

La pesta negra a Andorra: aplicació de les lliçons del COVID-19 per modelitzar una pandèmia del segle XIV

Alan Ward i Koeck

Professor i doctor en Societat de la Informació



P
Papers
de recerca
històrica
10

Resum

La pesta Negra a Andorra: aplicació de les lliçons de la COVID-19 per modelitzar una pandèmia del segle XIV

La situació de les Valls davant de la pandèmia del segle XIV era ben diferent d'aquella dels nostres temps, tant pel que fa a les comunicacions més aviat difícils de l'època com per la distribució de la població concentrada en nuclis ben delimitats però que, malgrat tot, mantenia lligams constants. En aquest treball, es proposa una visió de la reacció de la societat organitzada a partir del nivell parroquial o local. Aquest fet hauria permès ajudar a mitigar fins a cert punt els efectes de la plaga sobre el conjunt de la població.

Resumen

La Peste Negra en Andorra: aplicació de les lecciones de la COVID-19 para modelizar una pandèmia del siglo XIV

La situació de los Valles delante de la pandèmia en el siglo XIV era muy distinta de la de nuestros tiempos, tanto por lo que hace referencia a las comunicaciones más bien difíciles en la época como también por la distribución de una población concentrada en núcleos bien delimitados pero que, con todo, mantenía enlaces constantes. En el presente trabajo, se propone una visión de la reacción de la sociedad organizada a nivel parroquial o local. Este hecho podría haber permitido ayudar a limitar en cierta medida los efectos de la plaga sobre el conjunto de la población.

Résumé

La peste noire en Andorre : une application des leçons de la COVID-19 pour modéliser une pandémie du XIV^e siècle

La situation des Vallées devant la pandémie du XIV^e siècle fut très différente de celle de notre époque, tant pour ce qui tient aux communications plutôt difficiles de l'époque comme par la distribution de la population de l'époque concentrée dans des noyaux bien délimités mais qui, pourtant, étaient en contact constant. Dans ce travail, nous proposons une vision de la réaction de la société organisée à niveau de la Paroisse. Ce fait pourrait avoir aidé à limiter en certaine mesure les effets de l'épidémie sur l'ensemble de la population.

Abstract

The Black Death in Andorra: applying lessons from COVID-19 to model a 14th century pandemic

The situation of the Valleys during the 14th century pandemic was quite different from that of modern times, both from the standpoint of difficult means of communication and the population of the time concentrated within well-delimited settlements that were, however, in constant contact. In this work, we propose a view of the reaction by society organized within each Parish. This could have helped to mitigate the effects of the pandemic on the population as a whole.



Fa alguns anys vaig tenir l'ocasió de publicar en aquestes mateixes pàgines un breu article en què analitzava estadísticament les dades de defuncions relacionades amb

allò que hom coneix com la “grip espanyola” o, més exactament, “grip del 1918” a les Valls (Ward, 2016). Gràcies a la quantitat de dades –tant qualitatives com quantitatives– accessibles sobre l'evolució de la pandèmia a escala mundial, possiblement els aspectes matemàtics d'aquella pandèmia van ser dels més estudiats fins als recents esdeveniments de l'any 2020. També s'ha pogut publicar una certa quantitat de dades quantitatives sobre l'evolució de la grip a Andorra (Buchaca i Ros, 1998). Disposem, però, d'una informació força menys precisa sobre la presència de la pesta negra a Andorra l'any 1348. Tot i que la documentació sobre l'episodi a la Seu d'Urgell n'ha permès fer un estudi relativament complet (Villaró, 1986), les dades de les Valls són del tot insuficients per fer-ne una anàlisi estadística de la mateixa manera que es va fer amb la grip del 1918. Per suplir aquesta mancança, en aquest article es vol proposar l'ús de les tècniques de modelització computacional aplicades a l'estudi del COVID-19 per determinar la possible evolució que va tenir la pesta dins de les Valls. Es modelitzarà l'evolució de la pandèmia en una població d'una ciutat com seria la Seu del segle XIV. Posteriorment es tornarà a modelitzar en una població molt més petita per examinar la seva evolució en un nucli reduït. Finalment, es modelitzarà la pesta en una població composta per un conjunt de localitats separades però amb connexions esporàdiques entre les poblacions de les localitats, configuració que correspon a l'estructuració per parròquies de les Valls. D'aquesta manera, s'espera arribar a definir alguns elements característics de la dinàmica

pròpia de l'episodi en un territori amb trets particulars com és la vall d'Andorra del segle XIV, relacionant aquestes dades amb les respostes que la societat andorrana hi va poder oposar.

La pesta negra a Europa

La pesta negra és una malaltia causada pel bacil *Yersinia pestis*, que es transmet entre humans per diferents vies. La principal sembla haver estat a través de les picades de puça, amb l'insecte que no patia la malaltia fent de portador. Això no impedeix que també existeixi una transmissió directa per via aèria, tot i que aquesta forma pneumònica de la malaltia sembla menys corrent.

