Lògica i llenguatges

Daniel Clemente Laboreo.

Desembre 2005

Resum

En aquesta obra estudiaré els diferents llenguatges que s'han usat a la història per *fer lògica*: lògica de primer ordre, d'altres ordres superiors, clàssica, lògica il·lògica, i altres. Especialment, parlaré del més comú de tots -el llenguatge natural- però també de llenguatges artificials, sovint considerats com "més lògics".

1 Introducció

La lògica consisteix en estudiar com pensen i parlen les persones (de fet, un dels significats originals del grec λόγος és el de *paraula*). Però, degut a la gran quantitat de coses en què podem pensar i a la complexitat dels conceptes, ens hem hagut d'inventar una simplificació del nostre llenguatge mental, mitjançant mecanismes com l'abstracció.

L'interessant és que *hi ha moltes maneres* de trobar aquest llenguatge equivalent, i alguns, com Leibniz o Llull, ja van passar molt temps buscant-lo. Ara ja en tenim molts sistemes, com la lògica de termes, la lògica matemàtica, la de primer ordre, la de segon, etc.

Però la gent *del carrer* no coneix tot això, i en canvi, "*fa lògica*", fins i tot a l'època dels romans. El sistema que usat aquí és el llenguatge, que és molt expressiu, però d'altra banda, imposa limitacions. Per exemple, la *hipòtesi de Sapir-Whorf* proposa que:[WP]

> Hi ha una relació sistemàtica entre la gramàtica de la llengua que parla una persona i la seva forma d'entendre el món i d'actuar.

Naturalment, només és una hipòtesi, però que ha donat molt a dir, des de Bhartrihari al segle 6 d.C. (i molts altres lingüistes indis) fins als nostres dies, en què George Orwell ens mostra un complet exemple -a *Nineteen Eighty-Four*- de com el nou llenguatge *Newspeak* canvia la forma de raonar dels membres del partit (idees que són aprofitades pels polítics i publicistes). Un altre que va escriure sobre aquest tema va ser el filòsof Ludwig Wittgenstein, que a més acaba el seu *Tractatus Logico-Philosophicus* dient que "*Les coses de què no podem parlar, hem d'ignorar-les en silenci*".

El que és cert és que és important conèixer el nostre llenguatge per entendre com pensem. La llengua no és una cosa que haguem fet a mida, sinó que es crea degut a les necessitats de cada col·lectiu, i aquestes s'hereten i ens venen ja imposades. Per exemple, si una tribu aïllada ja pot parlar de tot el que necessita amb gestos, potser no els calen llenguatges per fer metafísica o matemàtiques. I de fet, s'ha vist que quant més primitiu és un poble, més llenguatge gestual utilitza (sobretot els individus menys cultes).[Rel46, p. 23]

En canvi, els llenguatges artificials poden invertir el procés, i ser dissenyats i acabats *a priori* (abans de ser utilitzats). Alguns sí que sorgeixen per necessitat (com l'esperanto per fer d'idioma universal[Zam00]), però altres es fan per diversió i per canviar de forma de pensar. Com a exemples: el Toki Pona obliga a pensar de forma simple (té 118 paraules), el Klingon obliga a ser rude i complicar-se, i el Lojban obliga a pensar de forma lògica i inambigua. Els llenguatges de programació, a més, fan pensar en termes majors, com invariants, bucles, algorismes i resolució de problemes.

En l'obra parlaré de molts sistemes lògics que s'han usat en la història per formalitzar el coneixement, i els compararé amb el llenguatge natural i artificial en temes d'expressivitat i de com tracten la lògica (variables, negació, imprecisió, raonament, etc.).

2 Com pensem les persones?

Primer cal saber els objectes amb què treballem quan usem un sistema lògic. En aquest cas, es treballa amb coneixement (idees, conceptes) que manegem mitjançant el raonament. La ciència que estudia el coneixement "a baix nivell" és l'*epistemologia*.

2.1 Què és el coneixement?

A un llibre d'Intel·ligència Artificial vaig veure una frase semblant a:

> We starve for knowledge, but drown in information

O "*Estem famolencs de coneixement, però ens ofeguem en informació*". Sembla que el coneixement són les coses útils que podem extreure de la informació que ens arriba de l'entorn. I a la vegada, la informació és el resultat d'haver processat dades i més dades[1].

No *coneixem* una definició acceptada per tothom. Plató, al diàleg *Theaetetus* (369 aC), diu que Sòcrates considera que el coneixement és una *creença certa justificada*. O sigui, que ha de complir tres condicions: [WP]

[1] Això és el que ens explicaven a classe d'estadística

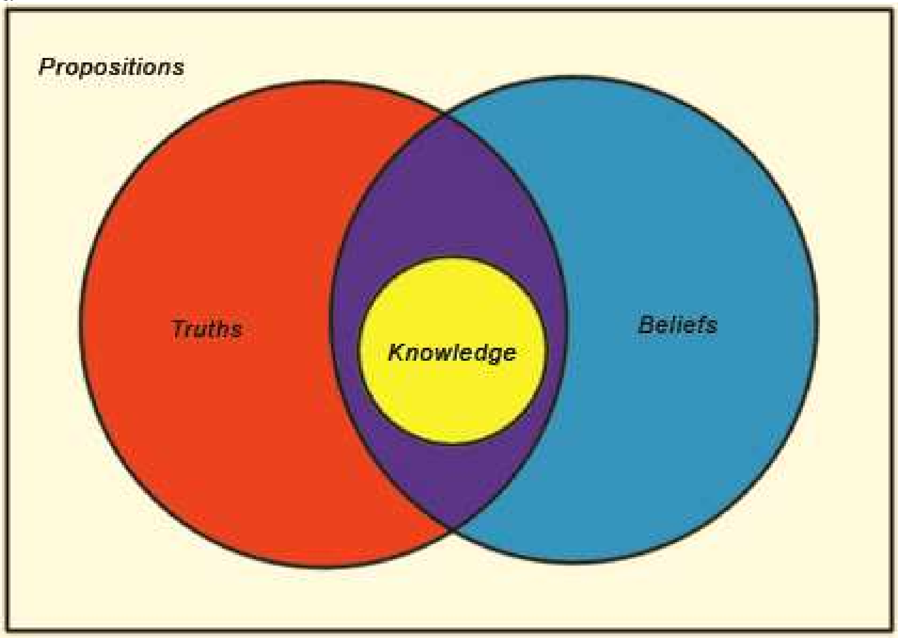
- Ha de ser *justificable*. Moltes coses es poden justificar (creences, accions, emocions, proposicions, lleis, teories, ...). Hi ha molts mètodes per justificar una creença: es pot usar un sistema lògic, demostrar per inducció, comprovar de forma empírica, etc.
- Ha de ser *cert*. Això és molt complicat de decidir, ja que hi ha moltes teories sobre la veritat. Filòsofs i lògics s'han passat segles discutint sobre això: uns creuen que ser cert és una propietat de les frases (*teories robustes*); altres, que no cal parlar del predicat "*ser veritat*", sinó que tot el que diem ja es considera un judici sobre la certesa (*teories deflacionàries*); altres diuen que "*nada es verdad o es mentira, todo depende del color del cristal con que se mira*", etc.
- Ha de ser *cregut* per alguna persona (si no, seria desconeixement, no coneixement).

Però complir això pot ser difícil o impossible. A més, el coneixement ha de ser útil; normalment nosaltres pensem i raonem només quan ens fa falta, per tant volem coneixement reutilitzable.

Però deixaré aquest tema per a l'epistemologia, i parlaré de com representem nosaltres el coneixement. Tot això (emmagatzematge i raonament) són coses que els humans fem molt bé a la pràctica, però quan s'intenta imitar a la teoria no s'aconsegueix.

2.1.1 Coneixement i creença

Segons [WP], Plató classifica el coneixement, creences, veritats i proposicions així:



O sigui, no totes les creences són certes, i només una part de les que ho són es pot considerar coneixement. La resta de creences certes són encara no demostrades.

2.1.2 En quin llenguatge el guardem?

Com guardem i expressem les nostres creences, i coneixement? Si no sabem ni què és el coneixement, d'això encara es sap menys. Hi ha vàries alternatives:

Per exemple, alguns creuen que tenim un llenguatge intern (*mentalès*) que usem per pensar; això s'explica a [Sta04] i entra al camp de la psicolingüística, també molt complicat i poc demostrable.

Altres creuen que obtenim i processem la informació en forma d'imatges, dibuixos, símbols i diagrames. [WP]

Però, si hem de tenir algun llenguatge per emmagatzemar informació, jo crec que no serà el binari (com a la lògica proposicional), ni un de fixe (com la lògica de predicats); haurà d'estar més a prop del llenguatge natural. Si el llenguatge realment afecta la nostra manera de pensar, és factible que ens hagi canviat el model de representació. A més, no és cap disbarat el concepte de "pensar en anglès", "pensar en llatí", o "pensar en la teva pròpia llengua" (bé, potser pensar en llatí sí). Els cursos d'idiomes sempre diuen que al final acabaràs "pensant en aquell idioma". Vol dir que escollim un llenguatge natural per pensar?

2.2 Justificacions

Una tasca important de l'epistemologia és trobar maneres de justificar proposicions. Però hi ha moltes doctrines en aquest tema, per exemple: [WP]

El **nihilisme** es resumeix en: "*res existeix, ni tan sols la realitat; no cal intentar entendre-la*". Una creença molt còmoda de la qual parlen els filòsofs (Friedrich Heinrich Jacobi, Immanuel Kant, Demòcrit, ...), però que no agrada als lògics perquè els deixaria sense feina.

El **misticisme** és altra tendència que permet obtenir coneixement per mètodes no racionals. Per exemple: una cosa és certa perquè jo la vull molt, o perquè em sento més feliç si penso que és certa. Això, que sembla tan estrany, es continua fent degut a les tradicions, el "conte de la vella", i les poques ganes de pensar. Les religions, i basar la lògica en Déu (cosa que feien molts filòsofs) també són exemples d'això.

Ja de la banda dels qui creuen en la raó, hi ha els **escèptics**, que pensen que és inútil buscar una justificació a un fet, ja que sempre podrem demanar la justificació d'aquesta justificació, i així entrar en una recursió *ad nauseam*.

Llavors surten els **fundacionalistes**, que admeten que hi ha certs coneixements que no requereixen justificació (un nou problema per l'epistemologia!), i també els **coherentistes**, que diuen que un coneixement no s'ha de justificar amb un altre, sinó amb tot el conjunt de coneixements sencer: si és compatible, és que és cert. Però clar, tot el sistema pot ser fals, i el que un nou coneixement hi sigui compatible no el farà cert.

També es fa una divisió entre proposicions sintètiques i analítiques. Una analítica pot ser demostrada certa sense requerir justificació, per exemple: "*Tu ets fill del teu pare*". El predicat (*ser fill del teu pare*) està inclòs al subjecte (*tu*), és una propietat seva. En canvi, a una sintètica, no passa això: "*Tu ets ruc*". Aquesta distinció va ser anticipada ja per David Hume, formulada per Kant, i reescrita per Frege. Wittgenstein escriu al seu *Tractatus* que les frases analítiques *no expressen pensaments* i no aporten res de nou. [WP]

2.3 Teories epistemològiques

Una mica més de teoria sobre maneres de percebre el món, abans de començar amb els sistemes lògics:

Els **empiricistes** diuen que el coneixement és producte de l'experiència humana, i que hem de comprovar les nostres idees amb la realitat. S'associa amb la ciència i el *mètode científic*, que ja sabem que funciona, però encara hi ha debat filosòfic sobre per què funciona.

L'**idealisme**, per altra banda, diu que el món extern que percebem és tot una invenció de la nostra ment, i per tant les proposicions poden perfectament ser certes sense haver de comprovar-les a la realitat. Exemples, a George Berkeley, Immanuel Kant i Georg Hegel.

El **realisme naïve** (*realisme de sentit comú*) diu que existeix un món real i que és la causa de les nostres percepcions; per tant, si estem a una habitació i marxem, l'habitació continua estant allà.

El **fenomenalisme** diu que només existeixen les percepcions que rebem dels objectes, no els objectes en sí. Basat en idees de George Berkeley.

El **pragmatisme** diu que el coneixement són les coses útils per a resoldre problemes.

El **racionalisme**, que ja tenim idees innates, però que les justifiquem amb l'experiència. És això del "*Cogito ergo sum*" de Descartes. Exemples: Spinoza (que "demostra" que només existeix una substància, que és Déu), i Leibniz (que diu que hi ha infinites substàncies, els Mònades).

El **representacionalisme** diu que no podem veure el món extern directament, sinó només la representació que ens fem.

El **relativisme**, com diu Protàgores, estableix que totes les coses són certes i en un estat de flux, que a vegades mostra la seva certesa i altres l'amaga. I que no hi ha veritat objectiva, sinó que el que és cert per a un pot no ser-ho per a altre.

