

Chiara Tamburrelli
TESI DI DOTTORATO

PROCESSI DI APPRENDIMENTO ED EMOZIONI:

IL CONTRIBUTO DELLE
NEUROSCIENZE ALLA SCUOLA



INDAGINE TRA
I DOCENTI ITALIANI

a Giulio e Simone, la parte più bella di me

Chiara Tamburrelli
TESI DI DOTTORATO

PROCESSI D APPRENDIMENTO ED EMOZIONI:

**IL CONTRIBUTO DELLE
NEUROSCIENZE ALLA SCUOLA**

**INDAGINE TRA
I DOCENTI ITALIANI**



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DEL MOLISE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL MOLISE
Dipartimento Scienze Umanistiche, Sociali e della Formazione

DOTTORATO DI RICERCA IN INNOVAZIONE E GESTIONE DELLE RISORSE PUBBLICHE
XXX ciclo
CURRICULUM IN SCIENZE UMANE, STORICHE E DELLA FORMAZIONE
Mped/01

Dottoranda

Tamburrelli Chiara

Matricola 153813

Coordinatore Dottorato

Chiar.mo Prof. Giovanni Cerchia

Relatore

Chiar.mo Prof. Luca Refrigeri

Anno Accademico 2019/2020

Sommario

Abstract	7
Introduzione	9
PARTE I - Principi di Neuroscienze	
1 Neuroscienze cognitive	15
1.1 Campo di indagine delle neuroscienze cognitive	16
1.2 Grandi scoperte e futuro delle neuroscienze.....	18
2 Architettura e funzioni del cervello	20
2.1 Livello di funzionamento: fisiologia delle cellule nervose	20
2.1.1 <i>Struttura e forma dei neuroni</i>	20
2.1.2 <i>Comunicazione sinaptica: potenziale d'azione e neurotrasmettitori</i>	22
2.2 Livello di architettura: sistema nervoso- struttura e funzioni	25
2.2.1 <i>Suddivisione del sistema nervoso</i>	26
2.2.2 <i>Suddivisione del sistema nervoso centrale</i>	27
2.2.3 <i>Corteccia e emisferi cerebrali</i>	29
3 Il cervello che cambia	33
3.1 Geni e plasticità cerebrale	33
3.1.1 <i>I presupposti della modificabilità</i>	36
3.1.2 <i>ruolo delle esperienze mediate</i>	38
3.2 Connettoma e mappe mentali	40
3.3 Neuroni specchio	42
4 Il cervello che apprende	44
4.1 I processi neuro cognitivi	44
4.2 La memoria, le emozioni e la motivazione	47
4.2.1 <i>Memoria</i>	47
4.2.2 <i>Emozioni</i>	51
4.2.3 <i>Motivazione</i>	54
4.3 Apprendimento	57
4.3.1 <i>Basi biologiche dell'apprendimento</i>	58
4.3.2 <i>Apprendimento e previsione</i>	60
4.3.3 <i>Difficoltà di apprendimento</i>	63

PARTE II - Neuroscienze e Pedagogia

1 Ripensare la Didattica alla luce delle Neuroscienze.....	71
1.1 Neuromiti in educazione	71
1.2 Il rapporto tra neuroscienze e pedagogia	75
1.3 I presupposti della ricerca neuro educativa	78
1.4 Le questioni epistemologiche	79
1.5 Mind, Brain and Education	80
1.6 Educational neuroscience	83
1.7 Neuroscienze affettive ed educazione	84
2 La ricerca neuroeducativa in Italia	87
2.1 Bioeducazione	87
2.2 Modello dell'integrale antropologico	90
2.3 Enattivismo	92
2.4 Didattica incarnata.....	96
2.5 Neurodidattica	97
2.6 Didattica calda.....	100

PARTE III - Indagine tra i docenti italiani

1 Metodologia	107
1.1 Problema, obiettivi e strategia di ricerca.....	107
1.2 Strumenti di rilevazione e metodologia di analisi dei dati.....	109
1.3 Il Campione: caratteristiche del gruppo osservato	111
2 Elaborazione dei risultati	119
2.1 Le Emozioni in aula	120
2.2 Le diverse emozioni e le strategie utilizzate per richiamarle.....	121
2.3 Le emozioni positive e le emozioni negative nelle diverse fasi didattiche	125
2.4 Le competenze del docente per coinvolgere emotivamente gli alunni	129
2.5 La formazione docente sugli aspetti neurobiologici ed emotivo motivazionali	132
3. Conclusioni	134
Ringraziamenti	141
Bibliografia	143
Allegato Questionario	151

Abstract

La sempre maggiore complessità della società contemporanea impone alle figure presenti nelle agenzie educative di individuare strumenti utili a catturare l'attenzione di bambini e giovani, a coinvolgerli nella vita scolastica attraverso un nuovo modo di fare scuola. Tale obiettivo può essere raggiunto efficacemente attraverso il coinvolgimento attivo dei ragazzi in forme di apprendimento che agiscono in particolare sulla motivazione e sulle emozioni.

Il tema generale della presente ricerca è lo studio dei processi di apprendimento nella relazione pedagogia- neuroscienze e l'analisi dei nuovi modelli educativi e didattici sviluppati sulla base delle conoscenze neuro scientifiche. Riteniamo che la ricaduta in ambito educativo degli studi neuroscientifici possa costituire un'importante base per ogni tipo di discorso concernente la formazione e che la conoscenza dei fenomeni biologici sottesi all'apprendimento possa fornire importanti risposte alla necessità della scuola e degli educatori di avere a disposizione strategie didattiche più efficaci e rispondenti al target cui sono indirizzate. La prima fase della ricerca è stata l'approfondimento e la comprensione dei meccanismi neurobiologici che regolano e condizionano i processi di maturazione e di sviluppo del cervello umano e dei meccanismi cognitivi attivati e implementati da strategie didattiche adeguate. Sono stati presi in esame, a questo scopo, i nuovi modelli educativi sviluppati dai principali gruppi di ricerca italiani che si occupano di neurodidattica e apprendimento emotivo.

La fase successiva della ricerca, immaginata come premessa essenziale ad un agire educativo-didattico che si intende mettere in piedi in studi futuri, è stata quella di indagare quale fosse la posizione dei docenti italiani rispetto al campo di indagine, attraverso la somministrazione di un questionario incentrato sulla dipendenza dei processi apprenditivi da quelli emotivo-motivazionali. Le emozioni poste al centro, quindi, per comprendere il modo in cui viene percepito il loro rapporto con la formazione e l'apprendimento, per individuare le possibilità di utilizzare le emozioni in aula e per delineare un profilo di docente che fa uso delle emozioni nel suo agire didattico.

formazione docenti apprendimento emotivo emozioni
apprendimento emotivo emozioni
neuroscienze
neurodidattica neurodidattica
formazione docenti

Introduzione

Il progetto portato avanti nel mio dottorato di ricerca ha come nucleo centrale le neuroscienze, alle quali ho guardato con lo sguardo di biologa, di ricercatrice ma soprattutto di docente, interrogandomi su quale contributo potessero dare alla scuola e in particolare quali indicazioni fornissero all'insegnante per migliorare il suo agire didattico e proporre modelli educativi più efficaci.

Negli ultimi anni nel mondo dell'istruzione e della formazione si è manifestato il bisogno di comprendere meglio ciò che influenza i processi di insegnamento e apprendimento. Lo straordinario sviluppo delle neuroscienze degli ultimi venti anni ha permesso di studiare i processi mentali e ciò che avviene nel nostro cervello quando apprendiamo e interagiamo con l'ambiente contestuale, sociale e culturale. Lo sviluppo delle neuroscienze sta caratterizzando la svolta epistemologica dei saperi sui processi, sull'evoluzione e la natura dell'uomo; sta inoltre incidendo sulle costruzioni delle conoscenze dei processi neuronali che presiedono alle funzioni della memoria e della coscienza, dalle quali origina il nuovo modello descrittivo dell'apprendimento e il diverso ruolo riconosciuto agli atti motori del cervello. Il cervello di ciascuna specie è composto da miliardi di neuroni in collegamento fra loro tramite impulsi elettrici e chimici in gran parte geneticamente predeterminati. Gli stimoli dell'ambiente sono decisivi nel selezionare le risposte, fra tutte quelle previste dal patrimonio genetico, riducendo, stabilizzando e riorganizzando in maniera creativa le mappe neurologiche. È stato dimostrato che i sistemi percettivi e motori sono fondamentali nella formazione di strutture da cui scaturiscono le funzioni globali cioè quelle attività che danno origine alla categorizzazione, alla memoria, all'apprendimento.

Si fa sempre più strada l'importanza delle conoscenze neurobiologiche per la comprensione di alcuni meccanismi cognitivi attivati e implementati da strategie didattiche adeguate. Anche se dai risultati neuroscientifici non discendono applicazioni automatiche per l'insegnamento e soluzioni definitive ai problemi che affrontiamo con i nostri studenti, le neuroscienze possono proporre alla scuola, ai docenti e ai formatori più in generale, una chiave interpretativa biologicamente e pedagogicamente orientata per analizzare, regolare e gestire le diverse situazioni di insegnamento e di apprendimento.

Ho dedicato una buona parte della mia attività all'analisi epistemologica nel campo delle neuroscienze cognitive e sul fronte della ricerca didattica basata sul rapporto tra pedagogia-neuroscienze cognitive. Nella costruzione del mio quadro teorico sono partita dalle risorse bibliografi-

che raccolte e selezionate per poi farmi guidare, nella definizione di obiettivi e contesti di ricerca, dall'osservazione in campo, nel mio lavoro a scuola, delle problematiche e della realtà che si vivono giornalmente fra i banchi tra docenti e alunni.

Gli input provenienti dalle ricerche nel campo delle neuroscienze cognitive alla teorizzazione didattica e alla comprensione dei problemi insiti nei processi di insegnamento-apprendimento sono notevoli e sostengono il carattere plurale e complesso della didattica, considerata nel suo ancoraggio ai molteplici livelli della formazione, che includono dimensioni intellettive, corporee, affettive e relazionali della persona.

Le neuroscienze e le scienze cognitive hanno dimostrato le interconnessioni tra percezione, azione, emozione e cognizione nella conoscenza/interazione con il mondo e il loro ruolo nelle difficoltà di apprendimento scolastiche. Si ritiene pertanto che la valorizzazione delle dimensioni corporee ed emotive nella didattica possa migliorare i processi di insegnamento-apprendimento in classe.

Nell'ultima fase della mia attività di ricerca mi sono chiesta allora cosa potesse dare delle risposte in più al mio studio e ho ritenuto fondamentale andare a chiedere direttamente ai docenti quale fosse la loro posizione rispetto al mio campo di indagine. Dal più vasto campo delle neuroscienze ho scelto però di focalizzare la mia attenzione e quindi i quesiti da porre, su un solo aspetto dei processi apprenditivi e in particolare la loro stretta dipendenza dai processi emotivo-motivazionali. Le emozioni poste al centro, quindi, per comprendere il modo in cui viene percepito il loro rapporto con la formazione e l'apprendimento, per individuare le possibilità di utilizzare le emozioni in aula e per delineare un profilo di docente che fa uso delle emozioni nel suo agire didattico.

Ho deciso di utilizzare come strumento di rilevazione dati un questionario autocompilato, appositamente ideato, somministrato via web, principalmente attraverso il canale di Facebook, che alcuni studi dimostrano essere una valida piattaforma per la ricerca sociale, portando avanti una ricerca standard e un campionamento non probabilistico accidentale, con oggetto di studio le emozioni nella didattica per i docenti italiani.

La fase di raccolta dati è stata preceduta dallo studio degli strumenti di rilevazione e la scelta di quelli più adeguati agli obiettivi della ricerca, la costruzione del questionario test, la sua sperimentazione e la messa a punto della versione definitiva inviata in rete per un periodo di circa tre mesi. I dati raccolti sono stati quindi organizzati attraverso la creazione di una matrice, analizzati prevalentemente con tecniche quantitative di analisi dei dati e rielaborati ponendoli a confronto con il quadro teorico di riferimento, con un processo ciclico di ritorno e di riflessione. Per procedere all'analisi dei dati, si è ricorso alla statistica descrittiva, con l'analisi monovariata, descrivendo, per ogni variabili, la localizzazione, la distribuzione e l'ampiezza. L'analisi monovariata è stata condot-

ta utilizzando il programma statistico JSSTAT, ideato da Trincherò, che permette di effettuare analisi statistiche monovariate e bivariate a partire dalla matrice dati. Per procedere all'analisi dei dati testuali, si è fatto ricorso a un programma di test-meaning e alla codifica del testo a posteriori.

Il campione così ottenuto è risultato composto da più di mille docenti italiani di ogni ordine di scuola, quasi interamente di sesso femminile, di età compresa tra meno di 35 a più di 55 anni e una buona rappresentanza da ogni regione. Per lo più il mio gruppo di docenti ha titolo di laurea con una certa percentuale di diplomati ascrivibili ai primi ordini di scuola ed è in posizione di servizio, pur avendo alcuni rappresentanti di docenti in pensione e una minima percentuale di studenti di scienze della formazione primaria. La metà del mio campione ha più di dieci anni di servizio e vede rappresentato ogni percorso di abilitazione per la maggior parte senza titolo di specializzazione sul sostegno.

La popolazione presa in esame, pur essendo formata da docenti con una maggiore sensibilità e interesse verso gli ambiti trattati e, quindi, non del tutto rappresentativa dell'intero corpo docente del sistema di istruzione e formazione italiano, risulta concorde nel conferire alle emozioni un ruolo fondamentale nell'apprendimento e nella didattica e individua nei momenti di verifica e valutazione il principale momento scolastico di negatività riportando al contrario emozioni di gioia, sorpresa gratificazione e divertimento nei momenti di presentazione di nuovi argomenti e di realizzazione e coinvolgimento diretto degli alunni. Le capacità empatiche sono ritenute dal gruppo di docenti fondamentali tra le competenze da possedere e una buona percentuale si è dichiarata interessata ad una formazione specifica su tali tematiche ritenendo possa fornire input importanti al proprio agire didattico.

Emerge dalla mia indagine che i docenti hanno consapevolezza dell'importanza della dimensione emotiva ed empatica, in senso positivo ma anche negativo, nel contesto che si crea in classe e di quanto possa influenzare l'efficacia della didattica. Essi dimostrano pertanto la necessità di avere indicazioni per gestire le criticità, manifestano il bisogno di comprendere meglio ciò che influenza i processi di insegnamento e di apprendimento. Si rileva, infatti, che più della metà dei docenti non ha affrontato nel percorso formativo tematiche inerenti i processi neuroscientifici di apprendimento e emerge la loro disponibilità ad approfondire gli aspetti neurodidattici implicati nel fare scuola per l'influenza delle emozioni nei processi di insegnamento e di apprendimento. È in questa direzione che la ricerca pedagogica e didattica dovrebbe proseguire.



I

Principi di Neuroscienze

“

Come può il cervello dirigere I suoi milioni di singole cellule nervose per produrre un comportamento e come possono essere queste cellule influenzate dall'ambiente? (...)

”

“

E come possono le diverse esperienze modificare il modo con cui il cervello si comporta davanti a eventi successivi (...)?

”

“

I neuroni adattano o "ripensano" le loro connessioni rinforzandole, oppure indebolendole; o ancora si riconnettono creando ed eliminando sinapsi; riformano I circuiti facendo crescere e ritrendo le ramificazioni (...). Questa frenetica attività è alla base delle differenze individuali (...)

”

1 Neuroscienze cognitive

Tradizionalmente l'obiettivo delle neuroscienze cognitive è quello di comprendere il funzionamento del sistema nervoso e quindi capire come è organizzato il cervello a livello funzionale e strutturale. Negli ultimi tempi, però, si è andati oltre: non si vuole sapere solo come funziona il cervello, ma anche le ripercussioni che ciò ha sul nostro comportamento, sui nostri pensieri ed emozioni. L'obiettivo delle neuroscienze cognitive è di mettere in relazione il cervello con la mente, unendo neuroscienza e psicologia cognitiva. Quest'ultima si occupa di studiare funzioni superiori come la memoria, il linguaggio o l'attenzione. L'obiettivo principale della neuroscienze cognitive, dunque, è quello di mettere in relazione il funzionamento del cervello con le nostre capacità cognitive e i nostri comportamenti.

Ormai da qualche anno, le neuroscienze hanno iniziato a fare luce sui processi grazie ai quali il cervello acquisisce le conoscenze. Sfruttando tecniche di neuroimmagine sempre più sofisticate, in primis la risonanza magnetica funzionale, che consente di rendere visibile l'attivazione delle diverse aree cerebrali nel momento preciso in cui si esegue una certa azione, è diventato possibile ricostruire i meccanismi con cui le informazioni si imprimono nella mente (Pettinelli, 1998).

Alla base di tutto c'è il neurone, la cellula 'mattoncino' con cui si costruiscono gli apprendimenti, che si tratti di imparare a leggere o ad andare in bicicletta. Il cervello umano ne possiede quasi 100 miliardi, organizzati in reti neurali, veri e propri circuiti su cui viaggiano informazioni di ogni tipo, in una dinamica di connessioni che si creano, si rinforzano o si indeboliscono a seconda delle sollecitazioni ricevute. Possiamo paragonare il cervello a una foresta molto fitta, in cui i sentieri più battuti finiscono per formare delle piste durevoli, mentre quelli poco frequentati dopo un po' di tempo si chiudono e scompaiono (Choquet, 2013).

Una proprietà fondamentale di questo sistema è la 'plasticità cerebrale', ovvero la capacità di adattarsi agli stimoli dell'ambiente. Quando impariamo, la struttura del nostro cervello si modifica: dei neuroni si creano o si 'allungano' per connettersi ad altri neuroni in modo più efficace, fino a formare delle 'autostrade' su cui le informazioni circolano sempre più velocemente (Vygotkij, 2001).

La regola di base è semplice: se una connessione, detta sinapsi, è stimolata regolarmente, viene mantenuta, se viceversa non è utilizzata, viene soppressa. Questo il motivo per cui è importante, per memorizzare a lungo termine, tornare più e più volte su un argomento.

Siamo abituati a pensare che l'imparare sia legato allo studio, e le verifiche servano solo a valutare quanto è stato appreso. In realtà, il riportare in memoria i contenuti di una materia per svolgere un test ha un ruolo attivo nel consolidare l'apprendimento, anzi si può dimostrare addirittura più efficace rispetto al ripasso. Questo perché la rilettura della lezione è un'attività passiva, mentre il dover rispondere a domande implica un coinvolgimento attivo, benefico per il rinforzo delle connessioni tra neuroni (Valdois, 2010).

È stato dimostrato poi che le emozioni giocano un ruolo importante nell'apprendimento. Grazie alle ricerche dei neuroscienziati, sappiamo che quando si è contenti, ad esempio per essere riusciti a svolgere un esercizio, il cervello reagisce attivando i circuiti della ricompensa attraverso la produzione di dopamina, il neurotrasmettitore legato alla motivazione; questa scarica chimica si traduce nella creazione o nel consolidamento delle sinapsi. Lo sforzo compiuto nello studio dovrebbe perciò essere sempre gratificato, così da attivare il circolo virtuoso 'mi impegno, sono ricompensato, ho voglia di impegnarmi ancora'.

Altro aspetto da considerare è che la creazione di nuove connessioni tra neuroni avviene in un tempo che varia da qualche minuto a qualche ora, ma il consolidamento richiede un ciclo di 24 ore, in cui il riposo ha un ruolo fondamentale. La riattivazione neuronale che si ha nella fase di riposo contribuisce a consolidare l'apprendimento, dando al cervello il tempo di consolidare le connessioni tra neuroni (Masson, 2012).

1.1 Campo di indagine delle neuroscienze cognitive

Le neuroscienze cognitive costituiscono il campo di ricerca che tenta di comprendere i legami tra processi cognitivi e attività cerebrale, studiando le modalità attraverso le quali il cervello supporta i processi mentali e i rapporti tra processi cognitivi e attività neurale. Oggetto delle neuroscienze è l'indagine e la spiegazione in termini di attività cerebrale dei comportamenti: dai più semplici, come quelli motori, ai più complessi, come quelli che corrispondono al senso del sé e alle varie forme di coscienze. La mente e il cervello sono considerati due modi, due linguaggi, due livelli da cui osservare il medesimo fenomeno. Le neuroscienze riconducono ad una visione unitaria la differenziazione tra le discipline attuate nel tempo e caratteristica del pensiero occidentale, facendo confluire su un terreno comune i contributi di diverse discipline e ridando unità alla riflessione sull'essere umano. (Gallo, 2003).

Appare oggi essenziale arrivare a comprendere i processi che ci permettono di percepire, agire, apprendere e ricordare. Come può il cervello, che è un organo piccolo che pesa soltanto un chilo e mezzo, riuscire a concepire l'infinito, a scoprire sempre nuove nozioni ed essere l'artefice dell'incredibile varietà individuale dei pensieri, dei sentimenti e delle azioni umane? In che modo capacità mentali così straordinarie sono distribuite all'interno di quest'organo? E in base a quale principio i diversi processi mentali si localizzano in regioni cerebrali specifiche, opportunamente collegate fra loro? Qual è il rapporto che lega l'organizzazione anatomica e la fisiologia cellulare di una certa regione al suo ruolo mentale specifico? In che misura i processi mentali sono cablati nell'architettura nervosa cerebrale? In che modo i geni contribuiscono all'espressione dei diversi comportamenti e come i processi di sviluppo e dell'apprendimento arrivano a regolare l'espressione genica a livello delle cellule nervose? E come possono le diverse esperienze modificare il modo con cui il cervello si comporta davanti a eventi successivi e fino a che punto questo processo è inconscio? E, infine, quali sono i fondamenti nervosi che stanno alla base delle malattie neurologiche e psichiatriche? Le neuroscienze moderne stanno tentando di legare l'assetto logico delle disposizioni dei circuiti nervosi con le diverse espressioni mentali, stanno cioè tendendo di descrivere in che modo all'interno di particolari circuiti le attività delle diverse cellule nervose siano correlate con la complessità dei processi mentali. (Kandel, 2015).

Il termine "neuroscienze" deriva dall'inglese "neurosciences", un neologismo coniato nel 1962 circa dal neurofisiologo americano Francis O. Schmitt. Egli capì che si dovevano abbattere le barriere tra le diverse discipline scientifiche, unendone le risorse e gli sforzi, se ci si voleva avvicinare ad una piena comprensione della complessità del funzionamento cerebrale e aveva utilizzato la parola "neuroscienze" (Neurosciences Research Program) per indicare il suo gruppo di ricerca, costituito appunto da scienziati di diversa formazione (Adelman, 2010).

Il complesso di discipline oggi note come neuroscienze rappresenta una scienza sempre più interdisciplinare, che attinge da matematica, fisica, chimica, nanotecnologie, ingegneria, informatica, psicologia, medicina, biologia, filosofia, e va in senso opposto rispetto al confinamento specialistico dello studio del cervello e alla delimitazione del sapere tecnico degli anni passati.

Un ampio spettro di problematiche rientra nell'indagine delle neuroscienze: lo sviluppo, la maturazione ed il mantenimento del sistema nervoso, la sua struttura anatomica e funzionale con un'attenzione particolare al cervello e al ruolo che esso riveste nel comportamento e nella cognizione. Le neuroscienze cercano di comprendere non solo i normali meccanismi del sistema nervoso, ma anche quello che non funziona adeguatamente nei disturbi dello sviluppo, psichiatrici e neurologici, con l'intento di trovare nuove strade per prevenirli o curarli.

Nel libro “Principi di Neuroscienze” il premio Nobel Eric Kandel dichiara: “Il compito delle neuroscienze è di spiegare il comportamento in termini di attività del cervello. Come può il cervello dirigere i suoi milioni di singole cellule nervose per produrre un comportamento, e come possono essere queste cellule influenzate dall’ambiente? L’ultima frontiera della scienza della mente, la sua ultima sfida, è capire le basi biologiche della coscienza, ed i processi mentali attraverso cui noi percepiamo, agiamo, impariamo e ricordiamo” (Gazzaniga,2005; Kandel 2003; Piccolino 2008).

1.2 Grandi scoperte e futuro delle neuroscienze

Descrivere tutti gli studi rilevanti nella neuroscienza sarebbe un compito complicato e molto esteso. Le seguenti scoperte hanno spodestato alcune idee del passato sul funzionamento del nostro cervello e hanno dato il via a nuovi studi. Questa è una selezione di alcuni studi sperimentali importanti tra le migliaia di lavori esistenti:

- *Neurogenesi* (Eriksson, 1998). Per 400 anni la scienza ha sostenuto che il cervello è immutabile ma, tra la fine degli anni sessanta e l’inizio degli anni settanta, alcuni scienziati dopo una serie di scoperte inaspettate dimostrarono che il cervello è plastico, in grado di modificare la sua struttura e di perfezionare i suoi circuiti e, se alcuni suoi componenti vengono danneggiati in circostanze particolari, possono essere sostituiti. Il cervello umano è in grado di modificare “se stesso”: l’uomo è dotato di flessibilità, adattabilità, neuroplasticità che gli permettono di riorganizzare rimodellare le connessioni neuronali o circuiti nervosi anche in età avanzata
- Contatto durante la prima infanzia e lo sviluppo cognitivo ed emotivo (Lupien, 2000). In questo studio è stata dimostrata l’importanza del contatto fisico del bambino durante la sua prima infanzia. I bambini che hanno avuto poco contatto fisico sono i più vulnerabili a deficit funzionali cognitivi che in genere si manifestano con depressione o situazioni di alto stress e che riguardano soprattutto l’attenzione e la memoria.
- La scoperta dei neuroni specchio (Rizzolatti, 2004). Ad avviare questo studio è stata l’abilità dei bambini appena nati di imitare i gesti altrui. Questo ha portato alla scoperta dei neuroni specchio, neuroni che si attivano quando vediamo una persona realizzare un’azione. Facilitano non solo l’imitazione, ma anche l’empatia e, quindi, le relazioni sociali.

- Riserva cognitiva (Stern, 2007). La scoperta della riserva cognitiva è stata molto rilevante negli ultimi anni. Secondo questa teoria, il cervello è in grado di compensare le lesioni. Su questa capacità influiscono diversi fattori come l'età di scolarizzazione, il lavoro svolto, le abitudini di lettura o la cerchia sociale.

Il futuro delle neuroscienze sarà lo “Human Brain Project”. Lo Human Brain Project (Markram, 2012) è un progetto finanziato dall'Unione Europea che ha come obiettivo quello di costruire un'infrastruttura basata sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC). Questa infrastruttura vuole mettere a disposizione di tutti gli scienziati del mondo una banca dati nel campo delle neuroscienze. Sviluppa sei piattaforme basate sulle TIC:

- Neuro-informatica: darà accesso ai dati di studi neuroscientifici effettuati in tutto il mondo.
- Simulazione del cervello: integrerà le informazioni in modelli informatici unificati per realizzare test che non sarebbe possibile realizzare di persona.
- Computazione di alto rendimento: somministrerà la tecnologia di super-computazione interattiva di cui i neuroscienziati hanno bisogno per i modelli e le simulazioni dei dati.
- Computazione neuro-informatica: trasformerà i modelli del cervello in dispositivi “hardware” testandone le applicazioni.
- Neuro-robotica: permetterà ai ricercatori in neuroscienza e nell'industria di sperimentare con robot virtuali controllati da modelli cerebrali sviluppati nel progetto.

Questo progetto è iniziato nell'ottobre del 2013 e avrà una durata stimata di 10 anni. I dati che si raccoglieranno in questa enorme banca dati potranno facilitare il lavoro di future ricerche. L'avanzare delle nuove tecnologie sta permettendo agli scienziati di avere una conoscenza più profonda del cervello, nonostante la ricerca di base abbia ancora molti dubbi da risolvere in questo appassionante campo. Nonostante la ricerca abbia ancora molta strada da compiere, penso sia importante dividerne i risultati, in primo luogo con i ragazzi, molti dei quali ancora possiedono l'idea preconcepita che l'“intelligenza” sia fissata alla nascita e non modificabile al contrario le neuroscienze hanno dimostrato l'incredibile plasticità del cervello, che non smette di trasformarsi, non solo nell'arco di una giornata, ma durante tutto il corso della vita.

Secondo le indicazioni di Goldeberg e Kandel si può tracciare nel profilo del cervello lavorando a doppio livello: 1) livello di funzionamento che è il risultato degli sviluppi della fisiologia e della biochimica delle cellule nervose; 2) livello di architettura che è il risultato della ricerca anatomica (Goldeberg, 2002-Kandel, 2015).

2 Architettura e funzioni del cervello

Secondo le indicazioni di Goldeberg e Kandel si può tracciare nel profilo del cervello lavorando a doppio livello: 1) livello di funzionamento che è il risultato degli sviluppi della fisiologia e della biochimica delle cellule nervose; 2) livello di architettura che è il risultato della ricerca anatomica (Goldeberg, 2002-Kandel, 2015).

2.1 Livello di funzionamento: fisiologia delle cellule nervose

La materia prima del nostro cervello sono le cellule nervose o neuroni. Il cervello umano è composto da un'enorme numero di neuroni: ce ne sono circa 100 miliardi. A loro volta tali cellule sono connesse le une alle altre secondo schemi specifici e molto complessi. L'organizzazione del cervello è quindi estremamente complicata, ma le sue componenti strutturali sono cellule, ovvero entità analoghe a quelle che si trovano in ogni altra parte del corpo. Tali cellule interagiscono esattamente come in tutti gli altri organi del corpo, ma nel cervello l'interazione produce qualcosa di straordinario: la visione, la memoria e tutte le altre funzioni mentali. Al sistema nervoso si richiede infatti una funzione determinante per il funzionamento dell'intero organismo quella di raccogliere, distribuire e integrare informazioni provenienti da ogni parte del corpo (Kandel, 2005).

Quello dell'interazione è dunque l'aspetto fondamentale della fisiologia del cervello e a renderlo l'eccezionale organo che è: singolarmente, i neuroni non sono in grado di espletare alcuna funzione cognitiva, nemmeno la più elementare, ma le operazioni cognitive sono il frutto delle interazioni dinamiche di insiemi neuronali o reti. Tali reti tali neuronali hanno delle proprietà che nell'insieme sono molto di più della semplice somma delle proprietà delle singole cellule.

2.1.1 Struttura e forma dei neuroni

Le cellule nervose si distinguono in neuroni e cellule gliali cioè le cellule esercitano una funzione di sostegno e concorrono alla formazione di mielina. I neuroni sono posti in relazione tra loro da fibre che prendono il nome di *assoni* e *dentriti* (Figura 1). Assoni e dentriti hanno origine dal

corpo cellulare del neurone (dove sono presenti tutti gli organuli cellulari compreso il nucleo con il DNA): gli assoni si trovano a un'estremità e hanno il compito di veicolare informazioni verso altre cellule; i dendriti, all'altra estremità, formano una struttura ramificata e servono a ricevere segnali in entrata che provengono da altri neuroni. A seconda della loro lunghezza, assoni e dendriti concorrono alla formazione della sostanza grigia e la sostanza bianca, la colorazione biancastra è determinata dalla mielina una sostanza che, come vedremo più avanti, facilita la trasmissione elettrica dei segnali (Ramon y Cayal, 1988-1995).

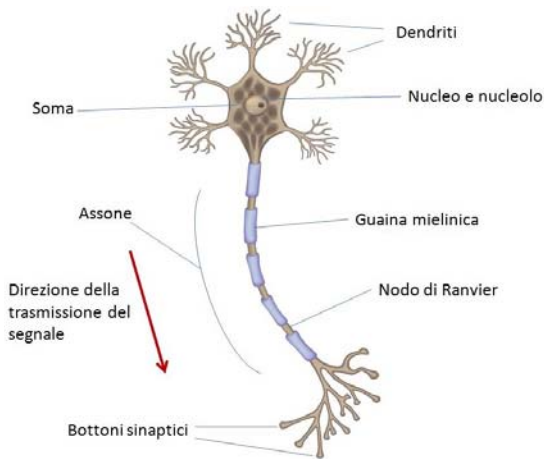


Figura 1: Il neurone e le sue diverse parti

Le cellule nervose posseggono delle speciali proprietà che gli permettono di svolgere al meglio la loro funzione comunicativa: innanzitutto sono dotate di iritabilità, cioè la capacità di stabilire una differenza di potenziale elettrico tra interno ed esterno, (da -70 a +20,+30 mV); sono dotate di conducibilità, cioè la proprietà di propagare l'impulso lungo tutta la membrana; di comunicazione, l'impulso può essere trasferito mediante sinapsi (chimiche) o nexus (elettriche) ad altre cellule; hanno proprietà di secrezione, producendo segnali chimici sotto forma di neurotrasmettitori neuro-modulatori; si caratterizzano infine per la perdita della capacità replicativa anche se il carattere di cellula perenne è stato in parte rivalutato.

I neuroni sono dotati di una grande varietà di forme (Figura 2) che sono in relazione con l'organizzazione che essi assumono in una determinata area del cervello; si distinguono in categorie diverse secondo le funzioni che sono chiamati a svolgere: neuroni sensoriali situati negli organi di senso e deputati all'acquisizione di stimoli e informazioni dagli organi sensoriali al sistema nervoso centrale; motoneuroni che controllano le cellule dei muscoli e delle ghiandole e emanano impulsi di tipo motorio agli organi della periferia corporea; interneuroni che gestiscono le relazioni tra neuroni sensoriali e motoneuroni, integrando i dati forniti dai neuroni sensoriali e li trasmettono ai neuroni motori (Siegel, 2005).

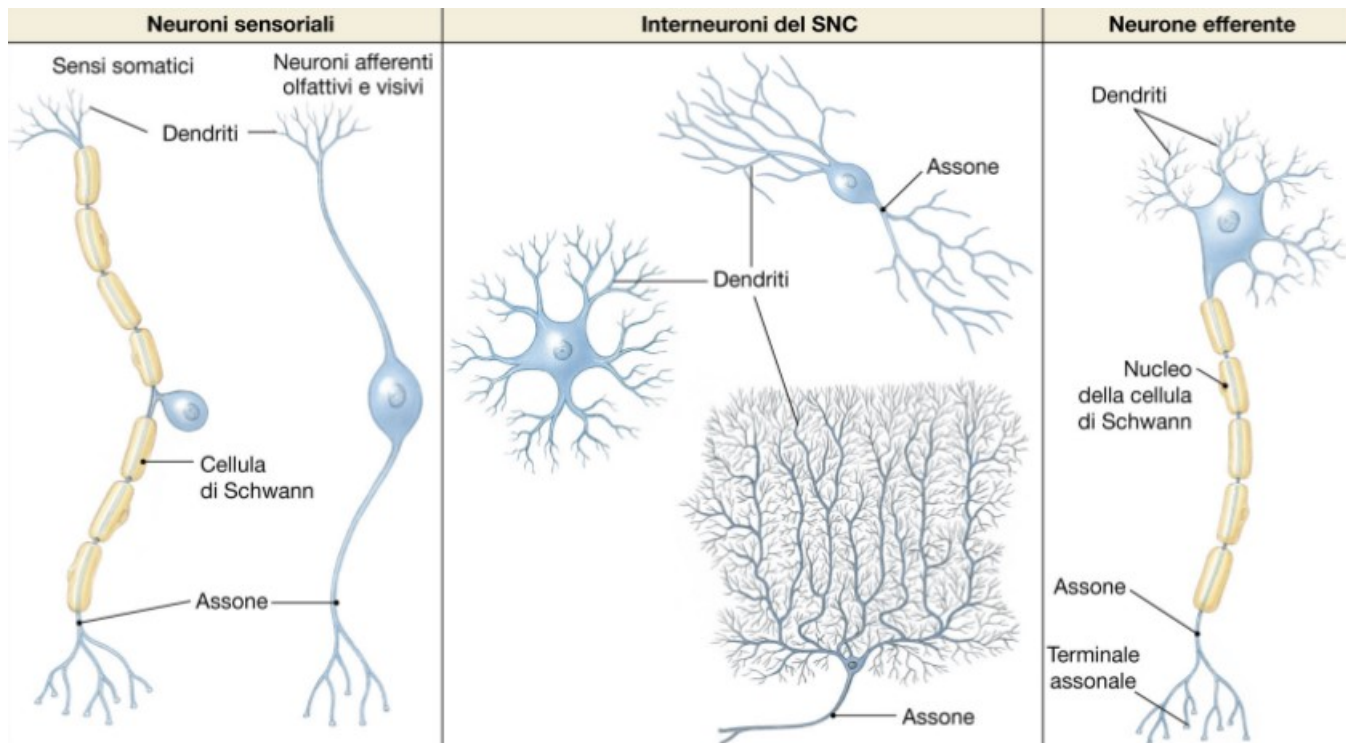


Figura 2: I diversi tipi di neuroni

2.1.2 Comunicazione sinaptica: potenziale d'azione e neurotrasmettitori

Nel cervello umano, come dicevamo, ci sono diverse centinaia di miliardi di neuroni (12-15 miliardi nella corteccia, 70 miliardi circa nel cervelletto) e ciascun neurone sviluppa una rete fittissima di relazioni sinaitiche con gli altri neuroni (tra 10mila e 20mila per ciascun neurone).

La comunicazione tra singoli neuroni avviene in un'area di relazione composta da tre elementi: 1) la terminazione pre-sinaptica dell'assone, l'area post-sinaptica del dentrite e lo spazio vuoto tra di esse che prende il nome di fessura sinaptica. L'insieme di questi tre elementi prende il nome di sinapsi.

Il passaggio di informazione tra i singoli neuroni è il risultato della propagazione di segnali elettrici. Il primo a sostenerlo fu il fisiologo tedesco Hermann von Helmholtz che misurò la velocità in 28/30 m/s. questi studi vennero poi confermati negli anni successivi da Edgar Douglas Adrian (Bennet, 1999).

Il segnale che trasmette le informazioni nel sistema nervoso o impulso nervoso è detto *potenziale d'azione*. Il meccanismo biologico alla base della conduzione dei segnali è rappresentato dal segnale elettrico che si muove rapidamente lungo l'assone, grazie alla membrana assonica che gode di proprietà che la rendono capace di condurre questo potenziale d'azione. Il citosol del neurone a riposo risulta caricato negativamente rispetto al fluido extracellulare. Il potenziale d'azione, detto anche *spike*, rappresenta un drammatico cambiamento di questa situazione, dovuto ad una redistribuzione delle cariche elettriche da un capo all'altro della membrana, tale che, per un istante, l'interno della membrana si carica positivamente rispetto all'esterno. Ciò provoca, oltre un valore soglia, una depolarizzazione della cellula, causata dall'entrata di ioni sodio attraverso la membrana, mentre la sua successiva ripolarizzazione è dovuta all'uscita di ioni potassio. Questo lavoro avviene grazie ad un meccanismo di regolazione delle concentrazioni, pro e contro i gradienti di concentrazione, che spinge dentro, o provoca la fuoriuscita dei vari tipi di ioni, attraverso canali ionici voltaggio-dipendenti selettivi per il sodio, per il potassio, e per il calcio, garantendo continuità a questo meccanismo di trasporto dell'informazione a distanza, cosicché il potenziale d'azione viene continuamente rigenerato. La sua propagazione lungo l'assone, una volta generato, è costante e unidirezionale: non subisce decrementi, e, per una momentanea refrattarietà della membrana a monte, può solo avanzare (propagazione ortodromica). I potenziali d'azione generati da una cellula sono simili in ampiezza e durata. Frequenza e struttura del potenziale d'azione costituiscono il codice utilizzato dai neuroni per trasferire l'informazione da un luogo ad un altro nel sistema nervoso (Tahirovic, 2009).

Gli assoni dei neuroni sono ricoperti da una sostanza biancastra detta *mielina*, con la funzione di permettere una giusta connessione degli stimoli nervosi, aumentandone la velocità di passaggio tramite la così chiamata "conduzione saltatoria". Difatti, all'interno delle fibre mieliniche, gli assoni non sono ricoperti dalla mielina in maniera omogenea, ma sono rivestiti a pezzi, creando una sorta di restringimenti che frammentano la fibra. Così facendo l'impulso nervoso, invece di attraversare la fibra per tutta la sua lunghezza, può andare verso l'assone balzando da parte a parte. Il punto di rottura della guaina mielinica, da un tratto all'altro, vengono chiamati Nodi di Ranvier (Figura 1).

La mielina, inoltre, ha la funzione di fungere da prevenzione meccanica, comportandosi come un perfetto isolante che garantisce un minor dispendio di energia, e di provvedere al mantenimento nutritivo nei riguardi dell'assone che ricopre (Raine, 1984).

Affinché le informazioni che viaggiano lungo gli assoni possano venire integrate dalle altre parti del sistema nervoso, è necessario che questi segnali nervosi siano trasmessi ad altri neuroni. Verso la fine del XIX secolo si ritenne che questo trasferimento di informazioni da un neurone al-

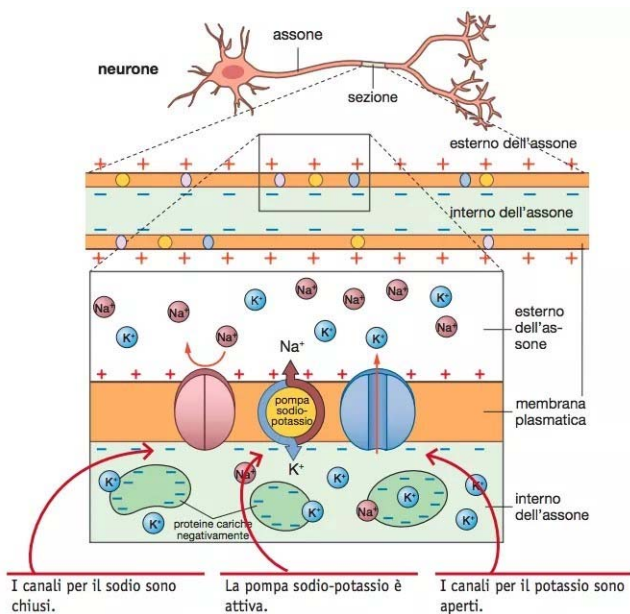


Figura 3: Il potenziale d'azione nel neurone

nervosa. La rimozione del neurotrasmettitore dalla fessura sinaptica impedisce un'esposizione ininterrotta ad alte concentrazioni di stimolo che genererebbe una desensibilizzazione a nuovi impulsi. Neuroni differenti, nel cervello, rilasciano neurotrasmettitori differenti. La trasmissione sinaptica veloce, nella maggior parte delle sinapsi del SNC, è mediata dagli aminoacidi glutammato (Glu), acido gamma-aminobutirrico (GABA) e glicina (Gly). L'aminaacetilcolina (ACh) media la trasmissione sinaptica veloce nelle giunzioni neuromuscolari. Forme più lente di trasmissione sinaptica nel SNC e in periferia sono mediate da trasmettitori di tutte le altre classi (Harvey, 1996).

La maggior parte dei neuroni del sistema nervoso riceve migliaia di input che attivano combinazioni differenti di canali ionici trasmettitore-dipendenti e di recettori accoppiati. La grande capacità dei neuroni è quella di integrare tutti questi complessi segnali ionici e chimici in un singolo output neuronale, attraverso una computazione neurale. L'eccezionalità di questo complesso sistema sono proprio i miliardi di computazioni neurali che il cervello opera ogni secondo della vita di un uomo.

l'altro dovesse avvenire in siti di contatto specializzati, che nel 1897, furono battezzati con il nome di Sinapsi, dal fisiologo inglese Charles Sherrington. Il processo mediante il quale l'informazione viene trasferita attraverso la sinapsi è denominato trasmissione sinaptica ed è principalmente di natura chimica.

Le molecole chimiche utilizzate per mediare l'informazione sono dette *neurotrasmettitori*, sintetizzati e immagazzinati nel neurone presinaptico, rilasciati dal terminale assonico presinaptico dopo la stimolazione e in grado di produrre, interagendo con recettori specifici, una risposta nel neurone postsinaptico che imiti la risposta prodotta dal rilascio del neurotrasmettitore dal neurone presinaptico (Kelly, 1993). Una volta che il neurotrasmettitore è stato liberato e ha interagito con i recettori postsinaptici, deve essere eliminato dalla fessura sinaptica per permettere una successiva trasmissione

2.2 Livello di architettura: sistema nervoso- struttura e funzioni

Nel corso dell'evoluzione, gli organismi animali hanno sviluppato un sistema nervoso sempre più complesso, che ha conferito loro un vantaggio evolutivo sempre maggiore. Le spugne, tra gli organismi animali più antichi, non hanno un sistema nervoso. I primi animali in cui compare, circa 600 milioni di anni fa, sono i celenterati, come gli anemoni di mare e le meduse. Qual è stato il vantaggio, per l'organismo, apportato dallo sviluppo del sistema nervoso? La risposta più credibile che ci offrono oggi gli scienziati è che si sia sviluppato per consentire agli organismi animali di muoversi. Gli organismi vegetali sono privi di un sistema nervoso: i lenti movimenti che vediamo compiere alle piante, come per esempio la rotazione del fusto verso una fonte di luce, non sono dei veri movimenti, ma il risultato di un diverso accrescimento di una parte della pianta, in questo caso quella più lontana dalla luce. Al contrario, anche organismi animali semplici come i vermi, dotati di un sistema nervoso estremamente elementare, sono in grado di effettuare movimenti rapidi in risposta a uno stimolo. Nei vermi, il sistema nervoso è organizzato in gruppi di cellule (i gangli) che mettono l'animale in condizione di rispondere a stimoli luminosi, chimici e tattili. Salendo nella scala evolutiva, passando agli animali dotati di colonna vertebrale (vertebrati), il sistema nervoso aumenta di complessità anatomica e funzionale, il movimento viene controllato da specifici neuroni organizzati nella colonna vertebrale e vengono acquisite nuove sensibilità di tipo visivo, uditivo, gustativo e olfattivo. Tra i vertebrati, il sistema nervoso umano è sicuramente il più complesso: l'uomo è dotato, infatti, rispetto ad altri animali, delle cosiddette funzioni superiori, cioè di capacità mentali astratte e complesse come la coscienza, il linguaggio, la memoria, l'ideazione, il comportamento. Queste sono possibili grazie allo sviluppo di una specifica struttura a livello del cervello, la neocorteccia, che costituisce la parte filogeneticamente (ovvero, che riguarda la storia evolutiva di un gruppo di organismi) più recente della corteccia cerebrale.

La corteccia cerebrale rappresenta lo strato più esterno del cervello; per aumentare la propria superficie, la corteccia si ripiega verso l'interno diverse volte, con veri e propri solchi che delimitano delle sottoregioni, anatomicamente e funzionalmente distinte, chiamate circonvoluzioni. Una delle caratteristiche più importanti del sistema nervoso è la sua capacità di inviare segnali istantanei a regioni del corpo anche molto distanti.

Il sistema nervoso riveste, quindi, un ruolo chiave nell'amministrazione del corpo di tutti gli animali. In ogni momento esso riceve ed elabora un'enorme quantità di segnali provenienti sia dall'ambiente esterno che dagli organi interni e, sulla base di tali informazioni, elabora strategie che consentono loro di sopravvivere e riprodursi. Questa incessante attività è particolarmente dispendiosa

da un punto di vista energetico. Negli esseri umani il cervello adulto rappresenta solo il 2% del peso corporeo e tuttavia consuma oltre il 20% delle risorse energetiche dell'organismo. Quest'alto costo è compensato dalle straordinarie capacità cognitive dell'uomo che ne fanno uno degli esseri viventi più adattabili che esistano sul pianeta (Gazzaniga, 2015).