La introducció de la pesta a Europa a finals de l'any 1347, o principis del 1348, sembla haver seguit un patró que va anar des dels ports comercials del Mediterrani com Barcelona, progressant terra endins en direcció de la muntanya d'una banda, i a través de les grans vies comercials terrestres cap al nord d'Europa. Aquesta visió és fonamenta per la poca variació genètica del bacil trobat en enterraments (Spyrou *et al.*, 2016), cosa que indica que es tracta d'una transmissió de la mateixa soca de la malaltia i no de diversos punts d'introducció de soques diferents. Així, a Barcelona s'ha pogut identificar una fossa massiva corresponent a un dels episodis de la pesta (Beltrán de Heredia i Gibrat, 2014), fet que no és sorprenent tenint en compte el paper que van jugar els ports del mediterrani com ara Barcelona o Gènova pel que fa a la introducció de la pesta a Europa.

Pel que fa a la taxa de mortalitat, semblaria que morien aproximadament entre el 60 a 70% dels malalts. Aquesta proporció pot semblar certament elevada, però convé recordar que ens situem en una època en què l'absència d'antibiòtics dificultava considerablement la lluita contra la malaltia, una vegada estesa dins l'organisme. Tenint en compte que no tota la població es va infectar, s'han fet estimacions de la mortalitat que varien entre el 25% i el 100% de la població en casos localitzats molt concrets. En termes generals, però, i davant de l'absència de dades estadístiques completes i fiables, es pot estimar la mortalitat a aproximadament un terç de la població europea en el moment de la primera onada de la pesta

l'any 1348, sense mostrar una afectació preponderant per cap grup d'edat concret. Aquesta onada va anar seguida d'altres onades o brots els anys 1350, 1362, 1371 i 1375 a Catalunya (Beltrán de Heredia i Gibrat, 2014).

Manquen dades documentals per conèixer la introducció i l'evolució de la pesta negra a Andorra. De fet, es podria argumentar que ni tan sols tenim cap prova concreta que arribés a afectar les Valls. Tot i això, tenint en compte l'evolució de la pandèmia a Europa —va afectar la totalitat del continent— i la seva presència contrastada en llocs propers, sembla clar que la suposició més raonable és que ens hagués afectat. D'altra banda, la presència de la pesta a la Seu d'Urgell és coneguda a través de l'estudi dels testaments en la documentació notarial (Villaró, 1986). El mateix autor precisa que el primer episodi de la pesta va afectar la ciutat entre el dia 17 de juny de 1348 i mitjans del mes d'agost.

Tenint en compte la importància quantitativa de les relacions entre la Seu i Andorra, ja durant el segle XIV, ens podem plantejar diferents escenaris pel que fa a la transmissió de la malaltia a Andorra. Podria haver estat causada pels desplaçaments de persones que anessin a visitar familiars d'una banda o altra de la frontera. La transmissió també podria haver estat causada pels desplaçaments dels oficials dels Coprínceps, o dels sacerdots del Bisbat assignats a les Valls mentre desenvolupaven les tasques del seu ministeri. Però creiem que l'ocasió més probable en què s'hauria produït un gran contacte entre les poblacions de la Seu, els seus voltants i Andorra seria, sens dubte, en el moment dels mercats o les fires tradicionals. Aquestes tenien un paper cabdal en el desenvolupament d'una economia basada en l'agricultura i la ramaderia. En el calendari agropecuari és important la segona etapa de l'any, que començava per la venda dels xais pels volts de Sant Joan (Batlle, 2004, p. 17), moment en què podríem comptar amb la presència andorrana a la fira de la Seu. Malauradament també era tot just a principis de l'onada de pesta bubònica, moment en què la visió que es tenia de la importància de la plaga encara no devia ser del tot clara. De fet, és possible que alguns dels assistents vinguts de les valls més remotes del Bisbat ni tan sols s'haguessin assabentat de l'aparició de la malaltia, fins trobar-se ja a la plaça de la fira de la Seu.

Metodologia

L'estudi de la modelització de la transmissió de malalties infeccioses ha rebut un impuls a causa de l'arribada de pandèmies com la de la grip aviar l'any 1997, i la del SARS l'any 2002. Ha estat motiu de recerca, entre altres, en (Mangili and Gendreau, 2005) pel que fa a la transmissió del SARS entre viatgers dins una cabina d'avió, o en (Longini *et al.*, 2005) pel que fa a la modelització de la transmissió de la grip aviar. Per la nostra modelització de la pesta s'ha escollit metodologia basada en agents o *agent-based modelling* (ABM), altrament conegut com a *individual-based modelling* (IBM). Per una descripció completa d'aquestes tècniques, es remet el lector a alguns dels articles seminals, com ara (Perez, 2009). El model que seguirem aquí, amb unes quantes modificacions, és la seva variant de quatre estats (Birrell *et al.*, 2011). Aquest model segueix la trajectòria de cada individu de la població, anomenat agent. Per cadascun d'ells, es defineix un estat com:

