajuda a descriure i conèixer millor les característiques de les dades.

Durant la realització d'aquest treball, s'ha utilitzat per estimar paràmetres bàsics sobre el conjunt de dades d'interès. D'aquesta forma podem tenir una visió més clara de la situació dels controls a les instal·lacions de risc, així com dels brots de legionel·losi a l'àrea d'estudi. El programari utilitzat per a aquest propòsit ha estat RStudio.

Estadística espacial

Sistema de coordenades de referència Les projeccions cartogràfiques serveixen per tractar de representar en una superfície plana part de la superfície de la terra. Un sistema de coordenades de referència (SCR) defineix amb l'ajuda de les coordenades, com aquest mapa bidimensional projectat (a QGIS en el nostre cas), es relaciona amb les localitzacions reals a la terra.

Els SCR es poden dividir en sistemes de referència de coordenades projectats o de coordenades geogràfiques.

Definir el SCR és molt important. Si no es fa de forma correcta, el programa assumirà que la nova capa té el mateix sistema de coordenades de referència, per aquesta raó aquí hi ha algunes regles generals sobre com han de ser manejades mitjançant geoalgorismes en crear una nova capa.

El sistema de coordenades que hem utilitzat per referenciar les nostres dades ha sigut el EPSG 3857- WGS 84. Aquest sistema de coordenades projectades utilitza el desenvolupament esfèric de coordenades el·lipsoidals (sistema de coordenades: CS 2D cartesià. Eixos: est, nord (X,Y). Orientacions: est, nord. Unitat de mesura: m.).

Creació dels radis a 500 metres Per a la creació dels radis de 500 m al voltant dels brots s'ha utilitzat el programari QGIS prèviament mencionat. Primerament, s'ha creat polígons a partir de les localitzacions de les residències dels pacients, seguidament s'ha generat el centroid i a partir d'aquí s'han creat els radis a aquesta distància.

Mapes de calor (*heatmaps*) S'han creat mapes de calor per a les instal·lacions, els pacients i les instal·lacions positives, tant de forma general com separat per anys (del període d'estudi que compren del 2016-21), per tal de fer-ho també s'ha utilitzat el programari QGIS.

Per cada mapa, els passos a seguir s'expliquen a continuació. Primerament, es calcula la

matriu de distància (MD) de resum (mitjana, desviació estàndard, mínim, màxim) per a cada punt d'entrada de la capa vectorial amb la qual estem treballant (pacients, instal·lacions, instal·lacions positives i totes aquestes segons l'any), aquesta matriu informa d'estadístiques sobre les distàncies als seus punts objectius. Mitjançant la MD calculada es calcularà el radi de cerca (o amplada de banda del Kernel o nucli, h) mínim i màxim (en metres) per tal de crear el mapa de calor. Aquest radi especifica la distància al voltant d'un punt al qual es notarà la influència d'aquest. Com més alts són els valors, més fort serà el suavitzat.

Posteriorment, s'utilitzarà el *pluguin de Heatmap* de QGIS per l'estimació de la densitat de Kernel (KDE) per tal de crear el ràster de densitat o mapa de calor de la capa de punts vectorial amb la qual estem treballant. La densitat es calcula en funció del nombre de punts d'una ubicació, com més punts hi hagi, més elevat serà el valor. D'aquesta forma podrem identificar fàcilment els punts calents en cada cas.

Més detalladament, KDE crea una funció de densitat estimada a partir de les dades observades, que es basa en assignar una funció de Kernel K a cada mostra i després sumar tots els Kernels per obtenir l'estimació. Aquesta funció de densitat de probabilitat creada pot reflectir amb més o menys precisió la distribució real de les dades. És en aquest punt on es té en compte el valor de h prèviament calculat.

Per a la majoria d'aplicacions, la funció K ha de satisfer dos requisits:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} K(u)du = 1 \quad (2.1)$$

i

$$K(-u) = K(u) \text{ per a tots els valors de } u \quad (2.2)$$

Hi ha moltes opcions per escollir la funció K per tal de controlar la proporció en la qual la influència d'un punt disminueix a mesura que augmenta la distància des d'aquest punt. Els diferents Kernels disminueixen a diferents proporcions, en el nostre cas s'ha decidit utilitzar el quàrtic, l'equació del qual és la següent;

$$K(u) = \frac{15}{16}(1 - u^2)^2 \text{ nota; } |u| \leq 1 \quad (2.3)$$

Anàlisi espacial de Co-Ocurrencia S'ha utilitzat una anàlisi de patrons de co-ocurrencia entre instal·lacions positives i pacients agrupats en brots. La co-ocurrencia és una propietat mesurable entre aquestes parelles que permet classificar-les com a associacions positives, negatives o aleatòries.

Per realitzar aquest treball s'ha fet servir el paquet de R *cooccur*. Amb aquest paquet R s'aplica el model probabilístic de co-ocurrencia al conjunt d'instal·lacions positives i pacients distribuïdes entre l'àrea d'estudi [JA13]. L'algorisme calcula les freqüències de co-ocurrencia observades i esperades entre cada parella. La freqüència esperada es basa en el fet que la

distribució de cada punt és aleatòria i independent de les altres. L'anàlisi retorna les probabilitats que un valor més extrem (sigui baix o alt) de co-ocurrència s'hagués pogut obtenir per atzar. El paquet també inclou funcions per visualitzar els resultats de co-ocurrència.[D M16]

En l'enfocament combinatori original la co-ocurrència observada es pot comparar amb la co-ocurrència esperada (E en l'equació) on aquesta última és el producte de la probabilitat (P en l'equació) d'ocurrència de la parella (1 i 2) multiplicat pel nombre de llocs de mostreig (N en l'equació):

$$E(N_{1,2}) = P(1) \times P(2) \times N \quad (2.4)$$

El model probabilístic utilitza la combinatòria per determinar la probabilitat que la freqüència observada de co-ocurrència sigui significativament més gran (associació positiva), significativament negativa (associació negativa) o no significativament diferent (associació aleatòria). [D M16]

Aquest, es pot convertir alternativament en un mostreig aleatori amb escenari de substitució i, per tant, representat per la funció de massa de probabilitat de la distribució hipergeomètrica. El model probabilístic és molt diferent de gairebé tots els mètodes anteriors per analitzar la co-ocurrència, ja que no cal l'aleatorització de dades.[D M16]

La probabilitat que les instal·lacions positives i pacients coexisteixin en exactament j nombre de llocs és expressada per;

$$P_j = \frac{\binom{N_1}{j} \times \binom{N-N_1}{N_2-j}}{\binom{N}{N_2}} \quad (2.5)$$

On N_x és el nombre de llocs on es troba la instal·lació/pacient x .

Per a elaborar aquesta anàlisi amb les dades del treball s'han utilitzat els dos programaris QGIS i R. El primer per crear les base de dades que posteriorment s'han importat a R per la seva anàlisi mitjançant aquest paquet.

Per a la creació d'aquesta base de dades s'ha dut a terme un radi al voltant de cada pacient i s'han comptabilitzat les instal·lacions positives dins d'aquest radi en aquell mateix any així com s'ha classificat al brot al qual pertany. Aquesta anàlisi s'ha dut a terme també dividint l'àrea d'estudi amb quadrícules de diferents metres quadrats i comptabilitzant els pacients i instal·lacions positives dins de cada un d'ells.

Kriging També s'ha realitzat un kriging agafant les coordenades dels punts centrals d'aquestes graelles mencionades (dividint l'àrea d'estudi en quadrícules de diferents metres quadrats) i la proporció d'instal·lacions positives. Aquest procediment s'ha dut a terme amb un *plugin* de

QGIS anomenat *smart-map*, on la interpolació es genera mitjançant el mètode Kriging ordinari i *Machine Learning*. S'ha fet una altra anàlisi pel nombre de pacients en cada quadrícula.

Kriging és un mètode d'inferència espacial, el qual ens permet estimar els valors d'una variable en llocs no mostrats utilitzant la informació proporcionada per la mostra. El mètode està plantejat de manera que ens dona el millor estimador lineal no esbiaixat amb una variància mínima.

En el Kriging ordinari, les mitges locals no són necessàriament properes a la mitjana de la població.

La fórmula general s'obté com una suma ponderada de les dades:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (2.6)$$

On $Z(s_0)$ és el valor mesurat a la ubicació número i , λ_i és un pes desconegut pel valor mesurat a la ubicació número i , s_0 és la ubicació de la predicció i N el nombre de valors mesurats.

Aquest mètode utilitza un model de variograma per a l'obtenció dels ponderadors que es donen a cada punt de referència emprant a l'estimació. Es creen els variogrames i les funcions de covariància per calcular els valors de dependència estadística (anomenada autocorrelació espacial) que depenen del model d'autocorrelació (ajustar el model).

