

L'estudi de la mortalitat en àrees bàsiques de salut mitjançant l'anàlisi bayesiana

Juny 2023

Direcció i Coordinació:

Aina Plaza Tesías, Direcció General de Planificació i Recerca en Salut

Anna Mompарт Penina, Subdirecció General de la Cartera de Serveis i Anàlisi de la Informació

Anàlisi i redacció:

Xavier Puig Oriol i Josep Ginebra, professors del Departament d'Estadística i Investigació Operativa de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Col·laboració:

Marc Boher Massaguer, Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya

Antoni Planella Lleopart, Subdirecció General de la Cartera de Serveis i Anàlisi de la Informació

Alguns drets reservats:

© 2023, Generalitat de Catalunya. Departament de Salut



Els continguts d'aquesta obra estan subjectes a una llicència de Reconeixement-No comercial-Sense obres derivades 4.0 Internacional.

La llicència es pot consultar al web de Creative Commons.

Unitat promotora:

Direcció General de Planificació i Recerca en Salut

Primera edició:

Barcelona, juny de 2023

Assessorament lingüístic:

Servei de Planificació Lingüística del Departament de Salut

Revisió editorial:

Oficina de Comunicació. Serveis editorials

Disseny de plantilla accessible 1.04:

Oficina de Comunicació. Identitat Corporativa

Pla editorial 2023:

Registre núm. 6637

Aquesta publicació parteix del document elaborat pels professors del Departament d'Estadística i Investigació Operativa de la Universitat Politècnica de Catalunya Xavier Puig Oriol i Josep Ginebra Molins que porta com a títol *Anàlisi bayesiana de la mortalitat a nivell d'àrea bàsica de salut* i que respon a un encàrrec de la Direcció General de Planificació i Recerca en Salut del Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya amb número d'expedient SA-2022-661.

Sumari

1	Resum	5
1.1	Resumen.....	6
1.2	Abstract.....	7
2	Introducció	8
3	Descripció de les dades	11
3.1	Unitat territorial.....	11
3.2	Període d'estudi	12
3.3	Població	12
3.4	Representació cartogràfica	13
3.5	Mortalitat	13
3.6	Variables explicatives per ABS	16
3.7	Variables explicatives sobre estat de salut des del punt de vista individual 17	
4	Descripció de la metodologia	23
4.1	Anàlisi basada en dades agregades a escala d'ABS	23
4.2	Anàlisi que incorpora variables de salut des del punt de vista individual	25
5	Resultats	27
5.1	Resultats de l'anàlisi de les dades agregades a escala d'ABS	27
5.1.1	Anàlisi de la mortalitat general.....	27
5.1.2	Anàlisi de la mortalitat per infart agut de miocardi.....	29
5.1.3	Anàlisi de la mortalitat per càncer de recte	31
5.2	Resultats de l'anàlisi que incorpora variables individuals.....	33
5.2.1	Anàlisi de la mortalitat global amb variables de salut.....	33
5.2.2	Anàlisi de la mortalitat per infart de miocardi amb variables de salut	36
5.2.3	Anàlisi de la mortalitat per càncer de recte amb variables de salut.....	39
6	Discussió	42
7	Conclusions	44
8	Referències	46

1 Resum

L'anàlisi de la variació espacial de la mortalitat general i per causes de mort específiques és una eina molt útil per al coneixement de l'estat de salut de la població àmpliament reconeguda en tots els àmbits de la investigació i la planificació sanitària. La comparació d'indicadors de salut i de mortalitat per territoris i al llarg del temps, i la seva representació a través de mapes, permet identificar diferències geogràfiques i elaborar polítiques públiques i intervencions amb l'objectiu de reduir les desigualtats.

A l'hora de fer mapes de mortalitat per investigar la seva variació en l'espai i en el temps, hi ha un conflicte entre fer servir unitats territorials grans i dades corresponents a períodes llargs de temps, perquè són estimacions de la mortalitat robustes amb poca variabilitat, però amb un cert biaix, i fer servir àrees més petites i dades referents a un sol any, que no tenen biaix però que, en canvi, tenen més variabilitat. Tradicionalment, aquesta restricció s'ha resolt agregant dades d'àrees petites al llarg un període ampli de temps o bé afegint àrees petites per analitzar i representar territoris més grans, i no pas buscant altres metodologies que aportessin estabilitat estadística a les dades i permetessin disposar d'estimacions d'indicadors per àrees petites en un període curt de temps.

Aquest projecte proposa una metodologia per analitzar la variació espacial i temporal dels indicadors de mortalitat a Catalunya a escala d'àrea bàsica de salut (ABS), partint de la mortalitat anual desagregada per sexe i per grups quinquennals d'edat. Com que es parteix de taxes de mortalitat anuals i per àrees petites, les estimacions inicials dels indicadors són molt variables, i per minimitzar aquesta variabilitat sense introduir un biaix les taxes se suavitzen fent servir models jeràrquics bayesians. Aquests models incorporen l'efecte específic de cada àrea i la seva dependència espacial i temporal a través d'efectes aleatoris, i l'efecte de covariables a través d'efectes fixos, amb l'objectiu d'obtenir estimacions més robustes.

L'ús d'aquesta metodologia s'il·lustra explorant la variació espacial i temporal entre 2014 i 2019 a escala d'ABS de la mortalitat general, així com de la mortalitat per infart agut de miocardi i de la mortalitat per càncer d'anús, de recte i d'unió de recte i sigma separat per sexe. L'anàlisi es fa primer només amb dades agregades a escala d'ABS, i després incorporant-hi l'efecte de variables sobre l'estat de salut des del punt de vista individual, com la diabetis, l'obesitat o la dislipèmia.

Aquestes anàlisis permeten identificar patrons espacials de mortalitat molt clars, tant en el cas de l'infart agut de miocardi com del càncer de recte, i estimar l'efecte d'aquestes variables d'estat de salut sobre la mortalitat per a aquestes dues causes de mort.

Així doncs, els resultats del treball permeten concloure que els models jeràrquics bayesians permeten obtenir estimacions robustes de la raó de mortalitat estandarditzada per àrees petites, informació valuosa per a la generació d'hipòtesis, per a la identificació de diferències territorials en els indicadors de salut i per a la planificació sanitària.

1.1 Resumen

El análisis de la variación espacial de la mortalidad general y por causas de muerte específicas es una herramienta muy útil para el conocimiento del estado de salud de la población y ampliamente reconocida en todos los ámbitos de la investigación y la planificación sanitaria. La comparación de indicadores de salud y de mortalidad por territorios y a lo largo del tiempo, y su representación a través de mapas, permite identificar diferencias geográficas y elaborar políticas públicas e intervenciones con el objetivo de reducir las desigualdades.

En el momento de dibujar mapas de mortalidad para investigar su variación en el espacio y en el tiempo existe un conflicto entre utilizar unidades territoriales grandes y datos correspondientes a periodos largos de tiempo, porque son estimaciones de la mortalidad robustas con poca variabilidad, aunque con un cierto sesgo, y utilizar áreas más pequeñas y datos referentes a un solo año, que no tienen sesgo pero que, en cambio, tienen mayor variabilidad. Tradicionalmente, este conflicto se ha resuelto agregando datos de áreas pequeñas a lo largo un periodo amplio de tiempo, o bien añadiendo áreas pequeñas para analizar y representar territorios mayores, en lugar de buscar otras metodologías que aportaran estabilidad estadística a los datos y permitieran disponer de estimaciones de indicadores por áreas pequeñas en un periodo corto de tiempo.

Este proyecto propone una metodología para analizar la variación espacial y temporal de los indicadores de mortalidad en Cataluña a nivel de área básica de salud (ABS), partiendo de la mortalidad anual desagregada por sexo y por grupos quinquenales de edad. Como se parte de tasas de mortalidad anuales y por áreas pequeñas, las estimaciones iniciales de los indicadores son muy variables, y para minimizar esta variabilidad sin introducir un sesgo las tasas se suavizan utilizando modelos jerárquicos bayesianos. Estos modelos incorporan el efecto específico de cada área y su dependencia espacial y temporal a través de efectos aleatorios, y el efecto de co-variables a través de efectos fijos, con el objetivo de obtener estimaciones más robustas.

El uso de esta metodología se ilustra explorando la variación espacial y temporal entre 2014 y 2019 a nivel de ABS de la mortalidad general, así como de la mortalidad por infarto agudo de miocardio y por cáncer de ano, de recto y de unión de recto y sigma, desagregando por sexo. El análisis se hace primero sólo con datos agregados a nivel de ABS, y después incorporando el efecto de variables sobre el estado de salud desde el punto de vista individual, como son la diabetes, la obesidad o la dislipemia.

Estos análisis permiten identificar patrones espaciales de mortalidad muy claros, tanto en el caso del infarto agudo de miocardio como del cáncer de recto, y estimar el efecto de estas variables de estado de salud sobre la mortalidad para estas dos causas específicas de muerte.

Así pues, los resultados del trabajo llevan a concluir que los modelos jerárquicos bayesianos permiten obtener estimaciones robustas de la razón de mortalidad estandarizada por áreas pequeñas, información valiosa para la generación de hipótesis, para la identificación de diferencias territoriales en los indicadores de salud y para la planificación sanitaria.

1.2 Abstract

The analysis of spatial variation in general mortality and mortality by specific causes of death is a very useful tool for understanding the state of health of the population and it is widely acknowledged in all areas of research and health planning. The comparison of health and mortality indicators by territory and over time, and their representation through maps, makes it possible to identify geographical differences and to design public policies and interventions with the aim of reducing inequalities.

When drawing mortality maps to investigate their variation in space and time there is a conflict between priming large territorial units and data corresponding to long periods of time, because they are robust estimates of mortality with little variability but with a certain bias vs. using smaller areas and data referring to a single year, which are not biased but which, on the other hand, show higher variability. Traditionally, this conflict has been resolved by aggregating data from small areas over a long period of time, or by adding small areas to analyse and represent larger territories, rather than seeking other methodologies that could provide statistical stability to the data and allow estimates of indicators for small areas over a short period of time.

This project proposes a methodology to analyse the spatial and temporal variation of mortality indicators in Catalonia at the basic health area (BHA) level, based on annual mortality data disaggregated by sex and five-year age groups. Since we start from annual mortality rates and by small areas, the initial estimates of the indicators are highly variable, to minimise which while avoiding introducing any bias the rates are smoothed out using Bayesian hierarchical models. These models incorporate the area-specific effect and its spatial and temporal dependence through random effects, and the effect of co-variables through fixed effects in order to obtain more robust estimates.

The use of this methodology is illustrated by exploring the spatial and temporal variation between 2014 and 2019 of overall mortality at the ABS level, as well as mortality from acute myocardial infarction and from anal, rectal and rectal-sigmoid joint cancers, disaggregating by sex. The analysis is first passed only with aggregated data at the ABS level, and then incorporating the effect of individual health status variables such as diabetes, obesity and dyslipidaemia.

These analyses allow us to identify very clear spatial patterns of mortality, both in the case of acute myocardial infarction and rectal cancer, and to estimate the effect of these health status variables on mortality for these two specific causes of death.

Thus, the results of this work lead to the conclusion that Bayesian hierarchical models allow to obtain robust estimates of the standardised mortality ratio for small areas, that is: valuable information for the generation of hypotheses, for the identification of territorial differences in health indicators and for health planning.

2 Introducció

L'anàlisi de les dades de defuncions i la interpretació dels indicadors de mortalitat ajuden a generar hipòtesis sobre els possibles determinants socials, econòmics i de serveis que impacten en la salut de les persones en un context, territori i moment determinats, perquè les desigualtats de salut lligades a aquests diferents eixos de desigualtat, amb diferents intensitats, sempre hi són presents. El coneixement generat de l'anàlisi espacial i temporal de la mortalitat ofereix, doncs, informació que els responsables de promoure canvis en el sistema de salut públic poden utilitzar amb l'objectiu de reduir les desigualtats territorials i de gènere mitjançant intervencions més dirigides i, en conseqüència, més efectives i eficients.

Els indicadors de mortalitat constitueixen una font d'informació bàsica per garantir el monitoratge de l'estat de salut de la població. La seva exhaustivitat i cobertura poblacional, així com la possibilitat de comptar amb sèries temporals llargues, fa que les dades de mortalitat prenguin un paper clau, tant en la recerca com en la planificació sanitària.

La comparació dels valors que els indicadors de salut basats en dades de mortalitat prenen en àrees petites i la seva representació a través de mapes facilita la detecció de zones amb excés o dèficit de mortalitat, que orientaria el desenvolupament d'investigacions per identificar les possibles causes d'aquesta variabilitat i proveeix d'informació per a la planificació de serveis sanitaris i socials relacionats amb l'atenció al malalt en funció de les característiques i la magnitud del problema.

La Direcció General de Planificació i Recerca en Salut (DGPS) del Departament de Salut està interessada a anar més enllà de l'estadística freqüentista i introduir l'ús d'altres models matemàtics. L'anàlisi bayesiana és un d'aquests enfocaments complementaris. Aquest document pretén saber quines són les possibilitats de l'anàlisi bayesiana aplicada a les dades de mortalitat per àrees petites, amb l'objectiu d'avaluar les seves possibilitats a l'hora de conèixer com els determinants socials impacten sobre la salut de les persones i són l'origen de les desigualtats de salut de la població.

L'estadística bayesiana permet models més flexibles i versàtils i, alhora, més pròxims a la realitat. Quan les observacions corresponen a àrees petites, és especialment rellevant introduir la correlació espacial en els models, per acomodar el fet que dues àrees veïnes són més propenses a tenir comportaments semblants que dues àrees llunyanes, similitud que es magnifica com més petites són aquestes àrees territorials. El fonament d'aquesta suposició es troba en l'assumpció d'una hipòtesi prèvia: els comportaments poblacionals i els factors de risc varien gradualment en l'espai. Tot i això, els models són prou flexibles per capturar un comportament diferenciat d'una àrea respecte a les àrees veïnes.

Aquest treball analitza la distribució espacial i l'evolució temporal de la mortalitat general i de dues causes específiques de mort: l'infart agut de miocardi i el càncer d'anús, de recte i d'unió de recte i sigma. L'anàlisi descriu la distribució espacial per ABS entre els anys 2014 i 2019 per a homes i dones. Els resultats es presenten en dos nivells.

- Una primera anàlisi utilitza les dades agregades a escala d'ABS i presenta els resultats en forma de mapes de raó de mortalitat estandarditzada prèviament suavitzades, que permeten visualitzar la distribució espacial i identificar patrons, veure la variació temporal i avaluar la relació entre mortalitat i l'índex socioeconòmic territorial.
- Una segona anàlisi incorpora variables de salut des del punt de vista individual a la primera anàlisi, fet que permet presentar tant els mapes de les taxes de mortalitat un cop controlat per a aquestes variables com la magnitud i la significació dels efectes d'aquestes variables de salut sobre cada causa de mort.

Les estimacions de les taxes anuals de mortalitat estandarditzada per causes concretes per ABS tenen molta variabilitat, i els valors més extrems són gairebé sempre els de les àrees més petites. El mapatge d'aquestes estimacions directament sense suavitzar no és útil perquè el nivell del soroll, la variabilitat no explicable, seria massa alt. Per suavitzar aquestes estimacions i reduir la variabilitat de les taxes de mortalitat estandarditzada per ABS, es proposa d'utilitzar models jeràrquics bayesians que aprofiten la seva dependència espacial i temporal, així com la seva relació amb el valor que covariables associades amb aspectes socioeconòmics o demogràfics prenen en aquestes àrees. Aquesta metodologia es basa en el fet que els comportaments poblacionals i els factors de risc varien gradualment en l'espai i en el temps. Per capturar el comportament diferenciat per cada àrea, els models també incorporen un efecte propi per a cadascuna.

Tant per la mortalitat per infart agut de miocardi com per càncer de recte, les taxes de mortalitat presenten patrons espacials molt clars que apunten a impactes desiguals en l'àmbit geogràfic. Aquests patrons s'observen tant si es té en compte l'efecte de variables individuals de salut com si no, fet que indica que hi ha altres factors que expliquen aquesta incidència desigual de la mortalitat al territori.

L'objectiu del projecte és mostrar la informació que es pot obtenir després d'implementar un model jeràrquic bayesià espaciotemporal. Els resultats d'aquesta anàlisi han de permetre a la Direcció General de Planificació i Recerca en Salut avaluar si aquests models i els mapes que proporcionen poden esdevenir una eina d'utilitat per estudiar la salut a escala territorial i orientar decisions destinades a millorar la planificació sanitària.