- **S** «susceptible», quan no ha estat en contacte amb la malaltia.
- **E** «exposat», quan ha estat en contacte amb la malaltia i esdevé infectat, tot i que de moment no presenta símptomes. Seria el cas dels portadors asimptomàtics, que són potencials transmissors de cara a altres persones. De fet, considerem que els individus dins aquesta categoria provoquen la majoria de les infeccions, ja que la manca de símptomes fa que continuïn portant una vida normal i interactuant amb les persones no infectades de la població.
- **I** «malalt», quan ja ha desenvolupat els símptomes de la malaltia. Tot i que aquesta categoria de persones segueixen essent possibles transmissors, suposem que en realitat causen un nombre inferior d'infeccions, ja que el seu aspecte físic fa que la resta de la població hi interactuï amb dificultats (rebuig social).
- **R** «recuperat», quan l'individu ha “passat” la malaltia, i ja no és una possible font de transmissió.
- **D** «difunt», quan l'individu ha mort de la malaltia.

En aquest model considerem que els agents en estat D ja no són focus de transmissió, ja que el nombre de contactes que la resta dels individus tindran amb ells és reduït en

nombre i en el temps, limitant-se al personal encarregat de donar sepultura a les víctimes. Aquesta suposició pot ser discutida i, en tot cas, seria factible afegir un període d'infecciositat *post-mortem* al model si es considera necessari en una futura iteració del projecte.



Figura 1: Estats possibles de cada individu (agent) de la població considerada

Tots els agents de la població (amb efectiu inicial: n_0) es consideren inicialment en l'estat S, com a susceptibles, llevat d'un nombre reduït d'individus infectats que conformen el nucli inicial de presència de l'agent infecciós i que es troben en l'estat inicial E (efectiu inicial: e_0). Cada iteració del model correspon a un dia. Durant aquest temps, dos paràmetres regulen la freqüència de producció d'un esdeveniment de transmissió de la malaltia entre un agent ja infectat (estat E o I), i un agent susceptible (estat S). Aquests són: el nombre de contactes diaris (C_E o C_I) que té un agent en estat E o I respectivament, multiplicat per la probabilitat que es produeixi una transmissió de la malaltia durant un contacte físic, p_{cont} . Tot i que suposem que la p_{cont} és idèntica per agents infecciosos tant en estat E com en estat I, suposarem que el nombre de contactes diaris que tindrà un agent en estat I —amb símptomes de la malaltia— serà inferior als que tindrà un agent en estat E, que encara és asimptomàtic. Així, tenim que $C_E > C_I$. Els mecanismes de transmissió de la pesta són diferents d'aquells de les malalties causades per virus. Tant per la família dels virus *influenza* com pels coronavirus, sembla que la transmissió entre humans es faci sobretot per via aèria, o bé per contacte amb superfícies exposades. Això implica un temps relativament curt per fer la transmissió. Un cop ha passat aquest temps, el virus —que es troba temporalment a l'exterior de qualsevol organisme— mor. Pel que fa a la pesta, el seu mecanisme de transmissió

secundari també és per via aèria, però el primari fa intervenir el transport a través de puces. Això implica que el temps pot ser més llarg entre la contaminació de la puça quan pica l'individu inicialment infectat, i el moment en què transmet el bacteri al nou individu mitjançant una nova picada. Alguns experiments efectuats amb la puça de les rates, sospitosa de ser un dels vectors de la transmissió de la pesta, han mostrat que la seva durada de vida en fase adulta pot variar d'1 a 3 dies en absència de cap font de menjar, i fins a 4 mesos si l'alimentació és abundant (Strickland, 1914). Per aquesta raó hem de pensar que, si el bacil *Yersinia pestis* es pot mantenir viu dins la puça, la seva transmissió a la futura víctima humana es pot diferir considerablement en el temps, presentant a més una variació de la durada en funció de les circumstàncies. En el model presentat, però, s'ha preferit comptar amb una transmissió efectuada el primer dia de contacte entre l'agent infectat i l'agent que serà infectat. Aquesta estratègia de simplificació es pot revertir si, més endavant, es considera interessant investigar més enllà els efectes de demora durant la transmissió de l'agent de la malaltia. Pel que fa al pas entre l'estat E i l'estat I, el model s'ha construït a partir del període mitjà de latència (T_{lat}) durant el qual apareixen els símptomes de la malaltia. Al cap del pas de tants dies, l'agent progressarà automàticament d'un estat a l'altre. Si es vol obtenir un resultat més precís, es pot substituir aquest paràmetre simple per una funció probabilística amb el valor mitjà i la desviació estàndard requerits. De la mateixa manera, en aquest model s'ha simplificat el pas de l'estat I a l'estat R o D mitjançant l'aplicació d'un període mitjà de desenvolupament de la malaltia (T_{mal}). També es podria substituir per una funció de probabilitat si es considerés necessari. Finalment, la selecció entre el pas $I \rightarrow R$ o $I \rightarrow D$ s'opera amb una simple operació probabilística seguint la probabilitat de morir de la malaltia (p_{def}).

