

## IL CERVELLO E L'ENIGMA DELLE LINGUE IMPOSSIBILI\*

ANDREA MORO

*Università Vita – Salute San Raffaele, Milano*

### 1. Un fatto e una domanda

C'è un fatto che la linguistica contemporanea ha fatto emergere con chiarezza e che costituisce uno dei punti di rottura più vistosi rispetto alla tradizione: non tutte le grammatiche concepibili sono realizzate. Prima di questa scoperta, l'idea era che, una volta isolate le regole di una lingua, qualsiasi combinazione di queste regole, purchè coerente ed esauriente, potesse essere la base di una possibile lingua umana. Le ricerche a tutto campo partite in modo indipendente negli anni cinquanta del secolo scorso dai lavori di due linguisti americani, Joseph Greenberg e Noam Chomsky, hanno infranto questa ipotesi:<sup>1</sup> da una parte, si è capito che le regole esistenti tendono a raggrupparsi in insiemi tipici (ad esempio la stragrande maggioranza delle lingue nelle quali il complemento oggetto segue il verbo le preposizioni precedono il nome cui si riferiscono); dall'altra, intere famiglie di regole concepibili – sulle quali torneremo nel prossimo paragrafo – non sono realizzate in nessuna lingua.

Naturalmente, come sempre accade nella scienza, l'assenza di una classe di fenomeni concepibili in puri termini combinatori pone immediatamente una domanda: *perché* non tutte le grammatiche concepibili non sono realizzate? Una domanda di questo tipo impone anche una riflessione su quali strumenti siano più adatti ad offrire una risposta e, va detto chiaramente, non esiste a priori un argomento privilegiato sul quale basarsi. In questo articolo vorrei mostrare – prendendo come base due esperimenti cui ho preso parte - come la combinazione delle tecniche di neuroimmagini e della linguistica teorica stia dando contributi innovativi, anche dal punto di vista metodologico, verso la soluzione di questo enigma.

### 2. Possibile e impossibile in grammatica

Il linguaggio ed anche la grammatica sono oggetti naturali complessi, troppo complessi per essere trattati integralmente: al pari del mondo fisico, per procedere nella ricerca occorre circoscrivere il dominio d'indagine in modo tale da poter porre delle domande accessibili alla sperimentazione, vale a dire, fondamentalmente, delle domande semplici. Nel caso della linguistica un passo fondamentale è stato quello di concentrare l'attenzione sulla sintassi, cioè su quel componente della grammatica che stabilisce l'ordine delle parole nella frase e le dipendenze tra una parola ed un'altra. Ad esempio, per quanto riguarda l'ordine delle parole, la sintassi (uno dei componenti caratteristici della grammatica) ci dice che in italiano l'articolo precede il nome cui si riferisce come

in *la stella* mentre in lingue come il basco l'espressione equivalente avrebbe l'ordine inverso: *izarr-a*. Per quanto riguarda invece la dipendenza tra parole, possiamo avere un'idea del tipo di struttura coinvolta con questo semplice esempio. In italiano, il soggetto si accorda con il verbo in numero; dunque, diciamo *le ragazze corrono* e non *le ragazze corre*. Ma la sequenza *le ragazze corre* non è affatto *di per sé* agrammaticale. Per quanto sorprendente, è facile convincersi di questo fatto prendendo in esame una frase come *un ragazzo che ama le ragazze corre*: in questa frase, la sequenza *le ragazze corre* è grammaticale perché non vi è dipendenza di numero tra *le ragazze* e *corre*, bensì tra *un ragazzo* e *corre*, come se la sequenza *che ama le ragazze* non fosse 'visibile' per quanto riguarda il fenomeno dell'accordo di numero. Si dice tecnicamente che si tratta di una dipendenza sintattica «non locale» o «a distanza», volendo sottolineare che, malgrado le parole si presentino come una fila di elementi adiacenti, le relazioni che esse sottendono possono essere create indipendentemente dall'adiacenza e a distanze variabili. Anzi, l'ipotesi è che tutte le relazioni sintattiche più importanti siano relazioni indipendenti dall'adiacenza.<sup>2</sup>