El model seleccionat influeix en la predicció dels valors desconeguts, sobretot quan la forma de la corba propera a l'origen difereix significativament. Com més pronunciada sigui la corba propera a l'origen, més influiran els veïns més propers a la predicció. Cada model està dissenyat per ajustar-se a diferents tipus de fenòmens de la manera més precisa.

Capítol 3

Resultats i discussió

Durant el període d'estudi 2016-21 va haver-hi 9 brots de legionel·losi a l'Hospitalet de Llobregat. La següent taula (**taula 3.1**) mostra el nombre de casos en cada un dels brots (al codi observem l'any en el qual pertany el brot). També podem observar la seva distribució segons sexe i edat. **Figura 3.1**

Brot		Casos	Edat	Dones	Homes
Codi	ID	N (%)	Mitjana (DS)	N (%)	N (%)
2016028-RFAP	1	2 (7.14)	81.5 (21.92)	1 (50)	1 (50)
2018586-RFAP	2	5 (17.86)	70.6 (9.29)	1 (20)	4 (80)
2019018-RFAP	3	4 (14.29)	71.25 (15.13)	0 (0)	4 (100)
2019528-RFAP	4	4 (14.29)	63.25 (14.8)	1 (25)	3 (75)
2019763-RFLU	5	2 (7.14)	70 (14.14)	1 (50)	1 (50)
2020112-RFAP	6	3 (10.71)	65.67 (12.1)	0 (0)	3 (100)
2020183-APRF	7	2 (7.14)	80.5 (4.95)	1 (50)	1 (50)
2021042-RFAP	8	2 (7.14)	72.5 (3.54)	2 (100)	0 (0)
2021106-RFAP	9	4 (14.29)	59.75 (9.22)	0 (0)	4 (100)

Taula 3.1: Casos de legionel·losi segons el sexe i l'edat en funció del brot

Com s'explica a l'apartat d'epidemiologia de la legionel·losi, la malaltia es presenta amb una major incidència en homes i augmenta en funció de l'edat en ambdós sexes. En els brots de l'Hospitalet de Llobregat veiem que la incidència ha estat major en homes, i cap cas es troba per sota dels 49 anys.

Les dades dels brots de l'Hospitalet no segueixen la distribució estacional segons la seva evolució mensual, s'observen més casos al març i a l'agost. Això pot ser degut al fet que no estem tenint en compte casos aïllats que s'hagin pogut produir. **Figura 3.2**

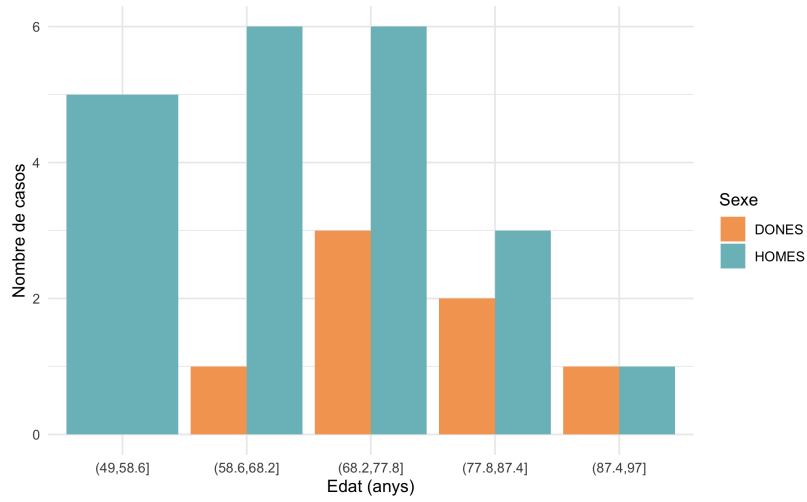


Figura 3.1: Casos de legionel·losi per sexe i franja d'edat

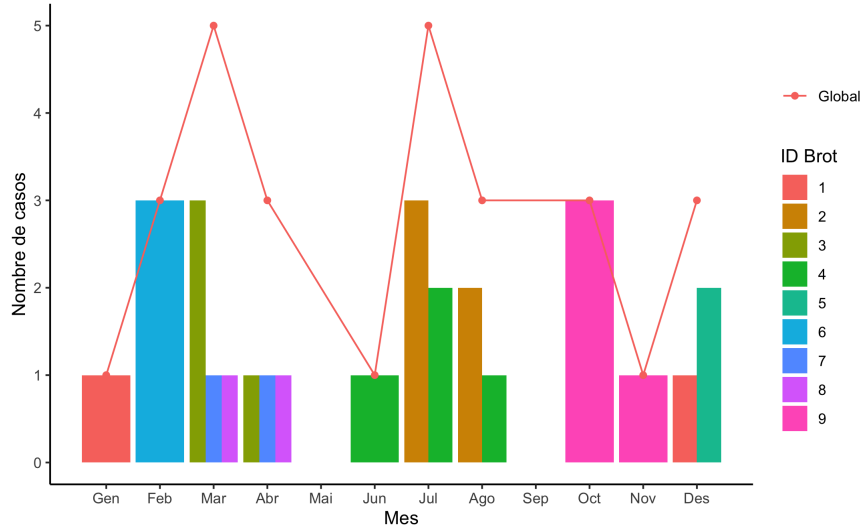


Figura 3.2: Evoluci3 mensual de casos segons el brot

En el mapa (figura 3.3) es mostra la distribuci3 espacial dels casos i de les instal·lacions de risc. Per motius de protecci3 de dades no es mostren les torres de refrigeraci3 ni condensadors evaporatius.



Figura 3.3: Esquerra: distribució espacial dels casos de legionel·losi. Els punts fan referència als casos, els colors al brot al qual pertanyen. Dreta: distribució espacial de les instal·lacions de risc. Els punts fan referència a les instal·lacions, els colors a la categoria a la qual pertanyen. (Vegeu la llegenda)

El nombre d'instal·lacions de risc emissores d'aerosols es mostren segons la seva categoria en la taula següent (**taula 3.2**). *Separat*, fa referència al nombre total d'instal·lacions de risc, *agrupat*, a les instal·lacions agrupades segons la seva localització, (apartat processament i creació de les bases de dades). Podem veure que la categoria amb més instal·lacions de risc són els túnels de rentat, mentre que els regs d'aspersió freàtics, si es miren les instal·lacions totals per separat, és la categoria amb el menor nombre.

Instal·lacions de risc	Separat	Agrupat
Categoria	N (%)	N (%)
Fonts ornamentals	20 (11.24)	20 (14.6)
Neteja viària	27 (15.17)	27 (19.71)
Reg aspersió freàtic	15 (8.43)	15 (10.95)
Reg aspersió inst. esportives municipals	23 (12.92)	20 (14.6)
Reg per aspersió (zones verdes)	18 (10.11)	17 (12.41)
T. Refrigeració i condensadors	32 (17.98)	9 (6.57)
Túnels de rentat	43 (24.16)	29 (21.17)
Total	178 (100)	137 (100)

Taula 3.2: Nombre i distribució d'instal·lacions de risc

Un cop ja hem vist el nombre de brots, d'instal·lacions de risc, de casos, la seva distribució espacial i la seva evolució mensual, passem a les inspeccions/controls que es realitzen a les instal·lacions, sigui per controls sistemàtics o arran d'un brot (**taula 3.3 i figura 3.4**). Veiem que la categoria on més controls sistemàtics es realitzen són els regs per aspersió en instal·lacions esportives municipals, això pot ser degut al fet que en un mateix emplaçament municipal es poden obtenir mostres de més d'un aspersor. Pel que fa als vehicles de neteja les dades dels controls sistemàtics no s'han pogut obtenir de forma precisa, ja que no sabem el recorregut exacte de cada vehicle.

