
La teoria dels conjunts borrosos: una aplicació en el camp de les ciències socials¹

Amado Alarcón
Francesc Gibert
Kàtia Lurbe
Teodor Mellén

Resum: L'objectiu d'aquest article és presentar la teoria matemàtica dels conjunts borrosos com a eina de tractament de dades en el camp de les ciències socials. En primer lloc, exposem una reflexió entorn d'algunes de les qüestions metodològiques que ens preocupen respecte al procés de la investigació científica. En concret, aital preocupació metodològica gira entorn dels temes d'incertesa, veritat, validesa i informació, temes que ens porten a proposar la pertinència de la teoria dels conjunts borrosos a mode de mètode per al tractament de la incertesa en les ciències socials. En segon lloc, exposem una breu descripció de la teoria dels conjunts borrosos, en la qual indiquem llurs elements més fonamentals. Seguidament, oferim un exemple d'aplicació d'aquesta teoria matemàtica utilitzant les dades extretes d'una enquesta realitzada als membres del Parlament de Catalunya sobre la Llei 1/1998 de política lingüística (7 de gener de 1998).

1. El contingut d'aquest article s'emmarca en una investigació més àmplia: «Integració lingüística i socio-cultural de la immigració a Catalunya», dirigida per Carlota Solé amb la col·laboració d'Amado Alarcón i finançada per l'Institut d'Estudis Catalans.

Resumen: El objetivo de este artículo es presentar la teoría matemática de los conjuntos borrosos como instrumento para el tratamiento de datos en el campo de las ciencias sociales. En primer lugar, exponemos una reflexión en torno a ciertas cuestiones metodológicas que nos preocupan respecto al proceso de la investigación científica. En concreto, tal preocupación gira en torno a los temas de incertidumbre, verdad, validez e información, temas que nos llevan a plantear la pertinencia de la teoría de los conjuntos borrosos como método para el tratamiento de la incertidumbre en las ciencias sociales. En segundo lugar, exponemos una breve descripción de la teoría de los conjuntos borrosos donde indicamos sus elementos más fundamentales. A continuación, ofrecemos un ejemplo de aplicación de esta teoría matemática utilizando los datos extraídos de una encuesta realizada a los miembros del Parlament de Catalunya sobre la Ley 1/1998 de política lingüística (7 de enero de 1998).

Abstract: *The aim of this essay is to present the mathematical theory of fuzzy sets as an instrument for the data treatment in the field of social sciences. First, we will expound on some of the methodological questions that interest us concerning the process of scientific research. Specifically, we will focus on such methodological questions relating to uncertainty, truth, validity and information. These topics will lead us to propose the relevance of the theory of fuzzy sets as a method for the treatment of uncertainty in the field of social sciences. Secondly, we will expound a brief description of the theory of fuzzy sets, explaining some of its most fundamental elements. Following this, we will show a sample application of the mathematical theory of fuzzy sets using as its basis the data extracted from a questionnaire on Linguistic Politics given to the members of the Parlament de Catalunya (Llei 1/1998; 7th of January 1998).*

Introducció

L'article pretén argumentar la possible fertilitat de la teoria matemàtica dels conjunts borrosos (TCB) com a instrument per a l'anàlisi de dades en l'àmbit de les ciències socials. Amb la voluntat d'argumentar-ho de manera acurada i sense ànim d'ésser un inventari de les diferents concepcions i possibles virtuts de la TCB en el nostre camp de coneixement, tenim en compte al llarg de l'article les dades d'una enquesta i el mateix exercici de problematitzar teòricament la situació d'observació en els quals aquestes dades s'emmarquen, les quals donen compte de les valoracions d'uns actors sobre alguns aspectes de la dinàmica i les característiques d'un fenomen social en el qual foren els principals protagonistes: els partits polítics del Parla-

ment de Catalunya en l'actual legislatura (1995-1999) i els punts de la Llei 1/1998, de 7 de gener, de política lingüística (LPL), que van ser acordats en matèria de potenciació de la llengua catalana en el món socioeconòmic.

Aquesta fertilitat de la TCB hauria de quedar patent de bon principi en la seva potencialitat per descriure un conjunt d'esdeveniments que presenten problemes afegits en l'intent d'identificar els seus patrons de regularitat a raó de la seva incertesa i vaguetat. I en un segon moment, la seva pertinència hauria de quedar també reflectida en aportar pistes entorn dels elements substantius, dels desitjos, creences i accions dels partits polítics que permeten, dient-ho amb la terminologia dels racionalistes metodològics (Van Parijs, 1990; Stinchcombe, 1991; Elster, 1998), advocar a favor d'una hipòtesi teòrica —o validar-la— que implica un o uns determinats mecanismes d'intel·ligibilitat causal entorn dels esdeveniments observats.

Amb aquests objectius i elements en joc, es planteja la idoneïtat de la TCB tot contextualitzant-la en el marc del problema d'investigació en què s'emmarcaven les dades de l'enquesta i assenyalant les qüestions metodològiques essencials en joc. Una vegada fet això, exposem els trets clau de la TCB que possibiliten la descripció d'aquests elements empírics que presenten un caràcter vague i incert. L'article finalitza amb un exercici concret d'aplicació de la TCB: l'anàlisi de les dades que reflecteixen les valoracions dels diputats i les diputades del Parlament de Catalunya entorn dels punts esmentats de la LPL. En aquest últim exercici, i atenint-nos a la voluntat exemplificadora de l'article, caldria materialitzar els dos trets apuntats a dalt mitjançant un instrument d'anàlisi de dades que es caracteritzi per una certa potencialitat.

1. La teoria dels conjunts borrosos: elements metodològics clau per encarar-nos amb la incertesa en la investigació científica

Igual que altres teoritzacions formals entorn del raonament humà, la TCB presenta un cos comú de tesis no exempt de distintes lectures que el matisen i se li atribueix un seguit de virtuts que permetrien millorar el nostre coneixement en els diferents camps de la ciència. No és aquest el lloc oportú per efectuar un repàs d'aquestes lectures, tasca que sobrepassa un mer intent de justificació d'aquesta teoria com a instrument per al tractament de les dades en ciències socials i que, en conseqüència, se centra en aquella dimensió del coneixement científic que més s'allunya dels postulats de la lògica clàssica: la descripció. En aquest sentit, el nostre objectiu és

presentar aquells punts clau que caracteritzen la teoria, els quals, tot i emmarcar-se en la preocupació per la incertesa dels fenòmens objecte d'estudi, fan referència d'una manera directa als problemes descriptius de tota investigació.

Tradicionalment, el coneixement científic s'ha basat en els postulats clàssics de racionalitat, caracteritzats per l'eliminació de la vaguetat o la imprecisió conceptual emprada. Partint d'aquests postulats, calen conceptes «clars i distints» en oposició als imprecisos. En termes de M. Bunge (1985, p. 15), l'incompliment de tal requisit impedeix assolir una racionalitat metodològica: «Una proposició *P* podrà ser objecte de dubte només si és lògicament possible que *P* sigui incompatible amb no *P* [...]. Anàlogament, la demostració i la refutació impliquen alguna mena de sistema de lògica formal [...]. En efecte, donar raons autèntiques a favor o en contra d'una hipòtesi *h* equival a produir un conjunt de proposicions que impliquen *h* o que se segueixen de *h*. [...] així, la coherència és el nucli de la racionalitat lògica, la implicació ho és de la racionalitat metodològica.»

La construcció de classificacions com a ordenadores de les distintes conceptualitzacions dels fenòmens socials complexos motiu d'estudi parteix d'una sèrie de supòsits molt pertinents per a la present reflexió metodològica. En primer lloc, l'acte de classificar postula un món conformat d'entitats consistents i distintives. En segon lloc, implica que cadascuna d'aquestes entitats té un grup d'entitats similars o adjacents a les quals pertany i amb les quals —en conjunt— s'oposa a altres entitats. Per tant, classificar significa relacionar *patterns* diferencials d'acció amb diferents classes d'entitats; és a dir, l'evocació d'un específic patró de conducta es converteix en el criteri de definició de classe. En paraules de Z. Baumann (1996, p. 74), classificar és dotar el món d'una estructura, manifestar les seves probabilitats, fer alguns successos més versemblants que d'altres, comportar-se com si els successos fossin casuals o limitar o eliminar l'arbitrarietat dels esdeveniments.

Com en totes les activitats classificadores en el treball científic, s'han de seguir tres principis fonamentals: a) cap taxa de la classificació pot estar buida, b) la taxonomia ha de ser exhaustiva (cap de les unitats d'un tàxon no ha de quedar fora de la classificació) i c) la taxonomia ha de ser excloent (les unitats d'un tàxon no poden pertànyer a més d'un tàxon). Aquest mode d'operar suposa la cerca de «classes naturals» on inscriure els elements del discurs. En aquest sentit introduïm ja un dels problemes que donen peu a la preocupació metodològica sobre la qual versa aquest article. Si hom parteix d'un concepte de causalitat més o menys ortodoxament humeà, arribarà a dubtar que en les ciències socials pugui identificar-se «classes natu-

rals» i, per tant, hi concebrà formulació de «lleis causals» com a fita inassolible.

Això no obstant, des de la perspectiva en què se situen autors com Van Fraassen (1980) o N. R. Giere (1988, 1991), els models constitueixen entitats abstractes que representen formalment una realitat social objecte d'investigació. Tenint en compte les aportacions, aitals models *per se* no són ni falsos ni vertaders respecte a la realitat que representen. La relació entre model i realitat s'estableix en qualitat de similitud o d'homologia, variable segons els graus de similitud. Per una banda, la vinculació entre model i objecte d'estudi s'expressa mitjançant les hipòtesis i, per l'altra, la validació d'aitals hipòtesis expressa les relacions d'homologia o no entre model i realitat (López, 1996, p. 14).

Pel que respecta a la investigació que ens ocupa, la preocupació metodològica esdevé transcendental per les necessitats d'interpretació de l'objecte d'estudi. Com veurem més endavant, ni les mesures de la classe de referència —el conjunt de l'agenda lingüística (AL) subjecta a debat parlamentari— ni s'aproven ni es rebutgen, ni els partits polítics s'hi troben d'acord o en desacord.