Altre punt de vista, modern, és la *semàntica general* (General Semantics, Korzybski, 1933), que diu coses interessants com: "*el mapa no és el territori*", "*la paraula no és la cosa definida*", "*la realitat no es pot modelar amb la lògica d'Aristòtil*", "*no hi dues coses idèntiques, sinó similars*", i "*l'espai on vivim* *no es descriu bé amb la geometria euclidiana*". Martin Gardner va criticar durament aquesta pseudo-filosofia al 1952. [WP]

Tot això serveix, apart de com a vocabulari per catalogar els filòsofs, per veure que hi ha moltes maneres d'entendre què és el coneixement, i per tant seria molt difícil trobar un llenguatge perfecte que permetés escriure "el coneixement" de tots aquests.

Ara sí que toca començar amb lògica.

3 Alguns sistemes lògics

La història de la lògica és molt llarga, i es combina amb ciències tan complexes com la filosofia, encara més antiga i moguda. A [Bri04] podem veure moltes tendències i filòsofs que les han desenvolupat, i a [WP, Logic] hi estan classificades i explicades, junt amb visions alternatives al què és *lògica*, per exemple: *lògica és fer judicis* (Immanuel Kant), *lògica és l'estat de les coses* (Adolf Reinach), o *lògica és qualsevol manipulació de símbols*.

Començaré explicant en què consisteix un sistema lògic, donaré una classificació, i després parlaré una mica d'alguns d'ells.

3.1 Què demanem a un sistema lògic

En la meva opinió, els sistemes que ens inventem per fer lògica han de permetre dues operacions:

1. **Formalització**: traducció de les idees que tenim al cap al llenguatge escollit.

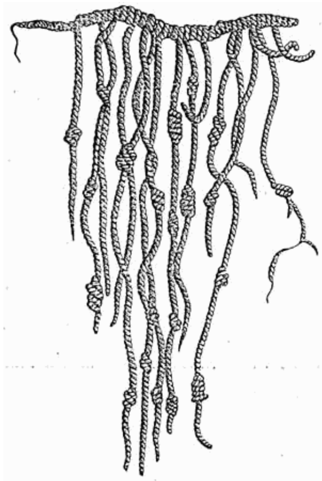
2. **Raonament**: manipulació dels conceptes mitjançant les operacions permeses pel llenguatge.

Hi hauria una tercera fase, **desformalització** (entendre la nova informació generada al raonament), però no la poso perquè considero que la formalització és un procés bidireccional, i el raonament, tancat (és l'habitual als mecanismes usats pels humans).

Les dues fases són imprescindibles per expressar raonaments, i una ha de combinar amb l'altra. Si això no passa, el llenguatge perd eficiència. Per exemple:

3.1.1 Formalització sense raonament

Sembla que l'imperi inca utilitzava -c. 3000 aC- un sistema de representació de nombres (i potser idees) un tant especial: el **quipu**, que consisteix en fer nusos i tenyir amb colors cordes de cotó o de pèl de llama. Alguns podien tenir fins a 2000 tires; eren veritables *cadenes* codificades en base 10.[WP]



Aquest mètode potser els anava bé per representar informació estàtica, però té el problema de que és massa complicat manegar aquesta informació. Fer nusos, tallar, torçar i combinar tires és molt més lent que pensar. A més, la pintura dels nusos es va perdre amb el temps, i per això encara ara no s'ha sabut descodificar-los completament.[Rel46, p. 25]

3.1.2 Raonament sense formalització

D'altra banda, tenim bastants exemples de lògics i matemàtics que han intentat basar tot el pensament en nombres, sobretot en els naturals.

Els pitagòrics creien en els *mònades*, i creien que l'univers estava -literalment- construït a base de nombres. Això ho sabem gràcies al llibre *Vides i opinions de filòsofs eminents*, de Diògenes Laertius (segle 3, 4 ó 5 dC). [WP]

I Leibniz també pensava en combinar conceptes mitjançant la multiplicació de nombres primers. Diuen [2] que:

> With his characteristic blend of genius and insanity, Leibniz had conceived of a project in which the simple constituents of concepts would be represented by prime numbers and their composition by multiplication. From the Chinese number theorem [sic] (and certain assumptions about the nature of truth) he inferred that –given this "perfect language"– could be resolved by appeal to the algorithm of division.

Potser Gödel també es va inspirar en aquesta idea quan va dissenyar el seu mecanisme de codificació, ja que també usa el teorema xinès de les restes al seu teorema d'incompletesa de 1931, i aprofita la idea d'elevar un nombre primer a un exponent que representa un concepte bàsic.

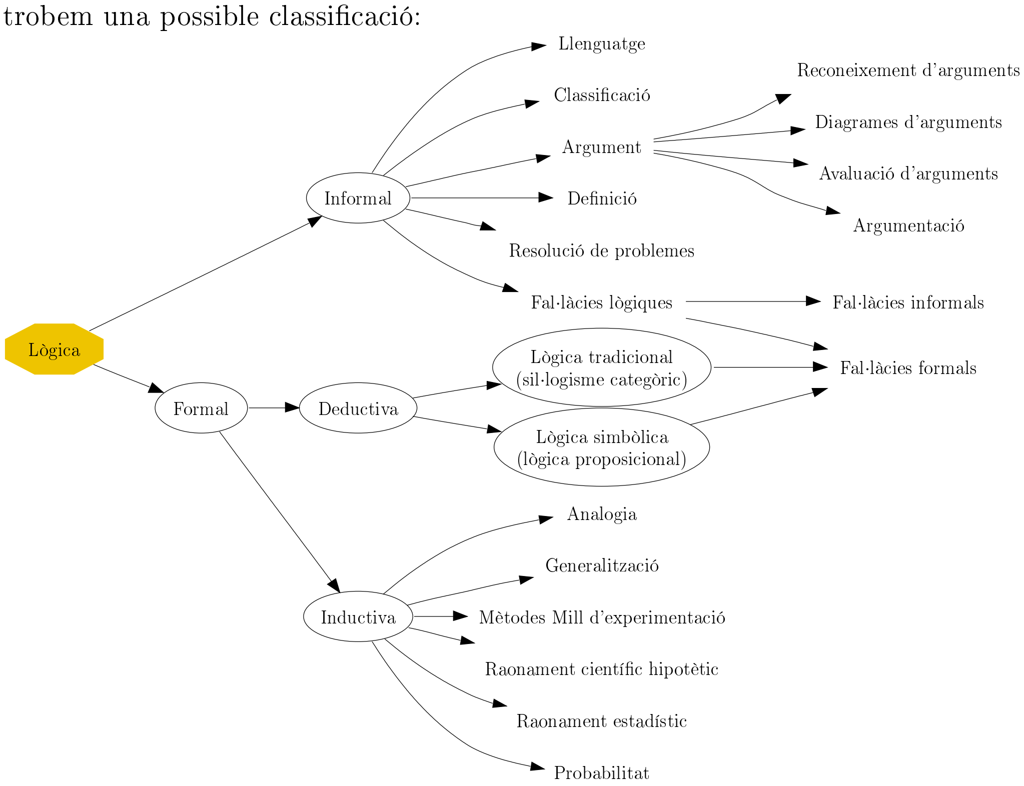
[2] J. Alberto Coffa, "**The semantic tradition from Kant to Carnap: to the Vienna station**", 1993, Cambridge University Press. Mencionat al weblog de Richard Zach, entrada del 23 de juny de 2005.

Tot això està molt bé; seria molt còmode treballar amb elements de $\mathbb{N}$, però el problema és la formalització: la gödelització és massa complicada per a ser feta pels humans, i a més, ens trobem amb els conjunts no enumerables, com $\mathbb{R}$, $\wp(\Sigma^*)$ (amb Σ qualsevol alfabet), o les classes de funcions (com $F_{\mathbb{N}} = \{f \mid f \text{ és una funció } \mathbb{N} \to \mathbb{N}\}$); tots conjunts interessants però que no tenen bijecció amb $\mathbb{N}$. [Loz05, tema 5]

Per tant, encara que sumar i multiplicar sigui molt fàcil, no usem molt aquest sistema degut a la formalització.

3.2 Classificació

Hi ha moltes branques a la lògica, i molts sistemes per *fer lògica*. A [Blu02] trobem una possible classificació:



La diferència principal es troba entre els sistemes formals (més teòrics) i els informals (més pràctics). Sembla que històricament, s'ha anat evolucionant des d'una lògica informal fins a mètodes més formals i teòrics, per arribar a la lògica simbòlica; potser és degut a necessitats cada cop més complexes. [WP]

Les diferències entre la formal i la informal són:

3.2.1 Lògica formal

La lògica formal fa abstraccions dels raonaments que fan les persones, i els expressa mitjançant fórmules que utilitzen símbols especials, com P, Q, $\vdash$, $\forall$, etc. (per tant, té una notació). També estableix un conjunt de regles teòriques que diuen què és possible fer i què no per deduir coses noves.

Hi ha lògiques formals molt antigues, com l'anomenada *tradicional* (la que va escriure l'Aristòtil, i usada des de molt abans). En aquells temps estaven de moda els sil·logismes (una conclusió deduïda de dues premisses), i la seva notació va ser usada durant molt de temps.

Però també són lògiques formals moltes de les modernes, com les que proposaven Leibniz, Boole o Hilbert. El seu resultat (*lògica proposicional*, *lògica de primer ordre*, i altres) és un sistema més abstracte i complex d'entendre per als filòsofs, ja que cada cop s'assembla més a les matemàtiques. Per això s'anomena a aquestes lògiques *lògica matemàtica* (a més de *lògica simbòlica*), però no perquè tractin de la *lògica de les matemàtiques*, sinó de les *matemàtiques de la lògica*. Per acabar de complicar-ho, la part contrària (matemàtica basada en lògica) la va promoure en David Hilbert amb el seu programa de 1920.

3.2.2 Lògica informal

La lògica informal, per l'altra banda, és la més antiga de totes, potser per la seva utilitat pràctica. Consisteix en l'estudi del pensament crític, i de com hem de parlar per convèncer a la gent. Això ja ho volia fer en Llull (per canviar d'opinió a qui no pensés com ell), però tots els filòsofs anteriors ja s'havien dedicat molt a estudiar tot això, ja sigui quan parlaven de retòrica o dialèctica, de fal·làcies, o d'arguments.

És la part de la lògica que volen conèixer els polítics, els venedors i estafadors, els jutges i advocats, i altres "professionals". Però com que cal conèixer la lògica formal per entendre la informal, molts acaben al terreny de les fal·làcies. Normalment això no sembla un problema, ja que la gent en general tampoc entén aquest tipus de lògica; encara que des de fa molt temps, els lògics han intentat ensenyar tot això al públic sense gaire èxit.

A la lògica informal hi intervenen molts camps, i entre ells, l'estudi del llenguatge és un molt important. De fet, ja a les universitats de l'edat mitjana, com a Oxford, el primer que s'estudiava era el *trivium*: gramàtica, retòrica i lògica (dialèctica), i el segon curs era ja pel *quadrivium* (aritmètica, geometria, música i astronomia).[WP] En canvi, als estudis actuals hem transformat això a més de 10 anys continus de gramàtica i matemàtiques, amb els resultats abans esmentats sobre la penetració de la lògica.

3.3 Lògica de termes

El primer sistema lògic de què parlaré és potser el més antic, la lògica de termes. És el sistema que va explicar l'Aristòtil a l'*Organon*, però va continuar sense canvis fins que va arribar la *lògica de predicats*, al segle XIX.

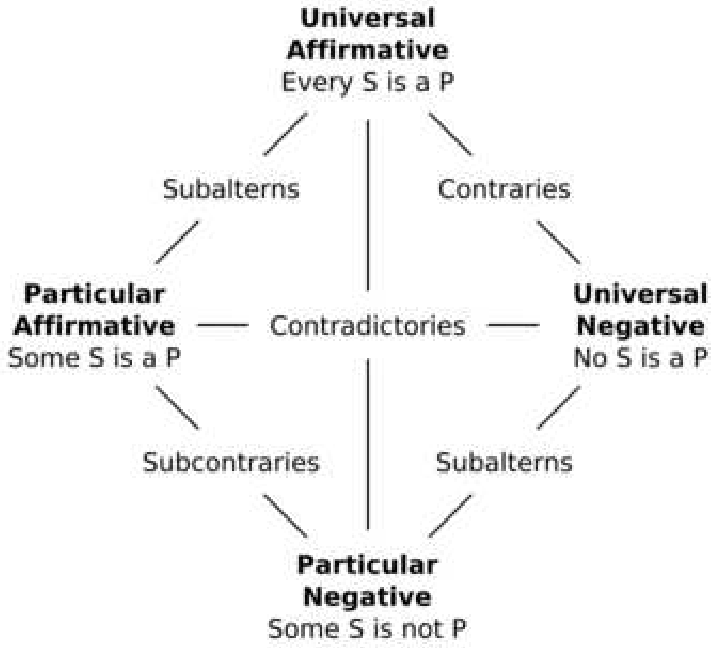
Hi intervenen tres coses:

- **Terme**: és una idea, però que no és ni certa ni falsa. Per exemple, "home" o "mortal" (famosos exemples).
- **Proposició**: consisteix en dos termes, de forma que a un se l'afirma o nega l'altre. Això sí que té valor de veritat. Exemple, "els mortals no són homes".
- **Sil·logisme**: inferència on una proposició es deriva necessàriament d'altres dues.