Di questo genere di fenomeni si occupa la sintassi e nel corso degli ultimi cinquant'anni la sintassi ha assunto un ruolo centrale nella ricerca in linguistica, paragonabile a quello che ebbe la fonologia nell'Ottocento. L'importanza della sintassi, inoltre, è dovuta al fatto che solo il linguaggio degli esseri umani è dotato di questo componente capace di costruire relazioni a distanza. Per nessun'altra specie vivente infatti il linguaggio contiene un componente sintattico così sofisticato, nemmeno i primati, malgrado ipotesi contrarie continuino ad essere diffuse senza molto rispetto per risultati scientifici attestati.<sup>3</sup>

Concentrandosi sulla sintassi, è possibile cogliere in modo abbastanza semplice cosa si intenda per «grammatica impossibile». Facciamo un esempio: in italiano, una frase affermativa come *Pietro parla* può essere negata mettendo la parola *non* tra la prima e la seconda, cioè dicendo: *Pietro non parla*. Nessuno, tuttavia, penserebbe ad enunciare la regola dicendo che la negazione di una frase in italiano si fa mettendo la parola *non* dopo la prima parola della frase (o dopo qualsiasi altra posizione fissa). Infatti, dalla frase *colui che conosce Pietro parla* non posso derivare *colui non che conosce Pietro parla*, semmai *colui che conosce Pietro non parla*. Anche in questo caso si può generalizzare dicendo che in nessuna lingua nessuna regola può basarsi sul numero delle parole di una frase o su una posizione specifica nella sequenza lineare delle parole: per tutte le lingue valgono dipendenze a distanza che non dipendono affatto dal numero delle parole di una frase; questo principio universale si definisce tecnicamente «dipendenza dalla struttura».

Non c'è niente di intrinsecamente impossibile in regole di questo tipo – tant'è che per gioco o per necessità di utilizzare codici segreti – potremmo benissimo immaginare lingue artificiali con regole che si basano proprio sull'ordine delle parole; tuttavia, di fatto nessuna lingua umana contiene regole di questo tipo. Escludendo l'ipotesi banale che si tratti semplicemente di una trascuratezza nella descrizione dei dati disponibili o

di una mancanza accidentale,<sup>4</sup> questo dato può di per sé diventare uno spunto nuovo per lo studio del linguaggio.

### 3. Né hardware né software

Partiamo con un luogo comune. Spesso si sente dire che il cervello è assimilabile all'hardware di un computer e le lingue al software. Nel cervello umano, che è sempre lo stesso, al variare degli individui, potrebbe dunque 'girare' qualunque tipo di software. In un certo senso questo è certamente vero: non esiste nessuna resistenza in un cervello ad accettare che al concetto di 'luna' corrisponda il suono trascritto come *luna* o *Mond*. Ma questo modello regge quando si parla di sintassi? Come abbiamo appena detto, una delle scoperte fondamentali della linguistica moderna è il fatto che non tutte le grammatiche concepibili sono effettivamente realizzate.<sup>5</sup>

Possiamo dunque chiederci se una grammatica impossibile può 'girare' nel cervello come qualsiasi altro tipo di grammatica. Intendiamoci: come si diceva poc'anzi, una persona può certamente, per gioco o per altri motivi, inventare grammatiche impossibili ed utilizzarle; la domanda che ci poniamo ora è se queste grammatiche sfruttano le attività neuronali che sono quelle *tipicamente* dedicate all'elaborazione del linguaggio o no. Fino agli anni '80 del secolo scorso, una domanda di questo tipo era certamente improponibile: l'unica certezza – basata fondamentalmente su dati di tipo clinico e neuroanatomico – era che il linguaggio viene elaborato nel cervello da sistemi dedicati, che crucialmente coinvolgono l'emisfero sinistro, in particolare la cosiddetta 'area di Broca' (scoperta sul finire dell'Ottocento da un medico francese).<sup>6</sup>