Una de les classificacions emprades de manera més habitual per alguns sociolingüistes respecte a polítiques lingüístiques en relació amb l'activitat de les empreses es basaria en les categories de «restitució» (aquelles polítiques o continguts de la llei que afectin empreses públiques), «promoció» (aquelles polítiques sense costos per a l'empresa privada per fomentar l'ús del català entre la ciutadania) i «protecció» (aquelles polítiques amb costos econòmics per a l'empresa per garantir l'ús del català a la ciutadania). Val a dir que moltes de les polítiques lingüístiques aprovades per un govern determinat són difícilment classificables dintre d'aquestes diferents categories en tant que poden ser classificades en dues categories simultàniament. Una política determinada pot cabre segons certs graus de pertinença en diferents categories. Tot i així, les categories abans esmentades ordenen la informació i ens permeten el raonament abstracte sobre la realitat o l'univers de discurs. És en aquest sentit que proposem no eludir el problema de la situació d'ambivalència i d'incertesa a la qual tota investigació científica es veu immersa en el mateix moment de la construcció de models de classificació a fi de dur a terme la contrastació empírica de les hipòtesis formulades. El que manifestem és la importància d'aprofundir la construcció de mètodes de tractament de la incertesa en la investigació social en tant que les dades amb les quals treballem no són sinó apreciacions amb una alta càrrega de subjectivitat i vaguetat.

La qüestió de la veritat en la producció de coneixement

Seguint Trillas, Alsina i Terricabras (1995, p. 29-32), es dona una diversitat de concepcions sobre criteris de veritat, això és, teoria de la correspondència, teoria de la redundància, teoria de la semàntica, teoria de la coherència i teoria pragmàtica. La teoria de la correspondència basa la definició de la veritat en la relació de coincidència entre una proposició i el fet que denota. Una proposició és una descripció d'un «estat possible de coses»; que sigui veritable vol dir que l'estat de coses és «actual» o existeix en el «món real», representa un fet. La teoria de la redundància resol el problema de la veritat simplement dissolent-la, assumint així que «*p* és vertader» equival a *p*. Expressions com «és vertader que» o «és veritat que» són redundants i, per tant, supèrflues. La teoria semàntica es basa en la distinció entre llenguatge objecte i metallenguatge per afirmar que només en el metallenguatge és on es predica la veritat de qualsevol proposició del llenguatge - objecte. La definició semàntica de veritat expressa, doncs, una correspondència amb el bicondicional següent: «*p* és veritat si i només si *p*», en el qual *p* és el nom que assignem en el metallenguatge a la corresponent proposició del llenguatge/objecte. La teoria de la coherència assumeix que una proposició és vertadera o falsa segons sigui o no compatible amb un sistema donat de proposicions. Finalment, la teoria pragmàtica afirma que les idees es transformen en vertaderes en la mesura que ens ajuden a assolir relacions satisfactòries amb altres parts de la nostra experiència. En relació a aquest debat respecte als criteris de veritat, constatem que en tant que una teoria no copsa la realitat en si, cal acceptar que la veritat d'una teoria admet gradacions. En aquest sentit, trobem més adequat referir-nos-hi en termes de graus d'adequació entre una proposició i el fet que denota.

Aquestes reflexions entorn de les concepcions de veritat ens posen en alerta sobre dos principals problemes que afecten el procés d'investigació. D'una banda, pel que fa a l'elaboració dels enunciats que conformen l'enquesta amb la qual pretenem contrastar les nostres hipòtesis de treball, ens preocupa l'assoliment d'un grau metodològicament acceptable d'adequació d'un enunciat *p* per al coneixement que pretenem assolir. En relació amb aquesta primera preocupació metodològica, una segona dificultat és que certes respostes es corresponguin amb dues categories simultàniament. Això respondria en bona part a la comprensió subjectiva de cadascuna de les persones enquestades sobre els predicats lingüístics que componen l'enquesta. Seguint aquesta mateixa lògica, el fet que els parlamentaris i les parlamentàries, tot i pertànyer al mateix partit, se situïn en posicions di-

ferents quant als enunciats de l'enquesta ens porta de nou al tema de la pluralitat de concepcions de la noció de veritat.

Els criteris de validesa de les proposicions

L'elaboració d'un coneixement vàlid a través de la recerca empírica basada en l'extracció de la informació a partir de predicats lingüístics implica plantejar-nos els criteris de validesa de les proposicions amb les quals treballem. Segons la lògica clàssica, un argument és vàlid si la seva conclusió es dedueix necessàriament de les seves premisses. D'aquesta definició n'extrauríem tres condicions a ser complides per la construcció de proposicions vàlides. Primerament, els conceptes que constitueixen les proposicions han de denotar una realitat possible. Seguidament, aquests conceptes han de correspondre a conceptes clars i distints; això és, exempts de foscor (termes que escapen a la nostra imaginació) o de vaguetat (indeterminació o indefinició). Finalment, la proposició no ha de ser contradictòria, és a dir, ha de ser lògicament possible i susceptible de representar un fet en concret.

Seguint aquests criteris de validesa que provenen de la lògica clàssica, ens trobem que els enunciats amb els quals treballem presenten certes dificultats metodològiques, ja que ens encarem amb el fenomen de la vaguetat, de la imprecisió. Expressions pròpies del llenguatge quotidià tals com «un poc», «bastant», «molt», «quasi», «un poc menys que» posen en relleu el caràcter relacional de la veritat —no pas relatiu—, així com la necessitat de treballar amb la incertesa que impregnen conceptes que no es caracteritzen per la seva claredat ni la seva distinció, sinó per definir-se en termes graduals.

Tradicionalment, la noció de precisió ha anat acompanyada per les d'objectivitat i puresa del coneixement. D'aquesta manera, la filosofia i la ciència s'han centrat en la investigació d'allò fix, permanent, no canviable, necessari i recurrent. Qualsevol altre coneixement més pràctic, més relacionat amb el canvi, amb la història, amb la irregularitat i amb la vida quotidiana ha estat considerat com un coneixement menys perfecte, més com a art o tècnica que com a ciència pròpiament dita (Trillas, Alsina i Terricabras, 1995, p. 35-36).

La informació

Una última reflexió entorn de les dificultats metodològiques de la present *investigació* consistiria en el problema de la informació. La pràctica científica es caracteritza per ser un fenomen històric i evolutiu, fruit de l'acció humana, que té com a vocació reduir la nostra

ignorància; dit d'una altra manera, augmentar la nostra informació sobre la realitat. En el cas de la investigació sobre els mecanismes d'aprovació de la llei de política lingüística ens preocupa fins a quin punt la informació extreta a través dels qüestionaris contestats pels parlamentaris i les parlamentàries és suficient per contrastar les nostres hipòtesis.

Producte d'aquestes reflexions metodològiques sobre la recerca que presentem, però també sobre la mateixa producció científica en un nivell general, ens mostràrem partidaris d'una interpretació gradual del coneixement científic, el qual sosté l'existència de graus entre el desconeixement absolut i el coneixement ple. Des d'aquesta perspectiva s'acceptaria el coneixement imperfecte com a modalitat efectiva de coneixement (Ramírez, 1995, p. 62-64). Es tractaria en definitiva no de posar en crisi l'estatut de «científic» de la producció pròpia del camp de la ciència, sinó de treballar amb una de les característiques més comunes del nostre llenguatge i raonament ordinari, la vaguetat o la incertesa. A través de la present investigació hem trobat interessant alhora que adient la distinció de les causes de la incertesa present en tota producció científica, a fi d'arbitrar els instruments lògics i eidomètrics apropiats per a un tractament diferenciat de la magnitud de l'incert. Referent a això, el següent quadre elaborat per D. Ramírez ens ha semblat bastant útil.

Figura 1. Quadre mapa de la incertesa

EVIDÈNCIA	Context probable	Insuficiència de dades Atzar Aleatorietat Caos
VERITAT	Context vague (<i>p</i> no adequada) ----- Context aproximat (<i>p</i> falsa)	Foscor Confusió o vaguetat ----- Transigència amb la falsedat
INFORMACIÓ	Context inexacte	Inexactitud per difusió REO>RP ² ----- Inexactitud per reducció REO<RP

Font: Dídac Ramírez, manuscrit 14.4.98.

2. REO i RP signifiquen, respectivament, *realitat efectivament obtinguda* i *realitat pretesa*.

En relació amb el que hem dit anteriorment, ens preocupa trobar un instrument que ens proporcioni un marc de càlcul adequat per a la representació del coneixement i per a l'obtenció d'inferències en un entorn d'incertesa i imprecisió com és el de tractar dades de respostes a enunciats lingüístics, ambdós impregnats de vaguetat. A més a més, era del nostre interès fer ús d'una eina heurística que incentivés actituds que creiem bàsiques per a la producció científica, tals com la sensibilitat en analitzar casos i detectar problemes, el rigor per precisar l'argumentació, la creativitat a fi d'elaborar noves teories i models. És en aquest sentit que la teoria matemàtica dels subconjunts borrosos s'ajusta en gran mesura a les necessitats de la nostra investigació: descriure de millor manera les dades, mitjançant la classificació i la comparació acurada d'aquestes, que ens serveixen per donar compte del posicionament dels partits polítics davant els punts acordats sobre l'àmbit socioeconòmic de la LPL i, en última instància, poder advertir les pistes que apunten a les raons de les coalicions realitzades. I és basant-nos en aquests pressupòsits que no neguem la pertinència del raonament logicoclàssic, sobretot a l'hora de preguntar-nos per l'exercici deductiu que també suposa l'activitat científica.