Les anàlisis realitzades aquí es podrien estendre a les altres causes de mortalitat, i es podria investigar quins altres indicadors de salut i quines altres variables socioeconòmiques podrien explicar les desigualtats territorials detectades pel que fa a la mortalitat de cadascuna de les causes durant el mateix període de temps, 2014-2019. La irrupció de la pandèmia de COVID-19 el 2020 suposa que aquests models deixen de ser vàlids, i que caldria adaptar-los per avaluar l'impacte que el virus SARS-CoV-2 ha tingut sobre la mortalitat general i per causes específiques els anys 2020, 2021 i 2022, comparant la mortalitat anual observada amb la prevista en absència de la COVID-19.

Disposar d'una metodologia robusta i reproducible, però alhora adaptable a les diferents causes de mortalitat, pot esdevenir una eina de gran valor que permeti als professionals de la salut generar hipòtesis etiològiques, facilitar l'orientació de mesures preventives i avaluar l'impacte de la implementació de mesures establertes.

Aquest informe està estructurat de la següent manera: la secció 1 descriu breument el document, en català, castellà i anglès; la secció 2 introdueix l'objecte d'estudi; la secció 3 presenta les dades utilitzades; la secció 4 descriu la metodologia utilitzada; la secció 5 mostra els resultats obtinguts, tant aquells que utilitzen només les dades agregades a escala d'ABS (5.1) com les que incorporen a l'anàlisi l'efecte de les variables de salut des del punt de vista individual (5.2); la secció 6 recull una discussió dels resultats; la secció 7, les conclusions, i el document finalitza amb les referències bibliogràfiques emprades (secció 8). A més a més, en un Excel que podeu trobar al web, es mostren els resultats de les raons de mortalitat estandarditzades i dels riscos relatius per ABS, sexe i dos períodes de temps, tant per a la mortalitat general com per a les dues causes de mort específiques.

3 Descripció de les dades

3.1 Unitat territorial

Les àrees bàsiques de salut (ABS) són la divisió territorial utilitzada. Els avantatges d'utilitzar les ABS com a unitat territorial i no els municipis és que les grandàries poblacionals de les ABS són més homogènies, fet que comporta que la variabilitat dels indicadors de salut mesurats per ABS sigui més homogènia que la dels indicadors mesurats per municipi. Atès que els límits i la configuració d'algunes de les ABS han patit variacions entre el 2014 i el 2019, tal com queda recollit a les ordres de modificació de les ABS publicades al DOGC, ha estat necessari reassignar retrospectivament la població i les defuncions d'algunes de les ABS per disposar d'una única divisió territorial de referència a l'anàlisi. En concret, les ABS en què s'ha produït canvis en aquest període són:

- L'ABS Garraf Rural s'ha desdoblada en dues de noves, ABS Ribes-Olivella i ABS Roquetes-Canyelles. Per a tot el període d'anàlisi aquestes dues ABS s'han analitzat de manera conjunta sempre com a Garraf Rural.
- L'ABS Viladecans 3 es crea a partir d'una gran part de l'ABS Viladecans 1 i d'una petita part de l'ABS Viladecans 2. Per a tot el període d'anàlisi s'ha afegit l'ABS Viladecans 3 a l'ABS Viladecans 1, i s'han estudiat com si fossin una única ABS. Així, els resultats es mostren per a l'ABS Viladecans 1 i l'ABS Viladecans 2.
- L'ABS Vilafranca del Penedès es desdobla en l'ABS Vilafranca del Penedès 1 i l'ABS Vilafranca del Penedès 2. Per a tot el període, aquestes dues ABS de Vilafranca s'han analitzat com una de sola.
- L'ABS Lleida 7 es crea a partir d'una gran part de l'ABS Lleida 4 i una petita part de l'ABS Lleida 1 i l'ABS Lleida 3, alhora que la resta d'ABS de Lleida tenen petits canvis de límits. Per a l'anàlisi s'agrupen les ABS Lleida 7 i ABS Lleida 4, i s'han estudiat com si fossin una única ABS.
- Les ABS Barcelona 9-D i Barcelona 9-G es reconstrueixen en Barcelona 9-H i Barcelona 9-I. Per a l'anàlisi s'han afegit les ABS Barcelona 9-D i Barcelona 9-G abans de la modificació dels límits, així com les ABS Barcelona 9-H i Barcelona 9-I després de la modificació. Posteriorment s'han estudiat aquestes dues agregacions com si fossin la mateixa ABS.

Aquestes decisions suposen, d'una banda, que les ABS de Viladecans i les ABS de Lleida no són exactament les mateixes durant tot el període; tanmateix, les diferències en els límits són molt petites. D'altra banda, a Badalona també hi ha hagut canvis pel que fa als límits de l'ABS Badalona 6, l'ABS Badalona 7-A i l'ABS Badalona 7-B, però són modificacions tan petites que no s'han tingut en compte. Totes aquestes decisions preses per homogeneïtzar els límits de les ABS al llarg de tot el període d'estudi no contaminen l'anàlisi, tant perquè són canvis de límits i s'espera que les zones veïnes tinguin característiques semblants, com perquè, de totes maneres, la metodologia bayesiana ja ajusta per població i aquesta última és sempre consistent amb l'àrea que es fa servir a

l'anàlisi. Així, després de les agregacions de les ABS realitzades amb l'objectiu de tenir una divisió estable en el temps, l'anàlisi consta de les 368 ABS.

3.2 Període d'estudi

El període d'estudis comprèn el període entre els anys 2014 i 2019. Tot i disposar de totes les dades referents al 2020, aquestes últimes no s'han utilitzat per no haver de considerar la discontinuïtat en l'evolució de la mortalitat arran de la pandèmia COVID-19, que fa que el model utilitzat per suavitzar les mortalitats entre el 2014 i el 2019 deixi de ser vàlid a partir del 2020.

Quan les dades de mortalitat del 2021 i del 2022 estiguin disponibles, serà possible estimar l'efecte que la pandèmia ha tingut sobre l'evolució espacial i temporal de la mortalitat per diferents causes a partir de l'any 2020.

3.3 Població

La població prové de la població assegurada per anys de calendari, per ABS, per sexe i per grups quinquennals d'edats fins al grup obert de 95 anys i més. La figura 1 representa l'histograma del nombre total d'assegurats per ABS l'any 2017, i el diagrama bivariant, del nombre d'homes i de dones per a cadascuna de les 368 ABS.

L'ABS amb menys població assegurada el 2017 és Cornudella de Montsant, que en té 2.194, dels quals 1.176 són homes i 1.018 són dones, mentre que l'ABS amb més població assegurada és l'ABS Terrassa-E, que en té 62.401, dels quals 30.246 són homes i 32.155 són dones. Els quartils de la distribució del nombre de població assegurada per ABS són 13.408 persones per al quartil 25, 20.219 persones per al quartil 50 i 26.016 persones per al quartil 75. Els quartils de la distribució del nombre d'homes són 6.569, 9.872, 12.671, i el nombre de dones pels quartils és de 6.866, 10.182 i 13.388.

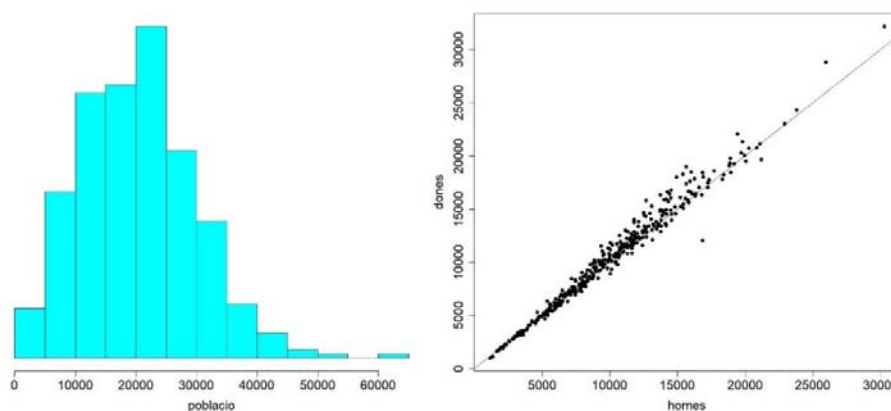


Figura 1: Nombre de persones assegurades per ABS (esquerra) i nombre de persones assegurades per ABS i sexe (dreta) l'any 2017.

L'observació anòmal, amb més homes dels que s'haurien d'esperar, és Barcelona-01D, que correspon al Raval.

3.4 Representació cartogràfica

Els resultats per ABS es representen cartogràficament amb mapes de les ABS. Per facilitar l'exploració de la zona metropolitana de Barcelona, on les ABS són menys extenses atès que la densitat de població és més alta, al costat del mapa de Catalunya s'hi presenta una ampliació, tal com es veu a la figura 2.

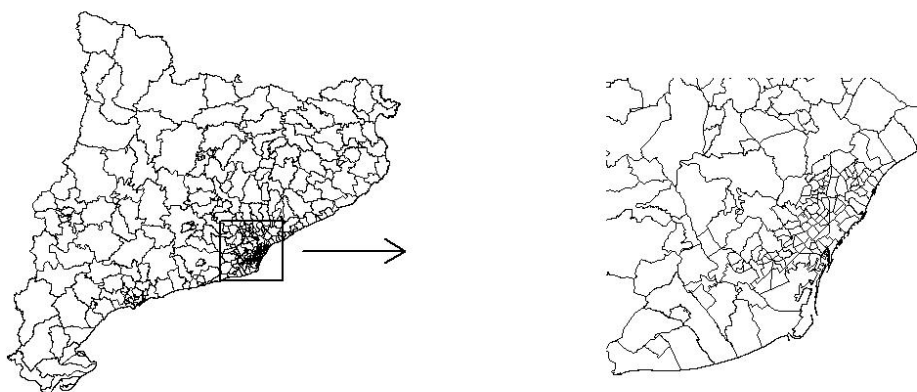


Figura 2: Mapa de Catalunya dividit en ABS i ampliació de la zona metropolitana de Barcelona.

En la interpretació dels mapes, atès que l'objectiu és descriure patrons territorials en la distribució de la mortalitat, les categories de l'indicador que s'han de cartografiar són diferents per sexe.

3.5 Mortalitat

Les defuncions procedeixen del Registre de mortalitat de Catalunya del Departament de Salut. Han estat utilitzades les defuncions anuals totals i s'han seleccionat dues causes específiques de mort: el càncer d'anus, de recte i d'unió de recte i sigma (CR), als quals corresponen els codis C19-C21 de la 10a versió de la Classificació Internacional de Malalties (CIM-10), i l'infart agut de miocardi (IAM), amb els codis I21-I22 de la CIM-10. Les defuncions estan desagregades per any de calendari des del 2014 fins al 2019, ambdós inclosos, per ABS, sexe i edat en grups de cinc anys, excepte per a l'edat de 95 anys i més, en què les defuncions estan agregades en un grup obert.

La figura 3 presenta el mapa de les taxes brutes de mortalitat general per 10.000 habitants en cada ABS durant el conjunt del període 2014 i 2019, desagregades per sexe, mentre que les figures 4 i 5 presenten els mapes de les taxes brutes per 100.000 habitants de la mortalitat per CR i IAM també per sexe.

Tots els mapes presenten patrons de distribució espacial clars que indiquen que tant la mortalitat global com la mortalitat per aquestes dues causes de mort específiques són molt més altes en unes zones que en unes altres, però cal interpretar-ho amb molta cura. Les taxes brutes de mortalitat no tenen en compte la distribució del risc de morir per edats

i que l'estructura d'edats de la població assegurada canvia molt entre ABS. Per això, s'espera que a les ABS amb una estructura per edats més envellida, les taxes brutes de mortalitat siguin més altes. Per eliminar l'efecte de confusió de les diferents estructures per edat de les ABS, és necessari utilitzar l'indicador de la raó de mortalitat estandarditzada (definida a la Secció 4.1 i utilitzada a la Secció 5.1), que elimina l'impacte de l'estructura per edats als valors estimats de la mortalitat. Una altra alternativa per eliminar l'efecte de confusió de l'edat en el càlcul de la taxa de mortalitat és incorporar l'edat al model (tal com també s'explica a la Secció 4.2 i s'il·lustra a la Secció 5.2).

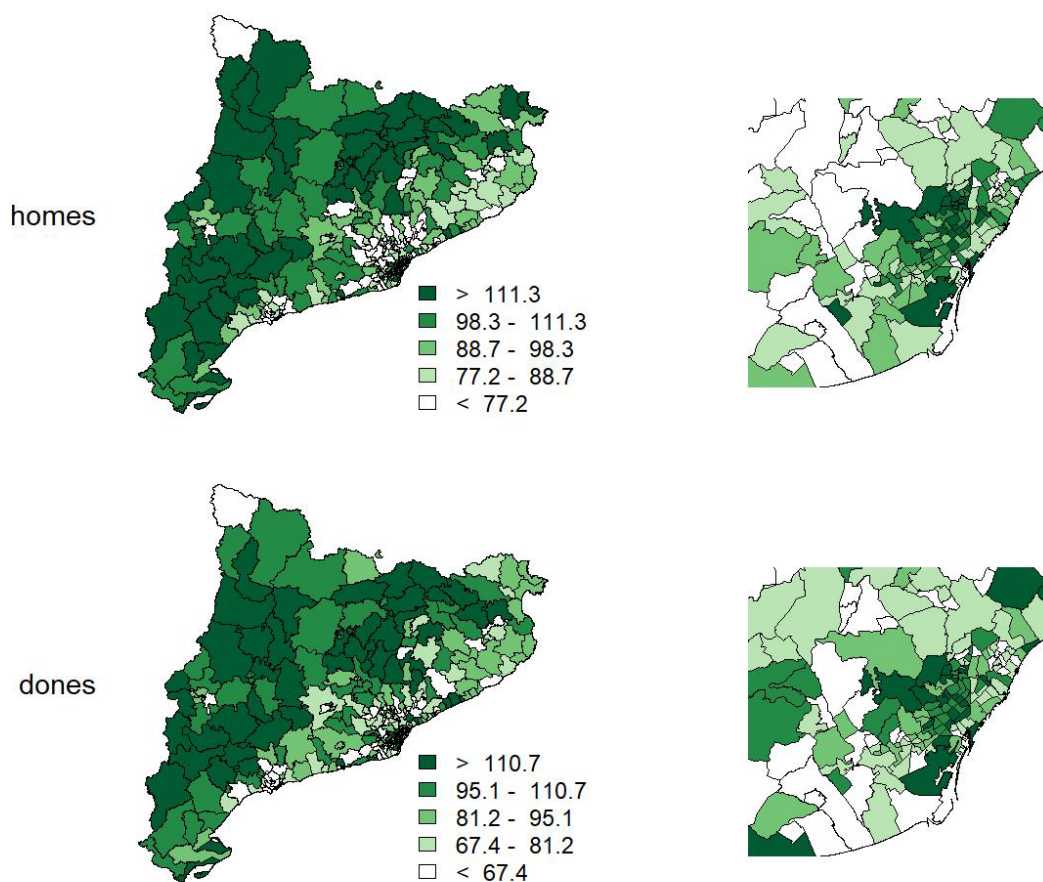


Figura 3: Taxa bruta de mortalitat general per 10.000 persones assegurades per ABS i per sexe durant el període de 2014 a 2019.

