



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
DIPARTIMENTO DI STUDI UMANISTICI
CORSO DI LAUREA IN FILOSOFIA

TRA PLURALISMO EPISTEMOLOGICO E NEUROSCIENZE.
UNA RIFLESSIONE SULLA SCIENTIFICITÀ DELLA
PEDAGOGIA

Relatrice

Chiar.ma Prof.ssa SELENE ARFINI

Correlatrice

Chiar.ma Prof.ssa DONATELLA SAVIO

Tesi di Laurea di
FEDERICA GIORDANO
matricola 564433

Indice

INTRODUZIONE.....	4
1. LA SCIENTIFICITÀ DELLE DISCIPLINE: FONDAMENTI EPISTEMOLOGICI.....	15
1.1 DEFINIZIONE DI SCIENZA E CRITERIO DI DEMARCAZIONE: DALL'IDEALE EMPIRISTA AL PROBLEMA DELL'INDUZIONE.....	16
1.2 PRINCIPALI CONCEZIONI DI SCIENTIFICITÀ: POPPER, KUHN, LAKATOS E FEYERABEND	22
1.2.1 Karl Popper.....	22
1.2.2 Thomas Kuhn	24
1.2.3 Imre Lakatos.....	28
1.2.4 Feyerabend: la Riflessione Scettica sulla Separazione tra Scienza e Pseudoscienza	31
1.3 COME OPERA LA SCIENZA: SPIEGAZIONE E EVIDENZA	32
1.3.1 Modello Nomologico-Deduttivo: Carl Gustav Hempel	33
1.3.2 Leggi Scientifiche, Causalità e Meccanicismi	34
1.3.3 L'Evidenza nella Scienza	36
2. SCIENZE COGNITIVE E NEUROSCIENZE: CONTRIBUTI E LIMITI PER LA RICERCA EDUCATIVA.....	39
2.1 DA CARTESIO ALLE SCIENZE COGNITIVE	40
2.2 IL COGNITIVISMO: IL MODELLO COMPUTAZIONALE E LA RAPPRESENTAZIONE DELLA MENTE.....	43
2.2.1 LA TEORIA RAPPRESENTAZIONALE DELLA MENTE: FODOR.....	44
2.2.2 Il Connessionismo	45
2.3 OLTRE IL COGNITIVISMO: NUOVE PROSPETTIVE SULLA MENTE.....	47
2.3.1 I Sistemi Dinamici	47
2.3.2 Enattivismo: la Cognizione Incorporata.....	48
2.4 LE NEUROSCIENZE: METODI E LIMITI METODOLOGICI	50
2.4.1 Le Neuroscienze Sono Indirette	56
2.4.2 La Seductive Allure delle Neuroscienze	58

2.4.3 I Neuromiti	60
2.4.4 Il Riduzionismo delle Neuroscienze	63
3. PEDAGOGIA E NEUROSCIENZE: VERSO UN DIALOGO INTERDISCIPLINARE	68
3.1 LA PEDAGOGIA COME DISCIPLINA SCIENTIFICA.....	69
3.1.1 Maria Montessori: Osservazione, Esperienza e Ricerca Educativa.....	71
3.1.2 John Dewey: Educazione, Esperienza e Ambiente Educativo	73
3.1.3 La Scuola di Firenze e il Consolidamento Scientifico della Pedagogia.....	74
3.1.4 I Modelli Epistemologici della Pedagogia Contemporanea.....	76
3.1.5 Il Contributo del Modello Saggistico all'Identità Scientifica della Pedagogia.....	78
3.2 IL DIALOGO TRA PEDAGOGIA E NEUROSCIENZE.....	80
3.2.1 Limiti e Criticità nel Trasferimento delle Evidenze Neuroscientifiche.....	81
3.2.2 Bridging Studies e MBE: Verso un'Integrazione Interdisciplinare.....	84
3.3 LA NEUROEDUCAZIONE COME SPAZIO DI DIALOGO INTERDISCIPLINARE.....	85
3.3.1 Origini, Finalità e Statuto Interdisciplinare della Neuroeducazione	86
3.3.2 La Plasticità Cerebrale	88
3.3.3 Emozioni, Motivazione e Dimensione Relazionale dell'Apprendimento	91
3.3.4 Potenzialità e Limiti della Neuroeducazione	93
CONCLUSIONI.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	97

Introduzione

Il rapporto tra scienza, conoscenza e processi educativi costituisce un terreno di riflessione particolarmente complesso, nel quale convergono questioni appartenenti alla filosofia della scienza, alla pedagogia, alle scienze cognitive e, più recentemente, alle neuroscienze. La progressiva articolazione delle conoscenze relative alla mente e al cervello ha infatti reso sempre più stretto il confronto tra discipline che, pur muovendosi attraverso oggetti, metodologie e livelli di analisi differenti, condividono l'interesse per la comprensione dell'apprendimento e dei processi cognitivi (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). Lo sviluppo delle neuroscienze ha contribuito in particolare ad ampliare le conoscenze relative ai meccanismi neurobiologici implicati nell'apprendimento, nella memoria, nell'attenzione, nella plasticità e nello sviluppo cognitivo, aprendo nuove possibilità di confronto con la ricerca educativa (Rivoltella, 2012). Tale incontro ha progressivamente favorito lo sviluppo di prospettive interdisciplinari, orientate a mettere in relazione le conoscenze provenienti dalle neuroscienze, dalla psicologia e dalla pedagogia, tra le quali assume particolare rilievo la neuroeducazione (ivi).

Il crescente interesse nei confronti del cervello e delle sue relazioni con l'apprendimento non rende, tuttavia, meno importante interrogarsi criticamente sul significato delle conoscenze prodotte dalle neuroscienze e sulle condizioni attraverso cui esse possono entrare in rapporto con l'educazione. I dati neuroscientifici, infatti, non consentono di ricavare automaticamente indicazioni relative all'insegnamento, poiché tra l'osservazione dei processi cerebrali e la complessità della pratica educativa intervengono diversi livelli di interpretazione (Matta, 2021). La classe costituisce un ambiente nel quale agiscono contemporaneamente variabili cognitive, sociali, emotive, culturali e relazionali, che difficilmente possono essere isolate nelle modalità proprie di un contesto sperimentale (ivi). Per questo motivo, la possibilità di costruire un dialogo tra neuroscienze e pedagogia richiede

di evitare sia un rifiuto dei contributi neuroscientifici, sia una loro applicazione immediata e acritica all'ambito educativo (ivi).

Il problema assume una rilevanza ancora maggiore se si considera la particolare autorevolezza che il linguaggio neuroscientifico può acquisire al di fuori del proprio ambito specialistico. Il fenomeno della *seductive allure* mostra come l'introduzione di informazioni neuroscientifiche possa aumentare la percezione di validità di una spiegazione anche quando le informazioni aggiunte non possiedono un effettivo valore esplicativo (Weisberg et al., 2008). A questo fenomeno si collega la diffusione dei neuromiti, cioè interpretazioni semplificate o scorrette di risultati relativi al funzionamento cerebrale che possono essere trasferite anche nei contesti educativi (Howard-Jones, 2014; Dekker et al., 2012). La complessità tecnica delle neuroscienze e la difficoltà di accesso alla letteratura specialistica possono infatti favorire spiegazioni più semplici e intuitive, ma non per questo scientificamente fondate (ivi). I neuromiti mostrano così come il passaggio dalla produzione della conoscenza scientifica alla sua comunicazione e applicazione possa generare distorsioni interpretative e costituiscono, per questa ragione, un problema rilevante anche dal punto di vista epistemologico (Rivoltella, 2012).

La questione del rapporto tra pedagogia e neuroscienze non può quindi essere affrontata semplicemente chiedendosi quali conoscenze sul cervello possano risultare utili per l'educazione. Essa richiede preliminarmente di interrogarsi sullo statuto delle discipline coinvolte e, in particolare, sul significato che si attribuisce al concetto stesso di scientificità. La pedagogia ha progressivamente sviluppato metodologie di ricerca articolate, integrando riflessione teorica, osservazione empirica e sperimentazione educativa e definendo in questo modo un proprio spazio disciplinare (Cambi, 2022). La sua scientificità, tuttavia, non può essere valutata assumendo automaticamente come termine di paragone le metodologie proprie delle scienze naturali, ma richiede di considerare la specificità dell'oggetto educativo e delle procedure attraverso cui viene costruita la conoscenza pedagogica (Cambi et. al, 2020).

Proprio da questo problema prende avvio la presente tesi. Il tema è stato scelto anche a partire da un interesse personale nei confronti di due ambiti che hanno accompagnato il mio percorso di studi: da una parte la pedagogia e le questioni relative all'educazione e all'apprendimento; dall'altra la filosofia della scienza e la riflessione sui criteri attraverso cui viene costruita e valutata la conoscenza scientifica. L'incontro tra questi due interessi ha condotto a interrogarsi sullo statuto epistemologico della pedagogia e sulle condizioni attraverso cui essa possa essere considerata una disciplina scientifica, senza assumere preventivamente le scienze naturali come unico modello

possibile di scientificità. A questo primo interrogativo si è progressivamente affiancato quello relativo al ruolo che le neuroscienze possono assumere all'interno della ricerca educativa e, conseguentemente, alla possibilità di costruire tra i due ambiti un rapporto che sia realmente interdisciplinare.

La domanda principale che orienta il presente lavoro può essere pertanto formulata nei seguenti termini: in quale senso la pedagogia può essere considerata una disciplina scientifica e quale ruolo può assumere, all'interno del suo sviluppo conoscitivo, il dialogo con le neuroscienze? Da questa domanda principale derivano ulteriori interrogativi. Occorre comprendere, anzitutto, quali criteri permettano di attribuire carattere scientifico a una disciplina e se sia possibile individuare un modello unitario di scientificità. È poi necessario stabilire quali conoscenze le scienze cognitive e le neuroscienze siano effettivamente in grado di fornire rispetto ai processi di apprendimento e quali limiti epistemologici e metodologici accompagnino tali conoscenze. Infine, diventa possibile chiedersi se l'incontro tra pedagogia e neuroscienze debba essere interpretato come una forma di subordinazione della prima alle seconde oppure se possa assumere la forma di un confronto tra discipline autonome, capace di contribuire allo sviluppo delle conoscenze pedagogiche.

Quest'ultimo interrogativo risulta particolarmente importante perché attribuire alle neuroscienze la funzione di fondare la scientificità della pedagogia presupporrebbe che quest'ultima non possieda autonomamente i requisiti necessari per essere considerata scientifica. La storia della pedagogia mostra invece un processo di progressiva acquisizione di autonomia disciplinare e di sviluppo di strumenti teorici e metodologici coerenti con la specificità dei fenomeni educativi (Cambi, 2022; *ivi*).

Allo stesso tempo, le neuroscienze costituiscono un interlocutore rilevante per la pedagogia proprio perché permettono di approfondire alcuni dei meccanismi cognitivi e neurobiologici implicati nei processi di apprendimento (Rivoltella, 2012). Il problema consiste dunque nel comprendere come riconoscere contemporaneamente l'autonomia epistemologica della pedagogia e il valore delle conoscenze provenienti dalle neuroscienze, evitando tanto la chiusura disciplinare quanto una riduzione dell'educazione ai suoi soli correlati biologici (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012; Meloni, 2011).

Lo scopo generale della tesi è quindi quello di analizzare la scientificità della pedagogia attraverso gli strumenti concettuali forniti dalla filosofia della scienza e, su questa base, valutare criticamente il rapporto che essa può instaurare con le neuroscienze. Il lavoro intende verificare se la pedagogia possa costruire conoscenze scientificamente fondate attraverso procedure adeguate alla

complessità del proprio oggetto di studio e, successivamente, comprendere in che modo il contributo neuroscientifico possa integrare tali conoscenze senza sostituirle. La ricerca assume pertanto come problema preliminare la definizione stessa di scientificità, per poi utilizzare il quadro epistemologico ottenuto nell'analisi delle scienze cognitive, delle neuroscienze e, infine, della pedagogia.

Un primo obiettivo consiste nel ricostruire alcuni dei principali problemi che hanno caratterizzato il dibattito epistemologico sulla natura della scienza. La difficoltà di individuare un criterio unico attraverso cui distinguere definitivamente scienza e non-scienza costituisce infatti uno dei problemi classici della filosofia della scienza (Laudan, 1983).

La progressiva crisi dell'immagine della scienza come sistema di conoscenze certe e definitive ha condotto a interpretare le teorie scientifiche come conoscenze fallibili, suscettibili di revisione, modifica e abbandono (Popper, 2005). Il problema dell'induzione ha inoltre mostrato come nessuna quantità di osservazioni possa garantire logicamente la verità di una generalizzazione universale, rendendo necessario elaborare criteri più articolati attraverso cui comprendere la costruzione e la giustificazione della conoscenza scientifica (Chalmers, 1979).

In questa cornice assumono rilievo le prospettive di Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend, considerate nel presente lavoro non come risposte equivalenti al problema della scientificità, ma come momenti differenti del dibattito epistemologico novecentesco (Chalmers, 1979). Popper abbandona l'ideale della verifica definitiva e attribuisce centralità alla possibilità di sottoporre criticamente le teorie al controllo empirico, considerandole ipotesi congetturali sempre suscettibili di revisione (Popper, 2005). Kuhn permette di considerare anche la dimensione storica della pratica scientifica e il ruolo svolto dai paradigmi nella ricerca, mentre Lakatos interpreta lo sviluppo scientifico attraverso programmi di ricerca la cui valutazione dipende anche dalla loro capacità di produrre nuovi problemi e nuove conoscenze (Kuhn, 2009; Lakatos, 1979). Feyerabend radicalizza infine la critica nei confronti dell'esistenza di un metodo scientifico universalmente valido, contribuendo a delineare una concezione pluralistica delle pratiche scientifiche (Feyerabend, 2002). La rilevanza di tale pluralismo per la presente ricerca consiste nella possibilità di mettere in discussione l'idea secondo cui la scientificità di una disciplina debba essere stabilita esclusivamente attraverso la sua conformità al modello delle scienze naturali e a verità assolute (Chalmers, 1979).

Un secondo obiettivo consiste nell'analizzare non soltanto i criteri attraverso cui una disciplina viene definita scientifica, ma anche alcune delle modalità attraverso cui la scienza produce spiegazioni e utilizza l'evidenza.

Le teorie scientifiche mirano infatti a descrivere, interpretare e, in determinati casi, prevedere fenomeni, rendendo necessario interrogarsi sulla natura delle spiegazioni che esse producono (Amoretti, Serpico, 2022). Il modello nomologico-deduttivo elaborato da Hempel costituisce, sotto questo profilo, un riferimento utile per analizzare una forma particolarmente rigorosa di spiegazione scientifica, fondata sulla derivazione del fenomeno da leggi generali e condizioni iniziali (ivi). Accanto a esso, l'analisi della causalità e delle spiegazioni meccanicistiche permette di considerare modalità esplicative differenti, particolarmente rilevanti nelle scienze che studiano sistemi complessi (Machamer, Darden, Craver, 2000). La riflessione sull'evidenza consente inoltre di evidenziare come i dati empirici non costituiscano elementi completamente indipendenti dal quadro teorico nel quale vengono prodotti e interpretati (Amoretti, Serpico, 2022). L'analisi di questi aspetti permette quindi di costruire il quadro epistemologico necessario per chiedersi, successivamente, quali forme di spiegazione e di controllo empirico possano caratterizzare la pedagogia.

Il terzo obiettivo della ricerca riguarda le scienze cognitive e le neuroscienze. Prima di discutere il loro possibile contributo all'educazione, è infatti necessario comprendere alcuni dei modelli attraverso cui mente e cognizione sono state interpretate e studiate scientificamente. Il problema mente-corpo, formulato in modo particolarmente influente nel dualismo cartesiano, costituisce uno dei punti di partenza della moderna riflessione filosofica sulla relazione tra stati mentali e stati fisici (Lycan, 1996).

Le trasformazioni successive della filosofia della mente hanno contribuito alla nascita delle scienze cognitive e alla possibilità di studiare scientificamente i processi mentali attraverso prospettive differenti (Heil, 2019). Il funzionalismo ha rappresentato, in particolare, uno dei presupposti teorici che hanno permesso di interpretare la mente come un sistema di elaborazione dell'informazione e ha contribuito allo sviluppo del cognitivismo classico (ivi). All'interno di quest'ultimo, la teoria rappresentazionale della mente di Fodor costituisce uno dei modelli attraverso cui i processi cognitivi sono stati interpretati facendo riferimento alla manipolazione di rappresentazioni interne (Fodor, 1983).

I limiti progressivamente attribuiti a una concezione rigidamente simbolica della cognizione hanno tuttavia favorito lo sviluppo di prospettive alternative (Neisser, 2014). Il connessionismo, per esempio, interpreta la cognizione come risultato dell'attività distribuita di reti di unità interconnesse e considera l'apprendimento nei termini di una progressiva modifica della forza delle connessioni all'interno della rete (Medler, 1998; Bechtel, Mandik, Mundale, 2001).

Gli approcci dinamici ed enattivi hanno successivamente contribuito ad ampliare ulteriormente questa prospettiva, attribuendo un ruolo centrale all'interazione tra organismo, corpo e ambiente nella costruzione dei processi cognitivi (Varela, Thompson, Rosch, 1991; Thompson, 2007). Tale passaggio assume particolare importanza ai fini del presente lavoro perché permette di mettere in discussione l'idea che l'apprendimento possa essere spiegato esclusivamente facendo riferimento a processi interni all'individuo. La cognizione può infatti essere considerata un processo dinamico che emerge dall'interazione continua tra soggetto e ambiente, rendendo necessario considerare la pluralità delle dimensioni coinvolte nell'esperienza (ivi). Una simile impostazione offre un punto di raccordo significativo con la successiva riflessione pedagogica, nella quale esperienza e ambiente assumono un ruolo centrale nella comprensione dell'apprendimento (Cambi, 2022).

Su queste basi diventa possibile affrontare più direttamente le neuroscienze, esaminandone tanto i contributi quanto i limiti. Le tecniche neuroscientifiche contemporanee consentono di studiare empiricamente l'attività cerebrale e hanno ampliato notevolmente le conoscenze relative alle basi neurobiologiche delle funzioni cognitive (Bechtel, Huang, 2022). Tuttavia, le misurazioni ottenute attraverso tali tecniche non devono essere confuse con un accesso diretto ai processi mentali, poiché richiedono inferenze che mettano in relazione il dato osservato con la funzione cognitiva che si intende studiare (Logothetis, 2008).

A questi problemi si aggiungono la già ricordata *seductive allure*, la diffusione dei neuromiti e il rischio di interpretazioni riduzionistiche, attraverso le quali fenomeni cognitivi complessi possono essere ricondotti impropriamente all'attività di singole strutture o processi cerebrali (Weisberg et al., 2008; Howard-Jones, 2014; Dekker et al., 2012; Meloni, 2011). L'obiettivo non è dunque mettere in discussione la scientificità o l'importanza delle neuroscienze, ma delimitarne correttamente la portata esplicativa rispetto a fenomeni complessi come quelli educativi.

Il quarto e ultimo obiettivo della tesi consiste nell'utilizzare i risultati dei primi due momenti dell'indagine per affrontare direttamente il problema della pedagogia. La ricostruzione del suo sviluppo permette di osservare un progressivo passaggio da una riflessione prevalentemente filosofica sull'educazione a una disciplina dotata di strumenti teorici e metodologici sempre più articolati (Cambi, 2022).

In questo percorso assumono particolare rilievo Montessori e Dewey, i quali, pur attraverso prospettive differenti, attribuiscono centralità all'esperienza, all'osservazione e al rapporto tra soggetto e ambiente (ivi). In Montessori l'osservazione sistematica del bambino, l'organizzazione

dell'ambiente e la revisione dell'intervento educativo sulla base dell'esperienza contribuiscono a orientare la pedagogia verso modalità di ricerca maggiormente fondate sull'osservazione (ivi). Dewey concepisce invece l'educazione come un processo dinamico di indagine, all'interno del quale esperienza, formulazione di problemi, ipotesi e verifica assumono un ruolo centrale (ivi).

Lo sviluppo successivo delle scienze dell'educazione rafforza ulteriormente il carattere interdisciplinare della ricerca pedagogica e il suo confronto con discipline come psicologia, sociologia e biologia (ivi). Tale trasformazione non comporta necessariamente la dissoluzione della pedagogia nelle altre discipline, poiché essa continua a svolgere una funzione teorica, interpretativa e critica rispetto ai fenomeni educativi (Cambi et al., 2020).

La ricerca pedagogica contemporanea può inoltre integrare metodologie differenti e mettere in relazione teoria ed esperienza, come avviene nella ricerca-azione, nella quale individuazione del problema, formulazione di ipotesi, intervento e valutazione costituiscono momenti reciprocamente connessi (Baldacci, 2009; Frabboni, 2009). La pluralità metodologica della pedagogia deve essere pertanto valutata rispetto alla complessità del suo oggetto, nel quale interagiscono individuo, ambiente, processi cognitivi, relazioni sociali e dinamiche culturali (Cambi, 2022).

Il confronto con le neuroscienze si colloca all'interno di questo percorso e, parallelamente, si inserisce nello spazio tra le due discipline la neuroeducazione. Essa va intesa come un ambito volto a mettere in relazione neuroscienze, psicologia e pedagogia allo scopo di approfondire la comprensione dei processi di insegnamento e apprendimento (Rivoltella, 2012). La neuroeducazione non presuppone che le neuroscienze possano sostituire o fondare la pedagogia, poiché i limiti metodologici dell'indagine neuroscientifica impediscono di derivare direttamente prescrizioni educative dai risultati sperimentali (Bechtel, Huang, 2022; Matta, 2021). Essa può essere piuttosto interpretata come uno spazio di collaborazione tra discipline scientificamente autonome, capace di evitare sia il riduzionismo neurobiologico sia il rifiuto del contributo proveniente dalle neuroscienze (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012).

In tale contesto assume rilievo anche la prospettiva della *Mind, Brain and Education*, orientata ad approfondire le relazioni tra cervello, sviluppo e apprendimento e a ridurre la distanza tra ricerca e pratica educativa (Fischer, 2009). La collaborazione tra ricercatori e professionisti dell'educazione risulta importante proprio perché la produzione di conoscenze utili alla scuola non può prescindere dalle caratteristiche dei contesti nei quali l'apprendimento concretamente avviene (ivi). L'obiettivo di queste prospettive interdisciplinari non consiste nella costruzione di una gerarchia tra discipline, ma nella possibilità di favorire un confronto critico tra conoscenze differenti (Rivoltella, 2012).

Il percorso della tesi è stato organizzato in tre capitoli, costruiti secondo una progressione che muove dalla questione generale della scientificità verso il problema specifico del rapporto tra pedagogia e neuroscienze. Tale articolazione risponde alla necessità di non affrontare direttamente la scientificità della pedagogia senza avere prima chiarito quali criteri epistemologici possano essere utilizzati per discutere lo statuto scientifico di una disciplina.

Infatti, il primo capitolo è dedicato alla costruzione del quadro teorico necessario per affrontare la domanda di ricerca. La prima sezione analizza il concetto di scienza e il problema della demarcazione, muovendo dall'ideale empirista e dal ruolo attribuito all'osservazione fino alle difficoltà poste dal problema dell'induzione (Chalmers, 1979; Laudan, 1983).

L'impossibilità di garantire logicamente la verità di una teoria universale attraverso un numero finito di osservazioni mostra infatti come la scientificità non possa essere identificata semplicemente con l'accumulazione di conferme empiriche (ivi). Su questa base vengono successivamente esaminate le prospettive di Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend, con l'obiettivo di mettere in evidenza differenti modi di interpretare lo sviluppo, il controllo e la razionalità della conoscenza scientifica (Popper, 2005; Kuhn, 2009; Lakatos, 1979; Feyerabend, 2002). Il capitolo non ricerca quindi in questi autori un unico criterio da applicare successivamente alla pedagogia, ma utilizza il loro confronto per mostrare la complessità della pratica scientifica e i limiti di una definizione fondata su un metodo universale (Chalmers, 1979).

La parte conclusiva del primo capitolo sposta l'attenzione dalla demarcazione alle modalità concrete attraverso cui la conoscenza scientifica spiega i fenomeni e utilizza l'evidenza. Viene così analizzato il modello nomologico-deduttivo di Hempel, seguito dalla riflessione sulle leggi scientifiche, sulla causalità e sulle spiegazioni meccanicistiche (Amoretti, Serpico, 2022). Hempel assume in questo percorso la funzione di un importante termine epistemologico di confronto, attraverso il quale diventa possibile interrogarsi successivamente sulle caratteristiche delle spiegazioni pedagogiche senza presupporre che ogni disciplina debba necessariamente adottare la medesima forma esplicativa.

Infine, l'analisi dell'evidenza consente di considerare il rapporto tra dati, teorie e processi inferenziali, completando il quadro concettuale che verrà utilizzato nei capitoli successivi (ivi). La funzione complessiva del primo capitolo consiste quindi nel fornire gli strumenti necessari per affrontare la scientificità della pedagogia senza assumere preventivamente un modello unico di scienza.

Il secondo capitolo ricostruisce alcuni passaggi teorici che hanno condotto allo sviluppo delle moderne scienze cognitive e delle neuroscienze. Il percorso prende avvio dal problema mente-corpo e dal dualismo cartesiano, per poi considerare alcune delle prospettive che hanno contribuito a rendere possibile uno studio scientifico della mente. Il funzionalismo viene analizzato per il ruolo svolto nello sviluppo delle scienze cognitive e nella possibilità di interpretare gli stati mentali in relazione alle funzioni svolte, indipendentemente dalla particolare struttura fisica che le realizza (Heil, 2019; Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). Tale prospettiva costituisce uno dei presupposti del cognitivismo classico e della concezione della mente come sistema di elaborazione dell'informazione (ivi).

L'analisi prosegue attraverso la teoria rappresentazionale della mente di Fodor e il connessionismo, mettendo a confronto modelli differenti della cognizione (Fodor, 1983; Medler, 1998; Rescorla, 2019). Il passaggio ai sistemi dinamici e all'enattivismo permette successivamente di ampliare la riflessione al ruolo del corpo e dell'ambiente, superando una concezione esclusivamente interna della cognizione (Varela, Thompson, Rosch, 1991).

Questa evoluzione teorica assume una funzione precisa rispetto alla domanda della tesi: mostrare come lo studio scientifico della cognizione abbia progressivamente prodotto modelli differenti e come la comprensione dell'apprendimento richieda di considerare l'interazione tra molteplici livelli. La seconda parte del capitolo è dedicata più specificamente alle neuroscienze e alle loro metodologie. Dopo averne considerato gli strumenti e le possibilità conoscitive, vengono analizzate quattro criticità particolarmente rilevanti per il successivo confronto con l'educazione: l'indirettezza delle misurazioni neuroscientifiche, la *seductive allure*, i neuromiti e il riduzionismo (Logothetis, 2008; Poldrack, 2006; Weisberg et al., 2008; Howard-Jones, 2014; Dekker et al., 2012; Meloni, 2011). La discussione di tali problemi consente di mostrare perché la quantità crescente di conoscenze relative al cervello non sia sufficiente, da sola, a stabilire quale contributo esse possano fornire alla pedagogia. È necessario interrogarsi anche sul modo in cui tali risultati vengono interpretati, trasferiti e integrati nella riflessione educativa.

La conclusione del secondo capitolo prepara pertanto il passaggio al terzo: l'incontro con le neuroscienze non deve essere concepito come una riduzione della pedagogia al livello neurobiologico né come la possibilità di ricavare direttamente pratiche educative dall'osservazione del cervello, ma richiede una mediazione teorica capace di mettere in relazione livelli di analisi differenti (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012).

Il terzo capitolo utilizza esplicitamente i risultati dei primi due capitoli per affrontare la questione centrale della ricerca. La prima sezione ricostruisce il processo attraverso cui la pedagogia

ha progressivamente consolidato il proprio statuto disciplinare, soffermandosi sul passaggio da una riflessione prevalentemente filosofica sull'educazione allo sviluppo di metodologie orientate all'osservazione, alla ricerca e al confronto con l'esperienza (Cambi, 2022). La successiva affermazione delle scienze dell'educazione permette di analizzare il carattere interdisciplinare assunto dalla ricerca pedagogica senza interpretarlo come una perdita della sua autonomia (ivi). In questa sezione il quadro epistemologico del primo capitolo viene utilizzato per interrogarsi sulle condizioni che permettono di parlare di scientificità pedagogica. La pluralità metodologica non viene considerata automaticamente un limite, ma viene valutata rispetto alla complessità dell'oggetto educativo, nel quale interagiscono individuo, ambiente, processi cognitivi, contesto sociale e dimensione culturale (Jolles, Jolles, 2021). La possibilità di sottoporre le conoscenze a controllo, revisione e confronto con l'esperienza assume pertanto maggiore rilevanza rispetto alla conformità a un unico modello metodologico (Cambi et al., 2020).

In questo senso, la questione posta dal modello nomologico-deduttivo di Hempel diventa funzionale a interrogarsi sulle forme di spiegazione adeguate a fenomeni complessi, mentre il pluralismo emerso dal dibattito epistemologico consente di non identificare automaticamente la scientificità con la somiglianza alle scienze naturali.

La seconda sezione del terzo capitolo affronta direttamente il dialogo tra pedagogia e neuroscienze. Le neuroscienze vengono considerate un interlocutore importante perché forniscono strumenti per approfondire alcuni meccanismi neurobiologici dell'apprendimento, della memoria, dell'attenzione e della plasticità (Rivoltella, 2012). La prospettiva interdisciplinare proposta considera pedagogia e neuroscienze come discipline che contribuiscono alla comprensione dell'apprendimento secondo livelli di analisi differenti e complementari (Fischer, 2009). Particolare attenzione viene attribuita al problema del trasferimento delle evidenze dal laboratorio alla classe, poiché un risultato scientificamente valido all'interno di un contesto sperimentale non si traduce automaticamente in una pratica educativa efficace (Matta, 2021).

La terza e ultima sezione, è dedicata alla neuroeducazione come possibile spazio di dialogo interdisciplinare. L'analisi si concentra inoltre su alcuni contributi delle neuroscienze alla comprensione dell'apprendimento, tra cui plasticità cerebrale, esperienza, corpo, errore ed emozioni, mantenendo tuttavia la distinzione tra conoscenza dei meccanismi neurobiologici e formulazione delle finalità e delle pratiche educative (Rivoltella, 2012).

L'intero percorso è quindi costruito secondo un movimento progressivo. La filosofia della scienza fornisce gli strumenti attraverso cui interrogare il significato della scientificità; le scienze

cognitive e le neuroscienze permettono di comprendere alcuni dei modelli e dei metodi attraverso cui sono stati studiati mente, cervello e apprendimento; la pedagogia viene infine analizzata alla luce di questo duplice quadro, allo scopo di valutarne lo statuto epistemologico e le possibilità di dialogo con le neuroscienze.

Il problema della scientificità pedagogica e quello della neuroeducazione non costituiscono pertanto due questioni separate: comprendere il secondo richiede prima di aver chiarito il primo, poiché soltanto definendo il ruolo epistemologico della pedagogia è possibile stabilire in quale forma essa possa confrontarsi con le conoscenze provenienti da altri ambiti. L'ipotesi che orienta il percorso non consiste, dunque, nel considerare le neuroscienze come criterio attraverso cui stabilire se la pedagogia sia o meno scientifica. Una simile impostazione rischierebbe di assumere implicitamente le scienze naturali come parametro universale di scientificità, possibilità che il dibattito epistemologico analizzato nel primo capitolo contribuisce invece a problematizzare (Chalmers, 1979). La ricerca intende piuttosto verificare se la pedagogia disponga autonomamente di modalità sistematiche e metodologicamente controllate di produzione della conoscenza e, una volta chiarito questo aspetto, interrogarsi sul valore aggiunto che il confronto con le neuroscienze può offrire alla comprensione dei processi educativi (Cambi et al., 2020; Hardiman et al., 2012).