Així com tota descripció d'un fenomen social, la utilització d'una eina de tractament de dades com és ara la de conjunts borrosos remet en primera instància a un objectiu d'anàlisi, a una determinada construcció teòrica de la situació d'observació i, d'una manera habitual, a un aspecte específic d'aquesta situació empírica a la qual ens dirigim. En el cas que aquí ens ocupa, i d'acord amb l'objectiu d'exemplificar la utilització de la TCB, el fet de recórrer a l'instrument esmentat s'até a l'objectiu de donar compte dels distints esdeveniments amb els quals hauríem d'argumentar una resposta que expliqués per què s'havien produït unes determinades coalicions entre els diferents partits polítics del Parlament de Catalunya que suposaren l'establiment d'uns dels punts legislatius negociats en el procés d'elaboració de la LPL referits a l'àmbit socioeconòmic.

Amb aquest objectiu com a finalitat última, vàrem fer nostre un dels pressupòsits teòrics clau de les teories de coalicions en ciència política positiva, segons el qual les coalicions entre diferents partits per acordar uns determinats elements d'una legislació remetien al tipus de distanciament inicial entre els diferents partits polítics entorn dels punts en qüestió. D'acord amb això, considerem pertinent dirigir-nos a captar les actituds dels diferents diputats del Parlament mitjançant una enquesta, realitzant les preguntes seguint les escales de Likert, cosa que ens permetia obtenir una resposta més acurada en la valoració dels punts de la llei. Aquests elements tèc-

tics haurien de fonamentar la tasca següent: classificar amb criteris comparatius concrets les diferents valoracions dels diputats entorn de quina és la posició del seu partit i dels altres davant dels diferents punts negociats, condició necessària per veure la seva posició en termes de proximitat/distància entre els diferents partits polítics passant de les dades individuals a les generalitzacions inevitables.

La idoneïtat de l'esmentada tècnica sembla del tot clara, considerant el seu tret comú de dirigir-se a individus, i també ho són les preguntes seguint el patró de les escales de Likhert. Però el que no semblava tan clar és com realitzà la posterior classificació i comparació de les dites actituds d'acord amb els diferents punts de la llei. En concret, les formes comunes per classificar i comparar presentaven problemes que calia replantejar-se. Amb aquesta consideració inicial, sembla adequat tenir en compte la idoneïtat de la lògica borrosa com a tècnica pertinent per fer-ho, amb les consegüents reflexions metodològiques prèvies d'un àmbit superior a la mateixa classificació: aquelles referides a la incertesa en la investigació científica que, com hem vist, impliquen plantejar-nos les nocions de veritat en la producció de coneixement, la validesa de les proposicions i la informació.

2. La teoria de subconjunts borrosos³

Lofti A. Zadeh inicià la teoria *fuzzy* (borrosa) l'any 1965 a partir de la teoria de conjunts de G. Cantor.⁴ Amb aquesta teoria basada en la lògica borrosa, Zadeh contribuï fonamentalment a la representació lògica del coneixement i del raonament humà, que sempre resulten, indefugiblement, imprecisos o aproximats. A diferència de la lògica clàssica, en la lògica borrosa el raonament precís és només un cas límit del raonament aproximat; tot hi és qüestió de grau. D'ací es desprèn

3. No pretenem aquí fer una exposició detallada de la teoria de subconjunts borrosos ni de les seves aplicacions, sinó només donar compte d'alguns elements essencials que ens seran d'ajut per interpretar el nostre objecte d'estudi. Potser una de les millors i més àmplies obres sobre la teoria de sub(conjunts) borrosos és la realitzada per G. J. KLIR i BO YUAN, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Nova Jersey, Prentice Hall, 1995.

4. A partir de les aportacions de Georg Cantor (1845-1918) la matemàtica ja no es refereix únicament a un fet concret, sinó a un conjunt de fets. A més a més, ja no treballa només amb igualtats, sinó també amb desigualtats; llurs resultats ja no es mesuren exclusivament per la seva certesa, sinó també pel seu grau de probabilitat. Al cap d'un temps, la idea de precisió és substituïda per la d'aproximació, la qual és noció clau de les matemàtiques modernes. (TRILLAS, ALSINA I TERRICABRAS, 1992, p. 38).

la idea ja no estàtica i abstracta del «vertader» o «fals», sinó relacional, de «graus de veritat».

El concepte de subconjunts borrosos s'origina com a intent de superar la rigidesa de la teoria clàssica de conjunts per agrupar proposicions que, per la natura d'allò que representen, no presenten un canvi brusca en anteposar la negació «no» i, per tant, en certa manera neguen el principi de la lògica clàssica de la no-contradició. Des de la teoria dels subconjunts borrosos es pretén treballar matemàticament amb classes de pertinença on almenys la qüestió de «si» o «no» és una qüestió de grau. Seguint Trillas (1992), aquests conjunts sorgeixen en el coneixement comú en classificar objectes d'un univers conegut que responen a una determinada propietat de manera que no sols la verifiquen o no la verifiquen, sinó que també la verifiquen de manera parcial en molts casos; propietats que es prediquen dels subjectes en qüestió en cert grau.⁵ Per tant, la pertinença d'un objecte a un subconjunt no és radical, sinó que és qüestió de grau. El grau de pertinença d'un objecte a un conjunt es representa per mitjà d'un nombre real entre 0 i 1, on 0 representa la no-pertinença i 1 la pertinença completa. En el nostre objecte d'estudi, per tant, una proposició de l'AL (Agenda Lingüística) no s'aprova o es refusa, sinó que es materialitza en cert grau o pertany fins a cert punt a la categoria de promoció, alhora que també pot pertànyer a restitució o protecció alhora i en diferents graus. De la mateixa manera, la postura d'un partit polític davant l'AL pot contenir un cert grau d'ambigüitat, de manera que el seu posicionament sigui favorable o desfavorable; pot estar alhora a favor i en contra d'un determinat contingut de l'AL. Els elements essencials d'aquesta teoria matemàtica són els que esmentem a continuació.

Predicats vagues

La teoria de subconjunts borrosos té com a eina principal de treball els predicats vagues. S'entén com a predicat vague un predicat P (el nom d'una propietat dels objectes) que, en aplicar-lo a una

5. D'altra banda, molt genèricament, «si la lògica és la ciència dels principis formals i normatius del raonament, la lògica borrosa es refereix als principis formals del raonament aproximat amb el raonament precís considerat com a cas límit [...]. De fet, el raonament ordinari es realitza per mitjà de raonaments «dèbils», per oposició als «forts» de les matemàtiques [...]. L'aspecte central dels sistemes de la lògica borrosa és que, a diferència dels de la lògica clàssica, tenen la capacitat de modelar modes de raonament no precis, que fan un paper essencial en la notable habilitat humana per prendre decisions racionals en entorns d'incertesa i imprecisió.» (Trillas, 1992).

col·lecció U d'objectes (l'univers del discurs), aquesta no queda classificada en només dues subclasses.

Els predicats que es classifiquen en dos subconjunts complementaris a U són els predicats clàssics; per exemple, si U és el conjunt de partits polítics presents al Parlament i P és el predicat *partits que van votar favorablement a la llei 1/1998*, és clar que U queda partit en dos subconjunts $\{1,0\}$.

$P1 = \{u \in U; \text{«vot favorable»}\}$

$P0 = \{u \in U; \text{«no vot favorable»}\}$

Quan parlem d'un fenomen més complex com ara el de si una llei afecta els costos econòmics de les empreses, ens trobem davant d'una allau d'indicadors que poden correspondre a una escala semàntica de raonament que no inclogui només les categories «cert» o «fals» (1 o 0), sinó també un ampli ventall de situacions.

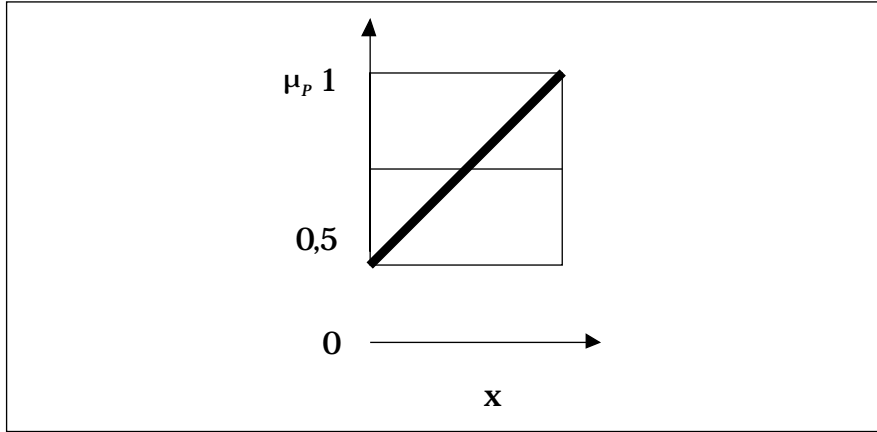
Així, si $U = [0,1]$ i el predicat és $P1 = \text{Partits satisfets amb el resultat de la LPC}$, $P2 = \text{Acord amb el contingut } x \text{ de la LPL}$ o $P3 = \text{Incidència en els costos per a les empreses dels continguts de la llei 1/1998}$, no és possible una classificació del partit o de l'AL en només dues subclasses. Les categories que puguem establir per classificar continguts de la llei o els partits difícilment poden constituir classes naturals en les quals encabir els continguts de l'AL o els partits polítics. En efecte, sempre resten elements de U per classificar.

Així doncs, P permet parlar de pertinença d'un partit polític a una proposició de llei o d'una incidència econòmica d'una llei sobre l'empresa com quelcom variable que es distribueix sobre tot $U = [0,1]$, mentre que la diferència entre vot favorable es distribueix entre $U = \{0, 1\}$.

Funció de pertinença

Aquesta distribució o pertinença respecte a un terme genèric pot ser interpretada de manera que donats P i $U = [0,1]$, sia $\mu_p \Rightarrow U [0,1]$, de manera que $\mu_p(x)$ representi el grau amb què x sigui compatible amb G . Sembla raonable que sigui $\mu_G(0) = 0$, $\mu_p(0,5) = \mu_p(1) = 1$; sense més informació podem suposar que μ_p varia linealment amb x : $\mu_p(x) = ax + \beta$, que en el nostre cas correspondria a una funció del tipus

Figura 2



on X representa una variable d'interval. Així doncs, com més gran és el grau de compliment del predicat P , més gran és el grau de pertinència.