2.2.1 Suddivisione del sistema nervoso

Il sistema nervoso di tutti i vertebrati, da quello dei pesci a quello dell'uomo, può essere suddiviso in due parti: il sistema nervoso centrale e il sistema nervoso periferico. Con una certa approssimazione si può dire che quest'ultimo rappresenta l'interfaccia del sistema nervoso centrale con il mondo esterno (Streidter, 2005).

Il *sistema nervoso periferico* include tutti i nervi e tutti i gangli, ovvero tutti quei raggruppamenti di neuroni che stanno sparsi nel corpo al di fuori della colonna vertebrale. Esso è formato da una componente sensoriale e da una componente motoria. L'insieme dei nervi sensoriali trasmette al sistema nervoso centrale sia le sensazioni che provengono dai visceri che quelle provenienti dagli organi sensoriali, come ad esempio gli occhi, gli orecchi, la pelle eccetera. Diversamente, gli ordini emanati dal sistema nervoso centrale vengono inviati tramite i nervi motori. La componente motoria viene ulteriormente distinta nel sistema nervoso somatico, che comprende i nervi che vanno ai muscoli, e nel sistema nervoso autonomo, formato dai nervi che vanno agli organi interni e che sono responsabili del controllo delle funzioni involontarie (il battito cardiaco, per esempio è involontario). A sua volta il sistema nervoso autonomo è formato da due sistemi, quello simpatico e quello parasimpatico, che hanno effetti opposti sugli organi interni. L'attivazione del sistema simpatico prepara all'azione: la frequenza cardiaca aumenta, i polmoni si dilatano per fornire più ossigeno, la digestione è inibita, viene stimolata la secrezione di adrenalina. Al contrario, l'attivazione del sistema parasimpatico consente le funzioni di mantenimento dell'organismo: la frequenza cardiaca si abbassa, la digestione viene attivata e il soggetto spesso cade in uno stato di torpore.

Il *sistema nervoso centrale* dei mammiferi è formato da tre regioni: il midollo spinale, il cervello ed il cervelletto. Il midollo spinale è contenuto interamente nella colonna vertebrale, mentre le altre strutture si trovano all'interno della scatola cranica. Non è affatto un caso che il sistema nervoso centrale sia racchiuso da un involucro possente. Le sue parti sono infatti molto delicate e siccome, specie in età adulta, la capacità di rigenerazione del tessuto nervoso è molto limitata, la sua integrità deve essere preservata da possibili traumi.

Non è questa l'unica protezione: infatti, l'intero sistema nervoso centrale è "immerso" in un fluido incolore chiamato liquido cerebrospinale. Questo liquido fa da cuscinetto attenuando i colpi che accidentalmente l'animale riceve sulla testa o sul tronco, distribuendone l'impatto su tutta la superficie del cervello. Le varie regioni del sistema nervoso svolgono compiti diversi e, in un certo senso, complementari. Il midollo spinale è la principale via di comunicazione fra il cervello ed il sistema nervoso periferico. Al midollo afferiscono tutte le informazioni sensoriali provenienti dalla pelle, dai visceri, dai muscoli e dalle articolazioni del tronco e degli arti. Dal midollo, nascono le fibre motorie che giungono ai muscoli e che controllano i movimenti volontari.

2.2.2 Suddivisione del sistema nervoso centrale

Il sistema nervoso centrale è una struttura bilaterale, ed essenzialmente simmetrica, formata da due parti principali: il midollo spinale e il cervello a sua volta comunemente suddiviso in tre regioni più estese: il *romboencefalo* (che comprende il bulbo, il ponte e il cervelletto), il *mesencefalo* e il *telencefalo* (che comprende il diencefalo e gli emisferi cerebrali).

In realtà possiamo suddividere il sistema nervoso centrale nelle seguenti parti:

- Il *midollo spinale* rappresenta la parte più caudale del sistema nervoso centrale, riceve e analizza le informazioni sensitive provenienti dalla cute, dalle articolazioni e dai muscoli degli arti e del tronco. È suddiviso in una regione cervicale, toracica, lombare e sacrale.
- Il midollo spinale si continua rostralmente nel *tronco dell'encefalo*, che comprende il bulbo, il ponte e il mesencefalo. Il tronco dell'encefalo riceve le informazioni sensitive che provengono dalla cute e dai muscoli del capo e provvede al controllo dei muscoli della testa. Nel tronco decorrono anche informazioni che provengono dal midollo spinale e proiettano al cervello e viceversa. Il tronco è anche deputato alla regolazione del livello di allerta e di consapevo-

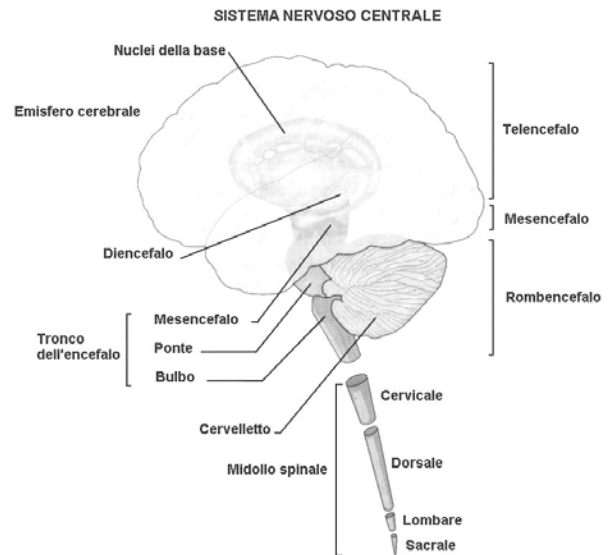


Figura 4: La suddivisione del sistema nervoso centrale

lezza attraverso le strutture della formazione reticolare. Il tronco dell'encefalo contiene anche numerosi raggruppamenti di cellule nervose che costituiscono i nuclei dei nervi cranici. Alcuni di questi nuclei ricevono informazioni dalla cute e dai muscoli del capo; altri provvedono al controllo motorio dei muscoli della faccia, del collo e degli occhi; altri ancora sono specializzati per l'analisi delle informazioni che provengono da tre organi di senso speciali: L'udito, il senso dell'equilibrio e il gusto.

- Il *bulbo* sta direttamente sopra al midollo spinale e comprende numerosi centri responsabili di alcune funzioni viscerali di importanza vitale come la digestione, il respiro e il controllo del ritmo cardiaco.
- Il *ponte* è situato cranialmente rispetto al bulbo e trasporta informazioni relative al movimento che provengono dagli emisferi cerebrali e sono destinate al cervelletto.
- Il *cervelletto* è localizzato dietro il ponte ed è connesso al tronco dell'encefalo mediante alcuni grandi fasci di fibre detti peduncoli. Il cervelletto, estensione della corteccia premotoria, collabora al controllo del movimento, monitorando la distanza tra intendimenti ed esecuzione. È coinvolto nell'apprendimento implicito (imparare a fare il caffè), processo di lento apprendimento che si realizza a livello inconscio mediante la ripetizione di tentativi. Il soggetto non risulta in grado di descrivere quello che ha imparato ma l'apprendimento viene dimostrato nel riuscire a ripetere il compito più velocemente e con meno errori. L'apprendimento implicito può avvenire anche in presenza di lesioni che rendono deficitario quello esplicito.
- Il *mesencefalo* sta rostralmente al ponte e controlla molte funzioni sensitive e motorie, compresi i movimenti oculari e la coordinazione dei riflessi visivi e uditivi.
- Il *diencefalo* è in posizione rostrale rispetto al mesencefalo e contiene due diverse strutture. La prima, il talamo, analizza la maggior parte delle informazioni che raggiungono la corteccia cerebrale provenendo dal resto del sistema nervoso, l'altra, l'ipotalamo, regola le funzioni del sistema nervoso autonomo, del sistema endocrino e le funzioni viscerali, con il ruolo di mantenere costante "l'ambiente interno" del corpo (cioè di mantenere attorno a certi valori ottimali caratteristiche come la temperatura corporea e la concentrazione di alcune sostanze). (Kandel, 2015)

2.2.3 Corteccia e emisferi cerebrali

Il cervello rappresenta il principale centro di integrazione delle informazioni del SNC; qui infatti giungono le informazioni sensitive e vengono elaborate le risposte conseguenti; controlla i muscoli coinvolti nel movimento volontario, così come tutti i muscoli involontari (ad esempio il battito cardiaco, le attività ghiandolari, i tessuti digestivi, ecc.): è sede inoltre di tutte le attività intellettuali. Il cervello è dunque coinvolto in tutte le funzioni percettive, motorie e cognitive.

Il cervello contiene i due emisferi cerebrali, ciascuno dei quali comprende uno strato esterno fortemente convoluto, la *corteccia cerebrale*, e tre strutture localizzate in profondità: i *nuclei della base*, l'*ippocampo* e i nuclei dell'*amigdala*. (Mesulam, 2000)

I nuclei della base prendono parte alla regolazione delle prestazioni motorie; l'ippocampo è in rapporto con alcuni aspetti della conservazione delle tracce mnemoniche, mentre i nuclei dell'amigdala coordinano le risposte endocrine e del sistema nervoso autonomo in rapporto con gli stati emotivi.

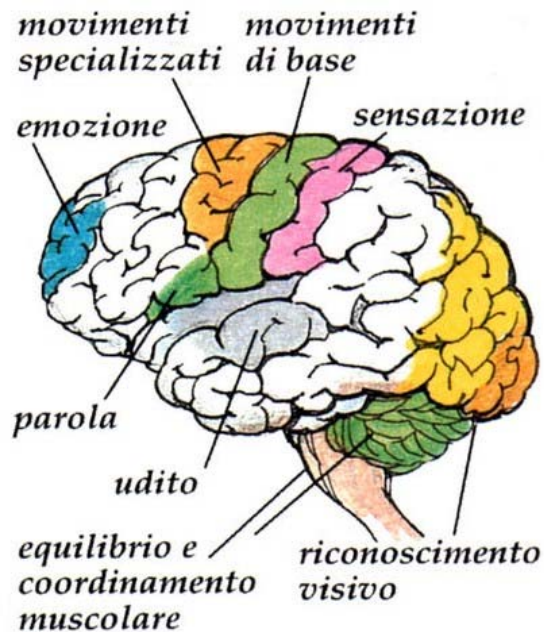


Figura 5: Funzioni delle diverse parti del cervello

L'ippocampo svolge un ruolo importante nella memoria a lungo termine e nell'orientamento spaziale. È coinvolto nell'apprendimento esplicito (imparare dove abita la signora Vilma e che ha tre cani), processo rapido e verbalizzabile. Utilizzando le strutture verbali, è possibile riattivare volontariamente due tipi di memoria: quella dichiarativa episodica (informazioni di eventi vissuti) e quella dichiarativa semantica (informazioni apprese). L'apprendimento esplicito permette quindi di ripetere mentalmente l'informazione, consolidandola nella memoria. Con il termine memoria, si intende una funzione cognitiva estremamente importante per l'essere umano. Essa consiste nell'assimilazione, nella ritenzione e nel richiamo di informazioni apprese durante l'esperienza o per via sensoriale. La memoria serve per adattarsi al-

l'ambiente e, tanto più si sale la scala zoologica, maggiore risultano essere la sua utilità ed importanza. Gli animali inferiori, infatti, utilizzano la cosiddetta "memoria genetica", ossia affidano il loro adattamento a quanto trasmesso dai progenitori e rispondono agli stimoli ambientali attraverso schemi prefissati (innati o istintivi) di comportamento. Gli animali superiori, invece, sulla base delle informazioni memorizzate, sono in grado di programmare in modo creativo l'atteggiamento, giungendo (nel caso dell'uomo) a modificare l'ambiente secondo le proprie esigenze. Un ruolo chiave nella formazione e nella memorizzazione di ricordi associati a eventi emotivi gioca anche l'amigdala. L'amigdala è, infatti, una componente del sistema limbico, con il termine di "sistema limbico", i neurologi indicano un complesso di strutture cerebrali con un ruolo chiave nelle reazioni emotive, nei processi di memoria, nel comportamento e nell'olfatto. E' inoltre responsabile del cosiddetto condizionamento della paura; partecipa all'elaborazione di stati emozionali come la paura, la rabbia, la felicità, la tristezza, l'aggressività ecc.; favorisce il ricordo di ciò che ha procurato dolore; infine, è implicata nell'eccitazione e nei processi decisionali.

Gli emisferi cerebrali sono due, approssimativamente uguali e, nell'uomo ricoprono quasi tutte le altre parti del cervello. La superficie degli emisferi è rivestita dalla corteccia cerebrale, che specialmente nell'uomo presenta un gran numero di fessure, dette solchi, e di convessità, detti giri. Ogni emisfero è ulteriormente suddiviso in quattro lobi principali, separati da fessure profonde, che assumono il nome delle ossa sovrastanti del cranio: *il lobo frontale, il lobo parietale, il lobo temporale e il lobo occipitale.*

A loro volta i lobi possono essere divisi in un gran numero di aree cerebrali ognuna delle quali è specializzata per una certa funzione. Le aree possono essere suddivise in sensoriali primarie (le prime a ricevere i messaggi dalle vie sensoriali ascendenti), sensoriali secondarie (compiono ulteriori analisi sui segnali in ingresso), motorie (generano e controllano i movimenti volontari) e polimodali (combinano segnali sensoriali provenienti da diversi sistemi e danno il via alla preparazione di un atto motorio o ad altre funzioni cognitive).

Gli studiosi dell'architettura cerebrale, partendo dalla teoria del neurone e delle sue connessioni, hanno messo in evidenza che i meccanismi cellulari responsabili delle nostre facoltà cognitive hanno sede soprattutto nella corteccia cerebrale, vale a dire nella materia grigia, dalla superficie ondulata, che ricopre i due emisferi cerebrali. Ogni lobo possiede parecchie e caratteristiche insenature profonde che rappresentano il mezzo escogitato dai processi evolutivi per racchiudere un numero maggiore di cellule in uno spazio limitato (Mesulam, 2000).

EMISFERO SINISTRO

Comunicazione verbale
Elaborazione verbale e simbolica dell'emozione
Elaborazione analitica delle immagini Esecuzione di sequenze motorie complesse
Percezione dei suoni ad alta frequenza
Elaborazione dell'informazione con alta frequenza temporale
Riconoscimento dei volti
Esecuzione di sequenze motorie apprese volontariamente
Elaborazione e memorizzazione a "modelli" ad esempio $A+B=C$

EMISFERO DESTRO

Comunicazione non verbale (gesti ed espressioni)
Capacità visuo-spaziali: percezione della profondità, localizzazione spaziale,
Identificazione di figure geometriche complesse
Conoscenza spaziale del proprio corpo e del suo inserimento nell'ambiente
Percezione ed elaborazione globale delle immagini
Percezione della tonalità e modulazione della voce
Percezione dei suoni a bassa frequenza
Discriminazione dell'espressione del viso
Elaborazione dell'informazione con bassa frequenza temporale
Apprendimento associativo non cosciente

Tabella 1: Principali differenze funzionali fra i due emisferi cerebrali

Le tecniche radiologiche di visualizzazione hanno reso possibile l'osservazione diretta di queste strutture in vivo. La visualizzazione cerebrale viene oggi usata comunemente per valutare l'attività metabolica di singole regioni cerebrali mentre il soggetto è intento a svolgere compiti specifici in condizioni controllate. Queste ricerche forniscono la prova diretta che ciascun tipo di comportamento interessa regioni cerebrali specifiche. Di conseguenza, l'idea originale di Gall che le diverse regioni cerebrali siano specializzate per singole funzioni viene oggi accettata come uno dei punti fermi delle moderne neuroscienze.

Il gruppo di funzioni specializzate che ciascun lobo possiede sono state individuate. Il lobo frontale è in larga misura interessato ai processi della memoria a breve termine, alla pianificazione delle azioni future e al controllo del movimento; il lobo parietale presiede alle sensazioni somatiche e alla formazione di immagini corporee che poi mette in relazione con lo spazio extracorporeo; il lobo occipitale è connesso con processi visivi, quello temporale con l'udito e, tramite le sue strutture profonde che sono rappresentate dai nuclei dell'ippocampo e dell'amigdala, con l'apprendimento, la memoria e gli stati emotivi.

L'organizzazione della corteccia cerebrale è caratterizzata da due importanti peculiarità. In primo luogo, ciascun emisfero è in rapporto con i processi sensitivi e motori della parte opposta o controlaterale del corpo. Così le informazioni sensitive che entrano nel midollo spinale del lato sinistro del corpo si incrociano lungo il loro decorso verso la corteccia cerebrale e passano nella parte destra del sistema nervoso. Analogamente, le aree motrici dell'emisfero destro esercitano il proprio controllo sui movimenti della metà sinistra del corpo. In secondo luogo gli emisferi cerebrali, sebbene appaiano simili, non hanno tuttavia una struttura del tutto simmetrica né sono interamente equivalenti dal punto di vista funzionale.

Le prove dell'esistenza di localizzazioni cerebrali bisogna considerare i processi mentali come prodotti finali delle interazioni che si stabiliscono fra unità elementari di analisi localizzate nel cervello. I processi mentali non possono essere rappresentati come una successione di circuiti posti in serie, perché, in tal caso, una volta interrotto un singolo circuito verrebbe meno l'intera funzione. Si tratta piuttosto di un sistema formato da parecchie vie poste in parallelo e dotato di una rete di connessioni che possono interagire fra loro e convergere infine su un gruppo comune di cellule bersaglio. Il cattivo funzionamento di una singola via compromette l'informazione che percorre quella via, ma non comporta necessariamente la messa fuori funzione dell'intero sistema. Le altre parti del sistema possono infatti modificare le proprie prestazioni per supplire all'interruzione di una delle sue vie.

3 Il cervello che cambia

3.1 Geni e plasticità cerebrale

La costruzione del corpo e in particolare del cervello è il prodotto di un colloquio continuo tra geni e ambiente. I geni umani sono 23.000, mentre il numero delle sinapsi è maggiore di almeno 10 ordini di grandezza. Con l'eccezione di alcune patologie note, in cui l'alterazione di singoli geni determina malattie, come ad esempio la corea di Huntington, è difficile o impossibile trovare un rapporto deterministico di causa effetto tra genoma e fenotipo, dato che quest'ultimo è espressione di una molteplicità di geni che interagiscono tra loro e con l'ambiente.

Secondo la visione classica, il nostro genoma è un codice fisso, che può mutare da una generazione all'altra, ma che per il resto opera in modo costante e si riproduce uguale a se stesso. In realtà le cose non si svolgono in modo così lineare, e i nostri geni sono circondati da meccanismi aggiuntivi, l'epigenoma, che provvedono ad attivare – “esprimere” – questo o quel gene, in questa o quella cellula, a seconda delle fasi della vita, ma soprattutto a seconda degli stimoli esterni, ambientali e, in senso lato, pure “culturali”. L'ambiente ci plasma, insomma, il nostro DNA subisce variazioni nei meccanismi di attivazione e sovente questi cambiamenti sono potenzialmente trasmissibili alle generazioni successive. Le esperienze che possono indurre mutazioni epigenetiche sono molte, relative a quello che mangiamo, quello che respiriamo, alle attività fisiche, e a situazioni psicologiche, dall'apprendimento allo stress. Se quindi è vero che i neuroni sono in collegamento fra loro tramite impulsi elettrici e chimici in gran parte geneticamente predeterminati, gli stimoli dell'ambiente sono decisivi nel selezionare le risposte fra tutte quelle previste dal patrimonio genetico riducendo, stabilizzando e riorganizzando in maniera creativa le mappe neurologiche. È stato dimostrato che i sistemi percettivi e motori sono fondamentali nella formazione di strutture da cui scaturiscono le funzioni globali cioè quelle attività che danno origine alla categorizzazione, alla memoria, all'apprendimento (Frauenfelder, Santoianni 2002).

Possiamo definire la *plasticità cerebrale* come la disposizione strutturale e funzionale del nostro sistema nervoso a modificarsi in seguito alle sollecitazioni ambientali; in questo senso, dunque, il cervello possiede la capacità di modificare la propria struttura in risposta all'esperienza (Siegel, 2012).

La consapevolezza della possibilità di poter modificare e creare nuove connessioni nel sistema nervoso è però tutt'altro che recente. Da un punto di vista storico infatti, il concetto di plasti-

cità neuronale può essere rintracciato già alla fine dell'800 ad opera di Ramon y Cajal, il quale sottolineava come l'apprendimento, per essere tale, richiedesse la formazione di nuove connessioni fra neuroni (Cowan, Kandel, 2001; Berlucchi, Butchel, 2009). Nonostante sia presente da più di un secolo, il concetto di neuroplasticità ha però avuto uno scarso successo come fenomeno euristico di comprensione delle dinamiche cerebrali; a lungo, infatti, si è ritenuto il nostro cervello come rigido, immutabile e in prevalenza determinato geneticamente.

L'idea, o sarebbe meglio dire il dogma, alla base di questa convinzione può essere rintracciato nel concetto di epigenesi predeterminata (Macchi Cassia, Valenza, Simion, 2012) secondo cui lo sviluppo ontogenetico consiste nel processo attraverso il quale le istruzioni contenute nel corredo genetico, selezionate nel corso della filogenesi e organizzate nel DNA proprio della specie, vengono eseguite per dare forma alle varie strutture che compongono il nostro corpo.

Questa impostazione presuppone chiaramente una relazione causale unidirezionale che pone come primo fattore dello sviluppo la configurazione genetica, cui segue lo sviluppo di strutture neurali (piuttosto che scheletriche o muscolari) che predispongono lo sviluppo di funzioni psicologiche e successivamente di comportamenti; è evidente l'influenza del determinismo – di tipo genetico – che predispone lo sviluppo dell'approccio maturazionista, e legge lo sviluppo come prodotto passivo della maturazione neurale. In questa cornice teorica l'ambiente non può avere alcuna influenza sul funzionamento e sullo sviluppo dell'individuo nel corso del tempo.

Questa impostazione ha avuto profonde ripercussioni anche sulla clinica; chi nasceva con menomazioni, problematiche di tipo neurologico, alterazioni genetiche o chi era vittima, in età adulta, di traumi o danni cerebrali, era considerato senza opportunità di recupero e quindi di cambiamento positivo della propria condizione. È importante precisare che tale convinzione si accompagnava all'impossibilità, in quel preciso momento storico, di osservare direttamente il sistema nervoso e monitorare la sua attività, a causa dell'assenza di strumenti e tecnologie adeguate; il funzionamento cerebrale poteva dunque essere solamente inferito.

Intorno agli anni Sessanta, con lo sviluppo tecnologico che ha portato alla diffusione di tecniche non invasive per lo studio del sistema nervoso e dell'attività cerebrale, si è potuto confermare quella che in precedenza era solamente un'intuizione dei clinici: il cervello è un organo non solo dinamico, ma plastico, capace di modificarsi sia strutturalmente sia funzionalmente.

Tali cambiamenti hanno accompagnato la concezione di un differente modello di sviluppo che non concepisce la dimensione genetica e quella ambientale in opposizione, ma piuttosto si concentra sulle loro possibili interazioni.

Il sistema nervoso centrale è plastico e soggetto a modificazioni: buona parte dei cambiamenti

si verificano durante la prima infanzia, ma anche durante l'età adulta il cervello va incontro a modificazioni dal momento che è in grado di cambiare le proprie strutture adattandosi in maniera funzionale all'ambiente e alla tipologia di stimoli esterni (Stiles, 2000).

Catherine Malabou (2004), un'eminente filosofa francese, rifacendosi all'etimologia della parola – dal greco *plassein*, modellare – attribuisce alla plasticità un duplice significato: esso descrive al tempo stesso la capacità di ricevere e di dare forma. Il concetto stesso di neuroplasticità permette quindi di considerare il cervello come un'istanza modificabile, modellabile e plasmabile.

L'autrice continua sottolineando come la plasticità cerebrale sia una proprietà del sistema nervoso che, grazie ad essa, è in grado di modificare, nel corso dello sviluppo e per l'incontro mutevole con le esperienze, la propria struttura e la propria funzione. In quest'ultima considerazione viene posto l'accento sulle varie sfaccettature che la plasticità cerebrale può assumere, sottolineando il suo ruolo organizzatore del sistema nervoso o di schema operatore generale sempre più importante, trascendendo dunque il binomio danno cerebrale-recupero dal quale ha avuto origine. Stiles (2000) suggerisce di non considerare la plasticità esclusivamente come una «risposta» o come «riparazione» del cervello a una lesione o a un danno, ma piuttosto come un processo fondamentale dello sviluppo cerebrale.

Maladou (2004) a questo proposito distingue tre tipologie di plasticità che si riferiscono ad ambiti specifici, ma differenti, di azione: è possibile osservare la plasticità di sviluppo, di riparazione e di modulazione. La prima è legata alla genesi e allo sviluppo di connessioni neuronali, dette anche arborescenze, che si costituiscono durante lo sviluppo individuale: il cervello umano è quindi in continuo sviluppo – o modellamento – per un periodo prolungato dopo la nascita. La seconda richiama invece la capacità del nostro cervello di adattarsi a seguito di un evento di tipo traumatico, di una lesione o di una situazione patologica; possono essere distinti a tal proposito due processi: la neurogenesi secondaria e le capacità compensatorie del cervello.

Infine il concetto di modulazione plastica è legato alla modificabilità delle connessioni neuronali nel corso di tutta la vita ed è quello che più si avvicina al concetto di plasticità neurale in età adulta: il cervello è quindi sufficientemente plastico da potersi rimodulare e organizzarsi in caso di bisogno e necessità, soprattutto a seguito della spinta data dalla volontà dell'individuo stesso.

L'idea è quella che le reti neurali e le strutture a esse correlate si riorganizzino attivamente grazie all'esperienza e alla pratica.

È presente un cambio di paradigma: dalla plasticità come fenomeno proprio dell'infanzia e dell'età evolutiva, si giunge a concepire la neuroplasticità come fenomeno che caratterizza l'intero ciclo di vita: esiste una sorta di creatività neuronale che dipende soltanto dall'esperienza dell'individuo, dalla sua vita e dalle sue interazioni con il suo ambiente (Malabou, 2004, p. 34).

3.1.1 I presupposti della modificabilità

Kleim e Jones (2008) hanno pubblicato un articolo che prende in rassegna numerose ricerche relative al tema della neuroplasticità, identificando dieci criteri che traducono sul piano pratico delle esperienze riabilitative, terapeutiche ed educative, le condizioni della modificabilità cognitiva strutturale e della neuroplasticità.

Feuerstein, et al. (2012) hanno ripreso questo studio introducendo altri due criteri. Il primo dei criteri descritti è *l'activation effect*; affinché si possa produrre plasticità, gli interventi rivolti ai soggetti in qualsiasi fase dello sviluppo, devono poter attivare e stimolare funzioni specifiche del cervello; si tratta del criterio essenziale poiché è ciò che contribuisce a costituire il potenziale della modificabilità cognitiva strutturale. Numerosi studi hanno dimostrato la perdita di alcune connessioni neurali se le stesse non vengono utilizzate; tale fenomeno, definito *pruning*, permette di sostenere il principio, «ciò che non viene utilizzato, viene perso» (Hultsch, Hertzog, Small, & Dixon, 1999; Kleim & Jones, 2008) e l'esercizio delle funzioni, sia per il loro mantenimento sia per il loro sviluppo, si dimostra un elemento essenziale.

La seconda condizione è chiamata *specificity effect* ed è strettamente correlata alla precedente: incrementare la plasticità cerebrale e la modificabilità cognitiva richiede agli interventi elevata specificità, esercitando in modo il più possibile mirato la funzione da potenziare. Esiste perciò una forte relazione fra tipologia di intervento e modificabilità della funzione cognitiva; la concretizzazione di questa relazione è possibile solamente attraverso un'attenta valutazione cognitiva e una taratura dell'intervento sul soggetto.

La terza condizione è chiamata *repetition effect* in quanto la ripetizione si dimostra una condizione necessaria affinché i cambiamenti funzionali e strutturali si possano manifestare a un livello comportamentale. La quantità e la durata della ripetizione non è definibile a priori, ma è influenzata da fattori disposizionali e contingenti. A ogni modo la sola ripetizione passiva non è sufficiente a promuovere cambiamento e plasticità: è necessario che ci sia variabilità nella struttura dei compiti proposti. Il *repetition effect* non consiste nel rifare più volte una stessa attività, ma include dimensioni come la variabilità e la novità.

La plasticità cerebrale necessita di un certo livello di intensità nell'intervento; è questa la quarta condizione definita dagli autori *intensity effect*. Essa si ricollega con il primo criterio descritto: se l'inutilizzo di una funzione ne determina il suo indebolimento, la sua attivazione e ancor più l'intensità attraverso cui ha luogo, sono la chiave per il consolidamento e la modificabilità delle funzioni. Maggiore è la frequenza e il tempo con il quale la funzione viene sollecitata, più evidente sarà il cambiamento anche sul piano comportamentale.

Strettamente associato a questo criterio ritroviamo il *persistence effect*, che sottolinea la necessità di un determinato livello di costanza riferita alla programmazione del trattamento e al suo svolgimento nel corso del tempo. Ciò significa che anche quando i risultati non sono immediatamente visibili, mantenere la convinzione che è presente un ritmo di acquisizione soggettivo necessario, spesso latente, che alla fine giunge a concretizzarsi, permette di ottenere i cambiamenti prefissati.

Il sesto criterio è il *salience effect* che riguarda la dimensione motivazionale dell'intervento, il quale deve avere senso e significato per l'individuo. Interventi che non considerano la rilevanza degli aspetti motivazionali, spesso faticano maggiormente nell'ottenere risultati. Ciò è ancor più valido quando si lavora con gli adulti; una buona collaborazione e soprattutto la comprensione del valore dell'intervento per l'esperienza e la crescita individuale, sono la chiave per delineare una maggiore modificabilità cognitiva. Nel caso dell'Esperienza di Apprendimento

Mediato questo aspetto può essere rintracciato nella mediazione del significato, che nella relazione tra mediatore e mediato coincide con la carica motivazionale, affettiva ed emotiva che permette alle attività proposte di diventare parte integrante dell'esperienza del soggetto (Feuerstein, Yacov, & Rynders, 1988). La significatività per il soggetto è direttamente connessa al suo grado di consapevolezza rispetto al proprio funzionamento, alle proprie qualità e limiti, ai cambiamenti che sta sperimentando e alla rilevanza che questi comportano nell'esperienza personale.

Il settimo criterio, definito dagli autori come *optimal timing potential effect*, riconosce differenti tipologie e propensioni al cambiamento correlate con l'età, sebbene alla base vi sia la consapevolezza che questa non sia mai da considerare, soprattutto nell'adulto, una barriera all'apprendimento. Per cui se può essere semplice indurre la modificabilità cognitiva in un soggetto ad una età più giovane, la struttura neurofisiologica del cervello adulto, con opportune variazioni nell'esposizione e nella strutturazione degli interventi, pone altrettante opportunità di sviluppo e cambiamento.

L'ottavo criterio è definito *novelty effect* e si riferisce nello specifico alle caratteristiche che le stimolazioni proposte al soggetto devono assumere; tenendo in considerazione il punto di partenza del soggetto, le sue caratteristiche e peculiarità, la sua motivazione, esse devono costituire una sfida stimolante, devono cioè presentare elementi nuovi e sempre più complessi affinché possa delinearsi una qualche modificazione; l'esercizio di abilità già possedute può sì favorire il mantenimento delle stesse, ma non si orienta al cambiamento e allo sviluppo.

Un ulteriore criterio è definito *spread off effect* e descrive la possibilità e l'importanza che i cambiamenti che si vanno a determinare in un'area di funzionamento, possano estendersi anche ad altre funzioni non originariamente target dell'intervento. Nell'Esperienza di Apprendimento Mediato ciò si rintraccia anche nella mediazione della trascendenza, diventando cioè un obiettivo effettivo

dell'intervento: estendere ciò che viene direttamente sperimentato nel qui e ora con gli stimoli proposti ad altri contesti, altre situazioni, offrendo cioè una prospettiva di più ampio respiro e significato, restituisce una modificazione cognitiva più efficace.

Il decimo criterio è il *selection effect*, e mette in evidenza la possibilità che ci siano delle interferenze determinate dalle nuove modificazioni in altre aree di funzionamento; ciò va tenuto in considerazione nel momento in cui si stabiliscono gli obiettivi dell'intervento richiedendo perciò un'attenta analisi e calibrazione delle esperienze proposte al soggetto.

Il penultimo criterio riprende alcuni degli aspetti finora descritti; si tratta del *consciousness/awareness effect* e rimanda alla necessità che il soggetto diventi consapevole dei cambiamenti a cui va incontro a seguito dell'esposizione agli stimoli e alle esperienze selezionate per l'intervento. Tale consapevolezza si configura come ulteriore rinforzo della modificazione cognitiva che si sta delineando.

L'ultimo criterio, il *multi-sensory effect*, rimanda infine alle modalità di presentazione degli stimoli durante un intervento; la varietà di stimoli e di esperienze proposte (tattili, visive, motorie, ecc.) favorisce la possibilità di elaborare un'informazione utilizzando modalità differenti, offrendo quindi all'esperienza di apprendimento una maggiore significatività.

3.1.2 Ruolo delle esperienze mediate

Il concetto di plasticità di modulazione descritto dalla Malabou (2004), mette in evidenza il forte dinamismo che caratterizza le reti neurali durante l'intero ciclo di vita: a qualsiasi età si assiste a forme di modellamento e dunque di plasticità cerebrale che seguono le esperienze compiute dall'individuo nel suo ambiente di riferimento. L'età adulta e la vecchiaia non sono quindi sinonimi né di decadimento né tantomeno di involuzione, sebbene le caratteristiche e le forme del modellamento possano certamente assumere caratteristiche differenti. Il concetto di modificabilità e il suo corrispettivo neurobiologico – la plasticità – permettono quindi all'individuo uno sviluppo progressivo che non si arresta nella prima età adulta.

Per tali ragioni, l'intuizione rispetto alla teoria della modificabilità cognitiva, che verso la metà del 1950 fu proposta ed elaborata da Reuven Feuerstein, è ormai consolidata e validata non solamente sul piano clinico, ma anche su quello neuroscientifico e sperimentale. I concetti di struttura e di modificabilità non sono da considerare solo come dei correlati cognitivi e comportamentali, ma basi delle modifiche a livello del substrato neurofisiologico (Rizzolati Craighero, 2004) Feuerstein (2006)

parla del concetto di modificabilità riferendosi nello specifico alla propensione che l'individuo possiede nel modificare le sue risposte attraverso l'esperienza. Essa rappresenta una condizione di plasticità dell'organismo che, a seguito dell'esperienza e in determinate condizioni, diventa in grado di migliorare, cambiare, sviluppare sempre nuove strategie e di adottare comportamenti più efficaci ed efficienti. Come abbiamo sottolineato, si tratta di una delle caratteristiche più importanti degli esseri umani e rappresenta la propensione e la prontezza dell'individuo ad adattarsi alle nuove situazioni.

Dal punto di vista cognitivo un bambino, un ragazzo o un adulto che si è «modificato», utilizza le operazioni cognitive in modo più consapevole, raccogliendo i dati necessari per comprendere l'esperienza fatta e l'ambito che si è trovato di fronte; la cognizione o il pensiero rappresentano la funzione più adattiva per la nostra esistenza, il punto centrale da elaborare e su cui intervenire.

L'obiettivo della modificabilità cognitiva strutturale non è quello di far acquisire all'adulto un particolare comportamento desiderato, ma modificare la struttura stessa del suo pensiero per far sì che tale cambiamento possa estendersi in più ambiti, situazioni e contesti. Non si procede con l'insegnamento esclusivo di abilità utili all'individuo, ma si lavora sulle funzioni cognitive e sulle operazioni mentali trasversali potenzialmente applicabili ai diversi contesti della vita personale.

Secondo Feuerstein (1988; 2006) affinché si possa verificare modificabilità cognitiva sono indispensabili due fattori: l'esperienza di apprendimento mediato (EAM) e quello di ambiente modificante. Le esperienze di apprendimento mediato si riferiscono al modo in cui gli stimoli di cui il bambino, il ragazzo, l'adulto o l'anziano fanno esperienza nell'ambiente di apprendimento, vengono selezionati, trasformati, plasmati da un mediatore.

L'efficacia dell'apprendimento e la sua significatività, sono influenzate profondamente dalla presenza del mediatore piuttosto che da un'esposizione diretta e caotica agli stimoli provenienti dall'ambiente. Quanto maggiore è l'Esperienza di Apprendimento Mediato, tanto più significativa sarà la qualità della modificazione a cui è esposto chi apprende. La mediazione non comporta la semplice assimilazione dell'informazione o dello stimolo, ma un suo processamento più attivo, accanto al quale è possibile sollecitare i processi sovraordinati afferenti alla sfera metacognitiva.

A questo proposito Feuerstein sottolinea come con l'EAM è "l'apprendimento strutturale che risulta potenziato, chi apprende può cominciare a «pensare» gli oggetti e gli eventi, piuttosto che doversi limitare ad avere a che fare con loro solo quando sono direttamente e concretamente presenti" (Feuerstein et al, 2006, p. 111).

In questo modello il mediatore assume necessariamente un ruolo di rilievo, andando a integrare un modello di apprendimento in cui l'interazione e la relazione fra gli esseri umani è fondamentale; questa considerazione è valida qualunque sia il periodo di sviluppo dell'individuo.

Il fattore umano è per tale ragione essenziale; nonostante non possa raggiungere la precisione operativa di un programma computerizzato, il mediatore dispone di un fattore dialogico ed empatico che gli consente di entrare in contatto con il soggetto e di adattare sé stesso e lo stimolo a chi ha di fronte.

L'efficacia del mediatore viene sancita anche dalla sua capacità di operare su due livelli logici differenti: il livello del contenuto e quello del processo. L'aspetto del contenuto riguarda nello specifico la trasmissione o la presentazione al soggetto di un'informazione, di uno stimolo o di un problema che è chiamato a risolvere. Ben più importante è però la dimensione processuale, che si riferisce alla qualità e alla modalità del processo con cui avviene l'apprendimento, attraverso l'interazione umana indipendentemente dal contesto e dalla persona a cui si rivolge.

3.2 Connettoma e mappe mentali

Il connettoma umano è la descrizione complessiva della rete strutturale di elementi e connessioni che formano il cervello umano. In altre parole, esso è la rete formata dalle connessioni anatomiche fra i diversi elementi neurali del cervello umano, comprensiva delle diverse scale in cui la connettività cerebrale si articola.

Il suffisso “-oma” si riferisce alla *totalità*, essendo l'insieme di tutte le connessioni cellulari all'interno del cervello o, più semplicemente, definisce la totalità dello schema elettrico del cervello. Secondo il Dott. Seung, professore di neuroscienze computazionali al MIT, il Connettoma è “un'architettura che ci differenzia come individui anche nel caso dei gemelli identici perché i connettomi si modificano nel corso della vita a seconda delle esperienze e degli accadimenti che per ognuno sono diversi” (Seung, 2013).

A differenza del genoma, cioè dell'intera sequenza dei nucleotidi del DNA (le «lettere» della molecola della vita), il connettoma di ogni individuo cambia per tutta la vita. A voler essere precisi, anche il genoma può variare; basta pensare per esempio alle mutazioni cancerogene, ma la variabilità sperimentata dal connettoma, al confronto, è estremamente più elevata. E non potrebbe essere altrimenti, visto che riguarda tutte le sinapsi che si formano tra i 100 miliardi di neuroni del nostro cervello, per un numero totale di connessioni un milione di volte superiore alle lettere del genoma. Questa rete di connessioni cambia costantemente nel tempo attraverso quelle che Seung chiama «le quattro R»: i neuroni adattano o «ripesano» le loro connessioni rinforzandole, oppure indebolendole; o an-

cora si riconnettono creando ed eliminando sinapsi; riformano i circuiti facendo crescere e ritraendo le ramificazioni, senza dimenticare la creazione di nuovi neuroni e l'eliminazione di quelli esistenti attraverso la rigenerazione. Questa frenetica attività è alla base delle differenze individuali che osserviamo nel bene e nel male, ovvero anche in casi patologici come i disturbi mentali.

Il Progetto Connettoma Umano (Human Connectome Project – HCP) è la ricerca più ambiziosa nel campo delle neuroscienze che promette di offrire informazioni complete ed esaustive sul cervello avendo come obiettivo quello di disegnare una mappa del circuito che descrive il cervello umano. Il progetto Connettoma vuole quindi studiare l'intera rete delle connessioni tra le aree cerebrali e definire una “mappa di navigazione” per orientarsi nell'esplorazione del cervello. Il cervello umano infatti rimane in parte inesplorato, nonostante i notevoli progressi compiuti dalla ricerca scientifica negli ultimi decenni grazie ad una diagnostica sempre più sofisticata.

Il progetto comprende 36 ricercatori, tra biologi, medici, fisici e informatici, e 11 istituzioni in tutta la nazione degli Stati Uniti d'America. I centri principali di ricerca sono il Laboratorio di USC di Neuroimaging, il Martinos Center del Massachusetts General Hospital, il Van Essen Lab di Washington University e la University of Minnesota Centro di Risonanza Magnetica per la ricerca. Il progetto è stato originariamente programmato per generare un data base di dati rigorosamente raccolti per la distribuzione a tutti gli enti di ricerca (Marcus, 2013).

Il progetto è stato suddiviso in due fasi. Durante la fase I, avvenuta dal 2010 al 2012, i gruppi di ricerca hanno progettato i metodi e gli strumenti per la raccolta dati. Durante la fase II, iniziata nel 2012 fino al 2015, i vari scienziati hanno svolto il lavoro di raccolta e analisi dei dati. Ancora più importante è la scelta di rendere disponibili fin da subito ciò che si raccoglieva a intervalli regolari, in modo da permettere agli scienziati di iniziare ad usare il frutto di questo progetto in tempo reale. Nel Progetto Connettoma, adulti sani sono stati sottoposti a neuroimaging con sistemi d'avanguardia. Queste immagini hanno consentito ai neuroscienziati di leggere la morfologia e il funzionamento del cervello umano (Sotiropoulos, 2013; Glasser, 2016).

Il progetto implica potenzialità enormi. Nell'attività neurale del cervello sono infatti immagazzinati e codificati i ricordi, i pensieri e le esperienze vissute: tutto ciò che concorre a costruire la personalità. Tracciare la mappa e poterne studiare percorsi e snodi significherà avere accesso alle basi biologiche dell'identità, e forse alla fine completare quel “libro della vita” che il progetto genoma umano ha iniziato (Hawrylycz, 2015).

3.3 Neuroni specchio

Un notevole contributo è stato dato dalla ricerca sui neuroni specchio, una popolazione di neuroni visuo-motori scoperti nel cervello dei primati e dell'uomo che si attivano sia durante l'esecuzione di azioni sia durante l'osservazione delle stesse azioni compiute da altri. Concetti chiave come comunicazione inconscia, empatia, identificazione proiettiva, che avevano avuto finora un carattere eminentemente metapsicologico se non metaforico, stanno trovando un riscontro nelle evidenze empiriche (Gallese , 2007; Rizzolati G.- Craighero L. 2004).

I neuroni a specchio non si attivano alla vista di un determinato oggetto ma in relazione alle azioni che un soggetto vede fare ad un altro soggetto; in sostanza si tratta di neuroni che si attivano non quando si fanno cose ma quando si vedono fare cose. Per questa loro natura mimetica, di rispecchiamento sono stati definiti neuroni a specchio. Si possono classificare questi neuroni sia in relazione al tipo di azione che viene osservata sia in relazione al tipo di relazione esistente tra l'atto osservato e quello codificato. Per quanto riguarda il tipo di relazione esistente tra comportamento osservato e codifica da parte del neurone si possono distinguere neuroni che hanno una congruenza in "senso stretto" cioè se l'azione eseguita è esattamente identica a quella osservata, o "in senso lato" se si riscontra una relazione tra gli atti codificati e l'azione osservata anche se non vi è identità tra gli uni e l'altra. Considerando invece il tipo di azione osservata si riconoscono tanti tipi di neuroni specchio quante sono le tipologie di azioni osservabili: neuroni specchio afferrare, stringere, tirare. Le azioni compiute con le mani non sono le uniche che il soggetto compie, infatti l'85% delle azioni sono compiute con la bocca. Per quanto riguarda la bocca si distinguono neuroni a specchio ingestivi (succhiare, leccare, ingerire, mordere, masticare) e comunicativi (schioccare la lingua e la protrusione delle labbra).

Analizzando la funzione dei neuroni a specchio, una prima ipotesi ci suggerisce che essi hanno a che fare con l'attesa del cibo o della ricompensa, oppure servono semplicemente a preparare il soggetto all'azione. Una seconda ipotesi ci dice che la loro funzione va ricercata nella produzione di "immagini motorie interne" che fa da supporto all'apprendimento per imitazione. Dalla creazione di queste immagini infatti dipenderebbe la capacità del soggetto di pianificare ed eseguire un'azione così come l'ha osservata. Per Rizzolatti e Sinigaglia i neuroni a specchio servirebbero a comprendere il significato delle azioni degli altri soggetti, ad intuire le loro intenzioni con il risultato di poter adottare le strategie più adatte ad agire di conseguenza. Nel contesto emozionale, questi neuroni assumono grande importanza in quanto regolano le strategie di adattamento alle situazioni ambientali. Prove scientifiche hanno dimostrato che l'attivazione di un particolare circuito neurale, che comprende

la corteccia premotoria ventrale e include l'amigdala e l'insula, assume grande importanza nell'osservazione e nel riconoscimento di espressioni (facciali) emozionali di base, come paura, felicità, rabbia, disgusto, sorpresa, tristezza. Percezione e produzione delle manifestazioni espressive avrebbero, quindi, una base comune. Un ruolo importante in questo meccanismo viene svolto dall'insula, che connette il sistema limbico con il sistema dei neuroni specchio ed è un centro di integrazione visceromotoria trasformando gli input sensoriali in reazioni viscerali. Il meccanismo specchio risulta attivo anche nel riconoscimento del dolore. In un esperimento, Singer (Singer, 2004) poté notare come l'attivazione dell'insula anteriore e della corteccia cingolata anteriore (che rispondono a stimolazioni dolorose) apparissero nei soggetti sia con la somministrazione di stimoli dolorosi, sia se immaginavano che gli stessi stimoli fossero applicati al partner fuori dalla loro portata visiva. Interessanti conclusioni sono state raggiunte in uno studio sull'emozione estetica; Freedberg (2006) notò che anche nello spettatore di un'opera d'arte vengono attivati gli stessi circuiti neurali corrispondenti alle azioni o alle emozioni rappresentate nell'opera.

Con i neuroni a specchio viene rivoluzionato il modo di pensare l'elaborazione degli stimoli visivi e motori del nostro cervello: non un cervello visivo e uno motorio, ma gli stimoli visivi e motori concorrerebbero insieme a promuovere la nostra percezione del mondo esterno. L'esempio è quello della mano allungata a stringere un bicchiere sul tavolo: non sarebbe possibile distinguere l'atto visivo con cui collochiamo il bicchiere nello spazio e quello motorio con cui lo afferriamo. Il circuito neuronale che si attiva nel caso in cui un atto venga compiuto o solo visto compiere è esattamente lo stesso. Continuare a osservare qualcuno agire costituisce una sorta di allenamento neuronale. Il risultato è l'apprendimento di determinate routine, la modificazione di certe sinapsi e di conseguenza il ridisegnarsi della nostra corteccia (Rizzolatti, Sinigaglia, 2006).