Instal·lacions de risc	Controls sistemàtics	Controls per brot	Controls total
Categoria	N (%)	N (%)	N (%)
Fonts ornamentals	87 (90.62)	9 (9.38)	96 (100)
Neteja viària	0 (0)	35 (100)	35 (100)
Reg aspersió freàtic	58 (93.55)	4 (6.45)	62 (100)
Reg aspersió inst. esportives municipals	136 (97.14)	4 (2.86)	140 (100)
Reg per aspersió (zones verdes)	0 (0)	28 (100)	28 (100)
T. Refrigeració i condensadors	61 (42.66)	82 (57.34)	143 (100)
Túnels de rentat	42 (80.77)	10 (19.23)	52 (100)

Taula 3.3: Nombre de controls sistemàtics / per brot realitzats a les instal·lacions de risc

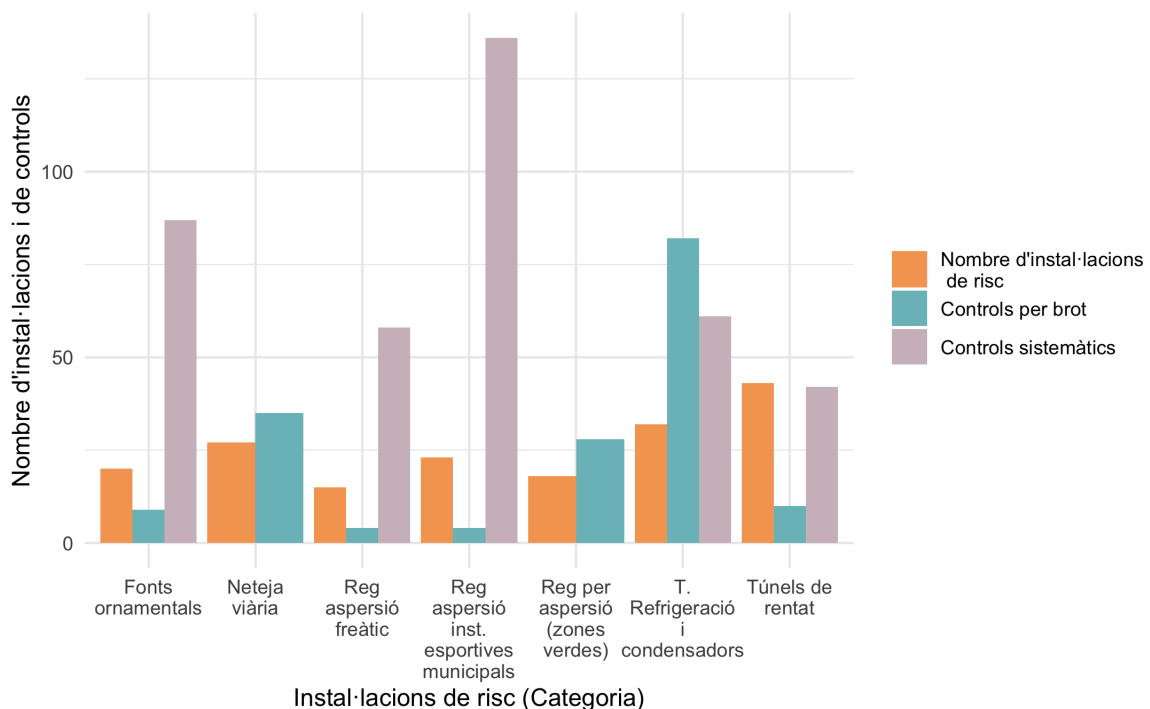


Figura 3.4: Nombre d'instal·lacions de risc i de controls (sistemàtics i per brot)

Instal·lacions de risc	Controls sistemàtics						Controls per brot						Total					
	Negatiu		Positiu		Na		Negatiu		Positiu		Na		Negatiu		Positiu		Na	
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Fonts ornamentals	81 (93.1)	4 (4.6)	2 (2.3)	6 (66.67)	0 (0)	3 (33.33)	87 (90.62)	4 (4.17)	5 (5.21)	0 (0)	5 (14.29)	27 (77.14)	5 (14.29)	3 (8.57)	53 (85.48)	9 (14.52)	0 (0)	0 (0)
Neteja viària	0 (0)	0 (0)	0 (0)	27 (77.14)	5 (14.29)	3 (8.57)	27 (77.14)	5 (14.29)	3 (8.57)	0 (0)	0 (0)	116 (82.86)	24 (17.14)	0 (0)	19 (67.86)	9 (32.14)	0 (0)	0 (0)
Reg aspersió freàtic	50 (86.21)	8 (13.79)	0 (0)	3 (75)	1 (25)	0 (0)	53 (85.48)	9 (14.52)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	133 (93.01)	10 (6.99)	0 (0)	43 (82.69)	7 (13.46)	2 (3.85)	0 (0)
Reg aspersió inst. esportives municipals	114 (83.82)	22 (16.18)	0 (0)	2 (50)	2 (50)	0 (0)	116 (82.86)	24 (17.14)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	19 (67.86)	9 (32.14)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Reg per aspersió (zones verdes)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	19 (67.86)	9 (32.14)	0 (0)	19 (67.86)	9 (32.14)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	133 (93.01)	10 (6.99)	0 (0)	43 (82.69)	7 (13.46)	2 (3.85)	0 (0)
T. Refrigeració i condensadors	61 (100)	0 (0)	0 (0)	72 (87.8)	10 (12.2)	0 (0)	72 (87.8)	10 (12.2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	43 (82.69)	7 (13.46)	2 (3.85)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Túnels de rentat	36 (85.71)	5 (11.9)	1 (2.38)	7 (70)	2 (20)	1 (10)	43 (82.69)	7 (13.46)	2 (3.85)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Taula 3.4: Resultats de detecció de legionel·la en les instal·lacions de risc segons el tipus de control

Instal·lacions de risc	Legionel·la (Espècie/Serogrup)													
	1		1 i 2-14		1 i 2-15 i spp		2-14		2-15		spp		NA	
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Fonts ornamentals	1 (25)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (25)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (50)	0 (0)	0 (0)	
Neteja viària	2 (40)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (20)	1 (20)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (20)	1 (20)	0 (0)	
Reg aspersió freàtic	2 (22.22)	2 (22.22)	2 (22.22)	2 (22.22)	0 (0)	0 (0)	3 (33.33)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (22.22)	0 (0)	0 (0)	
Reg aspersió inst. esportives municipals	7 (29.17)	5 (20.83)	1 (4.17)	5 (20.83)	1 (4.17)	5 (20.83)	1 (11.11)	3 (33.33)	0 (0)	0 (0)	6 (25)	0 (0)	0 (0)	
Reg per aspersió (zones verdes)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (11.11)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (55.56)	0 (0)	0 (0)	
T. Refrigeració i condensadors	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	6 (60)	4 (40)	0 (0)	
Túnels de rentat	2 (28.57)	1 (14.29)	0 (0)	1 (14.29)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (57.14)	0 (0)	0 (0)	

Taula 3.5: Legionel·la detectada en les instal·lacions de risc per espècie/serogrup

A la taula (taula 3.4) observem que la categoria d'instal·lacions de risc que ha donat més positius de legionel·la ha sigut els regs per aspersió en instal·lacions esportives municipals, un altre motiu pel qual es pot explicar que sigui la categoria on s'hi realitzen més controls sistemàtics (com s'ha comentat anteriorment), ja que al donar positiu es torna a fer un control d'aquesta després del tractament per comprovar que les mesures de desinfecció de legionel·la han funcionat correctament.

També podem veure l'espècie i serogrup de legionel·la, això és important, ja que com s'explica a l'apartat de legionel·losi, el serogrup 1 de l'espècie *pneumophila* és amb diferència la més freqüentment associada a aquesta malaltia. (Taula 3.5 i figura 3.5)

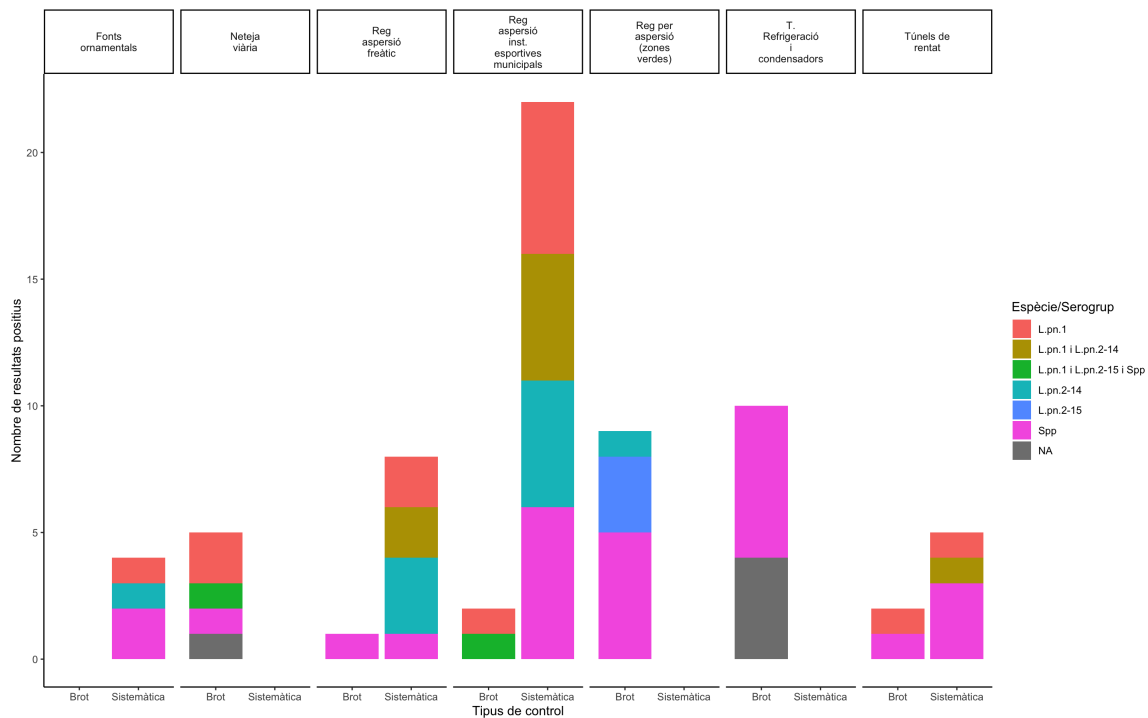


Figura 3.5: Legionel·la detectada en les instal·lacions de risc per espècie/serogrup