Donat un predicat P sobre un univers U , es presenta, doncs, el problema de determinar la corresponent funció de distribució de $\mu_P \Rightarrow U [0, 1]$. Tal funció no és única i depèn del context, però hem de tenir en compte que els problemes que representen els predicats vagues són menys de precisió que de tipus qualitatiu; per això, en general, es tendeix a representar-los de la manera més lineal possible. Normalment, una representació trapezoïdal és suficient, ja que permet definir, com a màxim, amb quatre paràmetres la pertinència d'una col·lecció d'objectes, tal com s'observa a la figura 3.

Figura 3

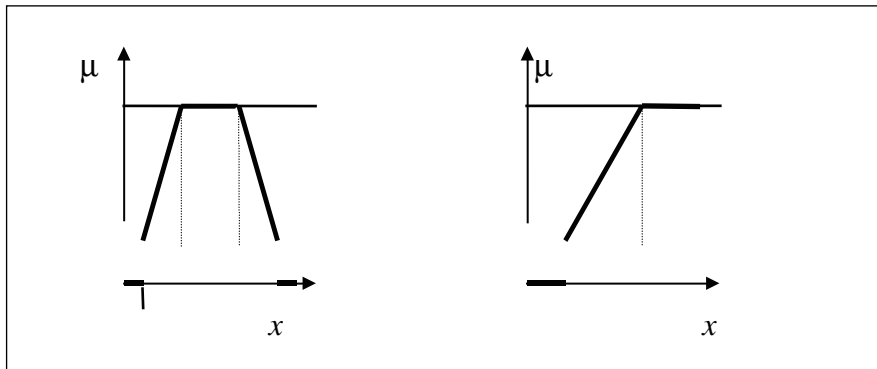
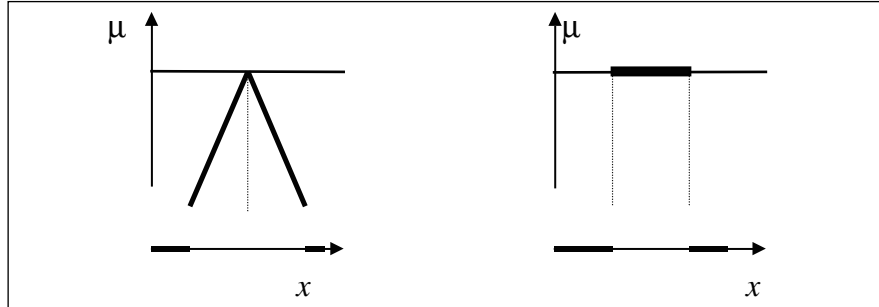
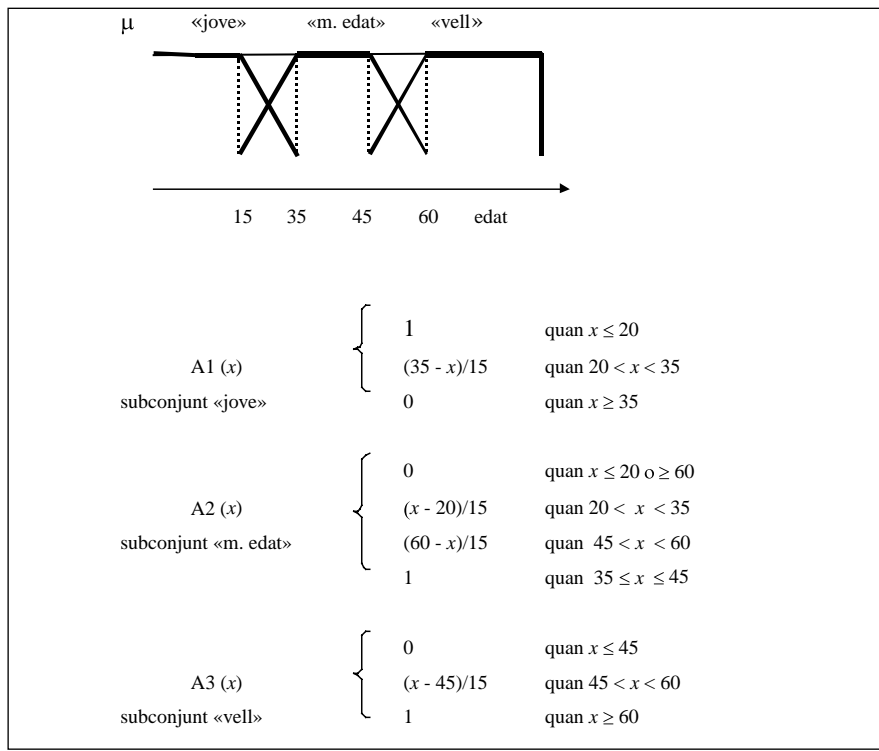


Figura 3 (Continuació)



L'exemple clàssic en la teoria seria el predicat o variable lingüística «jove», de tipus qualitatiu, que tindria una variable base, o quantitativa, en l'edat de l'individu. D'aquesta manera els individus complirien en més o menys grau la qualitat exposada pels predicats «jove», «mitjana edat» i «vell». Aquest exemple el trobem en la figura 4.

Figura 4



Des d'aquesta òptica, els individus no poden ser classificats en classes «naturals» segons la seva edat. Per contra, la classificació ens és útil per comprendre un determinat fenomen social i és emprada sovint en els estudis sociològics. L'operativitat d'aquests subconjunts la veurem més endavant aplicada al nostre objecte d'estudi.

En el cas de variables nominals sense una variable base quantitativa, sempre podem assignar un valor de veritat a la variable o construir un índex numèric que denoti aquesta propietat.

Quant al problema de determinar $\mu_p(x)$, considerem la hipòtesi de Zadeh, segons la qual per a cada terna $(U, P, \mu_p(x))$, essent P un predicat de característica numèrica, existeix un P (subconjunt borrós de nom o etiqueta lingüística P de U al qual els elements x de U pertanyen en grau $\mu_p(x)$). Es diu que $\mu_p : C(U) \Rightarrow [0, 1]$ és la funció de pertinença de P . És a dir, x compatible amb P en grau $r = \mu_p(x)$ serà el mateix que dir que x pertany amb grau r a P . S'escriu

$$[x_r \in P.]$$

Fent servir el referencial $AL = \{\text{Proposta 1, Proposta 2, Proposta 3... Proposta 17}\}$, podem observar la pertinença de cada partit polític al contingut d'aquestes propostes, de manera que, per exemple, si prenem per cas l'acord amb la PC, ens podem trobar davant d'una de les possibles escales semàntiques on al predicat P «acord amb el contingut x de l'AL» li correspon un grau de pertinença, per exemple:

Referencial	Proposta						
	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6	AL7
Subconjunt ordinari	1	0	1	1	0	0	0
Subconjunt borrós PP1	0,5	0,4	0,2	0,6	0,2	0,3	0,7
Subconjunt borrós PP2	0,5	0,4	0,3	0,6	0,9	0,2	0,7

on a la Proposta 1 (AL1) el partit polític 1 (PP1) pertanyeria en grau 0,5, igual que el partit polític 2 (PP2). En canvi, com veiem en el cas del subconjunt ordinari, un partit només podria pertànyer o no pertànyer a una determinada AL.

Intervals de confiança i nivell d'incertesa

De la mateixa manera, podem establir intervals de confiança que ens indiquin, sota la lògica humana i tenint en compte cert grau

d'incertesa respecte a la nostra afirmació, una valoració on $\mu_p \in [a1i, a2i] \subset [0,1]$, denominant els subconjunts derivats d'aquesta notació subconjunts Φ -borrosos. Així podríem establir una escala semàntica de representació de la pertinença, de manera que

$\mu_{p1}(x) = [0,0.1429]$ si el partit polític «està en desacord» amb un determinat contingut de la llei

$\mu_{p2}(x) = [0.1429,0.2857]$ si el partit polític «hi està quasi en desacord»

$\mu_{p3}(x) = [0.2857,0.4286]$ si el partit polític «hi està més d'acord que en desacord»

$\mu_{p4}(x) = [0.4286,0.5714]$ si el partit polític «no hi està ni d'acord ni en desacord»

$\mu_{p5}(x) = [0.5714,0.7143]$ si el partit polític «hi està més d'acord que en desacord»

$\mu_{p6}(x) = [0.7143,0.8575]$ si el partit polític «hi està quasi d'acord»

$\mu_{p7}(x) = [0.8575,1]$ si el partit polític «hi està d'acord»

Alfatalls i nivell de presumpció

Un dels conceptes més importants de la teoria és el concepte d'alfatall. Donat un subconjunt borros, per cada $P \alpha \in [0,1]$ el subconjunt clàssic $P_\alpha = \{x \in U; \mu_p \geq \alpha\}$ es diu nivell de nitidesa o presumpció de P. El nivell 0 $P_0 = \{x \in U; \mu_p \geq 0\} = U$. És a dir, en el nivell alfatall 0 estem admetent que tots els individus (o tot l'univers de discurs) pertanyen a P (la proposició en qüestió). Tots els individus per sobre de l'alfatall pertanyen a P, és a dir, $\mu_p(x) = 1$, mentre que tots els individus que estan per sota de l'alfatall no pertanyen en absolut a P $\mu_p(x) = 0$. Tenim, doncs, amb l'alfatall un vincle entre la teoria de subconjunts borrosos i els conjunts clàssics. Per exemple, podem afirmar que els partits polítics estan d'acord amb un determinat contingut de l'AL a partir d'un determinat grau de pertinença.