È a partire da queste premesse che il presente lavoro intende rispondere alla propria domanda di ricerca, mettendo in relazione due problemi strettamente connessi: quello della scientificità della pedagogia e quello del ruolo che le neuroscienze possono svolgere nello sviluppo delle conoscenze pedagogiche. Il percorso non mira quindi a stabilire una gerarchia tra discipline, ma a chiarire le condizioni epistemologiche che consentono loro di dialogare mantenendo la specificità dei rispettivi oggetti, metodi e livelli di spiegazione.

1. La Scientificità delle Discipline: Fondamenti Epistemologici

Prima di affrontare il tema centrale della presente ricerca sulla scientificità della pedagogia, è necessario preparare il terreno. Bisogna, infatti, chiarire il significato dei concetti di scienza e pseudoscienza e le difficoltà che emergono nel tentativo di distinguerle. Tale chiarificazione risulta indispensabile per le riflessioni sviluppate nei capitoli successivi. Essi, infatti, presuppongono una comprensione preliminare del modo in cui la filosofia della scienza ha interpretato la conoscenza scientifica e i criteri attraverso cui essa viene distinta da altre forme di sapere.

La scienza oggi occupa una posizione molto privilegiata all'interno della società contemporanea (Chalmers, 1979). Infatti, essa è molto diffusa e gode di grande stima, fiducia e autorevolezza, al punto da essere percepita come un “fondamento particolarmente sicuro” della conoscenza (ivi. p. 8). Tale immagine, così radicata nel senso comune, contribuisce a conferire particolare credibilità alle affermazioni presentate come scientifiche (ibidem). Ciò spiega come molti siano gli ambiti che vengono descritti come scientifici per conferire loro sicurezza, fecondità e affidabilità (ivi). Tuttavia, nonostante il prestigio di cui gode, non è affatto semplice stabilire che cosa renda una disciplina scientifica né individuare criteri condivisi che consentano di distinguerla da altre forme di sapere. È proprio questa difficoltà a costituire uno dei principali problemi affrontati dalla filosofia della scienza contemporanea.

Le difficoltà appena richiamate, possono essere ricondotte a due interrogativi distinti, ma strettamente collegati. Da un lato ci si può chiedere che cosa caratterizzi la scienza in quanto forma di conoscenza. Dall'altro si può domandare come sia possibile distinguere le discipline scientifiche da quelle pseudoscientifiche. La prima questione riguarda la natura della scienza, per cui ci si

interroga sulle caratteristiche che accumulano le discipline scientifiche (Amoretti, Serpico, 2022). La seconda concerne, invece, il problema della demarcazione, ossia l'individuazione di criteri che consentono di distinguere scienza e pseudoscienza (Laudan, 1983). Sebbene le due questioni siano spesso intrecciate, esse hanno dato origine a percorsi teorici differenti all'interno della filosofia della scienza. Pertanto, verranno considerate separatamente.

1.1 Definizione di Scienza e Criterio di Demarcazione: dall'Ideale Empirista al Problema dell'Induzione

Quando si tratta della natura della scienza, di norma ci si richiama al metodo scientifico (Amoretti, Serpico, 2022). Nella sua formulazione tradizionale, esso viene descritto come un insieme di pratiche fondate sull'osservazione empirica, sulla sperimentazione e sull'elaborazione di modelli teorici finalizzati alla comprensione dei fenomeni naturali (ivi). In tal senso il metodo scientifico può essere descritto come una pratica che è volta all'esclusione di elementi irrazionali o soggettivi come, ad esempio, i *bias* cognitivi o gli errori sistematici (ivi). In questa prospettiva, esso viene concepito generalmente come un processo che prende avvio dall'osservazione dei fenomeni (Chalmers, 1979). I dati raccolti vengono successivamente organizzati e interpretati fino alla formulazione di leggi e teorie che spiegano gli eventi osservati (ivi).

L'elevata attendibilità attribuita oggi alla scienza, sembra derivare, almeno in parte, da un'immagine che iniziò a diffondersi e consolidarsi progressivamente durante la rivoluzione scientifica del XVII secolo (ivi). Si tratta dell'idea secondo cui le teorie scientifiche derivano da fatti empirici attraverso procedure metodologiche controllate e razionali (ivi). In questa prospettiva, la scienza viene spesso presentata come una forma oggettiva di conoscenza, fondata sull'osservazione e sull'esperienza (ivi). A partire da Bacone, infatti, si affermò progressivamente la convinzione che la conoscenza della natura dovesse fondarsi sull'esperienza e sulla scienza sperimentale (ivi). L'immagine della scienza come forma di conoscenza infallibile iniziò, però, a disgregarsi nel corso del XIX secolo (Laudan, 1983). Divenne, infatti, sempre più evidente che la scienza non era in grado di offrire "certezza apodittica" (ivi. p. 115). Pertanto, le teorie scientifiche non costituivano verità definitive, ma potevano essere revisionate, corrette, modificate e abbandonate, dando vita alla prospettiva fallibilista (Laudan, 1983). La scienza cessò, così, di essere interpretata come un sistema di verità definitive e venne compresa come un'impresa conoscitiva fallibile aperta all'errore (Popper, 2005).

Questa trasformazione risulta particolarmente rilevante per il presente lavoro. Infatti, esso suggerisce che la scientificità di una disciplina non debba essere identificata con il possesso di conoscenze certe e immutabili. Al contrario, essa dipende da specifiche modalità di costruzione, controllo e revisione della conoscenza.

Alla luce di tali trasformazioni storiche e concettuali, si può ora affrontare il problema della demarcazione tra scienza e pseudoscienza. La difficoltà di individuare una definizione rigorosa della scienza ha portato molti filosofi a mettere in discussione la possibilità stessa di formulare un criterio di demarcazione (Laudan, 1983). Nel corso dei secoli ne sono stati avanzati diversi, tra cui la capacità predittiva, il ragionamento induttivo o il verificazionismo, ma nessuno di essi pare essere stato sufficiente a garantire una suddivisione rigorosa ed esente da controesempi (ivi).

La difficoltà di distinguere ciò che è scientifico in modo autentico, da ciò che non lo è, costituisce uno dei problemi classici della filosofia della scienza. Infatti, “da Platone a Popper, i filosofi hanno cercato di individuare quelle caratteristiche epistemiche che distinguono l’episteme da altri tipi di credenze e attività” (Laudan, 1983, p. 111). Tuttavia, questi tentativi non hanno riscosso successo da parte della filosofia (ivi). Infatti, non si è trovato un criterio universalmente condiviso (ivi). Secondo Laudan (ivi), tale difficoltà dipenderebbe dal fatto che risulta problematico individuare caratteristiche necessarie e sufficienti che possano definire la scienza stessa.

Questo risultato assume rilevanza all’interno di questo lavoro. Infatti, se non esiste un criterio unico e universalmente accettato di scientificità, allora la valutazione della pedagogia non può limitarsi a verificare la sua somiglianza con discipline come la fisica o la biologia. Sarà invece necessario interrogarsi sulle modalità specifiche attraverso cui essa produce conoscenza, formula spiegazioni e sottopone le proprie affermazioni a controllo critico. Pertanto, la difficoltà di individuare una definizione rigorosa della scienza ha portato molti filosofi a riconoscerne l’eterogeneità.

Se, per esempio, definiamo la scienza come “un’impresa sistematica che abbia lo scopo di conoscere il mondo che ci circonda spiegandone e prevedendone i fenomeni” (ivi. p. 10), tale definizione risulta troppo ampia e insufficiente per individuare ciò che accumuna tutte le discipline scientifiche. Le diverse scienze, infatti, presentano oggetti, metodi e pratiche di ricerca molto differenti tra loro. Per questa ragione, numerosi filosofi della scienza hanno messo in discussione la possibilità di individuare una caratteristica unica, necessaria e sufficiente, capace di definire la natura della scienza (Amoretti, Serpico, 2022). Pertanto, come sottolineato da Amoretti e Serpico (iv. p. 12):

[...] appare difficile trovare una qualche caratteristica necessaria e sufficiente a circoscrivere tutte e sole le discipline o le teorie scientifiche. Cercare “l’essenza” della scienza sottovaluta il fatto che siamo di fronte a numerose discipline eterogenee che, oltre a presentare continue intersezioni e precisi punti di contatto, manifestano altresì contenuti, problemi e metodi diversi e specifici.

In tale prospettiva può risultare utile fare riferimento al pensiero di Ludwig Wittgenstein (1953) e al concetto di “somiglianze di famiglia”. Secondo questa impostazione le discipline scientifiche non condividono necessariamente un’unica caratteristica essenziale comune, bensì una rete di somiglianze parziali e sovrapposte (ivi). Come accade tra i membri di una famiglia, alcuni condividono determinati tratti, altri ne condividono di diversi, senza che esista una caratteristica identica (ivi). Applicata alla scienza, questa prospettiva suggerisce che le discipline scientifiche possano essere riconosciute attraverso un insieme di somiglianze, pur mantenendo notevoli differenze tra loro (ivi). Tra tali caratteristiche rientrano, ad esempio, la “sistematicità, [la] capacità di spiegare e prevedere i fenomeni, [la] presenza di generalizzazioni legiformi e di teorie, [l’] utilizzo del metodo sperimentale, [la] ripetibilità degli esperimenti” (Amoretti, Serpico, 2022, p. 13). La pseudoscienza, al contrario, tende a ricorrere ad altre caratteristiche, quali il riferimento alle ipotesi *ad hoc* o la tendenza a non considerare certe osservazioni o esperimenti (ivi). Queste considerazioni mostrano quanto sia difficile individuare un’essenza unica condivisa da tutte le discipline scientifiche (ivi). Tuttavia, riconoscere tale eterogeneità non equivale ancora a risolvere il problema della demarcazione.

Se la scienza non può più essere identificata con una forma di conoscenza infallibile, diventa necessario individuare altri criteri per distinguerla dalle pseudoscienze (ivi). Discipline quali l’astrologia, l’omeopatia o il cosiddetto creazionismo scientifico rappresentano esempi paradigmatici di tale difficoltà (ivi). Queste pseudoscienze, infatti, condividono con la scienza alcuni elementi, come ad esempio modelli teorici o le capacità predittive, senza, però, soddisfare criteri metodologici scientifici (ivi). Una possibile strategia consiste nell’individuare alcune caratteristiche, generalmente associate alla pratica scientifica, e valutare se esse siano presenti o meno nelle pseudoscienze (ivi). In questa prospettiva, le pseudoscienze vengono definite in senso negativo, ovvero per mancanza, in quanto non possiedono determinate caratteristiche normalmente attribuite alla pratica scientifica (ivi).

Le difficoltà incontrate nel tentativo di individuare un criterio di demarcazione universalmente valido hanno portato molti filosofi della scienza a stabilire non tanto che cosa essa sia, quanto piuttosto quali caratteristiche metodologiche consentano di distinguerla da altre forme di sapere. Tale

questione è centrale in questo lavoro. In effetti, interrogarsi sulla scientificità della pedagogia significa chiedersi quali criteri debbano essere soddisfatti affinché una disciplina possa essere considerata scientifica. Bisogna, inoltre, chiedersi se tali criteri coincidano necessariamente con quelli delle scienze naturali. In tale prospettiva si colloca quello che può essere definito l'ideale classico della scientificità (Chalmers, 1979). Esso si fonda sull'osservazione empirica, sulla verifica e sul ragionamento induttivo, tanto da trovare una delle sue formulazioni più influenti nell'empirismo o positivismo logico (ivi).

Come si è detto, da Bacone in avanti fu data una grande importanza al sapere fondato sull'osservazione (ivi). Questo ha messo in luce ora più che mai la scienza sperimentale, ovvero una disciplina basata sui fatti (ivi). L'idea secondo cui la scienza dovesse fondarsi sull'osservazione e sull'esperienza, continuò a esercitare una forte influenza anche nei secoli successivi (Godfrey-Smith, 2009). Ma fu nel Novecento che trovò una formulazione più rigorosa e formalizzata (ivi). Infatti, nel XX secolo, il tentativo di formalizzare e rendere epistemologicamente rigorosa questa immagine empirista della scienza individuò una delle sue espressioni più influenti nel Circolo di Vienna (ivi). I suoi membri ripresero l'impostazione empirista e la integrarono con gli strumenti della logica formale (ivi).

Il positivismo logico si propose di elaborare una concezione rigorosa della scienza, capace di distinguerla dalla metafisica (ivi). In questo quadro teorico, uno degli obiettivi principali dei positivisti logici fu quello di individuare un criterio di demarcazione tra scienza e non scienza, identificato nel principio di verifica (Laudan, 1983). Questo principio era connesso ad una teoria del significato, tale per cui gli enunciati dovevano essere verificabili e il linguaggio scientifico doveva risultare rigoroso e privo di ambiguità (ivi). Per i positivisti, dunque, una proposizione ha significato se empiricamente verificabile (Godfrey-Smith, 2009). Ne consegue che gli enunciati metafisici, non essendo tali, venivano considerati privi di contenuto cognitivo autentico (ivi).

L'obiettivo generale per i positivisti era quello di costruire una concezione scientifica del mondo, in cui ogni affermazione potesse essere ricondotta all'esperienza osservativa (Chalmers, 1979). Tuttavia, questa impostazione non fu esente da difficoltà. Un primo problema, infatti, riguardava l'impossibilità di verificare empiricamente gli enunciati universali (ivi). Infatti, nessuna osservazione finita sembrava sufficiente a confermare definitivamente affermazioni aventi validità generale (Laudan, 1983). Questa difficoltà mostra uno dei principali limiti dell'ideale empirista della scienza. Se le teorie scientifiche formulano spesso affermazioni universali, allora la semplice osservazione empirica sembra insufficiente a garantirne una conferma definitiva. In aggiunta a questo

problema si inserisce la questione legata alla conferma delle teorie scientifiche, ovvero il supporto parziale dettato dalle evidenze (Godfrey-Smith, 2009). Ci si chiede allora: come possono le osservazioni fornire evidenze per una teoria scientifica? (ivi). Riassumendo secondo le parole di Amoretti e Serpico (2022, p. 27):

[...] secondo l'empirismo logico le teorie scientifiche sono identificate con insiemi di enunciati teorici (assiomi, teoremi, leggi), costruiti autonomamente rispetto alle osservazioni empiriche; gli enunciati teorici sono poi interpretati selezionando uno specifico dominio di oggetti sul quale applicare le regole di corrispondenza. Gli enunciati teorici e le regole di corrispondenza restano comunque distinti, anche se sono inclusi entrambi nella struttura di una teoria scientifica

La citazione evidenzia come, nell'empirismo logico, il rapporto tra teoria e osservazione costituisca il nucleo della conoscenza scientifica. Proprio tale rapporto diventerà oggetto di numerose critiche, soprattutto quando si cercherà di comprendere in che modo le osservazioni possano effettivamente giustificare teorie aventi carattere generale. Lo scopo della scienza per i positivisti era stabilire delle generalizzazioni che potessero avere degli ambiti di applicazione infiniti (Godfrey-Smith, 2009). Queste, dovevano, poi, essere confermate attraverso l'osservazione (ivi). Dunque, c'era la necessità di creare una concezione scientifica del mondo eliminando la metafisica, in quanto ritenuta priva di significato (ivi). Essa era, infatti, non verificabile (ivi). Per adempiere al loro obiettivo, i positivisti logici cercarono di formulare una teoria formale dell'induzione (ivi). Ovvero, tentarono di formulare una logica induttiva che risentisse dell'influenza di quella deduttiva (ivi). È in questo contesto che assume particolare rilievo il ragionamento induttivo, considerato per lungo tempo uno dei pilastri dell'immagine empirista della scienza.

Comprendere il ruolo e i limiti dell'induzione risulta particolarmente importante perché consente di interrogarsi sui criteri attraverso cui una disciplina costituisce e giustifica le proprie conoscenze. Tale questione sarà rilevante anche per la discussione sulla pedagogia. Prima ancora di chiedersi se una disciplina possa essere considerata scientifica, occorre infatti comprendere in che modo essa giustifichi le proprie generalizzazioni e le proprie spiegazioni.

È importante sottolineare come il fascino dell'induttivismo risiede “nell'aver formalizzato alcune delle concezioni popolari circa il carattere della scienza” (ivi. p. 22). Ma esso risiede anche nel fatto che si compone di elementi obiettivi, come ad esempio le osservazioni (ibidem). Esse, infatti sono verificabili da chiunque e non implicano apparentemente credenze personali o aspetti soggettivi

(ibidem). Pertanto, “è possibile dimostrare la verità attraverso la testimonianza diretta dei sensi” (ibidem). La scienza appare, così, come un’attività che, ricorrendo a fatti osservabili, ne garantisce l’affidabilità e il rigore epistemico.

Tuttavia, proprio la pretesa di fondare la conoscenza scientifica sull’osservazione, sollevò importanti difficoltà epistemologiche. Questo problema, in effetti, assunse una formulazione classica nella critica di David Hume all’induzione. Di fatto, secondo Hume, il ragionamento induttivo e le sue conclusioni non si possono giustificare razionalmente (Amoretti, Serpico, 2022). Una prima critica da parte del filosofo riguarda la nozione di causalità, in quanto “non ci sono garanzie di tipo causale del fatto che tutti i corvi siano neri, o che il prossimo corvo che vedrò sarà nero” (ivi. p. 43). Per cui non è garantita una relazione causa-effetto (ibidem). Il focus della critica humeana riguarda, invece, il “principio di uniformità della natura” (ivi. p. 44). Esso stabilisce che la natura ha un comportamento regolare, ovvero uguale o simile al passato (Amoretti, Serpico, 2022). Si potrebbe, infatti, pensare che siccome i ragionamenti induttivi hanno spesso portato a previsioni e spiegazioni corrette, allora essi siano giustificati (Chalmers, 1979). In realtà, però, non è propriamente così, perché, come critica Hume, si viene a creare una circolarità viziosa tale per cui si usa l’induzione per giustificare l’induzione (ivi). Pertanto, si usano i casi passati in cui l’induzione ha funzionato, per giustificare un’altra induzione (ivi).

Così dicendo, si sfocia in quello che viene tradizionalmente chiamato “il problema dell’induzione” (ivi. p. 25). Ne consegue che le scienze naturali non possono fondare le proprie teorie su una certezza logica assoluta. La loro affidabilità dipende piuttosto da procedure di controllo, revisione e confronto continuo con l’evidenza empirica.

Le difficoltà sollevate dal problema dell’induzione misero profondamente in discussione uno dei presupposti centrali dell’ideale empirista della scienza. Se, infatti, nessuna quantità di osservazioni può garantire logicamente la verità di una teoria generale, allora diviene necessario ripensare il modo in cui la conoscenza scientifica viene costruita, giustificata e valutata. Questa conclusione assume particolare rilievo anche per il presente lavoro. Essa mostra, infatti, che la scientificità di una disciplina non può essere ricondotta esclusivamente all’accumulazione di osservazioni o alla conferma delle proprie ipotesi, ma richiede criteri epistemologici più articolati. A partire da tali questioni si sviluppò, nel corso del Novecento, un ampio dibattito epistemologico che diede origine a differenti concezioni della scienza e del suo metodo. Le prospettive di autori quali Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos e Paul Feyerabend rappresentano alcune delle tappe più significative di questo dibattito, consentendo di comprendere come il concetto stesso di scientificità

sia progressivamente divenuto più articolato. La sezione seguente ha come obiettivo di ricostruire sinteticamente tali prospettive, mettendone in evidenza il contributo alla definizione della conoscenza scientifica.

1.2 Principali Concezioni di Scientificità: Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend

Le difficoltà emerse dal problema dell'induzione condussero numerosi filosofi della scienza a interrogarsi sulla possibilità di individuare un diverso fondamento per la conoscenza scientifica. Tale passaggio risulta importante all'interno di questo lavoro, poiché consente di comprendere cosa si intende con scientificità.

1.2.1 Karl Popper

In questo contesto si colloca la riflessione di Karl Popper, il quale assunse come punto di partenza la critica humeana all'induzione (Amoretti, Serpico, 2022).

La presa di distanza dall'induttivismo implicava inevitabilmente una critica al progetto epistemologico dell'empirismo logico e del Circolo di Vienna (Popper, 2005). Infatti, pur condividendo l'interesse per il problema della demarcazione, gli rifiutava il verificazionismo come criterio di scientificità (ivi). Sosteneva che nessuna teoria scientifica poteva essere verificata definitivamente attraverso l'osservazione empirica (ivi). Da tale constatazione emerge uno degli aspetti più radicali della prospettiva popperiana: l'abbandono dell'ideale della certezza scientifica e di ogni ambizione di verifica (ivi). Secondo Popper, allora, le teorie scientifiche devono essere considerate ipotesi congetturali, sempre soggette a revisione, modifica e potenziale abbandono, quando emergono evidenze incompatibili con esse (ivi). Quando una teoria resiste alle falsificazioni, essa non è da considerare vera, ma non ancora falsificata (Godfrey-Smith, 2009). In questa prospettiva la scienza dovrebbe progredire non attraverso l'accumulazione di conferme, ma mediante un processo critico nel quale le teorie vengono continuamente sottoposte a controllo e vengono formulate ipotesi ardite (Chalmers, 1979). Le scoperte scientifiche non seguono, quindi, da un metodo basato sull'osservazione, ma sono frutto della formulazione creativa di ipotesi e intuizioni, volte alla risoluzione di problemi (Popper, 2005). Il compito dello scienziato consiste nel tentare di mettere alla prova tali ipotesi, cercando le condizioni che potrebbero confutarle (ivi). È proprio a partire da queste considerazioni che Popper elabora il proprio criterio di demarcazione (Chalmers, 1979). Egli lo

identifica non nella verificabilità, come gli empiristi logici, ma nella falsificabilità delle teorie scientifiche (ivi). Una teoria può essere considerata scientifica soltanto se espone sé stessa al rischio della confutazione.

Alla base della prospettiva popperiana si trova quella che viene definita una asimmetria logica tra verifica e falsificazione (Godfrey-Smith, 2009). Da un punto di vista logico, infatti, un numero anche molto elevato di osservazioni favorevoli non è sufficiente a dimostrare universalmente la verità di una legge scientifica (Chalmers, 1979). Al contrario, una singola osservazione contraria, qualora affidabile, sarebbe logicamente sufficiente a mettere in crisi la teoria stessa (ivi). Nella concezione popperiana, il falsificazionismo sostiene che “la scienza progredisce per prova ed errore; per congetture e confutazioni; e solo le teorie più adatte sopravvivono; se di una teoria non è legittimo dire che è vera, diciamo però con ottimismo che è la migliore a disposizione” (ivi. p. 46). In questo senso, secondo Popper, ciò che rende una teoria propriamente scientifica è il rischio che l’ipotesi corre di essere falsificata (Godfrey-Smith, 2009). In sostanza, il valore scientifico di una teoria dipende dalla sua vulnerabilità alla falsificazione (Chalmers, 1979).

Il criterio di falsificabilità assume, dunque, una funzione decisiva nel problema della demarcazione (ivi). Questo perché consente di distinguere le discipline che formulano ipotesi controllabili da quelle che, al contrario, risultano compatibili con qualsiasi possibile osservazione. La scientificità, per Popper, richiede allora due requisiti (ivi). Da una parte il rischio e l’audacia delle ipotesi, così che sarà più facile il processo di falsificazione e di conseguenza più rapido il progresso scientifico (ivi). Dall’altra, una formulazione il più possibile precisa, in quanto per operare una falsificazione, la teoria non deve lasciare spazio a vaghezza (ivi). Questo perché una teoria vaga, ambigua o eccessivamente flessibile rischia di risultare compatibile con ogni possibile osservazione e, di conseguenza, perdere il proprio carattere scientifico (ivi).

Il progresso scientifico viene quindi interpretato da Popper come un processo di apprendimento attraverso l’errore (ivi). Come sottolinea lo stesso Popper in *Congetture e confutazioni* (1969, p. 396):

Lo preferiamo [questo tentativo], perché crediamo che questo sia il modo in cui possiamo imparare dai nostri errori; e perché, riscontrando la falsità della nostra congettura, avremo appreso molto intorno alla verità, e ci saremo avvicinati ad essa

Quando una teoria viene falsificata, secondo Popper può accadere che essa venga difesa attraverso modificazioni *ad hoc* (ivi). Esse consistono in un intervento che non produce nuove

verifiche e non spiega nulla davvero, perché è volto solo a proteggere la teoria dalla falsificazione (ivi). Tali modifiche sono annientatrici della scientificità, perché compromettono il carattere scientifico della teoria, non permettendo falsificazioni (ivi).

Un ulteriore problema riguarda il rapporto tra teoria e osservazione. Infatti, è bene specificare che se teoria e osservazione entrano in conflitto, non è detto che sia la teoria ad essere falsa (ivi). Perché, come già emerso nella critica all'induttivismo, le osservazioni non sono mai completamente indipendenti dal contesto teorico in cui vengono prodotte e interpretate (ivi). Pertanto, ad essere errata può essere l'osservazione, lo strumento o l'interpretazione dei dati.

Un'ulteriore difficoltà riguarda l'abbandono della teoria a seguito di falsificazione (ivi). Una teoria, infatti, non viene quasi mai abbandonata in maniera immediata e definitiva sulla base di un singolo dato contrastante (Godfrey-Smith, 2009). Al contrario, la comunità scientifica tende spesso a valutare se le anomalie osservate possano essere assorbite senza compromettere il nucleo centrale dell'impianto teorico (ivi). Questa constatazione apre spazio ad altri interrogativi che riguardano il reale funzionamento della pratica scientifica. Ed è a partire da questi che si svilupperà la riflessione di Thomas Kuhn, il quale metterà in discussione l'immagine popperiana della scienza (Chalmers, 1979). La riflessione di Popper rappresenta una svolta fondamentale nella filosofia della scienza, poiché sostituisce l'ideale della verifica con quello della falsificabilità e interpreta la conoscenza scientifica come un processo aperto di congetture e confutazioni. Ai fini del presente lavoro, tale prospettiva assume particolare rilievo perché mostra che la scientificità di una disciplina non dipende dal possesso di verità definitive, bensì dalla capacità di formulare ipotesi controllabili, sottoporle a critica e accettarne l'eventuale revisione. Allo stesso tempo, le difficoltà emerse nell'applicazione concreta del criterio di falsificabilità evidenziano che il funzionamento reale della pratica scientifica è più complesso di quanto Popper stesso avesse ipotizzato. Saranno proprio questi limiti a costituire il punto di partenza della riflessione di Thomas Kuhn.

1.2.2 Thomas Kuhn

Anche Thomas Kuhn concepisce le teorie scientifiche come strutture complesse e storicamente situate (ivi). Tuttavia, egli prende le distanze dalle “concezioni tradizionali della scienza, siano esse l'induttivismo e il falsificazionismo, [in quanto] non reggevano il confronto con l'evidenza storica (ivi. p. 94). Secondo Kuhn, infatti, tali modelli filosofici propongono un'immagine eccessivamente razionale, lineare e uniforme allo sviluppo della conoscenza (Kuhn, 2009). In particolare, critica

l'idea della scienza come processo cumulativo in cui dalle osservazioni derivano teorie progressivamente sempre più vicine alla verità (ivi). Come si è visto nella sezione precedente, anche Karl Popper aveva già messo in discussione questa immagine (Popper, 2005). Pur riconoscendo l'importanza della critica popperiana, Kuhn ritiene che essa non descriva adeguatamente il modo in cui la ricerca scientifica si sviluppa nella pratica (Kuhn, 2009). Il cambiamento scientifico non avviene, infatti, attraverso una successione continua di falsificazioni, bensì tramite trasformazioni storiche più profonde e discontinue, nelle quali mutano gli stessi criteri attraverso cui gli scienziati interpretano il mondo (ivi).

Per comprendere questa prospettiva, Kuhn invita a riconsiderare il modo stesso in cui viene studiata la storia della scienza (ivi). A suo avviso, il passato non deve essere interpretato come una semplice successione di errori progressivamente corretti dalle teorie contemporanee. Infatti, il passato andrebbe visto come l'insieme di sistemi teorici coerenti con i problemi, le evidenze e le categorie concettuali disponibili nelle diverse epoche storiche. Un esempio significativo è rappresentato dalla fisica aristotelica (ivi). Essa non va interpretata esclusivamente come una visione imperfetta della fisica newtoniana, ma come sistema coerente rispetto alle categorie concettuali e alle evidenze disponibili nel mondo greco (ivi). Kuhn definisce questo approccio come una ricerca dell'integrità storica (ivi). Egli fa emergere questo tratto nel suo testo *La Struttura delle Rivoluzioni Scientifiche* (p. 21-22):

Piuttosto che andare a cercare, nella scienza di un'epoca passata, i contributi permanenti che quella ha apportato al nostro benessere attuale, essi si sforzano di presentare l'integrità storica di quella scienza considerata nel suo tempo. [...] Questi studi storici suggeriscono, almeno implicitamente, la possibilità di una nuova immagine della scienza.

Questa diversa lettura della storia della scienza conduce Kuhn a mettere in discussione anche il ruolo attribuito all'osservazione nelle concezioni tradizionali della scienza. La scienza secondo Kuhn non è cumulativa e non aggiunge nuovi "pezzi" man mano che procede e non esiste uno sguardo completamente neutro sulla realtà (Giovedì, 2022). Lo scienziato orienta tanto la scelta dei problemi ritenuti rilevanti, quanto l'interpretazione delle anomalie osservate (ivi). Proprio questa dipendenza dell'osservazione dal contesto teorico, conduce Kuhn ad elaborare uno dei concetti più influenti della sua filosofia: il paradigma (Kuhn, 2009).

Kuhn introduce la nozione di paradigma, come un insieme di “assunzioni, e leggi d’ordine teorico generale e di tecniche per la loro applicazione adottate dai membri di una particolare comunità scientifica” (Chalmers, 1979, p. 95). In altri termini, il paradigma rappresenta una vera e propria cornice interpretativa entro la quale gli scienziati comprendono il mondo e individuano metodi per risolvere problemi (Godfrey-Smith, 2009). Secondo Kuhn, la presenza di un paradigma condiviso “contraddistingue la scienza dalla non scienza” (Chalmers, 1979, p. 96), stabilendo un criterio di demarcazione. Discipline come la fisica, sono caratterizzate dall’esistenza di un quadro teorico dominante e accettato dalla comunità scientifica (ivi). Al contrario, altri campi possono trovarsi in una situazione in cui regna disaccordo sui fondamenti teorici e metodologici, condizione che Kuhn associa alla pre-scienza (ivi). Infatti, Kuhn considera discipline come la sociologia esempi di campi ancora privi di un paradigma condiviso (ivi). In realtà il paradigma kuhniano manca di una definizione chiara e precisa (ivi). Ciò non impedisce, tuttavia, di individuarne alcuni elementi ricorrenti, che consentono di comprenderne la funzione all’interno della pratica scientifica (ivi. p. 96-97):

- 1) Presenza di leggi e assunzioni teoriche
- 2) Criteri standard per l’applicazione delle leggi in circostanze diverse
- 3) Strumentazioni adoperate e tecniche per trasformare la teoria in pratica
- 4) Principi filosofici generali che guidano il lavoro scientifico
- 5) Prescrizioni metodologiche

Kuhn cerca di evidenziare il carattere rivoluzionario del progresso scientifico (ivi). Quest’ultimo, secondo il filosofo, segue uno schema ben preciso, caratterizzato dalle seguenti fasi: pre-scienza, scienza normale, crisi, rivoluzione, nuova scienza normale e nuova crisi (ivi). La pre-scienza è caratterizzata dal disaccordo sui fondamenti del paradigma (ivi). Infatti, in essa esistono tante teorie quanti sono gli scienziati (ivi). Siccome regna il disaccordo, il lavoro scientifico non è né ben organizzato, né efficace (Godfrey-Smith, 2009).