Així, el model es parametriza totalment mitjançant les quantitats $\{n_0, e_0, C_E, C_I, T_{lat}, T_{mal}, p_{cont}, p_{def}\}$.

Pel que fa a la visualització dels resultats, pot ser interessant representar les corbes en funció del temps de persones malaltes (I), recuperades (R) i difuntes (D), i també la corba d'aquells que no presenten símptomes

(NS): $NS = S + E$. El motiu és que, des d'un punt de vista sociològic, la població en general desconeix quina és la taxa real de persones infectades a mesura que es desenvolupa l'episodi. Durant l'episodi, la població tan sols pot observar quin és el nombre de persones que semblen sanes pel seu aspecte exterior, sense poder distingir entre aquelles que realment ho són (S) i les que tan sols ho semblen (E).

Resultats de la modelització: població de la Seu d'Urgell

Pel que fa a la modelització de la pesta, l'aparició de símptomes destacables (els bubons) s'ha de tenir en compte per delimitar els períodes. Per la nostra simulació, s'ha treballat amb una durada del període de latència de 3 dies, i de 5 pel període de malaltia simptomàtica. La probabilitat de contaminació per cada contacte s'ha fixat a 4,8%, i la taxa de mortalitat en el 60%. Aquesta última dada pot semblar molt elevada, sobretot quan es compara amb les altres dues pandèmies. Tot i això, és coherent amb les taxes de mortalitat de la pesta que han estat obtingudes fins avui en dia; casos en què els medicaments moderns no es trobaven disponibles.

Es va fer una primera simulació d'una població homogènia, amb un efectiu inicial de 3.000 persones, entre les quals inicialment hi havia un sol agent infectat en estat latent E. S'han suposat un nombre mitjà de contactes de 10 persones/dia en període de latència, i una persona/dia en període simptomàtic. Aquest model inicial correspondria a una població com la de la Seu d'Urgell i els seus voltants.

El resultat de la modelització (figura 2) mostra una bona correspondència amb les dades històriques. El nombre de casos simptomàtics (I) segueix la corba típica, arribant al seu màxim al cap d'un mes, i decreixent posteriorment al llarg del segon mes. Un cop han passat aquests dos mesos es pot dir que l'episodi s'ha resolt del tot. Pel que fa a la mortalitat (D), s'observa una taxa molt elevada, arribant fins al 35-40% de la població inicial. A finals de l'episodi, la població romanent es divideix a parts gairebé iguals entre persones que han patit la malaltia, però que s'han recuperat (R), i persones que no l'han patida (NS).

En comparació amb les corbes de persones afectades i de defuncions que s'han mostrat a bastament durant el recent episodi de COVID-19, es pot observar que, en realitat, la

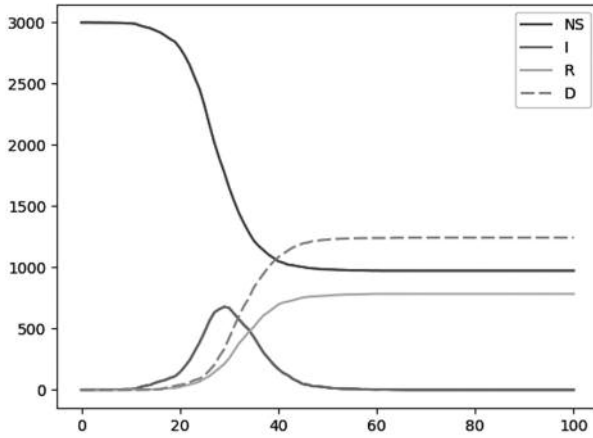


Figura 2: Modelització per una població inicial de 3.000 persones

mortalitat de la pesta negra al segle XIV era dos ordres de magnitud superior a la mortalitat per COVID. És per aquesta raó que la corba de defuncions (D) esdevé, segons el model, àmpliament superior, tant a la de persones (aparentment) sanes (S) com a la de persones recuperades (R). Aquesta situació contrasta de manera marcada amb la situació viscuda enguany amb el COVID, en què la corba de mortalitat acumulada (D) era molt inferior a la de les persones afectades per la malaltia, però recuperades —cosa de la qual ens felicitem. El mateix comentari es pot fer en relació amb la mortalitat durant la grip espanyola del 1918, tot i que tant en aquella pandèmia com en la del COVID, altres factors (en especial l'edat de l'individu) semblen haver jugat un paper determinant en l'evolució de la malaltia.

Resultats de la modelització: una localitat aïllada

Pel que fa a Andorra, sabem que al segle XIV les diferents poblacions perifèriques eren numèricament inferiors a la d'una ciutat com la Seu d'Urgell. A més, podem pensar en l'existència d'un gran nombre de localitats relativament petites. Si assumim els mateixos paràmetres que

anteriorment, però ens situem en un nucli de població de tan sols 30 persones, obtenim un resultat diferent (figura 3).