Operacions bàsiques

Les operacions bàsiques amb subconjunts borrosos són les següents:

Negació: $\neg A(x) = 1 - A(x)$

Conjunció: $(A \cap B)(x) = \min[A(x), B(x)]$

Disjunció: $(A \cup B)(x) = \max[A(x), B(x)]$ ⁶

6. Les propietats de les operacions poden trobar-se a Klir i Bo Yuan (1995).

D'altres que farem servir a l'hora de relacionar subconjunts:

a) Distància (de Hamming):

$$\delta(A, B) = \sum |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|$$

que normalitzada hauríem de dividir per n (nombre d'elements del referencial). Per exemple, per al cas d'un interval de confiança:

$$a_1, a_2, b_1, b_2 \in [0, 1]$$

$$\delta([a_1, a_2], [b_1, b_2]) = \frac{1}{2} d([a_1, a_2], [b_1, b_2]) = \frac{1}{2} (|a_1 - b_1| + |a_2 - b_2|)$$

b) Coincidència de subconjunts (en quina mesura pertany el subconjunt A al subconjunt B)

$$S(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\text{card. A}}$$

Podem dir que tant la coincidència com les distàncies entre subconjunts ens ajuden a modelar relacions borroses: donats dos conjunts X i Y , una relació borrosa es defineix com un subconjunt borros de producte cartesià; és a dir, com una funció que assigna a cada parell format per un element X i un element Y un grau de relació que existeix entre tots dos.

Algunes àrees d'aplicació

La teoria dels conjunts borrosos s'ha aplicat especialment en el tractament d'informació en aquells contextos d'incertesa o vaguetat, on la informació obtinguda en el procés de recollida de dades ha resultat ser incompleta, imprecisa, fragmentària o deficient (Klir i Bo Yuan, 1995, p. 245). La teoria dels conjunts borrosos, per tant, ha estat emprada per molt diverses disciplines científiques que han optat per models aproximatius (*approximate reasoning*) en els seus processos de tractament d'informació.

La utilització de la teoria dels conjunts borrosos no només és portada a terme per part d'aquelles disciplines com la física, l'enginyeria o la matemàtica, sinó que també el seu ús s'ha estès a altres ciències com ara la lingüística, l'economia, la sociologia, la ciència política o la psicologia, que han utilitzat de manera molt desigual el potencial d'aquesta teoria com a instrument analític (Mansur, 1995, p. 1).

De manera genèrica direm que les aplicacions de la teoria dels conjunts borrosos es concentren en: a) aplicacions matemàtiques, que són generalitzacions de la matemàtica tradicional (topologia, teo-

ria de grafs, àlgebra, lògica, etc.); b) aplicacions algorítmiques (mètodes de *clustering*, control algorítmic, regressió borrosa, programació matemàtica, etc.); c) aplicacions a models estandarditzats, i d) aplicacions relacionades amb el món real, de diferent tipus (medicina, economia, teoria de l'elecció racional, interacció interpersonal en context d'incertesa, presa de decisió, etc.) (Zimmerman, 1991).

3. Aplicació de la teoria de conjunts borrosos: un exemple sobre la formació de coalicions

L'objectiu d'aquest apartat és procedir al tractament de les dades resultants d'una de les preguntes de l'enquesta realitzada mitjançant la teoria dels conjunts borrosos: aquella dirigida a preguntar sobre el posicionament del mateix partit del diputat i la seva valoració sobre la posició dels altres partits en el tema de les sancions en el món socioeconòmic resultants de la LPL. La finalitat última de l'aplicació és deixar patent la pertinència de la TCB en termes de validació o de possible qüestionament d'algunes de les tesis de la teoria de coalicions, en aquest cas aplicades a la negociació dels punts específics d'una llei.⁷

D'acord amb les tesis clau de la teoria de les coalicions aquí utilitzada en termes interpretatius, que fonamenta la consideració esmentada en el primer punt de l'article segons la qual cal considerar principalment les actituds dels partits i els punts de la llei en joc per entendre l'acord final, defensem aquí d'una manera específica que el

7. Hi ha dues escoles de pensament principals entre aquells que apliquen aquesta teoria des dels principis de la teoria de jocs. Aquesta pot ser designada com a «teoria de la dimensió» i «teoria de les polítiques» (Holler, 1984). D'altra banda, consideracions complementàries a aquestes teories hauran de ser tingudes en compte en l'aplicació al cas de la Llei de Política Lingüística tal com s'expressarà en aquest mateix apartat. Quant a la teoria de la dimensió, aquesta s'origina amb l'obra de Von Neumann/Morgenstern —1947, *coalicions guanyadores mínimes*, modificada posteriorment per Riker (1962) i Gamson (1962) en el «principi de la dimensió», on l'objectiu dels partits és més concretament la minimització del nombre de partits o parlamentaris de les coalicions (Riker, 1996)—. Els teòrics de la dimensió interpreten que els partits prefereixen coalicions «tan petites com sigui possible». Aquesta racionalitat seria conseqüència del fet que la coalició de governs hauria estat elegida amb l'objectiu de controlar una suma fixa de beneficis a repartir entre el menor nombre possible de membres (de la coalició). Quant a la teoria de les polítiques des de posicionaments com els de Leiserson (1966) o de De Swaan (1973), s'argüeix que els beneficis de les coalicions procedeixen de les polítiques que aquestes puguin reportar als membres de la coalició. En la mesura que les polítiques públiques són béns col·lectius, els beneficis d'aquests per als membres de la coalició són independents

procés de negociació de la «nova llei del català» es guia per la voluntat dels diferents partits d'aconseguir la política més favorable a les seves posicions respecte al tema de negociació; és a dir, de cercar aquella coalició que produirà el resultat més favorable —minimització de la distància política— als seus propis interessos condicionada per la *voluntat o capacitat de cada partit de negociar o variar els seus posicionaments inicials*.

Com hom pot advertir, la tesi és poc informativa i exclou pocs «mons possibles» susceptibles d'emetre una hipòtesi teòrica més adequada. En aquest sentit, i a fi de dur a terme una lectura de les dades que permeti el *feed-back* entre aquestes tesis i les dades que anirem observant, considerem els resultats finals de la LPL⁸ i apuntem en la descripció aspectes que, tot i no estar sistematitzats en les teories tingudes en compte, ens podrien servir com a pistes per a posteriors interpretacions, com és ara, per exemple, el fet d'associar cada partit amb les característiques del seu ideari ideològic, el seu tipus d'electorat i la seva posició extrema o centrada en una clivella de grau de posicionament davant dels diferents punts de la llei, o de considerar les possibles restriccions en les conductes dels partits derivades d'acords en altres aspectes de la política catalana. Sobre això, cal no oblidar tampoc altres elements clau en el desenvolupament de qualsevol procés de negociació: bàsicament, i tenint en

de la dimensió de la coalició. Per aquest motiu cal suposar que les coalicions es formen per partits pròxims en una determinada escala ideològica. Més concretament, aquests processos han estat tractats des d'enfocaments de teoria de formació de coalicions com a jocs de n persones de minimització de distància política (De Swaan, 1996) o l'ordenació lexicogràfica dels supòsits anteriors (Taylor, 1996), tots fent servir com a regularitats observables en la pràctica el nombre d'escons i distàncies ideològiques molt genèriques del tipus « x partit es troba més a l'esquerra que un altre» o «tal partit és més catalanista que l'altre». Aquests no són els únics criteris que poden regir la formació de coalicions, en particular la formació de coalicions en el moment de dissenyar i aprovar una determinada llei. De fet, qüestions que afecten crucialment la vida política d'un país suposen de vegades la creació d'unes altres formes de coalició. Així, una elecció bàsica en la seva forma més simple és si les decisions en els sistemes democràtics es prenen per la regla de la majoria o per mitjà d'algun altre tipus de consens que compromet a tots o la majoria dels grups interessats en el procés de presa de decisions. Concretament, des de finals dels anys seixanta, els científics polítics han fet molta atenció als models polítics basats en el consens en societats dividides i marcadament pluralistes, països en els quals la segmentació social i el pluralisme cultural s'han combinat amb èxit amb l'estabilitat social. A aquestes societats, se'ls ha anomenat *democràcies consociacionals* (MacRae, 1994).

8. Limitem-nos a exposar que la LPL s'aprova amb el pacte entre CiU, PSC, IC-EV i PI i que els aspectes relacionats amb l'àmbit socioeconòmic foren un dels punts més importants per aconseguir l'objectiu de canviar la Llei de 1983. Aquests dos apunts són suficients per seguir l'argumentació posterior.

compte la realitat actual parlamentària a Catalunya, que se cerca una coalició mínima guanyadora (que suposa una major rendibilització dels resultats de la política; la llei òptima seria aquella que s'aproximés a 68 vots sobre el total de 135) i que se cerca un resultat consensual en aquells temes que afecten amb més incidència el conjunt de la societat. Així mateix, hem de tenir també present que CDC i UDC, partits que formen una coalició electoral prèvia, votaran en bloc (favorablement o desfavorable o abstenint-se) el contingut final de la política i, per tant, han de formar part de la mateixa coalició.

El que introduïm aquí de nou en el procediment per descriure els processos de formació de coalicions és el tractament formal de l'ambigüïtat i/o vaguetat dels partits polítics en posicionar-se davant d'una política concreta. D'aquesta manera, advertim que les teories de minimització de la distància política situen els partits en posicions clarament definides sobre una o més escales (De Swaan, 1991). Al contrari, el procés de formació de coalicions es defineix per la capacitat dels partits de negociar, trobar punts en comú. Si considerem una escala 1-7 (de menys a més favorable amb un determinat contingut de l'agenda negociadora) on situem el partit PP1 en el posicionament «7»; el PP2, en el «5», i el PP3, en el «4», res no indica que els partits hagin d'arribar a un punt intermedi de resultat en les diferents combinacions de coalicions possibles. Res no indica la voluntat o capacitat de PP2 per adoptar una política que se situï en «4,5» o «6». La capacitat dels partits polítics per adoptar una política diferent de la seva política preferida pot ser reflectida per l'ambigüïtat dels seus posicionaments davant d'una política concreta.