4 Il cervello che apprende

4.1 I processi neuro cognitivi

I processi neurocognitivi sono l'insieme delle rappresentazioni e delle operazioni mentali che permettono di percepire ed elaborare l'informazione resa disponibile dall'ambiente e dal mondo interiore, alla base del comportamento umano. I processi cognitivi sono connessi con quelle funzioni che hanno il loro sistema di controllo nei centri superiori della corteccia cerebrale; si distinguono dalle funzioni inferiori del cervello (bisogno di cibo, acqua, sonno) che contraddistinguono gli animali e li differenziano da essi. Ogni comportamento rappresenta il risultato di una funzione cerebrale.

Ciò che noi chiamiamo "mente" non è altro che una serie di operazioni eseguite dal cervello. Le attività cerebrali non comprendono perciò soltanto comportamenti motori relativamente semplici come mangiare o camminare, ma anche tutte le complesse attività cognitive che noi tendiamo a mettere in relazione con comportamenti essenzialmente umani come il pensare e il parlare.

Le funzioni cognitive sono processi mentali che ci permettono di ricevere, selezionare, memorizzare, elaborare e recuperare le informazioni dall'ambiente. Questo ci permette di capire e relazionarsi con il mondo che ci circonda.

Anche se le funzioni cognitive sono studiate come entità separate, è bene sottolineare che esse sono fortemente correlate e talvolta si sovrappongono.

Di seguito sono illustrate le principali funzioni cognitive:

Attenzione

L'attenzione può essere definita come la capacità di selezionare e mettere a fuoco gli stimoli rilevanti permettendoci di orientarci ad essi, di elaborarli e di reagire di conseguenza. L'attenzione è quindi quella funzione che permette all'individuo di filtrare ed elaborare le informazioni o input provenienti dall'ambiente esterno. Per semplificare possiamo dire che l'attenzione è la funzione cognitiva che sceglie tra gli stimoli che arrivano contemporaneamente al cervello, sia esterni (odori, suoni, immagini ...) che interni (pensieri, emozioni ...), quelli più utili a noi. L'attenzione è un processo complesso che coinvolge quasi tutte le nostre attività quotidiane e non può essere ridotto ad una semplice definizione o ricondotta ad una particolare struttura anatomica. Si tratta,

piuttosto, di una serie di processi che variano in complessità e permettono di svolgere le altre funzioni cognitive in modo corretto.

Memoria

La memoria è il processo cognitivo che consente la codifica, memorizzazione e il recupero di informazioni. La memoria può essere paragonata a un enorme magazzino all'interno del quale l'individuo può conservare tracce della propria esperienza passata, cui attingere per riuscire ad affrontare situazioni di vita presente e futura. Tale archivio non ha caratteristiche statiche e passive ma può essere definito come un costruttore attivo di rappresentazioni sul mondo (Tomei, 2017). In tal senso, la memoria è considerata ricostruttiva e non riproduttiva nella sua modalità di funzionamento. Torneremo più avanti nel dettaglio sulla memoria.

Funzioni esecutive

Le Funzioni esecutive sono funzioni cognitive superiori. Anche se ci sono diverse definizioni di funzione esecutiva, quasi tutti fanno riferimento al controllo della cognizione e la regolazione di pensieri e comportamenti attraverso diversi processi correlati. Esso comprende una serie di competenze complesse, quali la gestione dell'attenzione, la pianificazione, la programmazione, la regolazione e la verifica dei comportamenti intenzionali.

Linguaggio

Il linguaggio è una delle abilità che ci differenzia dal resto del regno animale. La capacità di comunicare con tanta precisione e la grande quantità di modi che abbiamo per esprimere pensieri e sentimenti fa del linguaggio il nostro strumento di comunicazione più ricco ed utile.

La capacità linguistica dipende dall'integrità delle varie aree specializzate delle corteccie di associazione nei lobi temporale e frontale. Nella maggior parte delle persone, le funzioni primarie del linguaggio si trovano nell'emisfero destro.

L'emisfero destro si occuperebbe del contenuto emotivo del linguaggio. Il danno specifico di regioni encefaliche può compromettere funzioni essenziali del linguaggio, finendo con il causare afasia. Le afasie possono avere caratteristiche molto diverse, si può avere difficoltà sia nell'articolazione che nella produzione o nella comprensione del linguaggio.

Né il linguaggio né il pensiero sono supportati da un'unica zona concreta, piuttosto da un'associazione di diverse strutture. Il nostro cervello lavora in maniera talmente organizzata e complessa che quando pensiamo o parliamo, realizza molteplici associazioni tra i compiti che sta svolgendo.

Le nostre conoscenze pregresse influiranno su quelle nuove, in un sistema di retro-alimentazione.

L'elaborazione del linguaggio avviene in due aree corticali localizzate nell'emisfero cerebrale sinistro: *l'area di espressione del linguaggio* (include l'area pre-frontale, dove inizia la comunicazione, sia verbale che scritta, area di Broca, situata nel lobo frontale sinistro è legato alla produzione e lavorazione del linguaggio parlato, Corteccia motoria primaria, che inizia i movimenti bucofonatori per pronunciare le parole e i movimenti che guidano la scrittura) e *l'area di ricezione del linguaggio* (che include: il lobo occipitale, che permette l'identificazione di immagini linguistiche, il lobo parietale: responsabile di integrare gli stimoli visivi e uditivi, il lobo temporale sinistro,

Per il corretto funzionamento del linguaggio è necessaria l'interconnessione di queste aree con altre strutture sottocorticali, come il fascicolo arcuato (che collega l'area di Broca con Wernicke), il talamo (importante il bisogno regolamentazione del linguaggio e di collegamento con le aree complete espressive), il pulvinar e genicolato, i gangli basali e del cervelletto (coinvolti nella conoscenza della lingua e ritmo e il tono del discorso)

Funzioni visoperceptive e visospaziali

Le funzioni visoperceptive sono quelle che ci permettono di riconoscere e discriminare gli stimoli. Ci aiutano a interpretare, attribuire e associare quello che vediamo a categorie familiari e integrarlo nella nostra conoscenza. Il corretto funzionamento di queste funzioni ci permette, per esempio, riconoscere i volti di familiari e amici, o se un oggetto è un pettine, chiavi o un cappello.

Funzioni visospaziali sono utilizzate per analizzare, comprendere e gestire lo spazio in cui viviamo (o due o tre dimensioni). Queste funzioni includono processi mentali come la navigazione, la distanza, la percezione della profondità, la costruzione visuospatiale, la rotazione mentale.

Se per il linguaggio l'emisfero dominante è il sinistro, per le funzioni che coinvolgono la percezione emisfero dominante è il destro. L'analisi spaziale, riconoscimento del volto, le mappe o di oggetti, elaborazione musicale, sensazioni somestetiche, la mimica e gesti facciali, e le attività motorie che non richiedono il controllo verbale sono prevalentemente regolata dalle lobi occipitali e parietali dell'emisfero destro e collegamenti con il resto del cervello.

4.2 La memoria, le emozioni e le motivazione

Le neuroscienze hanno dato un fondamentale contributo alla conoscenza delle basi biologiche della memoria e dell'apprendimento, ai correlati neurobiologici dell'emozione, ai sistemi implicati nella motivazione e nell'umore. È quindi a questi tre aspetti della mente che verrà dedicata particolare attenzione.

4.2.1 Memoria

Ritorniamo più nel dettaglio sulla memoria, essendo alla base dei processi di apprendimento. La memoria è un processo psicologico base che allude alla codifica, l'immagazzinamento e il recupero delle informazioni apprese.

Ciò che chiamiamo “ricordo” è il risultato di un insieme di sistemi di memoria differenti ma in interazione tra loro. La letteratura scientifica descrive tre fasi principali dei processi di elaborazione mnestica: la fase di codifica, la fase di ritenzione e la fase di recupero. Sebbene non si tratti di stadi necessariamente separati e in sequenza, essi rappresentano l'intero processo dell'elaborazione mnestica.

Fase di codifica: si riferisce al modo in cui l'informazione viene inserita in un contesto di informazioni precedenti. Tale nuova informazione viene trasformata in un codice che la memoria riconosce. Il processo di codifica viene influenzato da diversi fattori, tra cui sia le caratteristiche dello stimolo che fattori emotivo-cognitivi-motivazionali del soggetto;

Fase di ritenzione: in questa fase il ricordo viene consolidato e stabilizzato in una condizione stabile e a lungo termine

Fase di recupero: consiste nel recuperare l'informazione e il ricordo dalla memoria a lungo termine alla memoria di lavoro affinché venga utilizzata. In tale fase le tracce mnestiche (Tulving, 1983) sono disposizioni che vengono riattivate quando è presente un adeguato indizio o stimolo di richiamo: maggiore è la somiglianza tra gli indizi di codifica e gli indizi di recupero, maggiore sarà la probabilità di riportare un ricordo alla consapevolezza. Viceversa un ricordo può rimanere disponibile ma non accessibile. Infatti, la traccia mnestica di un ricordo e l'informazione che funge da richiamo devono presentare una relazione associativa oppure una sovrapposizione di informazioni (Legrenzi, Papagno, Umiltà', 2012).

L'intero processo di elaborazione mnestica nelle sue diverse fasi può essere influenzato da diversi fattori attentivi e motivazionali, dalla profondità di elaborazione dello stimolo in fase di codifica, nonché dalla rilevanza emotiva dello stesso stimolo, nonché dall'umore e dallo stato emo-

tivo del soggetto. La natura ricostruttiva della memoria trova un riscontro empirico in recenti studi (Nader, Hardt, 2009) che hanno evidenziato il fenomeno del riconsolidamento mnestico secondo cui quando i ricordi vengono recuperati e riportati ad una modalità di elaborazione attiva, diventano suscettibili di essere modificati e rielaborati e quindi ri-immagazzinati mediante una nuova traccia mnestica.

I diversi modelli esplicativi della memoria postulati permettono di distinguere diversi tipi di memoria. Andiamo a vedere quali sono i principali.

Memoria a breve termine

La memoria a breve termine contiene le informazioni per un periodo di tempo molto breve, solitamente il tempo stimato corrisponde a una decina di secondi. Dopo questo tempo, la traccia decade. Una delle caratteristiche di questo magazzino mnestico è contenere contemporaneamente poche unità di informazioni. Infatti, in un soggetto adulto le unità contenibili nella MBT sono cinque più o meno due, variano a seconda delle caratteristiche del materiale da ricordare. Se queste informazioni non sono trasferite nel magazzino a lungo termine, ovviamente, decadono e spariscono. La MBT svolge una funzione transitoria e di servizio tra la memoria sensoriale e la memoria lungo termine. Se queste tracce riescono a essere consolidate tramite strategie comportamentali fluiscono nella memoria a lungo termine, e se così non fosse, allora sono destinate a scomparire.

Memoria a lungo termine

La memoria a lungo termine è un archivio avente capacità quasi illimitata, dove sono conservate tutte le esperienze e le conoscenze acquisite nel corso della vita e quelle che corrispondono al nostro carattere o temperamento. La memoria a lungo termine si suddivide in memoria esplicita, o memoria dichiarativa, memoria implicita, o memoria procedurale.

La memoria esplicita, o dichiarativa, comprende tutto ciò che può essere descritto consapevolmente dal soggetto ed è suddivisa in memoria episodica (rappresentazione di diversi aspetti di un evento o accadimento specifico), memoria semantica (insieme di concetti, conoscenze e nozioni che abbiamo acquisito nel corso della nostra esperienza di vita) e memoria autobiografica. (insieme dei ricordi che hanno caratterizzato e in qualche misura influenzato la nostra esistenza, visti nella prospettiva del se' nel rapporto con il mondo). La memoria procedurale o implicita, al contrario, contiene abilità motorie, percettive e cognitive.

La memoria di lavoro o working memory

Baddeley e Hitch nel 1974 introdussero il modello della memoria di lavoro o working memory, come modello alternativo e più specifico rispetto alla concettualizzazione della memoria a breve termine di Atkinson e Shiffrin. La working memory è una forma di memoria a breve termine che mantiene una quantità limitata di informazioni in un tempo limitato. L'informazione presente nella memoria di lavoro consente l'utilizzo dell'informazione stessa nel qui ed ora, quindi quando lavoriamo, ascoltiamo o dobbiamo interagire in un discorso.

Quindi la memoria di lavoro mantiene ed elabora le informazioni durante l'esecuzione di compiti cognitivi; mantiene attiva l'informazione per metterla al servizio degli altri processi cognitivi implicati nello svolgimento di un compito o di un'attività.

Basi neurobiologiche della memoria

La storia delle ricerche sulle basi biologiche della memoria è fortemente legata al modello proposto all'inizio degli anni Cinquanta del XX sec. dal neurofisiologo Donald Hebb (1949), cui si deve la cosiddetta 'ipotesi della doppia traccia', secondo la quale, un'esperienza modifica l'attività elettrica di un circuito nervoso responsabile di una codificazione a breve termine (cioè della durata di pochi secondi o minuti); a tale codificazione dell'informazione in forma precaria e instabile subentra una codificazione stabile, la *memoria a lungo termine* (della durata di mesi o anni), che è legata a modifiche durature della struttura dei neuroni o dei circuiti nervosi (consolidamento della memoria). Nell'ipotesi di Hebb, pertanto, i due tipi di memoria fanno capo, rispettivamente, a modifiche funzionali delle sinapsi nervose (memoria a breve termine) e a modifiche strutturali o permanenti a carico sia delle sinapsi che dei neuroni (memoria a lungo termine).

Pertanto, la memoria a breve termine sarebbe il risultato di un assemblamento funzionale temporaneo di cellule nervose che stabiliscono connessioni reciproche. Nel caso in cui l'attivazione dell'assemblamento cellulare persista abbastanza a lungo, potrebbe verificarsi un 'processo di crescita' basato sulla produzione di nuove sinapsi, e quindi di nuove connessioni stabili tra neuroni (la memoria a lungo termine). La prima fase della memoria, ancora fragile, dipenderebbe quindi da fenomeni elettrici e circuiti 'riverberanti' (l'informazione circola a lungo in una rete), mentre la seconda fase, robusta e duratura, dipenderebbe dalla stabilizzazione di uno o più circuiti (Figura.6).

Ciò implica che i neuroni mostrino plasticità, siano in grado cioè di reagire a stimoli di varia natura grazie ad alterazioni della loro funzione o struttura, tali da comportare una ristrutturazione delle reti nervose. Questo aspetto della funzione neuronale, postulato in via teorica da Hebb circa mezzo secolo fa, ha ricevuto oggi numerose conferme sperimentali. Le attuali ricerche sulle basi neu-

robiologiche della memoria si basano in gran parte sull'analisi delle alterazioni dell'attività elettrica dei neuroni e delle sinapsi, e in particolare del cosiddetto LTP (Long-term potentiation) dell'attività sinaptica. Nel corso dell'LTP, in seguito a uno stimolo che si ripete nel tempo o è particolarmente intenso, una sinapsi esibisce un livello superiore di risposta (attività potenziata), cosicché la sua efficienza aumenta fino a due volte e mezzo. Questo incremento dell'attività elettrica sinaptica si sviluppa entro pochi minuti dallo stimolo iniziale e rimane relativamente stabile per lungo tempo, in alcune condizioni per varie settimane. In sostanza, quando uno stimolo di un qualche rilievo viene recepito da un neurone — come avviene nel caso degli stimoli che si susseguono ripetutamente nel corso del processo di sensibilizzazione o di condizionamento — si può verificare un aumento dell'efficienza delle sue sinapsi. Col tempo, si possono formare nuove sinapsi che contribuiscono a connettere tra loro i neuroni in un nuovo circuito, il cosiddetto 'circuito locale', responsabile della codificazione di una specifica esperienza o memoria. Da un'iniziale alterazione di tipo funzionale (l'attività elettrica legata a modifiche degli ioni, tra cui il calcio) i neuroni vanno così incontro a modifiche di tipo strutturale provocate da alterazioni di alcuni enzimi e dalla sintesi di proteine che alterano il citoscheletro neuronale stimolando la formazione di sinapsi e la loro interconnessione. Le variazioni delle caratteristiche del circuito nervoso permettono così di registrare l'informazione all'interno di reti neurali capaci di modificarsi per adattarsi a un ambiente sempre mutevole. Erik Kandel e collaboratori (1991) hanno dimostrato che negli invertebrati (ma anche nei Vertebrati superiori) la registrazione di un'esperienza fa capo ai meccanismi dell'LTP e della formazione di sinapsi. In particolare, quando un neurone viene eccitato, libera il neurotrasmettitore glutammato, il quale modifica l'attività dei recettori NMDA (N-metil-D-aspartato); questi recettori, a loro volta, attivano una serie di eventi intracellulari a cascata che dipendono da fondamentali proteine chiamate proteina-chinasi, le quali attivano proteine e geni che inducono un aumento della sintesi proteica, utile per la formazione di nuove sinapsi e per la stabilizzazione dei circuiti nervosi.. Gli esperimenti di Kandel hanno dimostrato in modo inequivocabile che la formazione di nuove sinapsi e nuovi circuiti porta a una codificazione dell'esperienza in termini fisici: oltre a questa ristrutturazione di un circuito, l'esperienza deve però causare anche l'eliminazione differenziale di circuiti labili, connessioni multiple in eccesso che vengono perdute quando vengono rafforzate quelle che nel circuito locale codificano l'esperienza. Le memorie di tipo cognitivo sono peraltro ben più complesse e ricche di quelle che si riferiscono alla registrazione di stimoli ripetitivi (la sensibilizzazione) e delle memorie di tipo associativo, in cui uno stimolo è associato a un rinforzo o due stimoli sono associati tra loro. D'altronde, è la stessa biologia della memoria a indicare come il ricordare non implichi una semplice fotografia o codifica delle esperienze: la memoria, infatti, viene modulata anche da un insieme di altri importantissimi fattori, in pri-

mo luogo l'emozione, che contribuiscono a rafforzare o attenuare i processi di consolidamento. Così, per esempio, James McGaugh (1989) ha dimostrato che negli animali sottoposti a esperienze ricche di componenti emotive la memorizzazione viene potenziata in quanto i nervi (le fibre afferenti del nervo vago) indicano al cervello che a livello periferico sono state liberate sostanze tipiche degli stati emotivi (per es., l'adrenalina, prodotta dalle ghiandole surrenali). Si verifica in tal modo un processo circolare: quando la mente reagisce a determinate situazioni con un'emozione, il cervello, attraverso i nervi efferenti, agisce sul corpo inducendolo a produrre sostanze (come l'adrenalina) in grado di adattare l'organismo alle situazioni di stress, emozioni comprese. L'adrenalina, a sua volta, stimola dei recettori nervosi i quali, attraverso il nervo vago, inducono il cervello a produrre mediatori nervosi che modulano i processi della memoria.

4.2.2 Emozioni

Le emozioni possono essere viste, da un lato, come un'attività legata a specifiche strutture del cervello, correlata a modifiche chimiche e presente anche in altre specie animali; dall'altro, è necessario riconoscere che esse sono caratterizzate da una fondamentale componente soggettiva, la quale è difficilmente riconducibile alla sua sola natura biologica.

I neuroscienziati, che sostengono la possibilità di studiare le basi biologiche delle emozioni, adottano una posizione di tipo evolutivo e interpretano l'emozione alla luce del suo significato darwiniano, cioè della sua utilità per l'economia dell'organismo e della sua capacità di comunicare ad altri individui la presenza di pericoli o di situazioni positive. Secondo questa visione, le diverse emozioni sarebbero iscritte nei circuiti del cervello, pronte a entrare in funzione quando l'ambiente, la situazione o l'interpretazione che ne dà la nostra mente ci forniscono stimoli che innescano reazioni quasi automatiche, pacchetti di informazione custoditi in alcune strutture cerebrali. A particolari situazioni sarebbero quindi correlate alcune espressioni facciali, risposte ormonali e del sistema nervoso autonomo, le quali sono tutte integrate tra loro: per esempio, una situazione di pericolo può scatenare l'emozione della paura, caratterizzata da particolari espressioni facciali e da risposte di fuga o di blocco. Si potrebbe pertanto sostenere evolutivi, tra cui Robert Plutchik (1983), sostengono che le diverse emozioni hanno origine da un ristretto nucleo di emozioni primitive e innate da cui, con l'esperienza, si differenziano altri stati emotivi, positivi o negativi.

Se alcuni aspetti delle emozioni hanno un carattere innato, quali sono le loro basi nervose, da quali meccanismi cerebrali dipendono e dove possono essere localizzati? Una teoria dell'emozione che ha avuto notevole popolarità è quella proposta negli anni Settanta da Paul D. MacLean (1973),

ispirata alle teorie di James Papez sul sistema limbico e alle ricerche di Walter Rudolf Hess, il quale aveva notato come la stimolazione di alcuni siti dell'ipotalamo, una struttura sottocorticale che fa parte del sistema limbico, inducesse una serie di reazioni emotive anche violente: per esempio, nel gatto la stimolazione elettrica dell'ipotalamo ventrale si traduceva in reazioni di rabbia definite 'falsa rabbia', perché avvenivano anche in assenza di un oggetto che potesse scatenarle. Secondo MacLean, le strutture più recenti in termini evolutivi, vale a dire la corteccia, sono prevalentemente implicate nelle attività cognitive, mentre le strutture sottocorticali, e in particolare il sistema limbico, sarebbero responsabili di comportamenti specie-specifici (cosiddetti 'istinti') che sono connotati da una coloritura emotiva, a differenza dei comportamenti più stereotipati, come i riflessi spinali, che sono privi di componenti emotive. MacLean afferma che le attività sottocorticali governate dal cosiddetto 'paleoencefalo', o cervello antico in termini evolutivi sono in buona parte predeterminate, frutto di un lungo processo di selezione naturale che ha fatto sì che le emozioni fossero legate a regole naturali, iscritte nel patrimonio genetico.

Negli ultimi anni questa tesi ha trovato ulteriori conferme nei risultati di diversi esperimenti effettuati sul sistema limbico e sul corpo striato, un insieme di centri nervosi coinvolti nell'organizzazione di risposte motorie. Per esempio, Joseph E. LeDoux (1996) sostiene che nelle risposte di paura vi sia un forte coinvolgimento dell'amigdala, un nucleo del sistema limbico formato da neuroni che in prevalenza utilizzano il neurotrasmettitore noradrenalina. LeDoux ha sottoposto degli animali al cosiddetto 'condizionamento alla paura': gli animali ricevono una punizione o devono fronteggiare una situazione ansiogena in un ambiente ben connotato e quindi facilmente riconoscibile che continuerà a suscitare reazioni di paura anche in assenza di punizioni o stimoli ansiogeni, in quanto l'animale ha associato la punizione e l'ansia a quel contesto ambientale. LeDoux ha dimostrato che uno stimolo ansiogeno viene convogliato verso il talamo e da qui verso la corteccia sensoriale (che lo registra nei suoi dettagli) e verso l'ippocampo, una struttura del sistema limbico che gioca un ruolo critico nella memorizzazione di molte esperienze. Queste tre strutture inviano proiezioni nervose verso il nucleo laterale dell'amigdala che, a sua volta, ha connessioni con tre diverse regioni cerebrali, ognuna delle quali è coinvolta in un diverso aspetto dell'emozione: in particolare, l'amigdala stimola l'ipotalamo, che come abbiamo visto è responsabile di diverse risposte somatiche e vegetative tipiche di alcune emozioni. Perciò, secondo LeDoux, emozioni come la paura sono gestite da alcuni nuclei nervosi che ne coordinano le diverse componenti (motorie, vegetative, cognitive); esse non avrebbero origine nella corteccia, sede di gran parte delle esperienze e apprendimenti, bensì nelle strutture sottocorticali e, pur essendo modellate secondo programmi precostituiti e automatismi, conferirebbero una dimensione fondamentale alla nostra mente e alla nostra coscienza.

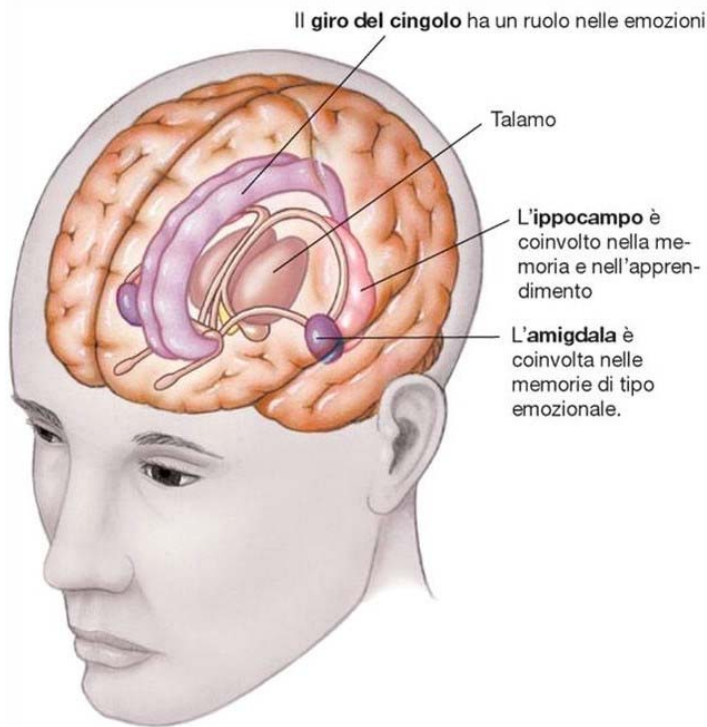


Figura 7: Il sistema limbico

cezioni generali che le conferiscono unitarietà inserendola nell'ambito di un più vasto schema o visione del mondo: tale componente dipende dalla corteccia cerebrale e in particolare da quella frontale. Come avviene per altri aspetti del comportamento, i gangli della base sono implicati nelle situazioni ripetitive e controllano memorie ricorrenti associate a rinforzi, a eventi positivi o negativi; la corteccia frontale entra invece in funzione quando vengono apprese nuove regole ed esperienze, quando viene fatta una valutazione del significato di una nuova realtà, cognitiva o emotiva che sia. Un modo più realistico per guardare all'emozione è quindi quello che tiene conto sia dei suoi caratteri adattivi, cioè del suo significato comune alle diverse specie animali, sia dei suoi aspetti fenomenologici.

È chiaro quindi che le emozioni risentono sia di reazioni di tipo biologico, e quindi delle componenti stereotipate dei diversi stati emotivi, sia delle componenti individuali delle singole esperienze. Le prime tipicamente le espressioni facciali, le alterazioni umorali e somatiche sono il risultato di un processo selettivo che ha conferito loro una valenza transculturale: esse dipendono da programmi motori e da componenti vegetative che fanno capo all'ipotalamo, ad alcuni nuclei dell'amigdala e dello striato. Questi schemi motori, memorie che codificano l'espressione delle singole emozioni, sono in gran parte legati ai gangli della base da cui dipendono memorie ed esperienze ricorrenti, cioè alle strutture che codificano programmi che si ripetono nel tempo, come le espressioni stereotipate o le sensazioni di benessere o malessere tipiche della vita emotiva. La seconda componente dell'emozione rimanda invece ai significati dell'esperienza, all'esistenza di schemi e concezioni generali che le conferiscono unitarietà inserendola nell'ambito di un più vasto schema o visione del mondo: tale componente dipende dalla corteccia cerebrale e in particolare da quella frontale. Come avviene per altri aspetti del comportamento, i gangli della base sono implicati nelle situazioni ripetitive e controllano memorie ricorrenti associate a rinforzi, a eventi positivi o negativi; la corteccia frontale entra invece in funzione quando vengono apprese nuove regole ed esperienze, quando viene fatta una valutazione del significato di una nuova realtà, cognitiva o emotiva che sia. Un modo più realistico per guardare all'emozione è quindi quello che tiene conto sia dei suoi caratteri adattivi, cioè del suo significato comune alle diverse specie animali, sia dei suoi aspetti fenomenologici.

4.2.3 Motivazione

Uno dei temi oggi più studiati dalle neuroscienze riguarda la motivazione, ossia quei comportamenti che implicano il soddisfacimento di alcuni bisogni e pulsioni, o la valutazione della realtà in modo positivo o negativo. Per affrontare questo argomento si può partire dallo studio degli istinti, ossia dei comportamenti comuni ai diversi membri di una specie animale che si trasmettono per via ereditaria e non dipendono da forme di apprendimento. Gli studi in questo settore, da quelli condotti dagli etologi sul campo a quelli effettuati dai fisiologi in laboratorio, hanno indicato che alla base degli istinti c'è una pulsione, uno stato interno che dev'essere soddisfatto attraverso un 'atto di consumazione' che procura una gratificazione: per esempio, la pulsione alimentare dipende da uno stato interno legato a un basso livello di glucidi e può essere soddisfatta attraverso un atto di consumazione (il mangiare) che si associa a una sensazione gratificante. In modo simile, la sete dipende da un aumento della concentrazione salina dei liquidi dell'organismo e viene soddisfatta dal bere, associato anch'esso a una sensazione di rinforzo. La stessa pulsione sessuale dipende prevalentemente da uno stato interno, il livello di ormoni sessuali, e il suo soddisfacimento comporta sensazioni gratificanti.

La ricerca sugli istinti ha consentito di comprendere alcuni aspetti della gratificazione e di delinearne le componenti centrali e periferiche. Nel caso della pulsione alimentare, per esempio, è stato valutato il ruolo dei recettori gustativi, dei recettori che nello stomaco indicano lo stato di distensione dell'organo e dei recettori che a livello cerebrale registrano le variazioni di glucidi circolanti: queste ricerche hanno dimostrato che per soddisfare la fame, cioè per produrre una sensazione gratificante, i recettori periferici esercitano un ruolo secondario rispetto a quelli centrali. Per esempio, una soluzione di saccarina, dolce ma sprovvista di valore nutritivo, stimola i recettori gustativi ma non fa passare la sensazione di fame, se non momentaneamente; similmente, la distensione delle pareti dello stomaco, ottenuta attraverso l'immissione di sostanze voluminose ma prive di valore alimentare, blocca soltanto per qualche tempo i morsi della fame; al contrario, la somministrazione di zuccheri, anche se effettuata per via gastrica o endovenosa, cioè senza coinvolgimento dei recettori gustativi della bocca, induce una sensazione di sazietà.

Un primo aspetto da considerare è quello dei meccanismi alla base della gratificazione e delle sensazioni di piacere. Le ricerche sulle basi nervose di tali fenomeni hanno origine dagli esperimenti di James Olds e Peter Milner (1954) sulla cosiddetta 'autostimolazione cerebrale'. Questi ricercatori, studiando le basi biologiche della memoria, osservarono che se si faceva percorrere un labirinto a un animale (un ratto) al quale era stato impiantato un elettrodo nel cervello e

se il ratto, una volta trovata la via d'uscita, riceveva una blanda stimolazione elettrica attraverso l'elettrodo, allora l'animale ricercava attivamente il luogo in cui aveva ricevuto la stimolazione elettrica cerebrale, come se esso fosse associato a una situazione piacevole, gratificante. Per approfondire questa osservazione, venne messo a punto un apparato in cui l'animale premendo una leva attivava un meccanismo che induceva una stimolazione elettrica del cervello. Fu riscontrato che gli animali, dopo aver scoperto l'uso della leva, la premevano sempre più spesso; inoltre, se si impediva agli animali di stimolarsi dopo che si erano abituati agli effetti dell'autostimolazione e successivamente si dava loro la possibilità di farlo nuovamente, le autostimolazioni erano effettuate a un ritmo superiore all'usuale, come se dovessero recuperare quelle perdute.

Studi successivi indicarono che gli effetti gratificanti per l'animale dipendevano dall'attivazione di quello che venne definito 'sistema di ricompensa (o incentivante) cerebrale'. Tale sistema è costituito da un insieme di neuroni localizzati in un'area cerebrale chiamata 'ponte' e nei gangli della base, le cui fibre giungono sino alla corteccia cerebrale. Questi neuroni sono di tipo dopamminergico (utilizzano il trasmettitore dopamina) e possono anche essere attivati da una serie di droghe anfetamina, cocaina, morfina che inducono sensazioni di piacere o gratificanti. Un altro aspetto dei sistemi di rinforzo e di valutazione della realtà riguarda la sensazione di benessere e il tono dell'umore dell'individuo. Il sentirsi a proprio agio e soddisfatti, o insoddisfatti e depressi, deriva anche da un complesso bilancio tra lo stato interno e il modo in cui vengono valutati gli eventi che ci riguardano: da questo punto di vista sembra esistere una notevole differenza tra le posizioni della psicologia dinamica e quelle delle neuroscienze o della psichiatria biologica. Le teorie psicanalitiche sostengono infatti che esiste un nesso tra le pulsioni primarie e le gratificazioni o la mancanza di gratificazioni infantili (di qui l'importanza delle esperienze precoci, dei rapporti con la madre, ecc.) e le caratteristiche dell'umore di un adulto, la sua maggiore o minore propensione a valutare positivamente o negativamente i vari aspetti della propria esistenza, ecc. La psicologia biologica ritiene invece che il tono dell'umore, ed eventualmente lo stato depressivo di un individuo, siano legati prevalentemente all'efficienza del sistema di rinforzo cerebrale (i neuroni dopamminergici) e alla funzionalità del sistema serotoninergico (neuroni che utilizzano il mediatore nervoso serotonina) cerebrale. A sostegno delle proprie tesi, gli psicologi e psichiatri biologici indicano come il sentirsi felici e/o gratificati dipenda da fattori genetici, come dimostra l'alta correlazione nella valutazione del proprio benessere o disagio umorale riscontrata nelle coppie di gemelli monozigotici, e da fattori neurochimici, come dimostrato dal fatto che i farmaci che agiscono sulle ammine cerebrali (serotonina, dopamina, ecc.) esercitano un effetto antidepressivo. Tuttavia, numerosi neuroscienziati, tra cui lo stesso Kandel (1998), ipotizzano che possa esistere un ponte tra neuroscienze

e psicologia dinamica, in quanto l'esperienza potrebbe ristrutturare le reti neurali implicate nei sistemi motivazionali e gli stessi significati dei vissuti individuali.

Nelle diverse situazioni cui abbiamo accennato dai rinforzi alimentari o sessuali agli stati dell'umore e alla valutazione della realtà il sistema dopamminergico esercita un ruolo critico non soltanto attraverso i meccanismi di rinforzo, ma anche facendo sì che venga prestata attenzione ad alcuni stimoli piuttosto che ad altri, agendo da filtro sulle diverse componenti della realtà ed 'etichettandola' a seconda delle situazioni. I gangli della base non si limitano quindi a governare la motivazione attraverso il meccanismo della gratificazione, ma filtrano in modo molto raffinato stimoli e input provenienti dal mondo esterno, contribuendo in tal modo a determinare il tipo di realtà con cui un individuo può entrare in contatto. L'azione dei gangli della base, in particolare lo striato e il nucleus accumbens, si esplica attraverso un effetto esercitato sul talamo, la sede alla quale pervengono tutte le informazioni sensoriali. Il talamo, però, non recepisce in modo neutro ogni tipo di stimolo e sensazione: l'incremento del livello di dopamina nello striato, infatti, fa sì che il 'filtro' del talamo si allarghi lasciando passare una maggiore quantità di input. Quest'azione di filtro non riguarda soltanto l'informazione di tipo cognitivo, ma anche altri aspetti del comportamento, dalla motricità all'emozione. Allo striato ventrale giungono infatti informazioni dalla corteccia frontale e dal sistema limbico (cioè da amigdala, ippocampo, corteccia prefrontale ed entorinale), cosicché esso è un crocevia tra funzioni cognitive, motorie e motivazionali. Lo striato ventrale è quindi al centro sia dei comportamenti motivati rivolti verso un fine, sia del trattamento di informazioni relative al contesto, basate su complesse associazioni tra stimoli diversi. Esso ha un ruolo critico nella vita mentale, in quanto contribuisce all'intreccio pressoché inestricabile dei prodotti della coscienza primaria e della coscienza di ordine superiore, legata ai significati fondati sul linguaggio.

4.3 Apprendimento

Uno degli aspetti più rilevanti del comportamento animale è la capacità di modificare questo stesso comportamento attraverso l'*apprendimento*, una capacità che raggiunge la massima espressione nella specie umana. Lo studio dell'apprendimento e della memoria e dei loro meccanismi biologici è una delle aree più attive delle neuroscienze.

Quasi ogni aspetto del comportamento umano coinvolge un processo di apprendimento: quando percepiamo ed elaboriamo informazioni visive, olfattive o uditive, compiamo azioni apparentemente automatiche. In realtà ci misuriamo con compiti cognitivi complessi durante i quali il nostro sistema nervoso centrale riceve e codifica le informazioni provenienti dall'ambiente, le confronta con quanto è già stato elaborato e, infine, le conserva. Anche gli animali dipendono dall'apprendimento: nella maggior parte delle specie animali gli individui devono essere in grado di acquisire informazioni sulla loro posizione all'interno del proprio territorio, relative al procurarsi il cibo, a ritrovare il nido o la tana, a compiere attività migratorie e a incontrare un partner sessuale. Si apprende a riconoscere un conspecifico e a distinguerlo da un potenziale predatore, o ad affinare le proprie strategie di sopravvivenza o le capacità predatorie. Organismi con un sistema nervoso relativamente semplice, come i Molluschi o gli Insetti, sono capaci di diversi tipi di apprendimento e di memoria, alcuni dei quali, come avviene nel caso degli Insetti sociali, incredibilmente complessi.

Ritornando all'apprendimento nell'uomo, sono stati descritti tre diversi livelli di apprendimento. Il primo livello è quello mnemonico, la memorizzazione pura e semplice, che risulta inefficace non soltanto perché, in mancanza di significati, i fatti si dimenticano più in fretta, ma anche perché nel momento dell'apprendimento non viene operato alcun collegamento con altri apprendimenti precedenti.

Il secondo livello è quello della comprensione: chi impara di memorizzare soltanto un insieme di fatti o concetti o definizioni, considera dei «rapporti» e quindi arriva a comprendere dei «principi» che gli possono servire per capire altri fatti, concetti e definizioni o per risolvere futuri problemi.

Il terzo livello è quello della riflessione. La differenza tra il secondo e il terzo livello consiste nel fatto che, mentre per la comprensione il soggetto può essere passivo di fronte a ciò che sta imparando e a chi gli indica i principi in base ai quali organizzare l'apprendimento, al livello della riflessione, invece, egli deve «partecipare attivamente» con le sue intuizioni e i suoi ragionamenti affrontando un problema posto. Riflettere, cogliere incongruenze logiche e confrontare posizioni antitetiche, permette di sviluppare un apprendimento significativo e stabile, incrementando le intuizioni utili e creative e sviluppando capacità e competenze personalizzate e spendibili in ogni circostanza.

La capacità di apprendere, ossia di stabilire relazioni causali tra eventi e di modificare il proprio comportamento in base a tali esperienze, è resa possibile dalla particolare organizzazione funzionale del sistema nervoso e quindi dalla trasmissione sinaptica. I meccanismi di base, biochimici e fisiologici, che regolano la trasmissione dell'impulso nervoso, si sono conservati nel corso dell'evoluzione e sono sostanzialmente gli stessi negli invertebrati e nell'uomo.

4.3.1 Basi biologiche dell'apprendimento

Lev Vygotskij ha dato uno dei contributi maggiori alla comprensione dei processi d'apprendimento. È stato infatti lo psicologo sovietico a osservare come lo sviluppo dell'intelligenza non avvenga per effetto di dinamiche esclusivamente interne, ma attraverso l'interazione tra individuo e ambiente.

L'apprendimento è definito da Vygotskij come un cambiamento pervasivo, cioè come un cambiamento qualitativo o di struttura. Imparare, infatti, significa passare da ciò che si è potenzialmente in grado di fare a ciò che si è effettivamente capaci di fare. Vygotskij ha descritto questo processo in termini di *potenziamento della zona di sviluppo prossimale*, lo spazio d'esperienza collocato tra ciò che l'allievo sa fare e ciò che ancora non sa fare. Operando su questa frontiera, vale a dire sul potenziale d'apprendimento, si amplia la zona di sviluppo prossimale, cioè si sviluppa l'intelligenza dell'allievo. Lo sviluppo dei circuiti cerebrali è infatti legato sia alla programmazione genetica, cioè alle istruzioni contenute nel DNA di ogni individuo, che alle esperienze postnatali. Nel 2007, grazie ai nuovi strumenti di imaging (uno dei quali è la tomografia neuronale), la biologia molecolare ha scoperto e fotografato il meccanismo di sviluppo prossimale, cioè quella plasticità neuronale che permette alle cellule nervose di modificarsi in reazione agli stimoli ambientali.

Le immagini accanto (Figura 8) ritraggono, a sinistra dei neuroni inattivi e, a destra, gli stessi neuroni che reagiscono a stimolazioni sensoriali e cognitive. La sequenza fotografica mostra la moltiplicazione dei dendriti durante il processo

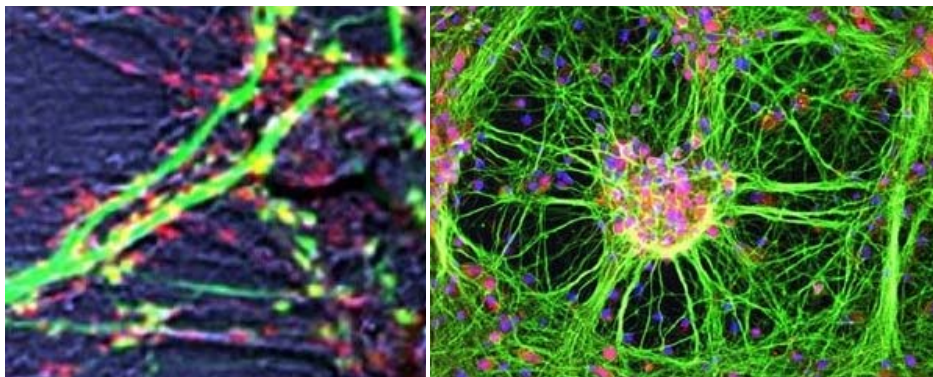


Figura 8: Tomografia neuronale: neuroni inattivi e dopo l'attivazione

di apprendimento, cioè la modificazione della struttura biologica dell'imparare durante il processo educativo.

Gli studi più recenti, attestano che la stimolazione educativa ha la capacità di aumentare i dendriti (ramificazioni dei neuroni che ricevono le informazioni e le trasmettono al corpo cellulare del neurone) del 30% (Lucangeli, 2012). Quando si sviluppano apprendimenti totalmente nuovi, il cervello crea nuove ramificazioni e connessioni tra i neuroni; quando invece si rafforzano apprendimenti precedenti, si ritiene che le connessioni esistenti si rafforzino per mezzo della mielinizzazione dei dendriti, e questo sembra avere effetti sulla memoria e sulla velocità con cui il cervello è in grado di gestire quel dato compito o azione.

La scoperta che le influenze ambientali possono indurre modificazioni misurabili della morfologia delle cellule nervose, parallelamente allo sviluppo delle tecniche di indagine del sistema nervoso centrale, da un punto di vista non solo morfologico ma anche biochimico e molecolare, ha indirizzato lo studio sulle basi neurali dell'apprendimento verso la ricerca di correlati neurobiologici della plasticità comportamentale.

Un contributo fondamentale alla conoscenza delle basi neurali dell'apprendimento e della memoria viene dagli studi sul sistema nervoso degli invertebrati, in particolare dagli esperimenti condotti dal Premio Nobel Eric R. Kandel e dai suoi collaboratori sulla lumaca di mare *Aplysia californica*.

Gli studi condotti sugli invertebrati hanno fornito indicazioni importanti circa i meccanismi molecolari alla base dei processi di apprendimento, sia non associativo sia associativo. Il sistema nervoso centrale dei Vertebrati è enormemente più complesso ed esistono strutture anatomiche specializzate nelle quali le memorie di eventi e luoghi vengono conservate nel corso della vita e continuamente richiamate e confrontate con nuove informazioni apprese. L'ippocampo, una struttura telencefalica appartenente al sistema limbico, interviene durante i processi di formazione dei ricordi della memoria dichiarativa a lungo termine (quel tipo di memoria responsabile dei ricordi stabili e duraturi, come la mappa di certe strade percorse tutti i giorni, o la fisionomia e il nome dei nostri familiari) e nel loro trasferimento dal compartimento della memoria a breve termine a quello della memoria a lungo termine. In particolare, l'ippocampo è determinante per l'apprendimento e la memoria spaziale, ovvero per la costruzione di una rappresentazione spaziale dell'ambiente, dai Roditori all'uomo. Gli studi sperimentali sugli animali suggeriscono che il numero, la morfologia e la funzionalità delle connessioni sinaptiche siano alla base dei processi associativi negli organismi viventi. Tuttavia è bene sottolineare come l'apprendimento non produca solo la modificazione delle proprietà elettriche di gruppi di neuroni ippocampali o corticali. I processi cognitivi e l'immagazzinamento delle memorie che rendono unico ogni individuo richiedono l'attività in-

tegrata di molteplici circuiti cerebrali, da quelli che modulano le emozioni a quelli che controllano le azioni motorie. Studi effettuati su soggetti con danni cerebrali, insieme a ricerche sulle differenze o asimmetrie emisferiche delle funzioni cerebrali di soggetti normali, hanno fornito importanti indizi sul funzionamento del cervello nell'espletamento di compiti cognitivi. È stato osservato come specifiche aree cerebrali siano in relazione con classi particolari di disturbi cognitivi, soprattutto per quanto riguarda il linguaggio. La disponibilità di tecniche di visualizzazione dell'attività cerebrale, come la tomografia a emissione di positroni (PET), ha consentito di ottenere immagini del cervello durante l'apprendimento di compiti complessi, dal riconoscimento dei volti all'apprendimento di una nuova lingua. Il cervello umano è anatomicamente e fisiologicamente asimmetrico: i due emisferi sono coinvolti differentemente nell'elaborazione di informazioni verbali e spaziali, anche se l'attività mentale dipende dalla loro interazione e dall'integrazione delle informazioni codificate nelle diverse aree. Un ruolo preponderante nelle funzioni mentali spetta alla corteccia frontale, probabile sede dell'integrazione di funzioni cognitive, emozionali e motorie.

4.3.2 Apprendimento e previsione

L'apprendimento ha alle sue spalle una lunga tradizione prescientifica che ha dato luogo a due riflessioni: 1) l'apprendimento è un tematizzare quello che a livello atematico è presente nella mente 2) la natura dell'apprendimento risiede nell'esperienza.

La storia scientifica della ricerca dell'apprendimento deve molto al behaviorismo, soprattutto a Pavlov e Thorndike e al loro apprendimento associativo. Pavlov abituando i suoi cani a porre in relazione un determinato stimolo con un evento piacevole (stimolo-ricompensa) o sgradevole (stimolo-punizione), scopre il meccanismo generale che regola l'apprendimento degli esseri viventi. Allo stesso risultato giunge Thorndike studiando le strategie attraverso le quali i suoi gatti riuscivano a uscire dai puzzle box: per prova ed errore il gatto capisce che tirando una cordicella può uscire dalla gabbia e raggiungere il cibo. Rimesso nella gabbia la sua capacità di associare i due eventi diviene sempre più esperta e rapida e finisce per fissarsi in un comportamento appreso. Questi esperimenti hanno dimostrato che attraverso l'elaborazione delle esperienze si impara a prevedere il futuro e a comportarsi di conseguenza. Di questa capacità previsionale Frith fornisce la giustificazione sul piano neurologico: la capacità previsionale va cercata nell'attività di un particolare tipo di neuroni, le cellule ricompensa, che sono attivi nei gangli della base e la cui funzione è di rilasciare dopamina nell'organismo. La dopamina guida il nostro apprendimento aiutandoci a migliorare il nostro sistema di previsioni sulle cose del mondo.