Legionel·la (Espècie/Serogrup)	Recompte de legionel·la (UCF/L) N (%)		
	<100	100-1000	>10000
NA	3 (4.62)	1 (1.54)	0 (0)
L.pn.1	2 (3.08)	10 (15.38)	7 (10.77)
L.pn.2-14	0 (0)	13 (20)	2 (3.08)
L.pn.2-15	1 (1.54)	2 (3.08)	0 (0)
Spp	3 (4.62)	16 (24.62)	5 (7.69)

Taula 3.6: Concentració de legionel·la (UFC/litre) en les instal·lacions de risc

A la taula anterior (**taula 3.6**) veiem les concentracions de cada una de les espècies i serogrup, aquesta informació és important, ja que a nivells alts augmenta la probabilitat d'infecció. Podem observar que en 17 instal·lacions la concentració de legionel·la *pneumophila* serogrup 1 (la més infecciosa) ha donat per sobre de 100 UFC/litre i en 7 per sobre de 10000 UFC/litre.

En les següents taules (**taula 3.7 i 3.8**) veiem les instal·lacions de risc que més vegades s'hi ha detectat legionel·la i el recompte total d'aerobis. De les 5 instal·lacions de risc que han donat més cops positiu veiem que 3 d'elles són de la categoria de regs per aspersió en instal·lacions esportives municipals, i que el màxim de vegades en què una instal·lació ha donat positiu en el període d'estudi ha sigut 5, i pertany a aquesta mateixa categoria. (**Taula 3.7**)

Veiem que en les instal·lacions de risc on hi ha presència de legionel·la, la majoria tenen concentracions d'aerobis totals superiors o iguals a 10.000 UFC/ml. Això pot deure's que concentracions molt elevades de microorganismes aerobis poden contribuir a la proliferació de legionel·la. També veiem que torna a ser la categoria dels regs per aspersió en instal·lacions esportives municipals en la que es detecten concentracions més elevades, fet que podria explicar primerament que s'hi realitzin més controls, ja que si es detecten nivells superiors als establerts (10.000 UCF/ml) s'han d'adoptar les mesures pertinents i realitzar un mostreig de legionel·la. (Apartat legislació, mesures higienicosanitàries) (**Taula 3.8**)

Instal·lació de risc més positiva	Total		Controls sistemàtics		Controls per brot	
	Negatiu	Positiu	Negatiu	Positiu	Negatiu	Positiu
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
ID INSTA						
2_13	6 (60)	4 (40)	6 (60)	4 (40)	0 (0)	0 (0)
2_15	6 (54.55)	5 (45.45)	5 (55.56)	4 (44.44)	1 (50)	1 (50)
2_16	6 (60)	4 (40)	5 (62.5)	3 (37.5)	1 (50)	1 (50)
5_25	4 (57.14)	3 (42.86)	1 (100)	0 (0)	3 (50)	3 (50)
6_5	2 (33.33)	4 (66.67)	0 (0)	0 (0)	2 (33.33)	4 (66.67)

Taula 3.7: Instal·lacions de risc més positives

Instal·lacions de risc	Presència de legionella			Absència de legionella		
	Recompte aerobis totals UFC/ml			Recompte aerobis totals UFC/ml		
	<100	<10000	>=10000	<100	<10000	>=10000
Fonts ornamentals	0 (0)	0 (0)	1 (0.3)	39 (11.89)	9 (2.74)	24 (7.32)
Neteja viària	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0.91)	0 (0)	2 (0.61)
Reg aspersió freàtic	3 (0.91)	2 (0.61)	1 (0.3)	20 (6.1)	16 (4.88)	3 (0.91)
Reg aspersió inst. esportives municipals	1 (0.3)	3 (0.91)	10 (3.05)	66 (20.12)	12 (3.66)	23 (7.01)
T. Refrigeració i condensadors	0 (NA)	0 (NA)	0 (NA)	46 (14.02)	6 (1.83)	4 (1.22)
Túnels de rentat	2 (0.61)	1 (0.3)	2 (0.61)	16 (4.88)	8 (2.44)	5 (1.52)

Taula 3.8: Recompte d'aerobis totals

L'evolució anual dels casos de legionel·la mostra un clar augment el 2019, fet que podria explicar-se per l'augment d'instal·lacions positives aquell mateix any. També en el 2019 s'observen alts nivells de les mitjanes de les concentracions de legionel·la i aerobis totals, (figura 3.6). El nombre de controls també va augmentar el 2019 (figura 3.7), per una banda, a causa de l'augment de casos, ja que va haver-hi tres brots aquell any (taula 3.1) i, per tant, s'han de realitzar els controls pertinents arran de brot (apartat declaració de casos i brots) i, per altra banda, a l'augment d'instal·lacions positives que suposa haver de tornar a analitzar-les després d'un temps (apartat legislació, mesures higienicosanitàries).

El 2016 veiem que hi ha altes concentracions de legionel·la, això és pel fet que una de les mostres va donar una concentració d'1.800.000 UFC/litre fet que fa augmentar exponencialment la mitjana. (Figura 3.6)

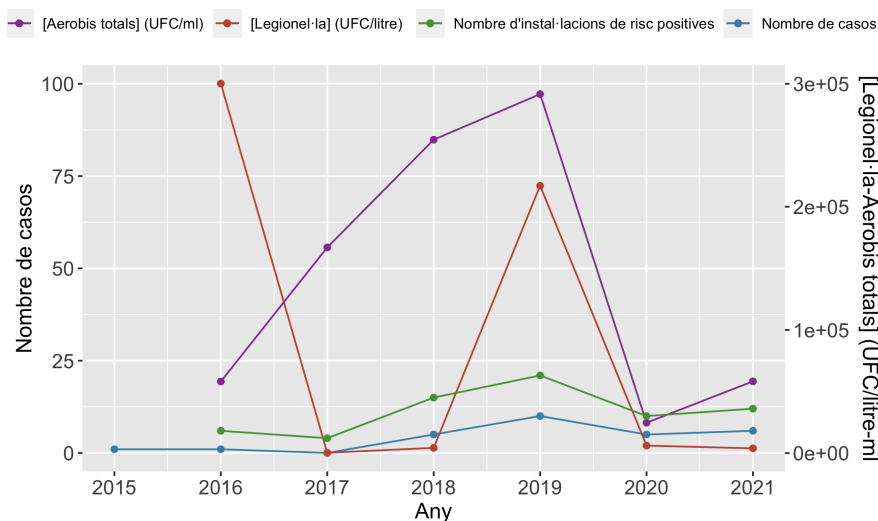


Figura 3.6: Evolució anual de casos, de la mitjana de la concentració de legionel·la i d'aerobis totals (UFC/litre-ml) i del nombre d'instal·lacions de risc positives

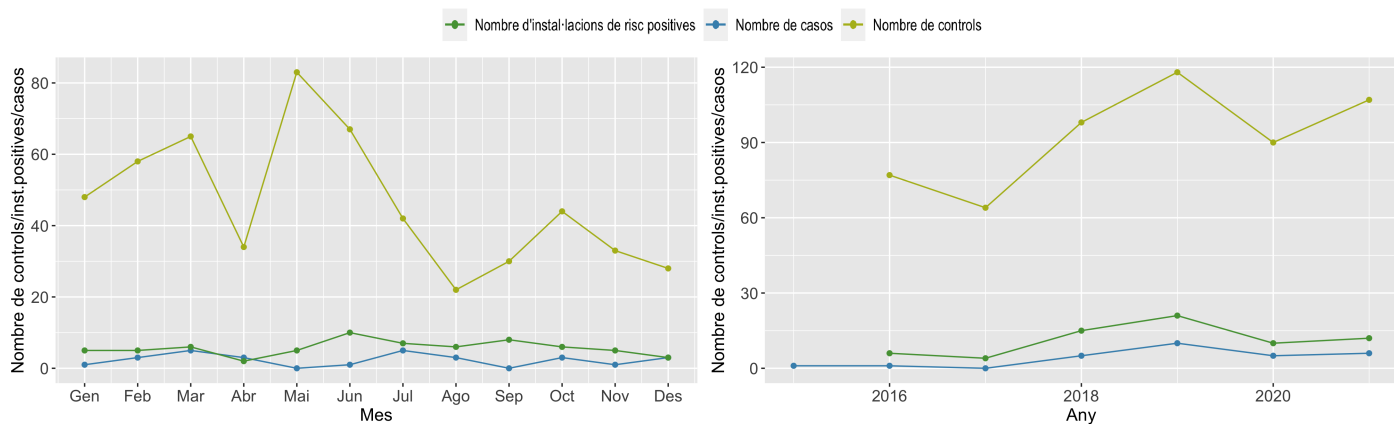


Figura 3.7: Nombre d'instal·lacions de risc positives, de casos i de controls al llarg del temps. Esquerra: mesos. Dreta: anys