Ens proposem, doncs, un petit exemple d'aplicació de la teoria per tal d'arribar a conèixer els mecanismes d'aprovació de la llei d'acord amb el posicionament dels partits polítics. Cada partit polític serà considerat com un subconjunt borrós o, dit d'una altra manera, *el posicionament del partit es caracteritza per ser un predicat vague*. Entenem que, d'una banda, la posició dels partits és incerta en la mesura que podem situar els partits tant d'acord com en desacord amb un determinat contingut de l'AL. D'altra banda, podem parlar d'un nivell de presumpció en la mesura que a part d'estar d'acord i en desacord alhora podem presumir que és possible o presumible que el partit es decanti cap a alguna posició en major grau que cap a un altre posicionament.

El que acabem de comentar queda més ben expressat si considerem els resultats d'una enquesta realitzada a quaranta-quatre parlamentaris dels diferents partits polítics representats en el Parla-

ment en l'actual legislatura (1995 - 1999).⁹ En aquesta enquesta es demana als parlamentaris que indiquin el grau d'acord de cadascun dels partits polítics respecte a l'agenda lingüística (divuit preguntes en total).¹⁰ El contingut de la pregunta amb què treballarem d'ara endavant és la següent:

P14. *La «nova llei del català» haurà de contenir un règim sancionador propi amb multes a empreses, treballadors i institucions.*

Es donen les següents opcions de resposta o referencial per cada pregunta o contingut de l'AL:

1. si el partit polític «està en desacord» amb un determinat contingut de la llei;
2. si el partit polític «hi està quasi en desacord»;
3. si el partit polític «hi està més d'acord que en desacord»;
4. si el partit polític «no hi està ni d'acord ni en desacord»;
5. si el partit polític «hi està més d'acord que en desacord»;
6. si el partit polític «hi està quasi d'acord»;
7. si el partit polític «hi està d'acord».

El resultat de l'enquesta per la pregunta P14 («sancions») és el següent:¹¹

Figura 5. Els partits davant «les sancions» segons els parlamentaris. Resultats absoluts i normalitzats

Ref.	1	2	3	4	5	6	7	n	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	Card.
CiU	0	3	6	0	5	7	15	36	CiU	0,00	0,20	0,40	0,00	0,33	0,47	1,00	2,40
CDC	0	2	5	1	4	6	16	34	CDC	0,00	0,13	0,31	0,06	0,25	0,38	1,00	2,13
UDC	2	2	8	1	3	5	8	29	UDC	0,25	0,25	1,00	0,13	0,38	0,63	1,00	3,63
PP	28	2	0	0	0	0	0	30	PP	1,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07
PSC	16	7	5	2	2	0	1	33	PSC	1,00	0,44	0,31	0,13	0,13	0,00	0,06	2,06
ERC	0	0	0	0	2	2	26	30	ERC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	1,00	1,15
IC-EV	1	1	4	5	6	6	9	32	IC	0,11	0,11	0,44	0,56	0,67	0,67	1,00	3,56
LPL	1	5	5	6	3	4	2	26	LPL	0,17	0,83	0,83	1,00	0,50	0,67	0,33	4,33

9. La composició inicial de la legislatura per partits polítics és: CiU, 60 escons; PSC, 35; PP, 17; ERC, 13; IC, 11.

10. A fi de simplificar l'anàlisi de les dades, no hem considerat la posició dels diputats del Partit Comunista de Catalunya i del Partit per la Independència.

11. La mostra es compon de 44 parlamentaris sobre un total de 135 (CiU, 18; PSC, 12; ERC, 5; IC-EV, 5; PI-Mixt, 2; PP, 2). Recordem, referent a això, que no totes les respostes fetes preveien la valoració del seu partit i la dels altres partits davant dels diferents punts de la llei.

Per exemple, trenta-sis parlamentaris han indicat la classificació de CiU en el referencial «grau d'acord» {1: «en desacord», 2: «quasi en desacord»...} com ja s'ha definit anteriorment. Quinze enquestats han classificat CiU com «d'acord» amb l'enunciat de la pregunta. En canvi, tres parlamentaris afirmaven que CiU «està quasi en desacord» amb l'enunciat de la pregunta. És clara, per tant, l'ambigüïtat o la incertesa per classificar un partit com «d'acord» o «en desacord» respecte a la qüestió de les sancions.

Amb l'objectiu de fer comparables els diferents partits procedim a la normalització dels resultats, és a dir, $\mu = 1$ per a la categoria que suma un major nombre de «subjectivitats» (respostes per aquesta categoria del referencial). Per fer la normalització simplement dividim les respostes de cada grau «d'acord» per les del grau «d'acord més freqüent» o moda. Expressat d'una altra manera, la moda de cada partit s'estandarditza com 1, és a dir, «posicionament més possible», i la resta de freqüències es divideixen per la moda. El resultat és el que s'expressa en la taula dreta de la figura 5.

L'última columna de la taula dels resultats normalitzats representa la cardinalitat del subconjunt (card.). La cardinalitat simplement és la suma dels valors dels diferents elements del referencial de cada partit. Ens serveix en aquest cas com a indicador de l'ambigüïtat en el posicionament del partit. Com més cardinalitat, més difícil és situar un partit en una posició concreta. UDC i IC-EV serien els partits més difícils de classificar, però encara ho és més la mateixa LPL en relació amb les sancions.¹²

L'expressió gràfica de la posició dels partits és la següent:

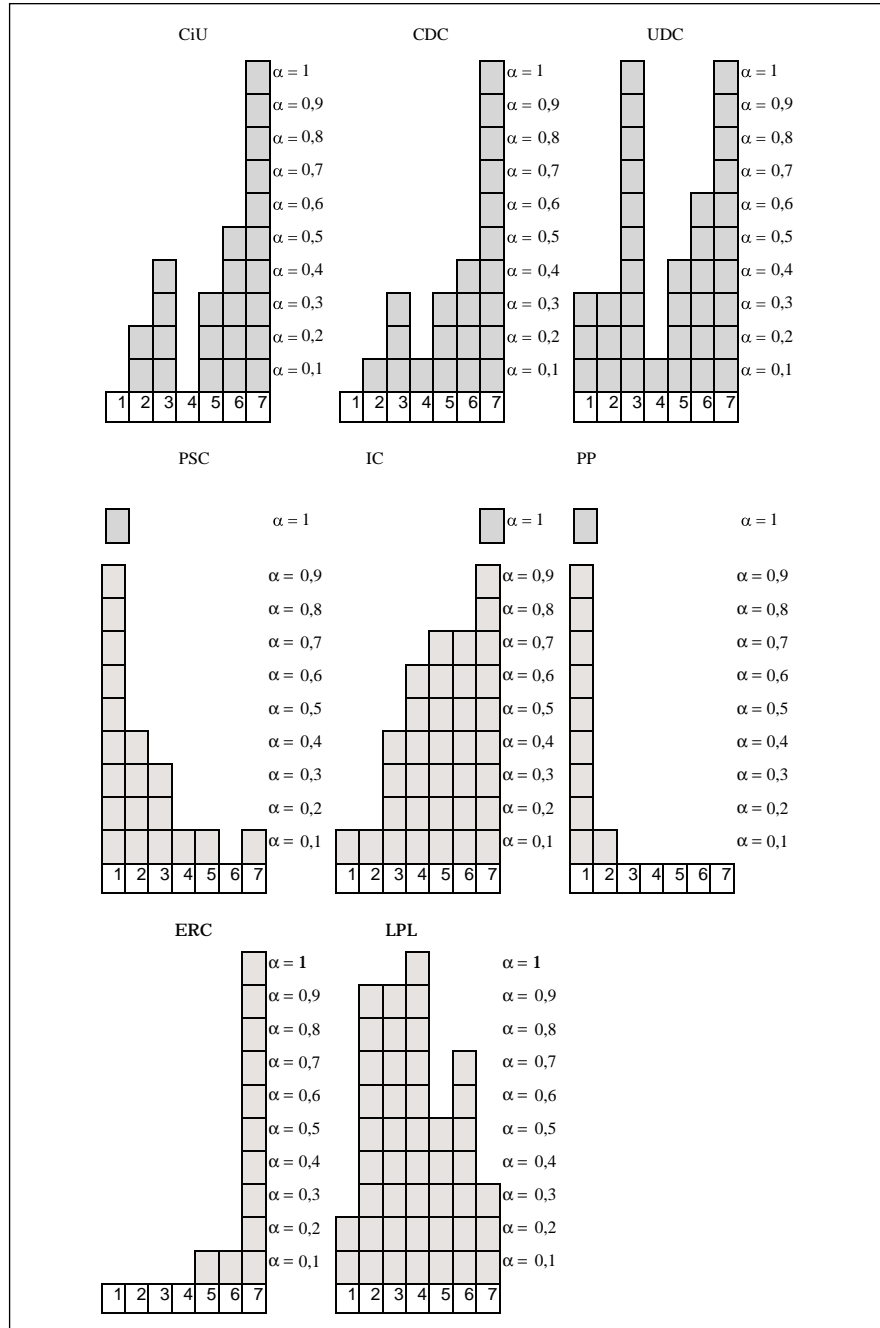
El gràfic pretén representar horitzontalment el nivell d'incertesa o els marges en què se situa un partit polític, és a dir, l'ambigüïtat del discurs. Verticalment ens indica que hi ha unes posicions més possibles o dominants que unes altres, és a dir, un nivell de presumpció.

Donats aquests subconjunts borrosos ens podem demanar quines coalicions es poden formar i quin seria el resultat d'aquestes coalicions; és a dir, com quedaria afectada la LPL tot considerant que la possibilitat d'arribar a pactes depèn de posicionaments ambigus coincidents i el pes relatiu dels punts de coincidència sobre la posició general de cada partit.

A més, un fet particularment important és que, com podem observar en aquests subconjunts, ERC per exemple pertany totalment a IC-ERV; és a dir, la postura d'ERC cau totalment dins de l'àrea

12. Per a una interpretació del resultat en l'àmbit de les ciències jurídiques del resultat final de la llei, vegeu Puig Salellas (1998); Mirabell (1998). Per a una interpretació politològica, vegeu Argelaguet (1998).