La svolta nella ricerca sulla struttura neurofunzionale del cervello è avvenuta con l'invenzione di macchine che sono in grado di esplorare alcuni aspetti funzionali del cervello, come ad esempio l'emodinamica cerebrale – cioè le variazioni di flusso ematico nel cervello, e di metterle in relazione ad attività specifiche. In termini semplici, tramite apparati che abbinano l'informatica con la radiologia (come ad esempio la tomografia ad emissione di positroni (PET) o la risonanza magnetica funzionale (fMR)), è ora possibile misurare in vivo le variazioni di flusso ematico in relazione a determinati compiti. La variazione di flusso viene interpretata come variazione di energia impiegata dal tessuto nervoso e quindi in definitiva come indice di attività neuronale. L'impiego di questi apparati sta conoscendo uno sviluppo straordinario e non è certo sorprendente che anche nello studio del linguaggio si stia assistendo ad un'esplosione di lavori in questo campo. Tuttavia, come sempre nella scienza, le macchine di per sé non dicono nulla se non si adotta un modello teorico sulla base del quale indagare i dati. In questo caso, la linguistica teorica ha fornito un modello possibile per indagare la relazione tra linguaggio e cervello. Vediamo ora, molto sinteticamente, due tappe in questo percorso, tenendo in mente che ci stiamo concentrando sulla sintassi.<sup>7</sup>

Il primo risultato è stato quello di verificare se alla nozione di sintassi corrispondesse effettivamente un'attività neuronale specifica: non è affatto detto, infatti, che a priori si possa ammettere che ciò che noi definiamo come «sintassi» corrisponda ad un'attività

specifica nel cervello. Potrebbe benissimo essere che il cervello funzioni in modo diverso da come i linguisti hanno descritto, indipendentemente dai dati neurologici, sulla sola base dell'osservazione delle regolarità delle lingue. Invece, il primo risultato sorprendente è che l'attività sintattica corrisponde proprio ad una precisa attività neuronale dedicata, almeno nel senso che è distinta da altre attività di tipo linguistico-grammaticale, come ad esempio la fonologia (il controllo dei suoni corretti di una lingua) o la semantica (l'apparato che computa i significati di una lingua). Per ottenere questi risultati, si è ricorsi ad uno stratagemma per 'ingannare' il cervello: quello degli «errori selettivi». Essendo infatti impossibile per definizione che un soggetto attivi *solo* il componente sintattico senza attivare anche gli altri, l'idea è stata quella di capovolgere la situazione costruendo degli errori di tipo sintattico e confrontandoli con errori di altri tipi. L'aspettativa era di vedere se il riconoscimento di ciascun tipo di errore attivasse sistemi neuronali specifici. Questo di fatto si è verificato, portando con ciò un forte dato a favore dell'ipotesi che la sintassi si basi su una rete dedicata: sarebbe estremamente difficile a questo punto ammettere il contrario, anche se, come del resto accade sempre nelle scienze sperimentali, non si può mai dire di aver ottenuto una *prova definitiva* di questa ipotesi.

Una volta identificata la rete dedicata (che coinvolge l'emisfero sinistro, ed in particolare l'area di Broca ed il nucleo caudato), è stato possibile affrontare in modo diretto la questione delle grammatiche impossibili. Anche in questo caso, la linguistica teorica, in particolare la teoria della sintassi, ha svolto un ruolo fondamentale. Il punto di partenza è stato proprio il principio di dipendenza dalla struttura, cioè – lo ripeto per comodità – il fatto che in nessuna lingua nessuna regola può basarsi sul numero delle parole di una frase o su una posizione specifica nella sequenza lineare delle parole. Partendo da questa base teorica non è stato difficile progettare a tavolino regole impossibili. Una di queste era proprio quella della negazione descritta poco fa. Ad un gruppo di soggetti monolingui sono state impartite alcune lezioni di una lingua straniera mettendo nelle regole della nuova lingua anche delle regole impossibili. Nella fattispecie si è fatto un controllo «doppio», nel senso che dopo aver insegnato ad un gruppo di soggetti germanofoni un "frammento" della lingua italiana è stata poi insegnata loro anche un frammento della lingua giapponese (sempre includendo anche regole impossibili) per escludere che due gli effetti osservati potessero essere 'sporcati' dal fatto che il tedesco e l'italiano appartengano alla stessa famiglia, quella delle lingue indoeuropee. Il risultato è stato che i soggetti riuscivano sì ad apprendere anche le regole impossibili ma l'attività neuronale correlata all'apprendimento di tali regole non era quella tipica del linguaggio.