L’attività svolta all’interno di un paradigma condiviso prende il nome di scienza normale, espressione con cui Kuhn designa la fase ordinaria e quotidiana della ricerca scientifica (ivi). In questa fase gli scienziati non mettono continuamente in discussione i fondamenti teorici della disciplina, ma lavorano alla soluzione dei “rompicapi” (Chalmers, 1979). La metafora del rompicapo riflette un atteggiamento di fiducia nei confronti del paradigma (Godfrey-Smith, 2009). Infatti, quando emerge una difficoltà, essa viene interpretata non come una confutazione della teoria, ma come un problema da risolvere attraverso ulteriori ricerche (Chalmers, 1979). Qui emerge una differenza fondamentale

rispetto alla prospettiva popperiana (Kuhn, 2009). Mentre Popper interpreta le difficoltà empiriche come falsificazioni, Kuhn sostiene che gli scienziati tendono a preservare il paradigma dominante, cercando di risolvere le anomalie (ivi). Solo quando si verificano determinate circostanze e le anomalie si accumulano e minano ai fondamenti del paradigma, allora possono indurre ad una crisi (Chalmers, 1979). Di conseguenza, si verifica una perdita di fiducia nel paradigma da parte dei membri che vi aderiscono (ivi). Man mano che l'intera comunità scientifica perde fiducia, si sfocia in un problema che non è solo tecnico, ma anche psicologico (ivi). Questo avviene perché gli scienziati smettono di rifarsi alle assunzioni e ai metodi del paradigma (ivi).

La crisi del paradigma costituisce il terreno da cui può emergere una rivoluzione scientifica, ossia una trasformazione profonda del paradigma dominante, con conseguente emersione di un nuovo quadro teorico capace di affrontare le anomalie rimaste insolute (ivi). La transizione da un paradigma all'altro non implica solo l'aggiunta di nuove conoscenze, ma anche una vera e propria riorganizzazione del modo in cui il mondo viene interpretato (Kuhn, 2009). Emblematico è il caso della rivoluzione chimica di Lavoisier, il quale sostituì la teoria del flogisto con una nuova interpretazione fondata sul ruolo dell'ossigeno (Chalmers, 1979). Il nuovo paradigma non modifica soltanto le spiegazioni disponibili, ma ridefinisce anche il significato stesso dei concetti scientifici e i criteri di validità, ovvero "le regole del gioco" che guidano il paradigma (ivi). Per questa ragione Kuhn parla di paradigmi incompatibili o incommensurabili (Kuhn, 2009). Essi non costituiscono semplicemente risposte diverse agli stessi problemi, ma modi differenti di interpretare la realtà (Chalmers, 1979).

Kuhn (2009) descrive il passaggio da un paradigma a un altro attraverso quello che definisce orientamento gestaltico. Egli sottolinea come il cambiamento di paradigma non deriva da una dimostrazione logica o una prova decisiva che stabilisca quale teoria sia migliore (ivi). Infatti, i fattori che entrano in gioco nella decisione sono molteplici e avvalorati da un'importanza diversa (e personale) conferita da ogni scienziato (ivi). I criteri adottati dai paradigmi sono differenti e non esiste una regola unica per bilanciare fattori come la semplicità, i motivi psicologici o i bisogni urgenti (Chalmers, 1979). Pertanto, "giudicato in base ai propri stessi criteri, ad esempio, il paradigma A può essere ritenuto superiore al paradigma B, mentre in base ai criteri del paradigma B, il suo giudizio può capovolgersi" (ivi. p. 102). Questa considerazione conduce alla nozione di incommensurabilità dei paradigmi (Kuhn, 2009). Paradigmi differenti, infatti, non sono direttamente confrontabili attraverso una misura comune, perché sono dotati di regole diverse per trattare i dati (Godfrey-Smith, 2009). Ne consegue che i soli dati osservativi e la logica non siano sufficienti a determinare il

cambiamento di paradigma (ivi). Tuttavia, questo non significa che Kuhn sostenga una concezione relativistica della scienza (Chalmers, 1979). Infatti, si può dire in un certo senso, che Kuhn ritiene il nuovo paradigma migliore, ma solo perché è in grado di risolvere più anomalie del precedente (ivi).

Ai fini del presente lavoro, la riflessione di Kuhn assume particolare rilievo perché mostra come lo sviluppo della conoscenza scientifica non possa essere spiegato esclusivamente attraverso criteri logici di verifica o falsificazione, ma debba essere compreso anche alla luce dei paradigmi condivisi dalla comunità scientifiche e del contesto storico in cui esse operano. La sua analisi restituisce un'immagine della scienza come pratica dinamica e storicamente situata. In questo modo contribuisce a superare una concezione rigida e unitaria del metodo scientifico. Tale prospettiva offre un importante quadro teorico per affrontare, nei capitoli successivi, il problema della scientificità della pedagogia senza assumere come modello di riferimento quello delle scienze naturali.

Nonostante l'importanza e l'influenza della prospettiva kuhniana, essa lascia aperte alcune difficoltà teoriche rilevanti. In particolare, il problema dell'incommensurabilità sembra rendere difficile spiegare in che modo fosse possibile valutare razionalmente il passaggio tra paradigmi concorrenti senza cadere in una forma di relativismo (ivi). Fu proprio nel tentativo di conciliare il carattere storico della scienza con l'esigenza di preservare criteri razionali di valutazione che si inserì la riflessione di Imre Lakatos (ivi). Egli propose una mediazione tra il falsificazionismo di Popper e la sensibilità storica introdotta da Kuhn (ivi).

1.2.3 Imre Lakatos

Imre Lakatos sviluppa la propria riflessione filosofica nel tentativo di superare alcune difficoltà emerse tanto nel falsificazionismo di Karl Popper, quanto nella prospettiva elaborata da Thomas Kuhn (Lakatos, 1979). Da un lato, Lakatos riconosce il merito a Popper di aver mostrato l'impossibilità di fondare razionalmente la scienza sull'induzione e di aver sottolineato il ruolo critico della falsificazione (ivi). Dall'altro ritiene che il falsificazionismo presenti un'immagine eccessivamente rigida del funzionamento reale della pratica scientifica (ivi). Parallelamente, pur apprezzando la riflessione kuhniana, Lakatos considera problematica la nozione di incommensurabilità dei paradigmi (ivi). Egli ritiene, infatti, che essa rischi di compromettere la possibilità di una valutazione razionale del progresso scientifico (ivi). L'obiettivo di Lakatos consiste, dunque, nell'elaborare una concezione capace di conciliare la razionalità scientifica con il suo effettivo sviluppo storico (ivi). Per questo Lakatos propone la metodologia dei programmi di ricerca

scientifici (ivi). Si tratta di una concezione secondo cui la scienza non procede attraverso teorie isolate, come voleva Popper, bensì mediante sistemi teorici caratterizzati da continuità storica e da teorie che si collegano tra loro (ivi). In questo quadro, una teoria scientifica non è semplicemente una spiegazione dei fenomeni, ma è una guida per la ricerca scientifica (Chalmers, 1979). Infatti, fornisce indicazioni circa il modo in cui affrontare le anomalie e i problemi (ivi). In questo senso, il programma di ricerca costituisce un quadro di riferimento in cui gli scienziati operano (ivi).

Secondo Lakatos, ogni programma di ricerca si compone di due elementi fondamentali: il nucleo teorico e la cintura protettiva (Lakatos, 1979). La distinzione tra queste due strutture consente di comprendere in che modo la scienza possa dotarsi di continuità teorica, nonostante le anomalie e le difficoltà dell'attività scientifica (ivi). Il nucleo teorico comprende gli assunti fondamentali del programma di ricerca (ivi). Essi non possono essere messi in discussione, in quanto sono protetti in un certo senso da decisioni metodologiche (ivi). Il loro abbandono comporterebbe, infatti, la rinuncia al programma stesso (ivi). A questo proposito, Chalmers (1979) propone l'esempio dell'astronomia copernicana. In essa il nucleo teorico è costituito dall'assunzione "secondo cui la Terra e i pianeti orbitano intorno a un sole immobile e la Terra ruota intorno al proprio asse una volta al giorno" (ivi. p. 86). Anche quando emergono difficoltà, queste assunzioni vengono inizialmente preservate e difese (ivi). Da questo punto di vista, il programma di ricerca "richiama il paradigma kuhniano per il fatto che i ricercatori impegnati in un programma mantengono un accordo [...] sui punti di fondo del medesimo" (Lakatos, 1979, p. 22). Accanto al nucleo teorico, ogni programma di ricerca possiede una cintura protettiva (ivi). Essa, è composta da un insieme di ipotesi ausiliarie, condizioni iniziali, modelli e assunzioni secondarie che possono essere modificate o sostituite (ivi). A differenza del nucleo, la cintura protettiva è flessibile e permette di adattare progressivamente il programma ai nuovi dati senza rinunciare ai suoi principi fondamentali (ivi). Tale processo viene guidato da ciò che Lakatos definisce euristica positiva (ivi). Si tratta di un insieme di indicazioni metodologiche che orientano gli scienziati durante lo sviluppo del programma di ricerca, per adattarlo ai nuovi dati (ivi). Emblematico è ancora una volta il caso del programma copernicano, che venne progressivamente ampliato attraverso l'introduzione di nuovi ep cicli per spiegare alcune discrepanze tra teoria e osservazione (Chalmers, 1979). Le modifiche interessavano la cintura protettiva e non il nucleo teorico del programma. La distinzione tra nucleo teorico e cintura protettiva rappresenta uno degli aspetti più originali della proposta di Lakatos, poiché consente di spiegare come una disciplina possa continuare a svilupparsi senza dover abbandonare le proprie teorie fondamentali ogni volta che emergono nuove anomalie.

Parallelamente, Lakatos introduce il concetto di euristica negativa, ovvero una sorta di vincolo metodologico attraverso cui gli scienziati vengono indirizzati a non mettere in discussione il nucleo del programma (Lakatos, 1979). Di conseguenza, l'emergere di anomalie non comporta l'abbandono immediato della teoria, ma induce gli scienziati a intervenire sulla cintura protettiva (Chalmers, 1979). In questo modo vengono modificate le ipotesi ausiliarie, le condizioni iniziali o i modelli interpretativi (Lakatos, 1979). Tale impostazione segna una netta differenza rispetto al falsificazionismo di Popper (Chalmers, 1979). Infatti, una contraddizione empirica non è sufficiente, di per sé, a decretare il fallimento di un programma di ricerca, poiché l'origine della discrepanza potrebbe risiedere negli elementi ausiliari e non nel nucleo teorico (ivi). Per Lakatos, il criterio decisivo non consiste nello stabilire se una teoria sia vera o falsa, bensì nel valutare la capacità del programma di ricerca di produrre nuova conoscenza (Lakatos, 1979).

Un programma è progressivo quando le modifiche introdotte nella cintura proiettiva conducono a nuove previsioni successivamente confermate. Al contrario, diventa degenerativo quando le modifiche assumono il carattere di semplici aggiustamenti *ad hoc*, introdotti esclusivamente per proteggere il nucleo teorico senza generare nuovi risultati (ivi). In questa prospettiva, non bisogna abbandonare immediatamente una teoria quando essa è messa alla prova da un'anomalia, bensì bisogna valutare la sua capacità di continuare a produrre nuova conoscenza (ivi). Come osserva Chalmers (1979, p. 92), un programma degenerativo "lascia il passo a uno rivale e più progressivo, proprio come l'astronomia di Tolomeo cedette il passo alla teoria di Copernico". Tuttavia, Lakatos invita alla cautela nel decretare il fallimento definitivo di un programma scientifico (ivi). Infatti, la storia della scienza è ricca di programmi considerati problematici e da abbandonare, che, però, hanno recuperato forza grazie a sviluppi successivi (ivi).

A differenza di Kuhn, Lakatos ritiene che il confronto tra programmi di ricerca concorrenti sia possibile, pur riconoscendo che esso non sia mai completamente neutrale. La valutazione dipende, infatti, anche dai criteri teorici adottati dalla comunità scientifica e dalla capacità dei diversi programmi di produrre risultati fecondi (Lakatos, 1979). In questo senso Lakatos interpreta il progresso scientifico non come un avvicinamento a verità definitive, ma come un processo in cui alcuni programmi di ricerca si dimostrano più fertili di altri (ivi). In questo modo, si stimolano nuove idee e si generano nuovi problemi (ivi).

La proposta di Lakatos mostra che la scientificità di una disciplina non dipende dall'abbandono immediato delle proprie teorie di fronte a singole anomalie, ma dalla capacità dei programmi di ricerca di svilupparsi nel tempo, produrre nuove conoscenze e affrontare criticamente

i problemi emergenti. Tale prospettiva offre un criterio di valutazione della razionalità scientifica più flessibile rispetto al falsificazionismo popperiano e meno esposto al rischio di relativismo rispetto alla prospettiva kuhniana. Essa costituisce quindi un ulteriore riferimento teorico per discutere, nei capitoli successivi, la possibilità di riconoscere una forma di scientificità anche alla pedagogia.

1.2.4 Feyerabend: la Riflessione Scettica sulla Separazione tra Scienza e Pseudoscienza

Accanto ai tentativi di tracciare un confine tra scienza e non-scienza, esistono anche autori che mettono in discussione la possibilità stessa di individuare un criterio universale (Chalmers, 1979). Una posizione abbastanza significativa è rappresentata da Paul Feyerabend (ivi). Egli, a differenza di Popper, mise in discussione l'idea stessa che esista un metodo scientifico universale e valido in ogni circostanza (Feyerabend, 2002). Secondo Feyerabend la storia della scienza mostra come molte delle grandi innovazioni scientifiche siano nate proprio dalla violazione delle regole metodologiche considerate corrette in un determinato periodo storico (ivi). Per questa ragione, l'autore rifiuta ogni tentativo di formulare criteri rigidi e invariabili, capaci di definire una volta per tutte la scientificità di una disciplina (ivi). Da questa prospettiva deriva il suo celebre principio del *"Tutto va bene"* (Chalmers, 1979, p. 156), espressione con cui Feyerabend non intende sostenere che ogni pratica conoscitiva abbia lo stesso valore. Infatti, egli cerca di sottolineare, invece, che il progresso non segue un percorso lineare o uniforme. La storia della scienza mostra che essa, infatti, può svilupparsi attraverso strategie differenti e talvolta incompatibili tra loro (ivi). Le riflessioni di Feyerabend conducono così a una concezione fortemente pluralista della scienza. In una concezione simile non è possibile individuare un criterio metodologico unico capace di distinguere definitivamente la scienza dalla non-scienza (ivi). Il problema della demarcazione appare quindi ancora più complesso di quanto suggerissero le prospettive precedenti.

Ai fini del presente lavoro, il contributo di Feyerabend risulta significativo non tanto perché elimina ogni distinzione tra scienza e non-scienza, quanto perché invita a diffidare di concezioni eccessivamente rigide della scientificità. Se non esiste un unico metodo scientifico universalmente valido, allora la valutazione della scientificità di una disciplina non può basarsi esclusivamente sul confronto con il modello delle scienze naturali. Questa conclusione rappresenta un ulteriore elemento a sostegno della prospettiva che verrà sviluppata nel capitolo dedicato alla pedagogia, nella quale si

sosterrà che la scientificità possa assumere forme differenti pur mantenendo requisiti di rigore, controllabilità e confronto critico.

1.3 Come Opera la Scienza: Spiegazione e Evidenza

Le differenti prospettive epistemologiche analizzate finora hanno mostrato come non esista un criterio unico e universalmente condiviso per definire la scientificità di una disciplina. Infatti, Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend hanno evidenziato, da prospettive differenti, la complessità della pratica scientifica e i limiti delle concezioni che identificano la scienza con un unico metodo o con un criterio di demarcazione definitivo (Chalmers, 1979). Tuttavia, tale conclusione non esaurisce il problema della scientificità (Amoretti, Serpico, 2022). Per comprendere in che senso una disciplina possa essere considerata scientifica, occorre interrogarsi anche sul tipo di conoscenza che essa produce e sulle modalità attraverso cui costruisce le spiegazioni dei fenomeni che studia. Questa questione assumerà particolare rilievo nei capitoli successivi, nei quali ci si chiederà se e in quale misura la pedagogia elabori spiegazioni scientificamente fondate dei processi educativi.

Le teorie scientifiche ambiscono a descrivere, interpretare e prevedere determinati eventi (ivi). Pertanto, occorre comprendere anche cosa rende una spiegazione scientifica e quali sono gli elementi che la contraddistinguono (ivi). La spiegazione costituisce uno degli obiettivi fondamentali dell'attività scientifica, poiché consente di comprendere perché determinati fenomeni si verificano e a quali condizioni possono essere ricondotti (Ladyman, 2012). Interrogarsi sulla natura della spiegazione significa quindi comprendere quali forme di conoscenza una disciplina sia in grado di produrre. Nel corso del Novecento, il problema della spiegazione scientifica è stato affrontato da prospettive epistemologiche differenti: realismo ed empirismo (ivi). I realisti scientifici attribuiscono alle teorie il compito di descrivere anche gli aspetti non osservabili della realtà (ivi). Gli empiristi, invece, ritengono sufficiente che esse risultino empiricamente adeguate rispetto ai fenomeni osservabili (ivi). Pur muovendo da presupposti differenti, entrambe le prospettive condividono l'interesse per il problema della spiegazione scientifica.

1.3.1 Modello Nomologico-Deduttivo: Carl Gustav Hempel

In questo quadro teorico si inserisce la riflessione di Carl Gustav Hempel, autore di una delle più influenti teorie della spiegazione scientifica del Novecento (Amoretti, Serpico, 2022). La sua proposta assume particolare rilievo ai fini del presente lavoro, perché consente di interrogarsi su che cosa significhi spiegare scientificamente un fenomeno. Questa questione sarà utile nei capitoli successivi, nei quali si discuterà se e in quale misura la pedagogia produca spiegazioni scientificamente fondate dei processi educativi.

Per sviluppare la sua teoria, Hempel elaborò il cosiddetto “modello delle leggi di copertura”, formulato nel 1948 (Godfrey-Smith, 2009). Alla base di questo approccio vi è l’idea secondo cui spiegare un fenomeno significhi mostrare come esso possa essere logicamente dedotto da leggi generali e da specifiche condizioni iniziali (Ladyman, 2012). La struttura della spiegazione hempeliana si articola in due elementi fondamentali: l’*explanandum* e l’*explanans* (Amoretti, Serpico, 2022). Più precisamente l’*explanandum* rappresenta il fenomeno che va spiegato, mentre l’*explanans* coincide con l’insieme delle premesse che lo chiarisce e tra le quali deve essere presente almeno una legge generale da cui dedurre il fenomeno (Godfrey-Smith, 2009).

Hempel, cercò inoltre di distinguere tra leggi autentiche e generalizzazioni empiriche (Kitcher, 1962). Infatti, alcune proposizioni possono apparire simili a leggi di natura, senza possederne realmente le caratteristiche fondamentali (ivi). Secondo Hempel, le leggi scientifiche devono svolgere un ruolo esplicativo all’interno del modello (ivi). A seconda della natura delle leggi coinvolte, Hempel distingue un modello nomologico-deduttivo, fondato su leggi universali, e un modello statistico-induttivo, nel quale la spiegazione assume carattere probabilistico (Amoretti, Serpico, 2022).

Tra gli aspetti più rilevanti del modello hempeliano, emergono il principio di simmetria tra spiegazione e previsione e la pretesa di universalità del modello (ivi). Secondo Hempel, infatti, le stesse leggi che consentono di spiegare un fenomeno dovrebbero permetterne anche la previsione (ivi). Tale schema esplicativo potrebbe essere esteso a tutte le discipline scientifiche, comprese le scienze umane e sociali (ivi).

Nonostante la sua influenza, il modello delle leggi di copertura è stato oggetto di numerose critiche (ivi). Una delle obiezioni principali riguarda il fatto che la validità logica dell’argomento non garantisce necessariamente che esso costituisca una spiegazione soddisfacente dal punto di vista scientifico (ivi). Il modello, infatti, non richiede che le premesse siano causalmente rilevanti né che rispettino la corretta successione temporale degli eventi (ivi; Ladyman, 2012). Per questa ragione esso

è stato considerato eccessivamente liberale e incapace di distinguere alcune spiegazioni autentiche da argomentazioni logicamente corrette, ma intuitivamente poco convincenti (ivi). Proprio per queste ragioni, molti filosofi della scienza hanno ritenuto necessario integrare o sostituire il modello hempeliano con concezioni che attribuissero maggiore centralità ai concetti di causalità e meccanismo, aspetti che verranno approfonditi nel prossimo paragrafo.

Il modello di Hempel rappresenta un punto di riferimento fondamentale perché identifica la spiegazione scientifica con la possibilità di ricondurre un fenomeno a leggi generali. Tuttavia, le difficoltà emerse nella sua applicazione mostrano che tale concezione non è sufficiente a rendere conto dell'intera varietà delle spiegazioni scientifiche. Si rende, pertanto, necessario elaborare modelli capaci di cogliere aspetti della spiegazione che il solo schema logico non riesce a rappresentare. Da questa consapevolezza prende avvio un progressivo ampliamento della riflessione filosofica sulla spiegazione, che porterà allo sviluppo di modelli fondati sulla causalità e sui meccanismi.

La ricostruzione di questo passaggio teorico è rilevante per il presente lavoro, perché fornisce gli strumenti concettuali necessari per analizzare, nei capitoli successivi, quali modelli di spiegazione siano maggiormente adeguati a comprendere i processi educativi.

1.3.2 Leggi Scientifiche, Causalità e Meccanicismi

Le difficoltà emerse dal modello delle leggi di copertura, hanno progressivamente condotto molti filosofi della scienza a interrogarsi sulla reale natura delle spiegazioni scientifiche. Se il modello hempeliano risultava efficace nel chiarire la struttura logica della spiegazione, esso sembrava tuttavia incapace di rendere conto di un aspetto ritenuto essenziale da numerosi autori: il ruolo della causalità (Ladyman, 2012). In molti casi, infatti, spiegare un fenomeno non significa soltanto mostrare che esso possa essere dedotto da una legge generale, ma anche comprendere quali processi o relazioni causali lo abbiano prodotto (Amoretti, Serpico, 2022). I modelli causali della spiegazione scientifica nascono proprio dal tentativo di superare le insufficienze del modello delle leggi di copertura (Godfrey-Smith, 2009). È in questo contesto che si inserisce la riflessione di Wesley Salmon (ivi). Egli propone una concezione della spiegazione scientifica che attribuisce un ruolo centrale alla causalità. Tale prospettiva risulta particolarmente significativa perché anticipa un tema che sarà ripreso nel capitolo dedicato alle neuroscienze. Queste ultime, infatti, si rifanno a spiegazioni che assumono una struttura causale e meccanicistica (Ross e Bassett 2024).

Secondo Salmon (2010), una spiegazione scientifica non può limitarsi a mostrare che un fenomeno deriva logicamente da una legge generale. Essa deve individuare i fattori causalmente rilevanti che hanno prodotto l'evento e ricostruire il processo attraverso cui esso si è verificato (ivi). La spiegazione assume così la forma di una ricostruzione causale anziché di una semplice deduzione logica (Amoretti, Serpico, 2022). In questa prospettiva viene meno la perfetta simmetria tra spiegazione e previsione sostenuta da Hempel (Ladyman, 2012). Pertanto, comprendere un fenomeno significa soprattutto ricostruirne la genesi causale. Per distinguere le autentiche relazioni causali da semplici correlazioni apparenti, Salmon introduce la distinzione tra processi causali e pseudo-processi (Salmon, 1984).

Nonostante il contributo innovativo, anche la prospettiva di Salmon è stata oggetto di alcune critiche e limiti. Questo poiché una ricostruzione completa delle catene causali è spesso irrealizzabile e la nozione di causalità rimane difficile da definire in modo univoco (Godfrey-Smith, 2009; Ladyman, 2012). Tuttavia, il merito principale di Salmon consiste nell'aver riportato al centro della riflessione filosofica la dimensione causale della spiegazione scientifica (Amoretti, Serpico, 2022). In questo modo si è aperta la strada alle successive concezioni meccanicistiche, secondo cui comprendere scientificamente un fenomeno significa descrivere i meccanismi (ivi).

In questo quadro, acquisisce importanza il neomeccanicismo, la cui proposta si lega all'ambito scientifico ed emerge da Machamer, Darden e Craver (2000). Essi ritengono che spiegare un fenomeno scientifico significhi descriverne il meccanismo e mostrare il come del fenomeno, senza dedurlo da leggi universali (ivi). Secondo i tre filosofi, infatti, i meccanismi "sono entità e attività organizzate in modo tale da produrre cambiamenti regolari dal loro stato iniziale o di avvio fino alle condizioni finali o di terminazione" (ivi. p. 3). In tal senso, i meccanismi sono costituiti da parti e azioni che, se organizzate in un certo modo, producono un effetto stabile a seguito di una loro interazione (ivi). Un esempio di meccanismo potrebbe essere il cuore, che tra le entità possiede gli atri, i ventricoli, le valvole (ivi). Mentre tra le attività compiute troviamo la contrazione o l'apertura e chiusura delle valvole (ivi). L'organizzazione, in questo caso, consiste in una sequenza ordinata e coordinata, il cui risultato è la circolazione del sangue all'interno del corpo (ivi). L'approccio meccanicistico pone l'attenzione sull'organizzazione del fenomeno (Ladyman, 2012). In questo, si differenzia dal modello hempeliano, che attribuiva centralità alle leggi universali e al perché del fenomeno, e dall'impostazione di Salmon, ancorata alla nozione di causalità (ivi). L'obiettivo della spiegazione scientifica, pertanto, non consiste più solo nel mostrare che un fenomeno segue logicamente da determinate premesse o nell'individuare le sue cause, ma nel chiarire come esso

venga effettivamente ottenuto attraverso l'interazione di specifiche parti del meccanismo (Amoretti, Serpico, 2022).

Vista l'importanza di ricostruire l'organizzazione dei processi che producono il fenomeno, l'interesse per i meccanismi assume particolare rilievo nelle scienze biologiche, mediche, cognitive e nelle neuroscienze (ivi). Nel capitolo successivo, dedicato alle scienze cognitive e alle neuroscienze, verrà infatti mostrato come il modello meccanicistico sia ampiamente impiegato per comprendere il funzionamento del sistema nervoso e i processi cognitivi. Per esempio, per spiegare un fenomeno come l'apprendimento non è sufficiente richiamare una legge generale, ma occorre ricostruire i meccanismi neurali coinvolti, le strutture cerebrali interessate e le interazioni biologiche che rendono possibile il processo (ivi). Questa modalità di spiegazione sarà particolarmente rilevante nella discussione sulla neuroeducazione, poiché consente di comprendere il contributo specifico che le neuroscienze possono offrire allo studio dei processi educativi. Ciò non implica, tuttavia, che tali spiegazioni siano sufficienti a esaurire la complessità dei fenomeni educativi, i quali coinvolgono anche dimensioni psicologiche, relazionali e contestuali.

Il passaggio dai modelli deduttivi alle spiegazioni causali e meccanicistiche mostra, pertanto, come la filosofia della scienza abbia progressivamente ampliato il concetto stesso di spiegazione scientifica.

1.3.3 L'Evidenza nella Scienza

Le riflessioni sulla spiegazione scientifica mostrano come il problema della scientificità non si esaurisca nella sola individuazione di un criterio di demarcazione, né tantomeno nella comprensione dei processi attraverso cui la scienza formula spiegazioni dei fenomeni. Una questione ancora aperta resta il modo in cui le teorie scientifiche vengono supportate dalle evidenze empiriche e il rapporto tra osservazione e evidenza (Godfrey-Smith, 2009).

Molte teorie scientifiche non si limitano a descrivere i fatti immediatamente osservabili, ma introducono entità teoriche e formulano spiegazioni che vanno oltre ciò che è direttamente accessibile ai nostri sensi (Ladyman, 2012). Come già riportato, si pensi, ad esempio, agli elettroni, alle strutture neuronali o ai processi cognitivi (ivi). Si tratta di elementi che non vengono osservati in modo immediato, ma la cui esistenza viene inferita sulla base di evidenze indirette (ivi). La scienza, pertanto, cerca di passare da dati osservativi ed empirici (le premesse), a conclusioni generali (Amoretti, Serpico, 2022). Tutto questo porta al tema dell'inferenza scientifica (ivi).

Come si è visto, uno dei problemi centrali, già emersi all'interno dell'empirismo logico, riguardava la questione della conferma (ivi). Essa si occupa del modo in cui le osservazioni possano costituire evidenza a favore di una teoria scientifica (ivi). Infatti, in merito al verificazionismo, l'obiettivo generale era quello di costruire una concezione scientifica del mondo, in cui ogni affermazione potesse essere ricondotta all'esperienza osservativa (Chalmers, 1979). Pertanto, un ruolo privilegiato veniva affidato all'osservazione come base della costruzione del sapere scientifico (ivi).

Tuttavia, questa impostazione incontrava diverse difficoltà (ivi). Tra queste, ci si chiedeva come una serie limitata di osservazioni potesse costituire evidenza per la formulazione di una teoria generale (ivi). Una difficoltà importante deriva dal fatto che le osservazioni non risultano mai completamente neutrali o indipendenti dal quadro teorico entro cui vengono interpretate (ivi). Inoltre, le evidenze disponibili risultano spesso compatibili con più di una spiegazione teorica (Amoretti, Serpico, 2022). Ciò significa che l'evidenza empirica, da sola, non sempre appare sufficiente a stabilire in maniera definitiva quale teoria debba essere considerata vera o migliore (Chalmers, 1979).

Le questioni affrontate in questo capitolo costituiscono il quadro epistemologico di riferimento dell'intero lavoro. L'analisi delle principali concezioni della scienza ha mostrato come la conoscenza scientifica non possa essere identificata con un insieme di verità definitive, né con l'applicazione di un metodo unico e universale (Godfrey-Smith, 2009). La riflessione di Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend ha inoltre evidenziato il carattere dinamico, fallibile e pluralistico della ricerca scientifica (Chalmers, 1979). Successivamente, la discussione sui modelli della spiegazione ha mostrato come discipline differenti possano elaborare spiegazioni scientifiche attraverso strategie metodologiche diverse (ivi). Queste conclusioni risultano particolarmente rilevanti ai fini del presente lavoro. Se infatti non esiste un unico criterio di scientificità né un solo modello legittimo di spiegazione scientifica, allora la domanda da porsi non è se la pedagogia riproduca il metodo della fisica o della biologia, ma se essa produca conoscenze sistematiche, controllabili e criticamente discutibili sul proprio oggetto di studio. Questa prospettiva costituirà il filo conduttore dei capitoli successivi. Nel secondo capitolo tale quadro epistemologico verrà utilizzato per analizzare criticamente le scienze cognitive e le neuroscienze, evidenziandone i contributi e i limiti metodologici. Per esempio, l'analisi dei modelli di spiegazione scientifica, svolta in questo capitolo, ha permesso di evidenziare il meccanicismo (Craver, 2000). Esso si trova alla base delle spiegazioni neuroscientifiche e ne costituisce addirittura un limite (Ross, Bassett, 2024). Infatti, la riflessione sul rapporto tra evidenza, spiegazione e inferenza permetterà di esaminare in modo più consapevole il

contributo delle neuroscienze contemporanee, ma anche i loro limiti metodologici (Logothetis, 2008). Tra questi ultimi troviamo l'indirettezza delle misurazioni, il riduzionismo, la diffusione dei neuromiti e il fenomeno della *seductive allure* delle spiegazioni neuroscientifiche. Le basi teoriche ed epistemologiche delineate costituiranno il presupposto per le analisi sviluppate nel terzo capitolo sulla scientificità della pedagogia e sul ruolo della neuroeducazione. In quest'ultimo verranno approfondite le conseguenze teoriche e pratiche derivanti dall'incontro tra neuroscienze ed educazione. In questa prospettiva, le neuroscienze rappresentano una risorsa importante per la ricerca educativa senza, tuttavia, essere sufficienti, da sole, a fondare la conoscenza pedagogica né a esaurire la complessità dei processi educativi.