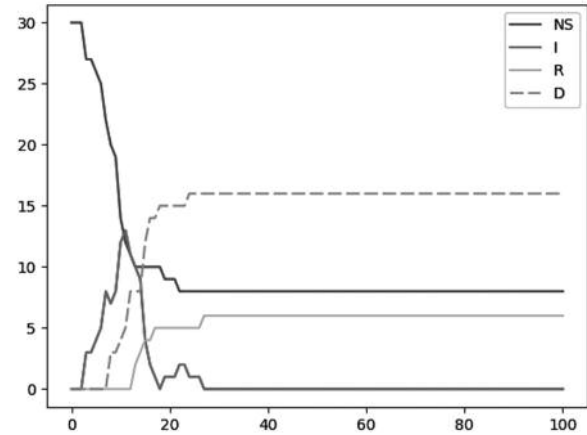


Figura 3: Modelització per una població inicial de 30 persones

Les dos observacions més importants a fer en aquest cas són, en primer lloc, la durada inferior de l'episodi, molt compactat en el temps. En menys d'un mes la malaltia ha tingut el temps necessari per disseminar-se a través de la població. Amb tan sols 20 dies a la malaltia li costa més de progressar —per manca de potencials víctimes— i s'acaba extingint. Tot i això, és interessant observar que en moltes iteracions del model és usual veure que la corba de persones malaltes (I) pateix un lleuger rebrot cap a finals de l'episodi. Aquest fet es tradueix per les transmissions que es produeixen a partir de persones que han patit la malaltia a finals del pic principal, a finals del curs de la malaltia. Al seu torn, aquestes persones infectades només comencen a desenvolupar els símptomes després de passar un nou període de latència (T_{lat}). La segona observació, però, és que la taxa de mortalitat és semblant o superior en una població força petita, en comparació amb una ciutat com la Seu.

Finalment, constatem que l'evolució del model en una població amb un efectiu inicial tan petit (inferior a 100 persones) presenta un caràcter molt sensible a la variació estadística. Segons com succeeixin o no els contactes entre les primeres persones infectades (e_0) i la resta de la població, pot esdevenir que la malaltia afecti tan sols un únic individu, o un grup de persones molt reduït. En aquest cas, l'epidèmia s'extingeix per si mateixa sense a penes afectar la resta de la població. Ara bé, amb malalties en què hi ha un període de latència important durant el qual els símptomes no es desenvolupen, tot i que l'individu sigui transmissor potencial de la malaltia, és més probable que es produeixi una transmissió successiva de la malaltia a una porció cada vegada més gran de la població, tal com s'observa en la seqüència de la figura anterior.

Resultats de la modelització: les Valls d'Andorra

La característica més destacable de la població de les Valls és el fet que es poden modelitzar com un conjunt de 6 poblacions distintes, ubicades en localitats geogràfiques separades. Per la seva modelització, considerem que es tracta de poblacions aïllades, cadascuna amb una població inicial $n_0 = 500$ per una població total de les Valls de 3.000 persones. Cada població té una dinàmica pròpia, mitjançant els contactes entre individus en estat E i I i altres individus en estat S descrits anteriorment. Tot i això, també introduïm la possibilitat d'un nombre reduït de contactes entre localitats, mitjançant l'assignació d'una probabilitat p_{extern} que representa el fet que un contacte concret tingui lloc amb una persona susceptible d'una altra localitat diferent de la pròpia.

Així, ara el model es parametriza totalment mitjançant les quantitats $\{n_0, e_0, C_e, C_i, T_{\text{lat}}, T_{\text{mal}}, p_{\text{cont}}, p_{\text{def}}, p_{\text{extern}}\}$.

En aquest cas, com en l'anterior, el model es mostra molt sensible al factor aleatori. Concretament, el seu factor determinant és la distribució dels contactes externs. En funció de com es produeixen aquests contactes entre localitats, ens podem trobar amb configuracions força diferents de l'evolució de l'epidèmia en el conjunt de la població.

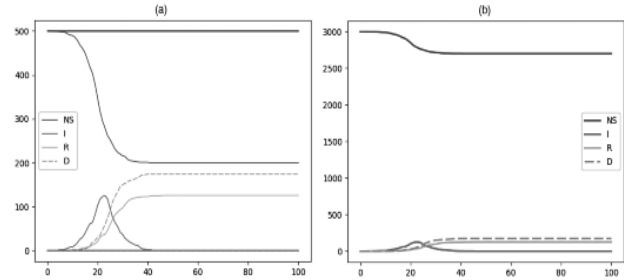


Figura 4: Modelització per una població formada per 6 localitats de 500 persones cadascuna. Cas en què no es produeix transmissió entre localitats. (a) localitats individuals. (b) Conjunt de la població

Un cas extrem apareix en la figura 4, on tan sols una única localitat ha estat afectada per la presència d'un individu portant la malaltia. Els contactes entre localitats no s'han produït en el moment idoni per la transmissió de la malaltia. Per aquesta raó veiem en la gràfica superposada de les poblacions de les sis localitats (a) que, mentre en una localitat la població segueix el patró típic de progressió de l'epidèmia, la població de les altres localitats es manté tota en estat NS, i la taxa d'infeccions (I) és nul·la. Si representem l'afectació sobre la població acumulada entre totes 6 localitats (b), observem que l'afectació de la