I processi neuropsicologici che presiedono alla previsione, sono il meccanismo di base del nostro apprendimento. Esso consiste nella costante ricerca del successo (evolutivo, personale) e nel sistematico evitamento di quel che lo compromette.

I contorni della “previsione” e le funzioni di cui si sostanzia sono due: la focalizzazione e la capacità di andare all’essenziale: “due delle strategie attraverso le quali il cervello „mette ordine nel mondo”. Come tali, esse si inscrivono “nel paradigma della semplicità (Berthoz, 2012)”.

Mettere ordine nel mondo, trovare nelle informazioni avute uno schematismo, una logica interna è il primo passo per e della previsione e quindi per l’apprendimento. Chi sa vedere nella realtà uno schematismo chi vi sa riconoscere una logica interna già conosciuta altre volte, chi coglie questa forma latente, o meglio, riconduce questa forma a schemi di azione che già appartengono alla sua geografia mentale, è sicuramente nelle condizioni migliori per prevedere (Rivoltella, 2014).

Gli esperimenti di Pavlov, Thorndike e Skinner offrono esempi in atto del meccanismo alla base della previsione: quello dell’associazione nelle sue due varianti di associazione di un segnale con un evento futuro e di associazione di una nostra azione con una sua possibile conseguenza. Nella spiegazione neuroscientifica, causa dell’associazione è l’attività dei neuroni dopaminergici (“neuroni della ricompensa”) che rilasciano dopamina (neurotrasmettitore del piacere) in caso di situazioni piacevoli per il soggetto. Causa del rilascio di dopamina, però (Frith, 2007) non sarebbe tanto la ricompensa quanto l’errore: se non mi aspetto che un determinato comportamento produca un certo risultato e invece lo produce, i neuroni dopaminergici liberano dopamina e io amplio i miei apprendimenti proprio perché la mia previsione viene smentita. Sono infatti portato a riconsiderare il valore dell’esperienza che ho fatto. Il cervello, dunque, ne conclude Rivoltella, lavorerebbe come una “macchina popperiana”: apprende dai propri errori (Rivoltella, 2014).

Ma il cervello umano funzionerebbe anche come una “macchina bayesiana”, sempre secondo Rivoltella: il nostro cervello parte da un set di informazioni che già possiede e che sono il risultato delle sue esperienze pregresse, le corregge sulla base delle informazioni fornite dalle nuove esperienze, lavorando su questo doppio tipo di informazioni ricava inferenze che gli consentono di orientare la propria conoscenza e le proprie azioni. In buona sostanza, il nostro cervello agisce sulla base di un principio di probabilità che lo porta a fare continue previsioni sul mondo circostante aggiustandole in tempo reale sulla base delle nuove Esperienze. Una conferma neuroscientifica viene dalla scoperta del “principio dell’energia libera” in base al quale funzionerebbe, secondo Karl Friston (Friston, 2010, 2012) il nostro cervello.

Più facciamo esperienza, più sviluppiamo lo spettro delle nostre informazioni e la nostra capacità di anticipare quel che potrà succedere in futuro, più diventiamo esperti nel fare previsioni e la no-

stra stessa capacità di previsione si affina. In sostanza la previsione - la capacità di fare previsioni - non è solo ciò che spiega come avvenga il nostro apprendimento: è in qualche modo l'esito più alto, il risultato più maturo dell'apprendimento stesso (Rivoltella, 2014).

Come dispositivo, la previsione, funziona sulla base di quattro operazioni:

- Semplificazione,
- Categorizzazione,
- Correlazione,
- Sostituzione.

Quando percepisce le cose, il cervello semplifica (semplifica) la complessità del mondo, operazione che si basa sulla capacità di concentrarsi sull'essenziale, ossia su ciò che è invariante e tendenzialmente stabile. Questa capacità ci permette di riconoscere con un colpo d'occhio fenomeni e oggetti senza rianalizzarli compiutamente ogni volta. In questo modo, di fatto il cervello, ogni cervello si costruisce il suo mondo.

Sulle invarianti, sugli elementi essenziali, risultato del lavoro di semplificazione, si esercita la categorizzazione, uno dei processi che stanno alla base della costruzione del nostro pensiero: avviene attraverso la comparazione di elementi omologhi riconosciuti propri di oggetti diversi.

Le categorie ci permettono di ricavare rapidamente inferenze da quel che osserviamo attraverso la correlazione del nuovo elemento o evento osservato con ciò che abbiamo conosciuto nel passato e che è entrato a costituire le nostre categorie.

La correlazione di eventi che stanno per accadere o che potrebbero accadere con eventi passati ci permette di capire se si possono attivare strategie vicarianti e cioè dar luogo alla sostituzione degli eventi passati con gli altri.

Semplificazione, categorizzazione, correlazione, sostituzione si alimentano attraverso i meccanismi della ripetizione, dell'immaginazione e dell'esperienza: senza ripetizione non c'è memoria e senza memoria è impossibile l'emulazione; senza esperienza è impossibile l'associazione e quindi la categorizzazione; le basi neurologiche dell'imitazione (le modalità di lavoro dei neuroni specchio) spiegano come impariamo ad anticipare l'esperienza futura;

Esiste quindi una stretta relazione che lega l'apprendimento con la ripetizione, l'esperienza e l'imitazione. Si impara ripetendo, dice Rivoltella, perché solo la reiterazione dello stimolo produce il consolidamento delle sinapsi e innesca i processi biochimici che conducono alla fissazione della memoria a lungo termine (Rivoltella, 2014).

Si impara facendo esperienza perché le emozioni che la connotano contribuiscono alla determinazione dei marcatori somatici fornendoci uno strumento rilevante per comprendere cosa sia da evitare per la nostra incolumità e il nostro benessere.

L'esperienza consiste nello sviluppo dell'habitus, ovvero routine di comportamento irriflesse che si formano attraverso la ripetizione di una determinata situazione e la reiterazione della risposta che essa richiede a chi si attegge verso di essa. L'esperienza consiste nell'imparare dalla casistica incontrata cosa succeda in certe circostanze.

Esperienza, apprendimento, previsione sono tra loro collegate. Lo dimostrerebbe, sostiene l'ipotesi dei marcatori somatici di Antonio Damasio (1994). I marcatori somatici sono esempi speciali di sentimenti generati a partire dalle emozioni secondarie. Quelle emozioni e sentimenti sono stati connessi, tramite l'apprendimento, a previsti esiti futuri di certi scenari. Quando un marcatore somatico negativo è giustapposto a un particolare esito futuro, la combinazione funziona come un campanello d'allarme; quando invece interviene un marcatore positivo, esso diviene un segnalatore di incentivo (Damasio 1994). Sono esempio di marcatore somatico l'aumento della frequenza cardiaca, il rossore delle gote, il sudore delle mani, il tremolio, l'arrestarsi della salivazione...

Per Damasio, infatti, le emozioni non rappresentano un modo alternativo di produrre apprendimento e di entrare in relazione con il mondo: esse sono coestensive sempre rispetto al lavoro cognitivo. Lo mostrerebbe proprio il funzionamento dei marcatori somatici: l'associazione di un certo tipo di marcatore a una determinata situazione-stimolo dipende, infatti, dallo stato emotivo che essa ha provocato in passato.

In presenza di una situazione-stimolo, il marcatore consente di anticiparne gli effetti prevedendo il futuro. È la razionalità a orientare la decisione, attraverso un'analisi statistica della media di quel che è successo in passato in relazione al presentarsi di quella situazione. Ma questa analisi poggia sul lavoro precedente dell'emozione. I due momenti sono integrati in un processo unico: "non siamo mai perfettamente razionali e mai soltanto emotivi", dice Damasio.

4.3.3 Difficoltà di apprendimento

L'apprendimento è quindi un processo estremamente complesso e influenzato da una molteplicità di fattori. Spesso, soprattutto in ambito scolastico, si evidenziano delle difficoltà di apprendimento in varie fasi di sviluppo e in varie forme. Se in molti casi si tratta di difficoltà transitorie, che non richiedono particolare attenzione e vengono superate senza troppi sforzi, in altri casi, le difficoltà sono presenti da molto tempo, magari dall'inizio del percorso scolastico, oppure sono particolarmente faticose da superare, tanto da provocare, in alcune situazioni, una seria carenza nelle capacità di apprendere nel bambino o nel ragazzo. Per disturbi dell'apprendimento si intendono quei disturbi che coinvolgono uno specifico dominio di abilità, lasciando intatto il funzionamento intellettivo generale. Essi infatti interessano le competenze strumentali degli apprendimenti scolastici.

Sulla base del deficit funzionale vengono comunemente distinte le seguenti condizioni cliniche:

- dislessia, cioè disturbo nella lettura (intesa come abilità di decodifica del testo)
- disortografia, cioè disturbo nella scrittura (intesa come abilità di codifica fonografica e competenza ortografica)
- disgrafia, cioè disturbo nella grafia (intesa come abilità grafo-motoria)
- discalculia, cioè disturbo nelle abilità di numero e di calcolo (intese come capacità di comprendere e operare con i numeri).

Spesso oltre al deficit specifico sono presenti altri disturbi riguardanti diversi tipi di apprendimento, ciò prende il nome di comorbidità (spesso ad esempio i bambini dislessici hanno un disturbo del linguaggio). Le disfunzioni neurobiologiche alla base dei disturbi interferiscono con il normale processo di acquisizione della lettura, della scrittura e del calcolo. I fattori ambientali rappresentati dalla scuola, dall'ambiente familiare e dal contesto sociale si intrecciano con quelli neurobiologici e contribuiscono a determinare il fenotipo del disturbo e un maggiore o minore disadattamento.

Da considerare sono le cosiddette funzioni esecutive, un complesso di funzioni che permettono all'individuo di mettere in atto comportamenti e strategie adeguate in contesti in cui i vecchi schemi acquisiti non sono funzionali o non permettono di giungere alla soluzione di un problema. Le funzioni esecutive sono processi cognitivi consci, distinti dalle condotte automatiche, le quali consentono di esercitare forme di autocontrollo; favoriscono lo spostamento e il mantenimento dell'attenzione; attivano la memoria di lavoro; garantiscono la sequenzialità delle azioni. Le funzioni esecutive sono quindi l'opposto dell'automatizzazione, sono capacità complesse che entrano in gioco quando bisogna creare nuove modalità di comportamento in risposta alle circostanze (Best, 2010).

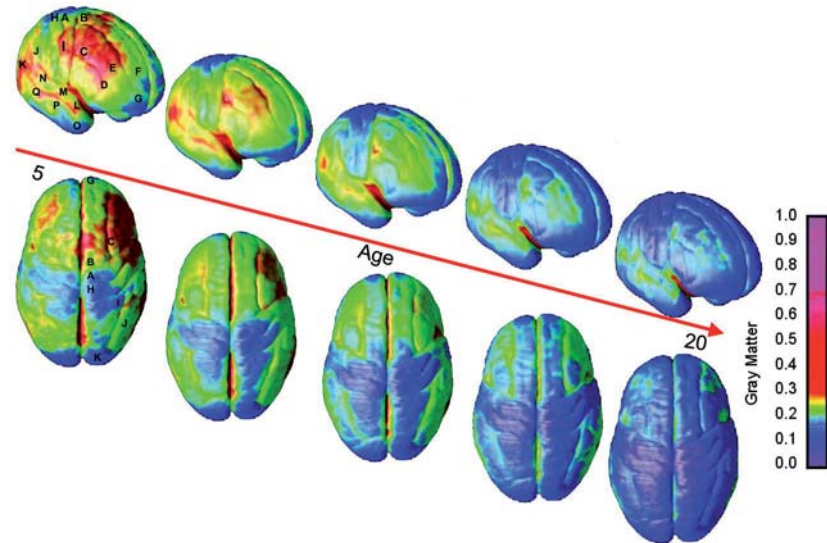


Figura 9: Funzioni esecutive in età evolutiva

Le sfide a cui i ragazzi sono sottoposti in ambito scolastico sono complesse, così non è infrequente che un deficit a carico delle funzioni esecutive si traduca in difficoltà d'apprendimento. Numerosi studi hanno dimostrato la frequente, ma non costante, associazione fra disturbi specifici dell'apprendimento e difficoltà nelle funzioni esecutive. Il disturbato lavoro delle funzioni esecutive limita la cognitivtà, cioè quella funzione psichica mentale che struttura le condotte umane, l'apprendimento delle informazioni, l'elaborazione della conoscenza, l'ideazione, la programmazione ed il controllo di ogni comportamento. Potenziando le funzioni esecutive con interventi adeguati si possono riscontrare miglioramenti anche nelle abilità compromesse ad esempio di calcolo e comprensione del testo.

Individuare le problematiche sottese alle difficoltà di apprendimento e fare una diagnosi corretta è un passaggio molto delicato e molto spesso alunni con profili complessi vengono individuati come dei falsi positivi e ricondotti a disturbi specifici quando invece rientrano nelle cosiddette learning difficulties, che grazie ad aiuti specifici nelle strategie di apprendimento possono essere superate efficacemente. Per distinguere con chiarezza il disturbo dalla difficoltà si valuta la resistenza al trattamento: nella difficoltà, strategie giuste di insegnamento migliorano significativamente la capacità di apprendere, mentre nel disturbo persiste una condizione non adeguata alle caratteristiche dell'età.

La differenza, quindi, tra disturbi e difficoltà di apprendimento consiste nella natura biologica del disturbo definito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità «una patogenesi organica geneticamente determinata, espressione di disfunzione cerebrale» assente nelle difficoltà che hanno, invece, origine psicologica e socioculturale. Importante è riconoscere la patologia ma non patologizzare ciò che è educabile.

Queste problematiche possono, infatti, essere affrontate e risolte potenziando il sistema scolastico e garantendo il diritto allo studio. Secondo i dati disponibili, lavorando sulla zona di sviluppo prossimale e adottando strategie efficaci di potenziamento, si ottiene l'80% di normalizzazione della difficoltà riscontrata. Restano sotto la norma solo i ragazzi che hanno una resistenza neurobasale, vale a dire i pochi veri dislessici, i quali migliorano ugualmente i propri apprendimenti, pur rimanendo sotto il livello medio di certe prestazioni di base (Lucangeli, 2010). Se ci si domanda perché l'insuccesso scolastico è così alto e tende ad aumentare avanzando nei livelli di studio, la risposta quindi non è biologica, ma legata alla risposta psicologica degli allievi alle sollecitazioni del sistema scolastico. La scuola impone sempre più strettamente percorsi che costruiscono l'immagine dello studente. Come ha osservato Daniel Goleman, in un bambino il senso del proprio valore dipende sostanzialmente dal rendimento scolastico. Un ragazzo che fallisce a scuola, co-

mincia ad assumere quegli atteggiamenti controproducenti che possono oscurare le prospettive di tutta la sua vita (Goleman, Intelligenza emotiva).

In particolare la valutazione, quando perseguita ossessivamente, come da alcuni anni si chiede di fare alla scuola, ostacola l'acquisizione degli apprendimenti, determinando il fenomeno dell'impotenza appresa, una sindrome psicologica che blocca i meccanismi neurobiologici dell'apprendimento, inceppandone le normali modalità d'espressione. L'impotenza appresa, cioè la paura di sbagliare che genera l'incapacità di eseguire bene un compito, è l'unico meccanismo capace di contrastare il normale funzionamento della funzione biologica dell'apprendimento. Ciò in quanto l'imparare è ostacolato da un'altra funzione biologica quale è appunto la paura in conflitto con esso. Se una nozione è stata appresa sperimentando paura, ogni qual volta verrà ripescata dalla memoria si attiverà nuovamente il vissuto emotivo corrispondente poiché apprendimento ed emozione hanno tracciato lo stesso percorso sinaptico, viaggiando insieme. Quindi mettiamo in memoria anche le emozioni, in questo caso, negative. Ma mentre la nozione appresa finirà nella memoria procedurale o semantica, la memoria del sentimento di incapacità e inadeguatezza finirà nella memoria autobiografica, intaccando significativamente l'autostima e l'autoefficacia dell'alunno. Infatti il ripetersi di questo meccanismo per svariati anni scolastici porterà ad una stabilizzazione del circuito che è ciò che in psicologia si chiama fenomeno dell'impotenza appresa. Il bambino imparerà che non è capace ad eseguire quel dato compito, sentendosi impotente, e l'esperienza reiterata del fallimento gli darà conferma della sua incapacità innata. Ma ciò accade perché l'emozione associata a quella funzione specifica si comporta da antagonista dell'apprendimento. Succede che, a un certo punto, anziché funzionare da circuito di aiuto, le emozioni vanno in cortocircuito disfunzionale. Cioè diventano elementi che non ci consentono di funzionare bene. Avviene quello che noi chiamiamo il cortocircuito emozionale: le emozioni generano una sofferenza tale per cui si entra in un rischio e ci si blocca. Così molti dei disturbi del comportamento e dell'umore nascono da emozioni che generano forte sofferenza non identificata bene dal contesto educativo. Davanti ad un nuovo apprendimento l'individuo elabora le informazioni attraverso l'amigdala (il centro emotivo del cervello) inviandole poi alla corteccia prefrontale, la cui attività principale è il controllo dei pensieri e delle azioni in accordo ai propri obiettivi. Alcuni studiosi hanno dimostrato che, se si innesca una situazione di forte stress, c'è più attività nell'amigdala che nella corteccia prefrontale (Dott.ssa Judy Willis, neurologo di Santa Barbara, California). Una serie di esperimenti condotti presso il "Mangels Lab of Cognitive Neuroscience of Memory and Attention", nel Baruch College a New York, dimostrano come questa situazione di stress colpisca maggiormente gli studenti proprio quando essi sanno che le loro prove sono finalizzate all'ottenimento di un giudizio

o sono confrontate con altri individui. Oltre a tali fattori, rivestono un ruolo cruciale anche altri aspetti emotivo motivazionali, responsabili dei vissuti negativi, a seconda dei successi o insuccessi esperiti nell'apprendimento. Fra i diversi aspetti motivazionali coinvolti, la letteratura ha evidenziato come cruciali i concetti di "competenza", "autoefficacia" (fiducia nelle proprie capacità), "stile attributivo" (spiegazione che una persona si dà dei successi e insuccessi propri e altrui) e "autostima" (Lucangeli, 2003). Facendo leva su questi aspetti e ispirandosi a modelli di didattica che si avvicinano più possibile alle esigenze di chi impara, si può modificare di molto l'apprendimento perché le strategie didattiche sono in grado di plasticizzare le funzioni cognitive. Tutto questo ci porta a dire che urge una competenza più specifica nelle istituzioni scolastiche, per modificare le strategie didattiche messe in atto e possedere gli strumenti giusti per implementare le potenzialità individuali. Ecco perché è importante creare un ponte tra ricerca e scuola.



II

Neuroscienze e Pedagogia

“

L'area della ricerca neuroeducativa nasce dall'esigenza di verificare eventuali implicazioni delle scoperte neuroscientifiche per l'insegnamento e l'apprendimento.

”

“

Il profondo radicamento biologico dell'apprendimento e che l'uomo apprende con tutto il corpo sono le due affermazioni fondamentali.

”

“

Se adeguatamente valorizzate dall'adidattica, le emozioni possono trasformarsi in risorsa, al pari del contenuto dell'attività formativa, perché lo studente non solo pensa ed elabora, ma "sente" e "partecipa".

”

1 Ripensare la Didattica alla luce delle Neuroscienze

Le neuroscienze, prepotentemente, e con sempre maggiore insistenza negli ultimi anni, hanno intersecato il proprio campo d'azione, precipuamente medico, con il campo d'interesse delle scienze cognitive e con la filosofia della mente. Sono nate, dunque, le neuroscienze cognitive, che, approcciandosi sempre in modo scientifico allo studio del cervello e partendo, perciò da dati da studiare ed analizzare, cercano di comprendere la mente e i processi mentali.

Lo sviluppo delle neuroscienze di questi ultimi trent'anni sta caratterizzando la svolta epistemologica dei saperi sui processi, sull'evoluzione e la natura dell'uomo; sta inoltre incidendo sulle costruzioni delle conoscenze dei processi neuronali che presiedono alle funzioni della memoria e della coscienza, dalle quali origina il nuovo modello descrittivo dell'apprendimento e il diverso ruolo riconosciuto agli atti motori del cervello.

Anche un approccio pedagogico non può esimersi dal considerare il lavoro svolto da questa scienza e non può non riflettere sugli esiti emersi dalle ricerche degli ultimi anni ponendosi con sguardo critico di fronte ai quesiti sui meccanismi biologici alla base dell'apprendimento e su quanto la realtà circostante e le esperienze della singola persona ne condizionano i comportamenti e gli apprendimenti. Le neuroscienze vengono, perciò, ad essere considerate strumento di riflessione epistemologica, portando anche il mondo della pedagogia ad interessarsene.

Alla pedagogia è assegnato il compito di considerare un modello di sviluppo intellettuale di tipo connettivo, centrato sugli aspetti percettivi, metacognitivi ed emozionali, completamente diverso da quello basato sulle attività di memoria.

1.1 Neuromiti in educazione

Prima di andare ad analizzare in che modo le scoperte neuroscientifiche possono influenzare la pedagogia e fornire modelli educativi innovativi ed efficaci, ebbene tener presente che la sovrainterpretazione del ruolo delle neuroscienze nella comprensione di alcuni fenomeni connessi con l'apprendimento abbia condotto negli ultimi anni a fornire agli insegnanti indicazioni che in ultima analisi si dimostrano prive di fondamento scientifico (Geake, 2009). Per indicare queste cre-

denze diffuse prive di valenza scientifica, Rivoltella parla di neuromitologie con lo scopo di prendere le distanze dall'uso superficiale delle neuroscienze (Rivoltella, 2012).

I neuromiti sono delle pratiche educative considerate a torto “brain-based”, ma che invece non sono fondate su evidenze scientifiche riguardanti il cervello; si originano in modo a volte difficile da spiegare, anche se ciò avviene spesso quando si cerca di trasferire alcuni dati di laboratorio nelle classi scolastiche senza alcun filtro. Interpretare in modo arbitrario e forzato i risultati della ricerca neuroscientifica può comportare dei rischi in cui gli educatori possono incorrere.

Un esempio emblematico è costituito dalla Teoria delle Intelligenze Multiple (TIM) di Howard Gardner. Una teoria che viene considerata valida dagli insegnanti, soprattutto in virtù delle sue conferme provenienti da diverse discipline scientifiche, comprese quelle “brain-based”. (Howard-Jones, 2007). Niente di più errato. Ad un'analisi accurata della letteratura specialistica, infatti, emerge che la TIM non può contare né su evidenze scientifiche della psicologia cognitiva, infatti le teorie unitarie dell'intelligenza sono tuttora le più popolari, né su quelle delle neuroscienze cognitive, che studiano il cervello in termini di processi (visivo, uditivo, olfattivo) e non in termini di intelligenze visive, uditive e olfattive (Cornoldi, 2011)) Nonostante questo, la TIM è molto popolare fra gli educatori e promuove il valore dei differenti talenti individuali degli alunni; ma allo stesso tempo rappresenta un esempio di un'idea che è stata inappropriatamente imbevuta di un senso di autorità neuroscientifica. (Howard-Jones, 2009)

Un altro neuromito è rappresentato dagli stili d'apprendimento; fra questi il più conosciuto è quello classificato secondo le modalità sensoriali di elaborazione delle informazioni: visiva, uditiva o cinestesica. Ma diverse ricerche hanno dimostrato che le informazioni non vengono elaborate secondo un unico “stile sensoriale”, ma esistono delle interconnessioni costanti fra le diverse modalità. (Gilmore, 2007). Sempre su questo fronte, molto popolare rimane il mito sullo stile d'apprendimento in termini di teoria del ‘cervello-sinistro cervello-destro’. Secondo questa teoria, le attitudini degli allievi derivano dalla dominanza emisferica. Che ci siano delle peculiarità emisferiche è comprovato, ma da questo non se ne può automaticamente dedurre che non ci siano connessioni anche significative fra i due emisferi in ogni momento dell'elaborazione cognitivo-emotiva. Nella prospettiva neuromitologica, quindi, i due emisferi cerebrali sono specializzati: il sinistro per funzioni che hanno a che fare con la razionalità, il destro per funzioni creative. La retorica mitologica intende far credere questo dato culturale come un dato di natura. Questa convinzione determina alcune conseguenze: la giustificazione su base neurologica delle eventuali difficoltà di apprendimento di un individuo in relazione ad alcuni compiti; la giustificazione delle particolari doti che un soggetto può sviluppare in relazione al tipo di “cervello” di cui è fornito. Tutto questo pro-

duce sul piano dell'educazione alcuni stereotipi: se un ragazzo è “fatto” in un certo modo sarà difficile ottenere da lui certe prestazioni (Rivoltella, 2012).

Un altro neuromito è quello che riguarda la presunta comparsa sulla scena umana di una “nuova specie”, quella dei nativi digitali. Un “nativo digitale” è un individuo che fin dalla sua primissima infanzia ha cominciato ad interagire con il mondo tecnologico digitale (telecomandi, smartphone, console per videogiochi, computer, tablet), acquisendo una grande padronanza nel loro uso. Gli adulti che invece hanno imparato ad utilizzare questi dispositivi tecnologici solo in tarda età, vengono definiti “immigranti digitali”, questi ultimi non potranno mai raggiungere competenze pari ai primi (Prensky, 2001). I nativi digitali sarebbero una generazione di soggetti che, vista la loro familiarità precoce con le tecnologie digitali, li porterebbe a differenziarsi in maniera molto netta dalla generazione precedente: «I ragazzi sarebbero: più superficiali, più disattenti, incapaci di concentrazione, iperattivi e discontinui, refrattari verso l'impegno e la fatica, estranei alle relazioni vere, in difficoltà quando si tratta di memorizzare, concettualizzare, argomentare il proprio punto di vista, usare il senso critico. In compenso, gli stessi giovani, denoterebbero anche: prontezza, velocità di esecuzione, capacità di attendere a più compiti contemporaneamente. Strani personaggi, dunque, per molti versi peggio di come eravamo noi alla loro età (studiavamo di più, eravamo più profondi, facevamo il nostro dovere) e quindi sintomo di una crisi, segno evidente della perdita di tutto ciò che faceva la fortuna delle generazioni precedenti; ma per altri aspetti migliori, dotati di una “marcia in più”: più svegli, più flessibili, più reattivi di fronte all'imprevisto» (Rivoltella, 2012, p. 8.)

Secondo l'ipotesi di Prensky l'uso costante dei nuovi media produrrebbe una modificazione strutturale e funzionale del cervello dei ragazzi, comportando modifiche rilevanti del loro profilo cognitivo ed emotivo. Ricerca educativa, sociologia della conoscenza e ricerca neuro scientifica hanno fornito il loro contributo sul dibattito relativo ai nativi digitali. Sul piano della ricerca educativa una discussione critica della posizione di Prensky è stata fornita da un gruppo di studiosi australiani (Bayne e Ross, 2007) che hanno criticato i seguenti assunti : 1) Che una generazione di nativi digitali esiste 2) Che l'educazione deve cambiare per venire incontro alle loro esigenze 3) Che i nativi digitali abbiano una naturale dimestichezza con le tecnologie 4) Che in virtù di questo i loro stili di apprendimento sono diversi da quelli delle generazioni precedenti. Secondo questo gruppo di studiosi il dato di bambini e adolescenti tutti esperti in materia è una generalizzazione indebita; le ricerche infatti dimostrano che, per una buona percentuale, coloro che dovrebbero essere considerati nativi non sono si comportano da nativi (molti non amano le tecnologie e mostrano rispetto ad esse degli impacci). Anche per quanto riguarda gli stili di apprendimento non è possibile fare generalizzazioni perché sono dinamici e se ne possono adottare di diversi in base al compito. Infine, introdurre le tecnologie a scuo-

la non sempre dà esiti positivi e motivanti poiché l'uso delle stesse tecnologie impone un controllo che produce frustrazione tra i discenti. Se si analizza il costrutto dei nativi dal punto di vista della sociologia della conoscenza, quel che risalta immediatamente è la capacità di un'idea non accademica e non sostenuta da evidenze di ricerca di imporsi come ipotesi scientifica anche all'interno di certi ambienti accademici. Bayne e Ross fanno notare che sarebbe più opportuno rappresentarsi genitori e insegnanti non come immigrati (rappresentazione svalutante che aumenta il divario generazionale tra nativi e non) ma come coloni digitali, cioè come coloro che grazie al loro lavoro hanno permesso ai nativi di usufruire delle tecnologie. Sul versante neuroscientifico, Gary Small esclude che il gap generazionale tra nativi e immigrati sia da individuare sul piano biologico, le differenze tra utilizzatori e non delle tecnologie si devono a una questione di esperienze e di scelte (Small, 2009). Gary Small ha pubblicato, infatti, uno studio sulle competenze di ricerca di informazioni in Internet condotto su un campione di soggetti di età compresa tra i 55 e i 76 anni, metà dei quali erano esperti nella ricerca a differenza dell'altra metà. Lo scanner del cervello di questi soggetti con l'fMRI evidenziava che l'attività cerebrale di quelli esperti nella ricerca era all'incirca doppia di quella degli altri: in particolare risultavano attivi i lobi frontali, dimostrando come nella ricerca in Internet i processi esecutivi (riflessione, metacognizione, decision making) siano particolarmente coinvolti. Dopo una settimana di training, i meno esperti di ricerca in Internet sono stati sottoposti di nuovo all'esame consentendo di verificare che avevano sviluppato la stessa circuiteria cerebrale di quelli esperti. Questo significa che più che essere testimonianza di una crisi generazionale le differenze tra utilizzatori e non utilizzatori della tecnologia si devono a una questione di esperienza e di scelte.

Per concludere non c'è nessuna base scientifica che porta a rivendicare che il cervello dei più giovani abbia subito cambiamenti o che vi siano significative differenze nel cervello alle diverse età.

Ultimo neuromito riguarda la distinzione tra hard science e soft science. La genesi e l'espansione delle neuromitologie è stata causata dall'opportunità che le neuroscienze hanno offerto alle scienze umane di legittimare i loro discorsi. La percezione di debolezza epistemologica, con il conseguente senso di inferiorità rispetto a quelle discipline che sono invece epistemologicamente robuste, poggia su una rappresentazione della scienza e del suo valore molto diffusa anche tra i non specialisti. Essa si rappresenta al vertice le scienze hard e in fondo alla classifica quelle soft. Le scienze hard si caratterizzano: per un oggetto di studio definito, per un metodo di studio basato su una misurazione esatta del fenomeno, per un approccio sperimentale che permette alla scienza di trovare nel laboratorio il proprio spazio naturale di esercizio e tende a ricavare leggi che spiegano il comportamento dei fenomeni ogni qual volta che si ricreino le stesse condizioni, validità delle affermazioni universale. Le scienze soft, dal canto loro, si contraddistinguono: per un

oggetto di studio indeterminato, metodo interpretativo, approccio indiziario, contesto reale come setting es. la famiglia, la classe, validità delle affermazioni idiografica cioè possono ambire a qualche generalizzazione. Il paradigma neuroscientifico offrendo un linguaggio comune a medici, biologi e scienziati umani avvicina i bordi delle diverse discipline e crea opportunità di integrazione e collaborazione nella ricerca, indispensabili nel contesto odierno in cui la complessità dei fenomeni richiede approcci sempre più multidisciplinari e integrati. La via neuro scientifica consente alle scienze umane di dare interpretazioni scientifiche e sembra poter garantire alle loro affermazioni un incremento di credibilità. Un'opportunità che cela alcuni rischi: il rischio di pensare che su base neuro scientifica si possa spiegare tutto, il rischio di generare neuromitologie (Rivoltella, 2012).

1.2 Il rapporto tra neuroscienze e pedagogia

Il rapporto fra mente-cervello-corpo costituisce da sempre un tema centrale per la ricerca, in particolare in ambito neuroscientifico, ritenuto quasi un substrato di base per ogni ambito bio-antropologico. L' imperialismo delle neuroscienze, utilizzando un'espressione di Cambi, ha infatti precise ragioni, che risiedono nel bisogno di unificare la spiegazione dell'umano riconducendolo ad una base comune e legandolo a modelli sperimentali e verificabili capaci di leggerne senza ridurre la complessità, la specificità, il pluralismo. Alla base vi è l'idea di un essere umano riconosciuto come unità bio-psico-socio-spirituale, in cui l'indissolubilità fra corpo e pensiero gli conferisce carattere di irripetibilità (Cambi, 2001).

Gli input provenienti dalle ricerche nel campo delle neuroscienze cognitive alla teorizzazione didattica e alla comprensione dei problemi insiti nei processi di insegnamento-apprendimento, in particolare, sono notevoli.

Secondo Rivoltella (2012), non si tratta di utilizzare le neuroscienze per dare alle cosiddette "scienze soft" – come la pedagogia o la didattica – un volto più rispettabile, dando dignità scientifica ad affermazioni che diversamente non ne avrebbero, e nemmeno di attribuire alle neuroscienze una funzione salvifica rispetto ai problemi della scuola o, ancora, di credere nelle cosiddette "neuromitologie" consolidate nel nostro contesto culturale. Si tratta, piuttosto, di sostenere il carattere plurale e complesso della didattica, considerata nel suo ancoraggio ai molteplici livelli della formazione, che includono dimensioni intellettive, corporee, affettive e relazionali della persona (Sibilio, 2012): si delinea sempre più un profilo transdisciplinare della ricerca didattica, il cui approccio è multidisciplinare,

integrato e disponibile a confrontarsi con modelli derivanti da altri saperi scientifici.

In Italia questo approccio plurale è stato sostenuto dal paradigma bio-educativo della ricerca didattica (Frauenfelder, Rivoltella, Rossi, Sibilio 2013; Frauenfelder, Santoianni, 2002; Frauenfelder, Santoianni, Striano, 2004; Frauenfelder 2001; Sibilio, 2012, in Rossi, Rivoltella; Gay, Hembrooke, 2004) fondato sul riconoscimento del nesso fra biologia, pedagogia, didattica e sulla centralità della relazione fra mente, corpo, ambiente, artefatti e processi di conoscenza. L'approccio bioeducativo, fondato sul rapporto costitutivo tra pedagogia-neuroscienze-scienze cognitive, studia “le condizioni di possibilità dei processi di apprendimento umano in una prospettiva evolutiva e di sviluppo che coniuga chiavi di lettura epigenetiche e filogenetiche sulla base della plasticità della struttura neurofisiologica della specie umana (Orefice, Sarracino, p. 9). Le scienze bioeducative, intese come sapere “di frontiera” (Fraunfelder, Santoianni 2002), leggono la formazione come processo evolutivo e interrogano la biologia in relazione ai processi di evoluzione e sviluppo che si determinano a livello filogenetico ed ontogenetico.

La centralità della funzione didattica del corpo e della corporeità (Sibilio, 2011) nella ricerca educativa deriva dal riconoscimento di un duplice significato attribuibile alla relazione tra corpo e cognizione in ambito formativo, ossia “la fruibilità didattica della corporeità e le proprietà del corpo in movimento per produrre modalità di significazione alternative, complementari o vicarianti” (Sibilio, 2012, p. 332). Le “corporeità didattiche”, secondo Sibilio, esprimono attraverso modalità non verbali, intenzionalità consapevoli e inconsapevoli in grado di fronteggiare la complessità nei processi di insegnamento-apprendimento.

Si tratta di linee di indagine post-costruttiviste (Lesh, Doerr, 2003; Rivoltella, Rossi, 2012), centrate sull'embodied cognition (Morin, 1989; Varela et al., 1992; Lakoff and Johnson, 1999; Sibilio 2011), su un processo continuo di connessione fra corpo-azione-conoscenza, ampliato ancor più grazie alle tecnologie, ai giochi e alla simulazione; questa prospettiva si è aperta, infatti, anche alla riflessione sulle “funzionalità corporee”, cioè sulle estensioni tecnologiche e sulle potenziali proiezioni del corpo come protesi dotate di specifiche proprietà corporee. In tale visione, viene superata la schematizzazione funzionalista percezione-cognizione-azione e tutti gli orientamenti tradizionalmente diffusi in ambito didattico – tra cui, ad esempio, quello cognitivista in cui il modello della conoscenza veniva considerata come acquisizione-elaborazione delle informazioni, il modello didattico e di apprendimento sequenziale-curricolare e quello tecnologico (Calvani 1998) – e si sviluppa un'idea di cognizione come attività radicata profondamente nel sistema senso-motorio. La cultura è “incorporata” e si tramanda naturalmente attraverso linguaggi, azioni, processi mediati attraverso il corpo: «l'agire, traducendosi in atteggiamenti, in comportamenti e in condotte, rappresenta

una sintesi tra parola, gesto, modalità di incedere, mimica del volto e del corpo; si tratta di elementi che costituiscono l'identità culturale del soggetto, la rappresentazione del suo stile, dei suoi valori, delle sue regole, dei suoi principi e delle sue priorità» (Sibilio, 2016, p. 110).

Valorizzando la fruizione consapevole delle potenzialità di azione del corpo e la conoscenza come processo attivo, soggettivo e radicato nella corporeità, tale prospettiva neurofenomenologica ha offerto importanti spunti, per un verso, alla riflessione sull'utilizzo degli ambienti tecnologici per allargare l'esperienza conoscitiva o delle tecnologie educative per realizzare un "corpo aumentato", un'interfaccia percettiva capace di aumentare le possibilità d'azione come nel caso delle Natural User Interface (Aiello, Di Tore, Di Tore, Sibilio 2013, p. 27); per altro verso, allo studio su dispositivi e strumenti compensativi di abilità deficitarie, come nel caso dell'utilizzo di software o videogames per favorire lo sviluppo della competenza di lettura in soggetti dislessici (Sibilio, Di Tore 2014; Di Tore, Fulgione, Sibilio 2014).

Anche le teorie dell'azione e l'enattivismo (Varela, Thompson, Rosh 1991; Maturana, Varela 1992; Davis et al. 2000; Doidge 2007; Proulx 2008; Rossi, 2011) considerano i processi di apprendimento come trasformazioni sistemiche che modellano e strutturano il nostro mondo. La cognizione non è l'effetto, il risultato di un'azione deterministica, ma viene intesa come un processo complesso che co-evolve grazie alle interazioni del sistema, una "azione incarnata". Fra azione e conoscenza vi è, infatti, una stretta relazione: «L'azione è anche conoscenza in quanto la conoscenza si reifica nel sistema, co-evolve con il sistema, diviene modo di essere del sistema, è rappresentata dalla trasformazione dello stesso. La conoscenza non è un contenuto, un'informazione collocata in qualche angolo del cervello, ma è uno stato della persona, frutto di quella trasformazione che coinvolge mente e corpo durante l'azione» (Rossi, 2011, p. 26). La scuola viene definita come eterotopia in cui si concretizza l'azione didattica, uno "spazio-tempo in cui lo studente sperimenta pratiche di libertà" (Rossi, 2011, p. 13), un contesto protetto in cui si può sperimentare liberamente. In tale contesto – e, più specificamente, nel contesto classe – vi è un accoppiamento strutturale tra docenti e studenti che fa co-evolvere e modificare non solo i reciproci saperi, ma anche le loro strutture interne, le loro organizzazioni globali (cfr. p. 33).

Il riconoscimento pieno della centralità del corpo nella cognizione, considerata come un processo complesso e proteiforme che si modifica insieme alle interazioni del sistema e dell'azione, rappresenta l'esito di un confronto positivo fra istanze tradizionali e teorizzazioni innovative, fra acquisizioni didattico-psico-pedagogiche di fine Novecento e riflessioni neurofenomenologiche attuali sul Mind Body problem e il Body Body problem, con l'intento di ridurre la distinzione tra fisico e mentale (Thompson, 2005; Sibilio, 2012, p. 330; Young, 1996; Kim, 2010).

1.3 I presupposti della ricerca neuro educativa

L'area delle ricerca neuroeducativa, come dicevamo, nasce dall'esigenza di verificare eventuali implicazioni delle scoperte neuroscientifiche per l'insegnamento e l'apprendimento. È stata infatti la diffusione del neuroimaging funzionale applicato alla ricerca sui processi cognitivi, ad aprire nuovi scenari e a spingere la comunità scientifica ad intraprendere una seria discussione su queste possibili "contaminazioni". Un momento molto importante di questo nuovo percorso scientifico è stato il workshop organizzato dalla Education Commission of the States e da The Charles A. Dana Foundation, tenutosi a Denver dal 26 al 28 luglio del 1996. Il titolo del convegno era di per sé emblematico: "Bridging the Gap Between Neuroscience and Education". Fu un importante momento di confronto e discussione fra autorevoli studiosi (74 fra neuroscienziati cognitivi, psicologi cognitivi, politici, ricercatori e professionisti del mondo educativo, fra cui Patricia Goldman-Rakic, Joseph LeDoux, Jerome Kagan, Stephen Kosslyn), su una questione scientifica molto rilevante, soprattutto per le ricadute educative, culturali, politiche e sociali che poteva avere. Questo primo incontro fece emergere le diffidenze reciproche e la distanza ancora esistente fra questi due campi, ma ebbe il merito di promuovere un dialogo tra discipline che fino a quel momento si ignorava. «I partecipanti al workshop – riporta il documento ufficiale – hanno concluso che le scoperte neuroscientifiche hanno probabilmente implicazioni per l'educazione, ma c'è un abisso tra quello che gli scienziati accettano come risultati comprovati dai fatti e quello che credono l'opinione pubblica, gli insegnanti e i politici. Le neuroscienze hanno già sviluppato un buon accordo sui dati che spiegano come si sviluppa il cervello e come si acquisisce il linguaggio. Alcune di queste informazioni possono essere applicate all'educazione, ma gli scienziati esortano gli educatori a non tentare di applicare le nuove scoperte, finché ulteriori studi non le avranno confermate ed ampliate. Il gruppo era d'accordo, comunque, sul fatto che queste collaborazioni tra i due campi potrebbero offrire informazioni pratiche e suggerire future strade per la ricerca – proprio come l'acquisizione del linguaggio, che ha già un corpo di conoscenze ampiamente accettate».

Questo dibattito venne alimentato anche dai contributi di altri autori, che cercarono di sottolineare come fosse importante individuare quei punti di contatto fra le scoperte neuroscientifiche e le pratiche educative. Non mancarono, però, gli accenti critici, che miravano non tanto ad impedire questo confronto, ma a mettere in guardia verso entusiastiche e troppo sbrigative trasposizioni delle scoperte scientifiche nelle pratiche didattiche. Queste le parole di John Bruer riportate in un articolo pubblicato nel 1997: «Attualmente, noi non sappiamo abbastanza sullo sviluppo del cervello e delle funzioni neurali, per collegare in modo accettabile quelle conoscenze alle pratiche edu-

cative e didattiche» (Bruer, 1997). Costruire un ponte fra queste due discipline, ribadisce Bruer in quello scritto, rimane per ora velleitario: nel frattempo l'unico ponte effettivamente "in servizio" è quello costruito per connettere i risultati delle ricerche di psicologia cognitiva con le pratiche didattico-educative. Ma, nonostante queste riserve, l'articolo si chiude con un auspicio: «Guardando al futuro, potremmo tentare di sviluppare un'interattiva e ricorsiva relazione tra i programmi di ricerca in educazione, in psicologia cognitiva e le neuroscienze. Tale interazione ci consentirebbe di estendere e applicare le nostre conoscenze su come mente e cervello favoriscono l'apprendimento». Ed è quello che è avvenuto negli anni successivi.

1.4 Le questioni epistemologiche

Le relazioni sempre più strette che si stanno creando fra il mondo della ricerca neuroscientifica, e in particolar modo delle neuroscienze cognitive, e il campo didattico-educativo impongono di partire da una questione epistemologica, per chiarire se siamo di fronte alla nascita di una nuova scienza empirica, di un nuovo paradigma di ricerca, oppure di un "terreno di scambio" di esperienze empiriche di discipline epistemologicamente lontane fra loro.

La necessità di far dialogare le neuroscienze e il mondo dell'educazione è cresciuta a tal punto da ingenerare una congerie di approcci sperimentali, dalle sottili quanto impalpabili distinzioni epistemologiche e terminologiche, che hanno creato un certo disorientamento in chi vi si avvicina per la prima volta. Ad oggi, la letteratura internazionale annovera numerose denominazioni: Educational Neuroscience (Geake, 2008), Neuroapprendimento (Bruer, 2003), Neuroeducation (Fischer, 2009; Goswami, 2004; Petitto 2009) Brain-based Education (Caine, 1995), Neuropedagogy (Danesi, 1988), Mind, Brain and Education (Battro, 2011), Neurodidattica (Preiss, 1998; Herrmann, 2006).

Il termine Neuroeducation è quello che meglio evidenzia le peculiarità di questo nuovo approccio pedagogico, sottoliando nella radice "neuro-" i risultati provenienti dalle neuroscienze cognitive che ne costituiscono i parametri di riferimento e facendo trasparire già sul piano terminologico l'intenzione di caratterizzarsi come un nuovo paradigma di ricerca educativa o addirittura come una nuova scienza, a differenza di Educational Neuroscience, che si riferisce più alla ricerca neuroscientifica utile per la soluzione delle problematiche didattico-educative, o di Mind, Brain and Education, che pur teorizzando uno spazio transdisciplinare di indagine, mantiene distinti i tre ambiti.

La Neuroeducation, che sta indagando quasi esclusivamente i processi cognitivi coinvolti negli apprendimenti scolastici, è destinata a diventare un nuovo approccio di ricerca atto a guidare quanto prima anche la ricerca in altri settori. D'altronde, pur nella specificità di certi apprendimenti, i processi coinvolti nell'acquisizione di conoscenze, abilità e competenze, sono trasversali.

È difficile trovare un ambito delle scienze umane, o della cultura più in generale, che non sia stato "toccato" dai risultati dei progressi neuroscientifici. Tanto che si sta diffondendo quella che Francisco Ortega definisce neuroculture, ossia «un insieme di settori culturali aventi a che fare con il mondo "neuro", la cui estensione è tale da poter affermare che "dalla politica pubblica alle arti, dalle neuroscienze alla teologia, gli uomini sono spesso trattati come riducibili ai loro cervelli". La neurocultura, o meglio le neuroculture, esprimono il fatto particolarmente significativo che, nonostante la loro intrinseca complessità e l'accentuata specializzazione, le neuroscienze suscitano un grande interesse e una grande curiosità nel pubblico in generale». (Farisco, 2012)

Questa penetrazione culturale, caratteristica del nostro tempo, è figlia della centralità che la biologia ha acquisito quale metro esplicativo della natura umana, e che il sociologo Nikolas Rose ha definito biologizzazione dell'essere umano. Cioè la biologia come strumento principale per la comprensione dell'essere umano nella sua totalità. Una visione riduzionistica (o materialistica che dir si voglia) che, dopo anni di "mentalismo" psicologico, ha riproposto con forza la centralità del corpo, ridivenuto consustanziale all'essere umano stesso. È quella che Rose chiama somaticizzazione: «E questa somaticizzazione sta cominciando a estendersi al modo in cui comprendiamo i cambiamenti nei nostri pensieri, desideri, emozioni e comportamento, ossia le nostre menti». (Rose, 2007).

Con l'identificazione soggetto=corpo, i nostri pensieri, desideri, sofferenze, che prima erano inclusi nello spazio psicologico, sono ora "migrati" e ricompresi in uno spazio neurobiologico (quello del cervello), che ci ha trasformati in "sé neurochimici". (Farisco, 2012). Si giustifica così il primato epistemologico delle neuroscienze nell'indagine sulla natura umana.