2. Scienze Cognitive e Neuroscienze: Contributi e Limiti per la Ricerca Educativa

Le riflessioni sviluppate nel capitolo precedente hanno mostrato come la conoscenza scientifica non possa essere ricondotta a un unico metodo o a un criterio universale di scientificità. Questa riflessione epistemologica ha influenzato anche il metodo di studiare la mente, favorendo la nascita di diversi approcci teorici e sperimentali. Comprendere tale evoluzione risulta importante ai fini di questo lavoro, perché le neuroscienze, sulle quali si fonda gran parte della riflessione neuroeducativa contemporanea, rappresentano l'esito di un lungo percorso di trasformazione del modo di concepire i processi mentali. Nel corso del Novecento, infatti, anche l'epistemologia classica attraversò una profonda crisi (Churchland, 1987). Molti dei problemi tradizionali, come quello della conoscenza a priori, iniziarono a essere considerati insufficienti per comprendere il funzionamento della mente (ivi). Riprendendo la prospettiva di Kuhn, si potrebbe affermare che anche in questo ambito si verificò un cambiamento di paradigma, che modificò il nostro modo di fare ricerca e vedere le cose (ivi). Il paradigma precedente, fortemente influenzato dall'empirismo logico e dalla filosofia analitica, tendeva a concepire la conoscenza come un insieme di proposizioni vere (ivi). Progressivamente, tuttavia, questa impostazione venne ritenuta insufficiente a spiegare il funzionamento reale dei processi cognitivi (ivi).

Da queste considerazioni si sviluppò una prospettiva differente, nota come epistemologia naturalizzata (ivi). Secondo questa corrente di pensiero la conoscenza doveva essere studiata come fenomeno naturale, ricorrendo ai contributi della psicologia e, in seguito, delle neuroscienze (ivi). In questa prospettiva, la mente non viene più interpretata come un sistema logico o linguistico, ma come un sistema cognitivo e neurale, le cui rappresentazioni sono ricondotte ai processi cerebrali (ivi).

Questo cambiamento teorico costituisce uno dei presupposti da cui prenderanno forma le scienze cognitive contemporanee.

In questa cornice, l'obiettivo del presente capitolo non è ricostruire in modo esaustivo la storia della filosofia della mente, ma mettere in evidenza quei modelli teorici che hanno contribuito alla nascita delle scienze cognitive e delle neuroscienze, le quali risulteranno utili per comprendere il successivo sviluppo della neuroeducazione. Tali prospettive, infatti, non rappresentano il fondamento della pedagogia, ma costituiscono gli strumenti concettuali che possono contribuire alla comprensione dei processi di apprendimento e, più in generale, dei fenomeni educativi.

Prima di affrontare tali sviluppi, è opportuno richiamare brevemente il problema filosofico da cui essi prendono origine. La filosofia della mente si interroga, infatti, sul rapporto tra stati mentali e stati fisici, affrontando il cosiddetto problema mente-corpo (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). Tale questione attraversa gran parte della riflessione filosofica occidentale e trova una delle sue formulazioni più influenti nel pensiero moderno di Cartesio (Lycan, 1996). È proprio a partire da quest'ultimo che prenderà avvio la discussione sviluppata nelle pagine successive.

2.1 Da Cartesio alle Scienze Cognitive

La prima risposta al problema mente-corpo è rappresentata dal dualismo di Cartesio (ivi). Secondo il filosofo “menti e oggetti materiali sono tipi distinti di entità, o sostanze” (Heil, 2019, p. 5). Infatti, esistono due tipi di realtà: la *res cogitans* (la mente) e la *res extensa* (la materia) (Rivoltella, 2012). Ciascuna di esse possiede proprietà proprie e irriducibili (Heil, 2019). Infatti, la mente è caratterizzata dal pensiero, mentre il corpo dall'estensione nello spazio (ivi). Dunque, pensiero ed estensione si dovrebbero escludere reciprocamente (ivi). Tuttavia, pur essendo distinte, le due sostanze interagiscono nell'essere umano, perché gli stati corporei producono sensazioni nella mente e gli stati mentali danno origine ai movimenti del corpo (Lycan, 1996). Questa concezione pose, però, un problema destinato a segnare profondamente la successiva filosofia della mente (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). Ci si chiedeva, infatti, come potessero due sostanze separate influenzarsi reciprocamente (ivi). Cartesio tentò di spiegare questa relazione attribuendo alla ghiandola pineale un ruolo di collegamento tra mente e corpo (Heil, 2019). Per cui, le modificazioni di movimento delle particelle della ghiandola, si propagavano nel sistema nervoso e producevano movimenti corporei (ivi). Questa soluzione, tuttavia, non risultò convincente e il problema dell'interazione rimase sostanzialmente aperto (Lycan, 1996).

Nel corso del Novecento il dualismo cartesiano fu progressivamente criticato sotto diversi aspetti (ivi). Da un lato risultava difficile conciliare l'idea di una mente immateriale con una concezione scientifica della natura (ivi). Dall'altro appariva problematico spiegare in che modo una sostanza priva di estensione potesse produrre effetti sul mondo fisico (ivi). Parallelamente, l'affermazione del positivismo logico contribuì a privilegiare spiegazioni fondate su fenomeni osservabili e verificabili (ivi). In questo modo ridusse progressivamente il ricorso a entità non direttamente accessibili all'indagine empirica (ivi). In questa cornice, la prospettiva soggettiva (l'io penso) perse importanza rispetto a quella intersoggettiva e scientifica (ivi). L'importanza del dualismo cartesiano, tuttavia, non risiede tanto nelle soluzioni proposte, quanto nell'aver formulato il problema della relazione mente-corpo. Questo orientò, infatti, gran parte delle successive riflessioni sulla cognizione (ivi). Le diverse teorie della mente sviluppatesi nel Novecento possono, infatti, essere lette come differenti tentativi di rispondere a questa questione. Queste alternative propongono altri modelli possibili per comprendere i processi cognitivi e il funzionamento della mente (ivi). Saranno proprio questi a costituire il retroterra teorico da cui prenderanno forma le scienze cognitive e, successivamente, le neuroscienze e, di conseguenza, la neuroeducazione (ivi).

Nel corso del Novecento, l'impostazione cartesiana venne progressivamente messa in discussione da approcci che rifiutavano l'idea di una sostanza mentale distinta dalla realtà fisica (ivi). Tra questi assume particolare rilievo il comportamentismo, sviluppato a partire dagli studi di Watson (1913), che propose di fondare lo studio scientifico della mente sull'osservazione del comportamento. Secondo questa prospettiva gli stati mentali non costituiscono un oggetto di indagine scientifica autonomo, poiché non sono direttamente osservabili (Leiva, 2005). Di conseguenza, comprendere la mente significa analizzare i comportamenti manifesti e le relazioni tra stimoli e risposte (ivi). In questa direzione si colloca Ryle, che critica la concezione cartesiana della mente come "fantasma della macchina" e interpreta gli stati mentali come disposizioni comportamentali (Heil, 2019). Il comportamentismo rappresentò così un tentativo di ricondurre lo studio della mente entro i criteri di osservabilità e verificabilità richiesti dalla ricerca scientifica (Lycan, 1996). Progressivamente emerse quindi l'esigenza di elaborare un modello capace di studiare scientificamente tali processi senza rinunciare al rigore metodologico (ivi). Fu proprio questa esigenza ad aprire la strada al cognitivismo, che riportò al centro dell'indagine scientifica i processi mentali. Questi ultimi vennero interpretati non come entità metafisiche, ma come oggetti di studio suscettibili di essere analizzati mediante modelli teorici ed evidenze empiriche. Tale trasformazione rese possibile affrontare lo studio della mente, ponendo le basi per lo sviluppo delle scienze cognitive e delle neuroscienze.

L'incapacità del comportamentismo di spiegare adeguatamente i processi cognitivi interni spinse i filosofi della mente a ricercare nuove soluzioni teoriche. Un primo tentativo fu rappresentato dalla teoria dell'identità, elaborata da Place (1956) e Smart (1959), secondo la quale gli stati mentali coincidono con specifici stati cerebrali (Heil, 2019). Tale prospettiva conservava l'idea che gli stati mentali fossero processi interni, ma li interpretava in termini pienamente materialistici (Lycan, 1996). Tuttavia, questa concezione incontrò numerose difficoltà, poiché sembrava vincolare ogni stato mentale a una specifica realizzazione fisica (Raimo, 2022). Le critiche formulate da Putnam e Fodor, contribuirono a mettere in discussione questa impostazione e ad aprire la strada al funzionalismo. L'attenzione iniziò così a spostarsi dalla natura materiale degli stati mentali alla funzione da essi svolta all'interno del sistema cognitivo.

A partire dagli anni Sessanta le difficoltà incontrate dalla teoria dell'identità, favorirono l'emergere del funzionalismo, prospettiva sviluppata soprattutto da Hilary Putnam e successivamente elaborata da Jerry Fodor (Lycan, 1996). Secondo questo approccio, gli stati mentali non devono essere identificati con particolari stati fisici, bensì con le funzioni che essi svolgono all'interno di un sistema cognitivo (ivi). Ciò che definisce uno stato mentale non è, quindi, il materiale di cui è costituito, ma il ruolo che esso ricopre nelle relazioni con gli altri stati mentali, con gli input ambientali e gli output comportamentali (ivi). Dunque, "ciò che rende uno stato mentale ciò che è [...], è il suo insieme caratteristico di relazioni funzionali e il ruolo che svolge nell'economia comportamentale" (ivi. pp. 178-179). Questa prospettiva si fonda sul principio della realizzabilità multipla, secondo la quale una medesima funzione mentale può essere implementata da strutture fisiche differenti (Heil, 2019). Per questo motivo, il funzionalismo propone un'analogia tra mente e software (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). Infatti, così come un programma informatico può essere eseguito su hardware diversi mantenendo inalterate le proprie funzioni, anche gli stati mentali possono essere studiati indipendentemente dal particolare supporto biologico che li realizza (ivi). Il funzionalismo rappresentò una tappa fondamentale nello sviluppo delle scienze cognitive, poiché rese possibile concepire la mente come un sistema di elaborazione dell'informazione (Heil, 2019). In questo modo, lo studio dei processi cognitivi tornò al centro dell'indagine scientifica senza ricorrere al dualismo cartesiano e senza ridurre la mente ai soli comportamenti osservabili. Proprio questa impostazione costituirà il principale riferimento teorico del cognitivismo classico, che verrà analizzato nel paragrafo successivo. L'importanza del funzionalismo, ai fini della presente ricerca, risiede nell'aver fornito uno dei principali modelli teorici attraverso cui le scienze cognitive hanno iniziato a studiare i processi mentali in modo scientifico. Sebbene tale modello non esaurisca la complessità

dell'apprendimento umano, esso costituirà uno dei riferimenti da cui prenderanno avvio le successive riflessioni sul contributo delle neuroscienze alla pedagogia.

2.2 Il Cognitivismo: Il Modello Computazionale e la Rappresentazione della Mente

Il funzionalismo fornì uno dei principali presupposti teorici per lo sviluppo del cognitivismo e favorì lo sviluppo della psicologia cognitiva (Heil, 2019; Rivoltella, 2012). Con quest'ultima si fa riferimento a “un programma di ricerca risultante dall'incontro di psicologia, informatica, linguistica e filosofia, che si riconosce in un corpus di idee-base” (ivi. p. 35). Il carattere interdisciplinare di tale programma contribuì alla successiva formazione delle scienze cognitive, all'interno delle quali lo studio della mente venne affrontato attraverso l'integrazione di differenti prospettive teoriche e metodologiche.

Il presupposto fondamentale del cognitivismo consiste nell'interpretare la mente come un sistema di elaborazione dell'informazione capace di ricevere input dall'ambiente, trasformarli attraverso operazioni interne e produrre output comportamentali (Gardner, 1987). Il comportamento osservabile non viene, quindi, considerato un fenomeno isolato, ma il risultato di processi cognitivi intermedi. Sono proprio questi ultimi a trasformare gli input ricevuti in determinati output (ivi). Lo sviluppo dell'informatica offrì un importante modello concettuale per descrivere tale funzionamento (ivi). In questo quadro, assunsero particolare rilevanza i concetti di rappresentazione e computazione mentale (Heil, 2019). La computazione indica l'insieme delle operazioni mediante le quali il sistema cognitivo trasforma le informazioni ricevute (ivi). Le rappresentazioni mentali sono, invece, stati interni che consentono alla mente di conservare e organizzare informazioni relative agli oggetti, agli eventi e alle caratteristiche del mondo (Rivoltella, 2012). Esse, stanno al posto di altro e permettono all'individuo di pensare, ricordare, decidere e orientare il proprio comportamento, anche quando ciò a cui si riferiscono non è direttamente presente (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001).

Secondo il cognitivismo classico, i processi mentali consistono dunque nell'elaborazione e nella trasformazione di rappresentazioni interne (ivi). La mente non si limita a reagire passivamente agli stimoli ambientali, ma seleziona, organizza e interpreta le informazioni ricevute sulla base delle proprie strutture cognitive (Rivoltella, 2012). In tal senso, l'apprendimento può essere concepito come una modificazione delle conoscenze e delle rappresentazioni possedute dal soggetto, attraverso l'acquisizione, l'organizzazione e l'elaborazione di nuove informazioni (ivi; Atkinson, 2012). Questa impostazione rappresentò una svolta nello studio scientifico della mente, poiché rese legittimo

indagare i processi cognitivi sperimentalmente. Il cognitivismo contribuì, così, alla nascita delle scienze cognitive come ambito interdisciplinare di ricerca e fornì il quadro teorico entro cui si svilupperanno le neuroscienze cognitive. In questo modo fu reso possibile il confronto tra modelli esplicativi delle neuroscienze e le questioni educative, i quali verranno affrontati nei capitoli successivi.

Il modello computazionale e rappresentazionale non rimase tuttavia una prospettiva teorica unitaria. Infatti, al suo interno furono elaborati degli approcci nati in merito all'interpretazione delle rappresentazioni mentali. Tra le proposte più influenti troviamo il modello del linguaggio del pensiero di Fodor e il modello delle reti neurali, ovvero il connessionismo (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). Per quanto riguarda il primo si tratta di una concezione per cui pensiamo come se possedessimo a tutti gli effetti un linguaggio interno (ivi). Mentre il secondo modello non si fonda su un sistema proposizionale, ma su attivazioni di neuroni semplici che creano pattern nel cervello (ivi).

2.2.1 La Teoria Rappresentazionale della Mente: Fodor

La teoria rappresentazionale della mente, difesa a lungo da Fodor, richiede “la postulazione di un sistema di simboli [interni] che fungano da rappresentazioni mentali” (Heil, 2019, p. 105). Essa si fonda sull'idea che il pensiero consista nella manipolazione di rappresentazioni mentali, secondo regole computazionali (ivi). Per spiegare tale funzionamento, Fodor introduce il concetto di linguaggio del pensiero, chiamato anche “mentalese”. Si tratta di un linguaggio interno, biologicamente determinato, attraverso cui il sistema cognitivo rappresenta ed elabora le informazioni (ivi). Pertanto, pensare significa manipolare tali rappresentazioni secondo regole sintattiche, analogamente a quanto avviene nell'elaborazione di simboli da parte di un sistema computazionale (Rescorla, 2019). Le rappresentazioni mentali costituiscono, quindi, il supporto attraverso cui il soggetto interpreta la realtà, formula giudizi, prende decisioni e organizza il proprio comportamento (Fodor, 1983). Fodor sottolinea, inoltre, che noi pensiamo attraverso la successione di rappresentazioni mentali che si causano reciprocamente (Rescorla, 2019). Tuttavia, non tutte le conoscenze devono essere continuamente rappresentate in maniera esplicita (ivi). Infatti, solo le rappresentazioni coinvolte nell'elaborazione cognitiva del momento risultano attive (ivi). Tutte le altre rimangono implicite e vengono richiamate soltanto quando necessario (ivi). Analogamente, numerosi processi cognitivi operano automaticamente e inconsapevolmente (Fodor, 1983). Questo perché i dettagli elaborati dai sistemi percettivi spesso vengono persi rapidamente (ivi). In questo

modo, il soggetto ha accesso principalmente al risultato finale dell'elaborazione, piuttosto che ai singoli passaggi che l'hanno prodotta (ivi).

Per spiegare il funzionamento della cognizione, Fodor distingue, inoltre, differenti livelli funzionali del sistema cognitivo (ivi). Il primo è caratterizzato dai trasduttori che trasformano gli stimoli fisici provenienti dall'ambiente, in segnali neurali e nervosi (ivi). Un secondo livello interessa i sistemi di input che elaborano tali informazioni costruendo rappresentazioni utilizzabili dal sistema cognitivo (ivi). Infine, troviamo i processori centrali che intervengono nei processi di ragionamento, pianificazione e formazione delle credenze (ivi). Tale articolazione non intende descrivere l'intera architettura della mente, ma cerca di ricostruire una prima mappa funzionale del nostro modo di pensare (ivi).

Nonostante la sua importanza, la teoria rappresentazionale è stata oggetto di numerose critiche. Diversi autori hanno osservato che una concezione esclusivamente simbolica rischia di descrivere la cognizione come un processo troppo astratto (Rescorla, 2019). In questo senso, tralascerebbe il ruolo del corpo, dell'ambiente e delle dinamiche neurali (ivi). Inoltre, il ricorso a un unico linguaggio interno non sembra rendere conto della varietà dei processi cognitivi coinvolti nella percezione, nell'azione e nell'apprendimento (ivi). Per tali ragioni, numerose prospettive successive hanno proposto modelli alternativi alla cognizione (ivi). Tra questi troviamo il connessionismo, che interpreta il funzionamento mentale non più come manipolazione di simboli, ma come attività distribuita di reti neurali artificiali.

Da un punto di vista della presente ricerca, l'interesse della teoria di Fodor non risiede tanto nella ricostruzione dettagliata della sua architettura cognitiva, quanto nell'aver contribuito a definire uno dei principali modelli teorici attraverso cui le scienze cognitive hanno interpretato il funzionamento della mente. Comprendere questo modello permette infatti di cogliere le basi concettuali da cui prenderanno avvio le successive riflessioni neuroscientifiche e, più avanti, di valutarne criticamente il contributo nei confronti della pedagogia.

2.2.2 Il Connessionismo

Accanto al modello simbolico proposto da Fodor, si sviluppò un secondo importante filone delle scienze cognitive, ovvero il connessionismo (Medler, 1998). Esso, invece, sostiene che la computazione sia caratterizzata da onde che si propagano nella rete, ricordando in parte il processo elettrico che avviene tra cervello e sinapsi (Rescorla, 2019). Pertanto, la cognizione emerge

dall'attività distribuita di reti di unità semplici interconnesse, ispirate al funzionamento del sistema nervoso (ivi). L'idea centrale è che l'elaborazione dell'informazione avvenga parallelamente attraverso l'attivazione simultanea di molte unità tra loro collegate (Medler, 1998). Le rappresentazioni mentali non sono quindi localizzate in simboli distinti, ma emergono dai pattern di attivazione dell'intera rete (ivi). Dunque, le reti non sono strutture statiche e fisse, ma dinamiche e si avvicinano di più alla reale formulazione del cervello, che è un sistema dinamico non lineare (ivi). In questa prospettiva, l'apprendimento consiste nella progressiva modifica della forza delle connessioni tra le unità, così che l'esperienza produce cambiamenti nell'organizzazione della rete stessa (ivi). Il connessionismo si ispira, almeno in parte, all'organizzazione biologica del cervello e tenta di riprodurre alcuni principi fondamentali, come l'elaborazione distribuita e il funzionamento parallelo dei neuroni (ivi). Pur non costituendo un modello fedele del sistema nervoso, esso rappresenta un importante tentativo di avvicinare i modelli cognitivi alle conoscenze provenienti dalle neuroscienze (Rescorla, 2019).

Il dibattito tra approccio simbolico e connessionista ha rappresentato uno dei principali temi di confronto nelle scienze cognitive contemporanee. Più recentemente, lo sviluppo delle reti neurali artificiali e dei modelli di apprendimento automatico ha rafforzato la prospettiva connessionista (Medler, 1998). In effetti, ha mostrato come sistemi costituiti da numerose unità interconnesse possano apprendere progressivamente attraverso la modifica di connessioni interne (ivi).

Ai fini della presente ricerca, il principale contributo del connessionismo consiste nell'aver introdotto una concezione della cognizione come processo emergente dell'attività di reti dinamiche. In questo modo, si sono poste le basi per un dialogo sempre più stretto tra scienze cognitive e neuroscienze. Proprio questo progressivo avvicinamento renderà possibile, nel capitolo successivo, discutere criticamente il contributo delle neuroscienze ai processi di apprendimento e alla riflessione pedagogica.

Tuttavia, nonostante il ruolo centrale assunto dal cognitivismo nello sviluppo delle scienze cognitive, esso non è rimasto esente da critiche (Rivoltella, 2012). In particolare, la concezione della mente come sistema di elaborazione simbolica dell'informazione e l'idea che la cognizione possa essere spiegata principalmente attraverso la manipolazione di rappresentazioni interne, sono state progressivamente messe in discussione da diversi autori (Neisser, 2014).

2.3 Oltre il Cognitivismo: Nuove Prospettive sulla Mente

A partire dagli anni Ottanta si sono sviluppate prospettive alternative al cognitivismo che hanno cercato di descrivere la cognizione come un processo dinamico, incarnato e situato (Churchland, 1987). Tra queste assumono particolare rilievo la teoria dei sistemi dinamici e gli approcci della cognizione *embodied* e *situated* (ivi). La prima concepisce la cognizione come il risultato di processi dinamici emergenti dall'interazione continua tra organismo e ambiente (Breakspear, 2017). In questo senso, rifiuta l'idea che il comportamento debba essere necessariamente spiegato attraverso rappresentazioni simboliche interne (ivi). Gli approcci *embodied* e *situated*, invece, sottolineano come i processi cognitivi siano profondamente influenzati dalle caratteristiche del corpo e dal contesto in cui l'organismo è inserito (Meloni, 2011). Questa concezione sostiene che la mente non possa essere compresa indipendentemente dall'azione e dall'interazione con l'ambiente (ivi). Tali prospettive Risultano particolarmente rilevanti in questo lavoro, perché offrono alcuni strumenti utili per comprendere i processi di apprendimento che saranno discussi nel capitolo dedicato alla neuroeducazione.

2.3.1 I Sistemi Dinamici

In opposizione al modello computazionale classico, l'approccio dinamico concepisce la cognizione come il risultato dell'evoluzione temporale continua di sistemi complessi (Breakspear, 2017). Quest'ultimi sono caratterizzati da interazioni non lineari tra componenti neurali, corporee e ambientali (ivi). Originariamente sviluppata nell'ambito della fisica e della matematica, la teoria dei sistemi dinamici descrive l'evoluzione nel tempo di sistemi complessi caratterizzati da interazioni non lineari tra molteplici componenti (ivi). Applicata allo studio della cognizione, essa interpreta i processi mentali come fenomeni emergenti dall'interazione continua tra cervello, corpo e ambiente (Kelso, 1995). Una formulazione teorica esplicita di tale prospettiva è stata proposta da Timothy Van Gelder (1995), il quale critica l'idea che la mente possa essere descritta come un computer che manipola simboli. Secondo l'autore, infatti, molti fenomeni cognitivi sono meglio compresi come processi dinamici continui (ivi). A partire da questi, poi, il comportamento emerge dall'evoluzione dello stato complessivo del sistema, senza ricorrere necessariamente a rappresentazioni simboliche interne (ivi).

Un'importante applicazione di questa prospettiva è rappresentata dagli studi di Scott Kelso (1995) sulla coordinazione motoria. Egli dimostrò che i pattern comportamentali non sono

rigidamente programmati dal sistema nervoso centrale, ma emergono spontaneamente dall'interazione tra processi neurali, corpo e ambiente (ivi). In questo senso, la stabilità del comportamento deriva da processi di auto-organizzazione tra componenti neurali e corporee, piuttosto che dall'esecuzione di programmi predefiniti (ivi). Questa impostazione è stata ulteriormente sviluppata da Esther Thelen e Linda Smith (1994), che applicano la teoria dei sistemi dinamici allo sviluppo cognitivo. Le autrici criticano l'idea per cui la mente sia un computer programmato, proponendo invece che le competenze cognitive emergano spontaneamente da interazioni multilivello tra corpo, ambiente ed esperienza (ivi). Ancora una volta, allora, lo sviluppo non è guidato da strutture rappresentazionali predefinite (ivi). L'apprendimento, quindi, è il risultato di continui processi di adattamento e auto-organizzazione (ivi). In questo senso, ad esempio il bambino che sta imparando a camminare, prova a muoversi con strategie diverse finché non individua quella più efficiente e stabile per lui stesso (ivi). Ciò mostra che le nuove competenze emergono attraverso tentativi successivi e continue modificazioni dell'interazione tra corpo e ambiente. Il comportamento cerebrale, quindi, non è riducibile alla somma dei neuroni né emerge dal singolo neurone, ma da una dinamica collettiva di reti neurali (Breakspear, 2017).

La teoria dei sistemi dinamici contribuisce, quindi, a spostare l'attenzione da una concezione della mente come elaboratore interno di simboli a una visione della cognizione come processo emergente dall'interazione continua tra cervello, corpo e ambiente. Proprio questa impostazione prepara il terreno agli approcci *embodied* ed enattivi (Caiani, 2017). Infatti, questi ultimi radicalizzeranno ulteriormente il ruolo dell'azione e dell'esperienza corporea nella costruzione della conoscenza.

2.3.2 Enattivismo: la Cognizione Incorporata

Il contributo dei sistemi dinamici ha progressivamente eroso l'idea di una mente intesa come sistema computazionale autonomo, evidenziando la natura intrinsecamente relazionale e contestuale dei processi cognitivi (ivi). Tale prospettiva prepara il passaggio agli approcci della *situatedness*, in cui il corpo e l'ambiente non rappresentano condizioni esterne dell'attività mentale (Magnani, 2022). Infatti, essi partecipano direttamente alla costituzione della cognizione stessa (ivi). Parallelamente, l'attenzione al ruolo del corpo prepara il terreno alla teoria della "*embodied cognition*" (ivi). Si tratta di una concezione secondo cui i processi cognitivi dipendono dalle caratteristiche corporee, percettive e motorie dell'organismo (Caiani, 2017). Pertanto, il corpo non è più un semplice supporto biologico

dell'elaborazione cognitiva, ma una componente strutturale che influenza il modo in cui il soggetto percepisce, conosce e agisce nel mondo (Rivoltella, 2012). Questa impostazione supera la tradizionale separazione tra mente e corpo, mostrando come il cervello debba essere considerato “parte di un sistema integrato e dinamico” (ivi. p. 103), coinvolto continuamente nell'azione e nell'interazione con l'ambiente.

Il dinamismo incarnato nasce, allora “da una diffusa insoddisfazione nei confronti della scienza cognitiva del passato [...], in particolare per il [suo] sostegno a una visione della mente disincarnata” (Thompson, 2007, p. 4). Infatti “siamo agenti immersi nel mondo, che acquisiscono la conoscenza attraverso l'azione [stessa] nel mondo” (Edelman, 2007, p.43). Proprio l'insoddisfazione nei confronti della concezione disincarnata della mente ha favorito lo sviluppo dell'enattivismo (Meloni, 2011). Secondo tale prospettiva, la conoscenza non consiste semplicemente nella costruzione di rappresentazioni interne di un mondo già dato, ma emerge attraverso l'azione dell'organismo nel proprio ambiente (ivi). Pertanto, il soggetto non è un osservatore passivo che riceve informazioni dall'esterno, ma un agente che costruisce significati attraverso l'esperienza e l'interazione con il contesto (Noe, Thompson, 2004). L'enattivismo mette, pertanto, in discussione il rappresentazionalismo, inteso come l'idea che la cognizione dipenda principalmente dalla riproduzione interna della realtà. L'esperienza non può essere separata dal contesto e dall'interazione con il mondo, perché essa è un processo dinamico legato all'azione stessa (ivi).

Uno dei contributi più importanti in questa linea di ricerca è rappresentato dal lavoro di Varela, Thompson e Rosch (1991). Secondo questi autori, il corpo non costituisce soltanto il supporto biologico della mente, ma partecipa direttamente alla costruzione dell'esperienza cognitiva (ivi). Le caratteristiche percettive e motorie dell'organismo influenzano, infatti, il modo in cui il mondo stesso viene conosciuto e interpretato (ivi). Questa concezione trova terreno fertile nelle parole di Damasio (1994, p. 24):

La mente esiste dentro e per un organismo integrato: le nostre menti non sarebbero quelle che sono se non fosse per l'azione reciproca di corpo e cervello [...]. Il cervello umano e il resto del corpo costituiscono un organismo non dissociabile [...]; l'organismo interagisce con l'ambiente come un insieme [...]; i processi fisiologici che noi chiamiamo “mente” derivano dall'insieme strutturale e funzionale, piuttosto che dal solo cervello.

In questa cornice, si colloca uno degli approcci più recenti in merito alla cognizione incorporata, che è noto con il nome di modello eco-cognitivo (Magnani, 2017). Esso critica l'internalismo, ovvero la convinzione che la mente sia "chiusa" nel cervello (ivi). Infatti, interpreta la cognizione come distribuita tra organismo e ambiente (ivi). La mente, così, può essere definita incarnata perché legata all'esperienza che il corpo compie nel mondo; situata perché si sviluppa all'interno di contesti specifici; distribuita in quanto coinvolge risorse ambientali e sociali; ed estesa quando strumenti e artefatti partecipano concretamente ai processi cognitivi (Magnani, 2022).

Queste prospettive non negano l'importanza del cervello, ma rifiutano di considerarlo isolatamente dal corpo e dall'ambiente. Tale impostazione ha contribuito a orientare anche le neuroscienze contemporanee verso una concezione più integrata del funzionamento mentale, nella quale i processi cognitivi dipendono dall'attività coordinata di reti neurali distribuite e dalle continue relazioni dell'organismo con il mondo (Churchland, 1987).

Per la presente ricerca, l'enattivismo e la cognizione incorporata risultano particolarmente rilevanti. Consentono, infatti, di interpretare l'apprendimento non come semplice acquisizione interna di informazioni, ma come processo attivo, corporeo e situato. Questa prospettiva offre quindi uno strumento teorico importante per il successivo confronto con la neuroeducazione. In questo senso, permette di evitare una lettura riduzionistica che identifichi l'apprendimento esclusivamente con l'attività cerebrale e richiama l'attenzione sul ruolo dell'esperienza, dell'azione, dell'ambiente e delle relazioni educative.