En l'evolució mensual i anual del nombre de casos, d'instal·lacions de risc positives i dels controls realitzats a aquestes observem una clara relació entre les tres mesures, com és d'esperar. Hem de tenir present en visualitzar aquestes gràfiques que el temps d'incubació de la legionel·la és aproximadament de 2 a 14 dies i la quantificació de legionel·la segons el procediment té un requeriment pel que fa al temps de 10 a 14 dies, (apartat legionel·losi i diagnòstic al laboratori, respectivament). (**Figura 3.7 i taula 3.9**)

Any	Casos	Instal·lacions de risc amb resultat positiu
	N (%)	N (%)
2015	1 (3.57)	NA (NA)
2016	1 (3.57)	6 (8.82)
2017	NA (NA)	4 (5.88)
2018	5 (17.86)	15 (22.06)
2019	10 (35.71)	21 (30.88)
2020	5 (17.86)	10 (14.71)
2021	6 (21.43)	12 (17.65)
Total	28 (100)	68 (100)

Taula 3.9: Nombre de casos i d'instal·lació amb resultat positiu. (El cas del 2015 pertany al brot del 2016)

A la següent taula (**taula 3.10**) observem les instal·lacions de risc que han donat positives segons el brot. En el brot amb identificador 7 (ID Brot 7) no es va trobar cap instal·lació positiva quan es van realitzar els controls arran del brot. Com observem també en aquesta taula, en el brot amb identificador 6 (ID Brot 6) és quan se'n van detectar més amb resultat positiu i 4 d'aquestes van ser dins la categoria de torres de refrigeració i condensadors evaporatius.

Instal·lacions de risc positives (Controls per brot)																
ID Brot	Fonts ornamentals		Neteja viària		Reg aspersió freatic		Reg aspersió esportives municipals		Reg per aspersió (zones verdes)		T. Refrigeració i condensadors		Túnels de rentat		Total	
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
1	0 (0)	1 (50)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (50)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (100)	2 (100)
2	0 (0)	1 (20)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (80)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (100)	5 (100)
3	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (50)	2 (50)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (100)	4 (100)
4	0 (0)	3 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (100)	3 (100)
5	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (75)	1 (25)	0 (0)	0 (0)	4 (100)	4 (100)
6	0 (0)	0 (0)	1 (16.67)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (16.67)	4 (66.67)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	6 (100)	6 (100)
8	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (50)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (50)	0 (0)	2 (100)	2 (100)
9	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (66.67)	0 (0)	0 (0)	1 (33.33)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (100)	3 (100)

Taula 3.10: Controls per brot a les instal·lacions de risc segons brot

Instal·lacions de risc a 500m																
ID Brot	Fonts ornamentals		Neteja viària		Reg aspersió freatic		Reg aspersió esportives municipals		Reg per aspersió (zones verdes)		T. Refrigeració i condensadors		Túnels de rentat		Total	
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
1	0 (0)	10 (71.43)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (28.57)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	14 (100)	14 (100)
2	0 (0)	6 (75)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (12.5)	1 (12.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	8 (100)	8 (100)
3	0 (0)	10 (66.67)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (33.33)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	15 (100)	15 (100)
4	0 (0)	4 (57.14)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (42.86)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	7 (100)	7 (100)
5	0 (0)	2 (40)	3 (60)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (100)	5 (100)
6	1 (7.69)	10 (76.92)	1 (7.69)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (7.69)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	13 (100)	13 (100)
7	1 (6.67)	6 (40)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (6.67)	4 (26.67)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (20)	0 (0)	15 (100)	15 (100)
8	2 (33.33)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (16.67)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (50)	0 (0)	6 (100)	6 (100)
9	3 (30)	5 (60)	0 (0)	1 (10)	0 (0)	0 (0)	1 (10)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	10 (100)	10 (100)

Taula 3.11: Instal·lacions de risc a 500 m dels centroides dels brots

El nombre d'instal·lacions presents dins dels radis d'estudi de 500 metres quan es detecta un brot varien de 5 a 15 segons el brot, sent la dels vehicles la categoria amb un major nombre, això es deu al fet que s'ha comptabilitzat que tots els vehicles que tenien un recorregut en el barri del brot estaven dins d'aquest radi (no disposem de les dades exactes, com s'ha mencionat anteriorment). (Taula 3.11)

El nombre d'instal·lacions positives dins aquests radis detectades per control sistemàtic és d'una que correspon al brot amb identificador 7 i a la categoria de túnels de rentat. (Taula 3.12)

Instal·lacions de risc positives 500m (Controls sistemàtic)	
ID Brot	Túnels de rentat
	N (%)
7	1 (100)

Taula 3.12: Controls sistemàtics positius a les instal·lacions de risc a 500 m dels centroides dels brots

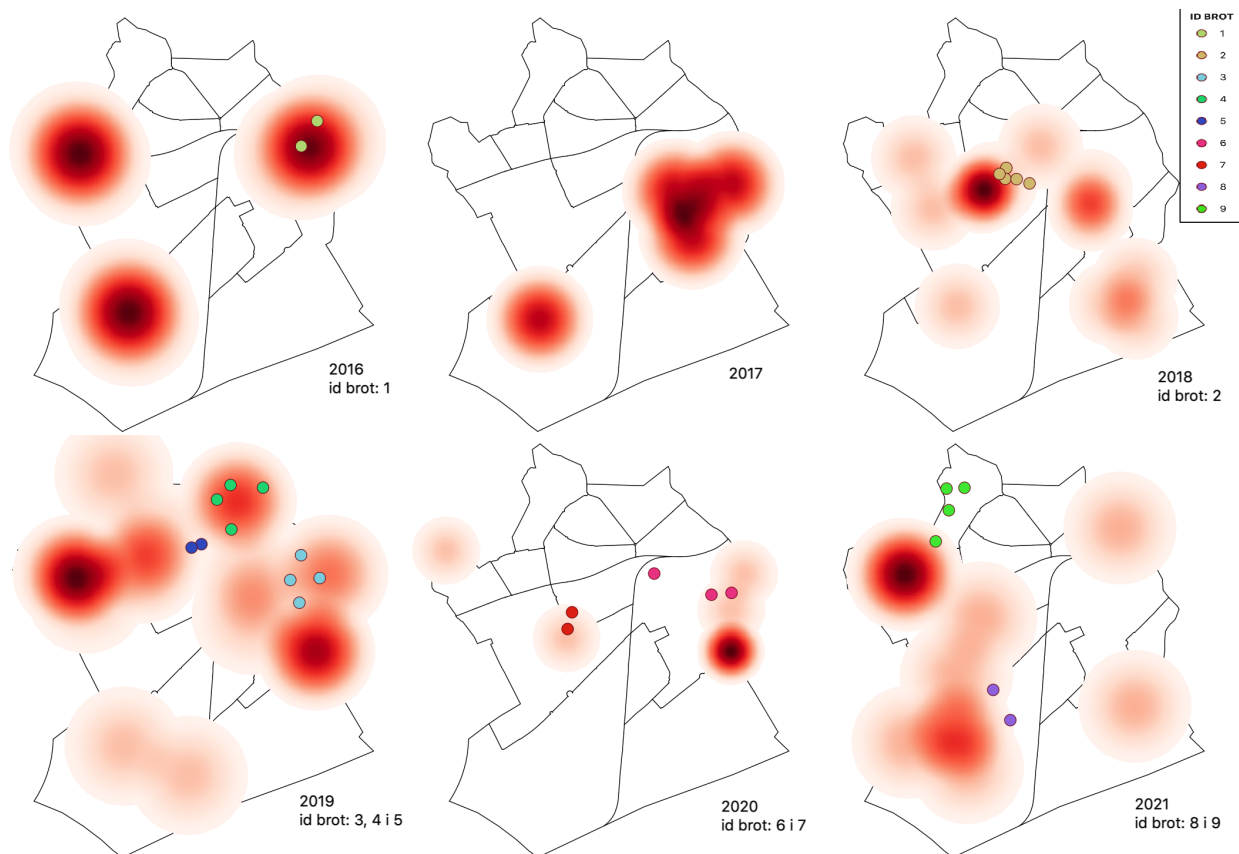


Figura 3.8: Mapes de calor de les instal·lacions de risc positives i casos segons el brot. Per any. Els punts fan referència a casos, els colors al brot al qual pertanyen (vegeu la llegenda)

En els mapes anteriors (**figura 3.8**) realitzats com s'explica a l'apartat de mètodes estadístics, podem observar com en moltes ocasions els casos s'han donat a les zones on hi havia instal·lacions positives o bé, pròxims a aquestes.