Figura 6. Sancions, partits polítics i LPL



d'IC-EV. En canvi, ERC només forma una part del posicionament, que és molt més ampli, d'IC-EV. Per tant, ens trobem davant d'unes relacions $[x, x]$ no simètriques. Això indica que la coincidència de posicions en un determinat nivell del referencial pot ser interpretada de manera diferent pels partits.

Podem observar amb la fórmula de coincidència d'un subconjunt borros A en un subconjunt B quina és la compatibilitat dels partits o fins a quin punt comparteixen l'ambigüitat dels seus discursos. Podem fer servir la fórmula de coincidència d'un subconjunt en un altre subconjunt. Recordem-la.

$$S(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\text{card. A}}$$

D'aquesta manera trobem la matriu de coincidència $[x, x]$. En la taula trobem la compatibilitat de l'element de la fila en l'element de la columna (IC pertany en 0,32 a ERC i en canvi ERC pertany en 1 —totalment— a IC-EV), cosa que dona lloc a una matriu reflexiva i antisimètrica tal com mostra la figura 7.

Figura 7

	CiU	CDC	UDC	PP	PSC	ERC	ICEV	LPL
CiU	1,00	0,86	1,00	0,03	0,29	0,48	0,96	0,72
CDC	0,97	1,00	1,00	0,03	0,32	0,54	0,99	0,69
UDC	0,66	0,59	1,00	0,09	0,31	0,32	0,77	0,75
PP	0,07	0,07	0,30	1,00	1,00	0,00	0,17	0,22
PSC	0,34	0,33	0,55	0,52	1,00	0,07	0,41	0,60
ERC	1,00	1,00	1,00	0,00	0,12	1,00	1,00	0,42
IC-EV	0,65	0,59	0,79	0,05	0,24	0,32	1,00	0,77
LPL	0,40	0,34	0,63	0,05	0,28	0,11	0,63	1,00

En un primer nivell de negociació, alfatall 1, que vol dir en aquest cas que perquè es formi una coalició els partits han de percebre mútuament que la seva política no cau fora del posicionament d'un altre partit —és a dir, les posicions són idèntiques—, observem que no hi cap coalició possible. Per exemple, el posicionament d'ERC està dintre de CiU, cosa que porta ERC a pretendre (segons la hipòtesi for-

mulada) formar una coalició amb aquesta coalició electoral. En canvi, CiU té un posicionament molt més ampli que suposa que acceptar la política d'ERC duu a menysprear una posició més complexa. Cal destacar també que els parlamentaris han indicat que CiU representa millor els interessos de CDC que no pas d'UDC.

Per trobar coalicions hem de rebaixar el requisit de coincidència d'un subconjunt borrós en un altre subconjunt borrós. Dit d'una altra manera, els partits hauran de cercar relacions simètriques per sota d'1. Si els partits baixen a una relació simètrica de 0,9 tampoc no trobem cap coalició, la qual cosa indica encara que ni tan sols CiU representa prou bé els membres de la coalició electoral que la formen. Si baixéssim a l'alfatall 0 observariem que tots els partits formen coalició amb tots els partits, la qual cosa equivaldria a dir que les coalicions es formen entre partits que no tenen cap punt en comú. Dit això, indicarem per a cada alfatall —en la figura 8— les subrelacions màximes de similitud més interessants. Així, al nivell 0,8 CDC i CiU sí que formarien una coalició, però encara no amb UDC.¹³ Aquesta no és una coalició guanyadora en la mesura que com a restricció inicial dèiem que CDC i UDC havien de pertànyer a la mateixa coalició guanyadora o perdedora, i a més tampoc no té vots suficients (68) per aprovar la política. Quan fem més flexibles les posicions —alfatall 0,7— trobem dues coalicions: una formada per CDC - CiU i una altra formada per UDC - IU - EV. Hem de baixar fins al nivell 0,6 per veure en una mateixa coalició UDC - CDC - CiU - IC - EV, que és una coalició guanyadora en la mesura que reuneix els vots suficients (71 sobre un total de 135) per trobar un acord sobre les sancions en la LPL, d'acord amb el posicionament dels partits i admetent que aquest s'allunyaria dels posicionaments ambigus dels diferents partits. Tot i això, com observem en la figura 8, aquesta coalició en aquest nivell de renúncia a l'ambigüitat no inclou el resultat final que es va reflectir en la LPL segons els parlamentaris. Hem de baixar fins a l'alfatall 0,3 per veure els membres de la coalició electoral d'acord amb el resultat que finalment va reflectir la LPL (LPL - CDC - UDC - CiU - PSC - IU). En aquest nivell 0,3 trobem que les coalicions són més nombroses en la mesura que els partits polítics han rebaixat les seves pretensions de trobar socis de coalició idèntics a ells mateixos. Així doncs, en aquest mateix nivell trobem coalicions possibles (però no guanyadores) com ara UDC - PSC - PP.

13. Això significa que la posició que representava la coalició electoral era més semblant des d'un principi a CDC que a UDC, els membres de la coalició electoral.

Pel que fa a això, un possible resum del que va ocórrer, individualitzant cada partit i considerant-ne alhora els altres en la constitució de la seva posició i d'acord amb la teoria de les coalicions que fem nostra, podria ser el que sorgeix de la lectura de les figures 8 i 9: CDC i UDC parteixen de posicionaments diferents dintre de l'ambigüitat. IC, donada l'ambigüitat del seu discurs (expressada en la seva cardinalitat), cau dintre d'un gran nombre de coalicions possibles. ERC tendeix a la cerca d'acords amb CDC, però la rigidesa del posicionament d'ERC fa impossible que aquest partit pertanyi a coalicions més àmplies. Cap coalició que inclogui ERC i UDC no pot trobar-se per sobre d'un nivell 0,3, cosa que suposa un grau de renúncia molt important per a almenys un dels membres de la coalició. La negociació pot continuar baixant de nivell d'adequació del resultat final als posicionaments dels partits fins que inclou els del PSC, però això comporta per a aquells que baixen de nivell una pèrdua d'adequació a les seves consideracions inicials.

Si hom considera aquestes dades tenint en compte els postulats emprats de la teoria de coalicions i allò que realment va ocórrer en l'acord final, pot advertir la manca de potencial analític i predictiu de la dita teoria, ja que l'encontre de CiU i PSC, els protagonistes de l'acord final, suposa un distanciament significatiu en termes de coincidència i suposa per a uns una cessió. D'acord amb la significació del tractament de les dades, es podria haver arribat a una coalició parlamentàriament guanyadora —suficients escons per aprovar la normativa— sense baixar de nivell. Això no obstant, aquests supòsits teòrics amb els quals hem partit per fer la interpretació també ens han fet constatar que un partit com ERC o el PP presenten un posicionament poc pròxim a l'ambigüitat constatable en la resta, o que el cas d'IC-EV constata la seva plasticitat respecte als diferents punts. En aquest sentit, una lectura immediata feta a partir d'aquestes interpretacions de les teories de coalicions, d'aquestes dades i d'allò que finalment va ocórrer, comportaria asseverar l'aparent contradicció pel que fa als guanys buscats, els mitjans per assolir-ho i el resultat final per als diferents partits. Es tracta d'una constatació que, al seu torn, ens duu d'entrada a qüestionar sociològicament tant el posicionament final com el posicionament inicial d'uns.

Davant d'aquestes qüestions, la TCB poca cosa té a dir, en tant que instrument per a l'anàlisi de les dades. Però, sens dubte, ens permet rebutjar d'una manera rigorosa certes lectures dels acords en la negociació dels diferents punts de LPL relacionats amb l'àmbit socioeconòmic i donar compte de diferents pistes entorn dels elements clau per entendre el que realment va succeir.