2.4 Le Neuroscienze: Metodi e Limiti Metodologici

Le neuroscienze rappresentano oggi uno dei principali ambiti di ricerca per la comprensione dei processi cognitivi, emotivi e comportamentali dell'essere umano (Rivoltella, 2012). Esse sono nate dall'integrazione di discipline differenti, tra cui biologia, medicina, psicologia, fisica e scienze cognitive, al punto da essere definite "un'indagine scientifica interdisciplinare dei processi neurali" (Bechtel, Mandik, Mundale 2001; Bechtel, Huang, 2022, p. 1). Lo stesso termine "neuroscienze", introdotto negli anni '60, riflette la natura collaborativa e interdisciplinare del nuovo campo di studi che si stava progressivamente formando (Bechtel, Huang, 2022).

L'oggetto generale delle neuroscienze è costituito dalla struttura e dal funzionamento del sistema nervoso, con particolare attenzione alle relazioni tra attività cerebrale, reti neurali e comportamento (Crivellato, Ribatti, 2007). Tale pluralità di livelli mostra come lo studio del cervello

non possa essere ricondotto a un'unica disciplina o a una sola metodologia. Infatti, richiede il contributo coordinato di differenti prospettive scientifiche (Bechtel, Huang, 2022). In questo quadro, l'approccio neuroscientifico ha contribuito a integrare uno dei limiti attribuiti alla psicologia cognitiva classica (ivi). Si tratta dello scarso rilievo assegnato alle basi biologiche dei processi mentali (ivi). La progressiva attenzione rivolta alla dimensione biologica non implica, tuttavia, che i fenomeni cognitivi possano essere identificati semplicemente con l'attività cerebrale (Rivoltella, 2012). Piuttosto, essa ha consentito di approfondire il rapporto tra strutture nervose, processi cognitivi e comportamento, inserendo la mente all'interno del funzionamento complessivo dell'organismo (ivi).

A tale proposito, Meloni (2011) osserva come la contemporaneità sia caratterizzata da una crescente "neuro-biologizzazione" dell'essere umano, in cui la biologia non viene più considerata come un vincolo, ma come una risorsa e un'alleata. Il rapido sviluppo delle metodologie sperimentali e delle tecniche di neuroimaging ha, infatti, permesso di studiare con maggiore precisione i meccanismi associati alla percezione, alla memoria, all'apprendimento, al linguaggio e alle funzioni esecutive (Bechtel, Mandik, Mundale 2001). L'interesse specifico per il modo in cui il cervello contribuisce ai processi cognitivi, ha favorito la nascita delle neuroscienze cognitive, espressione introdotta da George Miller e Michael Gazzaniga alla fine degli anni '70 (Rivoltella, 2012). Esse si collocano all'intersezione tra le neuroscienze, maggiormente orientate allo studio biologico del sistema nervoso, e le scienze cognitive rivolte all'analisi di processi quali memoria, linguaggio o apprendimento (ivi). Le neuroscienze cognitive cercano, quindi, di comprendere come l'attività del sistema nervoso reda possibili determinate funzioni cognitive e come tali funzioni si manifestano nel comportamento (Crivellato, Ribatti, 2007).

Una conoscenza essenziale del funzionamento del sistema nervoso richiede di considerare il ruolo dei neuroni (Bechtel, Huang, 2022). Contrariamente alla convinzione secondo cui essi sarebbero presenti esclusivamente nel cervello, i neuroni sono distribuiti in tutto il corpo e permettono la comunicazione tra cervello, midollo spinale e il resto dell'organismo (ivi). Il neurone è una cellula specializzata nella ricezione, nell'elaborazione e nella trasmissione di informazioni (ivi).

La comunicazione nervosa avviene attraverso processi sia elettrici sia chimici (ivi). Infatti, le variazioni del potenziale di membrana possono generare potenziali d'azione, ossia rapidi cambiamenti elettrici che si propagano lungo l'assone fino alle terminazioni neuronali (ivi). Lo sviluppo delle tecniche microscopiche e di colorazione rese possibile l'osservazione della struttura cellulare del sistema nervoso (ivi). In particolare, le ricerche di Golgi e Cajal contribuirono in maniera decisiva alla comprensione dell'organizzazione neurale (ivi). Mentre Golgi interpretava il tessuto

nervoso come una rete sostanzialmente continua, Cajal mostrò che esso era formato da cellule individuali e distinte (ivi). In questo modo si posero le basi della moderna dottrina del neurone (ivi). Il concetto di sinapsi, introdotto successivamente da Sherrington, permise di indicare la zona funzionale attraverso cui i neuroni comunicano tra loro (ivi). Nel corso del XX secolo fu poi dimostrato che la trasmissione neurale non avviene soltanto attraverso fenomeni elettrici, ma anche attraverso il rilascio di sostanze chimiche, definite neurotrasmettitori (ivi). L'esperimento di Otto Loewi contribuì in modo decisivo a mostrare che sostanze come l'acetilcolina potevano trasferire segnali da una cellula all'altra e influenzare l'attività di organi e muscoli (ivi).

Tali conoscenze non devono, tuttavia, indurre a concepire i neuroni come unità isolate (ivi). Sebbene ogni neurone costituisca una cellula distinta, il funzionamento del sistema nervoso dipende dalla loro organizzazione all'interno di reti complesse (ivi). I fenomeni cognitivi e comportamentali non emergono generalmente dall'attività di una singola cellula, ma dalla cooperazione dinamica tra numerosi neuroni, aree cerebrali e sistemi funzionali (ivi). Questa impostazione risulta coerente con quanto emerso nelle prospettive connessioniste e dinamiche, che hanno evidenziato il carattere distribuito e interattivo della cognizione. Lo studio neuroscientifico non riguarda, quindi, soltanto l'individuazione delle strutture coinvolte in un processo, ma anche la comprensione del modo in cui tali strutture e attività sono organizzate (Ross, Bassett, 2024).

In questo senso, possiamo tornare a parlare della spiegazione scientifica riflettendo su come numerosi ricercatori ritengono che spiegare scientificamente un fenomeno significhi individuarne il meccanismo responsabile (ivi). Come anticipato nel primo capitolo, il passaggio dalle spiegazioni deduttivo-nomologiche e causali alle concezioni meccanicistiche ha modificato il modo di intendere una spiegazione scientifica (Amoretti, Serpico, 2022). Una spiegazione meccanicistica, infatti, non mira semplicemente a ricondurre un fenomeno a una legge generale o a individuarne le cause, ma cerca di mostrare come un fenomeno venga prodotto attraverso l'attività coordinata delle componenti di un sistema (Bechtel, Huang, 2022). Essa richiede pertanto di identificare le parti coinvolte, le operazioni che esse svolgono e la maniera in cui risultano organizzate e collegate tra loro (Ross, Bassett, 2024). Difatti, le spiegazioni meccanicistiche forniscono "descrizioni dei meccanismi responsabili dei fenomeni comportamentali e neurologici" (Matta, 2021, p. 197). Tale approccio non si limita a individuare dove un processo abbia luogo nel cervello, ma cerca di spiegare come le differenti componenti cooperino nella sua produzione (Ross, Bassett, 2024). Si tratta, dunque, della stessa impostazione delineata da Mecham, Darden e Craver (2000), secondo cui comprendere un fenomeno significa ricostruire l'organizzazione delle entità e delle attività che lo producono.

Applicata alle neuroscienze, tale prospettiva orienta la ricerca verso l'identificazione dei meccanismi neurali sottostanti ai processi cognitivi. La semplice associazione tra un'area cerebrale e una funzione cognitiva non costituisce, infatti, da sola, una spiegazione completa (Ross, Bassett, 2024). Perché si possa parlare di spiegazione meccanicistica è necessario comprendere le operazioni svolte dalle parti del sistema e la loro organizzazione causale, proprio come mostrato dall'esempio del cuore citato nel primo capitolo (ivi). Questo processo risulta particolarmente complesso nelle neuroscienze (ivi). I confini delle componenti biologiche non sono sempre chiaramente definiti e una stessa funzione può dipendere da strutture differenti o essere realizzata da molteplici configurazioni del sistema (ivi). Inoltre, l'attività cerebrale è caratterizzata da connessioni reciproche, circuiti di feedback e interazioni tra livelli diversi (ivi). Per tale ragione, le neuroscienze combinano elaborazione teorica e verifica sperimentale, cercando di collegare specifiche operazioni funzionali alle strutture e alle reti che le rendono possibili (ivi).

La centralità assunta dal concetto di meccanicismo ha, tuttavia, generato un ampio dibattito epistemologico sul ruolo della spiegazione causale. Ross e Bassett (2024) osservano che, sebbene il termine sia utilizzato frequentemente nella ricerca neuroscientifica, non esiste una sua definizione completamente condivisa. Il concetto viene impiegato per indicare realtà differenti, che possono comprendere processi molecolari, interazioni cellulari, dinamiche di rete o relazioni causali più generali (ivi). L'uso dello stesso termine con significati diversi può produrre ambiguità nella comunicazione scientifica e nella valutazione dei risultati (ivi). Una prima difficoltà riguarda, quindi, la chiarezza concettuale. Quando ricercatori differenti richiedono o dichiarano di aver prodotto "evidenze meccanicistiche", non è sempre evidente quali criteri tali evidenze debbano soddisfare (ivi). Il termine può così suggerire che sia stata raggiunta una comprensione causale profonda di un fenomeno, anche quando la ricerca ha individuato soltanto un'associazione o una correlazione statistica (ivi).

Un secondo problema riguarda il rischio di attribuire automaticamente maggiore valore esplicativo ai livelli inferiori dell'organizzazione biologica (ivi). Il significato tradizionale di meccanismo richiama infatti la scomposizione di un fenomeno nelle sue componenti più elementari. Ciò può favorire la convinzione che una spiegazione molecolare o cellulare sia necessariamente più completa di una spiegazione formulata a livello cognitivo, comportamentale o ambientale (ivi). Ross e Bassett (2024) contestano tale conclusione, sostenendo che non esiste una ragione generale per considerare i livelli inferiori sempre più esplicativi di quelli superiori. Nel caso di fenomeni cognitivi complessi, può essere necessario adottare una prospettiva pluralista (ivi). I processi mentali e

comportamentali possono infatti essere studiati attraverso modelli neurali, cognitivi, psicologici, ambientali e sociali, ciascuno dei quali evidenzia aspetti differenti del fenomeno. Una spiegazione neuroscientifica non deve quindi essere necessariamente considerata alternativa a una spiegazione psicologica o educativa (ivi). Le diverse spiegazioni possono integrarsi, purché vengano chiariti il livello di analisi adottato e la natura delle relazioni individuate.

Pur rappresentando uno strumento fondamentale per comprendere il funzionamento del sistema nervoso, le spiegazioni meccanicistiche presentano alcuni limiti quando vengono applicate a fenomeni particolarmente complessi (ivi). L'individuazione di componenti neurali non esaurisce automaticamente la comprensione di un fenomeno, soprattutto quando esso dipende anche dall'esperienza, dall'ambiente e dalle relazioni sociali. Tale considerazione sarà particolarmente importante nell'analisi dell'apprendimento e dei processi educativi, che non possono essere ricondotti esclusivamente al livello biologico.

La costruzione delle spiegazioni neuroscientifiche dipende inoltre dalle metodologie attraverso cui l'attività del sistema nervoso viene osservata e misurata (ivi). Per lungo tempo, lo studio del cervello umano si è basato prevalentemente sull'osservazione del comportamento, sull'analisi delle lesioni e sull'esame anatomico. Lo sviluppo di tecniche non invasive ha successivamente permesso di studiare la struttura e il funzionamento cerebrale negli esseri umani viventi, rispettando i vincoli etici che limitano l'impiego di procedure invasive (Logothetis, 2008). Tra le metodologie utilizzate nella ricerca neuroscientifica rientra l'elettrofisiologia, che studia le proprietà elettriche del sistema nervoso (ivi). L'elettroencefalografia, o EEG, registra mediante elettrodi collocati sul cuoio capelluto le variazioni dell'attività elettrica prodotta da popolazioni di neuroni (ivi). Essa consente di rilevare con elevata precisione temporale i cambiamenti dell'attività cerebrale associati a stimoli, compiti o comportamenti (ivi). Tuttavia, la localizzazione spaziale delle sorgenti del segnale risulta meno precisa, poiché l'attività elettrica registrata sulla superficie del capo deriva dalla combinazione di molteplici fonti neurali (ivi).

Un'altra metodologia largamente impiegata è la risonanza magnetica. La risonanza magnetica strutturale utilizza campi magnetici e impulsi di radiofrequenza per produrre immagini dettagliate dell'anatomia cerebrale (Poldrack, 2006). Essa permette di osservare la struttura del cervello e di individuare eventuali differenze o alterazioni anatomiche (ivi). La risonanza magnetica funzionale, o fMRI, viene invece utilizzata per studiare le variazioni dell'attività cerebrale associate allo svolgimento di determinati compiti cognitivi o comportamentali (ivi).

La diffusione delle tecniche di neuroimaging, e in particolare della fMRI, ha rappresentato una svolta importante nello sviluppo delle neuroscienze contemporanee. Tali tecniche hanno consentito di osservare il cervello in vivo e di mettere in relazione determinati pattern di attività cerebrale con processi cognitivi, emotivi e comportamentali (ivi). È stato così possibile ampliare la conoscenza delle reti coinvolte nella percezione, nella memoria, nel linguaggio, nell'attenzione e nell'apprendimento (ivi). La fMRI non misura tuttavia direttamente l'attività elettrica dei neuroni (Logothetis, 2008). Il suo segnale deriva dalle variazioni emodinamiche e metaboliche associate all'attività cerebrale, in particolare dai cambiamenti nell'ossigenazione del sangue e nel flusso sanguigno locale (ivi). Le immagini funzionali rappresentano, pertanto, una ricostruzione indiretta dell'attività neurale, ottenuta attraverso procedure di acquisizione, elaborazione statistica e interpretazione dei dati (ivi). Questa caratteristica non annulla il valore scientifico della tecnica, ma richiede cautela nella formulazione delle conclusioni (Matta, 2021). L'osservazione di un'attivazione cerebrale associata a un compito non dimostra automaticamente che l'area individuata sia la causa esclusiva del processo cognitivo esaminato (ivi). Analogamente, la presenza di una correlazione tra attività neurale e comportamento non equivale necessariamente all'identificazione di un meccanismo causale completo (ivi). Le tecniche neuroscientifiche rendono, quindi, possibile l'osservazione di aspetti del funzionamento cerebrale che in precedenza non potevano essere studiati direttamente. Tuttavia, i dati che producono devono essere interpretati all'interno di modelli teorici e metodologici (ivi). Inoltre, la crescente disponibilità di dati neurobiologici ha favorito, in alcuni casi, l'affermazione di prospettive riduzionistiche (Meloni, 2011). Queste hanno cercato di orientare e spiegare fenomeni cognitivi complessi esclusivamente attraverso i loro correlati neurali (ivi).

Le neuroscienze offrono dunque conoscenze fondamentali sul rapporto tra sistema nervoso, cognizione e comportamento. I loro risultati, però, devono essere valutati considerando le caratteristiche degli strumenti utilizzati, la natura indiretta di molte misurazioni e la pluralità dei livelli attraverso cui i fenomeni umani possono essere studiati. Gli avanzamenti resi possibili dalle metodologie contemporanee non eliminano pertanto la necessità di interrogarsi sui limiti epistemologici, sperimentali e interpretativi della ricerca neuroscientifica. Tali limiti saranno analizzati nelle sezioni successive, con particolare attenzione alle difficoltà che emergono quando i risultati delle neuroscienze vengono applicati alla comprensione dell'apprendimento e dei processi educativi. Tali limiti costituiranno nel capitolo successivo i criteri attraverso cui verranno valutate le proposte della neuroeducazione. Ciò, non soltanto in base alla loro coerenza con le conoscenze

neuroscientifiche, ma anche in base alla legittimità del passaggio dai dati cerebrali alle teorie e alle pratiche pedagogiche.

2.4.1 Le Neuroscienze Sono Indirette

Le neuroscienze, come anticipato, non misurano in maniera immediata i pensieri, le rappresentazioni mentali o i processi cognitivi, ma si basano su indicatori fisiologici che devono essere interpretati attraverso una complessa catena inferenziale (Logothetis, 2008). Anche le più moderne tecniche di neuroimaging non osservano direttamente l'attività mentale, bensì grandezze fisiche dalle quali essa viene inferita (Bechtel, Huang, 2022). Questo aspetto emerge con particolare evidenza nella fMRI (ivi). Contrariamente a quanto spesso suggerito dalla divulgazione scientifica, la fMRI non misura direttamente l'attività neuronale (ivi). Essa rileva il cosiddetto segnale BOLD (*Blood Oxygen Level Dependent*), che rappresenta variazioni nell'ossigenazione del sangue associate all'attività cerebrale (ivi). Quando una popolazione di neuroni aumenta la propria attività, il flusso sanguigno locale cresce in misura superiore rispetto al consumo di ossigeno, determinando una riduzione della concentrazione di deossiemoglobina e un conseguente incremento del segnale registrato (ivi). Il ricercatore osserva quindi una variazione emodinamica e soltanto indirettamente inferisce da essa la presenza di un'attività neurale sottostante (ivi). Tuttavia, il segnale BOLD dipende da numerose variabili fisiologiche (ivi). Di conseguenza, una medesima variazione del segnale può essere prodotta da differenti combinazioni di fattori biologici e vascolari. In questo modo si rende inevitabile un passaggio interpretativo tra il dato registrato e l'attività neurale che si ritiene lo abbia generato (ivi). Inoltre, la struttura stessa dei vasi sanguigni può influenzare la localizzazione del segnale, con il rischio che l'attività rilevata non corrisponda perfettamente al punto in cui ha avuto origine.

L'indirettezza della fMRI non riguarda soltanto il rapporto tra il segnale BOLD e l'attività neuronale, ma anche il significato dell'attività neurale registrata (ivi). La tecnica non rileva infatti l'output di singoli neuroni, bensì processi aggregati che riflettono l'attività coordinata di popolazioni e reti neurali estese (ivi). Di conseguenza, anche quando viene osservata una variazione del segnale in una determinata regione cerebrale, non è possibile stabilire direttamente quali neuroni siano coinvolti né quale specifica operazione cognitiva stiano svolgendo.

A ciò si aggiunge la complessità dell'organizzazione del sistema nervoso (ivi). Come si è visto in precedenza, infatti, l'attività cerebrale dipende non solo dalla neurotrasmissione sinaptica classica, ma anche dai neurotrasmettitori (Bechtel, Huang, 2022). Questi sistemi possono influenzare vaste

aree corticali attraverso il rilascio dei neurotrasmettitori nello spazio extracellulare (Logothetis, 2008). Ne consegue che una variazione del segnale emodinamico può riflettere non soltanto l'elaborazione di uno stimolo specifico, ma anche cambiamenti globali dello stato funzionale dell'organismo (ivi). In aggiunta, quando si cerca di studiare un nuovo processo cognitivo e si cerca di isolarlo per tale scopo, bisogna tenere a mente che non si attiva solo la nuova area relativa a quel processo cognitivo (ivi). Infatti, si modificano le interazioni tra reti già attive e, di conseguenza, l'intera configurazione funzionale del sistema può essere riorganizzata (ivi). Ciò è coerente con la concezione del cervello come sistema dinamico non lineare (ivi). Le stesse considerazioni sono tratte da Poldrack (2006). Infatti, egli mostra che il neuroimaging funzionale, pur essendo uno strumento potente per osservare correlati neurali dell'attività cognitiva, non consente inferenze dirette dalla attivazione cerebrale ai processi mentali (ivi).

Il problema centrale è la cosiddetta “*reverse inference*”, cioè l'idea di dedurre uno stato mentale dall'attivazione di una regione cerebrale (ivi). Il problema è che le regioni cerebrali sono coinvolte in numerose funzioni diverse (ivi). Di conseguenza, l'attivazione di una certa area non costituisce una prova diretta dell'attivazione di uno specifico processo mentale (ivi). Ad esempio, l'attivazione dello striato, associato al sistema di ricompensa, non dimostra automaticamente che il soggetto stia sperimentando una ricompensa (ivi). Ciò è possibile in quanto lo striato è connesso anche ad altri sistemi quali l'apprendimento, la motivazione o l'abitudine (ivi). Dal punto di vista logico, allora, la *reverse inference* rappresenta un'inferenza non conclusiva (ivi). Se un processo cognitivo implica l'attivazione di una determinata area, non è possibile concludere automaticamente che l'osservazione di quell'area attiva dimostri la presenza del processo cognitivo stesso (ivi). Pertanto, le neuroscienze non producono certezze immediate che rivelano uno stato mentale, ma stime probabilistiche (ivi). La natura multifunzionale delle regioni cerebrali rende incerto il passaggio diretto dall'attivazione neurale all'identificazione di un processo mentale specifico (ivi). Il neuroimaging è, in questo senso, uno strumento euristico: utile per generare ipotesi, ma non per confermare in modo definitivo l'esistenza di specifici stati mentali (ivi).

Queste considerazioni mostrano come il lavoro neuroscientifico sia inevitabilmente caratterizzato da una pluralità di livelli interpretativi (Logothetis, 2008). Lo scienziato osserva segnali fisici come variazioni emodinamiche, magnetiche o elettriche, dalle quali inferisce la presenza di processi neuronali (ivi). Successivamente, da tali processi inferisce operazioni cognitive, le quali vengono collegate a costrutti psicologici (ivi). Ad ogni passaggio aumenta, dunque, la distanza tra il dato empiricamente osservato e il fenomeno mentale che si intende spiegare (ivi). Questa situazione

favorisce il rischio di interpretazioni eccessivamente semplificate, fenomeno che la letteratura ha descritto attraverso concetti come neuromiti e *seductive allure of neuroscience*, le quali rappresentano ulteriori limiti metodologici.

2.4.2 La Seductive Allure delle Neuroscienze

Tra le principali criticità emerse nel dibattito neuroscientifico contemporaneo vi è il fenomeno definito *seductive allure*, ovvero il potere persuasivo esercitato dalle spiegazioni neuroscientifiche (Weisberg, et al. 2008). Come osservato all'inizio del primo capitolo, la scienza gode oggi di un elevato prestigio sociale, il quale porta spesso ad attribuire autorevolezza alle affermazioni presentate come scientifiche (Chalmers, 1979). Le neuroscienze, costituiscono un esempio significativo di questo fenomeno, poiché godono di “elevata fiducia pubblica nelle loro capacità di produrre conoscenza, nonché nel loro potenziale di guidare l'innovazione tecnologica” (Schleim, 2014, p. 1). Numerosi studi mostrano che la semplice presenza di riferimento al cervello, ai neuroni o alla terminologia neuroscientifica può accrescere la scientificità e la credibilità percepite di una spiegazione (ivi). Ciò avverrebbe anche quando le informazioni aggiunte non contribuiscono effettivamente alla comprensione del fenomeno descritto (Weisberg, Taylor, Hopkins, 2015).

Per verificare questo effetto, Weisberg et al. (2008) sottoposero ai partecipanti di uno studio spiegazioni considerate corrette e spiegazioni intenzionalmente deboli. Esse erano presentate sia nella loro forma originale sia con l'aggiunta di informazioni neuroscientifiche irrilevanti (ivi). I risultati mostrarono che tali informazioni non miglioravano significativamente il giudizio sulle spiegazioni già valide, mentre rendevano molto più convincenti quelle deboli (ivi). In altre parole, il semplice richiamo al cervello comprometteva la capacità dei partecipanti di valutare criticamente la qualità di una spiegazione (ivi). In questo modo, inducevano i partecipanti ad attribuire maggiore valore scientifico anche quando non spiegava realmente il fenomeno osservato (ivi).

Pertanto, “l'aggiunta di informazioni neuroscientifiche [...] compromette [...] la capacità di base delle persone di formulare giudizi sulle spiegazioni” (ivi. p. 3). Questo risultato richiama, ancora una volta, quanto discusso nel primo capitolo a proposito dell'autorevolezza attribuita alla scienza (Chalmers, 1979). In presenza di riferimenti scientifici, infatti, le persone tendono a valutare le spiegazioni come maggiormente credibili. Gli autori verificarono successivamente se questo effetto dipendesse esclusivamente dalla mancanza di competenze specifiche (Weisberg et al., 2008). Per questo motivo confrontarono i giudizi di persone prive di formazione neuroscientifica, gli studenti di

neuroscienze cognitive ed esperti del settore (ivi). I risultati mostrarono che soltanto gli esperti risultavano significativamente meno sensibili all'effetto seduttivo delle neuroscienze (ivi). Essi, infatti, riconoscevano più facilmente quando il riferimento alle neuroscienze non aggiungeva alcun reale contenuto esplicativo e, anzi, spesso lo giudicavano come un elemento che peggiorava la qualità della spiegazione (ivi).

Un successivo studio condotto da Weisberg, Taylor e Hopkins (2015) approfondì ulteriormente questo fenomeno. Gli autori mostrarono che l'effetto persuasivo non dipendeva principalmente dalle immagini cerebrali, come inizialmente si era ipotizzato, ma anche solo dal semplice utilizzo di un linguaggio neuroscientifico (ivi). Inoltre, essi verificarono che il fenomeno non fosse dovuto esclusivamente alla maggiore lunghezza delle spiegazioni contenenti riferimenti neuroscientifici (ivi). Anche controllando questo aspetto, le spiegazioni deboli arricchite da terminologia neuroscientifica continuavano a essere giudicate più convincenti rispetto a spiegazioni equivalenti prive di tali riferimenti (ivi). Infatti, molti partecipanti associavano spontaneamente il riferimento al cervello a una maggiore accuratezza, profondità e credibilità della spiegazione, pur in assenza di un effettivo incremento del valore esplicativo (ivi).

Il fenomeno della *seductive allure* delle neuroscienze è favorito anche dalle modalità attraverso cui i risultati neuroscientifici vengono comunicati al pubblico (Schleim, 2014). Schleim (2014) osserva come i mezzi di comunicazione tendano frequentemente a presentare le neuroscienze come capaci di fornire spiegazioni definitive del comportamento umano. In questo modo, enfatizzano i risultati e le possibili applicazioni più di quanto le evidenze disponibili consentano realmente (ivi). Anche la crescente competizione per finanziamenti, pubblicazioni e visibilità può incentivare una presentazione particolarmente enfatica delle novità neuroscientifiche, contribuendo ad accrescere la percezione della loro portata esplicativa (ivi). Pertanto, la forza persuasiva delle neuroscienze può favorire interpretazioni riduzionistiche (ivi). Questo accade perché si attribuisce alle immagini cerebrali una capacità esplicativa e normativa superiore a quella realmente consentita dalle evidenze disponibili (ivi).

In conclusione, le neuroscienze risultano persuasive, perché sembrano fornire una causa profonda e concreta dei fenomeni osservati (Weisberg, Taylor, Hopkins, 2015). Si sopravvaluta l'impatto che le neuroscienze hanno sulla realtà e sulla società (Schleim, 2014). Tuttavia, il riferimento al cervello o alle tecniche di neuroimaging non garantisce, di per sé, una spiegazione più corretta o scientificamente più solida. Come si è visto nella sezione precedente, le conoscenze neuroscientifiche derivano da una complessa catena inferenziale e richiedono inevitabilmente

interpretazione. Di conseguenza, il linguaggio neuroscientifico non può essere assunto come criterio di validità di una spiegazione, né tantomeno come prova dell'efficacia di un intervento educativo. Questa considerazione assume particolare rilievo nell'ambito della pedagogia e della neuroeducazione. Il rischio è infatti che il semplice richiamo al cervello renda più credibili teorie dell'apprendimento, pratiche didattiche o programmi educativi anche quando il loro fondamento empirico risulti debole. Per tale motivo, i risultati delle neuroscienze devono essere valutati criticamente, distinguendo il reale contributo conoscitivo dall'effetto persuasivo esercitato dal linguaggio neuroscientifico stesso.

2.4.3 I Neuromiti

Lo sviluppo delle neuroscienze cognitive e la crescente diffusione delle conoscenze sul funzionamento del cervello hanno contribuito ad accrescere l'interesse del pubblico verso le spiegazioni neuroscientifiche dei processi mentali e comportamentali (Rivoltella, 2012). Tuttavia, parallelamente all'avanzamento della ricerca, si è assistito anche alla diffusione di interpretazioni semplificate, distorte o prive di fondamento empirico, comunemente definite neuromiti (ivi). Il termine “neuromito” fu introdotto negli anni '80 dal neurochirurgo Alan Crockard (Howard-Jones, 2014). Egli, infatti, identificò concezioni e idee errate relative al cervello e al suo funzionamento (ivi). Successivamente, il concetto fu ripreso dall'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OECD) nel 2002 (Torrijos-Muelas, et al. 2021). I neuromiti venivano utilizzati per indicare interpretazioni erranee o applicazioni improprie delle conoscenze neuroscientifiche (ivi). La definizione è stata poi ampliata da diversi autori, tra cui Dekker, Lee, Howard-Jones e Jolles (2012). Essi, infatti, definiscono i neuromiti come credenze riguardanti il cervello derivanti da un'interpretazione scorretta, da una semplificazione eccessiva o da una generalizzazione indebita di risultati scientifici e il suo funzionamento (ivi). I neuromiti, infatti, non nascono necessariamente da informazioni completamente false (Howard-Jones, 2014). Al contrario, molti di essi hanno origine da dati scientifici reali che, durante il processo di divulgazione, vengono estrapolati dal loro contesto teorico e trasformati in affermazioni assolute (ivi). In questo senso, i neuromiti rappresentano un fenomeno particolarmente interessante dal punto di vista epistemologico, poiché mostrano come il passaggio dalla ricerca scientifica alla sua comunicazione pubblica possa produrre distorsioni nella comprensione dei risultati empirici (Rivoltella, 2012).

Tra i fattori che favoriscono la diffusione dei neuromiti vi è la complessità intrinseca delle neuroscienze (Howard-Jones, 2014). I processi cerebrali sono infatti caratterizzati da elevati livelli di specializzazione tecnica, spesso inaccessibile ai non esperti (ivi). Tale complessità può incentivare la ricerca di spiegazioni semplici e facilmente comprensibili, che spesso finiscono per sacrificare l'accuratezza scientifica in favore della divulgazione (Dekker, Lee, Howard-Jones, Jolles, 2012). La diffusione dei neuromiti è inoltre collegata al fenomeno della *seductive allure* delle neuroscienze, analizzato nella sezione precedente (ivi). Come mostrato da Weisberg et. al (2008), la presenza di terminologia neuroscientifica può rendere convincente una spiegazione, anche quando le informazioni aggiunte non possiedono valore esplicativo. I riferimenti al cervello, ai neuroni o all'attività cerebrale possono, quindi, attribuire un'apparente autorevolezza a interpretazioni scientificamente deboli o addirittura scorrette (ivi). Dal punto di vista cognitivo, i neuromiti possono essere interpretati come il risultato dell'interazione tra bias cognitivi, divulgazione scientifica eccessivamente semplificata e difficoltà di accesso alla letteratura specialistica (Howard-Jones, 2014). I neuromiti persistono soprattutto quando “le scoperte neuroscientifiche su cui il mito è stato erroneamente basato, sono difficili da reperire proteggendo [...] il mito dall'esame critico” (ivi. p. 2). Essi costituiscono pertanto un esempio significativo di come la produzione e la trasmissione della conoscenza scientifica possano essere influenzate da fattori culturali, comunicativi e sociali (ibidem).