En els mapes a continuació (**figura 3.9**) podem observar la distribució espacial de les instal·lacions que han donat positiu a legionel·la segons si el control s'ha realitzat arran d'un brot (quadrat rosa) o de forma sistemàtica (taronja). Veiem que en la majoria dels brots, les instal·lacions més pròximes en donar positiu han estat arran dels controls per brot. El 2018, 2019 i 2020 veiem algunes instal·lacions que han donat positiu per control sistemàtic que estan pròximes a casos. (Hem de tenir present que no estem tenint en compte els controls sistemàtics dels vehicles de neteja, com ja s'ha dit prèviament, a causa de la dificultat de conèixer el seu recorregut exacte en els dies, ja que no tenim aquesta informació). En el brot amb identificador número 7 podem observar la instal·lació que ha donat positiu per control sistemàtic tocant a un dels casos, que coincideix amb el que dèiem anteriorment. En els altres casos les instal·lacions positives per controls sistemàtics pròximes als casos es troben a més dels 500 metres dels centroides de cada brot.

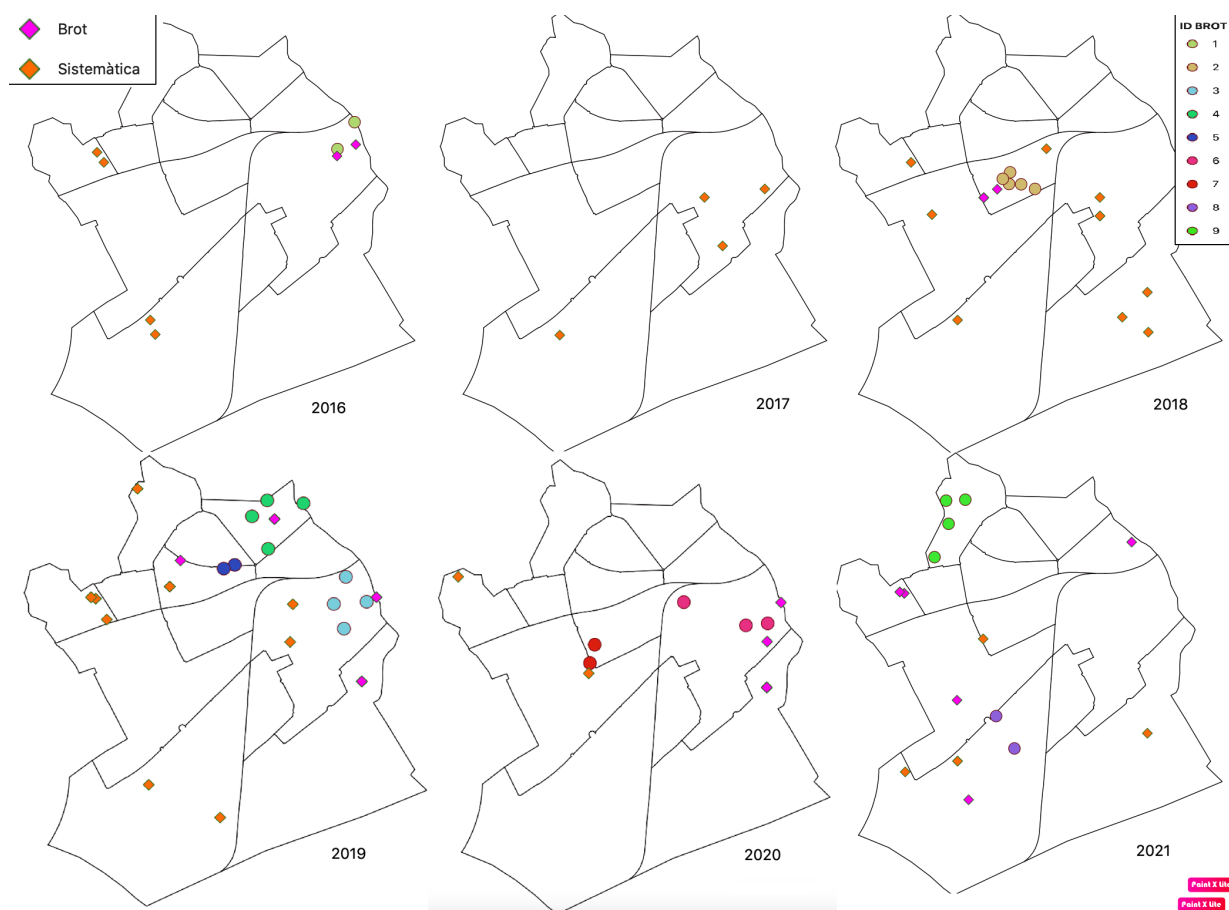


Figura 3.9: Mapes dels casos segons el brot i les instal·lacions positives segons el tipus de control. Per any. Els punts fan referència a casos, els colors al brot al qual pertanyen. Els rombes al tipus d'inspecció (per brot o sistemàtica). (Vegeu la llegenda)

Anàlisi de Co-Ocurrencia

Pel que fa a l'anàlisi de co-ocurrencia per tal d'estudiar les associacions entre instal·lacions positives i casos (agrupats en brots), els resultats són els següents. (Apartat anàlisi de co-ocurrencia)

La funció *cooccur* produeix un objecte de sortida que conté tots els resultats de l'anàlisi de co-ocurrencia. Com a primer pas, *summary()* ens proporciona una lectura del total de parelles positives, negatives i aleatòries classificades per l'algorisme. A més, la funció informa sobre el nombre de casos, instal·lacions, llocs analitzats, el nombre de parelles eliminades de l'anàlisi si s'estableix un llindar (en el nostre cas, no s'ha establert) i el nombre de parelles que no es classifiquen a causa de la baixa potència estadística. En calcular el percentatge d'associacions no aleatòries, les parelles no classificades s'inclouen en el recompte de parelles totals.

```
Call:
cooccur(mat = MATRIU1, type = "spp_site", thresh = FALSE, spp_names = TRUE,
        true_rand_classifier = 0.1, prob = "comb")

231 pairs were analyzed

Cooccurrence Summary:
  Species      Sites   Positive   Negative   Random Unclassifiable Non-random (%)
    22.0       28.0      14.0       0.0       217.0         0.0         6.1
attr(,"class")
[1] "summary.cooccur"
```

Figura 3.10: Anàlisi de co-ocurrencia; resultats de R de *summary()*

Aquest resultat suggereix que la majoria de les parelles tenen associacions aleatòries. Les associacions significatives no aleatòries són totes positives (14). (**Figura 3.10**)

Ara l'objectiu és inspeccionar els resultats per parelles. Amb el mètode *print* obtenim una llista de combinacions d'espècies significatives. A la següent figura es mostren les 7 primeres parelles. (**Figura 3.11**).

Els valors *p lt* i *p gt* mostren que cap d'aquestes parelles s'ha associat significativament. Aquests dos valors representen les probabilitats que aquestes parelles puguin co-ocórrer alhora menys o més del que s'observa a les nostres dades, respectivament. Es poden interpretar com a valors *p*, indicant així nivells de significació per a patrons de co-ocurrencia negatius i positius.

	sp1	sp2	sp1_inc	sp2_inc	obs_cooccur	prob_cooccur	exp_cooccur	p_lt	p_gt	sp1_name	sp2_name
1	1	2	2	5	0	0.013	0.4	0.66931	1.00000	brat 1 2016	brat 2 2018
2	1	3	2	4	0	0.010	0.3	0.73016	1.00000	brat 1 2016	brat 3 2019
3	1	4	2	4	0	0.010	0.3	0.73016	1.00000	brat 1 2016	brat 4 2019
4	1	5	2	2	0	0.005	0.1	0.85979	1.00000	brat 1 2016	brat 5 2019
5	1	6	2	3	0	0.008	0.2	0.79365	1.00000	brat 1 2016	brat 6 2020
6	1	7	2	2	0	0.005	0.1	0.85979	1.00000	brat 1 2016	brat 7 2020
7	1	8	2	2	0	0.005	0.1	0.85979	1.00000	brat 1 2016	brat 8 2021

Figura 3.11: Anàlisi de co-ocurrencia; resultats de R de *prop.table()*

La següent figura (**figura 3.12**) mostra les associacions d'espècies positives (i negatives si hi

hagués) determinades pel model probabilístic de co-ocurrència per a les instal·lacions i els casos agrupats segons els brots de legionel·losi a l'Hospitalet de Llobregat, mitjançant una visualització de totes les combinacions per parelles i els seus signes de co-ocurrència (positius o negatius).

Els noms es col·loquen per indicar les columnes i files que representen les seves relacions per parelles.