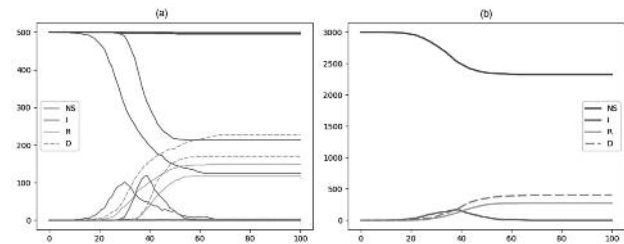


Figura 5: Modelització per una població formada per 6 localitats de 500 persones cadascuna. Cas amb transmissió de la localitat inicial a una segona. (a) localitats individuals. (b) Conjunt de la població

malaltia és força baixa en relació amb la població total. La situació és diferent quan es produeix la transmissió de la malaltia entre localitats, per exemple a una segona localitat a més d'aquella afectada inicialment (Figura 5). En aquest cas (a) observem que les corbes d'aparició de persones malaltes se segueixen amb una diferència de temps d'uns 10 dies, que correspon a la data en què es va produir la introducció de la malaltia en la segona localitat. A partir d'aquell moment, les dues poblacions afectades segueixen l'evolució típica de l'epidèmia, però sense afectar les altres quatre localitats que s'ho han estalviat. Pel que fa a la població total (b), notem una evolució més lenta, tant de les persones que no mostren símptomes (NS) com de les persones malaltes (I), les recuperacions (R) i les defuncions (D). Des d'una certa distància, l'evolució de la població total pot fer pensar que la dinàmica de l'epidèmia és idèntica a la d'una població única, però l'evolució per

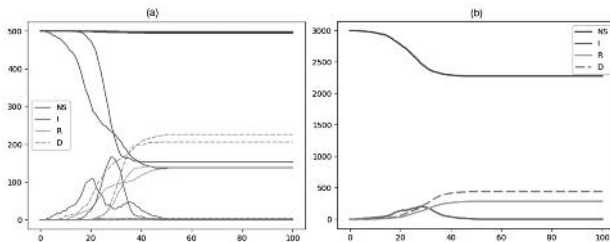


Figura 6: Modelització per una població formada per 6 localitats de 500 persones cadascuna. Cas amb transmissió creuada entre la localitat inicial i una segona. (a) localitats individuals. (b) Conjunt de la població

localitats mostra que en realitat no és així.

En algunes ocasions, el model mostra situacions en què l'evolució de la malaltia ha estat més complexa. En la figura 6, a partir de la primera localitat infectada s'ha produït la transmissió a una segona localitat, exactament com en el supòsit anterior. Però, més endavant, s'ha tornat a produir una segona transmissió entre localitats, aquesta vegada

en el sentit invers: la nova transmissió es va fer des de la segona localitat infectada cap a la població de la primera. Observem així que la corba de persones malaltes (I) de la segona localitat presenta un únic pic que se situa cap al dia 30. Aquest pic correspon a un únic esdeveniment de transmissió en el sentit Localitat 1 \rightarrow Localitat 2. Però la corba de malalts (I) de la primera localitat presenta dos pics: un pic inicial cap al dia 20 (infecció inicial), i un pic secundari cap al dia 38. Aquest segon pic correspon a l'esdeveniment de transmissió de tornada, en el sentit Localitat 2 \rightarrow Localitat 1. Pel que fa a la població total, les corbes d'evolució ja tenen una forma lleugerament més complexa, que denota una evolució diferenciada de les

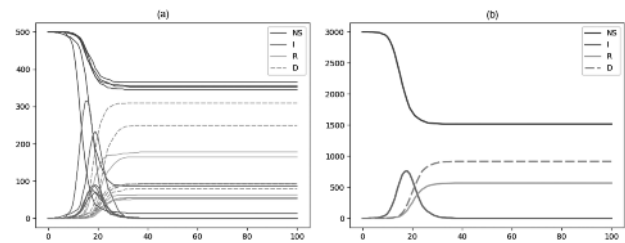


Figura 7: Modelització per una població formada per 6 localitats de 500 persones cadascuna. Cas amb transmissió successiva a múltiples localitats. (a) localitats individuals. (b) Conjunt de la població

poblacions de les localitats.