Tra i neuromiti maggiormente diffusi figura la convinzione che gli esseri umani utilizzino soltanto il 10% del proprio cervello (Rivoltella, 2012). Tale credenza contrasta con le conoscenze sul carattere distribuito dell'attività cerebrale, poiché durante l'attività quotidiana vengono coinvolte numerose regioni e reti funzionali (Howard-Jones, 2014). Infatti, “l'attività cerebrale è distribuita in diverse aree del cervello” (ivi. p. 2), e non solo in un emisfero specifico (ibidem). Un'altra convinzione molto diffusa consiste nell'idea che gli individui siano rigidamente classificabili come "cerebro sinistro" o "cerebro destro" (ivi). Sebbene alcune funzioni possano presentare forme di lateralizzazione, i processi cognitivi complessi dipendono generalmente dalla cooperazione tra entrambi gli emisferi e dall'interazione tra reti distribuite (Rivoltella, 2012).

Un ulteriore neuromito riguarda l'idea che ogni individuo possieda un unico stile intellettuale o una forma di intelligenza separata dalle altre, come quella musicale, linguistica o logico-matematica (ivi). Sebbene la teoria delle intelligenze multiple abbia avuto una significativa influenza pedagogica, la sua trasformazione in rigide classificazioni neurobiologiche degli studenti non trova un chiaro riscontro nelle evidenze neuroscientifiche (Howard-Jones, 2014). Il problema non risiede quindi necessariamente nell'utilizzo educativo di attività diversificate, ma nella convinzione che ciascun

soggetto possieda un profilo cerebrale fisso al quale l'insegnamento debba essere adattato in maniera esclusiva (ivi). Particolarmente rilevante è anche il cosiddetto neuromito dei primi tre anni, secondo cui tutto ciò che conta per lo sviluppo cerebrale si determinerebbe entro questa fase della vita (ivi). I primi tre anni sono certamente fondamentali, ma questa affermazione trasforma la loro importanza in una finestra rigida e definitiva (ivi). Lo sviluppo cerebrale, in effetti, è complesso e continuo fino all'età adulta, grazie alla capacità del sistema nervoso di modificarsi in relazione alle esperienze (ivi).

Sebbene simili credenze siano state ampiamente smentite dalla ricerca neuroscientifica, esse continuano a essere presenti nell'immaginario collettivo e nella comunicazione divulgativa (ivi). Infatti, anche quando un neuromito viene smentito, può riapparire in nuove forme, adattandosi a nuovi risultati scientifici interpretati fuori dal loro contesto (ivi). Inoltre, così come per la *seductive allure*, anche nel caso dei neuromiti gran parte della loro diffusione dipende dai media (Dekker, Lee, Howard-Jones, Jolles, 2012). Infatti, essi diffondono ricerche neuroscientifiche eccessivamente semplificate o interpretate troppo liberamente (ivi). Dunque, “i dettagli più sottili e le conclusioni formulate con cautela [da parte delle neuroscienze], vengono trascurati o ignorati per creare titoli accattivanti” (Hardiman, et al. 2012, p. 137). In questo contesto, è necessaria un'alfabetizzazione neuroscientifica per tutelarsi il più possibile dalla veloce diffusione dei neuromiti (ivi).

La sola disponibilità di informazioni sul cervello non garantisce, tuttavia, una maggiore capacità di riconoscere i neuromiti (Dekker et al., 2012). Fu osservato, infatti, che una conoscenza superficiale delle neuroscienze può persino aumentare l'esposizione a interpretazioni scorrette, soprattutto quando manca la capacità di valutare la qualità delle fonti e delle prove empiriche (ivi). Non è quindi sufficiente trasmettere nozioni neuroscientifiche: è necessaria una formazione critica che permetta di comprendere il carattere provvisorio, probabilistico e metodologicamente mediato dei risultati scientifici (ivi).

Il tema dei neuromiti assume particolare rilevanza anche nel settore educativo, di cui ci occuperemo nel terzo capitolo (Rivoltella, 2012). In esso, infatti, le conoscenze sul cervello vengono frequentemente utilizzate per orientare pratiche didattiche, strategie di insegnamento e interventi formativi (ivi). Proprio per questo motivo, la diffusione di informazioni neuroscientifiche inaccurate può avere influenzare le decisioni educative (Hardiman, et al. 2012).

Le idee errate sul cervello e i neuromiti condizionano il modo in cui vengono interpretati e trattati i disturbi dell'apprendimento come ADHD e dislessia (Howard-Jones, 2014). Molti insegnanti continuano a credere a vecchie teorie ormai superate dalla ricerca (ivi). Ad esempio, sono convinti che la dislessia sia legata a problemi visivi, quando in realtà le neuroscienze hanno dimostrato riguardi

l'elaborazione fonologica (ivi). Infatti, gli insegnanti sono alla ricerca di “soluzioni miracolose” (Hardiman, et al. 2012, p. 136) capaci di promettere risultati rapidi e facilmente osservabili (ibidem). Proprio per questo motivo la diffusione dei neuromiti non può essere contrastata solo attraverso la loro smentita (ivi). Infatti, sono necessari strumenti che aiutino gli insegnanti a valutare criticamente e interpretare correttamente le affermazioni neuroscientifiche (ivi). Pertanto, bisognerebbe migliorare la comunicazione tra neuroscienze e educazione, traducendo i risultati della ricerca senza eliminarne la complessità, i limiti e le cautele interpretative (Howard-Jones, 2014). Tuttavia, questo progetto di mediazione non si può ancora applicare come si dovrebbe (ivi). Alcuni scienziati, infatti, ritengono che le neuroscienze non siano ancora abbastanza avanzate per fornire indicazioni pratiche e dirette all'educazione (ivi). Nonostante questo scetticismo, però, la ricerca interdisciplinare tra neuroscienze e educazione continua a svilupparsi per contribuire a chiarire le possibilità di incontro tra i due ambiti.

L'analisi dei neuromiti evidenzia, quindi, come la diffusione delle conoscenze neuroscientifiche rappresenti al tempo stesso un'opportunità e una sfida (Hardiman, et al. 2012). Se da un lato le neuroscienze offrono strumenti preziosi per comprendere i processi cognitivi e l'apprendimento, dall'altro il loro trasferimento all'ambito educativo richiede cautela, mediazione teorica e capacità critica (Howard-Jones, 2014). Solo attraverso una valutazione rigorosa delle evidenze è possibile evitare che risultati complessi vengano trasformati in spiegazioni semplicistiche o in applicazioni pedagogiche prive di un adeguato fondamento scientifico (ivi).

2.4.4 Il Riduzionismo delle Neuroscienze

Un'ulteriore questione centrale nel dibattito neuroscientifico riguarda il riduzionismo, ossia la tendenza a spiegare fenomeni complessi esclusivamente attraverso i processi biologici che li sottendono (Raimo, 2022). In ambito neuroscientifico, tale prospettiva si manifesta nell'idea che processi cognitivi, emozioni, comportamenti e fenomeni sociali possano essere compresi in modo esaustivo facendo riferimento unicamente all'attività cerebrale (ivi). Pertanto, il riduzionismo è la corrente di pensiero che riconduce i fenomeni mentali e comportamentali alle loro basi materiali e neurobiologiche (ivi). Infatti, nelle neuroscienze “spesso si parte già da informazioni che collegano specifiche aree cerebrali a determinate funzioni cognitive” (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001, p. 12). Il rischio consiste nel considerare tali associazioni non come un livello parziale della spiegazione, ma come una descrizione completa del fenomeno studiato.

Nelle sue forme più radicali, il riduzionismo sostiene che gli stati mentali non possiedano un'autonomia esplicativa, poiché ciò che esiste realmente sarebbe soltanto il cervello con le sue strutture (Raimo, 2022). Le spiegazioni formulate attraverso concetti psicologici dovrebbero quindi essere progressivamente sostituite da descrizioni neurobiologiche più precise. Secondo questa impostazione, discipline come la psicologia sarebbero destinate a essere tradotte nei termini delle neuroscienze e, in ultima analisi, ricondotte alle scienze naturali fondamentali (Parker, 2022). Una posizione simile può essere esemplificata attraverso il modo in cui viene spiegata la depressione (Raimo, 2022). A livello psicologico essa viene descritta attraverso stati emotivi, cognitivi e comportamentali, tuttavia, una prospettiva riduzionista tenderebbe a identificarla con alterazioni di serotonina o noradrenalina (ivi). Una spiegazione di questo tipo può individuare alcune componenti biologiche rilevanti, ma rischia di trascurare la pluralità dei fattori individuali, relazionali e sociali implicati nel fenomeno.

Il riduzionismo si fonda, dunque, sull'idea che per spiegare un sistema complesso, basti comprendere le sue componenti elementari (Grasso, Albantakis, Lang, Tononi, 2021). Sotto questo aspetto esso presenta alcuni punti di contatto con il meccanicismo, poiché entrambe le prospettive cercano di identificare le parti e i processi responsabili della produzione di un fenomeno (ivi). Tuttavia, come si è visto, una spiegazione meccanicista oltre alle componenti può considerare la loro organizzazione e le interazioni attraverso cui il fenomeno viene prodotto (Breakspear, 2017). Il problema emerge quando la capacità di prevedere un fenomeno viene confusa con la sua spiegazione causale (Grasso, Albantakis, Lang, Tononi, 2021). Infatti, la possibilità di prevedere un determinato risultato a partire dall'attività di alcune componenti, non implica che siano state individuate tutte le cause responsabili del fenomeno (ivi). Alcune proprietà causali emergono soltanto a livello dell'organizzazione complessiva del sistema e non possono essere ricavate dall'osservazione isolata delle singole parti (ivi). Pertanto, per comprendere un fenomeno è necessario analizzare come le componenti siano organizzate e interagiscano tra di loro (ivi). Molti fenomeni scientifici, dunque, non possono essere spiegati semplicemente attraverso le proprietà delle singole componenti (Couch, 2023).

In ambito neuroscientifico, però, il riduzionismo può tradursi nella convinzione che la conoscenza completa dei neuroni permetta, almeno in linea di principio, di spiegare ogni funzione mentale e comportamentale (Parker, 2022). I neuroni vengono considerati, così, come unità fondamentali della funzione cerebrale a cui tutto va ridotto (ivi). Tale impostazione trascura il fatto che una medesima funzione possa essere sostenuta da configurazioni differenti del sistema (ivi). Una

componente che appare fondamentale in una determinata condizione può essere sostituita o compensata dall'attività di altri elementi e circuiti (ivi). Come emerso nelle sezioni precedenti, risulta difficile attribuire una funzione complessa a un singolo neurone o a una sola area cerebrale (ivi). Il comportamento emerge generalmente dall'attività coordinata di reti distribuite, le cui componenti acquisiscono significato sulla base delle relazioni che stabiliscono con il resto del sistema (ivi). I fenomeni devono quindi essere intesi come il risultato dell'organizzazione e dell'interazione di molte parti (Couch, 2023). Non basta sapere quali neuroni o componenti siano presenti, ma come sono organizzati (ivi). Per meglio chiarire questo aspetto, Parker (2022, p. 4) richiama l'esempio del canale di sodio:

Il suo funzionamento non dipende semplicemente dalla presenza delle molecole che lo compongono, ma dalla cooperazione tra parti organizzate in modo specifico. Questa organizzazione deriva dalla sequenza degli amminoacidi, dalle loro interazioni reciproche, dall'azione di proteine ausiliarie e dall'ambiente fisico-chimico della cellula

Allo stesso modo, il comportamento dipende dalle componenti, ma non è del tutto riducibile ad esse (Couch, 2023). Esiste, inoltre, una tensione interna al riduzionismo (Parker, 2022). Infatti, da una parte richiede dettagli precisi sulle componenti biologiche, ma dall'altra deve continuare a semplificare e generare spiegazioni parziali (ivi). La ricerca, difatti, si concentra sui neuroni più accessibili, lasciando in secondo piano molte altre componenti del sistema (ivi).

A tale difficoltà si aggiunge la natura indiretta delle neuroscienze (ivi). Come osservato in precedenza, le tecniche usate per ricostruire i circuiti neurali, non forniscono un accesso immediato ai processi mentali (ivi). Le spiegazioni neuroscientifiche risultano, pertanto, dipendenti dagli strumenti, dai modelli teorici e dai criteri attraverso cui i dati vengono interpretati. Una critica ulteriore è formulata da Bennett e Hacker (2003), i quali individuano nelle neuroscienze una fallacia mereologica.

La mereologia studia il rapporto tra parti e tutto, per cui la fallacia consiste a una parte (il cervello) proprietà che appartengono al tutto (la persona nel suo complesso) (Meloni, 2011). Da questa prospettiva, non è solo il cervello a pensare, ma la persona nella sua interezza (ivi). Dunque, la mente non deve essere intesa come una cosa localizzata all'interno del cervello, bensì come l'insieme delle capacità cognitive, corporee e relazionali dell'essere umano (Bennett, Hacker, 2003).

Conoscere il cervello e le sue parti risulta necessario, ma non sufficiente per comprendere il comportamento e le azioni umane (Couch, 2023). Questa critica al riduzionismo si collega alle prospettive dinamiche, incarnate e enattive analizzate in precedenza. Il cervello, il corpo e l'ambiente non operano come livelli separati, ma costituiscono un sistema interdependente (Parker, 2022). Le relazioni sociali e il contesto non rappresentano solo influenze esterne, ma partecipano alla costruzione delle condizioni entro cui il comportamento e la cognizione si sviluppano (ivi). Il cervello non funziona come una catena di eventi che si susseguono, ma come un sistema coordinato e simultaneo di attività distribuite che si influenzano reciprocamente (ivi). Per cui, sebbene l'analisi dei meccanismi neurali abbia fornito contributi fondamentali alla comprensione della mente umana, numerosi autori hanno evidenziato i limiti di un approccio esclusivamente riduzionista (Meloni, 2011). Fenomeni come l'apprendimento, il linguaggio o le relazioni sociali emergono dall'interazione tra fattori biologici, psicologici, culturali e ambientali e non possono essere completamente spiegati attraverso un solo livello di analisi (Parker, 2022).

La critica al riduzionismo non implica, quindi, una negazione dell'importanza delle neuroscienze, ma richiama la necessità di integrare le evidenze neurobiologiche all'interno di una prospettiva multidimensionale e interdisciplinare (Meloni, 2011). I dati sul funzionamento cerebrale possono contribuire alla comprensione della cognizione, purché non vengano considerati autosufficienti e vengano integrati con le conoscenze elaborate da altre discipline. Una possibile direzione è rappresentata dall'incontro tra neuroscienze e prospettive enattive, nelle quali l'attività cerebrale viene studiata in relazione al corpo, all'azione e all'ambiente (ivi). In questa cornice, la conoscenza dei processi neurali non viene abbandonata, ma inserita all'interno di una concezione più ampia dell'essere umano (ivi). Le neuroscienze possono così contribuire a chiarire alcuni dei meccanismi coinvolti nell'apprendimento, senza pretendere di esaurirne la complessità. L'interdisciplinarietà non consiste, pertanto, nella semplice applicazione dei risultati neuroscientifici ad altri ambiti, ma nella costruzione di un dialogo tra livelli differenti di spiegazione. La neurobiologia può descrivere i processi neurali che rendono possibile l'apprendimento, la psicologia può analizzare le funzioni cognitive e la pedagogia può interrogarsi sul significato e sulle condizioni educative entro cui l'apprendimento si realizza, ma nessuno di questi livelli può essere sostituito integralmente dagli altri (Rivoltella, 2012).

Questa prospettiva favorisce la nascita e lo sviluppo di nuovi ambiti interdisciplinari. Tra essi si colloca la neuroeducazione, che si propone di mettere in relazione le conoscenze neuroscientifiche con lo studio dei processi di insegnamento e apprendimento (ivi). Tale incontro non deve però essere

interpretato come una riduzione della pedagogia alle neuroscienze, né come la possibilità di ricavare direttamente pratiche educative dall'osservazione del cervello. Esso richiede piuttosto una mediazione teorica capace di integrare dati biologici, conoscenze psicologiche e finalità pedagogiche.

Le prospettive analizzate nel presente capitolo hanno costituito il terreno teorico ed epistemologico entro cui si è sviluppato questo dialogo. La filosofia della mente ha mostrato i limiti della separazione tra mente e corpo; il cognitivismo ha posto al centro lo studio dei processi mentali; il connessionismo ha evidenziato il carattere distribuito dell'elaborazione; gli approcci dinamici, incarnati ed enattivi hanno sottolineato il ruolo del corpo e dell'ambiente. Le neuroscienze hanno infine fornito strumenti empirici fondamentali per studiare i processi neurali, mostrando però anche limiti connessi all'indirettezza delle misurazioni, alla forza persuasiva del linguaggio neuroscientifico, alla diffusione dei neuromiti e al rischio di riduzionismo. Il contributo delle neuroscienze all'educazione non può quindi essere valutato soltanto sulla base della quantità di conoscenze prodotte sul cervello. È necessario interrogarsi sul modo in cui tali conoscenze vengono interpretate, trasferite e integrate all'interno della riflessione pedagogica.

Proprio da questa esigenza prende avvio il capitolo successivo, dedicato alla neuroeducazione e alla possibilità di costruire un dialogo scientificamente fondato tra neuroscienze e pedagogia, senza ridurre la complessità dell'esperienza educativa al solo funzionamento cerebrale.

3. Pedagogia e Neuroscienze: Verso un Dialogo Interdisciplinare

I capitoli precedenti hanno consentito di delineare il quadro teorico entro cui collocare la riflessione sviluppata nel presente capitolo. In particolare, l'analisi epistemologica condotta nel primo capitolo ha mostrato come la scientificità non possa essere ricondotta all'adozione di un metodo unico né al raggiungimento di conoscenze definitive (Laudan, 1983). Al contrario, è emerso come il sapere scientifico si caratterizzi per la capacità di costruire conoscenze attraverso procedure rigorose, controllabili e costantemente aperte alla revisione critica. Il secondo capitolo ha, inoltre, mostrato come neppure il sapere neuroscientifico possa essere assunto come una forma di conoscenza esaustiva. Pur riconoscendone il valore nello studio delle basi neurobiologiche delle funzioni cognitive, l'analisi ha evidenziato alcuni limiti metodologici ed epistemologici (Howard-Jones, 2014). Proprio questi ultimi impediscono di considerare tali discipline esaustive rispetto alla complessità dei fenomeni educativi (Dekker et. al., 2012). Come si è osservato, le neuroscienze consentono di approfondire i meccanismi cerebrali coinvolti nell'apprendimento, ma non sono in grado, da sole, di spiegare la molteplicità delle dimensioni che caratterizzano l'esperienza educativa (Hardiman et. al, 2012). In essa, infatti, intervengono fattori cognitivi, relazionali, sociali, culturali e contestuali (Cambi, 2022). È piuttosto l'autonomia epistemologica della pedagogia a rendere possibile un confronto scientificamente fecondo con le scienze.

Alla luce di tali considerazioni, risulta possibile affrontare il tema centrale del presente capitolo, dedicato al rapporto tra pedagogia e neuroscienze. Prima di interrogarsi sulle possibilità e sui limiti del dialogo interdisciplinare, appare tuttavia necessario soffermarsi sullo statuto epistemologico della pedagogia. Se, infatti, la ricerca educativa è chiamata a confrontarsi con i

risultati provenienti dalle neuroscienze, è altrettanto importante chiarire quale sia il ruolo della pedagogia all'interno di tale confronto e su quali presupposti essa possa essere riconosciuta come disciplina scientifica autonoma (ivi). Nel corso della sua evoluzione, la pedagogia ha progressivamente superato una concezione prevalentemente speculativa, sviluppando metodologie di ricerca sempre più articolate e integrando riflessione teorica, osservazione empirica e sperimentazione educativa (ivi). Tale percorso ha contribuito a definirne l'identità disciplinare, senza tuttavia snaturarne l'oggetto di studio, costituito dall'educazione nella sua complessità. In questa prospettiva, la scientificità della pedagogia non deriva dall'imitazione dei modelli propri delle scienze naturali, bensì dalla capacità di elaborare conoscenze fondate su procedure metodologicamente rigorose e coerenti con la specificità dei fenomeni educativi (Cambi, 2016). Muovendo da tali premesse, il presente capitolo si propone, in primo luogo, di esaminare le ragioni che consentono di considerare la pedagogia una disciplina scientifica. Successivamente verranno analizzate le motivazioni che rendono possibile e auspicabile un dialogo con le neuroscienze, per poi soffermarsi sullo sviluppo della neuroeducazione. Quest'ultimo ambito è interdisciplinare e volto a integrare le conoscenze provenienti dalla ricerca educativa e dalle neuroscienze cognitive (Rivoltella, 2012). Infine, alla luce delle riflessioni sviluppate nel corso dell'intero elaborato, saranno discusse le potenzialità e i limiti di tale integrazione, sostenendo come il contributo delle neuroscienze rappresenti una risorsa significativa per la ricerca pedagogica (Hardiman et. al, 2012). Ciò purché non conduca a una riduzione della complessità del fenomeno educativo né a una perdita dell'autonomia epistemologica della pedagogia.

3.1 La Pedagogia come Disciplina Scientifica

La riflessione sullo statuto scientifico della pedagogia presuppone, anzitutto, una ricostruzione del percorso attraverso il quale essa ha progressivamente acquisito una propria autonomia disciplinare. Come osservato nel primo capitolo, la scientificità di un sapere non può essere ricondotta esclusivamente all'adozione di un metodo unico o alla produzione di conoscenze definitive (Laudan, 1983). Piuttosto, essa si manifesta nella capacità di elaborare conoscenze sistematiche mediante procedure metodologicamente rigorose, aperte al controllo critico e costantemente suscettibili di revisione (Popper, 2005). Alla luce di tale prospettiva, risulta possibile comprendere il processo attraverso cui la pedagogia si è progressivamente configurata come disciplina scientifica. Infatti, essa

ha sviluppato strumenti teorici e metodologici coerenti con la specificità del proprio oggetto di studio (Cambi, 2022).

Per lungo tempo la riflessione pedagogica è stata prevalentemente ricondotta all'ambito della filosofia (Cambi et. al, 2020). L'educazione veniva interpretata soprattutto come questione di natura etica, morale e politica, mentre risultavano ancora limitati gli strumenti destinati all'osservazione sistematica dei processi educativi (ivi). La pedagogia nasce, infatti, come sapere strettamente intrecciato alla riflessione filosofica, dalla quale eredita categorie interpretative, finalità formative e modelli di uomo e società (ivi). Ciò ha dato alla pedagogia sistematicità, ma l'ha resa anche troppo astratta e dipendente dalla speculazione (ivi).

Soltanto tra la seconda metà del XIX secolo e i primi decenni del Novecento essa avvia un progressivo processo di emancipazione, volto a definire un proprio statuto epistemologico e metodologico, rendendola empirica (ivi). Tuttavia, questo processo avvenne senza recidere il legame con la tradizione filosofica che ne aveva accompagnato la nascita (Cambi, 2022). Tale trasformazione si inserisce all'interno di un più ampio rinnovamento culturale e scientifico che interessa numerosi ambiti del sapere (ivi).

Lo sviluppo delle scienze umane come scienze sperimentali ha favorito, infatti, una crescente attenzione verso l'osservazione empirica dei fenomeni e verso la costruzione di metodologie di ricerca fondate sulla raccolta sistematica delle evidenze (ivi). Anche la pedagogia ha risentito e tuttora risente di questo cambiamento, dato che ha iniziato progressivamente a considerare l'educazione non soltanto come oggetto di riflessione teorica, ma come fenomeno da osservare, analizzare e studiare con procedure controllate (ivi). Infatti, "la società del Novecento [...] ha imposto ai saperi un profondo rinnovamento a partire dal valore assegnato ormai alla scienza, che si è fatta paradigma centrale della conoscenza" (ivi, p. 9).

Così entra in crisi il modello della pedagogia come sistema filosofico chiuso e rigido, proprio per il pluralismo, relativismo, complessità e cambiamento continuo che ha iniziato a caratterizzare la società contemporanea (Cambi et. al, 2020). Con questi elementi, all'inizio del Novecento si assiste alla svolta verso la pedagogia scientifica (ivi). La ricerca pedagogica si orienta progressivamente verso una maggiore integrazione tra elaborazione teorica ed esperienza educativa concreta (ivi), la quale riconosce nell'osservazione uno strumento indispensabile per comprendere la complessità dei processi formativi (ivi).

All'inizio del secolo scorso, infatti, si assistette al nuovo movimento di rinnovamento educativo, che prende il nome di attivismo (Cambi, 2022). La particolarità di questo movimento

risiede nel mettere al centro del processo di apprendimento il bambino con i suoi bisogni e nel dare importanza al fare “che deve precedere il conoscere” (ivi. p. 14). In questo clima di rinnovamento pedagogico, che riconosceva un ruolo prioritario anche all’ambiente circostante, nacquero diversi esperimenti e tentativi legati alle cosiddette scuole nuove (ivi). Esse non costituivano soltanto un insieme di pratiche innovative, ma veri e propri laboratori nei quali i principi pedagogici venivano osservati, sperimentati e costantemente verificati nell’esperienza educativa (ivi). L’esperienza scolastica, così, non costituiva soltanto un luogo di applicazione delle teorie pedagogiche, ma diventava essa stessa uno spazio di produzione della conoscenza, contribuendo al progressivo consolidamento dello statuto scientifico della disciplina (ivi). In tale contesto assumono particolare rilievo i contributi di Maria Montessori e John Dewey, massimi esponenti dell’attivismo pedagogico (ivi).

3.1.1 Maria Montessori: Osservazione, Esperienza e Ricerca Educativa

Pur collocandosi in una fase ancora iniziale del processo di scientifizzazione della pedagogia, Maria Montessori introduce un modo profondamente innovativo di concepire la ricerca educativa (ivi). Già il titolo di una delle sue opere *Il metodo della pedagogia scientifica applicato all’educazione infantile nelle Case dei Bambini* (1918) evidenzia la volontà di fondare l’intervento educativo sull’osservazione sistematica del bambino piuttosto che su principi esclusivamente teorici o prescrittivi. La centralità attribuita all’osservazione diretta, all’ambiente educativo e alla continua verifica delle pratiche didattiche rappresenta uno degli elementi che contribuiscono a orientare la pedagogia verso modalità di ricerca maggiormente fondate sull’esperienza (Cambi, 2022). L’educatore non è più chiamato semplicemente ad applicare modelli precostruiti, ma ad assumere un atteggiamento di costante indagine nei confronti dello sviluppo del bambino (ivi). Egli deve organizzare scientificamente il materiale didattico e affinare le abilità senso-motorie dell’alunno (ivi). Per Montessori “il fanciullo deve svolgere liberamente le proprie attività [...] sotto la guida attenta, anche se non coercitiva, dell’adulto che deve essere scientificamente consapevole dei bisogni dei fanciulli e degli ostacoli” (ivi. p. 32). L’ambiente deve essere progettato a misura di bambino, in modo che possa ricevere gli stimoli adeguati e necessari (ivi). Pertanto, l’insegnante deve adattare progressivamente l’intervento educativo ai dati emergenti dall’osservazione (Montessori, 1918).

In questa cornice, i processi di apprendimento si compongono di momenti fondamentali, tra cui l’osservazione “che è il punto di partenza di ogni conoscenza e che va posta al centro dell’attività

scolastica” (Cambi, 2022, p. 29). Per cui, pur senza assimilare la pedagogia alle scienze naturali, tale impostazione testimonia un significativo cambiamento di prospettiva. L’interesse non è più rivolto esclusivamente alla definizione dei fini dell’educazione, ma anche alla comprensione delle condizioni attraverso cui i processi educativi si realizzano concretamente (ivi). L’osservazione sistematica, il rapporto tra soggetto e ambiente e la continua revisione dell’azione educativa anticipano alcuni principi che caratterizzeranno la ricerca pedagogica contemporanea (Cambi et. al, 2020). Sotto questo profilo, il contributo montessoriano rappresenta una delle espressioni più significative del progressivo consolidamento della pedagogia come disciplina orientata alla produzione di conoscenze empiricamente fondate (Cambi, 2022).

L’evoluzione della pedagogia verso una progressiva autonomia scientifica trova un ulteriore sviluppo, come detto, nel pensiero di John Dewey, il quale contribuisce a ridefinire il rapporto tra educazione, esperienza e ricerca (ivi). Pur muovendosi all’interno della tradizione pragmatista, Dewey supera l’idea dell’educazione come semplice trasmissione di conoscenze, concependola come un processo dinamico di indagine (ivi). Infatti, insegnare non significa trasferire le informazioni agli studenti come mostrato dalla metafora del condotto (Fischer, 2009). Secondo questa metafora “quando le persone imparano qualcosa, ottengono un oggetto (un’idea, un concetto o un pensiero) che poi possiedono. Per insegnarlo a qualcun altro, devono semplicemente trasmetterlo, come attraverso un condotto, fornendo [...] l’informazione all’interno della persona” (ivi. p. 5).

Questa metafora si basa, quindi, sull’idea che la conoscenza sia un oggetto che può essere acquisito, conservato e trasmesso da un individuo a un altro in modo semplice e diretto (ivi). Questo tipo di concezione, in realtà, è ancora oggi molto diffusa, ma non descrive il modo in cui avviene l’apprendimento reale (ivi). Le competenze nascono dall’applicazione pratica e continuativa delle conoscenze apprese. Pertanto, a scuola le conoscenze non possono essere solo trasferite, ma vanno costruite e rielaborate attraverso l’esperienza (ivi).

Al centro della proposta dell’attivismo si pongono l’esperienza, il rapporto con l’ambiente e il primato del fare, i quali trovano espressione nella creazione di scuole-laboratorio e atelier messi a disposizione per i ragazzi (Dewey, 1899). È attraverso questo che l’individuo costruisce progressivamente la propria esperienza in costante interazione con l’ambiente (ivi). L’apprendimento, dunque, prende avvio dall’esperienza concreta dell’individuo e si sviluppa attraverso l’identificazione di problemi, la formulazione di ipotesi e la sperimentazione di possibili soluzioni (Cambi et. al, 2020). Pertanto, il processo educativo assume i caratteri propri dell’indagine, nella quale l’esperienza non

rappresenta soltanto il punto di partenza dell'apprendimento, ma anche il criterio attraverso cui le ipotesi elaborate vengono costantemente sottoposte a verifica (ivi).

Tale impostazione presenta significative affinità con alcuni aspetti della riflessione epistemologica affrontata nel primo capitolo. Come si è osservato, infatti, la conoscenza scientifica non può essere interpretata come un sistema di verità definitive, ma come un processo dinamico di costruzione, controllo e continua revisione delle spiegazioni (Laudan, 1983).

3.1.2 John Dewey: Educazione, Esperienza e Ambiente Educativo

Analogamente, per Dewey il valore della ricerca educativa non consiste nell'individuazione di modelli universalmente validi, ma nella capacità di comprendere situazioni concrete attraverso un'indagine sistematica, aperta alla verifica e alla riformulazione delle ipotesi iniziali (Cambi et. al, 2020). Infatti, per Dewey la scienza non coincide solo con la matematica e la fisica, ma è scientifico tutto ciò che si avvale di osservazioni ricerca sistematica, verifica e metodo rigoroso (Dewey, 1951).

L'attività educativa diviene, pertanto, un processo riflessivo nel quale teoria e pratica non rappresentano dimensioni separate, ma aspetti reciprocamente interdipendenti di una medesima attività di ricerca (Fabbroni, 2009). L'apprendimento non può essere spiegato esclusivamente facendo riferimento alle caratteristiche individuali del soggetto, ma emerge dall'interazione continua tra individuo e contesto (Cambi, 2022).