Se li diu *lògica de termes* perquè a cada proposició hi ha dos termes. Però a més, cada proposició pot ser *universal* o *particular*, i també *afirmativa* o *negativa*. Per tant, queden quatre tipus:

- **Tipus A**: universal i afirmativa ("tots els gossos són mortals")
- **Tipus I**: particular i afirmativa ("alguns exemples són absurds")
- **Tipus E**: universal i negativa ("cap filòsof és ric", o "tots els filòsofs són no rics")
- **Tipus O**: particular i negativa ("alguns gossos no són filòsofs")

Llavors, Aristòtil proposava un *quadrat d'oposició* que indica les incompatibilitats entre les 4 versions d'una proposició. De [WP]:



I diu que:

1. Almenys un dels universals ha de ser fals
2. Les proposicions contradictòries tenen valors de veritat oposats
3. Els universals fan que siguin certs els seus *subalterns*
4. Al menys una de les 4 opcions és certa

Això té un error greu, que es veu amb la proposició "tots els S són P". A la lògica moderna, això no vol dir que *existeixi* cap S, però Aristòtil - segons el punt 3- vol implicar que "alguns S són P", cosa que no quadra ($\forall x Px \nRightarrow \exists x Px$). A aquest problema li diuen *problema de l'existencial importat.*

D'aquesta lògica sil·logística ve el famós exemple que commemora la mort de Sòcrates:

Tots els homes són mortals.

Sòcrates és un home.

Sòcrates és mortal.

Però aquí s'ha afegit un nou concepte: els *termes singulars.* No diem "Tots els Sòcrates són homes" ni "Alguns Sòcrates són homes", però Aristòtil ja explica al llibre *Metafísica* que no es pot afirmar "Sòcrates" per més d'una persona, i que per això no diem el $\forall$ ni el $\exists$. Més endavant es van intentar corregir aquestes complicacions gramaticals; per exemple, Antoine Arnauld (1612-1694), al seu *Lògica de Port Royal*, suggereix simplificar-ho a "tots els Sòcrates". En canvi, Frege (1848-1925) aprofita aquests problemes per desbancar a la lògica de termes.[WP]

La lògica de termes té altres problemes expressius. Per exemple, no hi ha manera de dir coses més complexes que el sil·logisme, com "Existeix un gat que es menja a *tots* els ratolins" (tindria dos quantificadors). El *Begriffsschrift* de Frege va ser la primera lògica en tractar bé amb els quantificadors per mitjà d'assignacions a variables.

A més de la formalització, Aristòtil també impedeix molts raonaments; per exemple, sabem que "tots els cotxes són vehicles", però no podem deduir que "tots els propietaris d'un cotxe són propietaris d'un vehicle".

Tot això fa que, poc a poc, s'abandoni la lògica de termes. No va ser un canvi brusc al 1890-1910 degut a les obres de Frege i Russell, sinó que es va trigar uns 70 anys, i fins i tot Quine[3] (1908-2000) en parla molt al 1982 al seu *Methods of Logic* (a més d'altres mètodes, és clar).

No obstant, alguns pensen que la lògica de termes s'hauria de recuperar, ja que la *lògica de predicats* (la nova) és massa artificial i llunyana als raonaments que fem a la vida diària, a més de tenir alguns problemes. Fred Sommers (1923-), a *The Logic of Natural Language*, proposa una nova sil·logística que podria funcionar; però el problema, diu, és que:[WP]

> The older logic of terms is no longer taught and modern predicate logic is too difficult to be taught. School children a hundred years ago were taught a usable form of formal logic, today -in the information age- they are taught nothing.

3.4 Lògica proposicional

Aquesta és la *lògica de predicats d'ordre zero* (LP0), i treballa amb conceptes senzills que són certs o falsos (plou, fa sol, etc.). A la d'ordre 1 ja hi apareixen variables ("el dia x hi plou", "el dia x plou a la comarca y", etc.), i a la d'ordre 2 hi apareixen variables i predicats ("tot fenomen meteorològic f dels anteriorment esmentats té un dia x a on ocorre").

Com que a LP0 no hi ha variables, tampoc fan falta els quantificadors. La seva sintaxi és molt senzilla: [Sal98, p 3]

1. Tot àtom (P, Q, R, S, ...) és una fórmula ben formada.
2. Si A és una fórmula ben formada, $\neg A$ també ho és.
3. Si A i B són fórmules ben formades, també ho són $(A \wedge B)$, $(A \vee B)$ i $(A \Rightarrow B)$.

[3] Una cita seva, de [WP]: "To be is to be the value of a bound variable"

4. No hi ha més fórmules.

A més, permet fer raonaments de forma fàcil, amb la *deducció natural* (explicació a [Cle04]). Per exemple, aquí ve la demostració de $\neg A \vee B \vdash A \Rightarrow B$, que és un cas no tan trivial (ni tan *natural*):

1	$\neg A \vee B$	
2	$\mid A$	H
3	$\mid \ \mid \neg A$	H
4	$\mid \ \mid \ \mid \neg B$	H
5	$\mid \ \mid \ \mid A$	IT 2
6	$\mid \ \mid \ \mid \neg A$	IT 3
7	$\mid \ \mid \neg\neg B$	I$\neg$ 4,5,6
8	$\mid \ \mid B$	E$\neg$ 7
9	$\mid \ \mid B$	H
10	$\mid \ \mid B$	IT 9
11	$\mid B$	E$\vee$ 1,8,10
12	$A \Rightarrow B$	I$\Rightarrow$ 2,11

La deducció natural intenta reproduir la manera de raonar que tenim els humans. Inclou les operacions lògiques més antigues, com la *reducció a l'absurd*, ja usada per Pitàgores 5 segles aC. a la demostració de la irracionalitat de $\sqrt{2}$ (molt abans que Aristòtil pensés la seva lògica de termes).

Encara que feta pels humans des de fa temps, va ser formalitzada als anys 1930. Jan Lukasiewicz [4] va suggerir la idea al 1926, i Jaskowsky va fer un intent (sense molt èxit) al 1929, usant diagrames. Va ser l'alemany Gerard Gentzen (1909-1945) qui al 1935 i a Göttingen va introduir el primer model funcional. [WP]. Però el model de Gentzen era una mica complex, i -per sort- Fitch va inventar (al 1944) una notació més senzilla, que és la que apareix al diagrama de dalt.

La majoria de raonaments dels quals les persones discutim habitualment poden ser escrits sense molts problemes amb lògica proposicional i ser demostrats amb deducció natural. Refutar arguments és més complicat: es pot fer per resolució, però com que no s'assembla molt al nostre llenguatge natural ni forma de pensar, el que fem habitualment és utilitzar l'argument a refutar com a hipòtesi, inventar alguna cosa que depengui d'aquest, i intentar arribar a una contradicció (per tant, *reductio ad absurdum*).

[4] Que va néixer a Galícia, però a la d'Àustria. Ara ja no existeix, i el territori pertany a Polònia i Ucraïna (potser ho van fer per resoldre ambigüitat)

El problema que podem trobar és que la lògica proposicional no és molt expressiva si volem parlar de relacions. Per exemple, es pot formalitzar "si Peano té raó però Quine no, llavors Russell tampoc" com $P \wedge \neg Q \Rightarrow \neg R$. Però quan volem dir "si Peano és amic de Quine, i Quine de Russell, llavors Peano és amic de Russell" ja necessitem la lògica de primer ordre: $Apq \wedge Aqr \Rightarrow Apr$.

3.5 Lògica de primer ordre

La lògica de predicats d'ordre 1 és la més comuna ja que cobreix les necessitats de la majoria d'usuaris. És com LP0, però inclou l'ús de variables, quantificadors ($\forall$ i $\exists$), i noves regles de deducció natural per a aquests dos. Però, és clar, les variables tenen un domini possible, una assignació, pot haver-hi constants, les fórmules es poden unificar, skolemitzar, i maltractar de moltes altres maneres que abans no teníem.

Per tot això, la LP1 és suficient per formalitzar la teoria de conjunts, i per tant gairebé tota la matemàtica, excepte alguns temes de topologia.

El problema és que, a diferència de LP0, la lògica de primer ordre no és decidible. No hi ha cap procediment de decisió que ens permeti dir, per a una fórmula P, si P és vàlida o no. Aquest resultat el van trobar de manera independent Church i Turing.

I per a la validesa, el problema de la decisió és semidecidible. Tal com diu el teorema de la *completesa* de Gödel del 1929, qualsevol fórmula que sigui lògicament vàlida és demostrable. Així va demostrar la completesa de LP1, fent un gran favor a tots (Hilbert havia demostrat la completesa de LP0, però amb LP1 no va poder).

3.6 Lògica de segon ordre

LP2 (lògica de predicats d'ordre 2) és com LP1 però pot quantificar proposicions a més de variables. És més expressiva, però no té la propietat de completesa (això ha espantat els lògics i ha fet que utilitzin més la de primer ordre). George Boolos[5] (1940-1996) va veure que aquesta incompletesa només passa a la lògica de segon ordre poliàdica (predicats de n llocs, amb $n > 1$), però la monàdica (amb predicats d'un lloc) és no només completa i consistent, sinó també decidible. Fins i tot és millor que la de *primer* ordre poliàdica. [WP]

La de segon ordre va sorgir de la presentació inicial de la lògica de predicats de Frege (la primera). Ja distingia dos tipus de quantificacions diferents (de variables o de predicats) però no ho classificava com lògiques diferents. Quan els lògics van descobrir la paradoxa de Russell, van veure que hi havia alguna cosa que no quadrava, i la lògica de predicats es va separar en dos: LP2 i LP1.

[5] no confondre'l amb l'original, Boole (1815-1864)

Aquesta paradoxa, descoberta per Bertrand Russell al 1901, proposava considerar el conjunt de "tots els conjunts que no s'inclouen a ells mateixos com a membres":

$M = \{A \mid A \notin A\}$

Es conté M a si mateix? Si es contingués ($M \in M$), no seria un membre de M segons la seva definició. Però, si no es conté ($M \notin M$), llavors ha de ser inclòs en M, altre cop degut a la definició de M. Per tant, tant $M \in M$ com $M \notin M$ porten a una contradicció.[6]

Russell va escriure a Frege al 1902, just quan Frege anava a començar a escriure el segon volum del *Grundgesetze der Arithmetik* (*Lleis bàsiques de l'aritmètica*). I Gottlob Frege, que havia basat tota la seva obra en la suposició de que la intensió i la extensió d'un conjunt sempre coincideixen, es va deprimir molt i va passar una època de crisi (1904-1908) sense ganes de fer lògica.

La paradoxa va motivar que es fes una lògica de primer ordre, on conjunts i propietats no es poguessin quantificar.

Encara que quan *fem lògica* acostumem a pensar sempre en la de primer ordre, els humans també utilitzem la de segon sense adonar-nos. Per exemple, no és res de l'altre món preguntar "En què s'assemblen el Boole i el Boolos?", i amb això estic preguntant que quina és la propietat (de totes les que hi ha) que tant un com l'altre compleixen.

3.7 Lògica modal

La lògica modal intenta apropar-se més al pensament humà i del llenguatge natural, i ho fa complementant la lògica de predicats (una qualsevol) amb *modalitats* que indiquen les condicions en què és certa o falsa cada proposició. Per exemple, afegeix paraules com *pot*, *podria*, *potser*, *ha de*, *possiblement*, *necessàriament*, *alguns cops*, etc.

Però això dóna moltes complicacions, ja que el llenguatge natural és molt ambigu (i de vegades llunyà als conceptes en què pensem). Considerem aquestes dues frases:

1. "Veig uns quants núvols. Podria estar plovent a fora"

2. "No siguis tan optimista; ara podria estar plovent"

[6] Estem dient que una proposició P (la de "M s'inclou a sí mateix") sembla que no és certa ni és falsa. Això no quadra perquè sabem que sempre passa que $P \vee \neg P$, però, i si ens fem *intuïcionistes* i no creiem en aquest *principi del tercer exclòs*? Llavors sí que podria ser possible això...

Però en realitat tampoc ajuda molt: suposem que tenim $P \Leftrightarrow \neg P$. Llavors P implica $\neg P$, per tant, $\neg P$. I, anant cap a l'altra direcció, això implica que P. Per tant, hem deduït P i $\neg P$ de la nostra suposició, sense haver usat el *principi del tercer exclòs*.

Conclusió: no pot passar que P i $\neg P$ tinguin el mateix valor de veritat.