Finalment, l'evolució més paradigmàtica de la població de les sis localitats és la representada en la figura 7. En aquest cas (a) s'observa clarament com la corba de malalts (I) de la població de la primera localitat afectada creix i assolix el seu pic, seguit pocs dies després per les corbes corresponents de cadascuna de les altres localitats. En aquest cas, cap de les sis localitats s'ha estalviat l'epidèmia, tal com es dedueix de la reducció de les corbes d'individus sense símptomes (NS). Tot i això, podem observar que les afectacions han estat diverses pel que fa a cada localitat, tant per les dates en què

es va produir la transmissió inicial (dates properes però diferenciables), com per la gravetat de l'episodi. Veiem que algunes localitats han perdut gairebé el 60% de la seva població, mentre que en la majoria les pèrdues ronden el 15%. Pel que fa a la població total entre les sis localitats (b), veiem que l'evolució general ha estat lleugerament menys severa que en el cas d'una població única que parteix del mateix efectiu inicial de 3.000 persones, amb un nombre d'afectats menor, i —sobretot— una corba de defuncions (D) molt més favorable, inferior al 30% de la població total. Tot i això, no podem obviar el fet que aquestes corbes acumulades amaguen una evolució diferenciada entre les localitats, amb una disminució molt forta en algunes. També s'ha de dir que la durada global de l'epidèmia ha estat més reduïda. Amb una població segmentada en 6 localitats, es pot dir que el gruix de l'episodi s'ha passat en un termini de 30 dies a partir de la infecció inicial, mentre que en el cas d'una població única amb el mateix efectiu inicial de 3.000 persones, s'ha hagut d'esperar fins a 40 dies per poder considerar que el brot s'havia acabat (figura 2 *supra*).

Discussió i conclusions

L'ús del model computacional de la progressió d'un episodi de la pesta negra ha permès veure les evolucions diferenciades en una població de dimensions importants pel Pirineu durant el segle XIV —com seria la Seu d'Urgell amb un efectiu inicial d'unes 3.000 persones—, en un nucli de població més petit amb un efectiu de 30 persones, i en un conjunt de localitats separades però amb una connexió entre elles com serien les Valls, que s'ha modelitzat com un conjunt de sis localitats amb, cadascuna, una població inicial de 500 persones.

Els resultats obtinguts per la població única de 3.000 persones corresponen a l'evolució documentada històricament d'una ciutat com la Seu, conjuntament amb la seva àrea geogràfica més propera. La correspondència és notable, tant pel nombre de defuncions —gairebé el 40% de la població inicial— com per la durada de l'episodi, que va ser aproximadament de dos mesos: entre mitjan juny i mitjan agost de l'any 1348.

Ara bé, quan s'estudia l'evolució de l'epidèmia dins un nucli molt més petit, de tan sols 30 persones, observem que, o bé

l'epidèmia no aconsegueix afectar la seva població globalment, o bé hi té un efecte bastant pronunciat, amb la mateixa taxa de mortalitat que en una ciutat com la Seu, però en un espai de temps més curt, tan sols 20 dies. Es perfila doncs una situació particularment dura des del punt de vista emocional pels habitants de petits nuclis poblacionals. Devien veure com, una vegada introduïda la malaltia en un nucli petit, arrasava la població amb particular velocitat, deixant —al cap de poc temps— una població total minvada en proporció d'entre un terç i la meitat. Sens dubte també hi haurien famílies senceres totalment desfetes o àdhuc desaparegudes. Addicionalment podem suposar que la pèrdua de mà d'obra devia posar en dubte les possibilitats de continuar duent a terme activitats agrícoles que depenien, en molts casos, de la participació activa de la totalitat dels membres d'una família o d'un poble. Pensem, en particular, a la sega del blat o la verema del raïm. La població restant es devia trobar especialment afectada per aquests fets, en certs casos fins al punt d'abandonar l'indret i intentar trobar millors perspectives emocionals o econòmiques en altres llocs, fenomen que s'interpreta com l'aparició dels *masos rònecs* que s'han documentat en altres Països Catalans.

Finalment, la situació de la població de les Valls devia ser bastant diferent. En aquelles localitats —o sigui, parròquies— en què la pesta es va introduir inicialment, l'afectació general hauria estat semblant a la d'una població petita, amb una mortalitat d'entre un 30 i un 40% de la població inicial, i una durada de l'episodi de 20 a 30 dies. Però la seva posterior evolució i transmissió a les altres parròquies deixa obertes unes perspectives poc clares. Una possibilitat és que afectés tan sols una o dos parròquies, mitjançant una contaminació externa. Parròquies com Sant Julià o Andorra semblen haver tingut més ocasió de mantenir contactes comercials o de fires amb la Seu d'Urgell, i el més plausible és que quedessin afectades per un brot de la pesta des d'aquest origen. Però desconexim si la transmissió interna de l'agent infeccios es va arribar a produir cap a les altres parròquies. Tot dependria de la freqüència dels contactes entre les poblacions de les parròquies, i de la densitat de les xarxes de contactes perquè aquests poguessin infectar una o més persones dins de cada localitat.