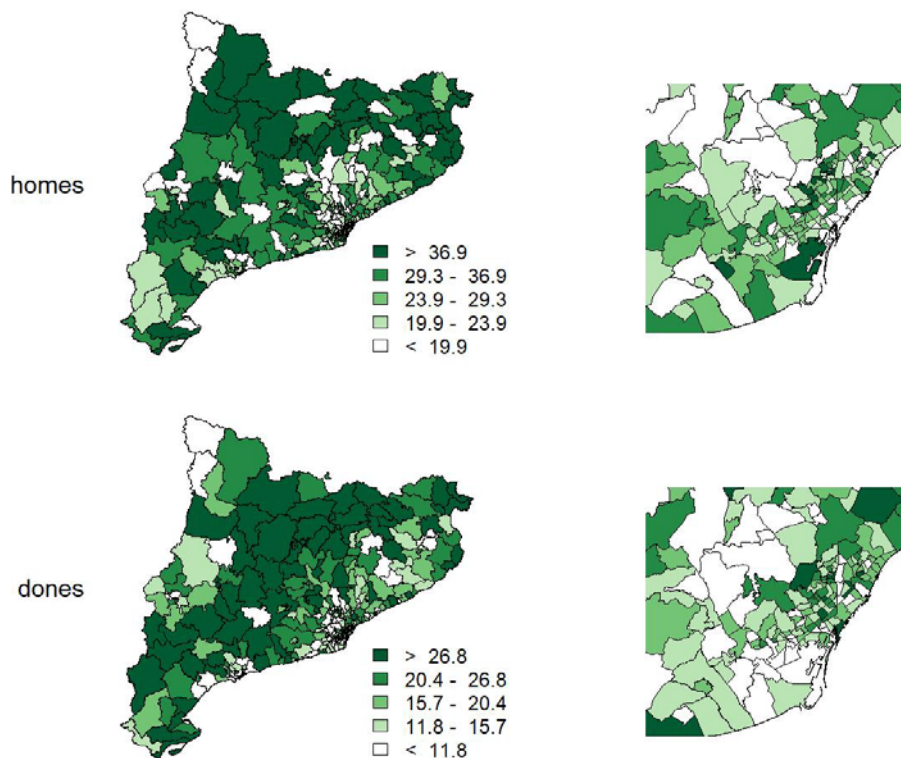


Figura 4: Taxa bruta de mortalitat per infart agut de miocardi per 100.000 assegurats per ABS i per sexe durant el període de 2014 a 2019.

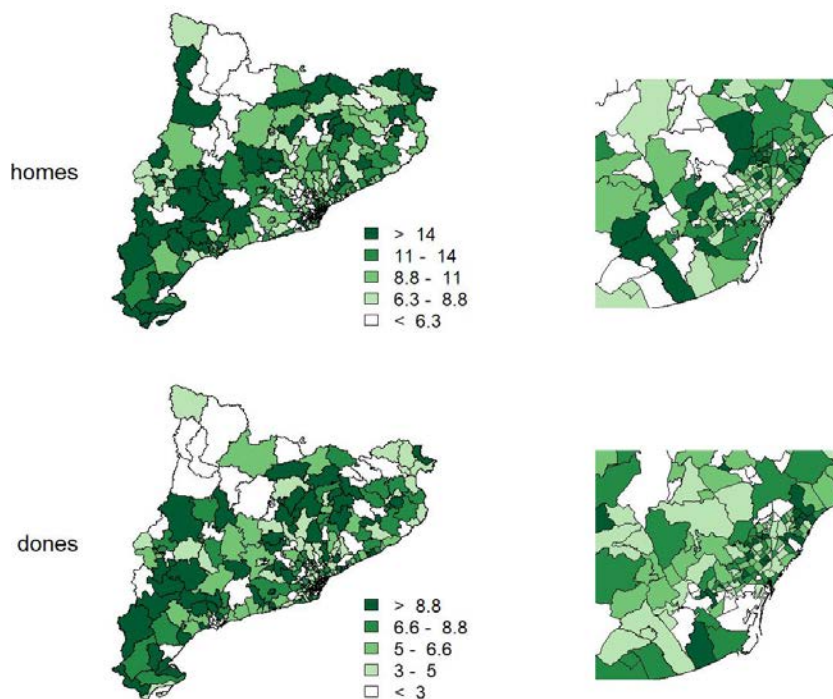


Figura 5: Taxa bruta de mortalitat per càncer d'anus, de recte i d'unió de recte i sigma per 100.000 persones assegurades per ABS i per sexe durant el període de 2014 a 2019.

La figura 6 presenta les taxes de mortalitat específiques per sexe i edat per cada 100.000 persones assegurades, tant la global com la de les dues causes específiques (CR i IAM) durant tot el període entre el 2014 i el 2019. Les escales dels gràfics són diferents per visualitzar millor la distribució per sexe i edat.

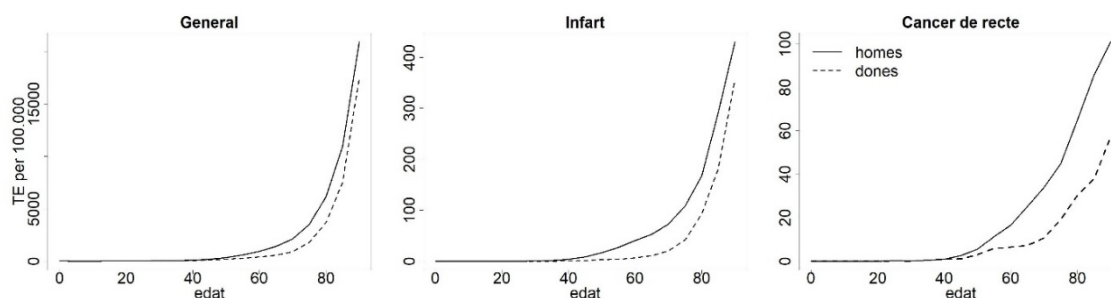


Figura 6: Taxes de mortalitat específica per sexe i edat per 100.000 persones assegurades entre 2014 i 2019

3.6 Variables explicatives per ABS

Com a variable resum de les característiques socioeconòmiques de cada ABS s'ha utilitzat l'índex socioeconòmic territorial (IST) corresponent al període 2015-2018. Aquest índex sintètic resumeix en un únic valor diverses característiques socioeconòmiques de la població. L'índex, calculat i difós per l'Idescat, concentra la informació de sis variables: població ocupada, treballadors de baixa qualificació, població amb estudis baixos, població jove sense estudis postobligatoris, estrangers de països de renda baixa o mitjana, i renda mitjana per persones, utilitzant dades agregades de 4 anys (2015-2018) per seccions censals. L'índex no incorpora altres aspectes, com el grau d'envelliment o les condicions d'habitatge. L'IST estableix un valor de referència per a Catalunya igual a 100, i un valor relatiu a aquest per a cada unitat territorial.

La figura 7 presenta el mapa del valor d'aquest índex per ABS l'any 2018. Aquesta figura permet comprovar que la distribució de l'IST té un cert patró espacial. Les ABS amb un nivell socioeconòmic més baix es concentren a les comarques del Montsià, el Baix Ebre, l'Alt Empordà, la Segarra, el Segrià i el Pla d'Urgell, així com la zona sud del Baix Llobregat i els extrems nord i sud del Barcelonès, mentre que les ABS amb un nivell socioeconòmic relativament més elevat es concentren a les comarques del Vallès Oriental i Occidental, el Maresme, la zona nord del Baix Llobregat i algunes zones del Barcelonès.

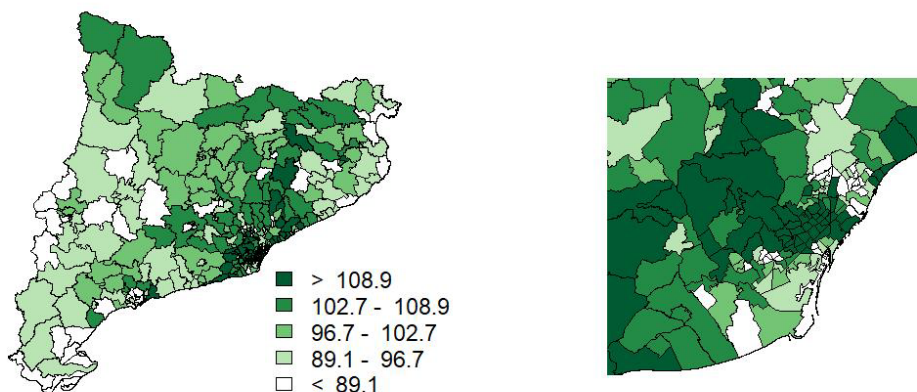


Figura 7: Valor de l'índex socioeconòmic territorial (IST) el 2018 per ABS. A l'esquerra, Catalunya, i a la dreta, l'àrea metropolitana ampliada

3.7 Variables explicatives sobre estat de salut des del punt de vista individual

Per mesurar l'estat de salut de la població assegurada des del punt de vista individual s'ha integrat en cadascuna de les persones que han mort cada any si patien o no patien diabetis, obesitat o dislipèmia. És rellevant destacar que utilitzar aquesta informació des del punt de vista individual aporta molta més informació, atès que estimar la prevalença de la diabetis, l'obesitat o la dislipèmia agregada a escala d'ABS no permet identificar quina part de les persones difuntes cada any patien aquests problemes de salut.

Les dades sobre la salut de la persona han estat facilitades pel Programa d'analítica de dades per a la recerca i la innovació en salut (PADRIS) de l'AQuAS, que les ha obtingut a través de la Xarxa d'Investigació Qualitativa en Salut (REDICS) i del Registre de morbiditat i utilització de recursos sanitaris de Catalunya (MUSSCAT). Pel que fa a les tres patologies, un cop una persona assegurada rep un d'aquests tres diagnòstics difícilment és donada de baixa de la base de dades. Això fa que les prevalències d'aquests tres diagnòstics puguin estar sobreestimades, un biaix que pot quedar compensat perquè hi pot haver població assegurada que no estigui informada d'aquests diagnòstics (subestimació), bé sigui perquè no ha estat visitat ni diagnosticat per un professional sanitari o perquè no forma part del sistema sanitari públic de Catalunya.

A més d'informació sobre aquests tres problemes de salut, també es disposa d'informació sobre si les persones assegurades que han mort cada any fumaven, no fumaven o bé eren exfumadors. Tanmateix, a l'anàlisi final aquesta variable ha estat exclosa perquè no s'ha considerat fiable, tal com s'explica més endavant.

Les persones assegurades que pateixen diabetis són aquelles que tenen les etiquetes E10 i E11 als codis CIM-10. Un cop una persona és diagnosticada amb diabetis, ja no es dona mai més de baixa de la base de dades com a persona malalta amb diabetis.

La figura 8 presenta el mapa de les prevalències de diabetis per ABS i sexe, que té una distribució amb un clar patró espacial, i és especialment alta a les ABS de l'interior de la

Regió Sanitària Camp de Tarragona i del centre i del sud de la Regió Sanitària Lleida, al sector sanitari Girona Nord (ABS del Ripollès, sud de la Garrotxa i nord de l'Alt Empordà), a les ABS septentrionals de la Regió Sanitària Barcelona Metropolitana Nord i a les ABS meridionals de la Regió Sanitària Barcelona Metropolitana Sud. Amb més detall, criden l'atenció les altes prevalències de diabetis observades, tant per a homes com per a dones, a l'ABS Sant Joan les Fonts i a l'ABS la Vall d'en Bas, amb taxes que superen en més del doble la prevalença mitjana a tot Catalunya.

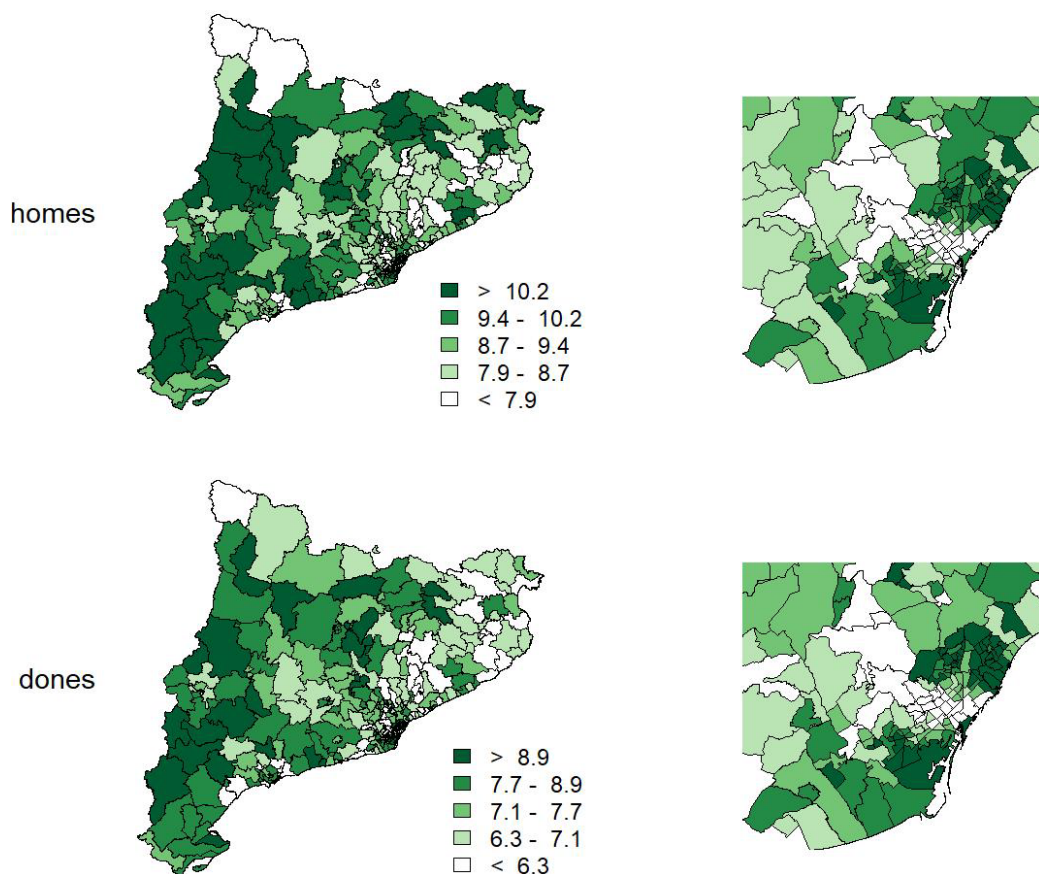


Figura 8: Prevalença de diabetis per ABS i sexe durant el període 2014-2019.

Les persones assegurades que pateixen obesitat són aquelles que tenen l'etiqueta E66 als codis CIM-10 i/o les que tenen un índex de massa corporal (IMC) igual o superior a 30.

La figura 9 presenta el mapa de les prevalències d'obesitat per ABS i sexe i s'observa que l'obesitat és especialment alta a les ABS de l'interior de les regions sanitàries Camp de Tarragona i Terres de l'Ebre, del centre i del sud de la Regió Sanitària Lleida, al nord del sector sanitari Girona Nord (Ripollès i nord de l'Alt Empordà), a les ABS septentrionals de la Regió Sanitària Barcelona Metropolitana Nord i a les ABS meridionals de la Regió Sanitària Barcelona Metropolitana Sud.

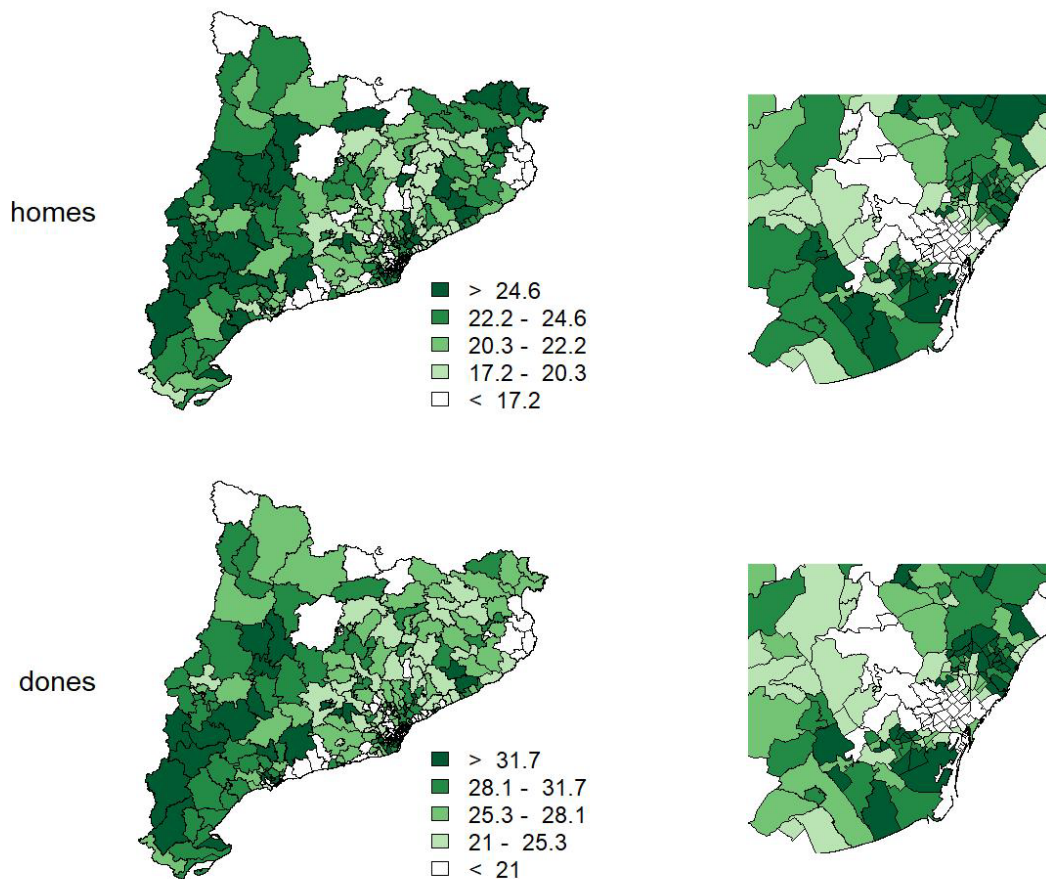


Figura 9: Prevalença d'obesitat per ABS i sexe durant el període 2014-2019

Les persones assegurades que pateixen dislipèmia són aquelles que tenen l'etiqueta E78 als codis CIM-10 i/o un codi ATC (Sistema de Classificació Anatòmica, Terapèutica, Química) igual a C10A (reductors del colesterol i els triglicèrids).