Els casos corresponents als brots amb identificador 1 i 2 (anys 2016 i 2018) tenen associacions positives amb més d'una instal·lació, els corresponents als brots 4, 6 i 7 amb una, i pel que fa als casos corresponents als brots 5, 8 i 9 no tenen associació amb cap instal·lació de risc. Si observem els mapes anteriors de la distribució espacial dels casos segons el brot i les instal·lacions positives (**figura 3.9**), veiem que aquests brots que no han tingut associació positiva amb cap instal·lació, realment no en tenen cap de pròxima.

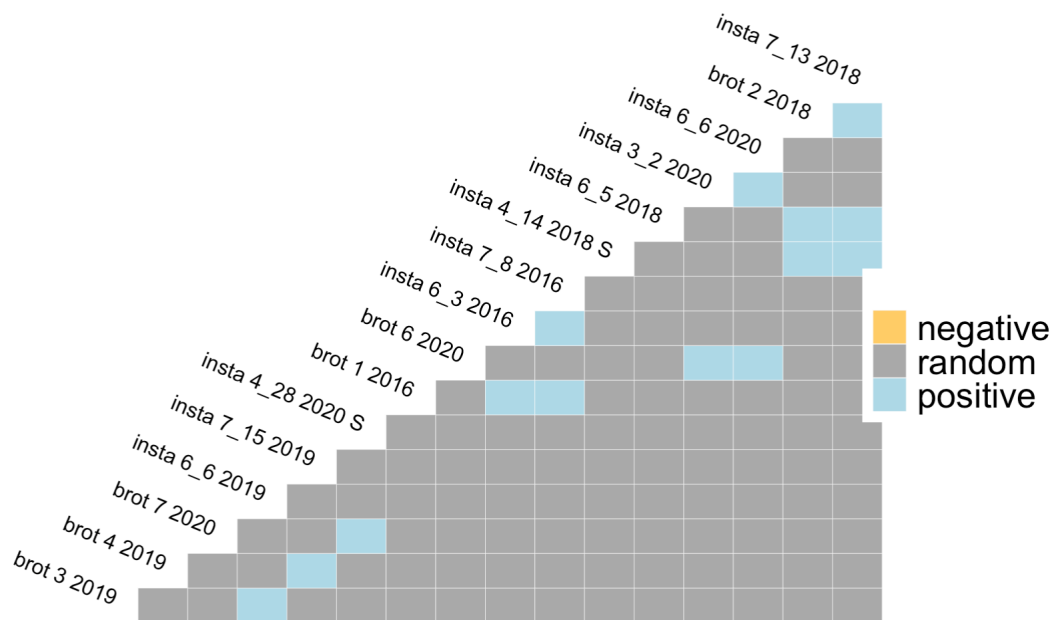


Figura 3.12: Anàlisi de co-ocurrència; gràfic de la matriu de co-ocurrència entre parelles. Per a les instal·lacions de risc; insta fa referència a instal·lació de risc, seguit del número identificador de la instal·lació, l'any en què dona el positiu i S en el cas que sigui per control sistemàtic. Pels brots: identificador del brot i any del brot

L'anàlisi probabilístic troba patrons de co-ocurrència dels quals es poden extreure els resultats de cada brot. Observem per a cada brot quines instal·lacions s'han associat de forma positiva. Prob cooccur fa referència a la probabilitat que la parella co-ocorregui al mateix lloc, exp cooccur al nombre esperat de llocs de tenir la parella. Veiem que en totes, com ja s'ha comentat, la probabilitat de co-ocurrència és significativa a una freqüència superior a l'observada, és a dir associades positivament. (**Figura 3.13**)

```

> pair(mod = cooccur.MATRIU1, "brot 1 2016")
Species:
[1] "brot 1 2016"
with 2 associations

      sp2 sp2_inc obs_cooccur prob_cooccur exp_cooccur p_lt  p_gt
9  insta 6_3 2016      2          2          0.005      0.1   1 0.00265
10 insta 7_8 2016      2          2          0.005      0.1   1 0.00265
> pair(mod = cooccur.MATRIU1, "brot 2 2018")
Species:
[1] "brot 2 2018"
with 3 associations

      sp2 sp2_inc obs_cooccur prob_cooccur exp_cooccur p_lt  p_gt
31 insta 4_14 2018 S      2          2          0.013      0.4   1 0.02646
32  insta 6_5 2018      4          4          0.026      0.7   1 0.00024
33  insta 7_13 2018      5          5          0.032      0.9   1 0.00001
> pair(mod = cooccur.MATRIU1, "brot 3 2019")
Species:
[1] "brot 3 2019"
with 1 associations

      sp2 sp2_inc obs_cooccur prob_cooccur exp_cooccur p_lt  p_gt
54 insta 6_6 2019      3          3          0.015      0.4   1 0.00122
> pair(mod = cooccur.MATRIU1, "brot 4 2019")
Species:
[1] "brot 4 2019"
with 1 associations

      sp2 sp2_inc obs_cooccur prob_cooccur exp_cooccur p_lt  p_gt
73 insta 7_15 2019      4          4          0.02       0.6   1 5e-05
> pair(mod = cooccur.MATRIU1, "brot 6 2020")
Species:
[1] "brot 6 2020"
with 2 associations

      sp2 sp2_inc obs_cooccur prob_cooccur exp_cooccur p_lt  p_gt
108 insta 3_2 2020      2          2          0.008      0.2   1 0.00794
109 insta 6_6 2020      2          2          0.008      0.2   1 0.00794
> pair(mod = cooccur.MATRIU1, "brot 7 2020")
Species:
[1] "brot 7 2020"
with 1 associations

      sp2 sp2_inc obs_cooccur prob_cooccur exp_cooccur p_lt  p_gt
125 insta 4_28 2020 S      2          2          0.005      0.1   1 0.00265

```

Figura 3.13: Anàlisi de co-ocurrència; resultats de R de *pair()* per a cada brot que ha mostrat associació

Per entendre la contribució individual de cada brot a les associacions positives, es poden visualitzar utilitzant la funció *pair.profile()* per crear un diagrama de caixa que mostra el percentatge de parelles que són positives, negatives i aleatòries per a totes elles. (Figura 3.14)

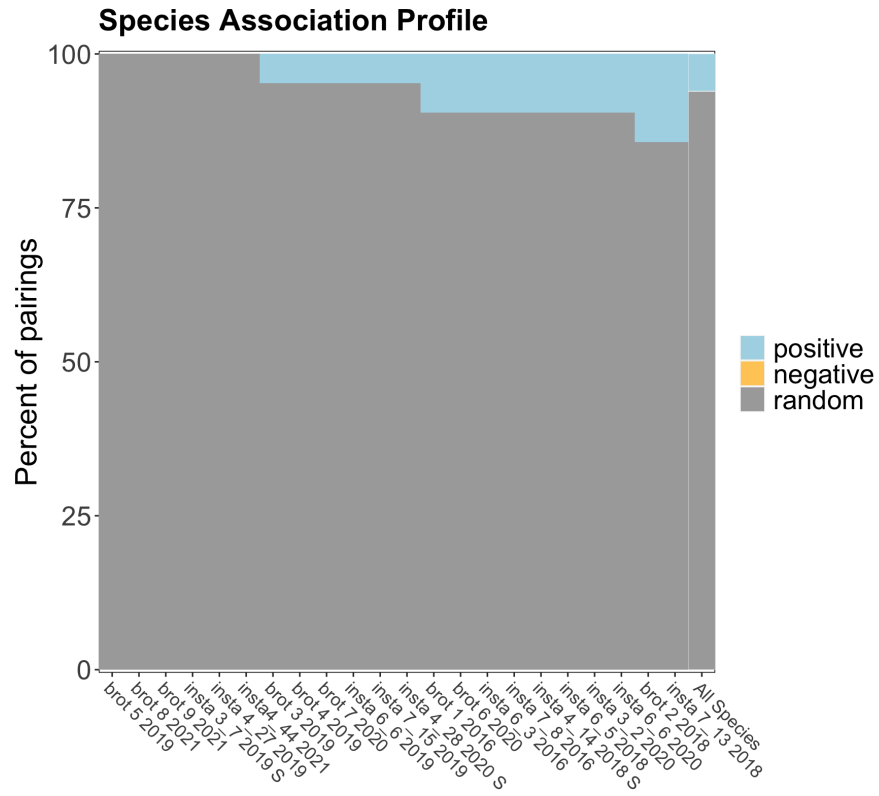


Figura 3.14: Anàlisi de co-ocurrència: percentatges d'aparellaments totals de cada espècie que són positius, negatius o aleatoris.

Capítol 4

Conclusions

El que es pretenia amb aquest treball de recerca era analitzar la situació dels brots de legionel·losi al municipi de l'Hospitalet del Llobregat i millorar el seu control i prevenció.