Dunque, il modello che si basa sull'analogia con il computer non può essere accettato, almeno messo in questi termini: il cervello infatti nel complesso appare in grado di gestire grammatiche impossibili, ma se si guarda la sede naturale dove i processi linguistici vengono trattati, allora le cose cambiano. In altri termini, il cervello "si rifiuta" di trattare regole grammaticali che non dipendono dalla struttura utilizzando lo stesso

sistema neuronale dedicato che serve per le regole naturali: smista automaticamente i dati facendoli trattare da altri sistemi. Se proprio vogliamo mantenere la metafora del computer, dovremmo forse dire che le lingue umane sono quell'unico software che l'hardware costituito dal nostro cervello riesce ad esprimere. Il che è come dire che la metafora non tiene affatto.<sup>8</sup>

#### 4. Vedere l'infrarosso e le regole della grammatica

Ammettiamo di aver 'dimostrato' che la distinzione tra regole possibili ed impossibili basata sulla dipendenza della struttura abbia effettivamente un correlato neurofunzionale; se questo è vero, la domanda forse più importante che ci si può porre ora è *perché* le cose stiano così. Perché l'apparato che sottintende in modo naturale al trattamento dei dati linguistici non accetta tutte le grammatiche concepibili? Esistono almeno tre tipi possibili di risposte.

La prima è che sia un caso: che, cioè, non ci sia alcuna spiegazione funzionale per questo stato di cose. Che l'uomo sia costruito in questo modo o in un altro sarebbe, dal punto di vista dell'impatto con l'ambiente, del tutto equivalente. Questa risposta, ovviamente, sarebbe la meno interessante. Un secondo tipo di risposta, meno banale, è invece che i tipi di regole esistenti abbiano una qualche funzione: ad esempio, riducano l'ambiguità delle informazioni trasmesse o ne facilitino la comprensione. In questo caso, una regola come quella della negazione potrebbe ad esempio facilitare la comprensione dell'effetto della negazione stessa sulla frase: se essa può stare solo in alcune posizioni, allora non si deve ad ogni parola aspettare che quella stessa parola possa essere negata. Questa è ovviamente un'ipotesi ragionevole. Tuttavia sembra contrastare con un altro fatto – per altro non accettato da tutti i linguisti – secondo il quale non c'è niente di funzionale alla comunicazione nella struttura del linguaggio. Tale struttura è *compatibile* con la comunicazione ma non è *progettata* a tal fine, così come (quasi) tutti i tratti biologicamente selezionati, secondo quel fenomeno chiamato «transadattamento» da Stephen Jay Gould. È noto, ad esempio, che le ali di alcuni insetti si siano evolute a partire da un formato così ridotto da non poter servire come mezzo di locomozione ma solo come scambiatori di calore.<sup>9</sup> Vedere adesso nelle ali di questi insetti un *progetto* funzionale alla locomozione sarebbe come minimo un anacronismo. Lo stesso potrebbe essere del linguaggio. Non si sta dicendo naturalmente che il linguaggio non serva per comunicare; semplicemente si vuole sottolineare che *malgrado i difetti* è utile per comunicare e che, certamente, non è progettato per la miglior comunicazione possibile (sempre ammesso che un tale concetto sia definibile).<sup>10</sup>

Esiste tuttavia anche un terzo tipo di risposta possibile, anch'essa funzionale ma non rispetto alla comunicazione, rispetto ad un altro fenomeno non meno importante e delicato nell'equilibrio della specie: l'apprendimento del linguaggio. A partire da dati clinici e da studi sui bambini, si sa infatti che il linguaggio deve essere appreso entro i limiti imposti dalla programmazione biologica dello sviluppo dell'organismo. Al pari di altre funzioni, cognitive e non, una certa lingua, per poter essere appresa