En aquest sentit, pot ser interessant reflexionar sobre les respostes de la societat del segle XIV a la presència de la pandèmia, coneguda a través de les notícies que arribaven des de les grans ciutats catalanes com Barcelona o Perpinyà. El context de l'organització humana de l'espai era radicalment diferent durant el segle XIV, que als anys 1918 i 2020. Possiblement, el gruix de l'activitat agropecuària se centrava encara en els fons de vall amb els cultius de cereals seguint el patró romà i medieval, i menys en activitats pastorals o de silvicultura que es produeixen a major altitud. Així, els contactes podien ser més intensos, entre poblacions més concentrades a prop dels rius principals. Pel que fa a les epidèmies dels anys 1918 i 2020, la població de les Valls ja es troba molt més repartida sobre el territori, en particular en assentaments permanents a les parts altes de la vall del Valira d'Orient, que no sembla que existissin al segle XIV, i hi ha una mobilitat molt més gran entre parròquies, gràcies tant a les carreteres i mitjans de transport com també a les estructures socials i del comerç que faciliten els intercanvis entre les parròquies.

D'altra banda, recordem que el tancament de fronteres, tant de l'any 1918, a iniciativa del Consell General, com també de l'any 2020, van tenir lloc com a resposta organitzada des dels estaments polítics que representen la totalitat de la població de les Valls. Durant l'episodi inicial de la pesta al segle XIV, però, les evidències documentals apunten cap a un major protagonisme de la representació política més local, de cada parròquia. Tot i que semblen existir alguns indicis d'un nucli de formació d'allò que seria el Consell de la Terra al segle següent, les participacions dels representants dels habitants d'Andorra en esdeveniments polítics de transcendència es fan ben bé a títol parroquial, amb indicació precisa de la provinença de cada representant i equilibri numèric entre les parròquies. Així, podem plantejar la hipòtesi que les eventuais restriccions de circulació no s'haurien proposat a les fronteres de l'actual Estat andorrà, sinó als límits de cada parròquia de manera individual.

De fet, aquesta configuració hauria estat sens dubte la més idònia per reduir els efectes de l'epidèmia de la pesta sobre les Valls, ja que tan sols hauria afectat la o les parròquies amb més contactes amb els focus. Una bona política de

restricció dels contactes hauria permès a les altres parròquies estalviar-se la transmissió de la malaltia o, si més no, circumscriure-la a unes poques cases afectades, cosa que hauria ajudat a mantenir el funcionament de la societat i de l'economia del moment mentre la crisi passava a la resta dels territoris que ens envolten. Si aquesta hipòtesi es pogués verificar, el resultat final d'aquesta configuració hauria representat una disminució global de l'afectació de la pandèmia de la pesta sobre el conjunt de la població de les Valls.

Naturalment, fins que no apareguin noves evidències documentals o arqueològiques, ens haurem de resignar a no conèixer el detall de l'evolució de la pesta negra del 1348 entre la nostra població. Ara bé, tot indica que les característiques d'una població segmentada com la nostra hauria ajudat a reduir-ne els efectes, sobretot en comparació amb zones urbanes més denses i amb més contactes exteriors com seria la Seu d'Urgell o els altres centres de fires i mercats del Pirineu.

Referències

- BATLLE, C.: *Fires i mercats: factors de dinamisme econòmic i centres de sociabilitat (segles XI a XV)*. Rafel Dalmau, 2004. ISBN 84-232-0674-2.
- BELTRÁN DE HEREDIA, J. i GIBRAT, I.: "El primer testimoni arqueològic de la pesta negra a Barcelona: la fossa comuna de la Basílica dels Sants Màrtirs Just i Pastor" a *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, 10. 2014. p. 164-179.
- BIRRELL, P. J., KETSETZIS, G., et al.: "Bayesian modeling to unmask and predict influenza A/H1N1pdm dynamics in London" a *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(45). 2011. p. 18238-18243.
- BUCHACA, D. M., i ROS, J. P.: "L'epidèmia de grip del 1918 al Principat d'Andorra" a *Gimbernat: Revista d'Història de la Medicina i de les Ciències de la Salut*, (30), 20. 1998.
- LONGINI, I. M., et al.: "Containing pandemic influenza at the source" a *Science*, 309(5737). 2005. p. 1083-1087.
- MANGILI, A., and GENDREAU, M. A.: "Transmission of infectious diseases during commercial air travel" a *The Lancet*, 365(9463). 2005. p. 989-996.
- PEREZ, P., DRAY, A., CHELAND, D., & ARIAZ-GONZALEZ, J. E.: "An agent-based model to address coastal management issues in the Yucatan Peninsula, Mexico" a *In proceedings of 18th World IMACS / MODSIM Congress*. Cairns, Australia 13-17 July 2009.
- SPYROU, M.A., et al.: "Historical Y. pestis Genomes Reveal the European Black Death as the Source of Ancient and Modern Plague Pandemics" a *Cell Host & Microbe*, 19, 6. 2016. p. 874-881. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2016.05.012>
- STRICKLAND, C.: "The biology of *Ceratophyllus fasciatus* Bosc., the common rat-flea of Great Britain" a *Epidemiology & Infection*, 14(2). 1914. p. 130-142.
- WARD, A.: "Andorra i la grip de 1918" a *Papers de Recerca Històrica*, 8. Societat Andorrana de Ciències. 2016. p. 99-105. DOI: 10.2436/20.8060.03.76