La figura 10 presenta el mapa de les prevalències de dislipèmia per ABS i sexe, i mostra que la prevalença de dislipèmia és especialment alta a les ABS de l'interior de les regions sanitàries Camp de Tarragona i Terres de l'Ebre; del centre i del sud de la Regió Sanitària Lleida; al nord del sector sanitari Girona Nord (nord del Ripollès i sud de la Garrotxa) i al Berguedà, dins el sector sanitari Bages-Berguedà-Moianès-Solsonès; a les ABS septentrionals de la Regió Sanitària Barcelona Metropolitana Nord, i a les ABS meridionals de la Regió Sanitària Barcelona Metropolitana Sud.

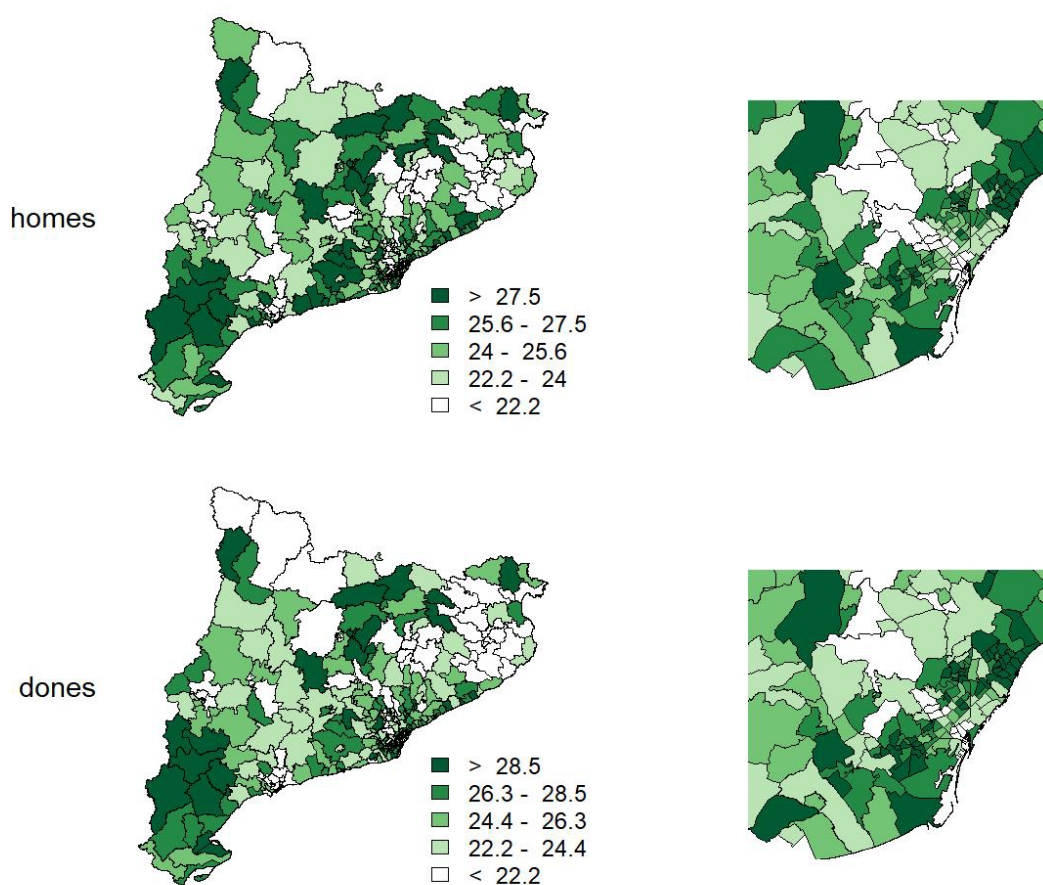


Figura 10: Prevalença de dislipèmia per ABS i sexe durant el període 2014-2019.

La figura 11 presenta el mapa de les prevalències de fumadors per ABS i sexe. S'observa que les taxes de fumadors són més altes en homes que en dones, i que el patró espacial per ABS és força similar en els dos sexes. En dones, les ABS amb prevalències més altes es concentren en l'entorn metropolità i s'estenen cap al sector sanitari Barcelonès Nord-Maresme i cap al sud a les ABS del Garraf i Alt Penedès al sud, i en els homes, a més a més, també a l'est de la Regió Sanitària Lleida.

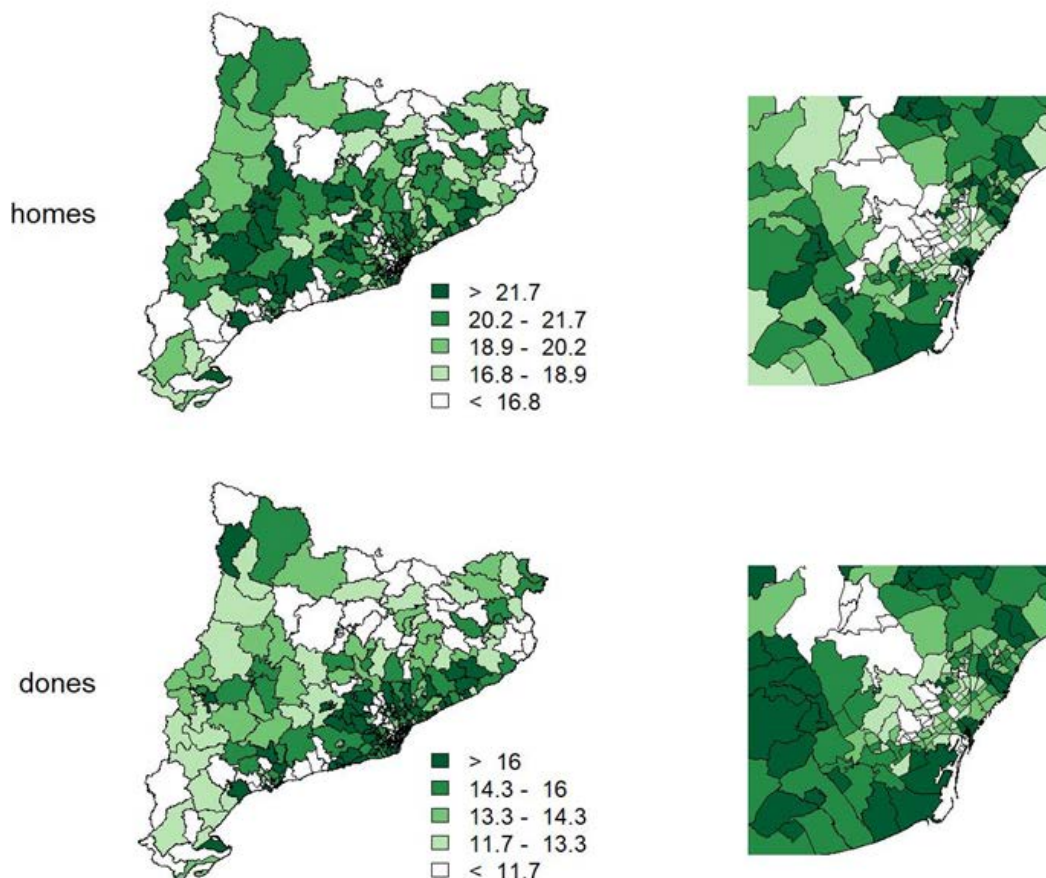


Figura 11: Prevalença de fumadors per ABS i sexe durant el període 2014-2019

Finalment, per comprovar la fiabilitat i la validesa de les dades, aquestes prevalences s'han comparat amb les prevalences de diabetis, obesitat, dislipèmia i consum de tabac estimades a l'Enquesta de Salut de Catalunya (ESCA) de la població de 15 anys i més del període 2018-2021 per sectors sanitaris (SS). Les estimacions de les dues fonts de dades presenten una correlació de 0,68 per a la diabetis, de 0,61 per al colesterol, de 0,74 per a l'obesitat i de 0,48 pel que fa al percentatge de persones fumadores. La correlació baixa pel que fa al consum del tabac i la prevalença anormalment baixa de persones fumadores per algunes ABS, que resulten poc creïbles, han estat les raons per no utilitzar aquesta variable a les anàlisis posteriors.

4 Descripció de la metodologia

L'objectiu de l'estudi és analitzar la distribució espacial de la mortalitat general i de la mortalitat específica per infart agut de miocardi (IAM) i per càncer d'anús, de recte i d'unió de recte i sigma (CR) prenent les ABS com a unitat territorial. Totes les anàlisis es realitzen separant homes i dones; l'índex socioeconòmic territorial (IST) s'utilitza com a variable descriptiva del context socioeconòmic de cada ABS, i la diabetis, l'obesitat i la dislipèmia, com a variables de salut individual.

L'anàlisi es fa dues vegades. A la primera només s'analitzen les dades agregades de mortalitat per ABS i sexe, i a la segona s'incorporen les dades individuals de salut. Per a les dues anàlisis s'utilitza la variable IST a escala d'ABS.

Els resultats de l'anàlisi espacial es visualitzen mitjançant mapes dels valors dels indicadors de mortalitat en àrees bàsiques. L'avantatge dels mapes és que, a diferència de les taules, incorporen informació sobre la distància entre les ABS i permeten explorar l'existència de patrons de dependència espacial.

Per obtenir estimacions estables i vàlides d'indicadors de mortalitat sovint s'afegeixen àrees i períodes per reduir la seva variabilitat. Tanmateix, és imprescindible disposar d'estimacions per àrees petites per tenir el coneixement detallat de l'estat de salut d'un territori i poder detectar desigualtats, i també d'estimacions per períodes curts de temps tant per estudiar l'evolució temporal com per fer el monitoratge de l'impacte de les intervencions.

4.1 Anàlisi basada en dades agregades a escala d'ABS

El nombre de defuncions i les taxes brutes de mortalitat com a indicadors per comparar la mortalitat entre territoris no són indicadors vàlids perquè el nombre de defuncions depèn de la grandària poblacional, mentre que les taxes brutes estan relacionades amb l'estructura per edats de la població. La raó de mortalitat estandarditzada (RME) de l'àrea i durant el període t , RME_{it} és l'indicador més usual per avaluar diferències territorials, que es pot calcular tant per a la mortalitat general com per a la mortalitat per causes específiques. L' RME_{it} mesura el risc relatiu de l'àrea i durant el període t respecte al risc de la mitjana de les àrees que es comparen.

L' RME_{it} empírica per l'àrea i i per al període t es defineix com el quocient entre les defuncions observades a l'àrea durant aquell període, O_{it} , i les defuncions esperades si les taxes de mortalitat per edat de tot Catalunya es repetissin en aquesta àrea tenint en compte l'estructura d'edat de la seva població, E_{it} . Si l' $RME_{it} = O_{it} / E_{it}$ és més gran que 1, s'interpreta que la mortalitat de l'àrea i és superior a la de la mitjana de tot Catalunya, mentre que si l' RME_{it} és més petita que 1, s'interpreta que la mortalitat és inferior.

L' RME_{it} empírica pot tenir molta variabilitat, atès que algunes de les àrees bàsiques de salut són bastant petites quant a la grandària poblacional. Per evitar que la visualització dels resultats al mapa quedi dominada per valors més extrems de les àrees amb menys

població assegurada, tot i que el valor de l' RME_{it} no sigui necessàriament significatiu, cal suavitzar aquest indicador. Aquesta suavització es fa especialment necessària en el cas de les raons de mortalitat estandarditzades per causes de mortalitat poc freqüents.

Una manera de reduir la variabilitat de l' RME_{it} empírica sense haver d'afegir ABS ni períodes de temps és utilitzar models jeràrquics bayesians amb estructura de dependència espacial i temporal. Aquests models milloren les estimacions de l' RME_{it} aprofitant el fet que dues àrees veïnes tendeixen a presentar riscos similars que no pas dues àrees allunyades, perquè els determinants socials i els factors de risc que afecten l'estat de salut i la mortalitat varien gradualment en l'espai. De la mateixa manera, aquests models també tenen en compte que l'evolució del risc d'una àrea al llarg del temps és gradual i similar en totes les àrees, i que aquest risc també es pot explicar a través de covariables.

Si es parteix de la hipòtesi que el nombre de defuncions observades a l'àrea i el període t , O_{it} , segueix un model de Poisson,

$$O_{it}|\theta_{it} \sim \text{Poisson}(E_{it}\theta_{it})$$

amb valor esperat $E_{it}\theta_{it}$, en què θ_{it} és la raó de mortalitat estandarditzada teòrica o risc relatiu.

Aquest risc relatiu, θ_{it} , esdevé la versió suavitzada de l' RME_{it} empírica, i queda modelat en la següent equació com a:

$$\log(\theta_{it}) = \alpha_0 + \alpha_i + \beta_i + (\gamma_0 + \gamma_i)t + \delta^*IST_i$$

per $i = 1, 2, \dots, 368$ i per $t = 0, 1$, en què $t = 0$ correspon als anys 2014-2016, i $t = 1$, als anys 2017-2019.

- La primera component, α_i , anomenada d'heterogeneïtat, permet que una ABS es pugui diferenciar de les altres ABS, i es considera un efecte aleatori independent, $\alpha_i|\sigma_\alpha \sim \text{Normal}(0, \sigma_\alpha)$.
- La segona component, β_i , està estructurada espacialment i incorpora el fet que el risc relatiu d'una ABS tendirà a assemblar-se al risc relatiu de les ABS veïnes. Aquesta component espacial de l'ABS i es considera un efecte aleatori centrat a la mitjana de les àrees veïnes i amb desviació estàndard que depèn del nombre d'ABS veïnes, $\beta_i|\beta_{-i}, \sigma_\beta \sim \text{Normal}(\beta_i, \sigma_\beta/n_i)$, en què $\beta_{-i} = (\beta_1, \dots, \beta_{i-1}, \beta_{i+1}, \dots, \beta_{368})$, en què n_i és el nombre de veïns de i , i β_i és la mitjana de les β_j de les ABS adjacents a l'ABS i .
- La tercera component, $(\gamma_0 + \gamma_i)t$, incorpora el fet que la variació temporal del risc relatiu és gradual i permet estimar la tendència relativa, γ_i , que es modela com a efecte aleatori, $\gamma_i|\sigma_\gamma \sim \text{Normal}(0, \sigma_\gamma)$.

- Per últim, el darrer component, δ^*IST_i , incorpora la relació entre IST_i i el risc relatiu de l'ABS.

L'anàlisi bayesiana requereix l'elecció de distribucions *a priori* per als paràmetres del model. Com a distribució *a priori* dels efectes fixos α_0 , γ_0 i δ s'ha escollit una distribució normal no informativa amb valor esperat 0 i variància 100, i per als hiperparàmetres σ_α^2 , σ_γ^2 i σ_δ^2 s'assumeix una inversa gamma no-informativa, amb valor esperat *a priori* 1 i variància 100.

Per a la gestió de dades i l'actualització dels models bayesians per obtenir les distribucions *a posteriori*, s'han utilitzat els programes de lliure distribució R i WinBugs.

Com a estimació puntual del risc relatiu de l'ABS i per al període t , θ_{it} , s'ha utilitzat el valor esperat *a posteriori* d' $\exp(\alpha_0 + \alpha_i + \beta_i + (\gamma_0 + \gamma_i)t + \delta^*IST_i)$. Aquesta estimació puntual és la que s'utilitza en l'anàlisi com a valor suavitzat de la raó de mortalitat estandarditzada a l'hora d'elaborar els mapes.