spontaneamente, deve essere parte degli stimoli non oltre la pubertà come limite massimo di sviluppo, ed in generale entro i primi cinque o sei anni di vita di un individuo: poi l'individuo mantiene certo la possibilità di apprendere altre lingue (Catone, lo dicevano i Latini, apprese il greco nella sua vecchiaia) ma lo fa sfruttando altre capacità del cervello e con sforzo, con impegno e studio, non certo spontaneamente come per i bambini. Ma che c'entra tutto questo con il fatto che non tutte le lingue concepibili siano realizzate? Un'ipotesi potrebbe essere proprio che la necessità di apprendere una lingua entro il periodo limitato dalla programmazione biologica sia ciò che viene favorito dall'assenza di intere classi di grammatiche. In altri termini, non c'è nulla nelle regole possibili che le renda migliori da quelle impossibili: ciò che conta è solo il fatto di avere come possibili solo alcune tra le regole concepibili, fornendo con ciò un vantaggio nell'apprendimento. Lo stato attuale delle cose sarebbe dunque un punto di equilibrio tra due forze contrarie: l'esigenza di strutture sufficientemente ricche da veicolare informazione e la semplicità di apprendimento spontaneo nei limiti imposti dalla programmazione biologica. Ciò che importa dunque è il fatto di avere solo alcune regole possibili. Ma non è inconcepibile immaginare un mondo possibile dove ad essere realizzate fossero proprio solo le regole che *non* dipendono dalla struttura: il vantaggio per l'apprendimento potrebbe essere uguale.

Per meglio capire la situazione possiamo prendere come esempio uno scenario di verso: quello della visione. L'occhio umano, si sa, è sensibile solo ad una gamma ridotta delle frequenze delle radiazioni elettromagnetiche. Ciò che noi chiamiamo 'luce' (composta da vari colori) non è altro che lo spettro di onde comprese tra i 380 e i 780 nanometri, cioè tra il violetto e il rosso, passando per azzurro, verde, gialloverde (intorno ai 550 nanometri, dove la sensibilità dell'occhio umano è massima), giallo e arancio. Al di sotto dei 380 nm si ha la luce ultravioletta e al di sopra dei 780 nm quella infrarossa. Perché vediamo solo questa gamma di onde? Naturalmente, una risposta strutturale sta nella conformazione citologica e neurologica dell'occhio umano e del sistema neurologico che elabora i dati, ma ovviamente la domanda può essere portata ad un livello diverso e chiedersi non *come* succede che vediamo questa gamma ma *perché* vediamo questa e non un'altra: la situazione sarebbe parallela a quella del linguaggio. Infatti, possiamo benissimo immaginarci un mondo dove l'occhio umano possa vedere anche la luce infrarossa. Avrebbe vantaggi la specie umana da ciò? Certamente sì, perché ad esempio vedrebbe 'al buio' gli oggetti e gli organismi che emanano calore, eviterebbe di scottarsi percependo la temperatura come un colore ... Perché dunque l'evoluzione non ha selezionato mutanti adatti a percepire quelle frequenze?

Ci possono essere motivi fisici e strutturali insormontabili – non lo discuto neppure – ma semplicemente non è vero che ci sono motivi intrinseci che rendono implausibile pensare ad un essere umano che veda anche gli infarossi. Anzi, in linea di principio – come abbiamo detto – sembrerebbero esserci vantaggi in un mutante di questo tipo: il fatto è che quello attuale è un equilibrio possibile, date le condizioni generali. Ed anche in questo caso non sarebbe implausibile nemmeno ammettere che se l'occhio vedesse

una gamma molto più vasta di onde elettromagnetiche, il cervello sarebbe 'caricato' troppo sia nel momento dell'apprendimento della struttura spaziale del mondo che nella vita adulta. Non possiamo dunque escludere che uno dei fattori che contano per questo stato di equilibrio sia la semplicità di apprendimento e il minor carico di informazione.

Naturalmente, il paragone tra linguaggio e visione si ferma qui e rimane solo un paragone: ma se l'ipotesi che tra tutte le grammatiche concepibili quelle realizzate non sono che un'opzione tra tante possibili, forse questo potrebbe portarci a capire meglio la struttura e la natura stessa del linguaggio.

## NOTE

\* Il contenuto di questo articolo è una sintesi estrema di alcuni temi affrontati ne *I confini di Babele. Il cervello e il mistero delle lingue impossibili* (Longanesi, Milano, 2006): a questo rimando per una trattazione dettagliata ed una bibliografia completa. Il testo è qui ripubblicato per gentile concessione della rivista *Kos* (Europa Scienze Umane Editrice) su cui è apparso con il titolo “L’enigma delle lingue impossibili” nel fascicolo 239-240 del 2005, pp. 46-52.

<sup>1</sup> Si veda ad esempio [5] e [1]. Per una valutazione critica ed la storia dello sviluppo di questi temi si veda invece [4].

<sup>2</sup> Per una discussione critica di quest’ipotesi si veda [2] e la discussione in [9].