1.5 Mind, Brain and Education

Uno dei settori della ricerca neuroeducativa più fecondi è senz'altro il campo di studi denominato "Mind, Brain, and Education" (MBE). Lanciato dall'International Mind, Brain, and Education Society per promuovere l'integrazione delle diverse discipline che indagano l'apprendimento e lo sviluppo umano, si è costituito come il campo di ricerca che cerca di connettere l'educazione con

la biologia e le scienze cognitive, per offrire all'azione didattica svolta in classe un supporto scientifico più solido, grazie soprattutto alle più recenti ricerche nel campo delle neuroscienze cognitive. Un campo d'indagine che presuppone una stretta collaborazione fra ricercatori ed insegnanti, che lavorano insieme nella strutturazione dei protocolli di ricerca, così che i risultati possano avere un'utilità diretta e immediata nel campo didattico.

I primi nuclei di studio e ricerca in Mind, Brain, and Education sono sorti quasi simultaneamente a Parigi, Tokyo e Cambridge, sull'onda della riflessione avviata nel 1997 dall'articolo di John T. Bruer citato. A Parigi, Bruno della Chiesa, Pierre J. Léna ed altri ricercatori, furono gli ispiratori del Progetto del Council on Educational Research and Innovation (CERI) dell'OECD, denominato "Learning Sciences and Brain Research", che nel 2002 riunì scienziati ed educatori col fine di promuovere la collaborazione nel campo della ricerca educativa e delle scienze dell'apprendimento e del cervello. A Tokyo nel 2000, il Japan Science and Technology Agency (JST) lanciò un programma nazionale in 'brain-science and education', alla cui guida venne nominato Hideaki Koizumi, già noto nel mondo della ricerca neuroscientifica per aver messo a punto una nuova tecnica non invasiva di brain imaging, la Near Infrared Spectroscopic Optical Topography (NIRS-OT). A Cambridge nel 2004, nell'Università di Harvard, Kurt Fischer, Howard Gardner e altri ricercatori diedero vita al primo master in MBE. Di lì a poco i gruppi di Cambridge, Tokyo e Parigi cominciarono a collaborare, fondando nel 2004 l'International MBE Society (IMBES) e lanciando nel 2007 la rivista Mind, Brain, and Education.

Molto importante fu anche il Convegno "Mind, Brain, and Education", organizzato a Roma nel 2003 dall'Accademia Pontificia delle Scienze e coordinato da Antonio M. Battro, Kurt W. Fischer e Pierre J. Léna.

La MBE come campo di ricerca nasce dall'intersezione disciplinare di tre campi d'indagine molto diversi tra di loro dal punto di vista storico, filosofico ed epistemologico: le neuroscienze, la psicologia e l'educazione. La natura di questa intersezione è ancora controversa. Per alcuni autori la MBE si caratterizza come un campo di ricerca interdisciplinare focalizzato sui problemi, che cerca di connettere insieme prospettive biologiche, psicologiche ed educative, con l'espressa intenzione di migliorare la pratica educativa (Stein and Fischer, 2009; Immordino-Yang, 2008). Per altri la MBE, invece, si caratterizza come un campo di ricerca transdisciplinare, cioè un'area di indagine che costruisce connessioni oltre le relazioni multidisciplinari, crea nuove sintesi disciplinari e, selezionando solo le informazioni utili alla costruzione di una scienza dell'apprendimento e dell'insegnamento, mette in stretta relazione scienziati, studenti e professionisti (Tokuhama-Espinosa, 2010). (Fig. 1)

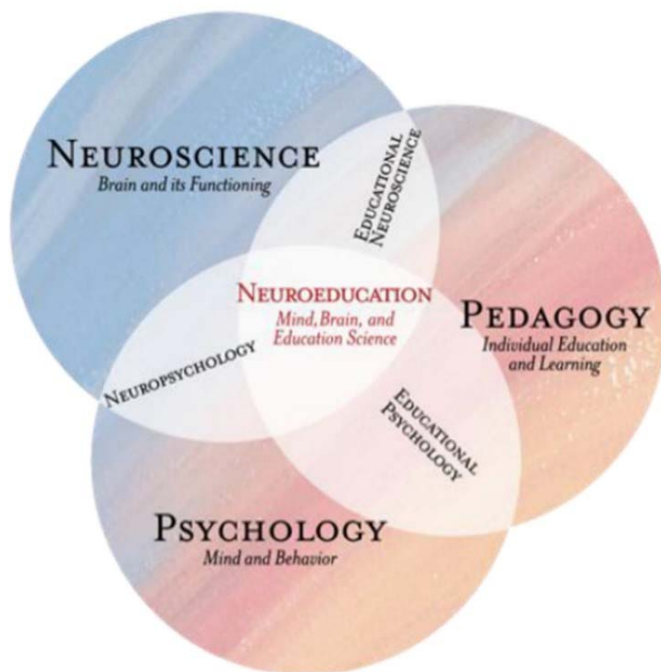


Figura 1: Il modello Mind, Brain, and Education Science (Tokuhamma-Espinoza, 2010)

In definitiva la MBE rappresenta un modo nuovo di considerare vecchi problemi educativi ed offre soluzioni didattiche direttamente applicabili in classe.

MBE è una scienza che introduce un cambio di paradigma nelle tecniche d'insegnamento e un nuovo modello di apprendimento dall'infanzia all'età adulta. La differenza con le altre discipline affini sta nel fatto che la MBE pone la medesima enfasi sia nella ricerca su come l'uomo apprende (che è il focus della brain-based learning, della educational neuroscience, della psicologia dell'educazione, della neuropsicologia cognitiva e delle neuroscienze) e sia su come noi insegniamo (pedagogia) (Tokuhamma-Espinoza, 2010).

Come ribadiscono Sarah-Jayne Blakemore e Uta Frith, se le nostre conoscenze sul cervello che apprende sono limitate, quelle sul cervello che insegna sono quasi inesistenti (Blakemore, 2008).

Un'altra differenza fra MBE e le discipline preesistenti è che essa pone la stessa enfasi sulla ricerca e sulla pratica. Se le neuroscienze vengono spesso criticate perché le proprie ricerche sono troppo lontane dal lavoro didattico, l'insegnamento è stato criticato perché troppo lontano dalle evidenze scientifiche. MBE cerca di colmare questo gap, producendo risultati fondati ugualmente sia sulla ricerca e sia sulla pratica didattica. E per fare questo diventa inevitabile che ricercatori ed educatori professionisti collaborino sia nella ricerca che nell'applicazione pratica dei risultati, come viene sottolineato da Antonio Battro nel capitolo d'apertura del testo *The Educated Brain – Essay in Neuroeducation* pubblicato nel 2011 e che raccoglie i contributi di tanti ricercatori nel campo neuroeducativo (Battro, 2011).

1.6 Educational neuroscience

L'approccio di ricerca conosciuto come Educational neuroscience, spesso considerato come campo di indagine sovrapposto ad altre scienze neuroeducative (Mind, Brain, and Education in particolar modo), si è istituzionalizzato a Londra nel 2008 con la fondazione del Centre for Educational Neuroscience (CEN), nato dalla collaborazione di tre centri di ricerca londinesi specializzati nei rispettivi settori. L'Institute of Education, che da anni si occupava di psicologia dello sviluppo, pedagogia e tecnologie dell'apprendimento; l'University College London, centro di ricerca all'avanguardia per le neuroscienze cognitive e la psicologia dell'educazione; il Birkbeck College London, esperto nel campo delle neuroscienze dello sviluppo e dei modelli computazionali.

L'obiettivo dichiarato da questa istituzione è lo sviluppo di questa disciplina emergente, grazie all'apporto combinato delle ricerche provenienti dalle neuroscienze, dalla psicologia dello sviluppo e dall'educazione, e della loro applicazione alla pratica didattica, favorendo così un dialogo costruttivo fra ricercatori ed educatori, in funzione di un miglioramento delle pratiche educative per tutto il corso della vita. Tutto è finalizzato alla promozione dell'apprendimento, connettendo fra di loro gli apporti delle singole discipline e focalizzando l'attenzione su uno specifico problema. Come ribadisce il sito di questa comunità scientifica, sono poche le ricerche che hanno avuto un impatto significativo sulle pratiche educative e questo perché non ci sono ricercatori esperti in educazione, psicologia

e neuroscienze. Uno dei compiti che si propone il CEN è anche la formazione di queste nuove figure professionali, promuovendo corsi universitari per diventare esperti in educational neuroscience.

In sostanza l'educational neuroscience (Bruer, 2016) sono le neuroscienze cognitive che indagano i fenomeni educativi. I concetti basilari dell'educational neuroscience sono: l'educational neuroscience non è riduzionista. In quanto disciplina che indaga e cerca di migliorare l'apprendimento, un sistema complesso a livello neurale, cognitivo e sociale, essa non si limita ad una lettura meramente meccanicistica e biologistica dei fenomeni cognitivi, emotivi e sociali, ma li analizza alla luce di una visione dinamica e sistemica. analisi statistica e computazionale delle interazioni tra i diversi livelli coinvolti in questi processi dinamici; si occupa di sviluppo tipico e atipico ed enfatizza l'importanza di un lavoro coordinato tra almeno sei principali aree: linguaggio e lettura (incluso la dislessia), numeri e sviluppo matematico (incluso la discalculia), cognizione e apprendimento (incluso sviluppo concettuale, attenzione e controllo esecutivo, ADHD), sviluppo emotivo e sociale, comunicazione ed interazione (incluso ASD) sviluppo sensomotorio (incluso coordinazione motoria e visuo-spaziale).

Per costruire e sviluppare questa nuova disciplina, si rende necessario un lavoro coordinato di tutta la comunità scientifica coinvolta.

La complessità della disciplina e le distanze a volte pronunciate tra le aree di ricerca che la “nutrono”, richiedono la costruzione di un ponte epistemologico-disciplinare che consenta un collegamento stabile e duraturo fra ambiti di ricerca considerati lontani fra di loro. Un ponte che va edificato grazie alla formazione di una nuova generazione di professionisti, i neuroscienziati educativi, che dovranno essere supportati da insegnanti, coordinatori di bisogni educativi speciali e psicologi dell’educazione, coinvolgere politici ed esperti in politiche educative (Bruer, 2016).

1.7 Neuroscienze affettive ed educazione

Queste intuizioni suggeriscono che, per motivare gli studenti, per creare una comprensione profonda e assicurare che le esperienze vissute in ambito educativo siano trasferite in abilità e opportunità di lavoro nel mondo reale, gli insegnanti devono far leva sugli aspetti emotivi dell’apprendimento.

Le emozioni hanno un ruolo fondamentale nel preparare il corpo allo svolgimento delle azioni rilevanti per la sopravvivenza, quali la lotta, la fuga o la riproduzione e le reazioni fisiche legate alle emozioni e ai sentimenti acquistano un ruolo chiave nel guidare il pensiero e le decisioni. Le emozioni possono quindi essere concettualizzate in un repertorio di comportamenti e conoscenze che consentono alle persone di rispondere in maniera appropriata alle diverse situazioni. Senza le emozioni, una decisione e i suoi esiti varrebbe l’altra, le persone non manifesterebbero preferenze, interessi, motivazione, moralità, creatività, senso della bellezza o scopi. Quando l’apprendimento e la conoscenza sono relativamente privi di emozioni, quando le persone apprendono meccanicamente, in assenza di una motivazione intrinseca e senza un senso d’interesse o di rilevanza per il mondo reale, è molto probabile che non saranno in grado di utilizzare in modo efficiente nell’esperienza concreta ciò che hanno appreso.

La comprensione di come il cervello generi sentimenti e supporti le conquiste intellettuali e sociali non deve ridimensionare lo status della mente o delle società, né deve sminuire la dignità della persona. L’autrice coltiva profondamente il rispetto interdisciplinare, mostrando come sia giunto un momento di svolta in cui i comparti tradizionali delle scienze, delle arti e delle scienze umane stanno crollando e gli scambi interdisciplinari sono riconosciuti come preziosi. Eppure, non tutto il trasferimento concepibile di conoscenze tra le discipline è possibile, opportuno o produttivo, e non tutti i pon-

ti interdisciplinari sono meritevoli di essere attraversati. L'autrice sottolinea che l'educazione ha bisogno soprattutto dei fatti e della saggezza che le neuroscienze affettive possono offrire.

Antonio Damasio e Mary Hellen Immordino-Yang hanno lavorato insieme per una versione “neuroscientificamente” fondata del binomio agostiniano inscindibile tra amore e conoscenza (Damasio, 2012). Ogni giorno gli insegnanti intuitivamente sanno che né il loro insegnamento né l'apprendimento dei loro studenti è stabile e costante, momento dopo momento, un argomento rispetto a un altro. Le variabili di ogni giorno influenzano il modo in cui i bambini e i ragazzi apprendono e il modo in cui gli insegnanti insegnano. L'apprendimento è dinamico, sociale e dipendente dal contesto: le emozioni ne costituiscono una parte importante. La vera rivoluzione all'interno delle neuroscienze dell'educazione è quella che ha ribaltato le prime teorie secondo cui le emozioni interferivano in modo negativo con l'apprendimento, rivelando invece che emozione e cognizione sono supportate da processi neurali interdipendenti. È letteralmente impossibile, dal punto di vista neurobiologico, costruire ricordi, impegnarsi in pensieri complessi o prendere decisioni sensate, senza emozioni. E questo ha un senso: il cervello è un tessuto altamente costoso a livello metabolico e l'evoluzione non avrebbe sostenuto lo spreco di energia e ossigeno per pensare a cose non importanti. In poche parole: pensiamo meglio alle cose che ci stanno a cuore, eliminiamo ciò che non ha importanza. Quanto detto apre alle questioni riguardanti il come, il quando e il perché gli studenti imparano in maniera significativa. Si può spiegare l'argomento più noioso del mondo, ma l'insegnante e la relazione che lui/lei costituisce con i propri alunni fanno e possono fare la differenza se muovono orizzonti di senso e affetto. Gli insegnanti hanno nuove speranze per motivare gli studenti, produrre conoscenze profonde e consentire il trasferimento delle competenze scolastiche nel mondo reale, facendo leva su tutto ciò che ha senso ed è emotivamente significativo per i ragazzi.

Proviamo ad evidenziare i punti più importanti delle emozioni nell'apprendimento:

- le emozioni guidano il processo di apprendimento cognitivo
- l'apprendimento emotivo modella il comportamento futuro
- le emozioni sono efficaci nel facilitare lo sviluppo della conoscenza quando sono rilevanti per il compito da svolgere
- senza emozioni l'apprendimento è compromesso.

Alla luce di queste considerazioni dunque vediamo secondo Immordino-Yang come favorire un apprendimento supportato dalle emozioni:

- favorire la connessione emotiva al materiale di studio: significa realizzare un approccio partecipativo, coinvolgendo gli studenti nella progettazione del materiale e del processo di studio, coinvolgerli attivamente nella realizzazione di modellini, di mappe, e nella possibilità di dare un sen-

so al materiale di studio, questo approccio forse può portare ad allontanarsi da un percorso curricolare diretto e spedito, ma, seppure in modo meno veloce e diretto, creerà conoscenze più profonde e durature.

- incoraggiare a sviluppare intuizioni brillanti: significa incoraggiare l'utilizzo di problem solving, lo sviluppo di intuizioni basate sull'esperienza è la base su cui si fonderà l'apprendimento, è per questo che è così importante incoraggiare un apprendimento di questo tipo e una capacità metacognitiva che permetta il consolidarsi di ciò che si è appreso.
- gestire attivamente il clima emotivo e di gruppo della classe: significa modulare le emozioni irrilevanti per il compito e quelle rilevanti, equilibrarle, sfruttando inizialmente le prime per poi lasciare spazio alle seconde, una volta che lo studente sarà più consapevole e in grado di gestirle, sarà anche più in grado di orientarsi al compito. L'autrice, inoltre, ha approfondito con alcuni esperimenti l'effetto di emozioni positive come l'ammirazione per un'azione virtuosa di qualcun altro, trovando una correlazione tra questo sentimento e la motivazione, la spinta, la voglia di imitarla e di rendere la propria vita improntata a valori più alti. L'attivazione di aree cerebrali complesse è molto più duratura dell'attivazione che si verifica durante un processo di empatia diciamo 'di base', come per esempio provare vicinanza verso un amico che si è fatto male correndo. Dai risultati dei suoi studi emerge che lo stato di 'ammirazione per la virtù' porta a uno stato di consapevolezza viscerale, che si attiva preparando il corpo e la mente a compiere azioni significativamente motivanti e utili per sé e per la società. Mente e corpo sono strettamente legati per sostenere azioni motivanti: senza valutazione cognitiva, non c'è emozione, senza l'emergere di reazioni fisiche relative alla regolazione biologica, la valutazione cognitiva non ha potere motivazionale. Questo dato sottolinea l'importanza delle emozioni positive nei processi motivazionali e nell'apprendimento, portando alla luce l'importanza di far conoscere la vita, i valori e gli obiettivi di persone che, ognuno a suo modo, hanno scritto la nostra storia, in ogni settore, grande o piccolo che sia, perché sentimenti positivi come l'ammirazione o la gratitudine possono aiutare uno studente a trovare in sé la spinta motivante a impegnarsi e a attivare le proprie risorse. L'autrice argomenta, infine, l'importanza 'di annoiarsi', di quel tempo che sta in mezzo tra una cosa fatta e una da fare. L'autrice sostiene che la continua, costante richiesta di attenzione verso il mondo esterno, impedisca un'attenzione rivolta all'interno, al come più che al cosa, alla capacità di riflettere a un livello superiore su aspetti sociali e morali implicati nelle azioni nostre e altrui. Inoltre ci dice che, senza quel tempo che sta in mezzo tra una cosa fatta e una da fare, l'apprendimento che inseguiamo senza sosta con i migliori corsi e laboratori, diventa un'esperienza fine a se stessa, incapace di creare reale senso e significato. La crescita si misura anche attraverso la capacità e la profondità del sentire, attraverso la possibilità di guardare dentro alle proprie emozioni e a quelle degli altri

2 La ricerca neuroeducativa in Italia

Anche in Italia, come già indicato prima, ha preso sempre più piede la riflessione sulla neuroeducation. Riportiamo in questo capitolo i principali studi portati avanti da diversi gruppi di ricerca, che hanno delineato dei nuovi modelli educativi da proporre alle figure coinvolte nella formazione e quindi al mondo degli insegnanti. In particolare, prenderemo in considerazione il modello della *bioeducazione* del gruppo di ricerca guidato da Elisa Frauenfelder e Flavia Santoianni, della *pedagogia dell'integrale antropologico* delineata da Umberto Margiotta, dell'*enattivismo* di P. Giuseppe Rossi, il modello di *didattica incarnata* di Filippo Gomez Paloma e il modello della *neurodidattica* presentata da Cesare Rivoltella. Infine abbiamo preso in esame gli studi della dott.ssa Daniela Lucangeli e il suo modello di *didattica calda* che mette al centro dei momenti formativi e di apprendimento le emozioni.

2.1 Bioeducazione

Questo approccio ha preso forma grazie al lungo lavoro di ricerca sulla natura dei rapporti tra pedagogia e biologia che Elisa Frauenfelder ha posto al centro della propria riflessione pedagogica fin dagli anni '80. In particolar modo, la sua attenzione si è fin da subito rivolta al rapporto tra apprendimento ed educazione, momenti diversi di un unico processo, nella convinzione che le potenzialità plastiche del cervello «sono impensabili al di fuori della natura e della storia e quindi sempre strettamente legate alla trasmissione e alla comunicazione, in ultima analisi, ai processi educativi» (Frauenfelder, 1983). Ogni discorso educativo – dice Frauenfelder – perde la sua validità se non viene affrontato tenendo in debito conto il concetto di sviluppo e il suo rapporto con l'apprendimento. Plasticità cerebrale, apprendimento, sviluppo ed educazione sono i costituenti base, i «giunti cardanici» del processo educativo, che consentono ad ogni individuo di modellare i propri comportamenti e di adattarsi al meglio all'ambiente in cui vive.

Il discorso educativo, secondo Elisa Frauenfelder si articola su due aspetti fondamentali, la componente biologica e la componente culturale che si costituiscono e ricostituiscono come una inscindibile unità, nella specie in generale e nei singoli uomini in particolare. I processi apprenditi-

vi rappresentano, dunque, una partita a due giocata fra il genoma e l'ambiente, e richiedono, di conseguenza, per concretizzarsi in maniera corretta, una precisa analisi delle due variabili. Alla base di tutto c'è la plasticità del cervello umano, perché apparirebbe impossibile l'innesto di qualunque processo educativo se l'uomo non avesse la potenzialità di modificarsi, sollecitarsi, correggersi; l'autonoma capacità di immagazzinare le proprie conoscenze e costruire i propri comportamenti, perché se questi scattassero in maniera meccanica renderebbero impossibile qualunque processo educativo inteso come crescita autonoma del soggetto e come critica progettuale di sé (Frauenfelder, 2004).

L'iniziale riflessione sui rapporti fra bios e logos e quindi fra pedagogia e biologia, sulla scorta della biopedagogia (Debesse, Mialaret, 1971-1980), per intendere il possibile rapporto tra biologia e scienze pedagogiche, si è recentemente concentrata sul rapporto tra pedagogia e neuroscienze, consapevoli che, pur essendo un ambito di ricerca in grossa espansione, soprattutto nell'area anglosassone, registra una certa carenza in merito alla riflessione epistemologica. Ed è partendo da questa constatazione che il gruppo di ricerca coordinato da Frauenfelder e Santoianni indirizza le proprie indagini verso una chiarificazione teoretica di questo rapporto.

«Le scienze bioeducative – scrive Flavia Santoianni – rappresentano un campo di studi situato al confine tra la pedagogia, le scienze biologiche e le neuroscienze e attraversato dalla psicologia e dalla filosofia. Le scienze bioeducative costituiscono un terreno di frontiera pluridisciplinare che esercita una funzione di trasferibilità e di trasversalità nell'individuazione di un senso pedagogico comune a più discipline, le quali studiano i processi di adattamento evolutivo a livello ontogenetico e filogenetico, i fattori di integrazione e di sviluppo del sistema adattivo nell'ambiente, la dimensione condivisa e situata del conoscere e altre dinamiche sinergiche. Le scienze bioeducative pongono quale focus della propria ricerca l'individuazione di possibili relazioni significative tra la pedagogia, le scienze biologiche e le neuroscienze nel paradigma delle scienze dell'educazione e il loro senso si esprime nella costruzione sinergica del concetto di educabilità, («Educabilità significa [...] disponibilità alla mediazione, ma anche rispetto dei tempi, perché i tempi di sviluppo del potenziale intellettuale possono essere qualitativamente e quantitativamente distinti e discontinui. [...] L'educabilità, il processo della formazione nell'epigenesi, è dunque anch'essa un processo eterogeneo, etero cronico, adattivo, interattivo ed evolutivo; processo nel quale ogni protocollo formativo dovrebbe essere individualizzato, specifico e differenziato e considerare il passato di ognuno nella consapevolezza che ogni individuo non è mai né all'inizio né alla fine di un processo formativo, ma è sempre, ai fini dell'educabilità, in corso di formazione». (Frauenfelder, Santoianni, 2002, pp. 65-66).

I caratteri distintivi delle scienze bioeducative (Figura 2) sono:

- un approccio non riduzionista, «nel quale i concetti di individuo, sistema adattivo e società della conoscenza vengono a interrelarsi e nel quale l'ipotesi che i vincoli biologici modulino e orientino la formazione epigenetica, dialoga in modo aperto e concorde con l'ipotesi che i contesti culturali, gli artefatti cognitivi e i congegni periferici della cognizione modulino e orientino lo sviluppo individuale;

- la convinzione che la relazione tra pedagogia, scienze biologiche e neuroscienze debba essere un dialogo continuo, nel rispetto delle autonomie e delle diversità, finalizzato alla costruzione di un progetto comune, l'educabilità. Le scienze bioeducative hanno posto, all'interno delle scienze dell'educazione, un traguardo di ulteriore scientificità, che consiste nell'aver scommesso su una pedagogia capace di dialogare con il mondo delle scienze biologiche e con il mondo delle neuroscienze.

Nell'aprire un tavolo di dialogo, le scienze bioeducative vogliono arare un terreno nel quale si può fare ricerca insieme, da prospettive diverse, per arrivare, anche, a rispondere a quesiti diversi – ma ciò significa correlare le teorie, confrontare i punti di vista, conoscere gli orientamenti, proporre ipotesi possibili facendo costante riferimento alla compresenza trasversale di una problematica di fondo, l'educabilità della mente – la formazione nell'epigenesi e i criteri di modificabilità che la vincolano, la modulano, la orientano. La educabilità sembrano costituire, oggi più che mai, un lembo di ricerca condivisa, di reciproco interesse, senza che ciò precluda, in alcun modo, l'attivarsi di percorsi autonomi e indipendenti da parte delle singole discipline

- l'essere costituite come un discorso pluridisciplinare, che consente alla pedagogia di “condividere” con altre aree di indagine finalità di ricerca ma non condividere metodi di indagine, o ancor meno, basi di partenza teorica, nel senso dello specifico punto di vista da cui muove ogni sapere nel delineare le proprie ipotesi di ricerca. (Frauenfelder, Santoianni, Striano, 2004).

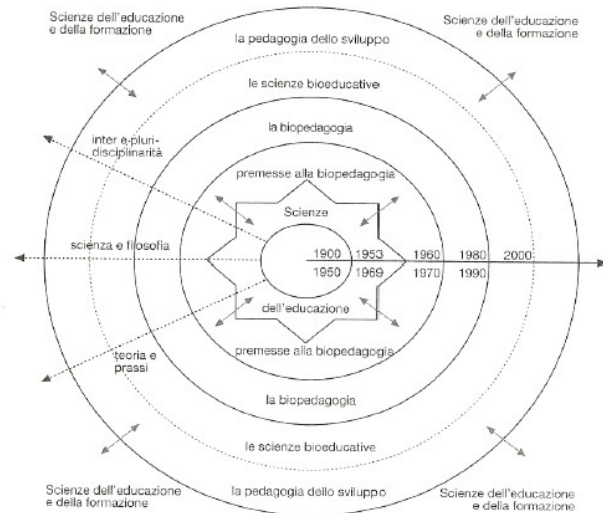


Figura 2: Dalla nascita della biopedagogia alla pedagogia dello sviluppo. (Santoianni F., 2004)

2.2 Modello dell'integrale antropologico

Un altro approccio neurocognitivo interessante è quello teorizzato presso l'Università Ca' Foscari di Venezia da Umberto Margiotta e denominato "Modello educativo integrale antropologico". La riflessione di Margiotta parte dalla convinzione che esiste un legame molto stretto tra rappresentazioni mentali, attività neurali e comportamento. E nello sviluppo e nel modellamento di questa stretta connessione un ruolo molto importante lo recita l'insegnante, che come "scultore neurale" è responsabile dell'"integrale antropologico" (cioè della mente dello studente), proprio come il medico si prende cura della salute dei suoi pazienti (Minello e Margiotta, 2011).

L'interconnettività, però, in linea con le ricerche più recenti, non si richiama solo come schema epistemologico (l'inter e la trasdisciplinarietà dei diversi ambiti di studio), ma si configura anche come chiave di interpretazione degli stessi processi cerebrali, educativi e culturali. E questo presuppone il superamento di un pensiero modulare a favore di un pensiero integrato in senso vygotskijano. Margiotta, quindi, propone di guardare ad una vera e propria "pedagogia dell'integrale antropologico". Esattamente quell'integrale che ci appare fluido, dinamico, evolutivo nei modi e nei ritmi con cui l'allievo reagisce alle nostre sollecitazioni; che non è fatto solo della nostra conoscenza o dei nostri paradigmi, ma che si co-costruisce insieme ai nostri dalla parte dell'allievo; che si muove sotterraneamente negli ambienti che frequentiamo insieme giorno dopo giorno; che insomma è fatto di una rete nervosa di inter-penetrazioni tra variabili cognitive, relazionali, affettive-emotive, corporee, esistenziali».

Questo modello educativo mira alla formazione di un allievo "multialfabeta", capace di costruire "mappe di significato", che lo aiutano a padroneggiare linguaggi diversi e ad agire nei più svariati contesti. Il curriculum va rimodulato affinché possa consentire agli studenti di «scoprire e realizzare i propri talenti individuali e il loro potenziale di apprendimento. Il principio di equità e di eccellenza in educazione andrà interpretato come offerta di opportunità per lo sviluppo equivalente del differenziale di apprendimento di ciascun allievo in accordo con i suoi talenti e le sue abilità. Ciò significa che ogni fraintendimento della funzione socializzante della scuola va abolito e che la scuola stessa deve porre ogni studente in condizione di scoprire, nello sforzo, nel lavoro responsabile, nella ricerca del proprio sviluppo personale, in quanto commisurata alla battaglia della conoscenza, la dimensione massima possibile di compimento del proprio potenziale. Ciò è del tutto diverso dalla corrente interpretazione della uguaglianza delle opportunità che si traduce nel far apprendere a tutti le stesse cose e che, per comodità o per vieto conservatorismo culturale, fissa gli standard di qualità dell'apprendimento negli obiettivi minimi definiti alla luce delle minime,

uguali, cose fatte apprendere a tutti. Insomma la scuola per la quale vogliamo formare i futuri insegnanti non è più quella del minimo comun denominatore, ma al contrario quella del massimo comun denominatore equivalente. Per fare questo bisognerà che la didattica superi il modello per obiettivi a favore di un “modello per padronanze”. La didattica per padronanze si ispira al paradigma costruttivista sistemico relazionale (Bateson, 1977), definibile anche come ecologico, in quanto sottende una logica contestuale ed integrata. Questo modello di progettazione mira ad una didattica euristica (per scoperta) ed integrata, che qualifica il docente come timoniere di apprendimenti integrati; conduce ad apprendimenti esperti e correlati che inducono una struttura cognitiva significativa (rete di padronanza) a sua volta favorita dall’azione di un docente che è “timoniere” delle abilità acquisite. Obiettivo ultimo appare dunque l’acquisizione di padronanze da parte degli allievi, che consiste nella capacità di ricapitolare le esperienze di apprendimento e di adattamento; di rigenerare strategie di scoperta e ricostruzione degli equilibri bio-sociali; di controllare e direzionale le abilità apprese e il loro valore d’uso in contesti diversi; di dominare l’estensione e l’applicazione delle abilità. In questo contesto educativo l’insegnante ricopre un ruolo di “regia” fondamentale, chiamato com’è ad elaborare una diagnosi del profilo formativo in entrata dello studente e a predisporre un ambiente d’apprendimento che renda effettivo lo sviluppo equivalente del differenziale di apprendimento di ciascun allievo. A questo insegnante si richiedono soprattutto due capacità essenziali: 1) una capacità empatico-lessicale che lo assista nella comprensione dei sintomi (ossia dello stato mentale dei suoi allievi) e nel descrivere adeguatamente decorso, eventuali ostacoli del processo di apprendimento (dal suo apparire al suo compiersi) e decisioni d’intervento da assumere; 2) una fondamentale capacità euristica che lo aiuti a cercare contro-esempi rispetto alle regolarità dei dati e alle tipologie di sintomi individuati.

La riflessione di Margiotta è sostenuta dalla convinzione che oggi la pedagogia non possa più ignorare le acquisizioni delle neuroscienze e in particolar modo delle neuroscienze cognitive. Le numerose scoperte che provengono da tale settore scientifico, in particolar modo quelle che riguardano la plasticità cerebrale e l’interconnettività neurale, stanno modificando profondamente certi assunti sui processi di apprendimento e di insegnamento. E per evitare che la didattica continui a farsi irretire e guidare da “neuromiti” o da una psicologia cognitiva ingenua, diventa indispensabile un dialogo continuo e più fruttuoso fra il mondo educativo e formativo e quello neuroscientifico. In questo panorama epistemologico la pedagogia, per Margiotta, assume un ruolo da mediatrice tra mondo scientifico e mondo umanistico, che di fatto ne riconosce la specificità ermeneutica, regolativa e fondativa. «Il valore epistemologico di questa posizione teorica – sottolinea il pedagogista veneziano – risiede, infatti, nelle potenzialità pedagogiche dell’esercizio di una

funzione “trasversale” che nulla cede al riduzionismo e nulla toglie alla vocazione radicale, alla tensione trascendentale e alla natura riflessiva e metateorica della pedagogia. Perché il ruolo proponente ed esplicativo della pedagogia ci colloca certamente nello snodo delle prospettive bioeducative e antropoformative: pedagogia come mediatrice tra le neuroscienze e il post-cognitivism, tra le scienze dell’educazione e quelle della formazione; e propagatrice di un portato culturale di grande interesse nel ripensamento in atto dei processi formativi nelle complesse relazioni mente-cervello-apprendimento e natura-cultura-formazione». (Minello, e Margiotta, 2011, p. 227). Una visione pedagogica quella di Margiotta che, grazie proprio alle più recenti scoperte neuroscientifiche, da bioeducativa si fa antropo-formativa. Il superamento dei dualismi mente-corpo e natura-cultura, le conferme a sostegno della plasticità cerebrale e della stretta connessione fra sfera emotiva e cognitiva, l’estensione sociale (e quindi culturale) della mente, hanno proposto una visione pedagogica dell’antropos integrale e in trasformazione, in cui gli itinerari formativi si sono qualificati come “relazioni di cura”.

2.3 Enattivismo

La definizione della teoria dell’enattività si deve agli studi di Maturana e Varela, che hanno mutato da osservazioni strettamente biologiche, concetti di grande valore anche per altri contesti della vita umana e animale. Hanno quindi proposto una teoria della conoscenza innovativa che unisce alcuni principi della biologia e della filosofia buddista orientale a concetti già noti della filosofia e della psicologia occidentali. Gli autori concepiscono gli esseri viventi come un particolare tipo di macchine (auto-poietiche), che si distinguono per la loro capacità non tanto di autoregolazione, quanto di autoproduzione dei componenti che le specificano, componenti che non sono da intendersi come parti ma come processi. Concezione che applicata all’uomo ricorda, in qualche modo, il costruttivismo piagetiano (la conoscenza è una soggettiva costruzione di significato). Ciò non significa che il sistema abbia in se stesso tutte le sue proprie cause. Il sistema è pur sempre un sistema in un ambiente, con il quale è accoppiato strutturalmente. Significa, piuttosto, che il sistema non risponde in modo deterministico ai cambiamenti dell’ambiente, ma apporta trasformazioni a sé stesso in base alle relazioni tra le variazioni ambientali e lo stato attuale delle proprie strutture. La cognizione non è più, dunque, una “funzione” del vivente, purchessia complessa, ma è il vivente stesso. Questo concetto viene sintetizzato nella formula “vivere è cono-

scere”. Non esiste infatti nessun essere senziente, nessun “Io”, che sviluppa conoscenza, né alcun oggetto da conoscere: ogni comportamento è composto da azioni ma «ogni azione è conoscenza e ogni conoscenza è azione.» (Maturana e Varela 1984, p. 45).

Queste nozioni, qui esposte in una forma sintetizzata, possono confondere ad un primo impatto e sembrare poco pertinenti al mondo della didattica. Eppure Pier Giuseppe Rossi, Professore di Didattica Generale presso l’Università degli Studi di Macerata, che ha formulato la *didattica enattiva* (Rossi, 2011), ha riconosciuto nei fondamenti di questa teoria epistemologica, opportunamente riferiti all’ambito dell’apprendimento umano e addizionati di alcuni concetti dell’*embodied cognition*, del *learning by doing* e del *research-based teaching*, la base per una nuova e più moderna didattica. La didattica enattiva pone al centro la convinzione che la conoscenza non è né rappresentazione mentale di una realtà esterna né tantomeno una costruzione soggettiva, bensì è “*enazione*”, cioè esrapolazione di significati e di un mondo nel corso di un’interazione senso-motoria con l’ambiente e con altri. L’Enattivismo ritiene che l’azione stessa, consapevole e intenzionale, sia conoscenza.

«L’azione didattica... non produce conoscenza, ma è esso stesso conoscenza» e «l’ambiente non produce in modo meccanico un cambiamento nel sistema, in quanto il sistema evolve anche in base alle sue strutture interne, per apprendere occorre partecipazione attiva del soggetto» (p. 82-83), sono le frasi con cui Rossi spiega come il modello enattivo si applichi coerentemente al rapporto insegnamento\apprendimento, considerando tutti gli agenti, non singolarmente, ma piuttosto nell’insieme strutturale che creano crescendo insieme. Analizzando più nel dettaglio le tecniche, i riferimenti teorici e gli strumenti utilizzati negli studi che associano l’enattivismo alla didattica e alla cognizione, si può notare che molto spesso sono condivisi da altri approcci, talvolta anche molto diversi. Alcuni autori (Proulx, 2008) ritengono che l’enattivismo possa essere, per certi versi, addirittura considerato come un’estensione del costruttivismo, sebbene riportino alcune evidenti differenze. In breve, le analogie tra i due approcci riguarderebbero la rappresentazione della conoscenza come un processo piuttosto che come una struttura o un oggetto, la focalizzazione su soggetti umanizzati, che hanno esperienze pregresse di cui bisogna tenere conto, la partecipazione attiva degli allievi e la disomogeneità dei gruppi dei discenti. Le differenze principali sarebbero, invece, relative ad una maggior attenzione da parte dell’enattivismo al rapporto tra soggetto e ambiente piuttosto che alle strutture del singolo individuo, all’uso del corpo, della percezione e dei gesti, all’empatia, all’uso della tecnologia.

Purtroppo, sebbene la corrente filosofica dell’enattivismo sia nota già da alcuni decenni, il suo connubio con la didattica ha cominciato ad essere studiato solo recentemente. Douglas Holton (2010)

afferma «ciò che manca sono applicazioni complete dell'embodied cognition e dell'enattivismo alla didattica (...) si deve astrarre dai principi generali dell'embodied cognition e dell'enattivismo l'ispirazione per nuovi modelli di apprendimento e altre nuove applicazioni e frameworks educativi, oppure utilizzare l'embodiment come una lente per rivedere le teorie e le tecniche educative esistenti.» McGee (2006) riconosce tre filoni di ricerca principalmente percorsi dagli enattivisti: il primo riguardante l'embodiement e la percezione, il secondo relativo alla consapevolezza e alla cognizione in prima persona e il terzo, più recente pertinente all'intersoggettività e relazioni sociali. Tali ambiti sono stati esplorati secondo modalità differenti, dalle più fenomenologiche o basate su una revisione critica della letteratura a quelle che seguono il metodo sperimentale tipico della psicologia cognitiva, fino alle più moderne correlazioni con le neuroscienze. Tuttavia, sebbene il ventaglio di argomenti possa sembrare vasto, il numero di studi che hanno cercato, in qualche modo, di connettere l'enattivismo alla didattica è limitato. Alcuni hanno esplorato precisi aspetti dell'embodied cognition relativi all'uso del tatto o della gestualità nella comprensione di concetti (Minogue e Jones 2006; Golding-Meadow 1999; Roth 2001). Questi studi hanno senza dubbio una grande rilevanza nel sostenere come determinati aspetti dell'embodied cognition possano essere fonte di facilitazione nell'apprendimento, ma risultano marginali nella definizione globale di una "didattica enattiva". Seguono le ricerche di Lowe (2004), Colella (2000) inerenti all'utilizzo di diagrammi animati e realtà virtuali per supportare l'apprendimento, di Quing Li (2012) sull'affordance e i vincoli della pratica partecipativa, di Brown e Coles (2012) riguardante la Deliberate analysis nell'apprendimento della matematica, di Glemberg e Kashak (2002) per una teoria del linguaggio basata sull'embodiement. Relativamente al filone legato alle neuroscienze, Gabarini e Adenzato (2004) hanno provato a dimostrare il paradigma dell'embodied cognition tramite lo studio dell'attivazione dei neuroni a specchio. Infine gli studi che più direttamente hanno applicato l'enattivismo alla didattica occupandosi in particolar modo dell'apprendimento della matematica (Begg 1999; Brown e Coles 2012).

Dagli studi citati si possono estrarre alcune delle caratteristiche che una didattica di matrice enattiva dovrebbe mostrare; qui vengono riportate, inserite in un confronto, con alcune caratteristiche della didattica di tipo trasmissivo, così come viene descritta da Bottero nella sua opera Il metodo di insegnamento (Bottero, 2007). Sebbene si tratti di un modello ormai superato, il confronto rimane fondamentale, perché «un fenomeno importante di cui non si può non tener conto è la straordinaria capacità di resistenza dei metodi tradizionali. Anche dopo il superamento delle loro premesse teoriche continuano ad essere comunemente utilizzati, soprattutto nelle scuole secondarie e nell'istruzione superiore. I metodi tradizionali nel corso dei secoli si sono istituzionalizzati, sono divenuti un tratto caratteristico della scuola, un vero e proprio marchio di fabbrica. Di

qui la loro autorevolezza nel mondo delle pratiche educative, anche al di là della loro reale credibilità teorica, ormai venuta meno.» (Bottero, 2007, p. 107). Entrando in due classi che utilizzano l'una un approccio trasmissivo e l'altra un approccio enattivo, le differenze sarebbero subito evidenti: dalla disposizione dell'aula agli strumenti utilizzati, dalla gestualità dell'insegnante al grado di partecipazione degli alunni si noterebbe come nella classe "enattiva" vengano abbandonati la rigidità e il distacco tra docente e alunni. L'insegnante non è più colui che detiene la conoscenza e ha il compito di trasmetterla a degli alunni "tabula rasa", bensì diventa il coordinatore di quel processo di crescita che coinvolge in egual misura tutti i partecipanti, indipendentemente da quali siano i livelli di partenza e di arrivo di ciascuno. La conoscenza non è vista come un oggetto da trasmettere ma come un processo da costruire attivamente insieme e per quanto si possano auspicare delle mete, non sarà mai possibile definire a priori quali obiettivi raggiungerà questo processo, perché dipende costantemente dal contributo di ognuno. A questo proposito, sarebbe inutile programmare meticolosamente fasi gerarchiche e obiettivi standardizzati prima di intraprendere l'evento "lezione", meglio mantenere flessibili argomenti, modalità e obiettivi, in modo da poter incoraggiare ogni piccolo step raggiunto, piuttosto che sottolineare le lacune di chi non è in pari con gli obiettivi prefissati. Proprio per ricordare che ognuno contemporaneamente dà e riceve dal processo di apprendimento che sta vivendo, diminuisce il ruolo delle istruzioni e aumenta quello dell'esperienza: l'insegnante, in quanto il partecipante con maggior esperienza, coordina ed incoraggia la partecipazione, la cooperazione tra gli allievi, che devono costruire da sé la propria conoscenza, sulla base delle proprie esperienze pregresse e seguendo il proprio stile cognitivo. La forza di questo approccio risiede nella reinterpretazione del concetto di classe piuttosto che nelle metodologie e tecnologie che utilizza. Se si scende nel dettaglio, estraendo procedure e strumenti dal contesto, si finisce a parlare di cooperative learning, apprendimento esperienziale, realtà aumentata, learning by doing e del research-based teaching e in molti ne potrebbero concludere che sono tutti concetti già noti ed utilizzati da altri approcci e che ciò possa far perdere di innovazione alla didattica enattiva. Ma uno dei pilastri dell'enattivismo è proprio l'insensatezza di considerare singolarmente individui o processi come fossero indipendenti dal loro ambiente. Al di là delle metodologie utilizzate, è essenziale considerare la classe, insegnante compreso, come insieme di individui che entrano in accoppiamento strutturale e crescono insieme, apportando e ricevendo modificazioni relazionali e cognitive l'un l'altro (Coin, 2013).

2.4 Didattica incarnata

Negli ultimi anni è emerso all'interno della scienza cognitiva (ossia, la scienza che si occupa dei processi cognitivi umani) una nuova prospettiva teorica, che ha sottolineato come i nostri processi cognitivi dipendano dall'interazione tra la mente e il nostro corpo: si tratta della cosiddetta Embodied Cognition o Cognizione Incarnata (Gallese, 2005).

Una delle tesi sostenute dalla Embodied Cognition è quella che potremmo definire “teoria simulativa della comprensione linguistica”, secondo la quale noi comprendiamo le espressioni del linguaggio naturale grazie alla riattivazione di aree cerebrali dedicate principalmente alla percezione, ai movimenti e alle emozioni.

Per fare un esempio, quando sentiamo la parola ‘tavolo’ noi la capiamo – ossia ne comprendiamo il significato – riattivando le aree del cervello che riguardano l'esperienza percettiva di un tavolo. Questo ha fatto supporre che comprendere il significato di una qualsiasi espressione del linguaggio sia una sorta di simulazione delle esperienze percettive, motorie ed emotive che abbiamo avuto in passato. Cogliamo quindi il significato di un termine linguistico simulando l'esperienza degli oggetti o degli eventi cui tali termini si riferiscono. Altro esempio: comprendiamo ‘correre’ riattivando le aree del cervello relative alle esperienze di movimento tipiche della corsa.

Sino a pochi anni fa la posizione prevalente in filosofia della mente e in scienza cognitiva consisteva nel considerare il corpo umano come “accessorio” quando si cercava di affrontare questioni inerenti alla comprensione, alla cognizione, o ai processi mentali.

Negli ultimi dieci anni questa posizione è stata sovvertita da una moltitudine di esperimenti e pubblicazioni, che hanno messo in rilievo l'importanza giocata dal corpo fisico nei processi cognitivi.

Si sostiene quindi che la cognizione è incarnata (embodied) quando si afferma che essa dipenda anche da caratteristiche di tipo corporeo: in particolare, dai nostri sistemi percettivo e motorio. In altre parole, il modo in cui giudichiamo, ragioniamo, pensiamo, costruiamo concetti, parliamo, ecc. dipende anche dal modo in cui percepiamo, dalle azioni che compiamo e dalle interazioni che il nostro corpo intrattiene con l'ambiente circostante.

Alcune peculiari applicazioni operative di tale approccio (Sousa, 2010), mostrano innanzitutto il rapporto tra movimento fisico e potenziamento dell'apprendimento e della memoria; inoltre l'importanza di conoscere lo sviluppo del cervello in età evolutiva per comprendere il comportamento di bambini ed adolescenti; la particolarità dell'influenza dell'ambiente sociale e il clima culturale sull'apprendimento, nonché la capacità del cervello di generare nuovi neuroni fino alla tarda età e la sua modificabilità (concetto di plasticità). Partendo dall'analisi del corpo come mediato-

re scientifico del processo di apprendimento a livello neurobiologico (Rizzolatti, 2006) e neurofenomenologico (Gallese, 2006), un fertile ambito di studio si focalizza sulle evidenze scientifiche (Margiotta, 2014) che l'Embodiment Cognition, con i suoi atti incarnati (Gomez Paloma, 2013), può offrire al mondo della didattica (Caruana, Borghi 2013) e su come costruire metodologie che rispondano efficacemente ai bisogni educativi, anche speciali, degli studenti (Ianes, 2013).

Filippo Gomez Paloma, dell'Università degli Studi di Salerno, ha delineato e validato un modello Embodiment Cognition Based (Gomez Paloma & Damiani 2015) per valorizzare la corporeità come ambiente di apprendimento e contestualizzazione (setting). Tutto ciò partendo dal presupposto che i principi chiave dell'Embodied Cognition offrono inedite opportunità di valorizzazione delle differenze dei processi di apprendimento (Cottini, 2015), rivelandosi estremamente funzionali a realizzare metodologie didattiche innovative.