4.2 Anàlisi que incorpora variables de salut des del punt de vista individual

Quan es modela l' RME_{it} no té sentit incorporar-hi les variables de salut individual (diabetis, obesitat i dislipèmia), d'una banda, perquè l' RME_{it} és una mesura agregada de tota l'ABS, i de l'altra, perquè incorporar al model la prevalença d'aquestes variables per ABS no serviria per estimar l'efecte d'aquestes variables sobre la probabilitat de morir, atesa la fal·làcia ecològica, ja que la prevalença poblacional no identifica quins morts patien aquests problemes de salut i quins no.

La disponibilitat d'aquesta informació individual, i no només les prevalences, permet desenvolupar models logístics per resposta binària amb l'objectiu d'estimar la probabilitat de morir incorporant-hi alhora variables mesurades de forma agregada a escala d'ABS, com l'IST, i variables d'estat de salut, sexe i edat individuals. Aquests models logístics permeten estimar tant els riscos relatius de mortalitat a escala d'ABS, útils per a l'elaboració dels mapes, com l'efecte d'aquests indicadors de salut i de l'edat sobre la probabilitat de mort per a homes i dones. Modelar directament la probabilitat de morir en substitució de l' RME_{it} també facilita l'estudi i la interpretació de l'evolució temporal de la mortalitat.

El procés per desenvolupar models logístics s'inicia amb la distribució de les persones assegurades de cada ABS, i , cada any, t , per a cada grup d'edat, g , i cada sexe en $K=2*2*2=8$ grups tenint en compte si pateixen o no pateixen *diabetis*, *obesitat* o *dislipèmia*.

El model utilitzat per incorporar les variables de salut i el grup d'edat suposa que la distribució del nombre de persones assegurades mortes a l'ABS i , l'any t , a l'edat g , del grup k , y_{itgk} , és:

$$y_{itgk} | \pi_{itgk} \sim \text{Binomial}(n_{itgk}, \pi_{itgk}),$$

en què n_{itgk} correspon al nombre de persones assegurades de l'ABS i , l'any t , edat g del grup k , i π_{itgk} és la probabilitat que una persona de l'ABS i , l'any t , del grup d'edat g i del grup k es mori, i es modela com a:

$$\text{logit}(\pi_{itgk}) = \alpha_0 + \alpha_i + \beta_i + \delta_1 t + \delta_2 IST_i + \delta_3 db_k + \delta_4 ob_k + \delta_5 dp_k + \gamma_g,$$

en què la funció logit (π_{itgk}) és el logaritme dels *odds ratio* i en què db_k , ob_k , dp_k i edg_k són variables indicadores, 0/1, que determinen si les persones del grup k tenen *diabetis*, *obesitat*, *dislipèmia* o no en tenen. La justificació per incorporar l'edat com a variable al model, γ_g , és poder tenir en compte que la distribució d'edat de la població assegurada és diferent per ABS, i a diferència de l' RME_{it} , en aquest model la variable resposta no està estandarditzada per l'edat. En aquest model la variable t correspon a l'any centrat, és a dir, $t = any - 2016,5$.

La resta del model per logit(π_{itgk}) correspon a l'impacte per a cada ABS, de manera similar a la descrita al model de la Secció 4.1 per $\log(\theta_{it})$, amb l'única diferència que l'impacte del temps es modela a través d'un efecte fix comú a totes les ABS i no d'un impacte aleatori. Les distribucions *a priori* dels paràmetres de la part del model comú amb l'anterior són les mateixes, mentre que δ_1 , δ_2 , δ_3 , δ_4 , δ_5 i les γ_g es consideren efectes fixos, i es pren com a distribució a priori no informativa per a cadascun una normal amb valor esperat 0 i variància 100.

Com que les π_{itk} són petites, es pot considerar que logit(π_{itk}) té un valor aproximadament igual que $\log(\theta_{itk})$. És per això que com a estimació puntual del risc relatiu de l'àrea i , θ_i , s'utilitza el valor esperat *a posteriori* d' $\exp(\alpha_0 + \alpha_i + \beta_i + \delta_2 IST_i)$. Així, a més a més d'aquest estimador agregat per a tota l'ABS, també es pot estimar el risc relatiu per a cada ABS, període, grup d'edat i segons si la persona assegurada pateix diabetis, obesitat i dislipèmia, o no en pateix.

A més a més, $\exp(\delta_3)$, $\exp(\delta_4)$, $\exp(\delta_5)$ serviran per estimar l'efecte que té patir diabetis, obesitat i dislipèmia sobre el risc relatiu de mortalitat, i les $\exp(\gamma_g)$, per estimar l'efecte del grup d'edat g sobre aquest risc relatiu.

5 Resultats

5.1 Resultats de l'anàlisi de les dades agregades a escala d'ABS

En aquest apartat es presenten els mapes de les raons de mortalitat estandarditzades globals i per a les dues causes seleccionades per a homes i dones, a partir de les raons de mortalitat suavitzades obtingudes a través del model log-lineal de Poisson presentat a la Secció 4.1.

L'any 2014, el Registre de mortalitat de Catalunya va notificar 66.804 defuncions, i l'any 2019, la xifra de defuncions va ser de 66.817. El percentatge de defuncions per *IAM* respecte al total de defuncions per a l'any 2014 va ser del 3,6% per als homes i del 2,5% per a les dones, mentre que l'any 2019 aquests percentatges van ser del 2,7% i de l'1,8% per a homes i dones, respectivament, suposant una disminució del pes relatiu de les defuncions per *IAM* respecte a totes les defuncions. El percentatge de defuncions per *CR* respecte al total per a l'any 2014 va ser de l'1,0% per als homes i del 0,7% per a les dones, i l'any 2019 aquests percentatges van ser de l'1,1% i del 0,7%, respectivament, un percentatge estable.

5.1.1 Anàlisi de la mortalitat general

La figura 12 mostra els mapes de l'*RME* per ABS suavitzada tant per a homes com per a dones, primer per als anys 2014-2016 (14-16), i després per als anys 2017-2019 (17-19).

La distribució de l'*RME* per a la mortalitat general no presenta un clar patró espacial, ni per a homes ni per a dones, i les seves correlacions espacials són molt petites. Això no és estrany, perquè en absència de grans catàstrofes amb efectes localitzats, o de grans desigualtats en determinants socials o serveis sanitaris, s'espera que la taxa de mortalitat global estandarditzada, un cop corregides les diferències en l'estructura d'edat, sigui semblant a tot arreu.

En la mateixa línia, també s'observa que les estimacions de les *RME* general a escala d'ABS per a homes i per a dones estan molt poc correlacionades entre si.

És important remarcar que aquest és precisament el motiu pel qual cal utilitzar les *RME* a l'hora de fer estudis de mortalitat. Si en comptes de fer l'anàlisi comparativa de la mortalitat tenint en compte les figures 12, 13 o 14 es fes a partir de les taxes brutes presentades a les figures 3, 4 o 5, s'arribaria a conclusions errònies, perquè la mortalitat general i per causes específiques té un risc relatiu més alt a les ABS més envellides.

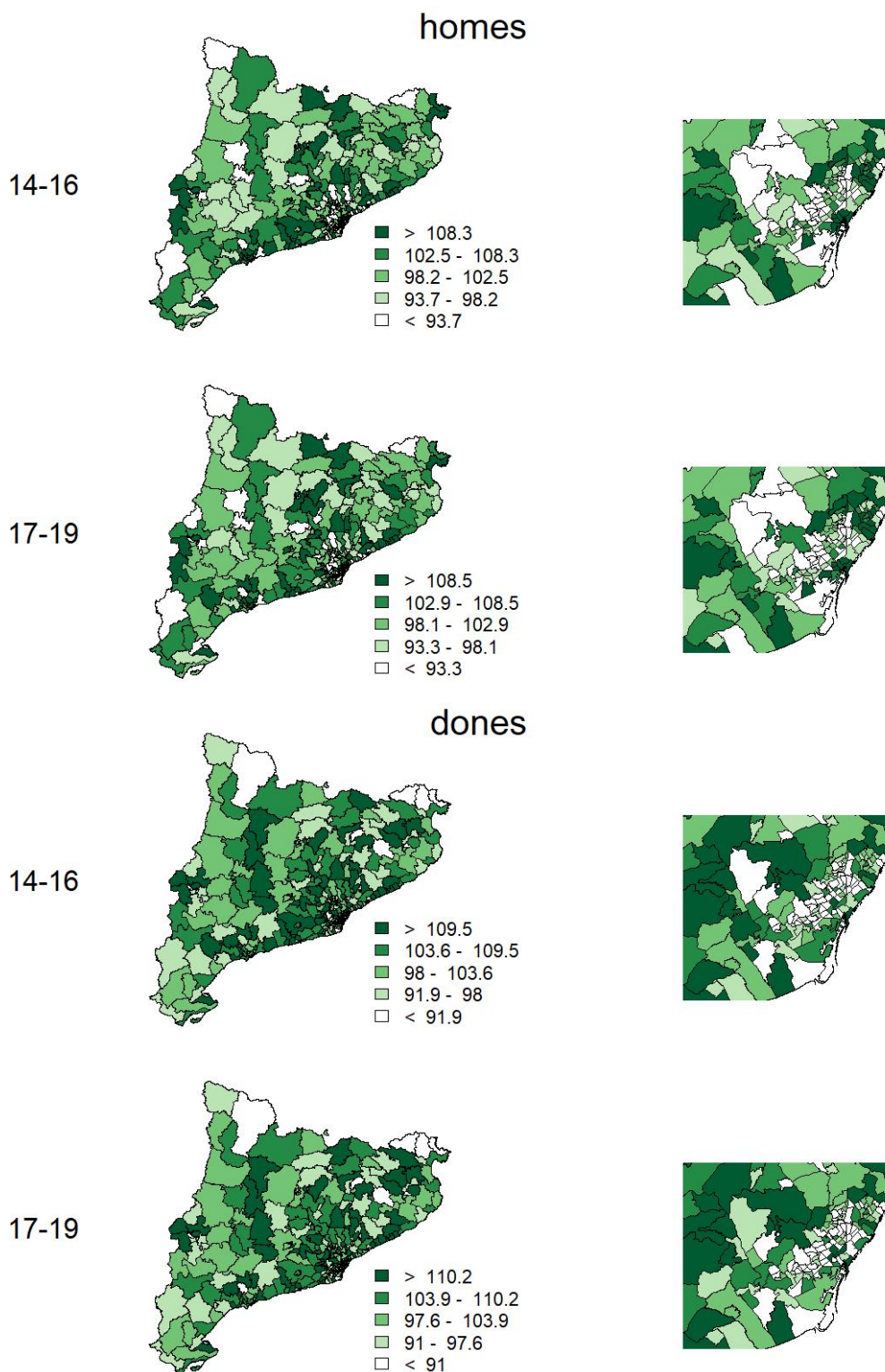


Figura 12: Mapa d'RME per totes les causes en tant per cent, suavitzada fent servir el model log-lineal de Poisson de la Secció 4.1.

5.1.2 Anàlisi de la mortalitat per infart agut de miocardi

La figura 13 mostra els mapes de l'*RME* per ABS suavitzada per infart agut de miocardi (IAM) tant per a homes com per a dones, primer per als anys 2014-2016 (14-16), i després per als anys 2017-2019 (17-19). Tots els mapes han agrupat els valors d'*RME* en cinc categories, i en el cas de l'*RME* per IAM, els valors i els rangs de cada categoria són força similars.

La distribució de l'*RME* per IAM presenta un patró espacial molt fort. En el cas dels homes, aquesta taxa relativa de mortalitat és especialment alta a les ABS de la regió sanitària Girona, i es dona el cas que 12 de les 15 ABS amb la taxa de mortalitat per infart més alta són d'aquesta regió. També s'observen ABS amb l'*RME* per IAM alta en comarques del sud i de l'est de la Regió Sanitària Lleida.

En el cas de les dones, el patró de dependència espacial de l'*RME* per aquesta causa també és fort i semblant al patró descrit per als homes. Per a les dones, les ABS amb mortalitat per IAM més alta són les de l'est de la Regió Sanitària Lleida, les del nord de la Regió Sanitària Camp de Tarragona, dels sectors sanitaris de Terres de l'Ebre, Anoia, Baix Llobregat Nord, Alt Penedès-Garraf, Girona Nord, Girona Sud, Solsonès-Bages-Berguedà i Osona.

D'altra banda, a les ABS que tenen una *RME* amb valors més baixos, el patró territorial també és molt clar, tant per a homes com per a dones. La quarta part d'ABS que tenen una taxa de mortalitat estandarditzada per IAM més baixa se situen, pràcticament totes, a la zona metropolitana de Barcelona o entorn de les ciutats més grans de Catalunya (Lleida, Tarragona, Girona, Barcelona, l'Hospitalet de Llobregat, Badalona). Aquest patró suggereix que la mortalitat per IAM podria estar molt condicionada per la distància als grans centres sanitaris, una hipòtesi que seria bo que s'analitzés en detall.

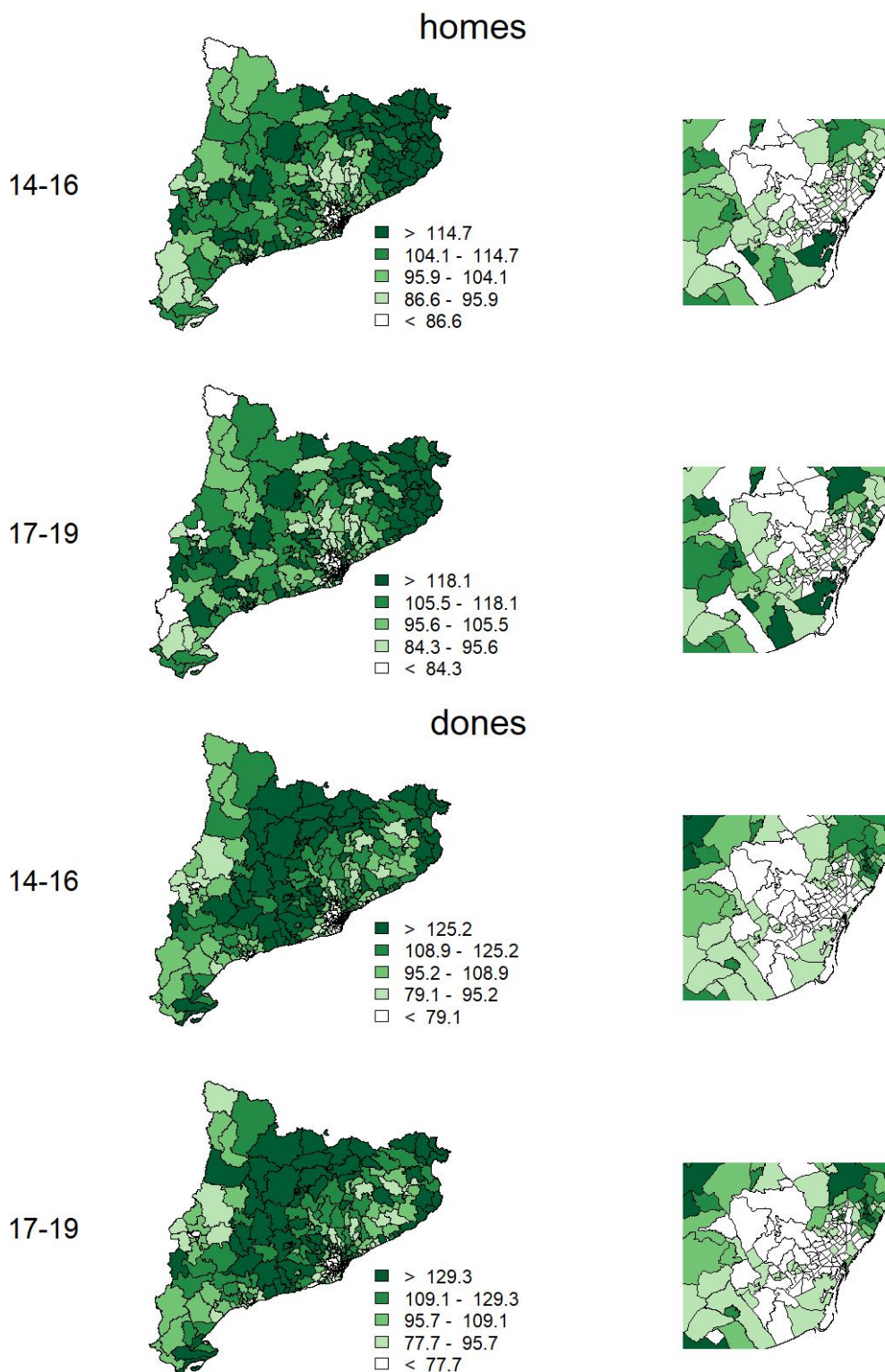


Figura 13: Mapa d'RME per infart agut de miocardi en tant per cent, suavitzada fent servir el model log-lineal de Poisson de la Secció 4.1.