A les dues es parla de possibilitat de ploure, però la diferència és que a la primera es parla d'una cosa que pot passar al nostre món (*possibilitat epistèmica*) mentre que a la segona, de com les coses podrien haver sigut diferents a un món alternatiu al nostre (*possibilitat metafísica*) (però això no fa que perilli el nostre món).

En realitat la diferència es fa entre possibilitat *remota* (context alternatiu) i possibilitat *propera* (context actual). Al llenguatge natural sovint les confonem quan hem de fer suggeriments, per semblar més educats ocultant el que pensem i comprovant si l'altra és persona és capaç de deduir-ho (si ho és, és que també té interès). Per això diem "Podríem anar a prendre un cafè" en lloc de "Podem anar...". Nosaltres allunyem la possibilitat i deixem que l'altre l'apropi.

A més, el temps també ens complica les coses: si ahir va ploure, podem dir que "Potser demà no plourà", però alguns no acceptarien un "Potser ahir no va ploure". Sembla que el passat és fix i que, per tant, tot allò que diem ha de ser necessàriament cert o fals.

Les interpretacions de lògica modal normalment consideren tots els mons lògicament possibles. Si una proposició és certa a tots els mons, és *necessàriament* certa. Si és certa al nostre món, però no a tots, és una veritat *contingent*. I si és certa a algun, però no necessàriament al nostre, és una veritat *possible*.

Hi ha moltes lògiques modals diferents, encara que no totes formals. Aristòtil ja en parla una mica, però qui la desenvolupa són els escolàstics (que consideraven l'*essència* i *accidents* de les coses). A l'època medieval, les obres importants de lògica modal són de Guillem d'Ockham (el de la navalla [7]) i John Duns Scotus. La formalitza C. I. Lewis, i altres (Saul Kripke, Vaughan Pratt, A. N. Prior, ...) la complementen. [WP]

3.8 Lògica difusa

Aquesta és una altra extensió de la lògica booleana, que permet assignar a cada proposició un valor de veritat *real* (de $\mathbb{R}$) entre 0 i 1 en lloc de només 0 i 1. No és el mateix que la *probabilitat*: per exemple, tenim aquestes dues frases:

1. "Estic un 80% a la universitat"

[7] Navalla d'Ockham: "*Donades dues teories que aconsegueixen explicar un problema per igual, queda't amb la més senzilla*".

A vegades es sobre-simplifica a: "L'explicació més simple és normalment la millor", però això té dos problemes:

1. la *navalla* original només parla de dues explicacions que són igualment predictives i vàlides
2. l'original no diu quina és la millor, sinó quina va bé usar temporalment (potser després la complexa és la correcta).

2. “Hi ha una probabilitat del 80% de que estigui a la universitat”

La primera parla d'un fet concret (no és res que calgui decidir a cara o creu), i la puc dir si encara em falta un 20% de viatge per arribar-hi en l'autobús. La segona, en canvi, no diu res sobre a on estic ara, però ajuda a imaginar-s'ho. En aquest cas, les opcions són només dues: o estic (80 de cada 100 casos) o no estic (20 de cada 100).

Es suposa que la lògica difusa és una de les coses que els humans fem molt bé i els ordinadors no, però els mètodes per treballar amb valors difusos no són res de naturals per nosaltres; al contrari, s'han de fer molts càlculs numèrics i gràfics (pensant en funcions complexes).

A més, és un tema que dóna moltes discussions (encara que està bastant acceptat que funciona): alguns enginyers la rebutgen (potser és perquè el nom -*fuzzy logic*- suggereix que és una lògica no molt clara, que no es sap bé com funciona), els estadistes continuen preferint la probabilitat per descriure la incertesa, i altres diuen que no pot ser un superconjunt de la teoria de conjunts ja que les funcions de pertinença són definides amb conjunts convencionals. [WP]

El fet és que s'usa a algorismes i mecanismes de control (rentadores, ascensors, aire condicionat, processament d'imatges, codis de correcció d'errors, etc.) però no molt per a comprendre el llenguatge. Ni tan sols nosaltres sabem donar els valors de veritat de cada cosa que diem... i encara que he deixem en dos o tres valors (“no estic segur”, “estic bastant segur”, “estic molt segur”), continuem dient disbarats. Per tant, deixo la lògica difusa per als ordinadors i la intel·ligència artificial, però no per a la nostra.

3.9 Il·lògica

Hi ha moltes visions alternatives de com pensa la gent i de com hauria de ser la ciència. Com que sempre intenten ser diferents de la realitat, crec que val la pena conèixer algunes per les idees que aporten.

L'absurd és present a molts llocs; el *surrealisme*, *dadaïsme* i *futurisme* (a principis del segle XX) ja consideraven que la il·lògica era la base de l'art. A més, els *patafísics* ja porten des de 1893 (amb Alfred Jarry) fent la seva versió de la ciència i metafísica (a base de *patàfores*), encara que no molt estricta. [WP]

Però la il·lògica viu el seu esplendor molt abans, gràcies a Lewis Carroll (Charles Lutwidge Dodgson, 1832-1898). Quan sortia de pícnic amb les filles de Henry Liddell, anava inventant les històries que després escriuria a *Alice's Adventures in Wonderland* i a *Through the Looking Glass* (encara que el que ell volia escriure era el *Symbolic Logic*, que no anava d'aventures). Als llibres d'Alícia ja hi apareixen tot tipus de jocs de lògica i il·lògica.

Hi surten jocs de paraules, paròdia, sàtira, jocs i endevinalles, absurditats, paràboles, somnis i malsons, elements Freudians, experiències psicodèliques, referències als Liddell i a la comunitat d'Oxford, i altres.

Carroll coneix la lògica i el llenguatge, però l'utilitza a la seva manera, proposant ignorar les limitacions i "*creure les coses impossibles*". També va ser capaç d'escriure tot un poema amb paraules sense significat (que molts ja s'han encarregat d'investigar i inventar). Aquesta és la primera estrofa del famós *Jabberwocky*: [WP]

> 'Twas brillig, and the slithy toves
>
> Did gyre and gimble in the wabe;
>
> All mimsy were the borogoves,
>
> And the mome raths outgrabe.

Hi ha molts altres sistemes basats en la il·lògica. Per exemple, l'escriptor Jorge Luis Borges (1899-1986) escriu a *Tlön, Uqbar, Orbis Tertius*: [Bor40]

> Este monismo o idealismo total invalida la ciencia. Explicar (o juzgar) un hecho es unirlo a otro; esa vinculación, en Tlön, es un estado posterior del sujeto, que no puede afectar o iluminar el estado anterior. Todo estado mental es irreductible: el mero hecho de nombrarlo -id est, de clasificarlo- importa un falseo. De ello cabría deducir que no hay ciencias en Tlön -ni siquiera razonamientos. La paradójica verdad es que existen, en casi innumerable número.

O sigui, que cada idea és independent de les altres, i és inútil buscar relacions entre elles. És similar al que volien els sofistes: que no importa el valor de veritat d'una proposició, perquè això és una cosa que ha de decidir cada jutge, i la seva decisió és indiscutible.

Una altra manifestació del pensament il·lògic està a les religions. Apart de les tradicionals (que no són el tema aquí), n'hi ha alguna creada per diversió i basada únicament en l'absurd (però amb el seu conjunt de regles, lleis, llenguatges, etc.). En són exemple el *Pastafarisme* (la del *monstre de l'espagueti volador*), i el *Discordianisme* (basada en el caos). [WP]

Un exemple de l'absurd actual -a més dels *Monty Python*- és el projecte *Uncyclopedia*[8] , semblant a *Wikipedia* (tothom la pot editar), però on s'accepten tota classe de mentides, sempre que siguin divertides. Actualment, amb 12 mesos de vida, ja té més de 18.000 articles, i per tant supera a molts altres mitjans de comunicació, que a més no arriben al mateix nivell.

Però, de fet, al nostre llenguatge diari continuem usant la lògica (o intentant-ho), en lloc de la il·lògica. Això pot ser degut a que s'ha de conèixer bé la lògica per saber saltar-se les regles a gran escala; o potser només ens comportem de forma "lògica" per por a contradir-nos i quedar en ridícul.

[8] `http://uncyclopedia.org/`

3.10 Llenguatge natural

Arribem al llenguatge més expressiu (per nosaltres) però més difícil (per les màquines). De llengües n'hi ha moltes (unes 7.000) i s'assemblen bastant a la lògica: tothom n'utilitza alguna per a expressar-se (encara que l'hagin d'aprendre per obligació), i existeixen uns quants personatges estranys que es dediquen a estudiar-les i inventar-ne de noves.

Com que no és temari de l'assignatura, només explicaré per sobre les característiques interessants d'algunes llengües, i una mica d'història. Una bona introducció a la diversitat lingüística és [Rel46], i a Internet podem trobar moltes pàgines sobre el tema.[9]

3.10.1 Alguns exemples

El **llatí** (parlat i escrit des dels segles 9 ó 8 aC) és dels complicats, amb 5 declinacions per als noms i 4 conjugacions per als verbs. Va ser el vehicle de cultura durant més d'un mil·leni, abans de que la *lingua franca* passés a ser el francès (segle 18) i després l'anglès (segle 19). Però, encara que el llatí va desplaçar les llengües parlades anteriorment a les províncies romanes, no va aconseguir imposar la seva puresa, ja que es distingien dues versions: el llatí perfecte (*sermo nobilis*), la llengua del Senat i dels dirigents; i el llatí del poble (*sermo vulgaris*), parlat a la ciutat. El que avui coneixem és el culte, però el vulgar ha influït molt més als idiomes moderns. [Rel46, p. 104]

El **grec** també es parla des de fa molt i s'escriu des del segle 14 ó 13 aC. Té molts dialectes (com l'eòlic, l'iònic i el dòric), a sobre amb subdialectes (per exemple, l'àtic, derivat de l'iònic, és la llengua de Plató i Aristòtil). Durant el regnat d'Alexandre Magne (356-323 aC) es va crear un dialecte comú, el Koiné (Κοινή , comú), per poder comunicar-se entre el seu exèrcit. [WP]

El **castellà** és un idioma fàcil en fonètica degut a les seves 5 vocals, però no per això és l'idioma més fàcil. Els verbs són molt nombrosos, i utilitzem gairebé totes les conjugacions, fins i tot el subjuntiu (a diferència de, per exemple, el francès, que també té moltes formes verbals, però només s'usen unes poques). Altre problema són els verbs "*ser*" i "*estar*", que a vegades indiquen la mateixa relació, però s'usen sense gaire lògica (es comú escoltar "*es bien*" als estrangers). A més, no és el mateix "*ser bueno*" que "*estar bueno*", ni "*ser listo*" que "*estar listo*". Diuen que "*ser*" és per marcar una relació que es compleix sempre ("*ser alto, bajo, amable*"), i que "*estar*" serveix per a parlar d'un fet puntual ("*estoy contento*"). Però llavors, com expliquem que "*Londres está en Inglaterra*"? (si sempre ha sigut allà). I per què "*ser aprobado*" és el fet puntual i "*estar aprobado*" l'acció duradora? [Rel46, p. 122]

[9] Per exemple, a `http://www.zompist.com/numbers.htm` trobem en 5.000 idiomes una cosa tan bàsica com els nombres del 1 al 10, i són molt diferents...

El **català** (que vol dir el mateix que *castellà*: home del castell), va escapar al procés de castellanització de la Península (igual que el gallec), i per això es conserva en una forma més arcaica i pura. [Rel46, p. 124]. Tot i així, en l'actualitat està molt actiu i és vàlid per a parlar de noves tecnologies, en contraposició amb el castellà, on no ens agrada escriure el "*cederrón*" o "*deuvedé*" que proposa la RAE.

El **japonès** usa quatre estils d'escriptura diferents: *kanji* (basat en el xinès), *romaji* (romanització), *hiragana* (per paraules soles o simples), i *katakana* (per paraules estrangeres). A més, tenen quatre modes per mostrar el respecte que tenen amb el parlant, i també numerals diferents que depenen de la forma o tipus d'allò que estan contant. Per tant, els japonesos han de saber canviar de context ràpidament. És un idioma aglutinant (com el basc), que a partir de síl·labes curtes i clares (com les nostres vocals), forma paraules molt llargues (com les de l'alemany, però amb més vocals). Des del punt de vista lògic és interessant perquè un concepte és combinació de partícules petites i indivisibles, algunes de les quals marquen les funcions de les altres (per exemple, *wo* es posa abans del complement directe). Exemple, de [WP]:

watashi wa mainichi gakko e aruite iku

watashi	wa	mainichi	gakko	e	aruite	iku
1a persona	TEMA	cada dia	escola	CAP A	caminar-ACCIÓ	anar

Cada dia jo vaig caminant a l'escola

El **xinès** és molt diferent del japonès. Cada concepte s'expressa en una síl·laba, per tant les paraules xineses són sempre curtes ("*ma, lai, pu, chiang, ...*"). Però clar, de monosíl·labs no n'hi ha tants com conceptes (només uns 450), i necessàriament s'han de repetir. Així obtenim una ambigüitat impressionant: per exemple, "*chi*" pot significar *saber*, *branca*, *membre*, *recte*, *preu*, *estar quiet*, *mostrar*, *paper*, *només*, *saviesa*, *governar*, ... i molt més. Molt útil per a poesia, però per entendre's, s'han ideat dos mecanismes:

- El primer és variar el to musical de cada síl·laba. Al xinès mandarí (el dialecte més parlat) hi ha quatre entonacions diferents per a cada síl·laba (agut, agut però pujant, greu però pujant, agut i baixant). Això és un mètode bastant curiós per resoldre l'ambigüitat d'una gramàtica, però que complica les coses si volem fer un raonament escrit o a un ordinador.