2.5 Neurodidattica

Tra i modelli che avvicinano la didattica alle neuroscienze c'è sicuramente il modello di Neurodidattica di Pier Cesare Rivoltella, Professore di Didattica e Tecnologie dell'istruzione presso l'Università Cattolica di Milano, che nel suo libro "Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende" (Rivoltella, 2012) si chiede che cosa hanno da suggerire le neuroscienze cognitive a chi si occupa di didattica e quali indicazioni forniscono allo studioso e all'insegnante per la comprensione dell'apprendimento e del modo per renderlo più efficace

Per aggirare tutte le difficili questioni epistemologiche e terminologiche che l'ambito neuroeducativo pone, Rivoltella pensa che sia più utile chiedersi cosa le neuroscienze hanno da suggerire alle pratiche didattiche, piuttosto che affannarsi alla delineazione di una nuova disciplina autonoma. In quest'ottica diventa inevitabile propendere per l'adozione del termine Neurodidattica (Preiss, 1998; Hermann, 2006), che nella sua interpretazione appunto non vuole affermarsi come scienza autonoma, ma solo come campo di ricerca e di intervento transdisciplinare che, grazie al concorso di diverse discipline e tecnologie (neuroscienza cognitiva, didattica, psicologia dell'apprendimento, brain imaging), delinea un nuovo mindset per la didattica. Un mindset che è caratterizzato da due prospettive di ricerca e intervento: la prima è costituita dalla ricerca neurodidattica in senso stretto, cioè da protocolli di ricerca sperimentali che cercano nel cervello risposte a questioni squisitamente didattiche». La seconda prospettiva, invece, si propone di individuare quei risultati della ricerca neu-

roscientifica che meglio possono essere utilizzati dalla didattica. Ma tutto questo è possibile solo se neuroscienziati e pedagogisti, nel rispetto delle proprie specificità professionali, lavorano insieme per uno stesso obiettivo.

La Neurodidattica parte da due affermazioni fondamentali: il profondo radicamento biologico dell'apprendimento e che l'uomo apprende con tutto il corpo (Rivoltella, 2011). La didattica è oggi un territorio attraversato dalle tecnologie e dai media digitali, si determina in relazione alle culture e ai contesti, deve fare i conti con lo spazio sempre più rilevante del non formale e dell'informale, incontra i temi del welfare (Rivoltella, 2017) e della promozione della salute (Ottolini, Rivoltella, 2015), si propone come nuova scienza del design (Laurillard, 2013). Di fronte a questa complessità serve una nuova idea di razionalità scientifica e di ricerca: una razionalità tipica di una scienza capace di fare sintesi o quanto meno di incontrare altre scienze a essa complementari in un'ottica di apertura interdisciplinare. Tra queste le neuroscienze cognitive si ritagliano di sicuro uno spazio rilevante.

Una questione cruciale è quale apporto le neuroscienze possono garantire alla didattica in relazione alla fondatezza delle sue affermazioni e se la ricerca didattica debba o non debba accogliere la prospettiva dell'Evidence Based Education.

Rivoltella ritiene che (Rivoltella, 2012) nel dialogo con le neuroscienze cognitive, chi fa ricerca didattica deve evitare di cadere sia nell'applicazionismo riduzionista che nella postura dello scienziato poliglotta. Nel primo caso si finirebbe per pensare alla didattica come a una provincia periferica delle neuroscienze cognitive: a queste andrebbe il compito di studiare i fenomeni e di trovare le evidenze sperimentali, alla didattica solo di immaginare cosa derivi per il lavoro in classe da quelle evidenze. L'estremo opposto è quello di un pedagogo che per il fatto stesso di occuparsi di neuroscienze cognitive pensi di essere un neuroscienziato. Lo scienziato poliglotta è proprio questa figura di studioso che pretende di muoversi assolutamente a proprio agio in settori scientifici diversi: è quel che capita, a volte, agli stessi neuroscienziati quando si convincono di poter fare i filosofi, o i pedagogisti. La ricerca neuro-educativa richiederebbe un dialogo che avvicinasse questi due mondi senza sovrapporli, formando équipes miste in cui il neuroscienziato possa lavorare fianco a fianco con il pedagogo.

Rivoltella risponde a queste necessità di ricerca multidisciplinare proponendo una Neurodidattica che dia indicazioni operative su come orientarsi nella pratica didattica.

Tra le proposte operative più interessanti portate avanti da Rivoltella c'è l'Episodio di Apprendimento Situato (EAS) (Rivoltella, 2013; 2015; 2016), che nei suoi lavori indica come valido dispositivo didattico, ha nei confronti della ricerca neurodidattica.

L'EAS risponde a una logica di microlearning, ovvero di circoscrizione temporale delle attività da svolgere. Un EAS dura poco, normalmente occupa una sessione di lavoro di un paio d'ore. Oltre a questo, al suo interno prevede un'organizzazione ternaria che consente di individuare una fase preparatoria, una fase operatoria e una fase ristrutturativa. Di queste, di solito, sono le ultime due a prevedere lavoro in classe. Ciascuna di esse, al suo interno, è articolata in diversi momenti, diversificati per tipologia di attività: il docente inizia esponendo un framework concettuale, poi somministra alla classe una situazione-stimolo, assegna un compito, la classe si organizza in gruppi per lavorarci, i gruppi espongono il loro lavoro, lo si discute insieme, il docente guida il debriefing, infine svolge la lezione a posteriori correggendo gli errori e fissando i concetti.

Il risultato è una sessione di lavoro "mossa", varia per tipologia di attività, caratterizzata da attivazioni diverse e di diversa intensità degli studenti. L'obiettivo è di recepire e neutralizzare didatticamente due problemi che la ricerca neuroscientifica ha individuato come strutturali rispetto all'apprendimento.

La prima questione ha a che fare con il processo che guida l'elaborazione dello stimolo percettivo fino alla sua fissazione nella memoria a lungo termine. Questo processo si regge soprattutto sul lavoro dell'ippocampo che, però, ha la prerogativa di andare in sovraccarico cognitivo se le informazioni nuove che gli provengono sono eccessive. Di qui la necessità di spezzare il ritmo, di introdurre diverse tipologie di attività: appunto come avviene quando si lavora per EAS. La seconda questione, invece, porta in gioco il problema dell'attenzione focalizzata, o meglio, il problema della sua riduzione in una società come la nostra in cui gli stimoli spesso sono molteplici e simultanei. Anche in questo caso l'EAS viene incontro al problema spezzando e alternando il lavoro dell'apprendimento (spaced learning).

Un secondo aspetto dell'EAS che tiene in considerazione i risultati della ricerca bioeducativa è relativo alla possibilità di considerarlo come un dispositivo semplice. Il concetto di semplicità (Berthoz, 2012). Studiando i meccanismi adattivi degli organismi viventi, Berthoz è riuscito a individuare alcune strategie – come la deviazione, o la vicarianza – che consentono a questi organismi di fronteggiare la complessità con cui devono convivere. L'indicazione di ricerca di Berthoz è molto importante per la ricerca didattica, perché le offre uno spunto interessante per riflettere sulle sue pratiche. In scuola, la tentazione di risolvere il problema dell'apprendimento di un argomento complesso semplificandolo è sempre in agguato: è qualcosa che appartiene all'esperienza di insegnanti di diverso ordine e grado che, a questo riguardo, ricorrono a esempi, analogie, e altri dispositivi il cui obiettivo è rendere meno complesso e quindi più accessibile il problema. In tutti questi casi, tuttavia, quel che si ottiene non è la comprensione o la soluzione della complessità di par-

tenza, ma la sua sostituzione con un altro concetto più semplice. L'operazione corretta, invece, dovrebbe consistere nel conservare la complessità di partenza rendendola accessibile. A questo livello lavora l'EAS attraverso scelte e strategie adattive rispetto alla complessità. Il motore didattico dell'EAS, da questo punto di vista, si può ritenere l'anticipazione cognitiva che sta al centro della fase preparatoria. Anticipare dal punto di vista cognitivo ciò su cui poi si lavorerà in classe svolge la duplice funzione di situare l'apprendimento dello studente e di innescare il meccanismo della previsione: le ipotesi e le attese maturate in questa fase, mentre si rinforzano attraverso il riferimento alle esperienze pregresse, vengono messe alla prova dei fatti e della discussione collaborativa nelle fasi operatoria e ristrutturativa. Il risultato è un processo di tipo falsificatorio che asseconda la logica bayesiana con cui il nostro cervello opera.

Il terzo aspetto dell'EAS che raccoglie le indicazioni della ricerca bioeducativa. È che si tratta di un'attività di produzione preferibilmente collaborativa, ovvero un'esperienza.

L'esperienza, come il lavoro dei neuroscienziati ha dimostrato (Damasio, 1994), è un dispositivo particolarmente efficace di apprendimento nella misura in cui coinvolge sia la componente emotiva che quella cognitiva: la componente emotiva è al lavoro alla base del dispositivo previsionale che l'esperienza innesca perché consente di misurare la capacità di uno stimolo di modificare i nostri stati corporei; quella cognitiva, perché è alla base del dispositivo statistico che porta alla decisione (se in passato ogni volta che si è presentato un certo stimolo si è prodotto un certo effetto, vi è ragione di credere che potrebbe succedere di nuovo). Il debriefing di cui consiste la fase ristrutturativa aiuta questo lavoro accompagnando i soggetti a riflettere su quanto accaduto così da leggere correttamente le loro risposte emotive e di orientare di conseguenza il processo di decisione. Lo sfondo di tutta la ricerca è chiaramente lo sviluppo professionale dell'insegnante attraverso l'analisi di pratica cui si pensa di garantire, con le scelte di metodo cui si è fatto cenno, un più deciso riferimento alle evidenze.

2.6 Didattica calda

La warm cognition è un filone di ricerca attuale, sviluppato dalla prof.ssa Daniela Lucangeli e dei suoi collaboratori all'università di Padova, che tiene conto delle emozioni sottostanti il processo di apprendimento e didattico. Ciò che è emerso dai loro studi è estremamente interessante e ci invita ad una rivalutazione di ciò che è stata la didattica fino ad oggi (Lucangeli, 2015).

La Lucangeli parte dal processo di insegnamento e apprendimento all'interno dei circuiti neurali e dagli studi sulle emozioni che hanno mostrato come esse abbiano luogo nel sistema limbico (come indicato nella prima parte della nostra trattazione) in particolare nell'amigdala, e abbiano una funzione di allerta per l'organismo, fortemente legata alla sopravvivenza. È proprio questa attivazione dei centri sottocorticali dell'encefalo che determina la componente fisiologica dell'emozione (ad esempio: sudorazione, tachicardia, tensione muscolare, etc.) ma anche, contemporaneamente, lo stimolo alle cortecce associative che mettono in moto i processi di valutazione cognitiva della situazione emotiva, parti integranti dell'esperienza emotiva. Se trasportiamo tutto questo ad una situazione reale possiamo capire come, ad esempio, se uno studente apprende sperimentando paura, la paura di sbagliare, il suo sistema di sopravvivenza si attiverà in futuro in modo tale da consentirgli l'evitamento di situazioni analoghe. Questo accade perché emozione e cognizione sono due facce della stessa medaglia, fortemente interconnesse fra loro che operano a livelli ancestrali (Lucangeli, 2012).

Se una nozione è stata appresa sperimentando paura, dice la Lucangeli, ogni qual volta verrà ripescata dalla memoria si attiverà nuovamente il vissuto emotivo corrispondente poiché apprendimento ed emozione hanno tracciato lo stesso percorso sinaptico, viaggiando insieme. Quindi mettiamo in memoria anche le emozioni, in questo caso, negative. Ma mentre la nozione appresa finirà nella memoria procedurale o semantica, la memoria del sentimento di incapacità e inadeguatezza finirà nella memoria autobiografica, intaccando significativamente l'autostima e l'autoefficacia dell'alunno. Infatti il ripetersi di questo meccanismo per svariati anni scolastici porterà ad una stabilizzazione del circuito che è ciò che in psicologia si chiama fenomeno dell'*impotenza appresa*: il bambino o il ragazzo imparerà che non è capace ad eseguire quel dato compito, sentendosi impotente, e l'esperienza reiterata del fallimento gli darà conferma della sua incapacità innata. Tale condizione di impotenza appresa, si caratterizza quindi per un senso di incapacità (impotenza) acquisito per effetto di ripetute esperienze di fallimento (appresa) (Abramson, Seligman e Teasdale, 1978).

Difronte a questi *cortocircuiti emozionali*, come li chiama la prof.ssa Lucangeli, in cui l'emozione negativa associata alla funzione specifica richiesta, si comporta da antagonista dell'apprendimento, quest'ultima individua nella warm cognition la prospettiva per superare le difficoltà didattiche. Letteralmente warm cognition significa "emozione calda" ed è un modello didattico che ricorre a sentimenti positivi, al sorriso, per rendere efficace l'apprendimento. Secondo la Lucangeli, dobbiamo fare in modo di tracciare gli apprendimenti con delle emozioni positive e ciò può accadere soltanto se instauriamo un'alleanza con il bambino o con il ragazzo, in cui l'errore è il nemico da sconfiggere.

Ecco perché è importante che l'insegnante si svincoli dalla categoria del giudizio, nel quale è stato relegato dal sistema educativo basato sulla valutazione quantitativa, uscendo quindi da quel-

la dimensione giudicante che trasmette paura (del voto, dell'errore, etc.), senso di colpa e di incapacità.

Se adeguatamente valorizzate dalla didattica, le emozioni possono trasformarsi in risorsa, al pari del contenuto dell'azione formativa, perché lo studente non solo pensa ed elabora, ma "sente" e partecipa. Se l'insegnante le mette in luce, inglobandole nella pianificazione di un intervento didattico, può farle diventare una leva formidabile per la didattica stessa, contribuendo a uno sviluppo che tenga presenti contemporaneamente e in maniera equilibrata gli aspetti razionale, emozionale e cognitivo.

Per mettere in atto un'educazione emotiva, è fondamentale avere come obiettivo primario l'esistenza dello studente nella sua totalità, e ciò comprende lo sviluppo sociale della persona, dimensione che si occupa dell'efficacia delle relazioni con gli altri e dello sviluppo emotivo.

Nel saggio "Le emozioni: Patrimonio della persona e risorsa per la formazione" di Ambra Stefanini, dottore di Ricerca in Scienze Pedagogiche, dell'Educazione e della Formazione presso l'Università degli Studi di Padova, racchiude benissimo la tesi che l'emozione deve essere propedeutica e sedimentatrice dell'apprendimento, quindi deve essere inglobata nella didattica (Stefanini, 2013).

Per questo una didattica emotiva diventa un'occasione per ampliare il ruolo della scuola a tutto beneficio degli alunni. Una scuola che fa entrare le emozioni in classe, che "approfitta" della loro naturale presenza, diventa un'istituzione che si impegna su un fronte ampio, in cui gli obiettivi diventano di tipo generale perché non riguardano solo l'istruzione in senso classico, ma la formazione umana.

Trasformare le emozioni in risorsa consente al docente una serie di vantaggi preziosi in termini di stimolo per l'apprendimento (ma anche per l'insegnamento), sintonia nella relazione insegnante-allievo, comunicazione più profonda, lavoro più significativo. Elementi, questi, che potenziano il coinvolgimento dell'alunno, creano una partecipazione attiva e collaborativa, generano un efficace apprendimento personale e condiviso, creano un clima di gruppo favorevole all'apprendimento e allo sviluppo di relazioni. Lasciare fuori dalla formazione le emozioni, significherebbe "svuotare" la classe e renderla un luogo asettico e "freddo", in cui le relazioni diventano impersonali e i contenuti didattici una "minestra da ingerire per forza". Far entrare le emozioni in classe, vuol dire creare un "contatto" tra insegnante e alunno e dar vita a un gruppo-classe. Quest'ultimo diventa un importante strumento per l'apprendimento poiché assume la funzione di sostegno emotivo, di contenimento dell'ansia e di aiuto per tollerare le frustrazioni legate all'apprendimento e alla valutazione (Girelli, 1999; Polito, 2000.) Insegnare facendo leva sulle emozioni non vuol dire per l'insegnante porre enfasi sul fatto emozionale ed estremizzarlo, abolendo il confine tra formatore e allievo, si-

gnifica, invece, coinvolgere, valorizzare il singolo che insieme agli altri crea un gruppo, invitare alla partecipazione attiva. Questo può richiedere anche l'uso di strumenti diversi dai libri e da quelli sfruttati nella lezione classica, come l'impiego di foto, filmati, musica, ballo, teatro, racconti, attività umoristica, sport, lavoro di gruppo, ma anche "uscite" e visite guidate (musei, biblioteche, luoghi di interesse storico) (Baldacci, 2009; Mariani Schiralli, 2012; Rossi, 2004). Questi elementi, assieme "al saper fare" dell'insegnante, diventano utili strumenti di coinvolgimento e di partecipazione, generatori al loro volta di emozioni (Blandino, 1995).

I docenti sono chiamati ad applicare una alleanza educativa con gli alunni e quindi per aiutare i loro ragazzi, devono lavorare sulla sofferenza, perché alla memoria del dolore bisogna rispondere cambiando l'atteggiamento che lo ha determinato. Bisogna, quindi, promuovere un ottimismo prospettico e superare l'idea che è difficile modificare le cose che non vanno. Fondamentale è sfruttare i meccanismi di intersoggettività comunicativa (sguardo e sorriso) e lavorare sulla motivazione.

Ridurre l'insuccesso scolastico e adottare strategie efficaci di potenziamento si lega perciò alla possibilità di costruire esperienze di benessere. In "Il diritto di sbagliare", Susan Harter (Harter 1978, 1982) ha descritto il principio di sfida ottimale, cioè un obiettivo scolastico che si collochi a debita distanza tra l'assenza di sfida (noia) e il suo eccesso (ansia) (flow cognitivo). Secondo questo principio, la massima gratificazione o meglio la massima motivazione ad apprendere deriva da quei tentativi di padroneggiare l'ambiente che rappresentano un grado ottimale di sfida rispetto alla complessità del compito: difficile quel tanto che basta per spingere alla curiosità ed elevare la conoscenza, senza diventare però un ostacolo insuperabile o destinato probabilmente all'insuccesso. Alla base della motivazione intrinseca stanno sia componenti cognitive sia appunto emotivo motivazionali: perché ciascun allievo voglia imparare, l'apprendimento oltre che aumentare la competenza, deve produrre una vera e propria sensazione di benessere emotivo-cognitivo insieme.

Un altro aspetto da considerare quando parliamo di motivazione e apprendimento è l'autoefficacia, ossia «il credere di essere capace». Bandura (2000) sostiene infatti, che per gli studenti l'autoefficacia sia un fattore cruciale per ottenere o meno dei risultati. Bandura parla di "Flow motivazionale" che rappresenterebbe la condizione ottimale da promuovere, in cui si è completamente immersi e coinvolti in un'attività (Bandura, 2001).

Formare gli insegnanti in modo tale che possano acquisire una piena competenza in grado di fare leva su emozioni positive, stimolare quei fattori predittivi positivi per il successo scolastico come la motivazione allo studio, la gratificazione, il senso di autoefficacia, la sfida ottimale e fortificare la predisposizione delle esperienze di apprendimento in modo da dedicare attenzione alla paura dell'insuccesso, è a nostro avviso un passaggio fondamentale che la scuola di oggi è chiamata a fare.



III

Indagine tra i docenti italiani

“

L'obiettivo di tale indagine e' comprendere il modo in cui viene percepito il rapporto delle emozioni con la formazione e l'apprendimento, rilevare la percezione dei docenti relativamente all'impatto emotivo della propria azione didattica, individuare le possibilita' di utilizzare le emozioni in aula e delineare un profilo di docente che ne fa uso nel suo agire didattico.

”

1 Metodologia

1.1 Problema, obiettivi e strategia di ricerca

A partire dal quadro teorico delineato, è stato formulato il seguente problema di ricerca: quale funzione attribuiscono i docenti alle emozioni nella prassi didattica?

Sono scaturiti dal problema di ricerca i seguenti obiettivi:

- descrivere l'opinione dei docenti relativamente all'importanza da attribuire alle emozioni nella didattica
- rilevare la percezione dei docenti relativamente all'impatto emotivo della propria azione didattica
- descrivere l'opinione del docente relativamente all'importanza da attribuire competenze emotivo-motivazionale e alle emozioni nella prassi didattica

Per raggiungere le finalità conoscitive della ricerca, è stata utilizzata, come strategia, la ricerca standard basata sulla matrice dei dati. La ricerca standard discende dalla tradizione di ricerca quantitativa, che ha in Galton, Wundt e Thorndike i suoi precursori, con il merito di aver portato i metodi quantitativi delle scienze fisico-naturali nelle scienze umane, sul finire dell'Ottocento.

L'appellativo standard riporta alla caratteristica di tale strategia di ricerca di avere fasi e procedure altamente formalizzate. Il suo alto grado di formalizzazione la rende per molti versi più semplice di altre strategie di ricerca, come la ricerca interpretativa che si prefigge di individuare le dinamiche che guidano determinate decisioni, la ricerca per esperimento che vuole individuare possibili relazioni causali tra fattori, la ricerca azione volta all'individuazione della soluzione di uno specifico problema, la ricerca basata sugli studi di caso con l'obiettivo di giungere alla conoscenza approfondita di un determinato oggetto di studio.

L'obiettivo principale della strategia di ricerca standard, invece, è la spiegazione dei valori assunti da alcuni fattori (dipendenti) sulla base dei valori assunti da altri fattori (indipendenti), che si esplica nell'individuazione di relazioni (non necessariamente causali, come nella ricerca per esperimento) tra i fattori stessi. Quindi l'obiettivo in questo tipo di ricerca è, oltre a descrivere una data realtà educativa, individuare quali fattori, all'interno di un determinato insieme di fattori che discendono dal quadro teorico di riferimento, sono in relazione con un altro fattore, supposto dipendente dai primi. Si tratta quindi di una strategia di ricerca volta alla spiegazione di determinate regolarità empiriche.

Elemento chiave di questo tipo di ricerca è la matrice dei dati, ossia una tabella rettangolare composta da tante righe quanti sono i referenti sotto esame (ad esempio gli allievi di una classe, le scuole di una provincia) e tante colonne quanti sono i fattori presi in considerazione per ciascun referente (ad esempio genere, numero fratelli, voto in matematica, per gli allievi di una classe, oppure ubicazione, numero di allievi, servizi offerti, per le scuole della provincia). Ciascuna riga corrisponde ad un caso (ad esempio un soggetto o una scuola) e ciascuna colonna corrisponde ad una variabile (che è l'equivalente matematico del fattore considerato), e la matrice viene quindi detta anche matrice casi per variabili. All'incrocio di ciascuna riga e colonna è presente un dato, ossia il valore assunto da quella specifica variabile per quello specifico caso. La matrice dei dati può essere caricata su calcolatore attraverso un foglio elettronico quale ad esempio Excel.

Nella ricerca standard il ricercatore parte dall'individuazione di una popolazione di riferimento, ne estrae un campione rappresentativo, ossia un campione che riproduce in piccolo tutte le caratteristiche della popolazione da cui è stato estratto, e sottopone tale campione ad un'inchiesta per la rilevazione dei dati.

L'inchiesta (survey) può avvenire somministrando ai soggetti un questionario autocompilato, ossia un elenco strutturato di domande che ciascun soggetto della ricerca (l'alunno, l'insegnante, il preside, il genitore, ecc.) compila da solo. Le domande del questionario sono volte a rilevare dati personali, comportamenti, intenzioni/preferenze/opinioni e atteggiamenti dei soggetti intervistati, in accordo con la definizione operativa data ai fattori coinvolti nell'indagine. Quando le domande sono molte oppure richiedono di indagare argomenti complessi o di difficile comprensione, oppure ancora è necessaria una particolare accuratezza nelle risposte, il questionario può essere compilato da un intervistatore che pone le domande ai soggetti e ne riporta le risposte sul questionario. Si parla in questo caso di intervista completamente strutturata. Altre tecniche di rilevazione che originano una matrice dei dati sono i test cognitivi e di personalità, i test di profitto scolastico, l'osservazione completamente strutturata e l'analisi dei documenti completamente strutturata, le quali si servono di strumenti per la raccolta di dati quali le check list e le scale di valutazione. Il ricercatore sottoporrà tutti i soggetti alle medesime domande, quindi per tutti i soggetti raccoglierà lo stesso tipo di informazioni: nella ricerca basata sulla matrice dei dati qualunque sia la tecnica di rilevazione utilizzata gli stimoli e i comportamenti osservati sono gli stessi per tutti i soggetti e questo consente di strutturare i dati raccolti all'interno di sistemi di categorie uguali per tutti i soggetti. L'alta strutturazione degli strumenti di rilevazione favorisce la quantificazione dei dati raccolti, attraverso le scale di risposta alle domande, e della frequenza con cui le singole risposte si ripetono, contribuendo a denominare queste tecniche di raccolta tecniche quantitative. Le tecniche utilizzate per l'analisi fanno riferimento alla statistica monovariata.

1.2 Strumenti di rilevazione e metodologia di analisi dei dati

Allo scopo di perseguire gli obiettivi di ricerca illustrati e portare avanti una ricerca standard sull'oggetto di studio ossia le emozioni nella didattica per i docenti italiani è stato scelto come strumento di rilevazione dei dati un questionario autocompilato, appositamente ideato somministrato via web con un campionamento non probabilistico accidentale.

Il principale canale di diffusione del questionario è stato Facebook, è stato infatti pubblicato in gruppi scelti attinenti alla scuola, invitando i membri del gruppo alla compilazione dello stesso (questi alcuni dei gruppi Facebook: PSN - Professionisti Scuola Didattica; PSN - Professionisti Scuola Network; INFORMASCUOLA; ROBA DA INSEGNANTI; Insegnanti Italiani Uniti; SiamoNoi Scuola; MeDiaTTicA (Filosofia Sociologia & Didattica); Docenti Divertenti; Scuola e Didattica; Specializzati sostegno; Didattica Infanzia Professione Insegnante; Mondo Insegnanti: Scuola, Concorsi, Supplenze, Innovazione, Pedagogia; Concorso Docenti 2019 - Obiettivo Scuola; Creatività a scuola; Didattica Secondaria secondo Grado Professione Insegnante; Scienze della Formazione Primaria N.O. - Coordinamento Nazionale; ; Amici a cui piace Metodo Analogico di Camillo Bortolato; Accendere un fuoco - Didattica & co. ecc....). Si è anche ricorso a mail-list a cui è stata girata la proposta e gruppi di docenti di WhatsApp.

Abbiamo scelto di operare il reclutamento dei partecipanti e la raccolta di dati su Internet con la somministrazione del questionario su Facebook, perché si tratta del il più grande servizio di social network al mondo e ci ha permesso di diffondere il questionario su scala nazionale in tempi veloci, circa tre mesi, si è tenuto conto inoltre di quanto diffuso in letteratura, secondo cui Facebook è da considerarsi una valida piattaforma per la ricerca sociale, affermando la validità della ricerca condotta in questo modo. Uno studio dimostra, infatti, che gli utenti di Facebook sono sufficientemente eterogenei e che la ricerca condotta attraverso Facebook può produrre risultati che possono essere generalizzati ad una popolazione più ampia (Rife, 2014).

La fase di raccolta dati è stata preceduta dallo studio degli strumenti di rilevazione e la scelta di quelli più adeguati agli obiettivi della ricerca, la costruzione del questionario, la sua sperimentazione (pre-test) e la messa a punto della versione definitiva inviata in rete per un periodo di circa tre mesi (luglio-settembre 2018). E' stato preso in esame e in parte ripreso un questionario su tematiche simili proposto in un volume pubblicato da una dottoranda dell'Università degli Studi di Padova (Stefanini, 2013).

Il questionario strutturato risulta composto da domande chiuse e domande aperte ed è composto da quattro sezioni:

Sezione A – Dati personali: si identifica il campione in base a caratteri anagrafici (età, sesso, regione di provenienza, titolo di studio) e relativi alla professione di docente (ordine di scuola, anni di servizio, abilitazione all'insegnamento conseguita).

Sezione B – Riflessione sulle emozioni in aula: si entra nel vivo della tematica chiedendo al docente se ritiene che le emozioni entrino in gioco nell'apprendimento, quali emozioni emergono nelle sue classi, quali strumenti didattici che utilizza di frequente a suo avviso emozionano positivamente i suoi alunni, quali sono le fasi dell'attività didattica in cui evidenzia emozioni positive e quali invece quelle che suscitano emozioni negative.

Sezione C – Ruolo e competenze emotivo motivazionali del docente: si delinea attraverso delle domande in scala lineare il ruolo del docente e l'importanza delle competenze emotivo motivazionali.

Sezione D – Effetti dell'uso di strumenti o attività che fanno uso di emozioni: si chiede di dare una opinione, da esprimere in scala lineare, ad una serie di affermazioni sull'uso delle emozioni.

Sezione E – Formazione docente: si chiude il questionario con una sezione di sei domande relative al percorso di formazione per capire se la tematica delle emozioni e delle neuroscienze nella didattica più in generale, sono state in qualche modo toccate nei tratti di preparazione all'insegnamento e se c'è l'interesse e la necessità di approfondirle.

La versione integrale dello strumento è riportata in coda al presente lavoro (Allegato 1). Per procedere all'analisi dei dati, si è ricorso alla statistica descrittiva, con l'analisi monovariata, descrivendo, per ogni variabile, la localizzazione, la distribuzione e l'ampiezza. L'analisi monovariata per i dati quantitativi ha permesso, quindi, di analizzare per ciascuna variabile, dove i risultati tendevano a concentrarsi (indici di tendenza centrale: media aritmetica, mediana, moda), come si distribuivano lungo la gamma dei valori possibili (indici di dispersione: squilibrio, differenza interquartile, devianza, varianza, scarto tipo) o che forma assumeva la loro distribuzione (indici di forma: asimmetria, curtosi). In questa fase di ricerca, non abbiamo condotto un'analisi bivariata e multivariata se non per una variabile come illustrato nei risultati, nel cui caso si è calcolato un indice di co-gradiazione essendo le due variabili scelte categoriali ordinate (Trincherò, 2002, pp. 318-328).

L'analisi monovariata stata condotta utilizzando il programma statistico JsSTAT (<http://www.edurete.org/jsstat/jsstat.htm>), ideato da R. Trincherò, che permette di effettuare analisi statistiche a partire dalla matrice dati. In questo modo è stato possibile effettuare l'analisi dell'andamento delle sigole variabili (statistica descrittiva).

Per quanto riguarda i dati qualitativi e quindi per procedere all'analisi dei dati testuali, si è fatto ricorso a un programma di test-meaning, textalyser (<http://textalyser.net/>) che ha permesso di

analizzare e interpretare i dati e le informazioni raccolte valutando la frequenza di parole chiave nelle diverse risposte. Per una domanda in particolare si è deciso di operare una codifica a posteriori del testo che prevede una classificazione in categorie dei segmenti informativi che compongono il materiale raccolto. Le categorie vengono costruite operando una codifica del testo, sulla base dell'individuazione delle unità naturali di significato all'interno dello stesso, le quali diventano altrettante unità di codifica. Si è quindi proceduto prima operando una sintesi del significato delle risposte e poi costruendo il sistema di categorie in cui le unità naturali di significato definite potevano essere allocate (Trincherò, 2002, pp.374-377).

1.3 Il Campione: caratteristiche del gruppo osservato

La popolazione di riferimento dell'indagine condotta, come detto, è rappresentata dai docenti italiani di ogni ordine di scuola, reclutati somministrando il questionario via web, con un campionamento non probabilistico accidentale, quindi con una probabilità di inclusione nel campione non nota. Pur nella consapevolezza che un reclutamento di questo tipo non è ben rappresentativo dell'intera popolazione, trattandosi di soli docenti frequentanti social network, in particolare Facebook, e interessati all'argomento, è stato ritenuto, come detto, che questa modalità consentisse di aprire le risposte a livello nazionale e in poco tempo di raccoglierne un numero significativo. Il campione ottenuto da un periodo di circa tre mesi di pubblicazione del questionario è risultato composto da 1021 docenti dei quali, di seguito, sono descritte le caratteristiche seguendo l'ordine delle domande del questionario.

La tabella numero 1 mostra la distribuzione di frequenza del campione in base a fasce di età. La fascia di età più rappresentata è tra i 35 anni e i 44 anni con il 34% a cui segue, con 26%, l'età compresa tra 45 e 55 anni. Poco meno, 23%, sono i docenti con età inferiore a 35 anni mentre solo il 18% del campione è rappresentato da docenti con più di 55 anni.

Le differenze di genere fanno contare 54 maschi e 967 docenti donne, con una differenza percentuale che è evidenziata nella tabella 2. Forte prevalenza quindi della rappresentanza femminile, 95%, nel campione di docenti che ha risposto al questionario.

Età

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
35-44	348	34%	348	34%
45-55	261	26%	609	60%
meno di 33	230	23%	839	82%
più di 55	182	18%	1021	100%

F	967	95%	967	95%
M	54	5%	1021	100%

Tabella 1:

Numero di casi= 1021
Indici di tendenza centrale:
Moda = 35-44
Mediana = 45-55
Indici di dispersione:
Squilibrio = 0.26

Tabella 2:

Numero di casi= 1021
Indici di tendenza centrale:
Moda = F Mediana = F
Indici di dispersione:
Squilibrio = 0.9

La dislocazione per regione di residenza evidenzia una buona rappresentanza di ogni regione italiana come mostrato dalla tabella 3, con la Valle d'Aosta unica mancante, perché la sola dalla quale non sono pervenute risposte. Le regioni che più hanno contribuito alla riflessione proposta nel questionario sono state il Lazio, la Lombardia e la Campania, ciascuna con l'11%. A seguire la Puglia (9%), la Sicilia (8%), Piemonte, Molise e Emilia Romagna con il 6% di risposte ciascuna. Con il 5% di risposte pervenute c'è la Toscana e il Veneto mentre Calabria, Abruzzo e Marche con il 4%. Meno rappresentate la Sardegna (3%) la Liguria e l'Umbria (2%) il Trentino Alto Adige e la Basilicata (1%). Si contano anche 3 questionari pervenuti dall'estero, precisamente dall'Austria, che si è ritenuto comunque di includere nell'analisi pur trattandosi di un'indagine a carattere nazionale.

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
Abruzzo	37	4%	37	4%
Basilicata	12	1%	49	5%
Calabria	44	4%	93	9%
Campania	109	11%	202	20%
Emilia-Romagna	62	6%	264	26%
Friuli-Venezia Giulia	20	2%	287	28%
Lazio	115	11%	402	39%
Liguria	23	2%	425	42%
Lombardia	114	11%	539	53%
Marche	40	4%	579	57%
Molise	57	6%	636	62%
Piemonte	58	6%	694	68%
Puglia	90	9%	784	77%
Sardegna	29	3%	813	80%
Sicilia	81	8%	894	88%
Toscana	50	5%	944	92%
Trentino-Alto Adige	6	1%	950	93%
Umbria	17	2%	967	95%
Veneto	54	5%	1021	100%
Eestero	3	0%	267	26%

Regione di residenza

Tabella 3:

Numero di casi= 1021
 Indici di tendenza centrale:
 Moda = Lazio
 Mediana Lombardia
 Indici di dispersione:
 Squilibrio = 0.0

Titolo di studio

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
Diploma	282	28%	282	28%
Dottorato di ricerca	53	5%	335	33%
Laurea	686	67%	1021	100%

Tabella 4:

Numero di casi= 1021
Indici di tendenza centrale:
Moda = Laurea
Mediana = Laurea
Indici di dispersione:
Squilibrio = 0.53

La tabella 4 mostra che il campione è costituito prevalentemente da docenti con laurea come titolo di studio, il 67% di coloro che hanno risposto. Una buona percentuale, il 28%, è rappresentata dai docenti diplomati, ascrivibili ai primi ordini di scuola, e solo il 5% sono invece i docenti con dottorato di ricerca.

L'87% del campione è costituito da docenti in servizio. La restante percentuale è distribuita tra studenti di Scienze della Formazione Primaria (7%), frequentanti il corso di 24 CFU in discipline antro-psico-pedagogiche e nelle metodologie e tecnologie didattiche, per prender parte al concorso di selezione docenti (5%), pochi rappresentanti di frequentanti il TFA (solo 5). Tra i docenti che hanno aderito ci sono anche 8 docenti in pensione per tre dei quali il 2018 è stato l'ultimo anno di servizio, per due il 2017, uno il 2016, uno il 2013 e l'ultimo il 2008.

Posizione

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
Docente in pensione	8	1%	8	1%
Docente in servizio	891	87%	899	88%
Frequentante TFA	5	0%	904	89%
Frequentante corso 24 CFU	46	5%	950	93%
Studente Scienze della formazione primaria	71	7%	1021	100%

Tabella 5:

Numero di casi= 1021
Indici di tendenza centrale:
Moda = Docente in servizio
Mediana = Docente in servizio
Indici di dispersione: Squilibrio = 0.77

Ordine di scuola

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
Infanzia	121	12%	121	12%
Primaria	445	44%	566	55%
Secondaria di I grado	201	20%	767	75%
Secondaria di II grado	254	25%	1021	100%

Tabella 6:

Numero di casi= 1021
 Indici di tendenza centrale:
 Moda = Primaria
 Mediana = Primaria
 Indici di dispersione:
 Squilibrio = 0.3

La maggior parte dei docenti che hanno risposto al questionario appartengono alla scuola primaria (44%), ma anche gli altri ordini di scuola sono ben rappresentati con il 25% di docenti della scuola secondaria di II grado, il 20% di docenti di scuola secondaria di I grado e il 12% di docenti dell'Infanzia.

Anni di servizio complessivi (pre-ruolo e in ruolo)

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
Corrente anno	74	7%	74	7%
Nessuno	60	6%	134	13%
dai 2 ai 5	240	24%	374	37%
dai 6 ai 10	127	12%	501	49%
più di 10	520	51%	1021	100%

Tabella 7:

Numero di casi= 1021
 Indici di tendenza centrale:
 Moda = più di 10
 Mediana = più di 10
 Indici di dispersione:
 Squilibrio = 0.34

I docenti del campione hanno per il 51% più di dieci anni di servizio complessivi, considerando gli anni di pre-ruolo e quelli in ruolo. Il 24% ha invece tra i 2 e 5 anni di servizio, il 12% dai 6 ai 10 anni, il 7% sono docenti che nel corrente anno svolgono il loro primo anno di servizio e infine il 6% è rappresentato da aspiranti docenti, presumibilmente riconducibili a studenti di scienze della formazione, che ancora non svolgono nessun anno di servizio nella scuola.

Abilitazione all'insegnamento conseguita e specializzazione Sostegno

È stato anche chiesto ai docenti che hanno partecipato al questionario quale fosse l'abilitazione che gli desse accesso all'insegnamento, registrando, come mostrato in tabella 8, che il 42% di essi possiede una idoneità da concorso, il 14% possiede la laurea abilitante in Scienze della Formazione Primaria, un altro 14% è rappresentato da docenti di III fascia con la laurea come titolo di accesso senza specifica abilitazione, segue un 11% di docenti che hanno conseguito abilitazione con il percorso del TFA e il 9% di docenti con diploma magistrale abilitante. Il 7% del campione è invece rappresentato da docenti abilitati con il percorso di SSIS e il 2% con quello dei PAS nonché un 1% di docenti che hanno seguito altri percorsi abilitanti. Dalla tabella risulta anche un 1% di studenti di Scienze della Formazione Primaria, ancora non abilitati.

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
Altro	12	1%	12	1%
Diploma magistrale abilitante	87	9%	99	10%
Idoneità da concorso	431	42%	530	52%
Laurea abilitante in Scienze della Formazione Primaria	143	14%	673	66%
Nessuna (III fascia)	138	14%	811	79%
PAS	16	2%	827	81%
SSIS	71	7%	898	88%
Studente Scienze della Formazione Primaria	9	1%	907	89%
TFA	114	11%	1021	100%

Tabella 8:
 Numero di casi= 1021
 Indici di tendenza centrale: Moda = Idoneità da concorso
 Mediana = Idoneità da concorso
 Indici di dispersione: Squilibrio = 0.24

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
NO	760	74%	760	74%
Sì	261	26%	1021	100%

Tabella 9:

La tabella 9 mostra che i docenti del campione per il 74% non posseggono la specializzazione sul Sostegno, quindi solo il 26% di essi sono insegnanti di Sostegno abilitati.

Classi di concorso secondaria di I e II grado

Le tabelle 10 e 11 mostrano la distribuzione della sola percentuale di docenti del campione appartenenti alla scuola secondaria rispetto alle classi di concorso rispettivamente del I (tabella 10) e del II grado (tabella 11). Come mostrato per la scuola secondaria di primo grado il maggior numero di rappresentanti sono docenti di lettere (33%), di lingua straniera e di matematica e scienze per il 21% ciascuna. La restante percentuale sono docenti di educazione tecnica (8%), educazione artistica (7%), educazione fisica e musicale (3% ciascuna), strumento musicale (2%), sostegno e religione (1% ciascuna).

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
A-01 Ed. Artistica	12	7%	12	7%
A-22 Lettere	57	33%	69	39%
A-25 Lingua Straniera	37	21%	106	61%
A-28 Scienze matematiche, chimiche e naturali	36	21%	142	81%
A-30 Ed. Musicale	6	3%	148	85%
A-49 Ed. Fisica	6	3%	154	88%
A-56 Strumento musicale	4	2%	158	90%
A-60 Ed. Tecnica	14	8%	172	98%
Religione	1	1%	173	99%
Sostegno	2	1%	175	100%

Tabella 10:

Numero di casi= 175
 Indici di tendenza centrale:
 Moda = A-22
 Mediana = A-25
 Indici di dispersione:
 Squilibrio = 0.21

Per quanto riguarda la secondaria di II grado, data la varietà di classi di concorso rappresentate e la conseguente dispersione dei dati, si preferisce delineare dei raggruppamenti di classi di concorso che permettono di avere un dato sull'indirizzo disciplinare dei docenti appartenenti al campione, spendibile ai fini della nostra analisi.

Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
Discipline Artistiche	16	7%	16	7%
Discip. Giuridico-Economiche	22	10%	38	17%
Discipline Matematiche	31	14%	69	31%
Discipline Musicali	4	2%	73	33%
Discipline Scientifiche	12	5%	85	38%
Filosofia	15	7%	100	45%
Lettere	74	33%	174	78%
Lingua Straniera	38	17%	212	95%
Religione	3	1%	215	96%
Sostegno	3	1%	218	97%
Tecnologie	6	3%	224	100%

Tabella 11:

Numero di casi= 224
 Indici di tendenza centrale:
 Moda = Lettere Mediana = Lettere
 Indici di dispersione:
 Squilibrio = 0.18

Si può evidenziare quindi che anche per la secondaria di secondo grado come per il primo grado i docenti di lettere sono quelli che in maggior numero hanno aderito al questionario (33%) seguiti da quelli di lingua straniera (17%) e di discipline matematiche (14%). Le discipline giuridico-economiche rappresentate da un 10%. Discipline artistiche e filosofiche insieme a quelle scientifiche rappresentate da un 7% per le prime due e un 5% per le ultime. Percentuali più piccole di docenti afferenti ad ambiti tecnici (3%), musicale (2%) sostegno e religione (1% ciascuno).

2 Elaborazione dei risultati

Riportiamo in questo capitolo i risultati dell'indagine condotta. Abbiamo deciso di presentarli non seguendo esattamente l'ordine delle domande nel questionario, ma organizzandoli secondo lo sviluppo di un percorso di riflessione, costruito mettendo insieme le risposte raccolte, che consente di rispondere agli obiettivi prefissati nel disegno di ricerca e elaborare una discussione in merito.

Per ciascun risultato presentato si è riproposta la domanda del questionario in modo da avere chiaro cosa il docente invitato a rispondere ha letto e per ciascuna si è illustrata la distribuzione di frequenza delle risposte, tenendo presente che l'alternanza di domande chiuse ed aperte ha prodotto tipi diversi di risposte trattate rispettivamente con i relativi software di analisi quantitativa o qualitativa.

I risultati, di seguito passati in rassegna, sono quindi articolati in cinque punti:

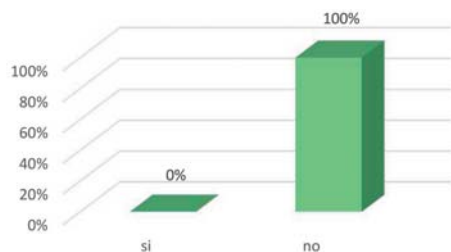
- si parte da come i docenti si pongono rispetto alle emozioni: se sono coinvolte a loro avviso nell'apprendimento, se ritengono che sia necessario considerarle nella didattica e quanto effettivamente riescano a farlo nella pratica in aula;
- un secondo punto passa ad analizzare quali sono le emozioni che entrano in gioco e che si riscontrano direttamente nel lavoro in classe e quali i diversi strumenti e strategie utilizzati per coinvolgere emotivamente gli alunni;
- in terza battuta si analizzano le diverse fasi didattiche in funzione delle emozioni e quindi quali sono le fasi, i momenti, le situazioni che fanno emergere emozioni positive e quali invece quelle che scaturiscono emozioni negative;
- si chiede quindi, nel passaggio successivo, quali sono le competenze richieste ad un docente alla luce di quanto evidenziato;
- e infine si riflette sulla necessità di una formazione in merito alle tematiche proposte, se si è disposti a farla e se indirizzarla a tutti i docenti o formare figure specifiche che possano gestire, mediare e affiancare il lavoro in aula con una competenza più piena.

2.1 Le Emozioni in aula

Il primo punto che apre la riflessione sulle emozioni in aula comprende tre delle domande proposte nel questionario. Nella Figura 1, riportata di seguito, si possono individuare le tre domande e come i docenti hanno ritenuto opportuno rispondere ad esse: Come si evidenzia dalle tabelle e dai grafici, riportati nella Figura 1, la totalità (100%) dei docenti che hanno risposto ritengono che le emozioni entrino in gioco nell'apprendimento. Se si chiede di quantificare quanto un docente deve considerare le emozioni in aula esprimendo un valore da uno a cinque, dove 1 corrisponde al valore "per niente" e 5 "appieno", il 67% dei docenti del nostro campione ritiene che un docente debba considerare le emozioni appieno, il 27% esprime un valore 4, il 5% un valore 3, e lo 0% esprime valori 1 e 2 corrispondenti al per niente.

Pensi alle emozioni in rapporto alla classe e alla sua attività di docente. Ritiene che entrino in gioco nell'apprendimento?

numero di risposte: 1019



Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
No	5	0%	5	0%
Sì	1041	100%	1019	100%

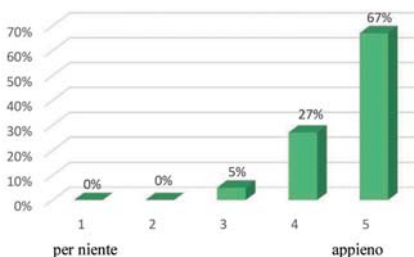
Campione: Numero di casi= 1019

Indici di tendenza centrale: Moda = Sì Mediana = Sì

Indici di dispersione: Squilibrio = 0.99

Quanto a suo avviso un docente deve considerare le emozioni nella sua attività didattica?

numero di risposte: 1017



Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
1	2	0%	2	0%
2	1	0%	3	0%
3	55	5%	58	6%
4	275	27%	333	33%
5	684	67%	1017	100%

Campione: Numero di casi= 1017

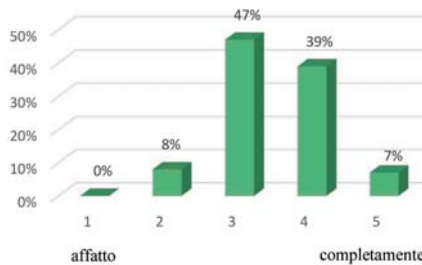
Indici di tendenza centrale: Moda = 5 Mediana = 5 Media = 4.61

Indici di dispersione: Squilibrio = 0.53 Campo di variazione = 4

Differenza interquartilica = 1 Scarto tipo = 0.61

E quanto nella pratica giornaliera riesce realmente a realizzarlo?

numero di risposte: 1011



Modalità	Frequenza semplice	Percent. semplice	Frequenza cumulata	Percent. cumulata
1	5	0%	5	0%
2	77	8%	82	8%
3	471	47%	553	55%
4	392	39%	945	93%
5	66	7%	1011	100%

Campione: Numero di casi= 1011

Indici di tendenza centrale: Moda = 3 Mediana = 3 Media = 3.43

Indici di dispersione: Squilibrio = 0.38 Campo di variazione = 4

Differenza interquartilica = 1 Scarto tipo = 0.75 Indici di forma:

Asimmetria = -0.02 Curtosi = 0.03

Figura 1: Grafici e distribuzione di frequenza relativi alle emozioni in aula

Se poi si chiede ai docenti se effettivamente nella pratica giornaliera si ha riscontro di tali emozioni e cioè si riesca a realizzare completamente una didattica che tenga conto di esse, rispetto alla scala da 1 a 5 dove 1 corrisponde al valore “affatto” e 5 “completamente”, solo il 7% afferma di riuscirci completamente (valore 5), la metà circa dei docenti (47%) esprime di riuscire solo in parte a far entrare in gioco le emozioni nella pratica giornaliera (valore 3), il 39% indica un valore 4, l’8% indica un valore 3 e in pochissimi indicano di non riuscirci affatto (0%, valore1).