5.1.3 Anàlisi de la mortalitat per càncer de recte

La figura 14 mostra els mapes de l'RME per ABS suavitzada per càncer de recte (CR) tant per a homes com per a dones, primer per als anys 2014-2016 (14-16) i després per als anys 2017-2019 (17-19). En el cas del CR, les RME no són tampoc gaire dispars entre homes i dones; tanmateix, crida l'atenció que en els homes s'observa un rang més elevat en els dos moments d'observació que en les dones.

Als mapes de la mortalitat per CR per als homes s'hi observa un patró espacial molt fort, amb gairebé totes les ABS amb mortalitat per càncer de recte alta concentrades a la Regió Sanitària Camp de Tarragona, al sud de la Regió Sanitària Lleida, i al voltant de la comarca de la Selva, que es correspon amb la part meridional del sector sanitari Girona Sud i Selva Interior i el sector sanitari Selva Marítima.

El patró espacial de la mortalitat per CR en les dones és semblant al dels homes, amb una mica menys d'incidència al sud de la Regió Sanitària Lleida i una incidència una mica més elevada a les ABS de Terres de l'Ebre i a les ABS frontereres entre les regions sanitàries de Camp de Tarragona i Metropolitana Sud.

De la mateixa manera que amb l'IAM, gairebé totes les ABS del primer quartil, és a dir, la quarta part de les ABS amb una incidència de mortalitat per CR més baixa, es localitzen a la ciutat de Barcelona i a l'entorn metropolità. Aquest patró territorial, més enllà de la proximitat de centres sanitaris, pot estar relacionat amb la cobertura dels cribratges i la més elevada supervivència en el cas de detectar el càncer de manera precoç, una hipòtesi que també seria bo que es pogués contrastar.

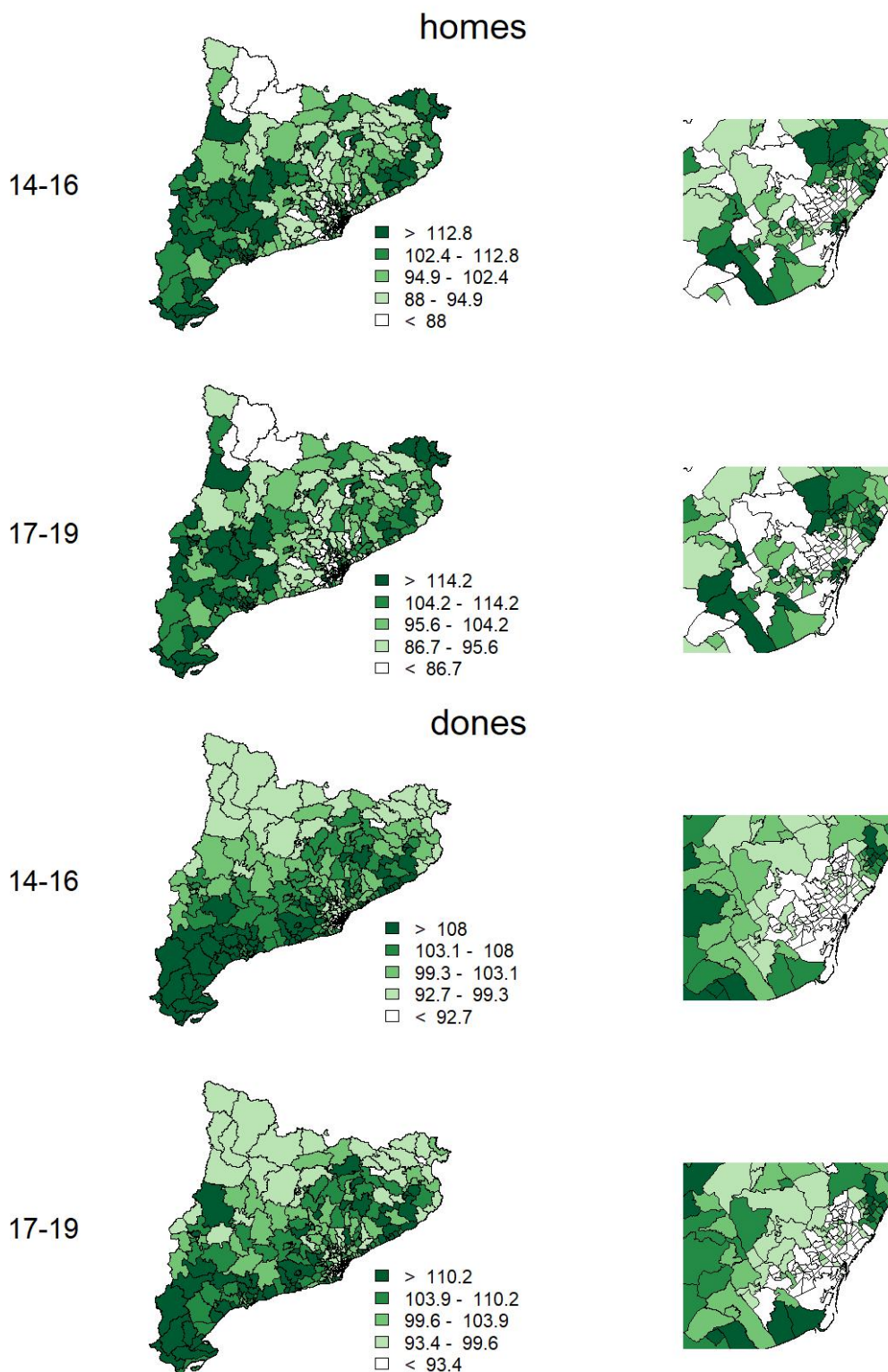


Figura 14: Mapa d'RME per càncer de recte en tant per cent, suavitzada fent servir el model log-lineal de Poisson de la Secció 4.1.

5.2 Resultats de l'anàlisi que incorpora variables individuals

En aquest apartat es presenten els resultats de l'anàlisi de la mortalitat per ABS basada en el model logístic per a la probabilitat de mort descrit a la Secció 4.2, model que incorpora tant la informació agregada a escala d'ABS com les variables de salut (diabetis, obesitat i dislipèmia), i el grup d'edat des del punt de vista individual, tant per a la mortalitat general com per a les dues causes escollides, l'infart agut de miocardi (IAM) i el càncer de recte (CR).

Els resultats sobre l'efecte espacial es presenten a través dels mapes del risc relatiu de mortalitat residual que queda una vegada les tres variables de salut i l'edat han estat controlades. A més a més d'aquesta anàlisi espacial, també es disposa dels resultats relatius de l'efecte de les tres variables de salut, de l'edat i del temps sobre el risc relatiu de mortalitat.

5.2.1 Anàlisi de la mortalitat global amb variables de salut

La figura 15 presenta els mapes dels riscos relatius de la mortalitat general un cop controlats per les variables de salut individual. S'observa que el risc relatiu per la mortalitat general no presenta un patró espacial clar, tal com s'esperava, i també s'ha constatat a la figura 12, que cartografia l'*RME* per totes les causes en tant per cent, suavitzada fent servir el model log-lineal de Poisson.

L'anàlisi mostra una clara associació entre patir diabetis i un risc alt de morir: en els homes la probabilitat de morir augmenta gairebé un 60%, i en les dones, un 70% respecte als homes i les dones que no pateixen diabetis (figura 17). El coeficient de la variable obesitat indica que patir-ne disminueix el risc de mortalitat, un resultat sorprenent que es contradiu amb el coneixement que es té sobre l'obesitat com a factor de risc de mortalitat. En la seva interpretació cal tenir en compte que les variables obesitat i diabetis estan altament correlacionades i l'efecte mesurat de l'obesitat és l'efecte ajustat per la variable diabetis. La variable IST no mostra relació en les dones, mentre que en els homes un IST més elevat s'associa amb menys risc de mortalitat. Finalment, pel que fa a l'efecte temporal, tant en homes com en dones presenta una disminució anual de prop del 2%.

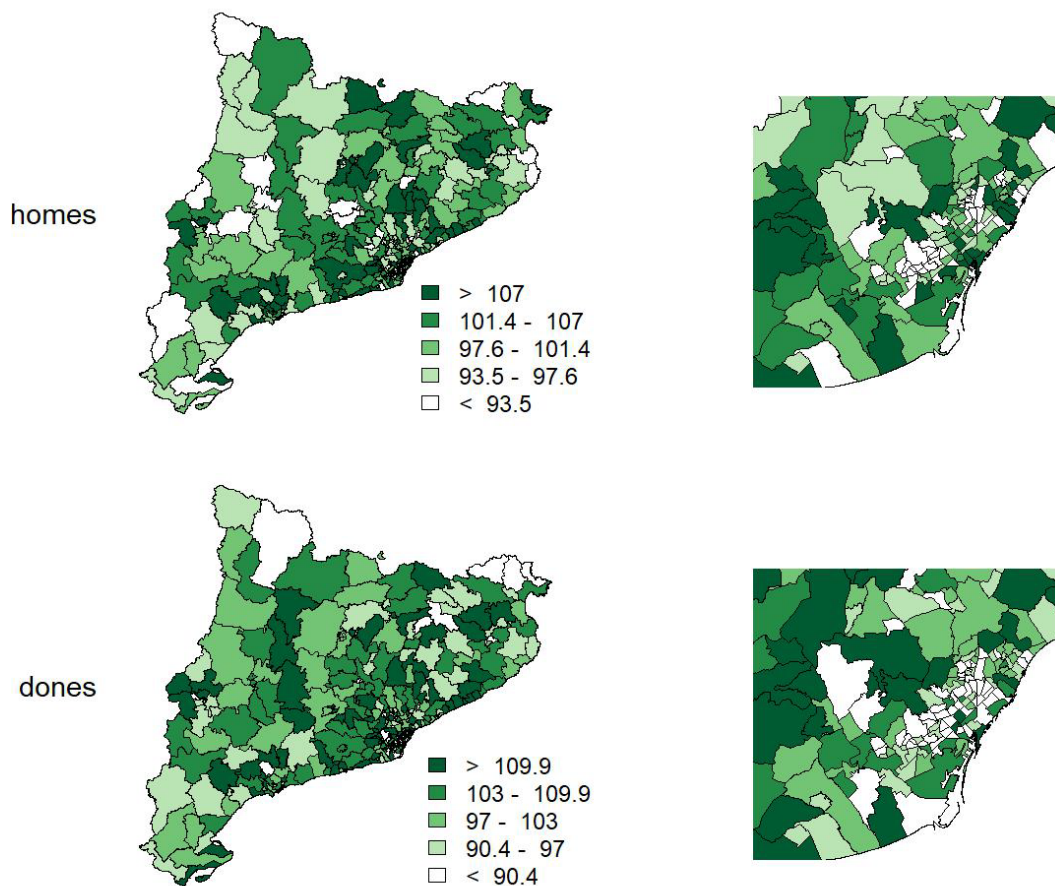


Figura 15: Mapa de riscos relatius per la mortalitat global en tant per cent, estimats fent servir el model logístic de la Secció 4.2.

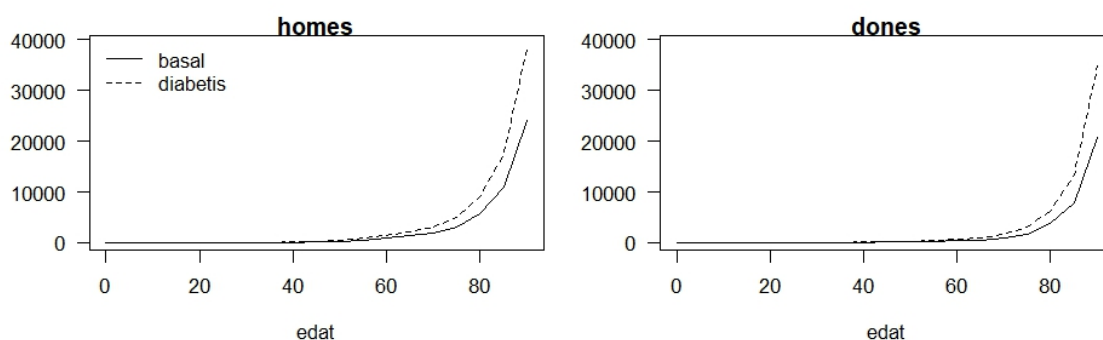


Figura 16: Taxa de mortalitat global per edat per 100.000 persones assegurades en què es distingeix les que pateixen diabetis del grup basal (no diabetis, no dislipèmia i no obesitat), estimada fent servir el model logístic de la Secció 4.2.

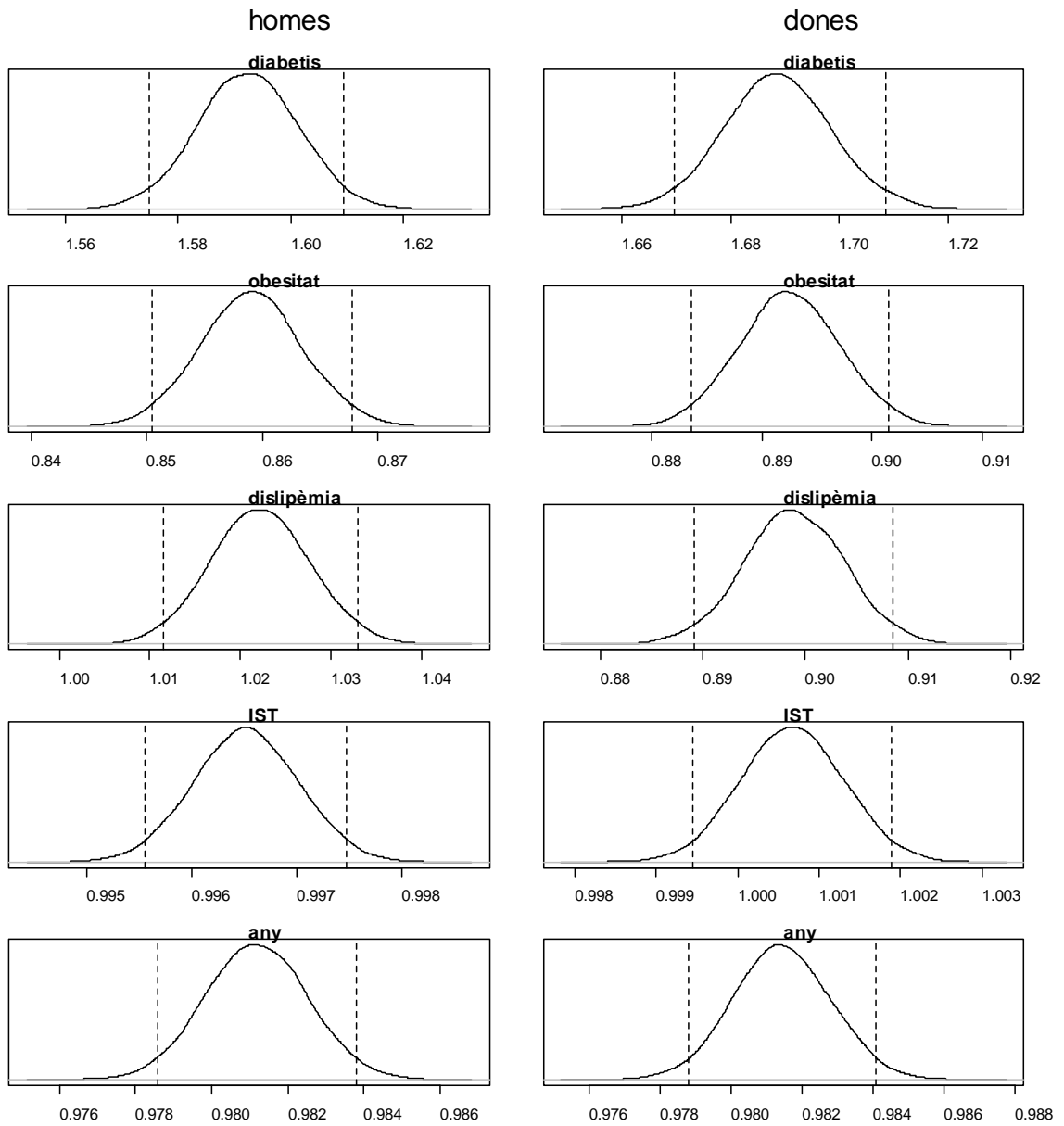


Figura 17: Distribució dels efectes sobre el risc de morir associats amb diabetis, obesitat i dislipèmia, des del punt de vista individual, i a l'IST i al temps, a escala d'ABS. Les línies verticals corresponen als intervals de confiança del 95%.