- El segon és usar paraules compostes. A català, *cura* pot voler dir *medecina*, *persona de l'església*, o *actitud d'atenció*. Doncs per desambiguar podríem dir *cura-medecina*, *cura-església*, o *cura-actitud*. Això ja és molt apropiat per a ser entès per un ordinador o procediment mecànic, però complica l'escriptura de l'idioma.

Però a part d'això, el xinès és fàcil: els noms no tenen gènere ni nombre, el verb és invariable i no hi ha articles. Segons [Rel46, p. 51]:

> Insistimos. La gramática china no encierra dificultades. Con que el estudiante aprenda a cantar sin desafinar (pues si lo hace se expone seriamente a decir *cerdo* en vez de *señor*), y se aprenda de memoria los 40.000 caracteres diferentes de la escritura, asunto concluído. Lo demás carece de importancia.

L'**anglès** s'assembla bastant al xinès. Per una banda, sembla que evoluciona cap a un sistema on les paraules són invariables[10] i d'una sola síl·laba ("*I can make a full phrase with just a lot of short words*") [11]. Però llavors comença a ser ambigu, i els anglesos ho "sol·lucionen" amb el segon mètode dels xinesos: als 36 significats de "*get*" (segons *WordNet*), hem d'afegir els desambiguadors: *get around*, *get away*, *get back*, *get high on*, *get into*, *get lost*, *get up*, i així, amb 40 o més (segons *Moby Thesaurus II*). La majoria no segueixen cap lògica (*break up*, *break down*), cosa habitual en l'anglès, i que també es pateix a la seva ortografia i fonètica tan ofuscada i imprecisa (l'alemany guanya en aquest aspecte). A sobre, a l'anglès també s'ha vist el primer mètode dels xinesos, ja que hi ha paraules que es pronuncien de forma diferent segons el context (*read* present i *read* passat), i molts homòfons, com *to*/*too*/*two*, *their*/*there*/*they're*, *lead*/*led*, *waist*/*waste*, etc.

3.10.2 Parlar de lògica

Resumint: amb llenguatge natural no es pot! A part de l'ambigüitat present a tot arreu, està la imprecisió: diem "*tot*" en lloc de "*la majoria*", "*sempre*" en lloc de "*habitualment*", "*sí*" en lloc de "*probablement sí*", i per ser precisos quan discutim hauríem de precedir cada frase d'opinió amb un "*Jo crec que* ...". Sembla massa complicat per a fer-ho cada dia. A més, encara que una persona s'esforci molt a expressar-se correctament i de forma precisa, el receptor tornarà a entendre'l malament.

Potser és que no ens cal ser precisos, però és que fins i tot a coses tan bàsiques com dir les connectives i negacions ja tenim molts problemes pendents:

La diferència més coneguda respecte a la lògica de predicats és probablement el cas de la "*disjunció exclusiva*". A lògica, $A \vee B$ sempre permet ser

[10] L'anglès antic (l'*anglosaxó*) no ho era: tenia tres gèneres per a les paraules (femení, neutre i masculí), i tot un sistema de declinació amb 4 casos, i a més del singular i plural, un dual, com el grec. També tenia diverses terminacions per al plural; al final va guanyar la "*s*" del plural actual, però encara conservem la "*en*" (per exemple a "*oxen*") i el mètode de canviar la vocal, com l'*umlaut* alemany (*men*, *feet*, *teeth*). [Rel46, p. 150]

[11] Fins i tot en George Boolos va explicar el segon teorema d'incompletesa de Gödel usant només monosíl·labs, en una conferència recollida al *Logic, Logic and Logic*. També està a: `http://www.everything2.com/index.pl?node_id=1189604`

cert degut a $A \wedge B$, però a llenguatge natural, "*fes una cosa o l'altra*" pot indicar exclusivitat o no, depenent del context:

- "*Pots llegir aquest llibre o aquell*". Naturalment, també pots llegir els dos.
- "*Em passaré dijous o divendres*". Per molta gent, és només *un* dels dos dies.

Costa trobar exemples d'os exclusives. En la majoria de casos, la disjunció és inclusiva, però tenim coneixement extern (molts axiomes) que ens diu que $\neg(A \wedge B)$. Un exemple, traduït de [Keg78]:

"*En Joan està al teatre, o està estudiant a la biblioteca*"

Els autors diuen que no hi ha cap confusió sobre el sentit de *o* aquí, ja que *Joan no pot estar a tots dos llocs alhora*. Però en realitat, les coses poden ser més complicades del que semblen: potser l'obra de teatre es representa a la biblioteca, o potser el teatre és la biblioteca, o potser en Joan s'escapa del teatre de tant en tant per anar a estudiar. L'exclusivitat no està garantida, i no s'han trobat frases on necessàriament hi estigui. [Sta01]

George Boole usava $x + y$ per referir-se a coses separades (disjunció exclusiva), però altres lògics, com Peirce i Jevons, van preferir que l'operació bàsica fos la *o inclusiva*, i, respectant el signe $+$, van inventar altres símbols. Sembla que Schröder més tard va començar a usar el $+$ com a disjunció inclusiva. [Awb93]

Per acabar: un cas bonic d'ús de lògica avançada al llenguatge quotidià és el de la gent que, com a resposta, utilitzen algun d'aquests començaments:

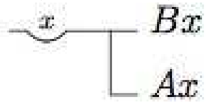
- No! Si ...
- Sí, sí, no, no, ...
- Sí, no, no...
- No, sí, sí, ...
- Sí, no, ...
- etc.

Una *possible* explicació és que coneixen la regla *ex falso quodlibet sequitur* (de fals pot sortir qualsevol cosa, $\square \vdash A$), i posen una contradicció tot just començar ("Sí, no") per protegir-se i poder introduir qualsevol proposició sense cap requisit especial.

Això és l'únic que se m'ocorre; l'explicació real no la sé... crec que utilitzem "sí" i "no" com a sinònims de partícules que no tenim, com per exemple "*entenc el que dius*", o "*rebutjo el que dius*".

3.10.3 El respectem?

El llenguatge lògic és massa senzill com per tenir més excepcions que regles, encara que tothom pot inventar-se notacions noves. Per exemple, quan s'estava construint la lògica de predicats, Frege proposava aquesta notació per dir $\forall x(Ax \Rightarrow Bx)$ al *Begriffsschrift* del 1879 (segons [Sta05]):



De la mateixa manera, algunes persones modifiquen el nostre llenguatge, i alguns canvis tenen èxit, i altres no. A cada idioma existeixen unes quantes regles per formar paraules noves i construir les frases; a alguns, com l'esperanto, amb sufixos ben definits (veure secció 3.11.2 a la pàgina 29), i altres, com els llenguatges naturals, amb prefixos i sufixos que aprenem amb l'ús. Així, som capaços de crear monstres com *significativitat*, *reconsideració*, *desenvolupament*, *operacionalitzar*, i altres [12], que ja han perdut el significat aportat pels afixos de tants que en tenen.

Els experts en el *reconstruccionament* del llenguatge són, sobre tot, els polítics i periodistes. Així ho explica Luis Díez Jiménez a [Jim86], on ens parla del vocabulari tan ridícul i absurd que imposa la televisió i premsa a la societat espanyola, que al 1986 ja participa a l'entorn europeu després d'haver passat molt de temps sense llibertat d'expressió.

[12] Posant alguna d'aquestes paraules estranyes a un buscador web, es troben textos on hi apareixen moltes més

Hi classifica totes les burrades i complicacions excessives que hi veu en aquestes categories (en castellà):

1. *Nuevas frases*: a nivel de, a caballo entre[13], hacer una matización, hecho noticioso, no comporta, problemas puntuales, pesimismo visceral, señalizar el final, la problemática que conlleva, etc.

2. *Nuevas palabras*: ejemplificaciones (ejemplos), desfasaje (desfase), homologable (similar), habitualidad (costumbre), listado (lista), novedoso (nuevo), posicionamiento (postura), etc.

3. *Pedantismos*: colisiones viales (choques en la carretera), contencioso (problema), connotación (significado), sinergia (cooperación), divertimento (diversión), vehiculizar (conducir), minusvalorar (rebajar), maximalizar (aumentar), coadyuvar (ayudar), etc.

4. *Gramaticales*: por esta tarde (esta tarde), vinistes (viniste), de inmediato (inmediatamente), contradizco (contradigo), etc.

5. *Extranjerismos*: stop, exit, stock, test, parking, dossier, hobby, comic, show, etc.

6. *Eufemismos*: territorio nacional, este país, (España), mandatarios (gobernantes), desempleo (paro), ejecutar a los rehenes (asesinar a los rehenes), presunto ladrón (ladrón), pluviometría adversa (sequía), remodelación (cambio), etc.

7. *Género y número cambiados*: habían dos coches, todos y cada unos, otro de los colectivos son, han habido razones, daños de diversas consideraciones, dado de alto, etc.

8. *Hablar en telegrama*: resaltar que (hay que resaltar que), es todo (esto es todo), etc.

9. *Nombres mal dichos*: Juan Sebastián de Elcano (Juan Sebastián Elcano), etc.

10. *Dequeísmos*: considero de que (considero que), te cuento de que (te cuento que), etc.

11. *Verbos con "de"*: me gusta de comer carne (me gusta comer carne), suelo de montar en moto (suelo montar en moto), no se haga de rogar (no se haga rogar), etc.

[13] A un professor d'economia de la FIB li vaig escoltar "*este sistema está a medio caballo entre...*", una estranya mescla del "*a medio camino*" i el "*a caballo*".

12. *Eurogilipuerta varia*: ese señor como persona concreta e individualizada (ese señor), es bastante evidente (es evidente), Carta Magna (Constitución), ambos dos trenes (ambos trenes), conteo (recuento), culturalismo (cultura), climatología (clima), etc.

I analitza altres exemples que ha trobat als diaris, com un que diu que "*la teoría y la práctica han de retroalimentarse*" (alimentar-se pel darrere?).

Tot això es pot resumir en que hi ha gent que utilitza les regles del sistema per fer construccions *vàlides* però innecessàries i equivalents a altres més senzilles. Si els periodistes utilitzessin la lògica de predicats, als diaris ens trobaríem coses com $(P \Rightarrow Q) \Rightarrow Q$ en lloc de P.

De tant en tant hi ha persones que proposen una simplificació de les paraules d'un llenguatge, encara que canviar els hàbits dels parlants és molt difícil (també amb idiomes artificials).

3.10.4 Efectes secundaris

Aquí tornem a la hipòtesi de Sapir-Whorf (el llenguatge que parlem afecta la nostra manera de veure el món). I n'hi ha molts exemples.

Ja s'ha dit que l'idioma xinès és complicat, i necessita molta dedicació. Segons [Rel46, p. 47], aquesta és una raó per la qual els xinesos ens coneixen tan bé, mentre que ells continuen sent estranys per a nosaltres. La seva cultura va estar molt més desenvolupada que l'occidental; per exemple, tenien grans ciutats, filosofia, medecina, literatura (fins i tot imprimien, molts segles abans del Gutenberg). Però quan veiem un text en xinès, un pensa que "això ha de ser molt complicat" i perd les ganes. En canvi, els orientals poden estudiar idiomes aquí i incorporar els coneixements útils a la seva cultura.[14]

Dels xinesos i japonesos també ens arriba la idea de que tenen molta paciència: arts marcials, complexes escultures de marfil, menjar amb pals, puzzles de lògica (com el *go*), etc. En la meva opinió (i de [Rel46, p. 64]), això és degut a la dedicació que han de passar tots els nens quan aprenen més i més ideogrames de l'idioma (i ho fan; el percentatge d'analfabets al Japó és de menys de l'1%). En canvi, els que gaudim d'un llenguatge fàcil d'aprendre com l'espanyol, som coneguts per la nostra vagància i ineficiència (com a país), i només som reconeguts com a inventors de la *fiesta*, la *siesta*, la *paella* i poc més.

També diuen que els japonesos són molt educats. Serà perquè la noció de respecte ja la tenen incorporada al llenguatge? Tenen 3 nivells de respecte (normal, educat simple, educat avançat), amb *honorífics*: afixos que surten a les paraules per mostrar quant respecte tenen amb la persona amb qui

[14] Veig que això no té molt a veure amb història ni amb lògica. Però de tot això s'ha parlat a classe; per exemple, quan es va dir que els grecs també s'inspiraven en altres cultures, simplificant-les si calia (música, medecina, ...), i que també van inventar-se noms per a les coses que veien dels egipcis (piràmides i cocodrils).