En concret aquest període de temps va haver-hi 9 brots, i un total de 28 casos. Hem pogut observar que els casos d'aquesta malaltia es presenten més en persones adultes i homes, com expliquen els estudis anteriors sobre la seva epidemiologia. No obstant això, no hem vist que els casos d'aquests brots tinguin una distribució estacional.

Veiem que tot i que la categoria amb més instal·lacions són els túnels de rentat, la categoria on es realitzen més controls per brot és a les torres de refrigeració i condensadors evaporatius, probablement pel fet que són les considerades d'alt risc, mentre que a la que es realitzen més controls sistemàtics és la categoria de regs d'aspersió a instal·lacions esportives municipals, això es pot deure al fet que, per una banda, són les instal·lacions que han donat més vegades positiu pel que requereixen controls de seguiment i a què, per altra banda, és on s'han detectat concentracions més elevades d'aerobis totals, fet que també fa requerir més controls.

Observem que la majoria de les instal·lacions amb presència de legionel·la tenen una concentració d'aerobis totals més elevada. I que la legionel·la detectada a nivells més alts és *pneumophila* serogrup 1, precisament la més associada a aquesta malaltia.

Pel que fa a l'evolució temporal dels casos, controls (tant arran de brot com sistemàtics), concentració de legionel·la i d'aerobis totals a les instal·lacions de risc, com era d'esperar estan relacionats, incrementant-se el 2019, any on va haver-hi més casos de la malaltia.

Veiem que de les inspeccions arran de brots en totes menys en la d'un brot (identificador 7) s'han detectat instal·lacions de risc positives, i que en aquest brot s'ha detectat una instal·lació positiva per control sistemàtic. Això ve reforçat pels mapes on podem observar la distribució espacial de les instal·lacions positives i dels casos, en els quals veiem que (menys al cas del brot amb identificador 7) els controls a les instal·lacions que han donat positiu han sigut en les inspeccions portades a terme arran de brots. L'anàlisi espacial de co-ocurrència reforça aquests resultats mostrant associacions significativament positives entre les instal·lacions on s'ha detectat legionel·la i els casos, en els brots amb identificador 1, 2, 4 6 i 7.

Aquests resultats anteriors ens permeten identificar les mancances i conèixer millor els focus

ambientals en aquest municipi. Així doncs, hem pogut veure que els controls sistemàtics realitzats a l'Hospitalet de Llobregat han servit per detectar instal·lacions positives i així prevenir l'aparició de nous casos. No obstant això, en la majoria dels controls a les instal·lacions arran dels brots que han transcorregut durant el període d'estudi també s'ha detectat legionel·la. Aquest fet posa de manifest la importància de dur a terme aquestes inspeccions quan es notifica l'aparició de casos de legionel·losi per tal de detectar el focus ambiental i la propagació de la malaltia, però alhora cal reforçar les inspeccions sistemàtiques sobretot en aquelles categories d'instal·lacions on hem vist concentracions de legionel·la més elevades i sobretot del serogrup més infecciós, per tal de continuar lluitant amb la prevenció i control d'aquesta malaltia.

Les anàlisis que s'han dut a terme utilitzant mètodes de predicció kriging no han donat resultats interessants a causa de la naturalesa de les dades, per això, crec que seria interessant la creació de bases de dades recollint tota la informació i vincular-les entre si, de forma que aquesta pugui ser analitzada més fàcilment, ja no tan sols per veure la situació de la legionel·losi a l'Hospitalet de Llobregat sense necessitat de depurar i organitzar les dades cada vegada, feina que ha requerit força temps, sinó també per poder dur a terme altres anàlisis, per exemple mitjançant un model kriging que es pogués actualitzar contínuament amb les dades any rere any i d'aquesta forma calcular el risc de concentració de legionel·la per àrea.

Bibliografia

- [AC+20] PARTE AC. et al. “List of prokaryotic names with standing in nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ.” In: *Int J Syst Evol Microbio*, 70:5607–12. (2020).
- [AEA22] DOMÉNECH-SÁNCHEZ A., LASO E., and ALBERTÍ A. “Determination of Legionella spp. prevalence in Spanish hotels in five years. Are tourists really at risk?” In: *Travel Medicine and Infectious Disease Volume 46* (2022).
- [AGÈ16] CONSORCI SANITARI DE BARCELONA AGÈNCA DE SALUT PÚBLICA DE CATALUNYA. “La legioniosi. Document informatiu.” In: *Canal salut* (2016).
- [AIM21] MARTÍNEZ A., CONCHITA I., and JANÉ M. “Brots epidèmics declarats a Catalunya els anys 2012 i 2013.” In: *Bulletí epidemiològic de Catalunya, Volum 37, Número 3* (2021).
- [ÁLV+02] J. ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ et al. *Guia per a la prevenció i el control de la legionel·losi*. Primera edició, 2002.
- [CAT10] GENERALITAT DE CATALUNYA. “ORDRE de 16 de novembre de 1987, sobre mesures en relació amb les eleccions dels òrgans de representació en l’Administració de la Generalitat de Catalunya.” In: *DOGC 1987; 931: 4514*. (2010).
- [CAT18] GENERALITAT DE CATALUNYA. AGÈNCIA DE SALUT PÚBLICA DE CATALUNYA. “Procediment de declaració i investigació de Brots comunitaris de legionel·losi no relacionats amb edificis d’ús col·lectiu”. In: *Canal Salut* (2018).
- [CON03] MINISTERI DE SANITAT I CONSUM. “Reial Decret 865/2003, de 4 de juliol, pel qual s’estableixen els criteris higienicosanitaris per a la prevenció i el control de la legionel·losi”. In: *«BOE» 171 de 18-7-2003* (2003).
- [CON10] MINISTERI DE SANITAT I CONSUM. “Real Decret 2210/1995, de 28 de desembre, pel qual es crea la xarxa nacional de vigilància epidemiològica.” In: *«BOE» 21 de 24-1-1996* (2010).
- [D M16] GRIFFITH D. M. “cooccur: Probabilistic Species Co-Occurrence Analysis in R”. In: *Journal of Statistical Software, Volume 69, Code Snippet 2*. (2016).
- [GEN19] DEPARTAMENT DE SALUT GENERALITAT DE CATALUNYA. “Malalties de declaració obligatòria (MDO) i la seva modalitat de declaració”. In: *Canal Salut* (2019).
- [HJ+10] NEWTON HJ. et al. “Molecular pathogenesis of infections caused by Legionella pneumophila.” In: *Clin Microbiol Rev*, 23(2):274–98 (2010).
- [J M06] OBÓN DE CASTRO J M. “Análisis microbiológico del agua”. In: *departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cartagena* (2006).

- [J+21] CHECA J. et al. “Comparative study of Legiolert with ISO 11731-1998 standard method-conclusions from a Public Health Laboratory.” In: *Journal of Microbiological Methods* 186 (2021).
- [JA13] VEECH JA. “A Probabilistic Model for Analysing Species Co-Occurrence: Probabilistic Model.” In: *Global Ecology and Biogeography*, 22, 252–260. (2013).
- [M+91] OTT M. et al. “Temperature-dependent exPrESSION of flagella in Legionella.” In: *J Gen Microbiol*, 137: 1955-1961. (1991).
- [NOR17a] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. “UNE 100030:2017 Prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones.” In: *UNE, abril 2017* (2017).
- [NOR17b] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. “UNE-EN ISO 11731:2017. Calidad del Agua-Recuento de Legionella.” In: *UNE-EN ISO 11731* (2017).
- [NOR98] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. “UNE-EN ISO 11731:1998. Calidad del Agua-Recuento de Legionella.” In: *UNE-EN ISO 11731* (1998).
- [NOR99] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. “Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo.” In: *EN ISO 6222:1999* (1999).
- [PRE04] DEPARTAMENT DE LA PRESIDÈNCIA. “DECRET 352/2004, de 27 de juliol, pel qual s’estableixen les condicions higienicosanitàries per a la prevenció i el control de la legionel·losi”. In: *DOGC 4185 – 29.7.2004* (2004).
- [RCR21] CANO R., MARTÍN C., and AMILLATEGUI R. “Vigilancia epidemiológica de la legionelosis en España, años 2019 y 2020. Informe de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica.” In: *Boletín epidemiológico semanal, semanas: 49 - 51 Del 06/12 al 25/12 de 2021 ISSN: 2173-9277 2021 Vol.29 no7 / 78-89* (2021).
- [RN03] DEL HOYO R. and MANERO N. “Estudio del control de las torres de refrigeración y condensadores evaporativos en el municipio de l’Hospitalet de Llobregat.” In: *Negociat de Salut Pública del Ajuntament de l’Hospitalet* (2003).
- [S+16] CATTAN S. et al. “Legionella spp: An update.” In: *La Revue de Médecine Interne*. 40, 12, 791–798. (2016).
- [WK16] EISENREICH W. and HEUNER K. “The life stage-specific pathometabolism of legionella pneumophila.” In: *FEBS Lett*. 590, 3868–3886. (2016).