5.2.2 Anàlisi de la mortalitat per infart de miocardi amb variables de salut

Als mapes dels riscos relatius de mortalitat per infart agut de miocardi (IAM) de la figura 18 s'hi observa que, un cop controlat per les variables individuals de salut i per l'edat, els riscos relatius presenten un patró espacial molt fort i semblant als patrons observats a la figura 13, que cartografien l'RME. S'observa que el rang de les RME és més ample en les dones que no pas en els homes, cosa que indica que la variabilitat a escala d'ABS és més elevada entre les dones.

En el cas dels homes, aquest risc relatiu de mortalitat és especialment alt a les ABS de la Regió Sanitària Girona, les ABS localitzades al sud i a l'est de la Regió Sanitària Lleida i al nord de la Regió Sanitària Camp de Tarragona, amb una distribució similar a la que s'observa als mapes de l'RME. Per a les dones, aquest patró espacial és semblant, tot i que amb un risc relatiu més elevat, a les ABS del nord i de l'est de la Regió Sanitària Lleida i al nord de la Regió Sanitària Camp de Tarragona, i una incidència una mica inferior a les ABS de la Regió Sanitària Girona. De la mateixa manera, les ABS amb incidència d'IAM més baixa són gairebé totes a la zona metropolitana de Barcelona.

Pel que fa a l'efecte de les variables de salut, la figura 20 indica que hi ha una associació clara entre patir diabetis i/o dislipèmia i tenir un risc de mortalitat per IAM alt, tant per als homes com per a les dones. En canvi, no apareix cap associació entre l'obesitat i el risc relatiu de patir IAM. Un motiu per aquesta manca de relació podria ser que patir obesitat també està relacionat amb patir diabetis i dislipèmia. Quant a les variables agregades, la figura 20 indica que les ABS amb un valor de l'IST alt, les més benestants, presenten un risc de mortalitat per IAM lleugerament més baix, especialment en homes, i que la incidència de la mortalitat per IAM està disminuint en el temps.

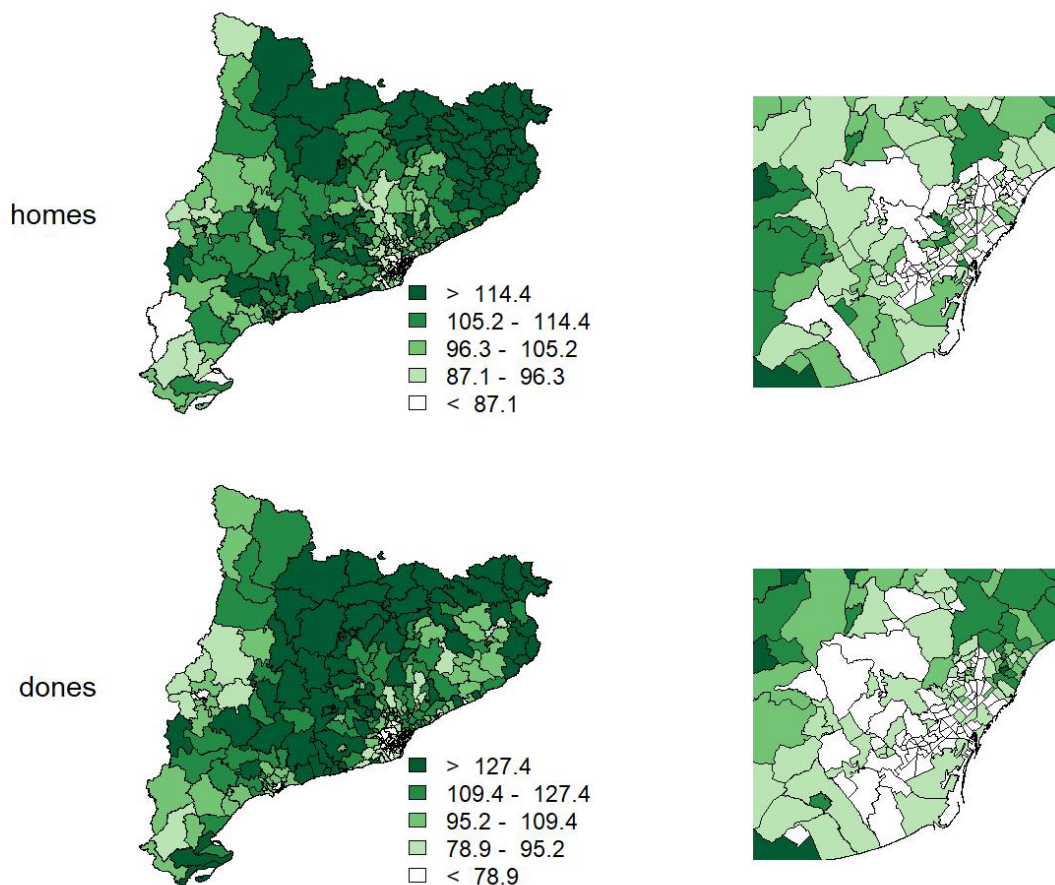


Figura 18: Mapa de riscos relatius de mortalitat per infart agut de miocardi en tant per cent, estimats fent servir el model logístic de la Secció 4.2.

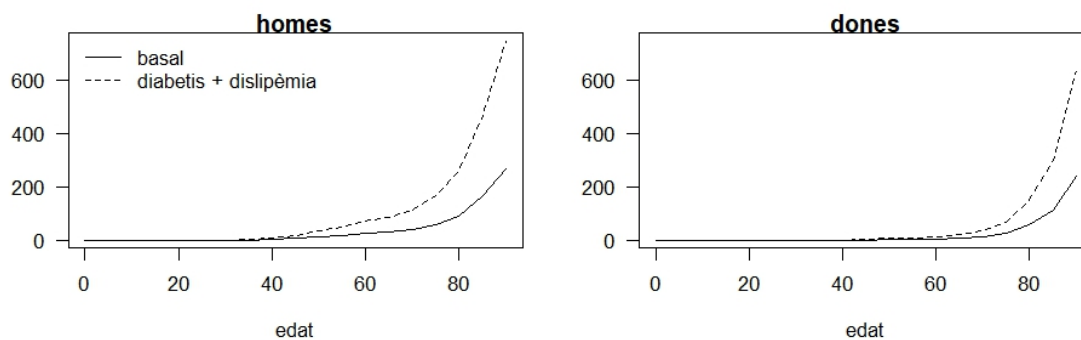


Figura 19: Taxa de mortalitat per infart agut de miocardi per edat per 100.000 persones assegurades, en què es distingeix els que pateixen diabetis i dislipèmia dels que no, estimada fent servir el model logístic de la Secció 4.2.

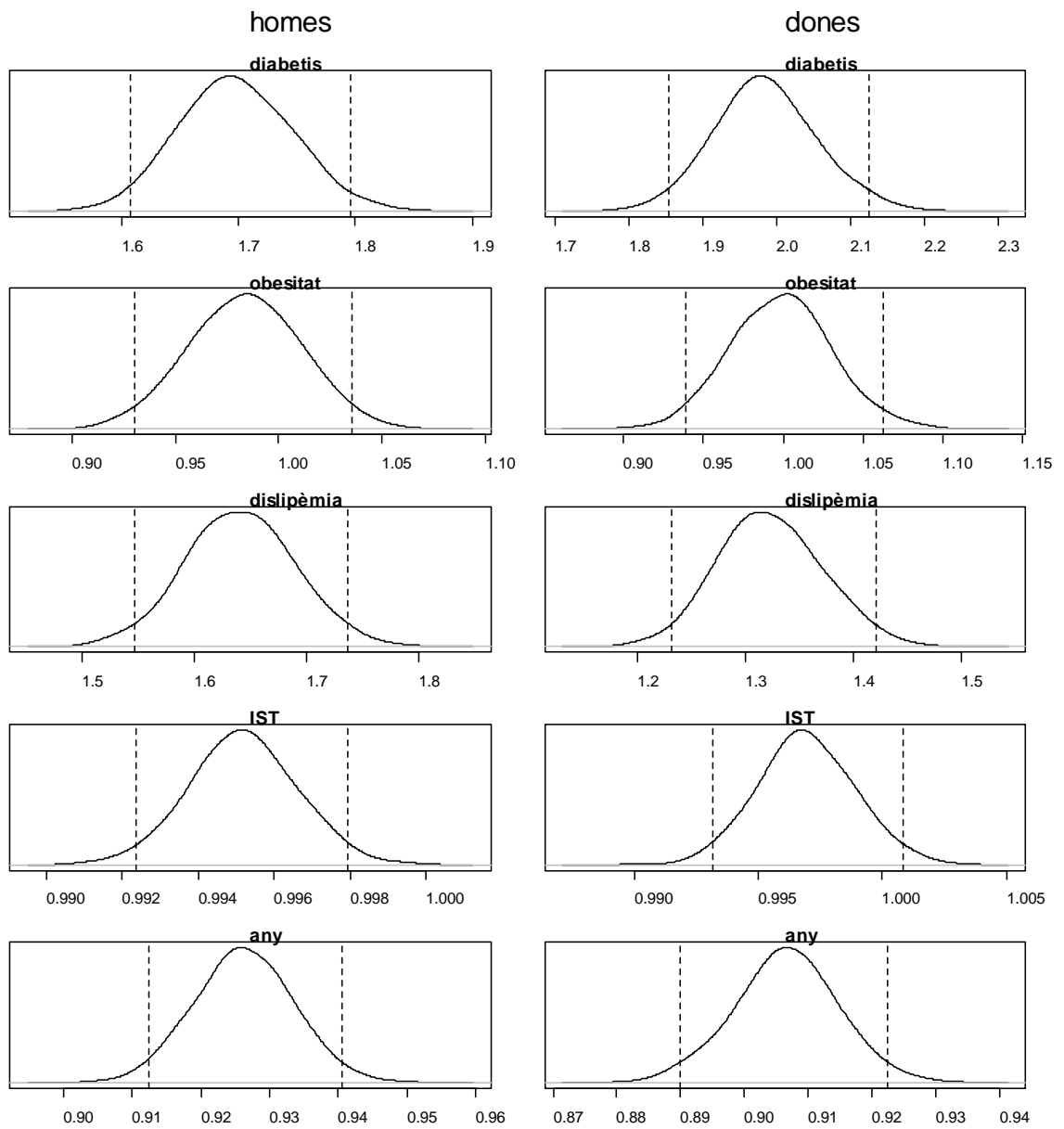


Figura 20: Distribució dels efectes sobre els riscos de morir per infart agut de miocardi associats amb diabetis, obesitat i dislipèmia, des del punt de vista individual, i amb l'IST i amb el temps. Les línies verticals corresponen als intervals de confiança del 95%.

5.2.3 Anàlisi de la mortalitat per càncer de recte amb variables de salut

Finalment, als mapes del risc relatiu de mortalitat per càncer de recte (CR) de la figura 21 s'hi observa que, un cop controlat per l'efecte de les variables de salut i per l'edat, els riscos relatius segueixen un patró de dependència espacial molt fort, tant per als homes com per a les dones, i es reiteren els patrons dels mapes de la figura 14 que cartografia l'*RME*.

Totes les ABS amb mortalitat alta estan concentrades, per als dos sexes, a les ABS de les regions sanitàries Camp de Tarragona i Terres de l'Ebre, a les ABS de la comarca de la Selva, que es correspon amb la part meridional del sector sanitari Girona Sud i Selva Interior i el sector sanitari Selva Marítima. I per als homes també a les ABS del sud de la Regió Sanitària Lleida i les del nord del sector sanitari Alt Empordà. De la mateixa manera que amb l'IAM, les ABS de la zona metropolitana són les que tenen menys incidència de mortalitat per CR, tant per als homes com per a les dones.

Quant a l'efecte de les variables de salut sobre el risc relatiu de mortalitat per CR, la figura 23 indica que tant per als homes com per a les dones hi ha una associació clara entre patir diabetis i tenir un risc alt de morir per CR. I, contràriament, tant per als homes com per a les dones l'anàlisi mostra una associació entre tenir dislipèmia i un risc de mortalitat per CR més baix. Pel que fa a les variables agregades, la figura 23 també indica que per als homes hi ha una lleugera associació entre aquelles ABS que tenen un valor alt de l'IST, les més benestants, amb les que tenen un risc baix de morir per CR, mentre que per a les dones no s'observa aquesta associació. L'efecte del temps no mostra cap associació rellevant ni en homes ni en dones.

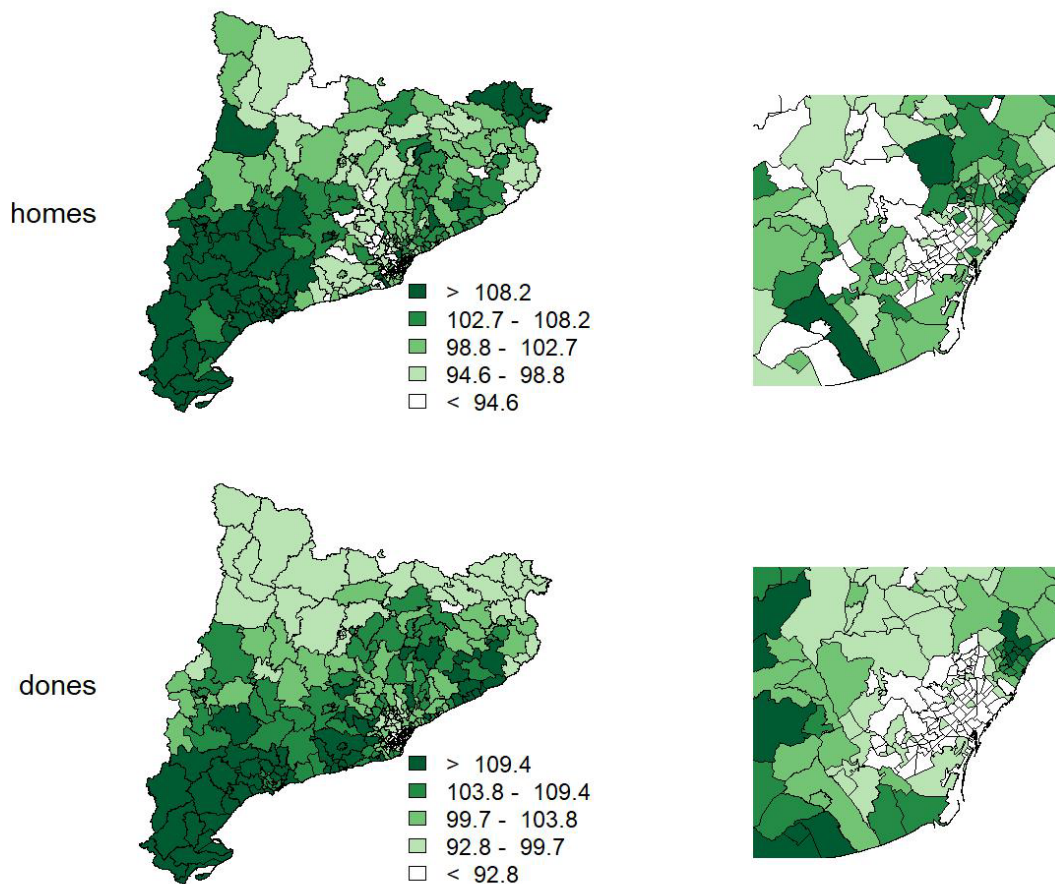


Figura 21: Mapa de riscos relatius de mortalitat per càncer de recte en tant per cent, estimats fent servir el model logístic de la Secció 3.2.