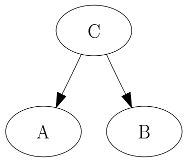
parlen (i això és obligatori). El tema és més complicat, i es pot consultar més a [WP].

Altre *efecte secundari* de l'ús d'un llenguatge natural concret és el sexisme. A molts idiomes, el gènere està codificat a cada paraula, i sempre estarà el dubte absurd de per què *el* Sol és masculí i *la* Lluna femenina (i per què no al revés?). A cada idioma s'usen gèneres diferents. Després està el tema dels pronoms: no els podem usar si no sabem el sexe de l'individu en particular. Sobre l'anglès, a [Sta05b] citen un text de M. Frye[15]:

> If I am writing a book review, the use of personal pronouns to refer to the author creates the need to know whether that person's reproductive cells are the sort which produce ova or the sort which produce sperm.

El problema és que es fa rellevant el sexe on no hauria de ser-ho, i això ajuda a creure's que és molt important diferenciar el sexe en qualsevol àrea.

A alguns idiomes sembla que el masculí és la norma, però crec que el problema és un dels que estudia la *mereologia*[16].



Tenim el concepte C (per exemple, *persona*), que es descomposa en dos, A i B (*home* i *dona* en aquest cas). El problema ve quan C es diu igual que A o que B; en aquest exemple es dóna el cas, perquè "*home*" també és sinònim de persona en general. Mentre passi això, no hi ha molt a fer per solucionar-ho. [17]

La lògica proposicional no té aquests problemes! Però es basa sempre en el llenguatge natural, que és qui dona interpretació per a cada lletra de predicat. Encara que sapiguem diferenciar sense problemes P, Q i R, després P estarà definit com $P(x)$: x és un home, i ja tindrem l'ambigüitat de sempre.

3.11 Llenguatge artificial

Diuen que els llenguatges artificials són *més lògics* que els naturals. Això deu ser perquè el conjunt de regles és totalment conegut (com a qualsevol

[15] Marilyn Frye, "**The Politics of Reality: Essays in Feminist Theory, Freedom**", 1983. Citat a [Sta05b].

[16] Branca de la lògica/matemàtiques/metafísica que estudia les relacions part-tot. El nom ve del grec *meros* (part), i començà al 1927. [WP]

[17] Passa el mateix amb alguns productes comercials: A es pot imposar a C quan C té un nom més complicat que A (ex., "*Tipp-Ex*" en lloc de "*líquid corrector*"), o quan el propietari de A té un monopoli molt gran i se li permet donar a A el mateix nom que a C (per exemple, d'entre tots els *exploradors d'Internet*, en tenim un que es diu "*explorador d'Internet*").

sistema lògic), i perquè és possible fer una gramàtica que digui què està ben format i què no (com a la lògica).

3.11.1 Història

El sànscrit (ara un dels 22 llenguatges oficials de l'Índia) va fer-se més artificial quan Panini (aprox. al segle 5 aC) va formular-hi les 3.959 regles morfològiques. Aquesta gramàtica és coneguda per la seva perfecció, sense redundàncies; i inclou metaregles, transformacions i recursions, que posen la gramàtica al nivell d'una màquina de Turing. [WP] Per això, Panini és altre candidat per al lloc de "*pare de l'informàtica*", junt amb Hilbert.

Altre idioma antic és l'anomenat *Lingua Ignota*, comentat al segle 12 per Hildegard de Bingen; sembla que només era una invenció sobre quin era el llenguatge dels àngels, però no el va parlar ningú. En aquells temps també intentaven trobar quin era el llenguatge d'Adam i Eva abans de la confusió de llengües. [WP]

El primer projecte cristià que cerca un llenguatge ideal és el que fa Dante Alighieri (1265-1321) a *De vulgari eloquentia*, estudiant com ha de ser l'italià ideal per a la literatura. De fet, la seva altra obra, *La divina comedia*, és la que va definir l'italià modern.

Ramon Llull (1235-1315) també buscava el llenguatge perfecte amb l'*Ars Magna*, per convèncer els infidels sobre les veritats de la fe cristiana. Per a altres, el llenguatge perfecte *ja* era la *Bíblia / Alcorà / Rig Veda / llibre_sagrat_favorit*; per exemple, l'àrab escrit actual ha sortit directament de l'Alcorà (mentre que el parlat és diferent entre pobles), i no hi ha cap discussió sobre les paraules que usa (encara que hi hagi estrangerismes), perquè és la paraula indiscutible d'Al·là (Al·là és com la RAE aquí, però li fan més cas).

La idea de Llull i de la càbala (coneixement personal del llenguatge dels déus) es repeteixen contínuament durant el Renaixement mesclades amb la màgia, i d'aquí surten aplicacions cap a la *criptografia* (codis secrets), per exemple el manuscrit de Voynich: un llibre de fa 600 anys, amb 272 pàgines, amb dibuixos i tot, però en un alfabet i llenguatge desconeguts que encara no s'han pogut desxifrar; no es sap si va ser només una broma. [WP]

Els jeroglífics (que sí que van ser desxifrats, al 1822 per Jean François Champollion), i la cultura egípcia, tornen ser d'interès al Renaixement, igual que l'escriptura xinesa. Johannes Trithemius publica la primera obra sobre criptografia: *Polygraphia* (1518), i *Steganographia* (1606). Intenta explicar com tots els llenguatges es poden reduir a un de sol, però la seva reputació com a mag de màgia negra no l'ajuda molt, i menys a l'abadia on està. [WP]

Continuen els llenguatges filosòfics, que intenten unificar l'escriptura o el vocabulari. A 1678, Gottfried Leibniz també creu que no podem raonar fàcilment amb el llenguatge natural "*perquè està ple d'innombrables equivocacions*", i creu "*que totes les idees humanes es poden resoldre en unes poques,* *que són les primitives*". Llavors "*seria possible trobar definicions i valors correctes i, per tant, també les propietats que estan implicades a la definició, de forma demostrable*". Ho diu al llibre "**On the Universal Science: Characteristic**" (sense data), segons [Sta02]. Va començar aquest projecte enciclopèdic ("**An Introduction to a Secret Encyclopedia**", sobre 1679), trobant-se amb que "*hi ha certs termes primitius que poden ser posats, no de forma absoluta, però al menys relativament a nosaltres*" ("**The Art of Discovery**", 1685, quina coincidència amb el que feia el Llull!). Sembla dir que encara que no puguem trobar el llenguatge universal de primitives, es pot trobar un basat en els conceptes que no poden ser descomposats més pels humans.

Leibniz i els enciclopedistes (com Jean le Rond d'Alembert, 1717-1783), van veure que era impossible classificar en un arbre tot el coneixement humà de forma inequívoca, i per tant tampoc era possible aquest llenguatge. A "**Charactère**", D'Alambert critica tots els projectes de llengües *a priori*[18] del passat segle, però el cas és que continuen apareixent més i més. [WP]

Ara es segueixen creant llenguatges artificials com a intent d'idioma universal, per estudiar lingüística, o per diversió. Aquí explicaré uns pocs (3), però primer uns exemples d'alguns que són interessants:

- **Solresol**, 1817: només 7 síl·labes, representables amb notes musicals. La negació es fa cantant les notes al revés.
- **Esperanto**, 1887: deriva del **Volapük**, i té molts descendents, com el **Ido**.
- **Latino sine flexione**, 1903: per Giuseppe Peano; llatí sense declinacions.
- **Ro**, 1904: cada paraula per sí mateixa dóna informació sobre el que vol dir.
- John Ronald Reuel Tolkien (1892-1973) crea uns quants per a la seva ficció; el **Quenya** i el **Sindarin** són els més desenvolupats. Inclouen llegendes, no com els altres idiomes artificials.
- **Basic English**, 1930: només 850 paraules, però conservant les excepcions de l'anglès, encara que no els *idioms* (frases fetes).
- **Lincos**, 1960: pensat per què els extraterrestres el puguin entendre sense estudiar gaire.
- **Loglan**, 1955 (i **Lojban**, 1987): basat en lògica, i pensat per estudiar la hipòtesi de Sapir-Whorf.

[18]Llengua construïda *a priori*: feta des de zero.
Llengua construïda *a posteriori*: basada en altres.

- **Klingon**, 1985: per a Star Trek; intenta semblar estrany i difícil per als humans.
- **Toki Pona**, 2001: vol ser senzill (reduint tot a 118 paraules).

3.11.2 Esperanto

Pensat al 1887 per L. L. Zamenhof (polonès), és probablement el més usat avui en dia.

Té una gramàtica molt simple i sense excepcions, semblant al que podria ser un sistema lògic dels estudiats abans. Es basa en terminacions:

Els noms acaben en **o**. Els adjectius, en **a**. Els adverbis, en **e**.

Els verbs: infinitiu, en **i**. Present, en **as**. Passat, en **is**. Futur, en **os**. Condicional: en **us**. Imperatiu: en **u**.

Així es poden crear molts conceptes usant només una arrel. Per exemple,

- **intereso**: interès
- **interesa**: interessant
- **interese**: interessantment (de forma interessant)
- **interesi**: ser interessant
- **interesas**: és interessant
- **interesis**: va ser interessant
- **interesos**: serà interessant
- **interesus**: si fos interessant / seria interessant
- **interesu**: sigues interessant

Els sufixos són una bona idea per reduir el nombre de paraules del vocabulari, ja que el concepte que expressen totes aquestes paraules és el mateix. Desgraciadament, això no fa l'idioma inambigu. De fet, aquestes terminacions només serveixen per *generar* conceptes, però cap a l'altre costat (*reconèixer*), a un procediment mecànic li costaria, perquè trobem paraules com **do** (acaba en **o** però no és nom, vol dir *i per tant*), **de** (que no és un adverbi), i poques més.

A més, cada paraula es pot construir per composició d'altres (per exemple, tothom entendrà *vortfari* o *vortofari* com *fer paraules*), i afegint sufixos que aporten significats precisos (per exemple, *vortfarado*, procés de fer paraules). Alguns són:

- Lloc on es fa alguna cosa: **ej**. *lerni* (aprendre), *lernejo* (escola).

- Recipient: **uj**. *sukero* (sucre), *sukerujo* (sucrer).
- Conjunt: **ar**. *vorto* (paraula), *vortaro* (diccionari).
- Eina: **il**. *skribi* (escriure), *skribilo* (qualsevol cosa que serveixi per escriure).
- Fer a un altre / a sí mateix: **ig**, **iĝ**. *morti* (estar mort), *mortigi* (matar), *mortiĝi* (matar-se).
- I uns quants més; fins i tot està el **um**: relació indefinida, per quan cap dels altres va bé i el significat es pot entendre pel context: *folio* (fulla), *foliumi* (fullejar).

Tot això (junt amb les preposicions) permeten crear moltes paraules noves sense complicacions. Alguns creuen (ex: Claude Piron, lingüista i psicòleg) que és més fàcil pensar en esperanto que en altres idiomes (altre cop tenim la hipòtesi de Sapir-Whorf). A una conferència[19] diu:

> Esperanto relies entirely on innate reflexes [and] differs from all other languages in that you can always trust your natural tendency to generalize patterns. [...] The same neuropsychological law [- called by] Jean Piaget *generalizing assimilation* - applies to word formation as well as to grammar.

Però com altres idiomes, l'esperanto té el problema del sexisme (ja comentat a 3.10.4 a la pàgina 26), tant als pronoms com a la formació del masculí/femení. Hi ha una paraula base (ex. *kato*, gat), i el sufix **-in** per fer el femení: (*katino*: gata), però a un gat en general també se li diu *kato* (diuen que s'ha d'interpretar de forma "neutra", o sigui, un gat o gata). S'ha proposat usar un altre sufix per al masculí: **-iĉ** per tenir *kato*, *katino*, *katiĉo*; però clar, la llengua ja està feta i costa de canviar.

3.11.3 Toki Pona

El Toki Pona ("*parlar bé*") és una llengua minimalista i d'estudi; no pretén res en especial, només canviar la forma de pensar. Està basat en la idea de Leibniz de reduir tots els conceptes a unes poques idees senzilles; en el cas del Toki Pona, aquestes són 118. Són molt poques, i per tant l'ambigüitat és inevitable. Segons l'autora, Sonja Elen Kisa, això no és dolent ja que fa fixar-se més en el sentit general d'allò que volem, en lloc d'en els detalls.