Anche l'ambiente educativo non costituisce un semplice sfondo entro cui si svolgono i processi di apprendimento, ma una componente essenziale dell'esperienza formativa, la quale viene controllata e stimolata dall'insegnante (ivi). Tale impostazione risulta particolarmente significativa alla luce delle riflessioni sviluppate nel secondo capitolo. Infatti, le prospettive dei sistemi dinamici e dell'enattivismo hanno contribuito a mettere in discussione una concezione della cognizione come processo esclusivamente interno all'individuo, sottolineando il ruolo costitutivo dell'interazione tra soggetto, corpo e ambiente (Meloni, 2011).

Pertanto, riportando il discorso attorno alle neuroscienze, possiamo dire che esse, pur offrendo importanti informazioni sui meccanismi cerebrali coinvolti, non sono in grado di esaurire la complessità dei fenomeni educativi (ivi). In questa prospettiva, l'apprendimento non può essere ricondotto al solo funzionamento cerebrale, ma deve essere compreso come un processo che emerge dall'interazione di molteplici fattori. La centralità attribuita da Dewey alla ricerca e all'esperienza

contribuisce a consolidare l'identità scientifica della pedagogia senza ricondurla ai modelli propri delle scienze naturali.

3.1.3 La Scuola di Firenze e il Consolidamento Scientifico della Pedagogia

Negli anni '40 si assistette, poi, ad una fase di transizione in cui il pensiero di Dewey si consolidò a livello mondiale (Cambi et. al, 2020). È in questo frangente che si inserisce il contributo della scuola di Firenze, nata a partire dalle concezioni di Codignola, Visalberghi e Borghi (Cambi, 2022).

Fare riferimento a questa scuola è utile nei termini di questo lavoro, perché da una parte segna il passaggio verso le scienze dell'educazione e dall'altra condivide molti aspetti evidenziati nel primo capitolo in merito alle scienze. La scuola di Firenze è un orientamento pedagogico italiano di matrice deweyana, fondato sul razionalismo critico e sui valori di democrazia, libertà, laicità ed emancipazione (Cambi, 2016). Il modello conserva tuttora la propria attualità perché consente di interpretare criticamente i problemi contemporanei. Ciò che rende particolarmente significativo questo orientamento, ai fini del presente lavoro, è il modo in cui concepisce il sapere pedagogico.

Tra i criteri epistemologici più importanti troviamo la capacità di rivedere continuamente il proprio modello (ivi). Infatti, non considera le proprie idee permanenti, ma le sottopone a continua revisione, sviluppo e controllo critico (ivi). L'idea che il sapere pedagogico debba essere costantemente sottoposto a revisione critica, presenta un'affinità con la concezione fallibilista della conoscenza discussa nel primo capitolo attraverso Popper. Ciò che assume rilievo, in questo contesto, non è l'applicazione diretta del criterio di falsificabilità alla pedagogia, quanto il principio secondo cui una conoscenza scientificamente orientata deve rimanere aperta alla critica e alla possibilità di revisione (Chalmers, 1979).

Allo stesso tempo, la capacità della pedagogia di evolvere attraverso il confronto con nuovi problemi e nuove esigenze educative risulta coerente con la concezione dinamica dello sviluppo della conoscenza scientifica. In questo senso, si fa emergere l'aspetto scientifico legato all'ambito pedagogico. Pertanto, la scuola di Firenze si adatta alla società complessa e pluralista attraverso l'adozione di un modello dinamico che affonda le sue radici anche nella democrazia e nella società (ivi). La pedagogia, infatti, ha il compito di criticare la società esistente, ma anche quello di immaginare e orientare alternative educative possibili e migliori (ivi). Ciò perché la scuola costruisce ed educa gli individui del domani (ivi). Questa evoluzione della pedagogia contribuì progressivamente a superare l'idea di una disciplina unitaria, favorendo il dialogo con altre aree del

sapere interessate allo studio dei processi educativi (Cambi et. al, 2020). Si pongono così le basi per la successiva affermazione delle scienze dell'educazione, nelle quali la pedagogia mantiene una funzione di sintesi e di orientamento teorico pur confrontandosi con il contributo di discipline differenti (ivi).

Infatti, le riflessioni degli autori precedenti come Dewey e Montessori avevano contribuito a porre l'attenzione sull'osservazione e sull'esperienza educativa (Cambi, 2022). Mentre, il dibattito pedagogico successivo ha progressivamente approfondito gli aspetti metodologici della ricerca, chiarendo le modalità attraverso cui la pedagogia costruisce, verifica e sviluppa le proprie conoscenze (Cambi et. al, 2020).

In questa prospettiva, la ricerca pedagogica si configura come un'attività conoscitiva complessa in cui elaborazione teorica, osservazione della realtà e verifica empirica costituiscono dimensioni strettamente integrate (ivi).

Infine, nella seconda metà del Novecento, si assiste alla svolta delle scienze dell'educazione (ivi). Si tratta del passaggio dalla pedagogia come disciplina unica e generale al dialogo con altre discipline, tra cui la biologia, la psicologia e la sociologia (Cambi, 2022). In questo modo la pedagogia diventa un sapere più rigoroso, in quanto definisce meglio i propri oggetti di studio, utilizza metodi di ricerca, evita il dogmatismo e fonda le sue teorie anche sull'esperienza (Cambi et. al, 2020). Il sapere pedagogico assume così un carattere dinamico e progressivo, nel quale ogni risultato rappresenta un punto di partenza per ulteriori approfondimenti piuttosto che una conclusione definitiva.

Questo carattere può essere letto alla luce della concezione dello sviluppo scientifico discussa nel primo capitolo. In particolare, la prospettiva di Lakatos consente di considerare la maturità di un ambito di ricerca non sulla base del possesso di verità definitive, ma della capacità di sviluppare programmi teoricamente ed empiricamente fecondi, capaci di generare nuovi problemi e nuove conoscenze (Chalmers, 1979).

Nonostante il dialogo con altre discipline, la pedagogia continua a mantenere un ruolo saldo e importante all'interno dell'intero paradigma, perché interpreta i risultati, li mette in relazione tra loro e attribuisce un significato educativo (Cambi et. al, 2020). In sostanza, la pedagogia coordina e dà unità ai contributi delle varie scienze con cui dialoga e non cerca una teoria unica dell'educazione, ma si affida a un pluralismo dei saperi (ivi).

Tuttavia, l'aspetto critico da tenere a mente è che la pedagogia non può diventare solo empirica, in quanto non tutto può essere spiegato con la scienza solamente (ivi). Infatti, la formazione

dell'uomo comprende anche aspetti etici, valoriali, culturali e ambientali (ivi). La centralità attribuita alla pluralità dei saperi conferma come la pedagogia costruisca il proprio statuto scientifico senza rinunciare alla complessità del proprio oggetto di studio.

Tale impostazione risulta coerente con la riflessione epistemologica sviluppata nel primo capitolo e costituisce, al tempo stesso, il presupposto per comprendere perché il contributo delle neuroscienze debba essere interpretato come complementare e non sostitutivo rispetto al sapere pedagogico.

Dunque, la ricerca empirica in pedagogia non deve essere interpretata come un semplice trasferimento dei metodi propri delle scienze naturali (Cambi, 2022). Anzi, è da intendere come l'elaborazione di strumenti metodologici adeguati alla complessità dei fenomeni educativi (ivi). L'oggetto della pedagogia, infatti, è costituito da processi nei quali interagiscono, come si è detto, variabili individuali, relazionali, sociali e istituzionali, rendendo difficilmente applicabili modelli esplicativi di tipo deterministico (Cambi et. al, 2020). Di conseguenza, la scientificità della pedagogia non deriva dall'adozione di un unico metodo, ma da una pluralità di approcci metodologici che comprendono ricerca teorica, storica, qualitativa, quantitativa e sperimentale (ivi).

3.1.4 I Modelli Epistemologici della Pedagogia Contemporanea

La pedagogia costruisce teorie così come qualunque altro sapere scientifico e utilizza modelli per orientare la soluzione ai problemi e la ricerca educativa (ivi). Le principali teorie utilizzate dall'ambito pedagogico derivano sia dalle scienze che dalla filosofia e sono principalmente tre (ivi): la teoria della complessità, la teoria della differenza e la teoria dell'ecologia.

La teoria della complessità parte dal presupposto che la realtà educativa è, come si è visto, complessa e non può essere spiegata con modelli semplici (ivi). Pertanto, la formazione è un processo aperto, dinamico, discontinuo e problematico, così come anche la mente è in continua evoluzione (ivi). L'obiettivo della pedagogia diventa quindi quello di abituare gli individui a una mente più flessibile, per comprendere la cultura contemporanea (ivi).

Un'altra teoria estremamente importante che ricalca l'analisi epistemologica del primo capitolo è quella della differenza (ivi). Secondo quest'ultima educare significa rispettare le diversità e favorire il dialogo, senza imporre uniformità (ivi). La differenza, infatti, non è un problema, ma una ricchezza e una sfida che caratterizza l'ambito educativo (Baldacci, 2009). La difficoltà che può

emergere dall'adozione di questa teoria, si interroga su come si possa dare unità alla ricerca pedagogica senza eliminare la varietà dei suoi metodi (ivi).

Tuttavia, abbiamo visto come la metodologia non deve stabilire regole assolute né imporre un unico procedimento (ivi). Per evitare dogmatismo, quindi, è necessario mantenere una continua tensione tra un approccio nomotetico e un approccio idiografico (ivi). Il primo ricerca leggi universali e generalità, mentre il secondo studia situazioni singole, particolari e irripetibili (ivi). Proprio questa tensione spinge anche a superare i limiti di ogni metodo, integrando prospettive differenti e garantendo il progresso caratteristico della scienza (ivi). L'educazione, quindi, costituisce un fenomeno multidimensionale nel quale i processi di apprendimento si intrecciano con gli aspetti già citati.

Infine, risulta rilevante anche la teoria dell'ecologia, la quale, come abbiamo già visto nel corso dei capitoli, riguarda i rapporti tra individui e ambiente (Cambi et. al, 2020). L'ecologia, quindi, diviene un sistema di interpretazione attraverso cui la pedagogia comprende la mente, le persone e i processi di socializzazione (ivi).

La capacità, precedentemente vista, di integrare prospettive teoriche ed empiriche rappresenta uno degli elementi che contribuiscono a definire lo statuto scientifico della pedagogia (Baldacci, 2009). La ricerca educativa non si limita a descrivere i fenomeni, ma mira a comprendere le dinamiche, interpretarne i significati e orientare consapevolmente l'azione educativa (Cambi, 2022).

In questo senso, la pedagogia sperimentale contemporanea si avvale della ricerca-azione, la quale collega indissolubilmente teoria e pratica (Fabbroni, 2009). Questo tipo di ricerca coinvolge direttamente ricercatori e partecipanti, considerando i risultati provvisori e utilizzando una valutazione formativa continua (ivi). La ricerca-azione non cerca solo di conoscere una situazione, ma anche di comprenderla e migliorarla (Baldacci, 2009). Per questo motivo, essa consta di specifiche fasi che ricordano il metodo scientifico: individuazione di un problema educativo, analisi, formulazione di ipotesi risolutive, messa in pratica della soluzione e valutazione degli effetti (ivi). È proprio tale equilibrio a costituire uno degli aspetti più caratteristici della scientificità pedagogica contemporanea (ivi).

3.1.5 Il Contributo del Modello Saggistico all'Identità Scientifica della Pedagogia

Le considerazioni sviluppate fino ad ora consentono di affrontare la questione centrale di questo lavoro, ossia se la pedagogia possa essere considerata a tutti gli effetti una scienza. Come osservato, il percorso di progressiva autonomia disciplinare, l'affermazione della ricerca educativa quale strumento di produzione della conoscenza e la successiva sistematizzazione metodologica della ricerca pedagogica, hanno contribuito a definire uno statuto epistemologico sempre più autonomo e rigoroso (Cambi et. al, 2020). La pedagogia non raccoglie solo i dati delle scienze dell'educazione, ma li interpreta attraverso teorie, li approfondisce e li sottopone a critica (ivi).

Le spiegazioni che ne risultano non assumono necessariamente la forma nomologico-deduttiva descritta da Hempel nel primo capitolo. Il modello hempeliano costituisce, sotto questo profilo, un utile termine di confronto, in quanto mostra una forma rigorosa di spiegazione scientifica (Amoretti, Serpico, 2022). Essa, infatti, si fonda sulla riconduzione dell'evento a leggi generali, ma non esaurisce necessariamente le modalità attraverso cui le diverse discipline costruiscono spiegazioni.

Nel caso della pedagogia l'oggetto di indagine è costituito da sistemi complessi nei quali interagiscono individuo, ambiente, processi cognitivi, relazioni sociali e dinamiche culturali (Cambi, 2022). La distanza dal modello nomologico-deduttivo non costituisce, quindi, una ragione sufficiente per negare la scientificità alla pedagogia, ma richiede di interrogarsi su quali forme di spiegazione siano adeguate alla specificità del fenomeno educativo. Più in generale, il percorso epistemologico sviluppato nel primo capitolo ha mostrato come la pratica scientifica non possa essere ricondotta a un unico criterio (Chalmers, 1979). Il controllo critico delle ipotesi, il confronto con l'evidenza, la revisione degli assetti teorico e la capacità di produrre nuove conoscenze, rappresentano differenti, ma complementari, attraverso cui valutare la scientificità di un sapere (ivi).

In questa cornice, il modello più adatto alla pedagogia è quello saggistico, in quanto offre conclusioni sempre provvisorie (Cambi et. al, 2020). Questo modello evita il dogmatismo e mantiene viva una riflessione critica, mai definitiva (ivi). La caratteristica dei fenomeni educativi riguarda il fatto che essi non possono essere spiegati mediante modelli lineari di causa-effetto, ma richiedono un approccio sistemico che consideri l'interazione continua di individuo, ambiente, processi cognitivi, contesto sociale e dinamiche culturali (Cambi, 2022). Pertanto, è necessaria la costruzione di un quadro teorico coerente con la natura multidimensionale della pedagogia generale.

Alla luce del percorso sviluppato fin qui, è dunque possibile sostenere che la scientificità della pedagogia non debba essere valutata sulla base della sua maggiore o minore somiglianza con le

scienze naturali. Se, come emerso nel primo capitolo, non esiste un unico modello capace di esaurire la pluralità delle pratiche scientifiche, la specificità metodologica della pedagogia non costituisce una debolezza epistemologica. La sua scientificità risiede piuttosto nella capacità di costruire conoscenze sistematiche e metodologicamente controllate, di confrontarle con l'evidenza, di sottoporle a revisione critica e di sviluppare modelli esplicativi coerenti con la complessità del proprio oggetto di studio (ivi).

In questa prospettiva, il riferimento a Lakatos risulta particolarmente significativo. La maturità scientifica di un ambito di ricerca può essere valutata anche attraverso la capacità di sviluppare programmi fecondi, in grado di affrontare nuovi problemi e produrre nuova conoscenza (Chalmers, 1979). Questi ultimi devono essere capaci di affrontare nuovi problemi e produrre nuova conoscenza (ivi).

La riflessione sullo statuto scientifico della pedagogia consente inoltre di affrontare un ulteriore aspetto di particolare rilevanza per il presente lavoro. Come evidenziato nel secondo capitolo, anche le neuroscienze, pur rappresentando uno dei principali riferimenti scientifici nello studio dell'apprendimento, riconoscono la complessità dei fenomeni cognitivi e i limiti delle proprie metodologie di indagine (Meloni, 2011).

Tale considerazione rende evidente come il rapporto tra pedagogia e neuroscienze non possa essere interpretato nei termini di una sostituzione epistemologica, nella quale una disciplina assorbe o legittima l'altra (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012). Al contrario, il riconoscimento della reciproca autonomia scientifica costituisce la condizione necessaria affinché possa svilupparsi un dialogo realmente interdisciplinare, fondato sul contributo specifico che ciascun sapere è in grado di offrire alla comprensione dei fenomeni educativi (ivi).

Riconoscere l'autonomia alla pedagogia non significa negare l'importanza del contributo proveniente da altre discipline. Al contrario, costituisce il presupposto affinché il confronto interdisciplinare possa realizzarsi senza ridurre la complessità dell'educazione a un'unica prospettiva interpretativa (ivi). Proprio su queste basi sarà possibile analizzare, nella sezione successiva, le ragioni che rendono il dialogo tra pedagogia e neuroscienze non solo possibile, ma anche scientificamente fecondo.

3.2 Il Dialogo tra Pedagogia e Neuroscienze

La progressiva affermazione della pedagogia come disciplina scientifica ha reso possibile un confronto sempre più stretto con altri ambiti di ricerca interessati allo studio dei processi educativi. Tra questi, le neuroscienze rappresentano oggi uno dei principali interlocutori, in quanto offrono strumenti utili per comprendere alcuni dei meccanismi neurobiologici coinvolti nell'apprendimento, nella memoria, nell'attenzione, nella plasticità e nello sviluppo cognitivo (Rivoltella, 2012). Tuttavia, come emerso nel secondo capitolo, tali contributi non possono essere interpretati come esaustivi rispetto alla complessità dell'educazione (Meloni, 2011). Le neuroscienze descrivono, infatti, alcuni meccanismi che rendono possibile l'apprendimento, ma non sono in grado, da sole, di spiegare il significato educativo dell'apprendere, né di indicare quali finalità debbano orientare l'insegnamento (ivi).

Il rapporto tra pedagogia e neuroscienze si colloca, pertanto, all'interno di una prospettiva autenticamente interdisciplinare, nella quale ciascuna disciplina conserva il proprio oggetto di studio, i propri strumenti metodologici e il proprio quadro teorico (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). Tale collaborazione non implica una sovrapposizione dei rispettivi ambiti di ricerca, bensì una complementarità di prospettive (Hardiman et. al, 2012). Attraverso essa ogni disciplina contribuisce alla comprensione dell'apprendimento secondo il proprio specifico livello di analisi (Fischer, 2009). Mentre le neuroscienze indagano i processi biologici e cognitivi che rendono possibile l'attività mentale, la pedagogia si occupa di interpretare tali conoscenze alla luce delle finalità educative, delle relazioni formative e dei contesti in cui l'apprendimento prende forma (Rivoltella, 2012).

Il dialogo tra queste discipline non nasce, quindi, dall'esigenza di attribuire una maggiore scientificità alla pedagogia attraverso il ricorso alle neuroscienze. Una simile interpretazione risulterebbe, infatti, incompatibile con il percorso epistemologico ricostruito nei capitoli precedenti.

Assumere le neuroscienze come criterio di legittimazione della pedagogia significherebbe, infatti, riproporre proprio quell'immagine gerarchica della scientificità che l'analisi del primo capitolo e del secondo ha contribuito a problematizzare. Nel primo capitolo si è visto come la scientificità di una disciplina non dipenda dalla vicinanza ai metodi delle scienze naturali, ma dalla capacità di costruire conoscenze rigorose, controllabili e coerenti con il proprio oggetto di studio (Chalmers, 1979). Nella sezione precedente è stato, inoltre, evidenziato come la pedagogia abbia progressivamente consolidato il proprio statuto scientifico proprio attraverso il confronto critico con le scienze dell'educazione, senza rinunciare alla propria autonomia epistemologica (Cambi, 2022; Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). È proprio questa autonomia a rendere possibile oggi un dialogo

autentico con le neuroscienze, perché nessuna disciplina pretende di sostituirsi all'altra, ma ciascuna contribuisce alla comprensione dei processi educativi (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001).

In questa prospettiva, il confronto tra pedagogia e neuroscienze rappresenta invece un ulteriore sviluppo di quella concezione pluralistica della ricerca scientifica discussa nel primo capitolo. Come mostra Feyerabend, infatti, la produzione della conoscenza non procede attraverso un unico metodo universale, ma mediante approcci differenti, ciascuno adeguato ai problemi che intende affrontare (Chalmers, 1979). Parallelamente, la prospettiva di Lakatos ha evidenziato come la fecondità della ricerca possa essere valutata anche attraverso la capacità di sviluppare programmi in grado di affrontare nuovi problemi e produrre nuova conoscenza (ivi). Il dialogo interdisciplinare può allora essere interpretato non come una rinuncia al rigore, ma come una modalità attraverso cui livelli di analisi differenti concorrono alla comprensione di un fenomeno complesso quale l'apprendimento (Hardiman et. al, 2012). L'interdisciplinarietà non comporta, quindi, la riduzione dell'educazione ai soli processi neurobiologici, ma consente di costruire una comprensione più ampia e articolata dell'apprendimento umano (ivi). In quest'ultimo, difatti, risultano strettamente intrecciate le dimensioni biologiche, cognitive, relazionali, culturali e sociali (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012).

3.2.1 Limiti e Criticità nel Trasferimento delle Evidenze Neuroscientifiche

Il riconoscimento della complementarità tra pedagogia e neuroscienze non elimina, tuttavia, le difficoltà che caratterizzano il loro rapporto (Hardiman et. al, 2012). Al contrario, proprio la diversità degli oggetti di studio, delle metodologie di ricerca e dei livelli di analisi rende il dialogo particolarmente complesso (ivi). Se le neuroscienze concentrano la propria attenzione sui processi neurobiologici che rendono possibile l'apprendimento, la pedagogia si occupa di comprendere come tali processi si traducano in esperienze formative concrete (Rivoltella, 2012). Di conseguenza, i risultati ottenuti in uno dei due ambiti non possono essere trasferiti automaticamente all'altro, ma richiedono un costante lavoro di interpretazione e di integrazione teorica (Hardiman et. al, 2012).

Secondo Jolles e Jolles (2021), una delle principali difficoltà risiede, tuttavia, nella mancanza di una sufficiente alfabetizzazione neuroscientifica tra i professionisti dell'educazione e, parallelamente, nella limitata conoscenza delle problematiche pedagogiche da parte dei neuroscienziati. Molti insegnanti, per esempio, si lamentano di una scarsa e indiretta comunicazione da parte delle neuroscienze e della difficoltà di applicare le varie ricerche alla pratica (Hardiman et. al, 2012).

Si tratta, tuttavia, di un problema bidirezionale (ivi). Da una parte, infatti, i neuroscienziati sono riluttanti a condividere i risultati della ricerca, perché temono possano essere mal interpretati, scaturendo, come si è visto nel capitolo precedente, la nascita di neuromiti (ivi). Dall'altra parte gli insegnanti vengono visti come incapaci di saper comprendere e applicare la ricerca neuroscientifica alla pratica (ivi).

Tale distanza rischia di produrre incomprensioni reciproche e di favorire interpretazioni riduttive dei risultati della ricerca (ivi). Ma non solo, infatti, una tale distanza porta a parlare di un ponte che separa le due discipline (Jolles, Jolles, 2021). Per questo motivo, autori come Jolles e Jolles (2021) e Dekker et. al (2012) sostengono la necessità di promuovere percorsi formativi che consentano agli educatori di acquisire strumenti critici per interpretare le evidenze neuroscientifiche e, nello stesso tempo, ai ricercatori di comprendere meglio la complessità dei contesti educativi nei quali tali evidenze potrebbero trovare applicazione.

Questa prima difficoltà richiama direttamente, come anticipato, alcune delle criticità metodologiche analizzate nel secondo capitolo. La diffusione dei neuromiti e il fenomeno della *seductive allure* hanno mostrato come il semplice riferimento al cervello possa indurre a sopravvalutare il valore esplicativo delle neuroscienze, favorendo applicazioni educative prive di un adeguato fondamento empirico (Weisberg, et al. 2008). Come si è visto, tali fenomeni non dipendono dalla debolezza delle neuroscienze in quanto disciplina scientifica, ma dalla difficoltà di interpretarne correttamente i risultati quando vengono estrapolati dal contesto sperimentale.

Una seconda difficoltà in merito al trasferimento diretto dei risultati dalle neuroscienze all'educazione riguarda una distinzione che richiama direttamente alcune delle riflessioni sviluppate precedentemente. Come si è visto, le neuroscienze producono conoscenze attraverso metodologie sperimentali rigorose, ma inevitabilmente indirette, fondate su processi inferenziali e su livelli di analisi differenti rispetto a quelli propri della ricerca educativa (Bechtel, Huang, 2022). Ciò non costituisce di per sé un difetto metodologico, ma impone cautela rispetto alle inferenze che possono essere tratte dai dati ottenuti (ivi).

Tecniche come la fMRI permettono di osservare correlati neurofisiologici dell'attività cognitiva, ma non consentono di derivare direttamente indicazioni relative ai processi di insegnamento o alle pratiche didattiche (Logothetis, 2008). Se, per esempio, un certo metodo didattico cambia il cervello in meglio, si potrebbe pensare che esso sia da preferire (Matta, 2021). Tuttavia, un passaggio del genere non è né immediato né automatico, in quanto il fatto che si riscontrino più attività cerebrale, non significa che l'apprendimento sarà migliore (ivi). Il trasferimento dal contesto di

laboratorio all'aula scolastica richiede, quindi, un ulteriore livello di elaborazione teorica che non può essere svolto dalle neuroscienze stesse (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012).

In questo senso, si può distinguere tra evidenza per la teoria e evidenza per la pratica (Matta, 2021). Come è stato evidenziato nel primo capitolo, la produzione della conoscenza scientifica non dipende esclusivamente dalla raccolta di dati empirici, ma anche dal modo in cui essi vengono interpretati e utilizzati come evidenze (Godfrey-Smith, 2009). Questa riflessione assume rilevanza anche nel rapporto tra neuroscienze ed educazione, perché bisogna evidenziare le condizioni entro cui le evidenze neuroscientifiche possono essere utilizzate per orientare la pratica educativa.

In questo contesto, l'evidenza per la teoria esprime un effetto causale che ci si può aspettare assumendo che tutto avvenga in condizioni ottimali, ovvero eliminando i fattori di disturbo e garantendo l'isolamento di quelli rilevanti (Matta, 2021). Tuttavia, generalmente le condizioni ottimali della teoria non possono essere applicate alla pratica (ivi). Infatti, quando “si cerca di trasferire un risultato di laboratorio a un contesto reale, alcuni fattori di disturbo tornano a influire, rendendo difficile prevedere quale sarà l'effetto atteso nella situazione reale” (ivi. p. 197). Pertanto, l'evidenza che sta alla base della teoria, non è detto che riesca a sostenere l'aspetto pratico (ivi). Ciò non significa che l'evidenza teorica perda il proprio valore scientifico, ma che il suo impiego nella pratica educativa richiede ulteriori livelli di interpretazione. L'apprendimento in classe, infatti, è complesso e contestuale, perché include distrattori come l'ansia, lo stress e le relazioni, mentre quello in laboratorio è più astratto e utile per la teoria (ivi).

Inoltre, un ulteriore fattore da tenere in considerazione è la presenza di interventi simultanei che concorrono all'apprendimento (ivi). Infatti, non esiste un solo intervento univoco, ma esso è dettato da varie istituzioni come la famiglia, la scuola o gli operatori sociali (ivi). Dunque, è necessario che gli scienziati escano dal contesto laboratoriale e che gli insegnanti diventino dei co-ricercatori, sviluppando una situazione di cooperazione tra le due discipline (Hardiman et. al, 2012).

Pertanto, gli studi di neuroimaging sono importanti per comprendere l'apprendimento, ma non permettono di derivare direttamente raccomandazioni didattiche (Matta, 2021). Come si è visto, l'efficacia di una pratica di insegnamento dipende da una pluralità di fattori relazionali, che non vanno ridotti ai soli meccanismi neurobiologici, evitando, così, quella forma di riduzionismo discussa nel capitolo precedente.

Matta (2021) sottolinea come il rapporto tra neuroscienze e educazione non debba essere costruito da una relazione gerarchica, ma da cooperazione. Le neuroscienze contribuiscono ad ampliare la comprensione dei processi di apprendimento, mentre la pedagogia permette di collocare

tali conoscenze all'interno di contesti educativi reali, caratterizzati dalla presenza di variabili personali, sociali, culturali e istituzionali che non possono essere riprodotte integralmente negli ambienti sperimentali (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012).

Una simile impostazione consente di integrare i limiti epistemologici delle neuroscienze, evidenziati nel capitolo precedente, collocandone i risultati all'interno di un quadro interpretativo più ampio, senza rinunciare al rigore scientifico. L'integrazione tra prospettive differenti, infatti, non comporta una perdita di precisione metodologica, ma consente di affrontare l'apprendimento rispettandone la natura complessa e multidimensionale (Cambi, 2022). In questa prospettiva, la pedagogia continua a svolgere quella funzione di coordinamento delineata nella sezione precedente (ivi). Questo perché la ricerca educativa è chiamata a valutare la pertinenza, i limiti metodologici e le possibili implicazioni per la pratica didattica.

3.2.2 Bridging Studies e MBE: Verso un'Integrazione Interdisciplinare

Risultano, pertanto, necessari dei metodi più ecologici per integrare i dati delle due discipline (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012). Tra questi troviamo i “*bridging studies*” (ivi. p. 203), ovvero ricerche che collegano il contesto di laboratorio al contesto classe, operando una cooperazione vera e propria (ivi). Il rapporto tra neuroscienze e educazione non può essere unidirezionale. Il contesto educativo non costituisce semplicemente il luogo nel quale applicare conoscenze prodotte altrove, ma può contribuire alla formulazione stessa delle domande di ricerca, indicando problemi e variabili che il laboratorio, isolatamente, non sarebbe in grado di cogliere (ivi). In questa cornice, diventa evidente come il contributo delle neuroscienze non consista nell'offrire risposte definitive ai problemi dell'educazione, bensì nel fornire evidenze che devono essere interpretate criticamente all'interno di un quadro teorico più ampio (Matta, 2021).

La necessità di costruire un dialogo metodologicamente rigoroso tra pedagogia e neuroscienze ha progressivamente favorito lo sviluppo di nuove modalità di collaborazione tra ricercatori appartenenti a discipline differenti. L'obiettivo consiste nel costruire un linguaggio comune che consenta di mettere in relazione risultati sperimentali, teorie dell'apprendimento e progettazione didattica (Cambi et. al, 2020). In questa cornice, acquisisce rilevanza la MBE (*mind, brain and education*), ossia una disciplina interdisciplinare che studia il rapporto tra cervello, sviluppo e apprendimento, per approfondire il dialogo attivo tra ricerca e pratica educativa (Jolles, Jolles, 2021).

Infatti, solo coinvolgendo chi vive la scuola è possibile produrre conoscenze utili per migliorare l'insegnamento e, di conseguenza, l'apprendimento (Fischer, 2009).

È proprio all'interno di questo scenario che, negli ultimi decenni, ha iniziato a svilupparsi un nuovo ambito di ricerca dedicato esplicitamente allo studio delle relazioni tra cervello, apprendimento ed educazione (Rivoltella, 2012). L'obiettivo non è quello di sostituire la pedagogia con le neuroscienze, né di ridurre l'educazione ai suoi correlati biologici, ma di costruire un quadro interdisciplinare nel quale le conoscenze prodotte dalle diverse discipline possano dialogare criticamente e contribuire, ciascuna secondo le proprie competenze, al miglioramento della ricerca educativa e della pratica didattica (ivi).

Il valore di tale collaborazione risiede, quindi, nella possibilità di ampliare la conoscenza pedagogica senza modificarne il centro epistemologico. Le neuroscienze possono rendere più profonda la comprensione di alcune condizioni dell'apprendimento, mentre resta alla pedagogia il compito di interpretare tali conoscenze all'interno della complessità dell'esperienza educativa. È proprio all'interno di questa esigenza di integrazione che prende forma la neuroeducazione, la quale costituisce il naturale sviluppo del percorso teorico fin qui ricostruito.