2.2 Le diverse emozioni e le strategie utilizzate per richiamarle

Descriviamo ora, prendendo in esame altre tre domande proposte nel questionario, quali sono le emozioni riscontrate in aula durante le lezioni e i principali strumenti di lavoro utilizzati dai docenti del nostro campione.

Le risposta alla domanda aperta “quali sono le prime cinque emozioni che emergono nella sua classe?” hanno fornito interessanti risultati, mostratati in Figura 2 e di seguito descritti:

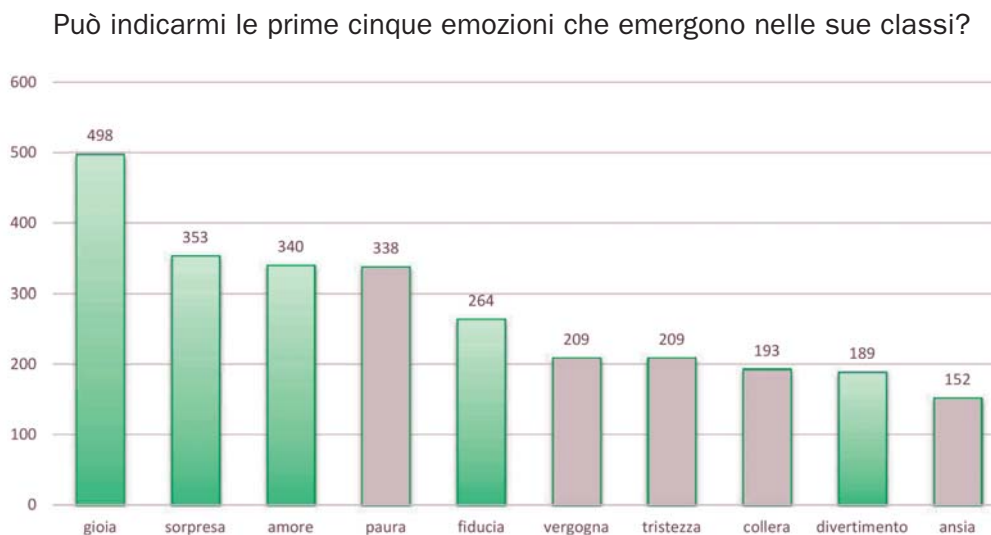


Figura 2: Grafico relativo alle diverse emozioni in aula

I docenti che hanno risposto sono stati 947 e le dieci emozioni più frequentemente indicate sono state la gioia al primo posto (indicata 498 volte) e a seguire sorpresa (353) amore (340) paura (338), fiducia (264), vergogna (209), tristezza (209) collera (193), divertimento (189) e ansia (152). Come si evidenzia nel grafico la metà delle emozioni indicate sono emozioni positive (cerchiate di rosso) ed esattamente l'altra metà sono emozioni negative (cerchiate di giallo).

Se la stessa analisi viene condotta dividendo le risposte per ordine di scuola, i risultati sono sovrapponibili con la sola differenza che nelle risposte relative al primo e al secondo grado di ordine di scuola la paura diventa la seconda emozione indicata come frequenza, subito dopo la gioia, e per la secondaria di secondo grado si riscontra la gratificazione al posto del divertimento (Figura 3).

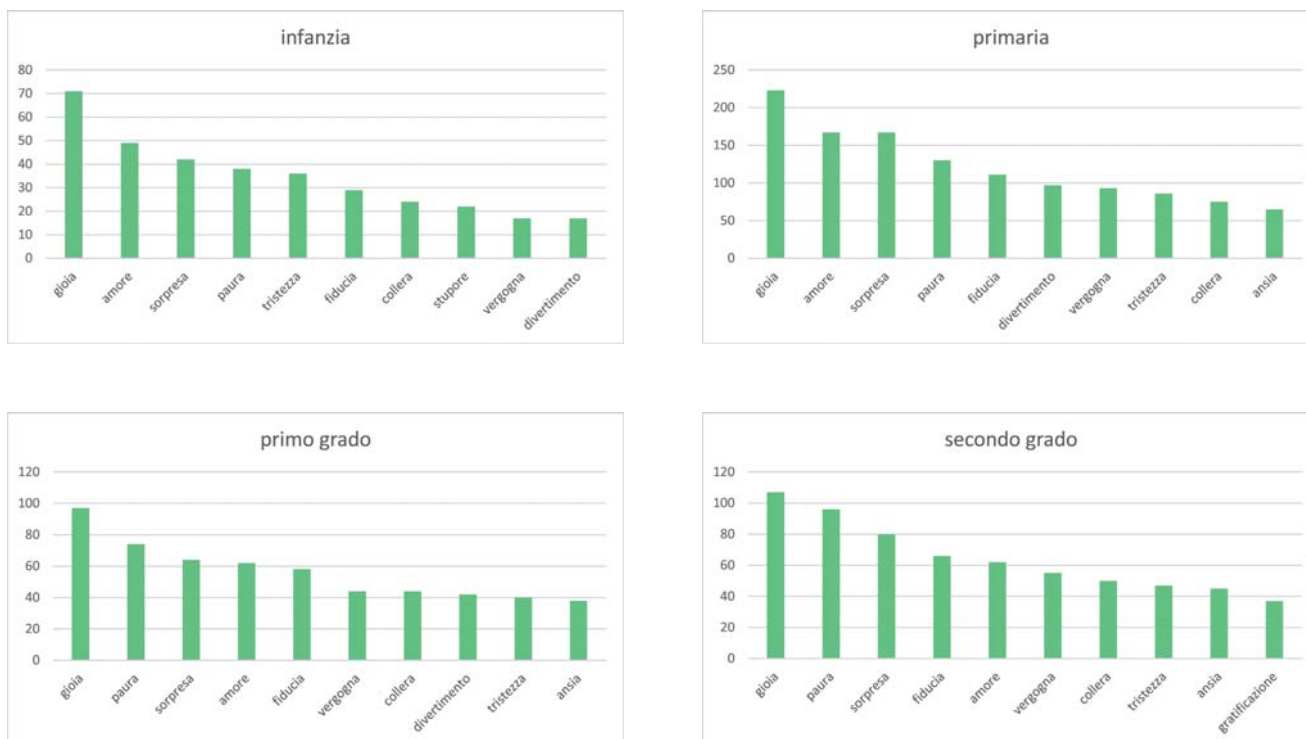


Figura 3: Grafici sulle diverse emozioni in aula divisi per ordine di scuola

Passando alle strategie didattiche più frequentemente utilizzate nella propria pratica didattica, i docenti del campione che hanno risposto sono stati 1004 e dalla Tabella 1 si può osservare che il cooperative learning e i richiami al vissuto sono quelle principalmente adottate, seguono il gioco a scopi didattici e l'uso delle immagini, più della metà dei docenti ricorre alle tecniche del brain storming e del problem solving, poco meno ricorre ad internet e all'esperienza diretta imparando con il fare, il 30% circa alla didattica tra pari, alla musica, alla drammatizzazione dei contenuti, alle uscite didattiche, tra il 20 e il 30% troviamo l'attività motoria a scopi didattici, il gioco di ruolo e i film, meno utilizzata la fotografia e la televisione.

Quali strumenti, attività o strategie utilizza più di frequente nella sua pratica didattica?

TIPI DI STRATEGIE	frequenza	%
cooperative learning	691	67,6
richiami al vissuto	682	66,7
gioco a fini didattici	592	57,9
uso delle immagini	572	56,0
brain storming	530	51,9
problem solving	510	49,9
internet e web	461	45,1
learning by doing	451	44,1
peer education	378	37,0
musica	355	34,7
drammatizzazione dei contenuti	329	32,2
uscite didattiche	326	31,9
attività motorie a scopi didattici	277	27,1
role playing	268	26,2
film	238	23,3
fotografia	133	13,0
televisione	24	2,3

Nella Figura 4 si riporta l'elaborazione della domanda successiva in cui i docenti hanno indicato (hanno risposto 962 docenti del campione) quali strategie, rispetto a quelle più frequentemente utilizzate, ritengono possano maggiormente coinvolgere emotivamente i loro studenti. Lasciando la risposta alla domanda aperta e dando la possibilità di dare più di un'opzione, l'elaborazione dei dati non è stata diretta e ha richiesto un'interpretazione della risposta (selezionando le risposte simili mediante i filtri in Excel) che non ha consentito di riportare tutte le voci della domanda precedente (tipi di strategie della Tabella 1) e molte di esse, avendo delle analogie, si ritrovano sintetizzate nella stessa categoria, come si può individuare in Figura 4.

L'analisi condotta ha permesso di evidenziare le strategie che maggiormente emozionano gli alunni (Figura 4), individuate in quelle che più permettono di esprimersi direttamente e mettersi in gioco in prima persona, infatti molte delle risposte registrate rientrano nei richiami al vissuto (che comprende anche la drammatizzazione dei contenuti) nell'esperienza diretta (che comprende il learning by doing ma anche le uscite didattiche) ma anche nei momenti di brain storming e di problem solving. Importante è anche il numero di risposte riferite all'apprendimento cooperativo e al gioco a scopi didattici, indicando il valore delle relazioni con gli altri e dell'apprendimento in condizioni emotive serene e felici.

Quale, tra quelli indicati, a suo avviso riesce maggiormente ad emozionare positivamente i suoi studenti

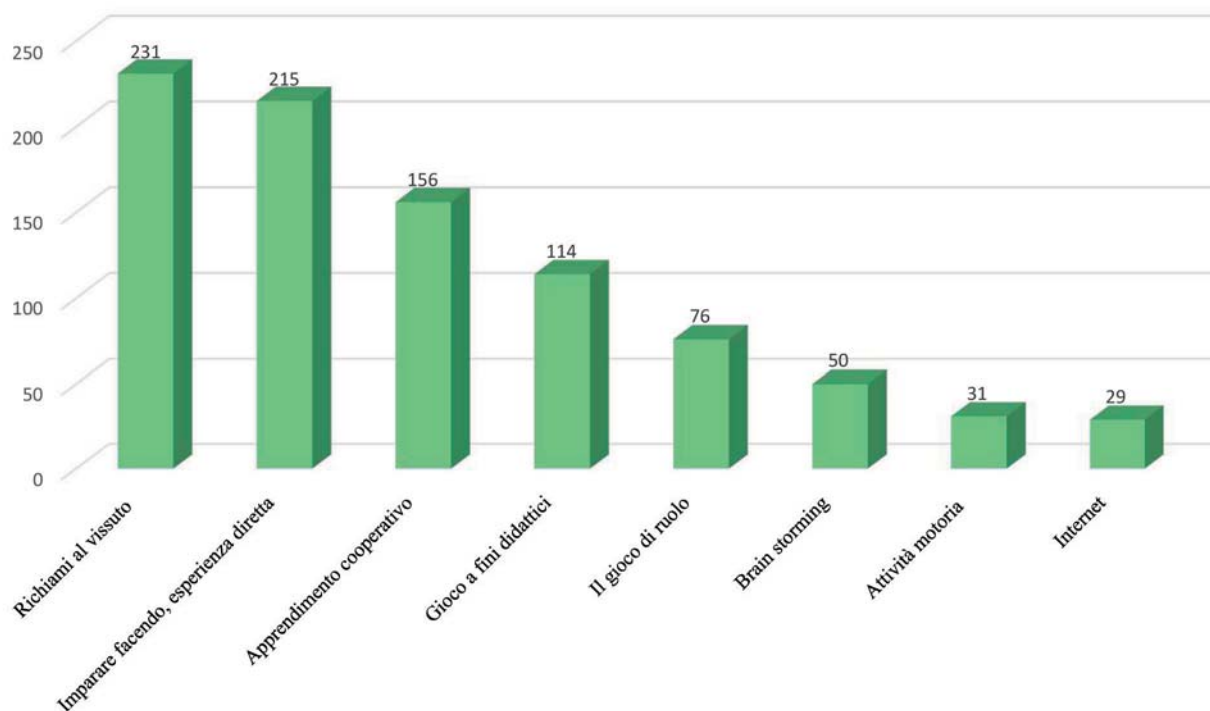


Figura 4: Strategie che maggiormente coinvolgono emotivamente gli studenti

2.3 Le emozioni positive e le emozioni negative nelle diverse fasi didattiche

Il terzo passaggio del nostro percorso di riflessione analizza le diverse fasi didattiche alla luce delle emozioni, è stato infatti chiesto ai docenti di indicare in quali fasi evidenziano emozioni positive e in quali invece emozioni negative. Trattandosi di una domanda aperta l'analisi qualitativa delle risposte è stata piuttosto indagativa e ha previsto una codifica a posteriori del testo con una classificazione in categorie delle unità di senso individuate: si è operato, quindi, prima interpretando e sintetizzando i significati delle risposte raccolte e poi categorizzandole. Sono state individuate dieci categorie di fasi associate ad emozioni positive e dieci categorie di fasi didattiche associate ad emozioni negative. Dalle Tabelle 2 e 3, di seguito riportate, è possibile individuare le dieci categorie e il loro significato. Come si può osservare, nella stessa categoria si è scelto di mettere insieme metodi, sensazioni, tecniche e momenti didattici con una linea comune e analogie operative.

La distribuzione di frequenza delle risposte, riportata nelle tabelle, mostra che si è scelto di condurre l'analisi dei dati non solo sul totale dei docenti senza considerare l'ordine di scuola in cui lavorano, ma anche su ciascun sottoinsieme del campione corrispondente ai quattro ordini di scuola (infanzia, primaria, secondaria di primo grado e secondaria di secondo grado). Si è ritenuto infatti che le dinamiche didattiche proprie di ciascun ordine di scuola potessero far trapelare differenze in termini di emozioni associate alle diverse fasi.

Dalla Tabella 2 è possibile rilevare che le emozioni positive si riscontrano principalmente quando si va a stimolare la curiosità e l'interesse degli alunni con la presentazione di nuovi argomenti (Categoria 1, 26,4% del totale di docenti) ed è vero per tutti gli ordini di scuola rappresentando la categoria con maggiore frequenza di risposte, fatta eccezione per l'infanzia in cui è seconda subito dopo il gioco, com'è comprensibile per la relativa fascia di età degli alunni. Alla categoria 1 segue per maggiore frequenza la categoria 8 riconducibile al lavoro di gruppo e quindi al confronto con i pari e al senso di appartenenza alla classe (14, 4% per i docenti nel complesso, analogamente alla categoria 1 simili percentuali per i tre ordini di scuola maggiori, più bassa per l'infanzia). La partecipazione attiva, il vedersi riconosciuti e potersi esprimere in prima persona (categoria 2) rappresenta un'importante percentuale di frequenza (12,8%), come la categoria 5 associata al successo e alla gratificazione (11,8%). A seguire le attività pratiche (categoria 9, con il 10,2%), i momenti di dialogo (categoria 4, con il 10,1%), le attività alternative comprendenti anche film, sport, uscite didattiche e tecnologie (categoria 10, con il 7,8%) e il riscontro con la realtà (categoria 6, con il 7,7). La categoria 7, riconducibile al gioco, e la categoria 3, riferita alle fasi di ac-

coglienza, trovano, come già anticipato prima, la maggiore percentuale di frequenza nell'ordine di scuola dell'infanzia (18,3% e 11,3 rispettivamente) e non sono invece molto rappresentate per gli ordini maggiori. Particolarmente importante per la secondaria di secondo grado la categoria del dialogo con una percentuale maggiore rispetto agli altri ordini di scuola (14%).

Dalla Tabella 3 è possibile, invece, rilevare le fasi didattiche che con una maggiore frequenza riportano emozioni negative e come è evidente quasi il 40% del totale dei docenti del campione ha risposto che i momenti di verifica e di valutazione (categoria 1) si associano per gli alunni ad emozioni negative e questa percentuale aumenta negli ordini di scuola secondaria di primo e secondo grado arrivando quasi al 50%, poco inferiore per la primaria e solo per l'infanzia, ragionevolmente, diminuisce. Le altre categorie sono tutte indicate con una frequenza più o meno omogenea intorno al 10% a partire dall'insuccesso (categoria 6, con il 12,6%), il poco coinvolgimento (categoria 2, con il 10,5%), i conflitti tra pari (categoria 4, con il 10,1%), le consegne (categoria 9, con il 9,8%), i tempi morti (categoria 8, con il 6,5%) e il disagio personale (categoria 5, con il 6,3%). Ci sono poi le categorie più propriamente ascrivibili alla scuola dell'infanzia come l'arrivo (categoria 3), il rispetto delle regole (categoria 7) e il gioco libero (categoria 10) che per il gruppo complessivo di docenti hanno una percentuale intorno al 2% mentre nell'infanzia la percentuale aumenta anche al 10% come aumenta al 20% la categoria 8 riferita alla noia, alla staticità e alla stanchezza.

Potrebbe indicarmi quali sono le fasi dell'attività didattica in cui evidenzia emozioni positive da parte dei suoi alunni e quelle in cui emergono maggiormente emozioni negative?

EMOZIONI POSITIVE QUANDO ...

	Tutti gli ordini di scuola		Infanzia		Primaria		Secondaria I grado		Secondaria II grado	
Numero di docenti	1021		122		446		201		253	
Docenti che hanno risposto	769		115		340		155		184	
Risposte totali	940		230		469		208		235	
<small>(più risposte dallo stesso docente)</small>										
CATEGORIA SIGNIFICATO	freq.	%	freq.	%	freq.	%	freq.	%	freq.	%
Categoria 1 presentazione di nuovi argomenti, inizio, curiosità, interesse, scoperta, apprendimento, spiegazione, pianificazione attività	248	26,4	36	15,7	109	23,2	53	25,5	58	24,7
Categoria 2 partecipazione attiva, coinvolgimento, esprimere se stessi	120	12,8	20	8,7	58	12,4	22	10,6	30	12,8
Categoria 3 accoglienza, fase iniziale, fase finale	27	2,9	26	11,3	11	2,3	3	1,4	0	0,0
Categoria 4 dialogo, conversazione, confronto, condivisione di esperienze, brainstorming, circle time	95	10,1	10	4,3	41	8,7	16	7,7	33	14,0
Categoria 5 successo, gratificazione, feedback positivo, consapevolezza, consolidamento conoscenza, superamento difficoltà	111	11,8	12	5,2	45	9,6	29	13,9	31	13,2
Categoria 6 riscontro con la realtà, esperienze personali, racconti, letture, ascolto	72	7,7	26	11,3	29	6,2	15	7,2	14	6,0
Categoria 7 gioco, divertimento	63	6,7	42	18,3	25	5,3	11	5,3	6	2,6
Categoria 8 lavoro di gruppo, senso di appartenenza, cooperazione, peer education	135	14,4	12	5,2	78	16,6	25	12,0	26	11,1
Categoria 9 fase operativa, attività pratica, laboratori, realizzazione, sperimentazione, applicazione, esercizi, creatività	96	10,2	18	7,8	44	9,4	18	8,7	23	9,8
Categoria 10 attività alternative, musica, film, sport, uscite didattiche, tecnologie	73	7,8	28	12,2	29	6,2	16	7,7	14	6,0

Tabella 2: Fasi dell'attività didattica in cui si evidenziano emozioni positive

Potrebbe indicarmi quali sono le fasi dell'attività didattica in cui evidenzia emozioni positive da parte dei suoi alunni e quelle in cui emergono maggiormente emozioni negative?

EMOZIONI NEGATIVE QUANDO ...

	Tutti gli ordini di scuola		Infanzia		Primaria		Secondaria I grado		Secondaria II grado	
Numero di docenti	1021		121		445		201		254	
Docenti che hanno risposto	715		74		315		146		180	
Risposte totali (più risposte dallo stesso docente)	844		89		374		177		261	
CATEGORIA SIGNIFICATO	freq.	%	freq.	%	freq.	%	freq.	%	freq.	%
Categoria 1 verifiche valutazione	316	37,4	7	7,9	119	31,8	81	45,8	109	41,8
Categoria 2 apprendimento passivo, poco coinvolgimento, demotivazione, disinteresse	89	10,5	10	11,2	33	8,8	15	8,5	131	11,9
Categoria 3 arrivo, prima fase	19	2,3	8	9,0	5	1,3	1	0,6	5	1,9
Categoria 4 conflitti tra pari, emarginazione	85	10,1	7	7,9	49	13,1	14	7,9	15	5,7
Categoria 5 disagio personale, imbarazzo, paura di sbagliare, ansia	53	6,3	7	7,9	24	6,4	15	8,5	7	2,7
Categoria 6 difficoltà, errore, insuccesso, problem solving	106	12,6	10	11,2	57	15,2	21	11,9	18	6,9
Categoria 7 rimprovero, rispetto delle regole	24	2,8	6	6,7	9	2,4	7	4,0	2	0,8
Categoria 8 noia ripetizioni, stanchezza, fase finale, attesa, tempi morti, routine, staticità	55	6,5	17	19,1	23	6,1	6	3,4	9	3,4
Categoria 9 consegne, compiti a casa, impegno, produzione	84	9,8	11	12,4	47	12,6	15	8,5	10	3,8
Categoria 10 momenti liberi, gioco libero	14	1,7	6	6,7	8	2,1	0	0,0	0	0,0

Tabella 3: Fasi dell'attività didattica in cui si evidenziano emozioni negative

2.4 Le competenze del docente per coinvolgere emotivamente gli alunni

Il quarto punto della nostra elaborazione dei risultati va a toccare le competenze che il docente deve possedere, secondo il campione in questione, per realizzare un'azione didattica efficace e coinvolgere emotivamente gli alunni. Le domande del questionario che rientrano in questo punto sono state estratte da un questionario analogo proposto in un volume riguardante la dimensione emozionale come risorsa per la formazione (Stefanini, 2013).

Innanzitutto è stato chiesto ai docenti del campione di stabilire un ordine di importanza tra sette competenze di cui cinque rientrano in quelle che vengono riconosciute come competenze emotive (Goleman 1995). Le risposte a questa domanda sono state solo 312 e, pur nella consapevolezza della bassa validità di questo dato, indichiamo l'ordine ricostruito per le sette competenze ottenuto rielaborando i dati in Excel:

- 1 Capacità empatica nelle relazioni
- 2 Motivazione
- 3 Competenza metodologica e didattica
- 4 Competenza nell'area tematica di insegnamento
- 5 Abilità Sociali
- 6 Consapevolezza di sé
- 7 Padronanza di sé

Abbiamo, poi, proposto ai docenti rispondenti al questionario una serie di competenze, personali, sociali e professionali, su cui riflettere, chiedendo di indicarne l'importanza, utilizzando come scala di valore nulla/poco/abbastanza/molto/estremamente. In Tabella 4 sono riportati, per ciascuna competenza indicata, la moda, come indice di tendenza della distribuzione di frequenza, e lo squilibrio, come indice di dispersione. Come sintetizzato in tabella, le competenze indicate sono state considerate in un range di importanza che va da "abbastanza" a "estremamente" a "molto" se non per le due voci "trasmettere autorità" ed "esprimere rigidità in situazioni critiche" dove la risposta maggiormente espressa è stata "per nulla".

Infine ai docenti del campione sono state chieste delle opinioni conclusive per cercare di indagare ulteriormente sulle competenze necessarie per portare avanti un lavoro in aula consapevole delle emozioni che entrano in gioco. Riportiamo in Tabella 5 le opinioni e la distribuzione di frequenza delle risposte anche in questo caso espressa con l'indice di tendenza moda e l'indice di dispersione squilibrio. Tutte le affermazioni hanno trovato in totale accordo la maggior parte dei nostri docenti con percentuali anche dell'80% circa e ciò fa emergere ancor più l'importanza attribuita alle emozioni dal nostro campione di docenti e la convinzione che coinvolgere emotivamente gli alunni, facendoli sentire importanti e valorizzati, aumenta la loro motivazione ad apprendere.

Indichi quanto è importante, secondo lei, ciascuna delle seguenti competenze. Essere in grado di..	INDICE DI TENDENZA CENTRALE: MODA	INDICE DI DISPERSIONE: SQUILIBRIO
1. Riconoscere le proprie emozioni e i loro effetti sugli altri	Estremamente	0,34
2. Conoscere i propri punti di forza e di debolezza	Molto	0,35
3. Esprimere sicurezza di se, delle proprie potenzialità e capacità	Molto	0,31
4. Trasmettere fidatezza nelle azioni e nelle relazioni	Estremamente	0,3
5. Adattarsi alle situazioni ed essere flessibili nella gestione del cambiamento	Estremamente	0,35
6. Sentirsi a proprio agio e mettere gli altri a proprio agio	Estremamente	0,35
7. Dimostrare prontezza nel cogliere le occasioni e spirito di iniziativa	Estremamente	0,32
8. Concentrarsi sull'obiettivo anche in presenza di ostacoli o insuccessi	Molto	0,31
9. Dimostrare empatia e interesse attivo per le preoccupazioni degli altri	Estremamente	0,33
10. Riconoscere le dinamiche di gruppo e saperle gestire	Estremamente	0,35
11. Valorizzare le differenze e motivare gli altri, potenziandone le abilità	Estremamente	0,37
12. Trasmettere autorevolezza	Molto	0,28
13. Potenziare il rendimento della formazione con l'uso di tecniche e strumenti adeguati	Molto	0,3
14. Lavorare in team, creando sinergie e fornendo un supporto costruttivo	Molto	0,3
15. Coinvolgere gli studenti facendo leva sulle loro esperienze	Molto	0,32
16. Moltiplicare le possibilità di apprendere secondo stili diversi	Estremamente	0,31
17. Trasmettere autorità	Per nulla	0,25
18. Guidare persone e gruppi	Abbastanza	0,28
19. Mostrarsi direttivo per imporre la disciplina	Abbastanza	0,26
20. Assorbire critiche e osservazioni	Molto	0,26
21. Comunicare con messaggi chiari ed inequivocabili	Estremamente	0,32
22. Promuovere consenso	Abbastanza	0,25
23. Negoziare, mediare, gestire e risolvere le situazioni conflittuali	Estremamente	0,3
24. Esprimere rigidità in situazioni critiche	Per nulla	0,28
25. Riuscire a fornire stimoli adeguati e poi lasciare che gli altri apprendano autonomamente	Molto	0,27

Tabella 4: Competenze del docente, distribuzione di frequenza espressa con indici di tendenza e dispersione

Fornisca la sua opinione alle affermazioni che seguono, esprimendo quanto si ritiene in accordo con esse secondo la scala indicata

1= totalmente in disaccordo; 2= parzialmente in disaccordo; 3 = abbastanza d'accordo; 4 = totalmente d'accordo

AFFERMAZIONI	INDICE DI TENDENZA: AFFERMAZIONI MODA (% di risposte con il valore della moda)	INDICE DI DISPERSIONE: SQUILIBRIO
Quando provo un'emozione, i fatti si imprimono in mente in maniera piu forte e duratura	4 (70%)	0,56
Le emozioni sono alla base di ciascuna nostra esperienza quotidiana, sia personale che professionale	4 (73%)	0,58
Considero uno stimolo le emozioni che mi legano fortemente ad un evento o a un contesto	4 (54%)	0,61
Apprendere efficacemente vuol dire far entrare in gioco tutti i sensi	4 (66%)	0,66
Stimolare le emozioni nella didattica serve a far focalizzare l'attenzione del gruppo e a far apprendere in modo piu veloce ed efficace	4 (65%)	0,68
Se un docente e in grado di stimolare emozioni (con una foto, una storia, musica o un film...) e di guidarle efficacemente, le sue lezioni sono "prestazioni eccellenti"	4 (53%)	0,63
Le emozioni sono contagiose e sono un metodo di comunicazione efficacissimo	4 (58%)	0,43
Quando un docente chiede ai suoi alunni di condividere esperienze personali e di calarle nei contenuti che si stanno trattando, l'apprendimento e piu profondo ed efficace	4 (60%)	0,68
Quando un docente riesce a coinvolgere emotivamente gli alunni, facendoli sentire importanti e valorizzati, aumenta la loro motivazione ad apprendere	4 (86%)	0,51
L'abilita di trasmettere emozioni deve sempre accompagnare, in un docente, la competenza nell'area di insegnamento e la competenza nell'uso di metodi e tecniche per facilitare l'apprendimento	4 (73%)	0,60

Tabella 5: Opinioni sulle emozioni, distribuzione di frequenza espressa con indici di tendenza e dispersione

2.5 La formazione docente sugli aspetti neurobiologici ed emotivo motivazionali

Ultimo passaggio nella rielaborazione dei risultati riguarda la formazione docente sulle tematiche proposte. Si è quindi innanzitutto chiesto ai docenti rispondenti se hanno seguito corsi inerenti le emozioni e l'apprendimento e quindi se in qualche modo erano a conoscenza delle tematiche del questionario ed è risultato, come mostra il grafico in figura 6, che solo il 40% dei docenti del campione aveva seguito corsi su tali argomenti mentre più della metà (circa il 60%) no.

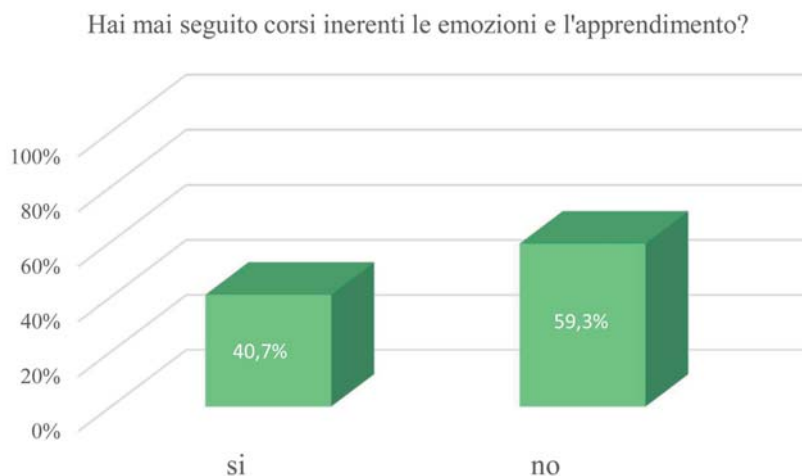


Figura 6: Corsi di formazione seguiti sull'argomento

A questo punto i docenti sono stati interrogati sull'utilità di seguire un corso su tali tematiche per migliorare la propria attività didattica e, come mostra il grafico in Figura 5, il 70% circa dei docenti lo ritiene utile, una percentuale bassissima di docenti non ritiene invece possa averne vantaggio, e un 30% circa non è stato in grado di dare una risposta chiara ritenendo di doverci pensare ancora su.

Ritiene possa essere utile per la sua attività didattica seguire un corso su tali tematiche?

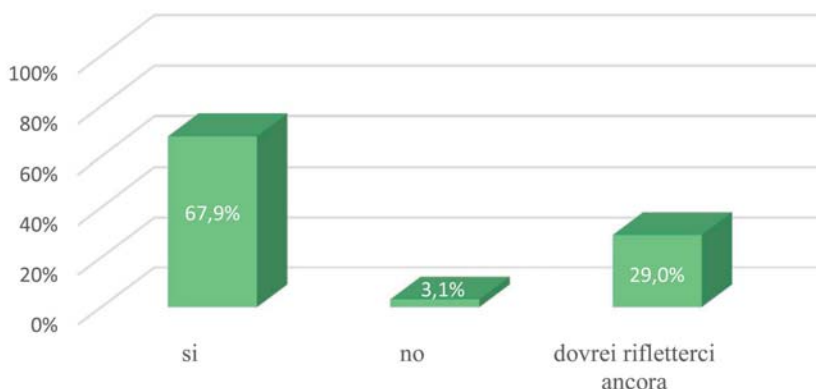


Figura 7: Utilità di formazione sull'argomento

In ultima battuta si è chiesto ai docenti, relativamente alla formazione su queste tematiche, se a loro avviso sarebbe necessario avvalersi di figure specifiche che possano gestire, indirizzare e considerare le emozioni di ciascun alunno o pensano sia più utile che tutti i docenti ricevano una formazione opportuna. Come si evidenzia dalla figura 7, l'80% dei docenti rispondenti ritiene che tutto il corpo docente sia chiamato a ricevere una formazione specifica e quindi a possedere delle competenze emotive.

Ritiene possa essere utile una figura specifica in aula che si occupi solo di osservare e indirizzare le emozioni della classe o è più opportuno che tutti i docenti siano adeguatamente formati?

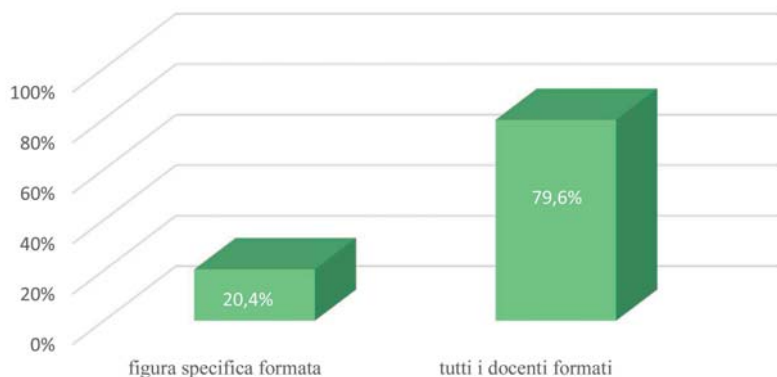


Figura 7: Formazione di figure specifiche o formazione di tutti i docenti

3 Conclusioni

La nostra ricerca parte dagli studi delle neuroscienze e delle scienze cognitive che hanno dimostrato le interconnessioni tra percezione, azione, emozione e cognizione e il loro ruolo determinante nell'apprendimento efficace. Le recenti teorie sullo sviluppo cognitivo si fondano su un concetto sistemico di apprendimento e le neuroscienze descrivono il cervello come un sistema complesso in cui le esperienze e le relazioni con l'ambiente modificano strutture e funzioni. In riferimento a una prospettiva maturazionale dello sviluppo, la letteratura riconosce alla stimolazione didattica dei docenti una funzione potenziante o depotenziante concreta, nei suoi effetti di "plasticizzazione cerebrale" e conseguente modificazione delle funzioni e dei funzionamenti cognitivi degli alunni (Lucangeli, 2013). Alla base del successo formativo e scolastico c'è la relazione empatica (Mason, 2013). Le dimensioni emotive ed empatiche svolgono un ruolo centrale, in senso positivo o negativo, anche oltre la scuola. Le neuroscienze dimostrano il legame tra emozione e cognizione anche per quanto riguarda i processi decisionali e lo sviluppo delle competenze generali; i processi emotivi sono necessari per potere usare le conoscenze e le abilità nella vita reale, in quanto rappresentano una sorta di timone che guida il giudizio e l'azione (Immordino-Yang, Damasio, 2007).

Lev Vygotskij ha dato uno dei contributi maggiori alla comprensione dei processi d'apprendimento in ambito scolastico. E' stato infatti lo psicologo sovietico a osservare come lo sviluppo dell'intelligenza non avvenga per effetto di dinamiche esclusivamente interne, ma attraverso l'interazione tra individuo e ambiente (Vygotskij, 2001). L'apprendimento è definito da Vygotskij come un cambiamento pervasivo, cioè come un cambiamento qualitativo o di struttura. Imparare, infatti, significa passare da ciò che si è potenzialmente in grado di fare a ciò che si è effettivamente capaci di fare (potenziamento della zona di sviluppo prossimale).

Le neuroscienze confermano quindi, da un punto di vista organico, anatomico-funzionale, ciò che altri approcci (pedagogico, filosofico, psicoanalitico) avevano da tempo messo in luce, attribuendo un ruolo centrale alla didattica: l'intervento didattico può essere interpretato come un intervento di aiuto o di danno allo sviluppo e all'apprendimento degli allievi in grado di modificare efficacemente le funzioni basali coinvolte negli apprendimenti.

Gli insegnanti, chiamati a gestire le molteplici criticità delle classi attuali, hanno la necessità di essere consapevoli delle implicazioni che le diverse scelte teoriche e metodologiche compiute

comportano e dei modelli scientifico-culturali che le sottendono. Si ritiene quindi fondamentale mettere a conoscenza dei docenti i nuovi modelli neurodidattici basati sulla valorizzazione delle dimensioni corporee ed emotive allo scopo di migliorare i processi di insegnamento-apprendimento in aula.

È bene precisare che la conoscenza dei meccanismi neurobiologici e neuropsicologici alla base dei processi di apprendimento per i docenti non può essere scontata e non deve tradursi in uno sconfinamento disciplinare che confonde ruoli e funzioni: l'insegnante non fa diagnosi e non interpreta funzionamenti profondi ma descrive comportamenti osservabili, così come non fa interventi riabilitativi o terapeutici, bensì abilitativi ed educativi (Damiani, 2015). Tuttavia, poiché le scoperte e le conoscenze delle neuroscienze costituiscono presupposti così significativi e potenti da premere l'acceleratore della fase di cambiamento della scuola, risulta indispensabile che gli insegnanti si posizionino entro questo nuovo scenario, dando voce alle loro esperienze per contribuire attivamente alla sua costruzione e per riflettere sui possibili vantaggi e sui possibili rischi di un cambiamento del sistema scuola in questa direzione. Occorre, infatti, concentrare l'attenzione anche sui percorsi che dalla scuola portano alle neuroscienze, e non soltanto il contrario, al fine di favorire un confronto attivo con i nuovi modelli scientifici e rendere più proficuo il dialogo e la progettazione di interventi "neurodidattici" (cfr. Rivoltella, 2012; Damiani, 2012) o neuroscientificamente orientati, anche alla luce delle conoscenze, delle pratiche e dei contesti autentici di lavoro e di apprendimento di insegnanti e allievi. Lo scenario futuro di tale dialogo non può essere pensato a prescindere da una fecondazione reciproca e bidirezionale tra i due mondi (Damiani, 2015). Risulta fondamentale porre attenzione a non perpetrare la storica "sudditanza" della scuola dai paradigmi medici e psicologici, ma per realizzare ciò è necessario che pedagogisti e insegnanti si impegnino nella costruzione attiva di un ambito di professionalità attualizzato, multiprospettico e dinamico, aperto al confronto interdisciplinare (Damiani, 2015).

La nostra ricerca si colloca entro tale quadro con l'obiettivo di proporre una riflessione sulla necessità di attualizzare e migliorare la didattica a partire dalla conoscenza e dalla valorizzazione di alcune fondamentali scoperte delle neuroscienze. Abbiamo ritenuto importante indagare quale fosse la posizione dei docenti italiani rispetto al campo di indagine, come premessa essenziale ad un agire educativo-didattico che si intende mettere in piedi in studi futuri, attraverso la somministrazione di un questionario incentrato sulla dipendenza dei processi apprenditivi da quelli emotivo-motivazionali. L'obiettivo di tale indagine è comprendere il modo in cui viene percepito il rapporto delle emozioni con la formazione e l'apprendimento, rilevare la percezione dei docenti relativamente all'impatto emotivo della propria azione didattica, ed individuare le possibilità di utilizzare le emozioni in aula e delineare un profilo di docente che ne fa uso nel suo agire didattico.

Abbiamo scelto di diffondere il questionario su Internet proponendolo su Facebook, il più grande servizio di social network al mondo, in modo da riuscire a reclutare i partecipanti su scala nazionale e raccogliere i dati in tempi veloci. Abbiamo tenuto conto che gli studi in letteratura dimostrano che Facebook è da considerarsi una valida piattaforma per la ricerca sociale, affermando che gli utenti di Facebook sono sufficientemente eterogenei e che la ricerca condotta attraverso Facebook può produrre risultati che possono essere generalizzati ad una popolazione più ampia (Rife, 2014).

Chiaramente siamo consapevoli che la popolazione presa in esame è formata da docenti con una maggiore sensibilità e interesse verso gli ambiti trattati e quindi non del tutto rappresentativa dell'intero corpo docente del sistema di istruzione e formazione italiano.

Ciò che emerge dalla nostra indagine è che tale popolazione risulta pienamente concorde nel conferire alle emozioni un ruolo fondamentale nell'apprendimento, evidenziando l'importanza di considerare le emozioni nell'agire didattico ma anche l'impossibilità di realizzarlo completamente rilevando (Fig. 1) una necessità di acquisizione di competenze adeguate alla gestione delle criticità quotidiane a scuola (Fig. 7). Il nostro campione di docenti è pienamente concorde (Figura 5) nell'affermare che: se un docente è in grado di stimolare emozioni e di guidarle efficacemente, le sue lezioni sono "prestazioni eccellenti"; che quando un docente chiede ai suoi alunni di condividere esperienze personali e di calarle nei contenuti che si stanno trattando, l'apprendimento è più profondo ed efficace; che stimolare le emozioni nella didattica serve a far focalizzare l'attenzione del gruppo e a far apprendere in modo più veloce ed efficace; che quando un docente riesce a coinvolgere emotivamente gli alunni, facendoli sentire importanti e valorizzati, aumenta la loro motivazione ad apprendere. Sono, quindi, tutti convinti che l'abilità di trasmettere emozioni deve sempre accompagnare, in un docente, la competenza nell'area di insegnamento e la competenza nell'uso di metodi e tecniche per facilitare l'apprendimento (Tabella 4).

Quando, però, chiediamo ai docenti perché ritengono che le emozioni siano importanti, non emerge in modo altrettanto forte la consapevolezza che le emozioni e la cognizione sono due facce della stessa medaglia, fortemente interconnesse fra loro che operano a livelli ancestrali. Non esiste atto della vita psichica che non sia segnato dalle emozioni. Il circuito neurale delle emozioni è la parte più antica e primitiva del nostro cervello. Il cervello è un bollitore biochimico: elabora stimoli e produce onde elettriche che guidano il corpo nell'azione. Tutto questo avviene in modo istantaneo, e continuo. Ma le informazioni elaborate dal cervello non sono solo cognitive. Il cervello riceve stimoli dall'intero ambiente: percepisce non solo le cose dette, ma anche il modo in cui vengono dette, e l'intenzione che governa e determina quel modo. Quando sperimentiamo emozioni, nel nostro cervello si registrano due tipi di picchi: c'è un picco altissimo di breve durata collega-

to a emozioni positive come la gioia e un picco più basso e molto più permanente nel tempo, tipico delle emozioni gravi – come la tristezza, l’ansia, l’angoscia e la paura. Se un alunno, mentre impara, prova paura, il circuito della memoria registrerà, collegandole, sia l’informazione trasmessa sia l’emozione. Se un bambino si sente impotente o inadeguato nei confronti di quanto impara, l’apprendere resterà connesso con il senso di inadeguatezza. In classe, il cervello degli studenti porta “dentro” quel che c’è “fuori”. Il cervello dell’insegnante che fa una lezione frontale, invece, porta “fuori” quello che c’è “dentro”. Nessuno di questi due atti è propriamente creativo: il potere creativo del cervello si esprime nella sua massima potenza nel momento in cui le informazioni che ci sono “dentro” vengono selezionate, connesse tra loro, riconfigurate in nuovo sapere, più ricco e autoprodotta. Questo è vero apprendimento ed è permanente (Lucangeli, 2013).

Tra le mura scolastiche è alto il rischio di vedere realizzato un apprendimento solo passivo e a breve termine, in quanto gli studenti spesso sono sommersi da un’enorme quantità di informazioni che loro dovrebbero “imparare”.

Ma il nostro non è fatto per portar dentro una massa enorme di informazioni, se si trova in questa condizione, il cervello prova malessere. La scuola, mentre pretende che gli studenti “imparino”, non fornisce loro nessuno strumento e nessun sostegno per “imparare”, cioè per gestire in modo sano e produttivo le informazioni che elargisce in maniera intensiva e incessante. C’è la necessità di avere maggiore consapevolezza di tutto questo e considerare le variabili cognitive messe in gioco dai metodi d’insegnamento tradizionali.

Dai risultati della nostra indagine è possibile constatare come i docenti del campione riconoscano nelle loro classi le emozioni positive e negative che entrano in gioco, come esse possono essere stimulate e fatte emergere mediante l’uso di alcune strategie didattiche e le diverse fasi che si accompagnano ad emozioni positive e ad emozioni negative.

Le prime dieci emozioni che emergono nelle classi, secondo i docenti rispondenti al nostro questionario, sono emozioni positive quali la gioia, la sorpresa, l’amore, la fiducia e il divertimento ma anche negative come la paura, la vergogna, la tristezza, la collera e l’ansia (Figura 2). Importante è riconoscere queste emozioni e soprattutto individuare come e in quali momenti dell’agire didattico queste emozioni entrino in gioco.

Il docente si trova ad orientarsi fra una miriade di strumenti (visivi, audiovisivi, tecnologici...), di metodi (Action Learning, metodi autobiografici, lavoro di gruppo...), di tecniche legate ai metodi prescelti (di gestione d’aula, di animazione, di gruppo...), di metodologie e attività possibili (cinema, teatro, sport, uscite e visite guidate...), di metodologie attive di formazione basate sull’esperienza (Outdoor Training, Adventure, Orienteering e approcci metaforici...), in aula ed oltre l’au-

la. Abbiamo quindi chiesto ai nostri docenti di indicare quali di questi strumenti più di altri utilizzano nella loro didattica e soprattutto con quali di essi percepiscono di stimolare emozioni positive negli alunni. Si può riscontrare che le strategie a cui i nostri docenti maggiormente ricorrono sono strategie incentrate sulle emozioni, che più permettono di esprimersi direttamente e mettersi in gioco in prima persona dando importanza ai richiami al vissuto e all'apprendimento esperienziale, come all'apprendimento cooperativo e quindi all'imparare con gli altri, attraverso gli altri e in sinergia con gli altri (Fig. 4).

Dalla riflessione sulle diverse fasi didattiche associate ad emozioni positive ed emozioni negative, emerge ancor più la consapevolezza dei docenti dell'importanza della dimensione emotiva ed empatica, in senso positivo ma anche negativo e di quanto possa influenzare positivamente, ma anche e soprattutto negativamente, l'efficacia dell'agire didattico in classe.