Exemples d'imprecissions: els animals són *soweli* (mamífers), *akesi* (rèptils i amfibis), *kala* (peix), *walo* (ocell), o *pipi* (insecte), però no hi ha més

[19] Claude Piron, "**The hidden perverse effect of the current system of international communication**", 2003. `http://www.claude-piron.ch/hidden-perverse-effects.html`

divisions (encara que es pot dir ocell bo, ocell gran, ocell llest, ...). *moku* indica tant menjar com beure; *pona* ser bo, simple, arreglar o reparar; *suli*, alt, gran, llarg, important; *toki* és parlar, llenguatge, hola, ... i així amb tot. No hi ha distinció entre present, passat i futur, ni singular i plural. Els colors es formen ajuntant les paraules de vermell, groc, blau, blanc i negre (ex.: taronja és vermell groc). Els nombres són *wan* (1), *tu* (2), *luka* (5, en realitat vol dir mà); es poden combinar per fer els altres (ex. 5+5+2=12), però és millor usar *mute*, molts. A més, *wan* és unir i *tu* dividir.

Ara algunes frases fetes, d'unes leccions[20] a Internet:

- *lape pona*: Bona nit ("descans bo").
- *sina suli*: Tu ets important ("tu gran").
- *sina lon ala lon?*: Estàs allà? ("tu ser_present no ser_present?").
- *mi kama sona e toki pona*: Jo estic aprenent Toki Pona ("jo començar conèixer parlar bo").
- *jan lawa pi tomo tawa telo li moku*: El capità del vaixell està menjant ("persona a_càrrec de casa viatjar aigua , menjar").
- *tomo telo li lon seme?*: On és el lavabo? ("casa líquid , estar_present on?").
- *mi wile pana e telo jelo*: Necessito anar a pixar ("jo voler donar líquid groc").

Encara que sigui tan estrany, és útil per ser processat automàticament (gramàtica de 9 regles), i molt més fàcil que els comunment usats, com l'anglès. Per fer proves de lògica i intel·ligència artificial va molt bé; aquest nivell d'abstracció és el que necessiten els ordinadors.

3.11.4 Lojban

Passem a l'altra banda: mentre el Toki Pona es basa en l'ambigüitat i imprecisió, el Lojban (la *j* com a *bonjour*) vol eradicar-la. És un derivat del Loglan, creat al 1955 per James Cooke Brown (que va fundar el *The Loglan Institute*). Al 1987 es va formar el *Logical Language Group* per crear un derivat, el Lojban, més complet i amb una filosofia lliure[21].

Té moltes paraules (encara que menys que un llenguatge natural), i és igual d'estrany per a tothom, perquè les ha fetes mesclant paraules dels 6 idiomes més comuns. És culturalment neutre, no sexista, fàcil de pronunciar,

[20] `http://tokipona.esperanto-jeunes.org/`

[21] No sempre és així. Molts "idiomes universals" els construeixen *per vendre'ls* al món, anunciat-los com la solució a tots els problemes i dient com de millors són comparats amb l'esperanto. Exemple: Fasile.

i molt expressiu. Al mateix temps, és apte per ser tractat mecànicament, ja que és inambigu (en fonètica i gramàtica), i des del primer moment ha tingut molts recursos necessaris per ser processat per ordinador (com gramàtica i traductor).

L'objectiu del Lojban va ser jugar una mica amb la famosa hipòtesi de Sapir Whorf, construint un llenguatge *diferent* a la resta per veure si això canvia la forma de pensar. Tot i així, s'ha fet amb molta cura, i encara que es pot parlar i escriure com qualsevol altre, s'assembla molt més a la lògica de predicats que als llenguatges naturals.

El primer tret curiós és que s'escriu en minúscules i que no hi ha signes de puntuació, ja que aquesta s'expressa mitjançant paraules ben definides. Al llenguatge natural, on una simple coma pot canviar el significat d'una frase, tenim molts altres signes de puntuació que s'han anat definint amb el temps. A [JMA05, p. 25] trobem la descripció i història de cada signe:

> ":" per aclariments al text (Plató), "¶" l'usa Aristòtil per separar temes (i des del segle 17 es sagna cap a la dreta la primera línia de cada paràgraf), els accents són d'Aristòfanes de Bizanci (195 aC), igual que "*", per indicar ambigüitat. El "." per Alcuino (735-834) per terminar seccions llargues; l'apòstrof, ', per ometre lletres (1510), la coma "," al 1534, l'exclamació ("!") és del 1553 (Renaixement), igual que l'interrogació ("?", 1587), els parèntesi ( ) al 1750, al 1837 el *et* ("&", *ampersand* en anglès, que és *and-per-se-and*). I més.

Tornant al Lojban... aquest expressa la puntuació mitjançant paraules. Per exemple, per obrir un tema nou, es posa *ni'o* (l'apòstrof és una lletra, com la h aspirada de l'anglès o més suau). Les frases es separen amb un *.i* (el punt indica una pausa, està per evitar que les vocals s'ajuntin). Una mostra que usaré a partir d'aquí:

> *ni'o mi bazi klama ti .i do djica ma lenu tcidu*

Això intenta dir: "(nou tema) Jo aniré aquí en el futur pròxim. Què vols per poder assolir el teu objectiu de llegir coses?". Encara que és difícil traduir-ho.

Les paraules principals tenen 5 lletres i sempre la mateixa estructura de consonants-vocals (CCVCV o CVCCV, ex. *klama*: anar, *djica*: voler, *tcidu*: llegir). N'hi ha 1.600, i es poden combinar sense problemes: *klama djica* és voler anar. A més, cada una té una forma abreviada (o més d'una). *klama* té *kla*, i *djica* té *dji*; llavors, en lloc de *klama djica* es pot dir *kladji*, que és més curt i continua podent-se descomposar de forma inambigua en les seves arrels. Per cert, la fonètica és una mica lliure, i si algun grup de consonants és difícil de pronunciar, es pot inserir una *i* curta a mig (només en parlar).

La gestió del temps és molt interessant. Bàsicament, podem parlar de present, passat, i futur (*ca*, *pu*, *ba*, respectivament), però podem afegir:

- Distància temporal: *zi* (curta), *za* (mitja), *zu* (llarga).
- Interval de temps: *ze'i* (curt), *ze'a* (mig), *ze'u* (llarg).
- Regularitat: *di'i* (regularment), *di'inai* (de tant en tant)
- Continuïtat: *ru'i* (contínuament), *ru'inai* (de forma intermitent)
- Hàbit: *ta'e* (habitualment), *ta'enai* (no habitualment)
- I altres.

Per tant, si *klama* és anar, *pu klama* és "haver anat", *puzi klama* és "haver tot just anat", *puzu klama* "haver anat fa temps", *pu zu ze'u klama* "haver anat fa temps i durant molta estona", *ba zi klama* "estar a punt d'anar", *ca ze'i ru'i klama* "anar ara durant poca estona però de forma contínua", etc. Es poden fer moltes combinacions (les partícules poden estar juntes o separades, com que es inambigu no hi ha diferència).

Els nombres es llegeixen enumerant les seves xifres (142.857 = "pa vo re bi mu ze", o tot junt); i el "*res*" i el "*tot*" són nombres també. Podem parlar de decimals, diferents bases, dígits hexadecimals, operacions matemàtiques de tot tipus, equacions, matrius, conjunts, teoremes, ... (té tot un subllenguatge per matemàtiques). Un exemple de [LLG97]:

> go li .abu bi'epi'i vei xy. te'a re ve'o su'i by. bi'epi'i xy. su'i cy. du li no gi li xy. du li vei va'a by. ku'e su'i ja vu'u fe'a vei by. bi'ete'a re vu'u vo bi'epi'i .abu bi'epi'i cy. ve'o ku'e ve'o fe'i re bi'epi'i .abu

Això diu que $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0 \iff x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$. Naturalment, és complicat, perquè això no és el típic tema de conversació amb els amics (i serialitzar una expressió com aquella de forma inambigua és molt difícil). També podem dir-ho com sempre: "*agafes el segon nombre, l'eleves al quadrat, li restes el resultat de l'operació anterior, ...*", però és més llarg i possiblement imprecís.

També podem fer lògica difusa: per expressar quantitats, tenim aquesta escala:

ro	tots
so'a	gairebé tots
so'e	molts
so'i	bastants
so'o	alguns
so'u	pocs
no	cap

Així podem raonar amb quantitats imprecises, sense perdre la precisió.

Però el Lojban té sobre tot lògica proposicional, ja que cada paraula arrel té una estructura de llocs fixada que podem omplir (igual que es fa amb els *frames* a Intel·ligència Artificial). Per exemple, *klama* és anar, però la seva definició és:

> x1 va a x2, des de x3, pel camí x4, usant x5 com a mitjà de transport

I puc dir coses com:

> *mi klama ti le zdani zo'e le karce*

Jo vaig aquí (*ti*) des de la casa (*le zdani*), pel camí inespecificat (això vol dir el *zo'e*, es deixa buit el lloc) usant com a transport un cotxe (*le karce*). També es pot omplir directament un lloc determinat (amb *fa*, *fe*, *fi*, *fo*, *fu*: *mi klama fu le karce*: jo vaig en cotxe), intercanviar els llocs (més complicat), preguntar-ne un (*mi klama le zdani ma*: jo des d'on vaig cap a la casa?), i moltes més coses. És un recurs molt potent que permet accedir a molta informació emmagatzemada a cada concepte.

Tractant-se d'un idioma fet per lògics, no té problemes amb les connectives. Tenim els dos tipus de "*o*", valors de veritat de cada construcció[22], distinció entre el *"si"*, "*si i només si*", i altres; diferents "*i*" depenent de què uneixen (frases, paraules arrel, elements d'un conjunt, ...), etc. Les connectives les podem dir abans de dir els conceptes (planificades, "*forethought*" segons [LLG97, cap. 14]) o un cop ja hem dit una de les parts i volem afegir la segona ("*afterthought*").

Què passa amb el condicional, que sempre ha donat problemes? Doncs apart de la notació $\Rightarrow$, $\Leftarrow$, $\Leftrightarrow$ (que ja no dóna molts problemes als lògics[23]), estan els problemes de causa i efecte. Tenim quatre formes diferents de dir el nostre *perquè*:

- *rinka*, per causa física: *la planta creix perquè la regues.*
- *mukti*, per motivació: *vaig emportar-me el llibre perquè el vaig veure.*
- *krinu*, per justificació: *li van donar el primer premi perquè va guanyar.*
- *nibli*, per implicació lògica: *Sòcrates va morir perquè és humà.*

La negació té un paper especial, ja que és un tema complex que costa de tractar sense entrar en problemes. El Lojban proposa moltes formes de

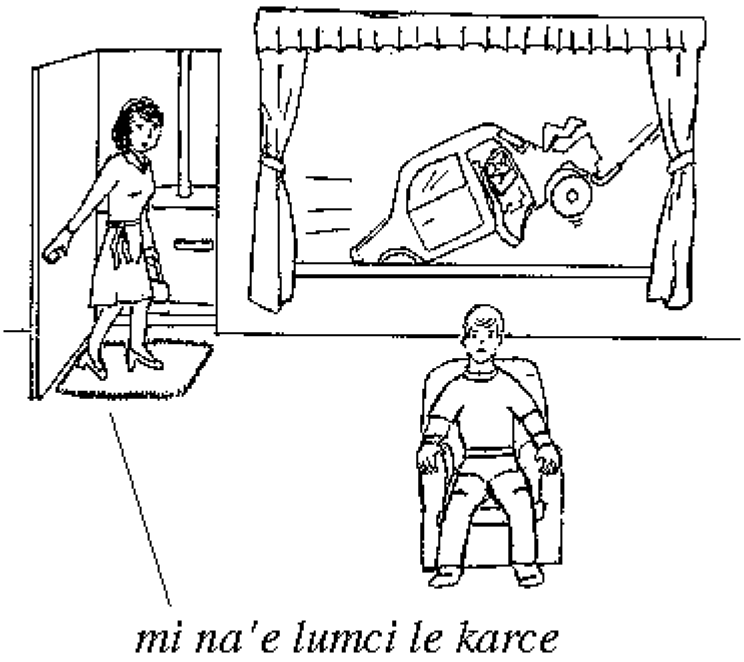
[22] *(Per si està quedant molt avorrit):*
Un lògic està a un ascensor, i entra un altre.
- Puges o baixes?
- Sí.

[23] Excepte quan cal decidir el valor de veritat de coses com $\Box \Rightarrow \Box$

negar conceptes. Per exemple, tinc la frase genèrica "*da broda de*" [24] i la vull negar. Hi ha vàries maneres:

- No és cert que *da* tingui aquesta relació amb *de*. Per exemple, *da* i *de* podrien no tenir cap relació.
- Existeix una relació entre *da* i *de*, però no és *broda* (podria ser altra semblant).
- Existeix una relació entre *da* i *de*, però és la totalment oposada a la que indica *broda*.

Cadascuna d'aquestes té una representació diferent a Lojban. A [LLG97, cap. 15] il·lustren el problema amb:



Diu: "*No he rentat el cotxe*" (és la negació de "*He rentat el cotxe*"). Però literalment, el tipus de negació que està fent és el de "*Jo, amb el cotxe, he fet una acció diferent a rentar*".