<sup>3</sup> Mi riferisco per esempio, ai lavori ormai classici di Laura Petitto, come [13].

<sup>4</sup> Ovviamente, sempre nelle scienze sperimentali ci si può chiedere se si sono osservati bene tutti i dati giusti. Newton forse avrebbe dovuto controllare tutte le mele. Ma fidandosi del proprio intuito e del senso di ragionevolezza, la ricerca procede ipotizzando di essere di fronte ad una generalizzazione corretta. Se poi qualche mela cadrà verso l’alto, la teoria verra cestinata.

<sup>5</sup> Un’altra scoperta, in un certo senso complementare, è che tutte le sintassi di tutte le lingue umane seguono esattamente lo stesso impianto strutturale: le differenze sono riconducibili a pochi punti di variazione, chiamati tecnicamente «parametri». Essendo il sistema molto complesso, non ci si stupisce che poche differenze abbiano un effetto macroscopico così vistoso, esattamente come oggi non ci si stupisce di ammettere che differenze di ordine (e quantità) *delle stesse basi azotate* lungo la catena del DNA possano condurre ad organismi così diversi come un maiale e una farfalla. Per un’illustrazione di questo modello, detto a «principi e parametri» si veda [2] e, per una versione divulgativa [3].

<sup>6</sup> Si veda a questo proposito il lavoro fondamentale di Eric Lenneberg [7].

<sup>7</sup> I due esperimenti qui descritti corrispondono ai seguenti due articoli: [10] e [11]. Per una rassegna critica di alcuni lavori e per un commento al secondo lavoro si vedano rispettivamente: [6] e [8].

<sup>8</sup> Una delle principali sfide della linguistica moderna è proprio quella di capire in quale modo la struttura fisica del cervello (ed in generale dell’organismo) possa influenzare la struttura della grammatica. Per questi temi si veda [3] e [9].

<sup>9</sup> Si veda a questo proposito, tra gli altri, [14].

<sup>10</sup> L’efficacia della comunicazione può essere solo valutata in modo relativo, come ammette la cosiddetta teoria della comunicazione che fa capo ai lavori di Shannon (a partire almeno da [12]).

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Chomsky, N., *Lectures on Government and Binding*, Foris, Dordrecht 1981.
- [2] Chomsky, N., *The minimalist program*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1995.
- [3] Chomsky, N., *On Nature and Language*, Cambridge University Press, Cambridge 2002.
- [4] Graffi, G., *200 Years of Syntax. A critical survey*, John Benjamins, Amsterdam 2001.
- [5] Greenberg, J. H., a cura di, *Universals of Language*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1963.
- [6] Kaan, E., Swaab, T. Y., The brain circuitry of syntactic comprehension, *Trends in Cognitive Sciences*, 6 (2002), pp. 350-356.
- [7] Lenneberg E., *Biological Foundations of Language*, John Wiley & Sons, New York 1967; trad. it. *I fondamenti biologici del linguaggio*, Boringhieri, Torino 1982.
- [8] Marcus, G., Vouloumanos, A., Sag, I. A., Does Broca's play by the rules, *Nature neuroscience*, 6 (2003), pp. 651-652.
- [9] Moro, A., *Dynamic Antisymmetry*, Linguistic Inquiry Monograph Series 38, MIT Press, Cambridge (Mass.) 2000.
- [10] Moro, A., Tettamanti, M., Perani, D., Donati, C., Cappa, S. C., Fazio, F., Syntax and the brain: disentangling grammar by selective anomalies, *NeuroImage*, 13 (2001), pp. 110-118.
- [11] Musso, M., Moro, A., Glauche, V., Rijntjes, M., Reichenbach, J., Büchel, C., Weiller, C., Broca's area and the language instinct, *Nature neuroscience* 6 (2003), pp. 774-781.
- [12] Shannon, C. E. A mathematical theory of communication, *Bell System Technical Journal*, 27 (1948) pp. 379-423 e 623-656.
- [13] Terrace, H. S., Petitto, L. A., Sanders, R. J., Bever, T. G. Can an Ape Create a Sentence?, *Science*, 206 (1979), pp. 891-902.
- [14] Wesson, R., *Beyond Natural Selection*, MIT Press, Cambridge (Mass.) 1991.