I momenti positivi sono individuati nelle fasi di presentazione di nuovi argomenti e di partecipazione attiva e coinvolgimento diretto degli alunni, mettendo in luce quanto toccare l'interesse, la curiosità, il riconoscersi in ciò che si fa, diventi stimolo e motivazione trainante all'apprendimento valido e efficace. Si conferma, anche in questo tratto riflessivo, quanto conta il lavoro di gruppo e il senso di appartenenza alla classe e quindi quanto le fasi didattiche che permettono la realizzazione di questo tipo di strategie richiamino positività negli alunni. Imparare dal fare, mettersi in gioco in prima persona, avere la possibilità di condividere esperienze e di personalizzare i contenuti appresi, come anche vedersi apprezzati, gratificati e consolidati attraverso feedback positivi rappresentano le altre fasi didattiche che per il nostro gruppo di docenti si associano ad emozioni positive (Tabella 2).

Dall'altro lato ritroviamo le emozioni negative, quelle che più destano preoccupazione e dovrebbero essere gestite, controllate ed evitate. Ebbene, i docenti che hanno risposto al questionario individuando nei momenti di verifica e valutazione il principale momento scolastico di negatività. Sentimenti negativi sono associati anche alle fasi poco coinvolgenti, ai momenti di insuccesso e di difficoltà e ai conflitti tra pari ricalcando il perfetto rovescio di ciò che richiama emozioni positive (Tabella 3).

Quando le emozioni, anziché funzionare da circuito di aiuto, vanno in cortocircuito disfunzionale, cioè diventano elementi che non ci consentono di funzionare bene, avviene quello che viene definito cortocircuito emozionale: le emozioni generano una sofferenza tale per cui si entra in un rischio e ci si blocca (Lucangeli, 2013). Riflettere sul perché alcuni momenti della vita a scuola portino ansia, paura, senso di colpa e di inadeguatezza negli alunni, spinge ad una rivalutazione di ciò è stata la didattica fino ad oggi.

È importante porre molta attenzione ai meccanismi che nascono negli alunni quando si sentono giudicati e provano disagio e paura verso l'insuccesso ed è importante che chi giudica non attribuisca a chi è giudicato l'unica responsabilità dell'errore.

Educare attraverso l'emozione della colpa e della paura è molto rischioso perché manda sempre in cortocircuito. Ecco perché è importante che l'insegnante si svincoli dalla categoria del giudizio, nel quale è stato relegato dal sistema educativo basato sulla valutazione quantitativa, uscendo quindi da quella dimensione giudicante che trasmette paura (del voto, dell'errore, etc.), senso di colpa, di incapacità. Il docente dovrebbe invece essere in grado di educare attraverso emozioni antagoniste a quelle negative: alla noia contrapporre la gioia, l'allegria, il piacere di fare una cosa e alla paura contrapporre l'incoraggiamento, la gratificazione, lo sviluppo dell'autostima (Margalit, 2016). Il giusto atteggiamento che i docenti dovrebbero assumere è riconoscere l'errore, ma proporre una via d'uscita, incoraggiare a uscire dall'errore e ad analizzare la situazione. Bisogna, quindi, promuovere un ottimismo prospettico e superare l'idea che è difficile modificare le cose che non vanno. Fondamentale è sfruttare i meccanismi di intersoggettività comunicativa (sguardo e sorriso) e lavorare sulla motivazione. Bandura parla di "Flow motivazionale" che rappresenterebbe la condizione ottimale da promuovere, in cui si è completamente immersi e coinvolti in un'attività (Bandura, 2001). I docenti sono chiamati ad applicare una alleanza educativa con gli alunni e quindi per aiutare i loro ragazzi, devono lavorare sulla sofferenza, perché alla memoria del dolore bisogna rispondere cambiando l'atteggiamento che lo ha determinato.

Se ci si domanda perché l'insuccesso scolastico è così alto e tende ad aumentare avanzando nei livelli di studio, la risposta non è biologica, ma psicologica. La scuola impone sempre più strettamente percorsi che costruiscono l'immagine dello studente, in particolare la valutazione determinando il noto fenomeno dell'impotenza appresa, una sindrome psicologica che blocca i meccanismi neurobiologici dell'apprendimento, inceppandone le normali modalità di espressione. Si tratta dell'unico meccanismo capace di contrastare il normale funzionamento della funzione biologica. Ciò in quanto l'apprendimento è ostacolato da una funzione biologica in conflitto con esso: la paura. L'impotenza appresa è dunque un meccanismo alimentato dalla paura, la paura di sbagliare che cresce insieme al senso di inadeguatezza che colpisce i "cattivi studenti" nel momento in cui sono sottoposti a test. Ridurre l'insuccesso scolastico e adottare strategie efficaci di potenziamento si lega perciò alla possibilità di costruire esperienze di benessere. Ne *Il diritto di sbagliare* (1978, 1982), Susan Harter ha descritto il principio di sfida ottimale, cioè un obiettivo scolastico che si collochi a debita distanza tra l'assenza di sfida (noia) e il suo eccesso (ansia) (flow cognitivo). Costruire esperienze di flusso per gli studenti, vuol dire abbattere l'insuccesso scolastico, realizza-

re gli obiettivi scolastici e creare benessere: facilitare, infatti, non vuol dire “aiutare”. Questa è la teoria della warm cognition della prof.ssa Lucangeli, letteralmente tradotta come “emozione calda”, che vuole fare in modo di tracciare gli apprendimenti con delle emozioni positive e instaurare un’alleanza con l’alunno, in cui l’errore è il nemico da sconfiggere.

Accogliere la sfida che le neuroscienze lanciano alla scuola contemporanea e mettere in piedi una didattica che tenga completamente conto delle emozioni non è così semplice ed immediato e noi siamo convinti sia necessario intervenire sulla formazione dei docenti, in modo tale che essi possano acquisire una piena competenza emotiva che gli permetta di stimolare quei fattori predittivi positivi per il successo scolastico come la motivazione allo studio, la gratificazione, il senso di autoefficacia, e fortificare la predisposizione delle esperienze di apprendimento. Dalla nostra indagine, si rileva che più della metà dei docenti rispondenti al questionario, non ha affrontato nel percorso formativo tematiche inerenti i processi neuroscientifici di apprendimento (Fig.6) e pertanto si dichiara la disponibilità ad approfondire quegli aspetti neuroscientifici implicati nel fare scuola (Fig.7) che permettano di comprendere l’influenza delle emozioni nei processi di insegnamento e di apprendimento e forniscano input importanti al proprio agire didattico (Fig.8). E’ in questa la ricerca pedagogica e didattica dovrebbe proseguire ed è in questa direzione che intendiamo sviluppare la nostra ricerca in studi futuri.

Ringraziamenti

Il conseguimento di un titolo è il completamento di un percorso, la definizione di un tempo che ha rappresentato un passaggio di vita... e così, il diploma, la laurea, l'abilitazione all'insegnamento, non rappresentano il momento in sé ma tutto il trascorso che ha portato a quel traguardo...

pensare a questo dottorato per me significa tantissimo perché in questi anni si sono concentrati e intensificati tratti che mi identificano in quella che sono oggi... questo dottorato è stato una sfida e forse avrei potuto concluderlo in molto meno tempo e dedicarmi a questa ricerca con più linearità, ma non sarebbe stato lo stesso, non avrei raggiunto la stessa consapevolezza di oggi, non avrei fatto tante esperienze di vita in più, non avrei lavorato con tanti ragazzi e colleghi e preso da ognuno qualcosa di unico, non avrei incontrato le persone importanti che mi hanno lasciato quella sicurezza, quel salto di qualità, quella passione, quel saper "disegnare" le cose, che ha dato più senso a tutto...

e mai avrei pensato di aggiungere, in coda a tanti fatti, un momento così drammatico come la grande guerra pandemica che stiamo vivendo...ebbene anche questo aggiunge significatività...

oggi la fermezza nel riconoscere l'importanza di questo lavoro è maggiore e maggiore è la voglia di trasferire la mia ricerca in qualcosa di concreto che si traduca nella pratica della vita tra i banchi...essere insegnante per me non è solo un lavoro, è una scelta da portare avanti, una responsabilità, il sentirsi un ruolo e un compito a cui non puoi sottrarti, quasi come essere genitore...

prima di entrare in classe la prima volta, più di dieci anni fa ormai, non sapevo cosa si provasse, poi ho capito cosa doveva scattare, quel colpo di fulmine di cui parlava il professore di Pedagogia della SSIS, "se lo provi sei nel posto giusto" disse e io lo provai...

Luca Refrigeri, il professore di cui parlo, è diventato poi mio relatore in questo percorso di dottorato, è lui che mi ha dato questa grande opportunità e ha creduto in me, ed è per questo che lui, per primo, vorrei ringraziare...un ringraziamento va poi a Florindo Palladino per il suo prezioso e puntuale contributo statistico e scientifico... a Silvia Benavides, gentile collaboratrice della Professoressa Lucangeli, che nel contatto a distanza creato, mi ha fornito spunti di riflessione sul mio studio e su potenziali ricerche future...e a Livia Neri per l'editing del mio lavoro...

ci tengo molto a ringraziare i più di mille docenti che hanno risposto con cortesia e interesse al mio questionario, permettendomi di dare spessore all'indagine condotta...

e certo non posso non ringraziare la mia famiglia, i miei due splendidi Giulio e Simone, mio marito Marco e tutti i miei affetti profondi, la mia grande forza...loro sono il punto di vista da cui mi sono mossa e da cui sempre mi muoverò... sono sicura che questo dottorato non sia la conclusione di un percorso ma l'inizio di un nuovo passaggio di crescita come docente ma anche come persona!

Chiara Tamburrelli

Bibliografia

- Abramson L.Y., Seligman M.E.P e Teasdale J.D. (1978). Learned helplessness in humans: Critique and reformulation, «Journal of Abnormal Psychology», 87, pp. 49-74.
- Adelman, G. (2010) *The Neurosciences Research Program at MIT and the Beginning of the Modern Field of Neuroscience*, Journal of the History of the Neurosciences, Basic and Clinical Perspectives
- Aiello P, Di Tore S., Di Tore P.A., Sibilio M. (2013). “Didactics and Simplicity: Umwelt as a Perceptive Interface”. Education Sciences & Society, 4(1), pp. 27-35.
- Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M. (1968). Human Memory: A proposed system and its control processes, in Spence K.W., Spence J.T., Advances in the Psychology of Learning and Motivation, vol.2, Academic Press, New York.
- Baeteson, G. (1977) *Verso un'ecologia della mente*, Biblioteca Scientifica, Adelphi
- Baldacci, M. (2009) *I profili emozionali dei modelli didattici. Come integrare istruzione e affettività*, FrancoAngeli, Milano
- Battro A., Fischer K. W., Léna P J (2011) *The Educated Brain – Essay in Neuroeducation* Cambridge University Press
- Battro, A. M., Fischer, K. W. and Léna, P J., (2011) *The educated brain*. Essays in Neuroeducation, Cambridge University Press, New York,
- Bayne, S. Ross, J. (2007), The digital native and digital immigrant: a dangerous opposition. Paper presented at the Annual Conference of the Society for Research into Higher Education
- Begg A. (1999). Enactivism and mathematic education. MERGA 22, 68-75.
- Bennet, S., Maton, K., Kervin, L. K., (2008) *The ‘digital natives’ debate: A critical review of the evidence*, British Journal of Education Technology, 5, pp. 775-786
- Bennett MR (1999) The early history of the synapse: from Plato to Sherrington. Brain Res Bull. 15;50(2):95-118.
- Berlucchi G, Buchtel HA, (2009), Neuronal plasticity: historical roots and evolution of meaning, in Exp Brain Res, vol. 192, pp. 307-319
- Berlucchi, G., & Butchel, H. A. (2009). Neuralplasticity: historical roots and evolution of meaning. Experimental Brain Research, 192, 307-319.
- Berry M, Butt AM, WilkinG, Perry VH, (2002) Structure and funtion of glia in the central nervos system, in Greenfield's Neurophatoly. Graham DI and Lantos PL eds. pp. 104-105, London: Arnold
- Berthoz, A. (2012). Semplicità. Tr. it. Codice, Torino 2013
- Best, J. R., & Miller, P.H. (2010). A developmental perspective on executive function. Child development, 81(6), 1641–1660
- Blakemore, S., and Frith, U., (2008) Learning and remembering. In The Jossey-Bass reader on the brain and learning, Wiley, San Francisco, p. 119
- Blandino G., Granieri B.,(1995) *La disponibilità ad apprendere. Dimensioni emotive nella scuola e formazione degli insegnanti*, Raffaello Cortina Editore, Milano
- Bottero E. (2007). *Il metodo di insegnamento*. Milano: Franco Angeli
- Brandimonte, A. (2004). Memoria in Zorzi, M. e Girotto, V. Fondamenti di psicologia generale. Il Mulino, Bologna.
- Brown A. (2003) Axonal trasport of membranous cargoes: a unified perspective. J.Cell Biol 160:817-821

- Brown L., Coles A. (2012). Developing “deliberate analysis” for learning mathematics and for mathematics teacher education: how the enactive approach to cognition frames reflection. *EducStud Math* 80.217–231.
- Bruer, J. T.(2016) Where Is Educational Neuroscience? *Educational Neuroscience Volume 1: 1-12*
- Bruer, J. T., (1997) *Education and the Brain: A Bridge Too Far*, Educational Researcher, Vol. 26, No. 8
- Bruer, J.T. (2003) Learning and technology: A view from cognitive science. In F.O'Neil, Jr. and R.S. Perez(Eds), *Technology applications in education: A learning view* (pp. 159-172) Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Bruner, J.T., (1997) *La cultura dell'educazione*, Feltrinelli, Milano, 1997
- Caine, R. N., & Caine, G. (1995). *Reinventing schools through brain-based learning*. *Educational Leadership*, 52 (7), 43
- Calvani A. (1998). Costruttivismo, progettazione didattica e tecnologie. *Progettazione formativa e valutazione*. Roma: Carocci.
- Cambi F. (2011). Neuroscienze e pedagogia: quale rapporto? *Studi sulla formazione*, 1, 19-25.
- Cambi, F. (2001). *La pedagogia generale oggi: problemi di identità*. Milano, La Nuova Italia
- Caruana, F., Borghi, A. M. (2013). Embodied Cognition: una nuova psicologia. *Giornale Italiano di Psicologia*, DOI: 10.1421/73973.
- Choquet, D, Triller, A. (2013) The dynamic synapse. *Neuron*80, 691–703
- Coin, F. (2013) Didattica enattiva: cos'è e cosa può fare Enactive teaching: What it is and what can do *Formazione & Insegnamento XI -4*
- Colella V. (2000). Participatory Simulations: Building Collaborative Understanding Through Immersive Dynamic Modeling. *The Journal Of The Learning Sciences*, 9(4), 471–500.
- Conway, M.A., Holmes, E.A. (2005). Autobiographical Memory and the Working Self, in Braisby, N.R., Gellatly, A.R.H. (eds.), *Cognitive Psychology*, Oxford University Press
- Cornoldi, C., (2011) *Le basi cognitive dell'intelligenza*, *Giornale Italiano di Psicologia*
- Damasio A.R. (1994), *Descartes' error. Emotion, reason and the human brain*. (trad. it. L'errore di Cartesio. Emozione, ragione e cervello umano. Adelphi. Milano 1995).
- Damasio, A. (1994). L'errore di Cartesio. Emozione, ragione e cervello umano. Tr. it. Adelphi,
- Damasio, A., (2012), *Il sé viene alla mente*, Adelphi, Milano
- Danesi, M. (1988). *Studies in Heritage Language Learning and Teaching*. Toronto: Centro Canadese Scuola e Cultura Italiana 11.
- Davis et al. (2000). *Engaging Minds: Learning and Teaching in a Complex World*. Mahwah: Lawren Erlbaum Associates.
- Debesse, Mialaret, (1971-1980) *Trattato delle scienze pedagogiche vol I* Roma:Armando
- Di Tore S., Fulgione M., Sibilio M. (2014). “Dislessia e Videogames: Il Potenziale Didattico dei Videogiochi”. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(23), pp. 1165-1171.
- Doidge N. (2007). *The Brain That Changes Itself: Stories of Personal Triumph from the Frontiers of Brain Science*. New York: Penguin Group.
- Ellis, J.A. (1996). Prospective memory or the realization of delayed intentions: A conceptual, framework for research. In M. Brandimonte, G.O. Einstein, M.A. McDaniel (a cura di), *Prospective memory: Theory and applications*, 1-21
- Eriksson PS, et all. (1998), *Neurogenesis in the adult human hippocampus*. *Nature Medicine* volume 4, pages 1313–1317

- Farisco, M., (2012) *Filosofia delle Neuroscienze*, Edizioni Messaggero, p. 36
- Feuerstein, R., Falik, L. H., Feuerstein, R. S., Cagan, A., Yosef, L., Rosen, S., et al. (2012). Cognitive enhancement and rehabilitation for the elder population: application of the Feuerstein Instrumental Enrichment Program for the elderly. *Life Span and Disability*, 15(2), 21-33.
- Feuerstein, R., Feuerstein, R. S., Falik, L., & Rand, Y. (2006). *The Feuerstein Instrumental Enrichment Program*. Gerusalemme: ICELP Publication
- Feuerstein, R., Yacov, R., & Rynders, J. E. (1988). Don't accept me as I am. Helping "retarded"
- Feuerstein, R., Yacov, R., & Rynders, J. E. (1988). Don't accept me as I am. Helping "retarded" people to excel. New York: Springer US.
- Seung S., (2013) *Connettoma. La nuova geografia della mente* traduzione di Silvio Ferraresi, Codice Edizioni, pp. 385.
- Fischer, K. W., (2009) *Mind, Brain, and Education: Building a Scientific Groundwork for Learning and Teaching*. *Mind, Brain, and Education*, vol. 3 – num. 1
- Frauenfelder E. (2001). *Pedagogia e biologia: una possibile alleanza*. Napoli: Liguori.
- Frauenfelder E., Santoianni F. (2002). *Le scienze bioeducative*. Napoli: Liguori.
- Frauenfelder E., Santoianni F. (2002). *Le scienze bioeducative*. Napoli: Liguori.
- Frauenfelder E., Rivoltella P.C., Rossi P.G., Sibilio M. (2013). "Bio-education, simplicity, neuroscience and enactivism. A new paradigm?". *Education Sciences & Society*, 4(1), pp. 11-25.
- Frauenfelder E., Santoianni F., Striano M. (2004), *Introduzione alle scienze bioeducative*, Laterza, Roma-Bari
- Frauenfelder E., Santoianni F., Striano M. (2004). *Introduzione alle scienze bioeducative*. Roma-Bari: Laterza.
- Frauenfelder, E. e Santoianni, F., (2002), *Le scienze bioeducative. Prospettive di ricerca*, Liguori Editore, Napoli, pp. 65-66
- Frauenfelder, E. et. all.(2004). *Introduzione alle scienze bioeducative*, Roma-Bari, Laterza.
- Frauenfelder, E., (1983) *La prospettiva educativa tra biologia e cultura*, Liguori Editore, Napoli, , pp. 37-38
- Freedberg P (2006) *Health Care Barriers and Same-Sex Intimate Partner Violence: A Review of the Literature*, *Journal of forensic nursing* 2(1):15-24, 41
- Gallese , (2007), *Dai neuroni specchio alla consonanza internazionale*, in *Rivista di Psicoanalisi* LIII 1, 197-208
- Gallese .V. (2005). *Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience*. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4 (1).
- Gallese, V. (2006). *Intentional attunement: A neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism*. *Cognitive Brain Research*, 1079, 15–24.
- Gallo, B. (2003) *Neuroscienze e apprendimento*, Elissi, Manuali di scienze psicosociali, p. 208
- Garbarini F., Adenzato M. (2004). *At the root of embodied cognition: Cognitive science meets neurophysiology*, *Brain and Cognition* 56, 100–106.
- Gay G., Hembrooke H. (2004). *Activity-centered Design: An Ecological Approach to Designing Smart Tools and Usable Systems*. Cambridge: MIT Press.
- Gazzaniga, M.S., Ivry R.B., Mangun G. R, (2005) *Neuroscienze cognitive*, Seconda edizione italiana condotta sulla quarta edizione americana, Trad. di A. Zani, A. Mado Proverbio, Zanichelli
- Geake, J, (2008) *Neuromythologies in education*, *Educational Research*, Vol. 50, No. 2
- Geake, J. G. (2009), *The Brain of School. Educational Neuroscience in the Classroom*. Open University Press, London
- Gilmore, G. K., McCarty, S. E. and Spike, E., (2007) *Symbolic arithmetic knowledge without instruction*, *Nature* 447: 589-91

- Girelli, C. (1999) *Costruire il gruppo. La dimensione socio affettiva nell'esperienza scolastica*, Editrice La Scuola, Brescia
- Glasser M.F., et al, (2016) "The Human Connectome Project's neuroimaging approach," *Nature Neuroscience*
- Glenberg A.M., Kaschak M.P (2002). *Grounding language in action*. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9 (3), 558-565.
- Goldberg E. (2002), *The executive brain. The frontal lobes and the civilized mind*. Oxford University Press, New York. (trad..it. *L'anima del cervello*, Utet, Torino 2004).
- Goldember AL 2003 *Protein degradation and protection against misfolded or damaged proteins*. *Nature* 426:895-899
- Hoffmann PN, Lasek RJ (1975) *The slow component of axonal transport: identification of major structural polypeptides of the axon and their generality among mammalian neurons*, *J Cell Biol* 66:351-366
- Peters A, Palay SL, Webster H de F, (1991) *The fine structure of the nervous system*, 3rd ed. New York: Oxford University Press.
- Goldin-Meadow S. (1999). *The role of gesture in communication and thinking*. *Trends in Cognitive Sciences*, n. 3, 419-429
- Goleman D. (1995), *Lavorare con intelligenza emotiva*, BUR Saggi, Milano 2000, p. 40
- Gomez Paloma, F. & Damiani, P (2015). *Cognizione corporea, competenze integrate e formazione dei docenti. I tre volti dell'Embodied Cognitive Science per una scuola inclusiva*. Trento: Centro Studi Erickson.
- Gomez Paloma, F. (2013). *Embodied Cognitive Science. Atti incarnati della didattica*. Roma: Nuova Cultura.
- Goswami U., (2004) *Neuroscience, education and special education*, *British Journal of Special Education* Volume 31, Issue 4
- Harvey L. et al., (1996) *Molecular Cell Biology*, De Gruyter,
- Hawrylycz M., et al., (2015) "Canonical genetic signatures of the adult human brain," *Nat Neurosci*, 18 1832-44.
- Herrmann, U. (2006) (a cura di), *Neurodidattik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen*. Beltz Verlag, Weinheim und Basel.
- Holton D. (2010). *Embodied Cognition & Enactivism: Implication for Constructivism & Conceptual Change*.
- Howard-Jones, P, (2009) *Neuroscience, learning and technology* (14-19), Becta
- Howard-Jones, PA (2007), *Neuroscience and education: Issues and opportunities*, A Commentary by the Teaching and Learning Research Programme. London: TLRP
- Hultsch, D. F., Hertzog, C., Small, B. J., & Dixon, R. A. (1999). *Use It or Lose It: engaged lifestyles as a buffer of cognitive decline in aging*. *Psychology and Aging*, 14 (2), 245-263.
- Ianes, D., (2013). *Alunni con BES- Bisogni Educativi Speciali. Indicazioni operative per promuovere l'inclusione scolastica sulla base della DM 27.12.2012 e della Circolare Ministeriale n. 8 del 6 marzo 2013*. Trento: Erickson.
- Immordino-Yang, M. H., (2008) *The smoke around mirror neurons: goals as sociocultural and emotional organizers of perception and action in learning*, *Mind, Brain and Education*, vol. 2, number 2, pp. 67-73,
- Immordino-Yang, M.H., (2017), *Neuroscienze affettive ed educazione*, Raffaello Cortina Editore, Milano
- Kandel E. R, Schwartz J.H., Jessel T.M., Siegelbaum S.A., Hudspeth A.J., (2015) *Principi di Neuroscienze*, quarta edizione italiana sulla quinta edizione inglese, Casa Editrice Ambrosiana
- Kandell E.R., Schwartz J.H. y Jessell T.M. (2013), *Principi di neuroscienze*, Milano, CEA,
- Kim J. (2010). *Essays in the Metaphysics of Mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Kleim, J. A., & Jones, T. A. (2008). *Principle of experience-dependent neural plasticity: implication for rehabilitation after brain damage*. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 51 (1), 225-239.

- Lakoff G., Johnson M. (1999). *Philosophy in the Flesh. The Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*. New York: Basic Books.
- Laurillard, D. (2012). *Insegnamento come scienza della progettazione*. Tr. it. Franco Angeli, Milano 2014.
- Le Doux, J. (1996). *The Emotional Brain*. New York: Simon & Schuster, Touchstone (trad. it. *Il cervello emotivo*, Baldini e Castoldi, Milano, 1998).
- Legrenzi, P., Papagno, C., Umiltà, C. (2012). *Psicologia generale. Da cervello alla mente*. Il Mulino, Bologna
- Lesh R., Doerr H. (2003). *Beyond Constructivism*. London: LEA.
- Lev Vygotskij, (2001) *Pensiero e linguaggio. Ricerche psicologiche*, a cura di L. Mecacci, Roma-Bari, Laterza, 1990-nona edizione del 2001
- Lowe R. (2004). Interrogation of a dynamic visualization during learning. *Learning and Instruction*, 14, 257–274
- Lucangeli D., (2006), Cosa si intende per disturbi e difficoltà dell'apprendimento. In (A cura di) Lucangeli D., Dupuis M., Genovese E., Rulli G. *L'apprendimento difficile. La percezione dei disturbi e delle difficoltà a scuola, indagine pilota nella scuola primaria e secondaria di I grado*. Quaderni del Centro nazionale di documentazione e analisi per l'infanzia e l'adolescenza, Quaderno n° 37
- Lucangeli D., (2011) Orientamento formativo ed educazione affettivo-emozionale a sostegno dell'interesse e della motivazione dello studente: è possibile insegnare a «voler apprendere»? (237-246), in Speranzina Ferraro (a cura di), *Piano Nazionale Orientamento. Risorsa per l'innovazione e per il governo della complessità*, Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione 134-135/2011, Le Monnier.
- Lucangeli D., (2015) 10° Convegno Internazionale “La Qualità dell'integrazione scolastica e sociale”, Trento,.
- Lucangeli, D., & Scruggs, T. E. (2003). Text anxiety, perceived competence, and academic achievement in secondary school students. In T. E. Scruggs & M. A. Mastropieri (Eds.), *Advances in learning and behavioral disabilities* (Vol. 16, pp. 223–230). Oxford, UK:
- Lupien S.J., King S., Meaney M.J., McEwen B.S., (2000) *Child's stress hormone levels correlate with mother's socioeconomic status and depressive state*, *Biological Psychiatry*, , 48, 976–980.
- Macchi Cassia, V., Valenza, E., & Simion, F. (2012). *Lo sviluppo della mente umana. Dalle teorie classiche ai nuovi orientamenti*. Bologna: il Mulino.
- Malabou, C. (2004). *Que faire de notre cerveau?* Paris: Bayard.
- Marcus D.S., et al., (2013) “Human Connectome Project informatics: quality control, database services, and data visualization,” *Neuroimage*, 80 202-19.
- Margalit M. (2016), *Virtual connections, personal resources, loneliness, and academic self-efficacy among college students with and without LD*, *European Journal of Special Needs Education* 31(3):1-15
- Margiotta, U (2014). (a cura di) *Qualità della ricerca e documentazione scientifica in Pedagogia. le Ontologie Pedagogiche*. in Margiotta U., Galliani L. Binanti L.; D'Alonzo M.; Lipoma M., Ellerani PG., Notti A., Lecce, Pensa Editore, vol. 1, pp. 1-217.
- Mariani U., Schiralli R., (2012) *Intelligenza emotiva a scuola. Percorso formativo per l'intervento con gli alunni*, Erickson, Trento
- Markram, H., (2012) *The human brain project*, *Scientific American* Vol. 306, No. 6, pp. 50-55
- Masson S. (2012) *Neuroeducation: understanding the brain to improve teaching* *Neuroeducation*, Volume 1, Number 1

- Maturana H.R., Varela F.J. (1992). *The tree of knowledge: The biological roots of human understanding* (rev. edition). Boston: Shambhala.
- McGaugh, J.L. (2015). Consolidating memories. *The Annual review of Psychology*, 2015,66:1-24
- McGee K. (2006). *Enactive Cognitive Science. Part 2: Methods, Insights, and Potential*, Constructivist Foundations, vol. 1, no. 2, 73-82
- Mesulam M. (2000) Behavioral neuroanatomy: Large-scale networks, association cortex, frontal syndrome, the limbic system, and hemispheric specialization. In Shaw, p., et all. (2006) *Intellectual ability and cortical development in children and adolescents*. Nature, 440, 676-679. Milano 1995
- Minello, R. e Margiotta, (2011)U., Poiein. *La pedagogia e le scienze della formazione*, Pensa MultiMedia, Lecce, p. 227.
- Minogue J., Jones M.G. (2006). Haptics in education: exploring an untapped sensory modality. *Review of Educational Research*, Vol. 76, No. 3, 317–348
- morality. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 56-66.
- Morin E. (1989). *La conoscenza della conoscenza*. Milano: Feltrinelli.
- Orefice P, Sarracino V. (2006). *Cinquant'anni di pedagogia a Napoli: studi in onore di Elisa Frauenfelder*. Napoli: Li guori.
- Ottolini, G., Rivoltella, P.C. (a cura di) (2014). *Il tunnel e il kayak. Teoria e metodo della Peer&Media Education*. Milano: Franco Angeli
- *people to excel*. New York: Springer US.
- Petitto. L.A. (2009). *New Discoveries From the Bilingual Brain and Mind Across the Life Span: Implications for Education*. *International Journal of Mind, Brain and Education* , 3(4), pages 185-197.
- Pettinelli E., (1998) *Immagini funzionali del cervello, Cervello e integrazione delle scienze ed*. Adececu, n. 31,
- Piccolino M., (2008), *Neuroscienze controverse. Da Aristotele alla moderna scienza del linguaggio* Bollati Boringhieri, Saggi. Scienze
- Polito, M. (2000), *Attivare le risorse del gruppo classe. Nuove strategie per l'apprendimento reciproco e la crescita personale*, Erickson, Trento
- Preiss, G. (1998) (a cura di), *Neurodidattik. Theoretische und Praktische Beitrage*. Centaurus Verlag: Herbolzheim
- Prensky, M. (2001) *Digital Natives, Digital Immigrants* , From On the Horizon (MCB University Press, Vol. 9 No. 5
- Proulx J. (2008), *Some differences between Maturana and Varela's Theory of Cognition and Constructivism*, *Complicity: An International Journal of Complexity and Education*, 5, 1, pp. 11-26
- Proulx J. (2008). "Some differences between Maturana and Varela's theory of cognition and constructivism". *Complicity*, 5(1), pp. 11–26.
- Purves, Augustine, Fitzpatrick, Hall, Lamantia, McNamara y Williams., (2013) *Neuroscienze*, Milano, Zanichelli
- Qing Li (2012). *Understanding enactivism: a study of affordances and constraints of engaging practicing teachers as digital game designers*, *Education Tech Research Development* 60, 785–806.
- Quito, Ecuador: Author, DOI:
- Raine CS. (1984) *Morphology of myelin and myelinatino*. In *Myelin*, Morell P ed. New York: Plenum Press
- Ramón y Cajal S.(1995) *Histology of The Nervous System of Man and Vertebrates*. N Swansons (trasl) Vols 1, 2 New York: Oxford Univ. Press

- Ramòn y Cajal S., (1988) Studies on the Human cerebral cortex. IV Structure of the olfactory cerebral cortex of man and mammals. In: J DeFelipe, EG Jones (ed, transl). *Cajal on the cerebral Cortex*, pp. 289-362. New York: Oxford Univ. Press.
- Rife S. C. et al (2014) *Participant recruitment and data collection through Facebook: the role of personality factors* International Journal of Social Research Methodology Kelly RB. (1993) Storage and release of neurotransmitters. *Cell* 72:43-53
- Rivoltella PC. (2012). *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*. Milano: Raffaello Cortina.
- Rivoltella, PC. (2012). *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*. Milano, Raffaello Cortina.
- Rivoltella, PC. (2013). *Fare didattica con gli EAS. Episodi di Apprendimento Situato*. Brescia: La Scuola.
- Rivoltella, PC. (2014). *La previsione. Neuroscienze, apprendimento, didattica*. Brescia: ELS La Scuola
- Rivoltella, PC. (2015). *Didattica inclusiva con gli EAS*. Brescia: La Scuola.
- Rivoltella, PC. (2016). *Che cos'è un EAS. L'idea, il metodo...* Brescia: La Scuola
- Rivoltella, PC. (2017). *Tecnologie di comunità*. Brescia: ELS La Scuola.
- Rivoltella, PC.. (2018) *La didattica come scienza bioeducativa. Questioni epistemologiche, prospettive di ricerca*, Brain Education Cognition
- Rizzolatti G.- Craighero L. (2004), *The mirror neuron system*, *Ann. Rev. Neurosci*, 27, 169-192
- Rizzolatti G., Craighero L., (2004) *The mirror-neuron system*. *Annual Review of Neuroscience*, , 27, 169-192.
- Rizzolatti G., Sinigaglia C., (2006) *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). *The Mirror-neuron system*. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192
- Rizzolatti, G., Sinigaglia, C. (2006). *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*. Milano: Raffaello Cortina
- Rose, N., (2007) *The Politics of Life Itself. Biomedicine, Power and Subjectivity in the Twenty-First Century*, Princeton University Press, Princeton, p. 188,
- Rossi B., (2004) *L'educazione dei sentimenti. Prendersi cura di sé, prendersi cura degli altri*, Edizioni Unicopli, Milano
- Rossi PG. (2011). *Didattica enattiva. Complessità, teorie dell'azione, professionalità docente*. Milano: Franco Angeli.
- Rossi PG. (2011). *Didattica enattiva*. Milano: FrancoAngeli.
- Rossi PG., Rivoltella PC. (Eds.) (2012). *L'agire didattico. Manuale per l'insegnante*. Brescia: La Scuola.
- Roth W.M. (2001). *Gestures: Their Role in Teaching and Learning*, *Review of educational research*, 71, 365-392.
- Santoianni, F. (2004), *Didattica bioeducativa*, in M.L. Iavarone, F. Sarracino, a cura di, *Le parole chiave della formazione*, Tecnodid, Napoli,
- Sibilio M. (2011). *Ricerche corporeamente in ambito educativo*. Lecce: Pensa Multimedia.
- Sibilio M. (2012). *Corpo e cognizione nella didattica*. In PG. Rossi, PC. Rivoltella, *L'agire didattico. Manuale per l'insegnante* (pp. 329-347). Brescia: La Scuola.
- Sibilio M. (2012). *Corpo e cognizione nella didattica*. In PG. Rossi, PC. Rivoltella, *L'agire didattico. Manuale per l'insegnante* (pp. 329-347). Brescia: La Scuola.
- Sibilio M. (2013). *La didattica semplice*. Napoli: Liguori.
- Sibilio M. (2016). *Il corpo educativo* (pp. 108-119). In L. Perla, M.G. Riva M.G.. *L'agire educativo*. Brescia: La Scuola.
- Sibilio M. (2016). *Vicarianza e didattica. Corpo, cognizione, insegnamento*. Brescia: Editrice Morcelliana.
- Sibilio M., Di Tore S. (2014). "Body, movement and space for a simplex didactics: a pilot study on the realization of a font for Specific Learning Disabilities". *Education Sciences & Society*, 4(2).

- Siegel GJ, Alters RW, Brady S, Price DL (eds) (2005) *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular, and Medical Aspects*, 7th ed. Amsterdam: Elsevier.
- Siegel, D. J. (2012) *La mente relazionale Neurobiologia dell'esperienza interpersonale* Raffaello Cortina Editore
- Cowan, W. M., & Kandel, E. R. (2001). A brief history of synapses and synaptic transmission. In W. M. Cowan, T. C. Sudhof, & C. F. Stevens, *Synapses* (p. 1-87). Baltimore: The John Hopkins University Press
- Singer T (2004) Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*. 20;303(5661):1157-62.
- Small, G. and Alii (2009), *Your brain and google: Patters of cerebral activation durind internet searching*. In *American Journal of geriatric Psychiatry*, Vol. 17
- Sotiropoulos, S.N et al. (2013), "Advances in diffusion MRI acquisition and processing in the Human Connectome Project," *Neuroimage*, 80 125-43.
- Sousa, D. A. (2010). *How science met Pedagogy. Mind, Brain & Education. Neuroscience Implications for the Classroom*. Bloomington: Solution Tree Press
- Sporns O., (2011), *The human connectome: a complex network*
- Sporns O., Tononi G., Kötter R. (2005), *The Human Connectome: A Structural Description of the Human Brain - PlosOne*
- Stefanini, A. (2013) *Le emozioni: Patrimonio della persona e risorsa per la formazione*, Aif - Associazione italiana formatori Franco Angeli 1° edizione pp.240
- Stein, Z., & Fischer, K. W. (2011). Directions for mind, brain, and education: Methods, models, and
- Stern, Y. (2007) *Cognitive reserve*, *Neuropsychologia*, 47(10), 2015–2028.
- Stiles, J. (2000). Neural Plasticity and Cognitive Development. *Developmental Neuropsychology*, 18 (2), 237-272.
- Streidter G., (2005) *Principles of Brain evolution*, pp.217-253. Sunderland, MA:Sinauer.
- Tahirovic S, Bradke F. (2009) Neuronal polarity. *Cold Spring Harb Perspect Biol* 1:a001644
- Thompson E. (2005). Sensorimotor Subjectivity and the Enactive Approach to Experience. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4, 407–427.
- Tokuhamas-Espinosa. (2017). *Mind, Brain and Education science: An international Delphi survey*.
- Tomei, L. (2017). *Psicologia della memoria in Aquilar, F., Pugliese, M. (2017). Condividere i ricordi. Psicoterapia cognitiva e funzioni della memoria*. Franco Angeli Editore
- Trincherò R., (2002), *Manuale di ricerca educativa*, Milano: Franco Angeli.
- Tulving, E. (1972). Episodic and Semantic Memory, in Tulving E. e Donaldson W. (eds.) *Organization of Memory*, Academic Press, New York.
- Valdois, S. (2010). Evaluation des difficultés d'apprentissage de la lecture. *Revue de Linguistique Appliquée*, 15, 89-103.
- Varela F.J., Thompson E.T., Rosch E. (1992). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. MA: MIT Press.
- Vinci V. (2016). Nuove traiettorie di ricerca didattica, atti routinari di insegnamento e dispositivi vicarianti. In: SIBLIO M. *Vicarianza e didattica. Corpo, cognizione, insegnamento* (pp. 151-161). Brescia: Editrice Morcelliana.
- Volume 19- Issue 1
- Young R.M. (1996). The Mind-Body Problem. In R.C. Olby, G.N. Cantor, J.R. Christie, M.J.s. Hodges (Eds.). *Companion to the History of Modern Science*. London: Taylor and Francis, pp. 702-711

Allegato

**Le emozioni, L'apprendimento
e la didattica**

Età *

contrassegna solo un ovale

- Meno di 35
- 35-44
- 45-55
- Più di 55

Sesso *

contrassegna solo un ovale

- M
- F

Regione di residenza *

Titolo di studio *

contrassegna solo un ovale

- Diploma
- Laurea
- Dottorato di ricerca

Posizione *

contrassegna solo un ovale

- Docente in servizio
- Studente Scienze della formazione primaria
- Frequentante TFA
- Frequentante corso 24 CFU
- Docente in pensione

Se docente in pensione, qual è il suo ultimo anno di servizio?

Ordine di scuola *

contrassegna solo un ovale

- Infanzia
- Primaria
- Secondaria di I grado
- Secondaria di II grado

Anni di servizio complessivi (pre-ruolo e in ruolo) *

contrassegna solo un ovale

- Nessuno
- Corrente anno
- dai 2 ai 5
- dai 6 ai 10
- più di 10

Abilitazione all'insegnamento conseguita *

contrassegna solo un ovale

- Laurea ab. in Scienze Formazione primaria
- Idoneità da concorso
- SSIS
- TFA
- PAS
- Diploma magistrale abilitante
- Nessuna (III fascia)
- Altro: _____

Specializzazione Sostegno *

contrassegna solo un ovale

- Sì
- No

[Solo docenti scuola secondaria] **Classe di concorso (attuale denominazione)**

LE EMOZIONI, L'APPRENDIMENTO E LA DIDATTICA

Rifletta sulle emozioni in aula

Il tentativo di contare e identificare le emozioni è stato più volte intrapreso ma non si è giunti ad una classificazione unanimemente accettata. Per Goleman, studioso di fama internazionale nel campo dell'intelligenza emotiva, le emozioni possono essere raggruppate all'interno di otto famiglie principali:

Collera: furia, sdegno, risentimento, ira, esasperazione, indignazione, irritazione, acrimonia, animosità, fastidio, irritabilità, ostilità.

Tristezza: pena, dolore, mancanza d'allegria, cupezza, malinconia, autocommiserazione, solitudine, abbattimento, disperazione.

Paura: ansia, timore, nervosismo, preoccupazione, apprensione, cautela, esitazione, tensione, spavento, terrore, fobia e panico.

Gioia: felicità, godimento, sollievo, contentezza, beatitudine, diletto, divertimento, fierezza, piacere sensuale, esaltazione, estasi, gratificazione, soddisfazione, euforia, capriccio.

Amore: accettazione, benevolenza, fiducia, gentilezza, affinità, devozione, adorazione, infatuazione, agape.

Sorpresa: shock, stupore, meraviglia, trasecolamento.

Disgusto: disprezzo, sdegno, avversione, ripugnanza, schifo.

Vergogna: senso di colpa, imbarazzo, rammarico, rimorso, umiliazione, rimpianto, mortificazione, contrizione.

Pensi alle emozioni in rapporto alla classe e alla sua attività di docente. Ritieni che entrino in gioco nell'apprendimento?

contrassegna solo un ovale

- Sì
- No

Perché *

Può indicarmi le prime 5 emozioni, tra quelle sopra classificate, che emergono nelle sue classi?

Quali di questi strumenti, attività o strategie utilizza più di frequente nella sua pratica didattica?

- Gioco a fini didattici
- Richiami al vissuto
- Drammatizzazione dei contenuti
- Film
- Musica
- Fotografia
- Attività motorie a scopi didattici
- Uscite didattiche
- Televisione
- Internet e web
- Uso delle Immagini
- Learning by doing
- Role Playing
- Brain Storming
- Cooperative Learning
- Peer Education
- Problem Solving
- Altro: _____

Quale, tra quelli indicati, a suo avviso riesce maggiormente ad emozionare positivamente i suoi studenti?

Potrebbe indicarmi quali sono le fasi dell'attività didattica in cui evidenzia emozioni positive da parte dei suoi alunni e quelle in cui emergono maggiormente emozioni negative?

Pensi al ruolo e alle competenze del docente

Quanto a suo avviso un docente deve considerare le emozioni nella sua attività didattica?

contrassegna solo un ovale

Per niente 1 2 3 4 5 Appieno

E quanto nella pratica giornaliera riesce realmente a realizzarlo?

contrassegna solo un ovale

Affatto 1 2 3 4 5 Completamente

Qual è l'ordine di priorità che assegnerebbe alle seguenti competenze del docente?

(1= la più importante, poi a seguire)

	1	2	3	4	5	6	7
Capacità empatica nelle relazioni	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Competenza metodologica e didattica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consapevolezza di sé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Abilità sociali	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Competenza nell'area tematica di insegnamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motivazione	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Padronanza di sé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Indichi quanto è importante, secondo lei, ciascuna delle seguenti competenze. Essere in grado di...

Per nulla Poco Abbastanza Molto Estremamente

	Per nulla	Poco	Abbastanza	Molto	Estremamente
Riconoscere le proprie emozioni e i loro effetti sugli altri	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conoscere i propri punti di forza e di debolezza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Esprimere sicurezza di sé, delle proprie potenzialità e capacità	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trasmettere fidatezza nelle azioni e nelle relazioni	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adattarsi alle situazioni ed essere flessibili nella gestione del cambiamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sentirsi a proprio agio e mettere gli altri a proprio agio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dimostrare prontezza nel cogliere le occasioni e spirito di iniziativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Concentrarsi sull'obiettivo anche in presenza di ostacoli o insuccessi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dimostrare empatia e interesse attivo per le preoccupazioni degli altri	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riconoscere le dinamiche di gruppo e saperle gestire	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valorizzare le differenze e motivare gli altri, potenziandone le abilità	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Per nulla Poco Abbastanza Molto Estremamente

	Per nulla	Poco	Abbastanza	Molto	Estremamente
Trasmettere autorevolezza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Potenziare il rendimento della formazione con l'uso di tecniche e strumenti adeguati	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lavorare in team, creando sinergie e fornendo un supporto costruttivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Coinvolgere gli studenti facendo leva sulle loro esperienze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Trasmettere autorità	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Guidare persone e gruppi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mostrarsi direttivo per imporre la disciplina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Assorbire critiche e osservazioni	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicare con messaggi chiari ed inequivocabili	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promuovere consenso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Negoziare, mediare, gestire e risolvere le situazioni conflittuali	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Esprimere rigidità in situazioni critiche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riuscire a fornire stimoli adeguati e poi lasciare che gli altri apprendano autonomamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fornisca la sua opinione alle affermazioni che seguono, esprimendo quanto si ritiene in accordo con esse secondo la scala indicata

1= totalmente in disaccordo; 2= parzialmente in disaccordo;
3 = abbastanza d'accordo; 4 = totalmente d'accordo

contrassegna solo un ovale

Quando provo un'emozione, i fatti si imprinono in mente in maniera più forte e duratura

1 2 3 4

Le emozioni sono alla base di ciascuna nostra esperienza quotidiana, sia personale che professionale

1 2 3 4

Considero uno stimolo le emozioni che mi legano fortemente ad un evento o a un contesto

1 2 3 4

Apprendere efficacemente vuol dire far entrare in gioco tutti i sensi

1 2 3 4

Stimolare le emozioni nella didattica serve a far focalizzare l'attenzione del gruppo e a far apprendere in modo più veloce ed efficace

1 2 3 4

Se un docente è in grado di stimolare emozioni (con una foto, una storia, musica o un film...) e di guidarle efficacemente, le sue lezioni sono "prestazioni eccellenti"

1 2 3 4

Le emozioni sono contagiose e sono un metodo di comunicazione efficacissimo

1 2 3 4

Quando un docente chiede ai suoi alunni di condividere esperienze personali e di calarle nei contenuti che si stanno trattando, l'apprendimento è più profondo ed efficace

1 2 3 4

Quando un docente riesce a coinvolgere emotivamente gli alunni, facendoli sentire importanti e valorizzati, aumenta la loro motivazione ad apprendere

1 2 3 4

L'abilità di trasmettere emozioni deve sempre accompagnare, in un docente, la competenza nell'area di insegnamento e la competenza nell'uso di metodi e tecniche per facilitare l'apprendimento

1 2 3 4

Riguardo alla sua formazione docente

Ha mai seguito corsi inerenti le emozioni e l'apprendimento?

- Sì
 No

Se sì, quale? In quale percorso formativo?

Quali di questi concetti le risultano nuovi?

- Cortocircuito emozionale
 Connettoma
 Memoria autobiografica
 Warm Cognition
 Neurodidattica
 Embodiment
 Bioeducazione
 Neuroscienze Cognitive
 Mentalità di Crescita

Ritiene possa essere utile per la sua attività didattica seguire un corso su tali tematiche?

- Sì
 No
 Dovrei rifletterci ancora

Se sì, che cosa vorrebbe approfondire di più?

Ritiene possa essere utile una figura specifica in aula che si occupi solo di osservare e indirizzare le emozioni della classe o è più opportuno che tutti i docenti siano adeguatamente formati?