Altre cosa interessant és l'assignació de variables. A més de les no especificades (*da*, *de*, *di*, ...) podem assignar variables a les coses. És semblant a:

[24] *da*, *de*, *di*, *do*, *du* són paraules comodí a Lojban, com el *foo* i *bar* a l'anglès. Poden representar qualsevol cosa.

De la mateixa manera, *broda*, *brode*, ... són relacions indefinides.

Per tant, "*da broda de*" s'ha d'entendre com "*x fa alguna cosa amb y*".

"*En un lloc de La Mancha (al qual diré X), ... no fa molt que hi vivia a X un cavaller (a qui diré Y), ...*". No parlem així perquè no tenim el costum, però per estudiar la hipòtesi de Sapir-Whorf cal canviar la forma de pensar.

A més, Lojban (i qualsevol que vulgui parlar usant la lògica) insisteix molt en diferenciar:

- un *esdeveniment* (una cosa que passa) amb un *fet* (una cosa que es pot pensar, expressar, processar, ...).
- una *idea*, amb l'*expressió en paraules de l'idea*. Les cites de paraules textuals d'algú s'han de posar entre marcadors: *lu .... li'u*, però les paraules no són el mateix que la idea.
- un *objecte concret* i "*una cosa que jo tinc al cap i que identifico amb aquest objecte*". Aquesta és la versió de "*paraula*" a què es refereix Humpty Dumpty[25].
- un *grup d'elements*, i els *elements* en sí. No és el mateix "*un grup de 3 gossos em va mossegar*" (et mossega *el grup*, però potser només un dels gossos) que "*3 gossos en grup em van mossegar*" (cadascun d'ells et mossega).
- i altres coses que encara no conec.

Aquestes distincions es fan per conservar l'inambigüitat. Però, de cap manera es pot treure per complet d'un llenguatge. A nivell fonètic sí que es pot (i podrem transcriure un text parlat sense dubtes sobre com es separen les paraules). La gramàtica també és inambigua (podem saber la categoria i funció de cada paraula de la frase). Però a nivell semàntic (què vol dir cada paraula) i pragmàtic (què vol dir el parlant quan ha usat aquesta paraula) continuaran depenent de cada persona. Puc dir "*Jo sóc un gos*" i no queda clar si m'estic referint al meu comportament, gustos, o a que realment en sóc un; és aplicable altre cop la cita de Humpty Dumpty.

O sigui, que el Lojban incorpora molts conceptes que s'han discutit a la lògica durant molt temps (a la part de formalització, no de raonament), i va be conèixer la seva gramàtica i les decisions que han pres els seus creadors. És un llenguatge encara molt nou i que està començant a usar-se a temes d'intel·ligència artificial, com la web semàntica, raonament, traducció automàtica i lingüística computacional.[26]

[25] *'When I use a word,' Humpty Dumpty said, in rather a scornful tone, 'it means just what I choose it to mean – neither more nor less.'*

"**Through the Looking Glass**", Lewis Carroll, cap. 6

[26] Encara que, a la pràctica, no és tan bonic com un voldria. És més fàcil que el llenguatge natural, però és massa potent per ser reconegut per una gramàtica senzilla (ja que incorpora molt *backtracking*, possibilitat de rectificar paraules, referències, i altres coses rares).

4 Conclusions

- Encara no ens hem posat d'acord sobre moltes coses: què és el coneixement?, què és pensar?, quina és la llengua perfecta? Hi ha moltes respostes. També hi ha moltes lògiques, a gust de tothom.

- La lògica i el llenguatge estan molt relacionats. Molts que estudien una cosa acaben fent també l'altra, a vegades sense adonar-se'n. S'ha de tenir en compte que tothom usa la lògica, i tothom usa el llenguatge.

- Quan "fem lògica" usem la lògica proposicional de primer ordre. La de segon és massa complexa.

- Amb el llenguatge natural podem dir de tot, molt més que a LP2, però sense ser estrictes.

- Alguns llenguatges artificials (com Lojban) s'assemblen més a la lògica que a altres llenguatges.

- He escrit molt d'idiomes perquè volia parlar del Lojban. I és que crec que hi són contemplats molts problemes que ha tingut la lògica a la seva història, i que hi incorpora molts models lògics (al menys la seva sintaxi): lògica de termes (relacions simples entre dos conceptes), proposicional, de primer ordre (arrels amb predicats), de segon ordre (permet quantificar tot), modal (mitjançant partícules concretes), difusa (implementada mitjançant decimals entre 0 i 1), il·lògica, etc.

- Altra conclusió: m'agrada el Lojban (encara que no l'he acabat d'estudiar, però crec que ajudarà bastant a l'estudi de la Intel·ligència Artificial).

5 Sobre aquest document

Està molt resumit, per falta de temps. Volia parlar també de l'expressivitat que ofereixen uns quants llenguatges de programació (que també serveixen per representar coneixement), entre ells també havia d'estar el mateix número de Gödel. També havia de parlar de què fa la IA quan treballa en aquests temes (per processar llenguatge, s'usen coses molt semblants al Lojban). I també volia explicar i aprendre més coses sobre l'Ars Magna del Ramon Llull; es suposa que era la llengua perfecta però no sé encara en què consisteix exactament.

També volia fer un apartat d'*Aspectes lògics* i un altre d'*Aspectes lingüístics*, on comparar cada sistema en els següents temes: referències, relacions indefinides, conjunció, quantificació, composició de conceptes, matemàtica, raonament; i alfabets, puntuació, pronunciació, abreujaments, etimologia, regles i excepcions, gramàtiques, ambigüitat, efectes secundaris. Però és massa feina, i poc relacionada amb l'assignatura, potser a altre treball.

5.1 Bibliografia i referències

Els recursos que més he consultat són:

- **Wikipedia**: és la font principal que he usat per descobrir coses noves, que després he anat comprovant a altres fonts. També m'ha ajudat a trobar bibliografia relacionada amb el que buscava. De fet, les idees que hi havia a molts llibres també hi són incloses a la Wikipedia, i fins i tot parts de la *Encyclopaedia Britannica* de 1911, que està al domini públic. Hi he consultat centenars d'articles (la llista és massa llarga): biografies, descripcions d'idiomes, classificacions, informació sobre llibres, i molt més.

- El llibre "**Babel**", d'Emilio Relaño, m'ha servit com a introducció per conèixer per sobre els tipus i famílies d'idiomes que hi ha al món, que són moltes.

- "**Diccionario del español eurogilipuertas**", de Luis Díez Jiménez (autor també de "*Antología del disparate*"), explica al 1986 la tendència que periodistes i polítics estan seguint amb el llenguatge, complicant-lo i creant paraules i construccions cada cop més il·lògiques. Algunes de les paraules de les quals s'estranya (*inicio*, *finalizar*, ...) ara ja les hem assimilades i no ens semblen especials, però, segons ell: "*. . . , y que ahora, a fuerza de oírlos, nos van pareciendo hasta normales, incluidos el* entorno *y el* contexto*, pues, que uno recuerde, antes no se usaban*" (p. 37).

- A la **"Stanford Encyclopedia of Philosophy**" he trobat articles llargs sobre bastants temes, amb molta bibliografia. A més és actual, de lliure accés, s'entén bé, i és menys avorrida que la Britannica.

També tinc un llistat d'obres que m'hauria agradat molt llegir (i m'anirien molt bé), però que no ho he fet per falta de temps:

- Umberto Eco, "**La búsqueda de la lengua perfecta**", 1994. Parla d'en Llull, Leibniz, Wittgenstein, els jeroglífics, l'esperanto, i moltes altres coses interessants.

- Logical Language Group, "**The Complete Lojban Language**", 1997. Tota la gramàtica, amb molt més contingut històric, sobre idiomes en general, problemes amb què es troba la lògica en cada tema, etc.

- Douglas Hofstadter, "**Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid**", 1999. Molt llarg per llegir en època d'exàmens.

- L.L. Zamenhof, "**Esenco kaj estonteco de la lingvo internacia**", 1900. Parla no exclusivament de l'esperanto, sinó de llengües en general, i de les característiques que creu que ha de tenir una d'internacional.
- Altres llibres de Martin Gardner i Lewis Carroll. Per a aquest treball m'hauria anat bé conèixer millor les obres de Leibniz, Llull i Wittgenstein, i potser altres. Els clàssics (Aristòtil, Plató, ...) no; diuen coses massa esbojarrades i no inclouen demostracions.

A continuació poso les referències (a llibres o pàgines web) que surten durant el treball. Molts són de documents que he llegit del tot; les referències puntuals o de llibres que no conec les he posades com a peu de pàgina.

Referències

[WP] **Wikipedia**. Informació extreta de tots els idiomes, sobre tot de l'anglès. `http://www.wikipedia.org/`

[Awb93] Jon Awbrey, "**Differential Logic and Dynamic Systems**", 1993. Ho comparteix amablement a `http://suo.ieee.org/ontology/msg04799.html`.

[Blu02] Nathaniel Bluedorn i Hans Bluedorn, "**The tree of logic**", 2002. `http://www.christianlogic.com/articles/subject_of_logic.htm`

[Bor40] Jorge Luis Borges, "**Tlön, Uqbar, Orbis Tertius**", 1940. `http://www.ciudadseva.com/textos/cuentos/esp/borges/tlon.htm`

[Bri04] "Logic". "**LoveToKnow 1911 Online Encyclopedia**". (basada en la Britannica). `http://11.1911encyclopedia.org/L/LO/LOGIC.htm`

[Cle04] Daniel Clemente, "**Introducció a la deducció natural**", 2004. `http://www.danielclemente.com/logica/dn.ca.html`

[Jim86] Luis Díez Jiménez, "**Diccionario del español eurogilipuertas**", 1986.

[JMA05] JMAiO (Josep M. Albaigès), "La puntuación en el alfabeto", a "**Carrollia**" núm. 86, 2005. `http://www.mensa.es/carrollia/`

[Keg78] Charles W. Kegley i Jacquelyn Ann Kegley, "**Introduction to Logic**", Lanham, Md., 1978. Vist a [Sta01].

[LLG97] Logical Language Group, “**Lojban Reference Grammar**”, 1997. http://www.lojban.org/tiki/tiki-index.php?page=The+Lojban+Reference+Grammar

[Loz05] Antoni Lozano, **apunts de ALCC** (Algorísmia, calculabilitat i complexitat), FIB, 2005. http://www.lsi.upc.edu/~antoni/alcc/pagina.html

[Rel46] Emilio Relaño: “**Babel (Las lenguas del mundo)**”, 1946. Col·lecció Lyke.

[Sal98] Ton Sales, “**Mathematical Logic**”, 1998 (i apunts de classe).

[Sta01] Ray Jennings, “Disjunction”, a “**Stanford Encyclopedia of Philosophy**”, 2001. http://plato.stanford.edu/entries/disjunction/

[Sta02] Mark Kulstad, “Leibniz’s Philosophy of Mind”, a “**Stanford Encyclopedia of Philosophy**”, 2002. http://plato.stanford.edu/entries/leibniz-mind/

[Sta04] Murat Aydede, “The Language of Thought Hypothesis”, a “**Stanford Encyclopedia of Philosophy**”, 2004.http://plato.stanford.edu/entries/language-thought/

[Sta05] Edward N. Zalta, "Frege’s Logic, Theorem, and Foundations for Arithmetic", a “**Stanford Encyclopedia of Philosophy**”, 2005, http://plato.stanford.edu/entries/frege-logic/

[Sta05b] Jennifer Saul, “Feminism and Philosophy of Language”, a “**Stanford Encyclopedia of Philosophy**”, 2005. http://plato.stanford.edu/entries/feminism-language/

[Zam00] L.L. Zamenhof, “**Esenco kaj estonteco de la lingvo internacia**”, congrés a París, 1900. http://storm.prohosting.com/jesuo/esenco0.htm

5.2 Programes usats

- *LyX 1.3.6* com a editor LaTeX. Amb les macros *fitch.sty* de Johan W. Klüwer per fer un esquema de deducció natural.
- *GraphViz* per fer els grafs (escrits en text pla), com el de l’arbre de lògiques.
- *awk* per fer substitucions de cadenes per caràcters Unicode (ja que *LyX* encara no suporta Unicode).

- *Makefile* per automatitzar la generació de tot
- Altres: *ImageMagick*, *iconv*, *xdvi*, *vim*, *txt2tags*
- *Debian Linux* a un Pentium 233 MMX amb 64 Mb. RAM.

5.3 Llicència

He agafat imatges i textos de la Wikipedia (llicència GFDL[27]), per tant aquest treball també porta aquesta llicència lliure. La part meva també està sota GFDL; no les idees expressades (que són de tothom) sinó l'expressió usada. Les imatges i cites externes no són meves; són dels respectius autors.

El treball es pot descarregar (en castellà i català) des de `http://www.danielclemente.com/logica/`

Novembre a 26-12-2005. Daniel Clemente Laboreo. n142857, arrova, gmail.com

[27] Text complet a: `http://ca.wikipedia.org/wiki/GFDL`
Si vols fer una obra derivada però no entens la llicència pregunta a l'autor.