Figura 8. Coalicions possibles per als alfatalls més interessants

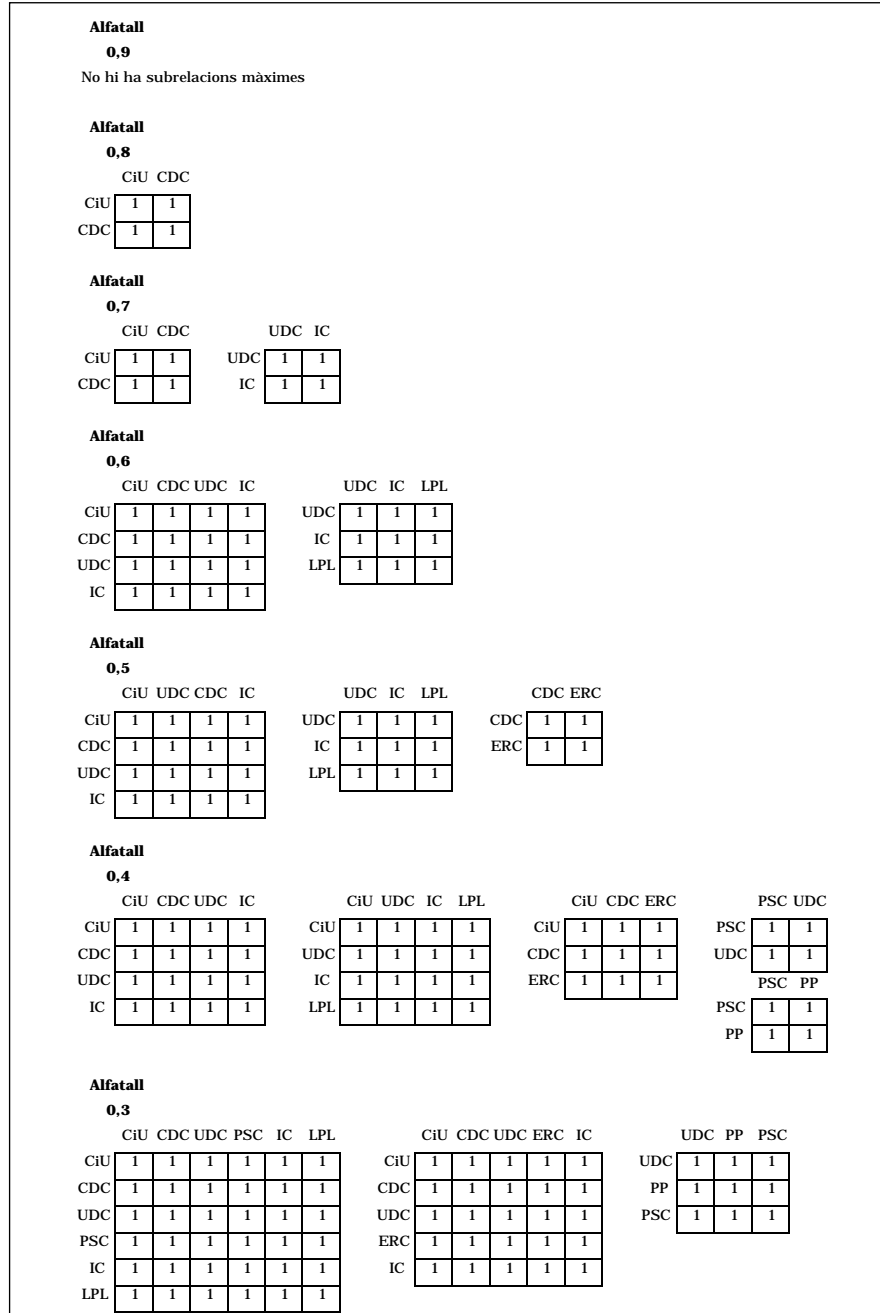
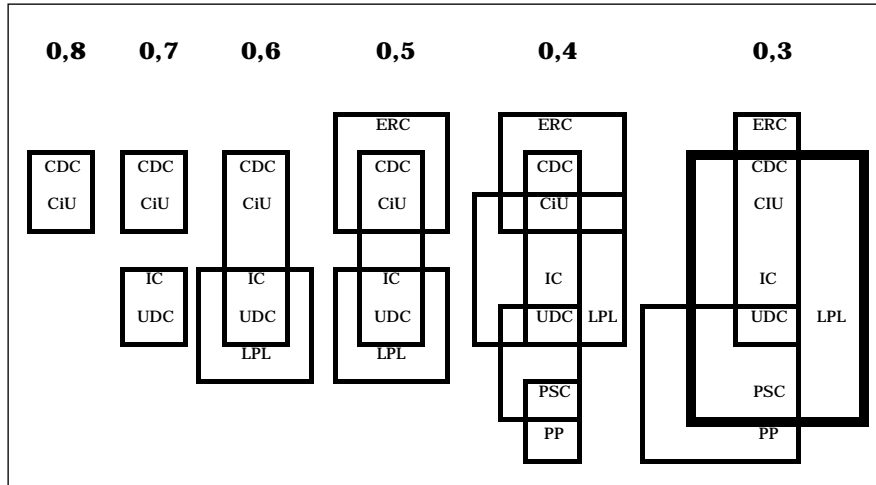


Figura 9. El procés de formació de coalicions en els diferents alfatalls



4. Conclusions

En finalitzar el present article, on exposem una de les possibles aplicacions de la lògica borrosa a la investigació en ciències socials, podríem indicar les idees clau de la següent manera:

— La lògica borrosa es presenta com un instrument fèrtil per descriure fenòmens socials caracteritzats per la poca sistematització aparent dels esdeveniments que en ells ocorren. Així ho hem intentat demostrar amb la visualització de les valoracions dels diferents partits polítics davant els distints punts a legislar en matèria de normalització lingüística de l'esfera socioeconòmica en la Llei 1/1998 de política lingüística. La idoneïtat de la teoria de conjunts borrosos estaria tant en l'aspecte pròpiament adductor com en el validatiu de la descripció de l'objecte d'estudi, i això es constata en el cas de l'exemple exposat en el caràcter paradoxal de les dades obtingudes —si hom constata les preferències, informació d'un partit respecte als altres actors en joc i les pràctiques finalment resultants— en una primera aproximació al fenomen. Un exemple és l'existència de valoracions similars entre diferents partits que no es tradueixen en coalicions *de facto*; encara més, advertim la creació de coalicions entre partits que presenten valoracions força oposades sobre això.

— La utilització d'aquesta teoria matemàtica com a raonament en la recerca d'informació no exclou en la investigació científica la manera de procedir de la lògica clàssica; en concret, no exclou la consi-

deració d'existència de classes naturals com a fonaments teòrics clau per remetre's a teories caracteritzades per un fort afany deductiu. En aquest sentit, l'estadi descriptiu de tota investigació, tot i que ha estat crivellat per la construcció de la situació d'observació segons un model teòric concret, pot ésser realitzat a partir del raonament específic de la lògica borrosa. Al mateix temps, podem considerar el raonament lògic clàssic com a base del model teòric emprat per a l'establiment de les hipòtesis teòriques i la consegüent explicació del fenomen a estudiar.

— La lògica borrosa planteja preguntes clau entorn dels patrons de coneixement, cosa que explica les seves múltiples aplicacions en diferents camps i amb diferents resultats, objectius i transcendència. Així com el mètode d'adducció permet, d'una banda, mitjançant les inferències estadístiques, percebre els factors que apunten a vincles causals entre fenòmens a partir de la discriminació de les variables independents d'acord amb la probabilitat d'incidència/dependència amb la variable dependent i, d'altra banda, validar les hipòtesis teòriques que advoquem, en aquest article hem intentat demostrar que la lògica borrosa tindria un paper similar: identificar regularitats empíriques i facilitar el *feedback* entre aquestes i les regularitats exposades per les teories.

Bibliografia

- ARGUELAGUET, J. (1998). «Els partits i el procés d'elaboració de la Llei de política lingüística». A: *Àmbits de política i societat*. Col·legi de Doctors i Llicenciats en Ciències Polítiques i Sociologia de Catalunya.
- AZORÍN, F. (1979). *Algunas aplicaciones de los conjuntos borrosos a la estadística*. Madrid: Instituto Nacional de Estadística.
- BAUMAN, Z. (1996). «Modernidad y ambivalencia». A: *Las consecuencias perversas de la modernidad*. Barcelona: Anthropos, p. 73-119.
- BELLMAN, R. E.; ZADEH, L. A. (1970). «Decision-making in a fuzzy environment». *Management Science*, núm. 17, p.141-164.
- BUNGE, M. (1985). *Racionalidad y racionalismo*. Madrid: Alianza Editorial.
- DE SWAAN, A. (1972). *Coalition Theories and Cabinet Formation*. Amsterdam: North-Holland.
- (1991). «Un modelo empírico de formación de coaliciones como juego de n personas de minimización de la distancia política». A: COLOMER, J. [ed.]. *Lecturas de Teoría Política Positiva*. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, p. 591-625.

- ELSTER, J. (1998). *Egonomics*. Barcelona: Gedisa.
- GAMSON, W.A. (1962). «Coaliton Formation at Nominating Conventions». *American Journal of Sociology*, núm. 68, p. 157-171.
- GIERE, R. N (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- (1991). *Understanding Scientific Reasoning*, Holt. Chicago: Rinehart and Wilnston Inc.
- GIL ALUJA, J. (1996). *La gestión interactiva de los recursos humanos en la incertidumbre*. Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
- KAUFMANN, A. (1977). *Introduction à la théori des sous- ensembles flous*. Vol. 4: *Compléments et nouvelles applications*. Paris: Masson.
- KAUFMANN, A.; GIL ALUJA, J. (1986). *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de empresas*. Santiago de Compostela: Editorial Milladoiro.
- (1992). *Técnicas de gestión de empresa: previsiones, decisiones y estrategias*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- KLIR, G. J.; BO YUAN (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Nova Jersey: Prentice Hall.
- KOSKO, B. (1995). *Pensamiento borroso*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- LÓPEZ ROLDAN, P. (1996). «La construcción de tipologías: metodología de análisis». *Papers* [Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona], núm. 48, p. 9-29.
- MANSUR, Y. (1995). *Fuzzy Sets and Economics. Applications of Fuzzy Mathematics To Non-cooperative Oligopoly*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MIRABELL, A. (1998). «La Llei 1/1998, de 7 de gener, de política lingüística: el nou desplegament de l'art. 3 de l'Estatut d'Autonomia de Catalunya i els conceptes de llengua pròpia i llengua oficial». *Revista llengua i dret* [Barcelona], núm. 29 (juliol), p. 57-79.
- MUNDA (1985). *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment*. Amsterdam: Physica-Verlag.
- PUIG SALELLAS, J. (1998). «Els grans conceptes de la doble oficialitat en la Llei 1/1998 de política lingüística». *Revista llengua i dret* [Barcelona], núm. 29 (juliol), p. 23-56.
- RAMÍREZ, D. (1995). «Leibniz i la interpretació gradual del coneixement». *Anuari de la Societat Catalana de Filosofia*. Barcelona: IEC.
- (1998). *Resum de la lliçó sobre metodologia pel tractament de la incertesa*. Reus: UB [14. 4. 98].
- RIKER, W. H. (1962). *The Theory of Political Coalitions*. New Haven (Connecticut): Yale University Press.
-

- STINCHCOMBE, A. (1991). «The conditions of fruitfulness of theorizing about mechanisms in social sciences». *Philosophy of social sciences*. Toronto: York University.
- TAYLOR, MICHAEL (1991). «Teoría de formación de coaliciones de gobierno». A: COLOMER, J. [ed.]. *Lecturas de Teoría Política Positiva*. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, p. 627-646.
- TRILLAS, E. (1980). *Conjuntos borrosos*. Barcelona: Ediciones Vicens-Vives.
- TRILLAS, E.; GUTIÉRREZ RÍOS, J. (1992). *Aplicaciones de la lógica borrosa*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones científicas.
- TRILLAS, E; ALSINA, C; TERRICABRAS, J. M. (1995). *Introducción a la lógica borrosa*. Madrid: Ariel.
- VAN FRAASEN, B. C. (1980). *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press.
- VAN PARIJS, P. (1990). *Le modèle économique et ses rivaux*. Ginebra: Librairie Droz.
- ZIMMERMANN, H. (1991). *Fuzzy Sets and its Applications*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