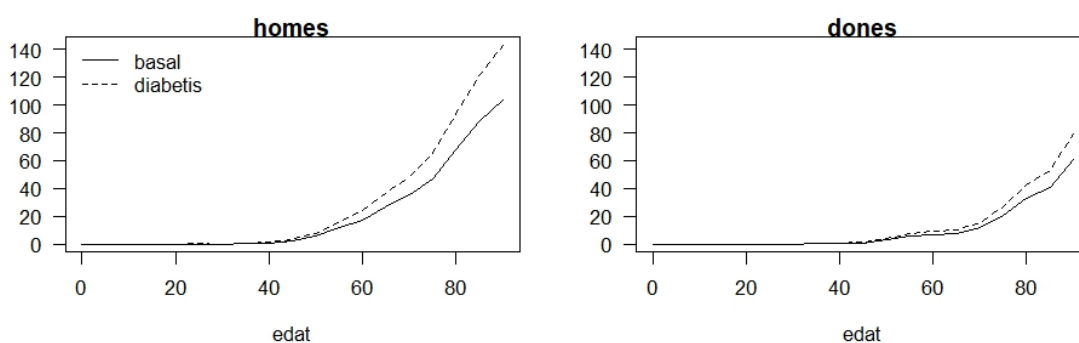


Figura 22: Taxa de mortalitat per càncer de recte per edat per 100.000 persones assegurades en què es distingeix els que pateixen diabetis dels que no, estimada fent servir el model logístic de la Secció 3.2.

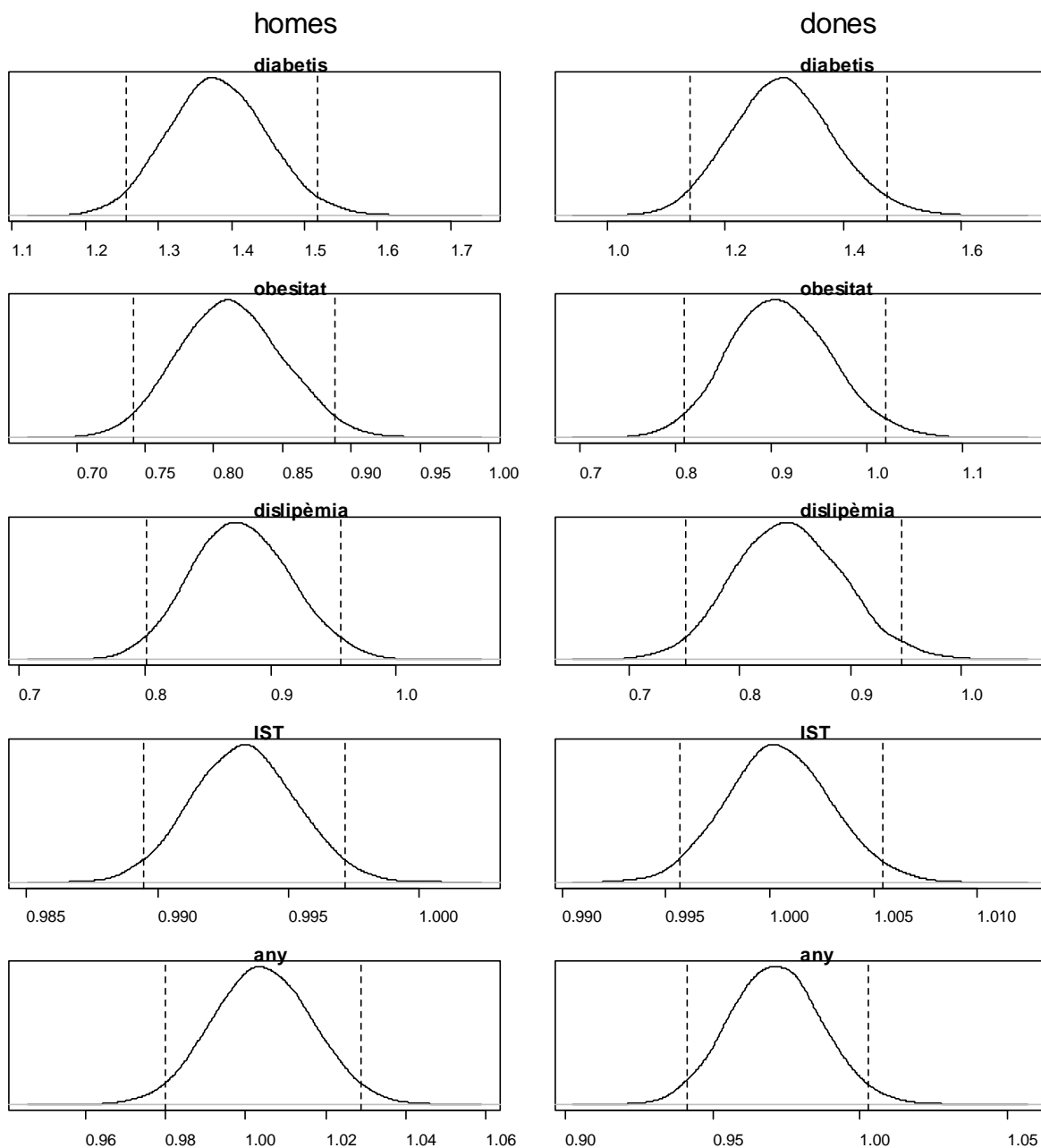


Figura 23: Distribució dels efectes sobre el risc de morir per càncer de recte associats amb diabetis, obesitat i dislipèmia, des del punt de vista individual, i amb l'IST i amb el temps a escala d'ABS. Les línies verticals corresponen als intervals de confiança del 95%.

6 Discussió

Conèixer l'estat de salut de la població és el primer pas fonamental per a la planificació, la programació i el seguiment de les intervencions sanitàries. Els indicadors de mortalitat constitueixen una font d'informació bàsica per garantir el monitoratge de l'estat de salut de la població. La seva cobertura poblacional, així com la possibilitat de comptar amb llargues sèries temporals, els fan insubstituïbles en gran part de les activitats sanitàries, des de la recerca fins a la planificació.

Aquest projecte ha presentat una anàlisi de dades de mortalitat per ABS des d'una perspectiva diferent de l'estadística clàssica i ha permès avaluar el potencial de la metodologia bayesiana. Els models utilitzats permeten suavitzar indicadors robustos, fiables i de fàcil interpretació mesurats en àrees petites, i així evitar la necessitat d'afegir dades, sigui acumulant diferents anys o annexant territoris, que és el que s'acaba fent sovint. Gràcies a la suavització, els indicadors tenen menys variabilitat que els estimadors inicials, per la qual cosa la detecció i interpretació dels patrons territorials a través dels mapes és més fàcil.

Aquesta mateixa metodologia és encara més útil quan en aquestes àrees petites el que s'analitza també té valors petits, és a dir, correspon a malalties amb baixa incidència i/o prevalença per a grups específics amb poca població, siguin definits per l'edat, per l'origen, pel nivell d'estudis o per qualsevol altra característica o eix de desigualtat. Els resultats potencials que es deriven d'aquest tipus d'anàlisi poden ajudar en la presa de decisions destinades a millorar els resultats en salut de la població i dissenyar models d'atenció als problemes de salut i a les necessitats poblacionals que redueixin les desigualtats territorials, així com altres determinants socials, mitjançant intervencions més enfocades als diferents grups de població i, en conseqüència, més efectives i eficients.

Els models bayesians es construeixen aprofitant la informació ponderada d'un territori en tres nivells diferents. En un primer nivell, s'aprofita el fet que el valor de l'indicador d'una àrea s'assembla d'un any a l'altre; al segon, s'aprofita que els valors dels indicadors en àrees veïnes s'assemblen entre si, i al tercer nivell, s'aprofita que el valor d'aquest indicador acostuma a estar relacionat amb el valor de variables explicatives de tipus socioeconòmic. Quan s'incorporen variables socioeconòmiques a escala d'ABS i de salut des del punt de vista individual, aquests models també permeten explorar quins factors poden explicar les desigualtats territorials detectades. Així, els resultats d'aquestes anàlisis poden ajudar a dissenyar models d'atenció als problemes de salut que permetin reduir desigualtats territorials i inequitats de gènere mitjançant intervencions efectives en diferents grups de població.

La identificació de diferències territorials de la mortalitat, mesurades amb indicadors sensibles i robustos, genera noves hipòtesis que serviran de base per a nous estudis epidemiològics. De fet, les primeres hipòtesis sobre les causes de moltes malalties han estat establertes a partir de la comprovació de la coincidència d'una freqüència més gran d'aquestes malalties en àmbits geogràfics, per tot seguit trobar la presència o absència de factors mediambientals, socials o de comportament que donin lloc a explicacions de

les diferències. A més a més, conèixer el patró de la distribució geogràfica de qualsevol causa de mort ja té valor epidemiològic per si mateix, ja que pot servir de base per a la presa de decisions en l'àmbit de la gestió sanitària i la salut pública, mostrant les àrees i les causes de defunció en què és prioritari intervenir. Finalment, l'anàlisi geogràfica també pot servir per avaluar l'efectivitat d'algunes intervencions o programes sanitaris implantats en diferents àrees.

Tot i que l'objectiu d'aquest treball ha estat mostrar la metodologia, els resultats que es deriven de les causes analitzades ja proporcionen informació i coneixement. De les causes analitzades en aquest projecte se n'extreuen clars patrons espacials a les taxes de mortalitat per infart de miocardi i càncer de recte, tant en homes com en dones, i s'identifiquen territoris amb un excés de mortalitat per aquestes causes.

Quan s'incorporen les variables de salut des del punt de vista individual s'ha detectat una associació entre patir diabetis i dislipèmia i un augment del risc de mortalitat per infart agut de miocardi, i també entre la diabetis i un augment del risc de mortalitat per càncer de recte. No s'han trobat associacions amb l'obesitat, però sí una associació inesperada entre tenir el colesterol alt i la disminució de la incidència del càncer de recte. Finalment, la variable IST, especialment en els homes, s'associa amb la mortalitat, de manera que tenir un valor baix d'IST augmenta el risc de la mortalitat. Tanmateix, resta pendent introduir a l'estudi altres variables socioeconòmiques, així com possibles factors de risc (hàbits i estils de vida, morbiditat, accés als recursos...) que aportarien nova informació.

Ampliar aquesta primera anàlisi amb l'estudi d'altres causes de mort podria mostrar una informació més completa i detallada de quines causes presenten més desigualtats territorials per trobar les explicacions pertinents i orientar les intervencions amb l'objectiu de disminuir les desigualtats. La selecció de noves causes de mort que s'han d'analitzar pot basar-se en aspectes geogràfics, com patologies relacionades amb factors ambientals, en avaluacions d'intervencions territorials, com ara cribatge, per avaluar el seu impacte, o en causes de mort en què es desconeixen els factors de risc.

Els darrers dos anys, la COVID-19 ha provocat un excés de mortalitat i serà interessant estudiar si aquest excés ha estat homogeni en tot el territori o bé presenta patrons que podrien estar associats amb variables socioeconòmiques relacionades amb diferents comportaments individuals i diferències en l'accés a la informació i als recursos sanitaris. Més enllà de l'anàlisi de les *RME*, utilitzant mètodes bayesians seria possible estudiar aquesta possible associació a Catalunya a partir de la variació territorial de la correlació entre la disminució de l'esperança de vida o l'increment de la mortalitat amb diverses malalties durant i després de la pandèmia de la COVID-19. La pandèmia és una oportunitat per detectar desigualtats latents difícilment observables en anys amb un nivell de mortalitat normal, tot comparant, mitjançant models bayesians, l'evolució de la mortalitat dels anys 2020, 2021 i 2022 amb la que s'esperaria en absència de la COVID-19.

7 Conclusions

Els mapes del risc relatiu de la mortalitat permeten visualitzar i identificar diferències territorials i patrons espacials més fàcilment que taules o gràfics. Els mètodes bayesians permeten suavitzar les taxes de mortalitat i són una eina útil tant per fer mapes i estudiar la variació espacial i temporal de la mortalitat per diferents causes com per determinar si aquestes variacions s'expliquen a partir de variables socioeconòmiques, demogràfiques, d'estat de salut o de comportaments relacionats amb la salut.

De les causes analitzades en aquest projecte se n'observen clars patrons espacials tant per a l'infart agut de miocardi com per al càncer d'anus, de recte i d'unió de recte i sigma, amb moltes similituds entre homes i dones. Els mapes identifiquen regions amb excés de mortalitat per aquestes dues causes. També observem una forta associació entre diabetis i mortalitat, tant per la mortalitat general com per les dues causes específiques analitzades i, de forma especial, amb els infarts en què la dislipèmia també esdevé un factor de risc important.

Si es disposés de més variables socioeconòmiques o demogràfiques i variables d'estat de salut o factors de risc, es podria estudiar amb més profunditat la correlació amb les taxes de mortalitat per causes específiques de mort que expliquen els patrons espacials observats.

Si l'objectiu no és analitzar la mortalitat per causes de mort, sinó només la global, un altre indicador molt interessant per comparar àrees és l'esperança de vida en néixer. A més a més, el seu valor té una interpretació en termes absoluts i no només relatius, com el cas de l'*RME*.

S'espera que la mortalitat dels pròxims anys augmenti. L'excés de mortalitat esperable, directament i indirectament atribuïble a la COVID-19, pot amplificar les diferències territorials que poden estar associades amb variables socioeconòmiques. La metodologia bayesiana obre unes possibilitats d'anàlisi i, especialment, d'interpretació que la fan molt valuosa en aquests moments de canvis, perquè la fan útil per millorar l'efectivitat de les intervencions en salut.

Més concretament, l'ús de models jeràrquics bayesians espaciotemporal pot ser útil per:

- Ser aplicada a altres causes específiques de mortalitat, fent primer els mapes dels seus riscos relatius i investigant després si les desigualtats territorials observades als mapes per a cadascuna de les causes es poden explicar a través de factors socioeconòmics, demogràfics, ambientals o d'estat de salut.
- Estudiar l'evolució de la mortalitat a partir del 2020, any d'inici de la pandèmia per la COVID-19, mesurant l'impacte de la COVID-19 sobre l'evolució de la mortalitat per diverses causes específiques de mort els anys 2020, 2021 i 2022. Aquest estudi, que compararia la mortalitat anual observada per ABS amb la mortalitat prevista en absència de la COVID-19, permetria fer mapes tant de les taxes de mortalitat anuals per ABS, sense necessitat d'afegir ABS ni tampoc anys de calendari, com cartografiar l'augment o disminució d'aquestes taxes respecte a les

previstes en absència de la COVID-19. En cas d'observar patrons de desigualtat territorial, també es podria intentar explicar-los a partir de determinants socials o de l'estat de salut de la població.

- Analitzar la variació espacial i temporal de l'esperança de vida entre el 2014 i el 2019 i quantificar l'impacte de la COVID-19 sobre aquesta esperança de vida a partir del 2020, fent servir models semblants als presentats en aquest estudi, però adaptats per modelar l'esperança de vida.

8 Referències

La següent llista de referències correspon a una selecció dels articles i llibres que han resultat més útils a l'hora de construir els models:

Besag, J., York, J. i Mollie, A. (1991). Bayesian Image Restoration with Two Applications in Spatial Statistics (with Discussion). *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 43, 1-59.

Bijak, J. i Bryant, J. (2016). Bayesian Demography 250 Years After Bayes. *Population Studies*, 70, 1-19.

Chetty, R., Stepner, M., Abraham, S., Lin, S., Scuderi, B., Turner, N., Bergeron, A. i Cutler, D. (2016). The Association between Income and Life Expectancy in the US, 2001-2014. *Journal of the American Medical Association*, 315, 1750-1766.

Clayton, D. G. i Bernardinelli, L. (1992). Bayesian Methods for Mapping Disease Risk. Dins: P. Elliot, J. Cuzick, D. English i R. Stern (Ed.), *Geographical and Environmental Epidemiology: Methods for Small-area Studies* (p. 201-220). Oxford: Oxford University Press.

Khana, D., Rossen, L. M., Hedegaard, H. i Warner, M. (2018). A Bayesian Spatial and Temporal Modeling Approach to Mapping Geographic Variation in Mortality Rates for Subnational Areas with R-INLA. *Journal of data science*, 16, 147-182.

Lunn, D. J., Thomas, A., Best, N. i Spiegelhalter, D. (2000). WinBUGS - A Bayesian Modelling Framework: Concepts, Structure and Extensibility. *Statistics and Computing*, 10, 325-337.

Mollie, A. (1996). Bayesian Mapping of Disease. Dins: W. R. Gilks, S. Richardson i D. J. Spiegelhalter (Ed.), *Markov Chain Monte Carlo in Practice* (p. 359-379). London: Chapman and Hall.

Puig, X. i Ginebra, J. (2021). Bayesian spatio-temporal model for life expectancy mapping; Changes in Barcelona from 2007 to 2018. *Geographical Analysis*, 53.