3.3 La Neuroeducazione come Spazio di Dialogo Interdisciplinare

Le riflessioni sviluppate nelle sezioni precedenti hanno mostrato come il dialogo tra pedagogia e neuroscienze rappresenti una possibilità concreta, ma al tempo stesso una sfida epistemologica e metodologica. Il confronto tra queste discipline ha progressivamente favorito la nascita di un nuovo ambito di ricerca, comunemente indicato con il termine neuroeducazione (Rivoltella, 2012). Essa si pone di mettere in relazione le conoscenze provenienti dalle neuroscienze, dalla psicologia e dalla pedagogia, al fine di comprendere in modo più approfondito i processi di apprendimento e insegnamento (ivi).

La neuroeducazione non nasce, tuttavia, dall'idea che le neuroscienze possano sostituire o fondare la pedagogia. La sua rilevanza deriva piuttosto dalla possibilità di ampliare il quadro conoscitivo entro cui la pedagogia interpreta i processi di apprendimento, integrando informazioni relative ai livelli neurobiologici, ma senza ridurre ad essi la complessità dell'esperienza educativa. Come è merso nel corso del presente lavoro, le neuroscienze presentano dei limiti metodologici che impediscono di arrivare direttamente alle indicazioni educative dai dati sperimentali (Bechtel, Huang, 2022; Matta, 2021). Allo stesso tempo, come è stato evidenziato, la pedagogia ha progressivamente

costruito un proprio statuto scientifico attraverso il dialogo con altre discipline e le scienze dell'educazione, senza ridursi a nessuna di esse (Cambi, 2022).

In questo senso, la neuroeducazione rappresenta il tentativo di costruire uno spazio di collaborazione effettivo tra discipline scientificamente autonome (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012). In questo modo si viene ad evitare tanto il riduzionismo neurobiologico, quanto il rifiuto a priori del contributo neuroscientifico.

L'obiettivo della presente sezione è, quindi, quello di analizzare la neuroeducazione come esito del percorso finora affrontato. In primo luogo, verranno ricostruite le origini e le finalità di questo ambito di ricerca e, in seguito, saranno esaminati i principali contributi che le neuroscienze possono dare alla comprensione dei processi educativi. In questo senso, si farà riferimento all'esperienza e al ruolo del corpo, già messi al centro del discorso nelle sezioni precedenti parlando di attivismo e di enattivismo; plasticità cerebrale ed emozioni.

3.3.1 Origini, Finalità e Statuto Interdisciplinare della Neuroeducazione

Come già emerso nella scorsa sezione, il tentativo di dialogo tra pedagogia e neuroscienze ha portato alla luce nuovi approcci, come quello della MBE, volti a ridurre la distanza tra le due discipline (Fischer, 2009). L'obiettivo non era costruire una disciplina nuova, ma sviluppare un quadro teorico comune che potesse favorire una cooperazione tra professionisti appartenenti ad ambiti diversi (Rivoltella, 2012). Infatti, i ricercatori dell'MBE hanno studiato numerosi interventi che potrebbero migliorare le condizioni dell'apprendimento (Jolles, Jolles, 2021). Tra questi troviamo interventi nutrizionali o interventi volti ad implementare una maggiore attività fisica, con l'obiettivo di migliorare la qualità del sonno (ivi).

Dunque, lo scopo non è quello di insegnare nuovi contenuti, ma di creare le condizioni biologiche e cognitive adeguate a favorire l'apprendimento, in quanto esso risulta migliore quando il cervello è preparato ad imparare (ivi). In questo contesto, nasce il concetto di "fit to learn" (ivi. p. 6), ovvero una situazione in cui ci si trova nelle condizioni ottimali per imparare (ivi). Pertanto, cervello, mente e educazione rappresentano tre livelli complementari attraverso cui analizzare l'apprendimento umano (Rivoltella, 2012).

Nel contesto italiano, accanto all'espressione MBE si sono progressivamente diffusi i termini di neuroeducazione e neurodidattica, spesso utilizzati come sinonimi, ma non sempre coincidenti sul piano concettuale (ivi). In senso generale, la neuroeducazione indica l'ambito interdisciplinare più

ampio in cui convergono neuroscienze, psicologia e pedagogia (ivi). D'altro canto, la neurodidattica rappresenta il versante maggiormente orientato alla riflessione sulle implicazioni educative e didattiche, con particolare riferimento alla pratica scolastica (ivi). Pur avendo operato questa distinzione terminologica, nel presente lavoro i due concetti verranno considerati all'interno della medesima prospettiva interdisciplinare. Questo poiché condividono il comune obiettivo, focus di questa sezione, di comprendere come le conoscenze sul funzionamento del cervello possano dialogare con la ricerca educativa.

Con il progressivo sviluppo delle neuroscienze cognitive, la separazione tra le discipline ha iniziato a mostrare i propri limiti. Come evidenziato nel secondo capitolo, le moderne tecniche di neuroimaging hanno consentito di approfondire la conoscenza dei processi cerebrali coinvolti nell'apprendimento, nella memoria, nell'attenzione e nello sviluppo cognitivo (Goswami, 2019). Tuttavia, tali conoscenze non sono risultate sufficienti per comprendere il significato educativo di questi fenomeni, in quanto i dati cerebrali vanno interpretati alla luce di solidi studi comportamentali (ivi).

Sapere quali circuiti neuronali partecipano a un determinato processo cognitivo non permette, come si è visto, di stabilire automaticamente come progettare un'attività didattica efficace (Matta, 2021). Tantomeno consente, da solo, di rispondere alle domande che costituiscono il nucleo della riflessione pedagogica, quali per esempio come favorire lo sviluppo integrale della persona o quali finalità debba perseguire l'insegnamento (Jolles, Jolles, 2021). Pertanto, all'interno del quadro in cui la pedagogia mantiene la responsabilità rispetto alle finalità e al significato educativo delle conoscenze prodotte, le neuroscienze rappresentano una naturale estensione della sua vocazione interdisciplinare (Rivoltella, 2012). La neuroeducazione, dunque, si fonda sul riconoscimento del pluralismo metodologico e sull'integrazione di livelli esplicativi differenti, piuttosto che sulla riduzione dei fenomeni educativi a un unico linguaggio scientifico.

Uno dei principali contributi della neuroeducazione consiste nell'aver favorito una comprensione più articolata dei processi attraverso cui gli individui apprendono (ivi). Ciò non significa che le neuroscienze abbiano modificato le finalità dell'educazione o sostituito le teorie pedagogiche sviluppato nel corso del Novecento. Piuttosto, esse hanno offerto un ulteriore livello di analisi focalizzati sui processi cognitivi e biologici (ivi). Gli approfondimenti offerti dalla neuroeducazione riguardano proprio il ruolo dell'esperienza, dell'interazione con l'ambiente, della dimensione corporea e dell'importanza delle emozioni nello sviluppo cognitivo (ivi).

Come si è visto nella prima sezione di questo capitolo, tali aspetti erano già stati posti al centro della riflessione pedagogica da autori come Dewey e Montessori, i quali attribuivano all'esperienza diretta, all'attività del soggetto e alla relazione con il contesto ambientale un ruolo fondamentale nella formazione dell'individuo (Cambi, 2022). Le neuroscienze non introducono questi principi, ma per l'appunto forniscono nuovi strumenti di comprensione.

3.3.2 La Plasticità Cerebrale

Particolarmente significativo risulta, in questa cornice, il tema della plasticità cerebrale. Le ricerche neuroscientifiche hanno mostrato come il cervello mantenga, nel corso dello sviluppo e anche nell'età adulta, una notevole capacità di modificare la propria organizzazione funzionale in risposta all'esperienza, all'apprendimento e alle interazioni con l'ambiente (Jolles, Jolles, 2021). L'apprendimento non consiste, quindi, nella semplice acquisizione passiva di informazioni, ma comporta una continua riorganizzazione delle reti neurali, favorita dall'esperienza e dall'adattamento all'ambiente (ivi).

Secondo Edelman (2007) le attività del nostro cervello vengono modificate “non solo da ciò che percepiamo, ma anche da come ci muoviamo” (ivi. p. 21) all'interno del contesto in cui siamo inseriti. Infatti, il cervello fa parte del nostro corpo e, di conseguenza, i due si influenzano attraverso i neuroni sensoriali e i neuroni motori, senza il tutto venga, però, ridotto ad una mediazione sensoriale ed esecutiva (Frith, 2007; Rivoltella, 2012).

Tale prospettiva risulta coerente con quanto discusso nel secondo capitolo a proposito degli approcci dinamici ed *embodied*. Secondo questi, infatti, la cognizione emerge dall'interazione continua tra cervello, corpo e ambiente, piuttosto che dall'attività isolata di specifiche strutture cerebrali (Noe, Thompson, 2004). Esistono due tipi di plasticità (Jolles, Jolles, 2021):

- 1) “*Experience-expectant*” (ivi. p. 7)
- 2) “*Experience-dependent*” (ivi. p. 8).

La prima ha a che fare con cambiamenti cerebrali che il cervello si aspetta di ricevere da esperienze universali, come ad esempio ascoltare suoni o interagire con altre persone (ivi). Infatti, il cervello costruisce continuamente previsioni su ciò che accadrà (ivi). Elaborando le esperienze i bambini “imparano a prevedere il futuro e comportarsi di conseguenza” (Rivoltella, 2012, p. 65). La seconda, invece, riguarda le esperienze che possono differire da persona a persona, come per esempio imparare

a leggere o a suonare (Jolles, Jolles, 2021). Proprio quest'ultima permette a ciascun individuo di adattarsi al proprio ambiente specifico e continua a formarsi per tutta la vita (ivi).

La plasticità cerebrale non implica, tuttavia, che qualsiasi esperienza produca automaticamente apprendimento, né che ogni cambiamento neuronale abbia un'immediata rilevanza (Fischer, 2009). Sapere che l'insegnamento modifica l'organizzazione funzionale del cervello costituisce, infatti, una condizione necessaria per comprendere l'apprendimento, ma non sufficiente per stabilire quali strategie educative siano più efficaci (ivi).

Per meglio comprendere questo punto, si può fare riferimento al caso di un bambino di nome Nico, il quale subì la rimozione dell'emisfero destro all'età di tre anni, per prevenire gravi crisi epilettiche ricorrenti (ivi). In base alle conoscenze neurologiche disponibili, la sua famiglia fu informata che avrebbe avuto scarse capacità visuo-spaziali (ivi). Nonostante queste previsioni, la famiglia e la scuola lo sostennero intensamente nello sviluppo di numerose competenze, comprese attività fisiche, disegno e linguaggio (ivi). Grazie a questo supporto sviluppò buone abilità motorie, imparando a correre, andare sullo skateboard e in bicicletta. Inoltre, si appassionò al disegno e, da adulto, divenne un artista di fama, contraddicendo le previsioni neuroscientifiche precedenti (ivi).

Questo caso mostra che le previsioni basate esclusivamente sulla localizzazione cerebrale possono essere superate grazie a un ambiente educativo ricco di sostegno, capace di influenzare le esperienze e le capacità dell'individuo, persino in presenza di gravi limitazioni neurologiche (ivi). Il cervello può riorganizzarsi e trovare percorsi alternati per svolgere la stessa funzione (ivi). In questo senso, il dato neuroscientifico converge con quella centralità dell'esperienza e del contesto già emersa nella riflessione pedagogica di Dewey e Montessori.

Questa prospettiva permette di superare una concezione statica delle capacità cognitive (ivi). Se il cervello mantiene una significativa capacità di modificarsi attraverso l'esperienza, allora anche l'apprendimento deve essere interpretato come un processo dinamico, aperto e continuamente influenzato dall'interazione tra individuo e ambiente (Rivoltella, 2012). La neuroeducazione, in questo senso, contribuisce a rafforzare l'idea di un'educazione già presente nella tradizione pedagogica: un soggetto attivo che costruisce progressivamente le proprie conoscenze attraverso il confronto con l'agire, le relazioni e il contesto in cui si inserisce (Cambi, 2022).

La capacità di previsione dipende da alcuni neuroni che rilasciano dopamina, ovvero le cellule di ricompensa (Frith, 2007). Esse ci permettono di provare piacere a seguito di un comportamento o una scelta corretta, la quale ha generato per noi una vera e propria ricompensa (ivi). È proprio questo meccanismo a facilitare l'apprendimento (Edelman, 2007). Infatti, grazie alle cellule di ricompensa

possiamo “migliorare il nostro sistema di previsioni [...] e costituire una mappa di valori che sono il risultato delle nostre esperienze, dei nostri errori e delle correzioni” (Rivoltella, 2012, p. 66).

Questa prospettiva attribuisce particolare importanza all'errore (ivi). Quest'ultimo non rappresenta semplicemente il fallimento di un processo cognitivo, ma costituisce una fonte essenziale di informazione (ivi). Infatti, consente all'individuo di modificare progressivamente le proprie rappresentazioni della realtà e di affinare le strategie con cui affronta situazioni future (Jolles, Jolles, 2021).

In questo senso, l'apprendimento non procede soltanto attraverso la conferma delle conoscenze già possedute, ma anche grazie alla capacità di riconoscere gli errori tra ciò che ci si attende e ciò che effettivamente accade (Rivoltella, 2012). Un'impostazione di questo tipo, richiama, pur in un contesto differente, alcune delle riflessioni sviluppate da Popper. Come si è visto, egli attribuiva un ruolo centrale alla critica e alla possibilità di sottoporre continuamente le teorie al controllo dell'esperienza (Popper, 2005). Analogamente, il nostro cervello funziona come una macchina popperiana che impara dalle smentite (Rivoltella, 2023). Pertanto, il sistema di previsione diventa sempre più accurato e si affina man mano che facciamo tentativi ed errori (ivi).

Entrambe le prospettive, quella avanzata da Popper e degli autori della Neuroeducazione, allora, evidenziano come il progresso della conoscenza non dipenda dalla semplice accumulazione di conferme, bensì dalla revisione continua delle proprie ipotesi alla luce dell'esperienza (ivi; Popper, 2005). In una cornice del genere, si potrebbe pensare che il ruolo della scuola sia superfluo, visto che il bambino si autoregola grazie alle relazioni che tesse con l'ambiente e agli errori commessi (Illich, 1971). Tuttavia, questo può essere smentito prendendo in considerazione casi particolari, come quello già citato di Nico, in cui si è in presenza di una lesione cerebrale, oppure di stimoli elettrici incontrollati come le epilessie (Rivoltella, 2012). Dunque, la mediazione didattica, nonostante il ruolo importantissimo svolto dall'ambiente, è necessaria per affidare al bambino le migliori opportunità di apprendimento (ivi).

Questa impostazione consente di interpretare in modo più ampio anche il ruolo della memoria. Lungi dal coincidere con una semplice capacità di immagazzinare informazioni, la memoria partecipa alla costruzione delle aspettative, orienta le decisioni future e permette di attribuire significato alle nuove esperienze a seguito di un confronto con le precedenti (ivi). Come si può immaginare, infatti, essa incide sulla capacità di previsione (ivi).

3.3.3 Emozioni, Motivazione e Dimensione Relazionale dell'Apprendimento

Solo ultimamente gli studi stanno portando al centro dell'attenzione un tema tanto importante quanto la memoria. Questo perché la didattica tradizionale si è sempre improntata sul ruolo della ripetizione, etichettandola come il fulcro attorno al quale l'apprendimento muove (ivi). Oggi, tuttavia, nonostante un'impostazione simile sia ancora in vigore all'interno delle scuole, si cerca di andare in senso opposto (ivi). Viene sempre di più criticata la didattica tradizionale in merito alla memoria, in quanto l'apprendimento mnemonico è scarsamente motivante per l'alunno (ivi). Quest'ultimo, infatti, etichetta l'apprendimento stesso come faticoso e poco gratificante se svolto in un simile modo (Rivoltella, 2012).

Pertanto, un ulteriore contributo significativo della neuroeducazione riguarda il riconoscimento del ruolo che emozioni e motivazione svolgono nei processi di apprendimento. Per lungo tempo, soprattutto nella tradizione cognitivista classica, la cognizione è stata studiata privilegiando i processi di elaborazione dell'informazione (Heil, 2019). Mentre la dimensione emotiva veniva considerata un elemento secondario o addirittura un possibile fattore di disturbo (Damiani et. al, 2015). Lo sviluppo delle neuroscienze cognitive ha invece evidenziato come processi cognitivi ed emotivi risultino profondamente interconnessi e partecipino congiuntamente alla costruzione dell'esperienza e dell'apprendimento (Siegel, 2001). Infatti, si è studiato che l'emozione dirige, organizza e modula l'attività cognitiva (ivi).

Questa prospettiva si inserisce coerentemente nel quadro delineato nel secondo capitolo. La critica ai modelli rigidamente computazionali della mente e il progressivo affermarsi degli approcci enattivi hanno mostrato come la cognizione non possa essere ridotta a una semplice manipolazione di simboli o rappresentazioni astratte (Neisser, 2014). La neuroeducazione coinvolge piuttosto l'intero organismo, comprendendo emozioni e relazioni, contribuendo a rafforzare una concezione dell'apprendimento come processo dinamico e situato (Rivoltella, 2012). La componente emotiva non costituisce più una componente accessoria e irrazionale, ma parte integrante dell'attività cognitiva (Edelman, 2007). Inoltre, le emozioni si generano a partire dal nucleo originario del cervello, ovvero il paleo-encefalo (Rivoltella, 2012).

In relazione alle emozioni si possono affrontare due concetti rilevanti all'interno della neuroeducazione, ovvero quelli di neuroni a specchio e di marcatore somatico.

I neuroni a specchio vennero scoperti da Rizzolatti e occupano un ruolo centrale, in quanto la forma di apprendimento per eccellenza è quella per imitazione di un altro comportamento (ivi). Un simile tema si collega perfettamente alla plasticità del cervello, precedentemente discussa, perché

osservare e replicare atteggiamenti altrui porta a stabilire delle routine e, di conseguenza, a modificare il nostro assetto neuronale (ivi).

Questi speciali neuroni si collegano anche alla sfera delle emozioni, perché “l’attività cerebrale non si può considerare [...] come un processo di calcolo simile a quello delle macchine, distaccato, senza alcuna emozione” (Edelman, 2007, p.56). Questa concezione riprende quanto discusso nel secondo capitolo a proposito del superamento dei modelli rigidamente computazionali della mente. Gli approcci *embodied* ed enattivi hanno, infatti, mostrato come la cognizione coinvolga l’intero organismo e non possa essere separata dal corpo, dall’ambiente e dalla dimensione dell’esperienza (Magnani, 2022). Inoltre, i neuroni a specchio risultano avere un ruolo in primo piano in merito all’empatia (Rivoltella, 2012). Essi possono contribuire ai processi attraverso cui comprendiamo e rispecchiamo alcune azioni ed emozioni altrui (ivi).

All’interno di questo contesto, si fanno spazio studi di Antonio Damasio sui marcatori somatici (Rivoltella, 2012). Secondo questa prospettiva, le esperienze vissute lasciano tracce che influenzano i processi decisionali successivi attraverso segnali corporei associati alle emozioni (Damasio, 1994). Secondo Damasio, i marcatori somatici sono esempi speciali di sentimenti generati a partire dalle emozioni secondarie [...] connesse, tramite l’apprendimento, a previsti esiti futuri di certi scenari” (ivi. p. 246). Si viene a creare, in questo senso, una stretta connessione tra previsione, apprendimento ed emozioni. Dunque, si può mettere in luce che senza emozioni non potremmo apprendere dall’esperienza e dal contesto in cui viviamo (Rivoltella, 2023).

Tuttavia, come osservato precedentemente, tali evidenze non autorizzano a dedurre strategie didattiche direttamente (Matta, 2021). Esse permettono piuttosto di comprendere perché esperienze significative, feedback adeguati e contesti motivanti possano favorire il coinvolgimento dello studente, senza trasformarsi automaticamente le prescrizioni pedagogiche universali. Dunque, la progettazione di un ambiente di apprendimento motivante non dipende esclusivamente dalla conoscenza dei correlati neurali dell’emozione, ma richiede di considerare gli obiettivi formativi, le caratteristiche dello studente e il contesto culturale in cui l’apprendimento si realizza (Rivoltella, 2012). Una teoria dell’educazione non può prescindere dal considerare la persona nella sua complessità biologica, psicologica, relazionale e culturale (ivi).

Una simile impostazione richiama, come accennato poco prima, la dimensione culturale dell’apprendimento. Anzitutto è bene specificare che la scuola è un luogo di cultura, in quanto la didattica è “in prima istanza tecnologia della parola e della cultura” (ivi., p. 158). Come osserva Bruner (1997), la conoscenza non viene costruita in modo isolato, ma prende forma attraverso sistemi

condivisi di significati, linguaggi e pratiche sociali. L'individuo apprende sempre all'interno di un determinato contesto culturale, nel quale interpreta la realtà e attribuisce significato alla propria esperienza (ivi).

Ancora una volta, l'influenza culturale può essere riportata e connessa alla plasticità cerebrale, in quanto “anche i fattori sociali e culturali [...] possono modificare l'assetto sinaptico” (Rivoltella, 2023, p.64). Uno dei maggiori strumenti attraverso il quale si può trasmettere la cultura, è la scrittura (Rivoltella, 2012). Infatti, l'organizzazione di quest'ultima riflette la costruzione della nostra attività cognitiva, in quanto la sua “adozione [...] ha generato determinati orientamenti cognitivi negli uomini che a quella scrittura appartengono” (ivi. p. 126).

Questa concezione trova un ulteriore punto di contatto con il concetto di *Umwelt*, ripreso dalla filosofia della mente (Rivoltella, 2023). Secondo questo concetto, “il mondo non è qualcosa di generale, uguale per tutti; al contrario è sempre qualcosa di personale” (ivi. p. 29). Per cui, “non esiste un unico mondo reale che preesista e che sia indipendente dall'attività mentale umana e dal linguaggio simbolico umano: [...] quello che chiamiamo mondo è il prodotto di una mente e delle sue procedure simboliche” (Bruner, 1997, p. 118). Proprio questa concezione risulta coerente con la prospettiva enattivista discussa nel secondo capitolo, secondo cui la cognizione non consiste nella semplice elaborazione interna, ma emerge dall'interazione continua tra organismo e ambiente. Allo stesso tempo, si richiamano alcuni principi fondamentali dell'attivismo pedagogico analizzati nella prima sezione di questo capitolo (Cambi, 2022).

3.3.4 Potenzialità e Limiti della Neuroeducazione

Le potenzialità della neuroeducazione non devono tuttavia far dimenticare le difficoltà metodologiche che caratterizzano il rapporto tra neuroscienze e educazione. Infatti, la neuroeducazione può produrre un contributo realmente significativo solo se evita di trasformare le evidenze neurobiologiche in prescrizioni didattiche immediate (Matta, 2021). La classe costituisce un ambiente aperto, nel quale intervengono variabili sociali, emotive, culturali e relazionali difficilmente isolabili (Rivoltella, 2012). Per questo motivo, la neuroeducazione richiede una continua mediazione tra ricerca sperimentale e pratica educativa, evitando tanto il rifiuto delle neuroscienze quanto un loro utilizzo acritico.

In definitiva, la neuroeducazione può essere interpretata come uno dei più significativi esempi di ricerca interdisciplinare contemporanea, necessaria allo sviluppo delle conoscenze pedagogiche.

Questo non perché la pedagogia dipende dalle neuroscienze per acquisire scientificità, ma perché una comprensione contemporanea dell'apprendimento non può ignorare le conoscenze relative ai processi neurobiologici e cognitivi che lo rendono possibile. La necessità del dialogo nasce, dunque, dall'esigenza di ampliare e aggiornare il quadro conoscitivo della pedagogia. Mentre le neuroscienze possono chiarire alcune condizioni e alcuni meccanismi dell'apprendimento, la pedagogia conserva il compito di interpretarli. La neuroeducazione rappresenta, pertanto, uno spazio di integrazione critica nel quale la pluralità dei livelli di analisi non viene eliminata, ma coordinata. Il suo valore scientifico risiede proprio nella capacità di evitare da una parte il riduzionismo e dall'altra una chiusura della pedagogia rispetto alle acquisizioni empiriche provenienti dalle scienze cognitive e neuroscientifiche. In questo equilibrio può essere individuato uno dei principali sviluppi della ricerca pedagogica.

Conclusioni

Il presente lavoro ha preso avvio da un interrogativo relativo allo statuto epistemologico della pedagogia e, più precisamente, dalla possibilità di comprendere in quale senso essa possa essere considerata una disciplina scientifica. Tale questione ha richiesto, in primo luogo, di mettere in discussione un'immagine della scienza fondata sull'esistenza di un metodo unico, sulla produzione di conoscenze certe e sulla possibilità di individuare un criterio universalmente valido attraverso cui distinguere ciò che è scientifico da ciò che non lo è (Chalmers, 1979; Laudan, 1983).

La riflessione sviluppata nel primo capitolo ha infatti mostrato come la conoscenza scientifica non possa essere identificata con un sistema di verità definitive, ma debba essere intesa come un'impresa conoscitiva fallibile, costantemente aperta al controllo, alla critica e alla revisione delle proprie acquisizioni (Popper, 2005). Questo risultato ha costituito il presupposto teorico dell'intero percorso, poiché ha consentito di spostare la domanda dalla ricerca di un'essenza unica della scienza all'analisi delle modalità attraverso cui le diverse discipline costruiscono, giustificano e sottopongono a controllo le proprie conoscenze (Amoretti, Serpico, 2022).

Le diverse concezioni epistemologiche considerate hanno ulteriormente articolato questa prospettiva. Popper ha evidenziato il carattere congetturale e fallibile della conoscenza e la necessità di sottoporre criticamente le teorie al confronto con l'esperienza, mentre Kuhn ha mostrato il carattere storico e dinamico della pratica scientifica e il ruolo svolto dai paradigmi condivisi dalle comunità scientifiche (Popper, 2005; Kuhn, 2009). Lakatos ha cercato di interpretare lo sviluppo della scienza attraverso programmi di ricerca capaci di essere valutati sulla base della loro fecondità e della possibilità di produrre nuovi problemi e nuove conoscenze, mentre Feyerabend ha radicalizzato la critica all'esistenza di un metodo scientifico universale e immutabile (Lakatos, 1979; Feyerabend,

2002). Ne è emersa una concezione pluralistica della scientificità, nella quale discipline differenti possono ricorrere a pratiche e metodologie diverse senza che tale eterogeneità implichi necessariamente la perdita del loro carattere scientifico (Chalmers, 1979; Amoretti, Serpico, 2022).

Anche l'analisi della spiegazione scientifica ha contribuito a precisare questo punto. Il modello nomologico-deduttivo di Hempel ha rappresentato un importante termine di confronto per comprendere una particolare forma di spiegazione scientifica, nella quale il fenomeno viene ricondotto a leggi generali e specifiche condizioni iniziali (Godfrey-Smith, 2009). Tuttavia, il percorso sviluppato ha mostrato come tale modello non possa essere assunto come l'unica forma possibile di spiegazione scientifica e come, soprattutto nell'analisi di sistemi complessi, possano assumere rilievo modelli causali e meccanicistici differenti (Machamer, Darden, Craver, 2000; Salmon, 1984).

Di conseguenza, la distanza della pedagogia da un modello strettamente nomologico-deduttivo non costituisce, di per sé, una ragione sufficiente per negarne la scientificità. La questione decisiva diventa piuttosto comprendere se la disciplina sia in grado di elaborare spiegazioni coerenti con la specificità del proprio oggetto, confrontarle con l'evidenza e sottoporle alla revisione critica (Amoretti, Serpico, 2022; Cambi et al., 2020). Questo risultato riprende direttamente la conclusione raggiunta nel primo capitolo, secondo cui la pedagogia non deve essere valutata chiedendosi se riproduca il metodo della fisica o della biologia, ma interrogandosi sulla sistematicità, controllabilità e discutibilità critica delle conoscenze che produce.

Il secondo capitolo ha consentito di applicare tale quadro epistemologico alle scienze cognitive e alle neuroscienze. La ricostruzione del passaggio dal cognitivismo classico al connessionismo, fino agli approcci dinamici ed enattivi, ha evidenziato il progressivo superamento di una concezione della cognizione esclusivamente interna e computazionale, mettendo in rilievo l'interazione tra cervello, corpo e ambiente nella costruzione dei processi cognitivi (Fodor, 1983; Varela, Thompson, Rosch, 1991).

Gli approcci dinamici ed embodied hanno infatti contribuito a interpretare la cognizione come un processo che emerge dall'interazione continua dell'individuo con il contesto, risultato particolarmente rilevante quando l'oggetto di analisi diventa l'apprendimento (ivi). Il percorso delle scienze cognitive ha pertanto fornito gli strumenti concettuali necessari per comprendere il successivo sviluppo delle neuroscienze (Bechtel, Mandik, Mundale, 2001).

L'analisi delle neuroscienze ha confermato la necessità di mantenere una concezione non riduttiva della conoscenza scientifica. Le tecniche contemporanee di neuroimaging permettono di

ottenere informazioni fondamentali sul funzionamento cerebrale, ma le misurazioni prodotte restano indirette e richiedono processi inferenziali per essere messe in relazione con determinate funzioni cognitive (Logothetis, 2008; Poldrack, 2006; Bechtel, Huang, 2022).

A ciò si aggiungono alcuni altri problemi connessi alla *seductive allure* e alla diffusione di neuromiti. In merito alla prima, il riferimento a informazioni neuroscientifiche può aumentare la percezione di validità di una spiegazione anche quando tali informazioni non possiedono un reale valore esplicativo (Weisberg et al., 2008). Per quanto riguarda i neuromiti, invece, essi sono spesso derivanti dalla semplificazione o dalla generalizzazione indebita di risultati scientifici reali (Howard-Jones, 2014). Questi limiti non diminuiscono il valore scientifico delle neuroscienze, ma definiscono più precisamente l'ambito entro il quale le loro evidenze possono essere utilizzate.

Il principale risultato del secondo capitolo è stato, pertanto, il riconoscimento della necessità di evitare due posizioni opposte: da un lato, rifiutare il contributo delle neuroscienze allo studio dell'apprendimento; dall'altro, attribuire ai dati cerebrali una capacità esplicativa superiore a quella che effettivamente possiedono. Le neuroscienze forniscono strumenti empirici fondamentali per comprendere i processi neurali coinvolti nell'apprendimento, ma i loro risultati devono essere interpretati, trasferiti e integrati all'interno di un quadro più ampio, capace di considerare anche il corpo, l'ambiente e la dimensione relazionale e culturale dell'esperienza (Rivoltella, 2012; Hardiman et al., 2012).

È proprio alla luce di questo percorso che è stato possibile affrontare direttamente la domanda relativa alla scientificità della pedagogia. La ricostruzione della sua progressiva autonomia disciplinare ha mostrato come, nel corso del Novecento, essa abbia sviluppato strumenti teorici e metodologici sempre più articolati, integrando riflessione teorica, osservazione, esperienza e ricerca empirica (Cambi, 2022).

Autori come Montessori e Dewey hanno contribuito a porre l'esperienza educativa al centro dell'indagine pedagogica, valorizzando l'osservazione, il rapporto tra individuo e ambiente e il carattere problematico e continuamente rivedibile dell'intervento educativo (ivi).

Successivamente, la nascita delle scienze dell'educazione ha rafforzato il carattere interdisciplinare della pedagogia, favorendo il confronto con psicologia, sociologia e biologia senza eliminare la funzione teorica e interpretativa specificamente pedagogica (ivi). La ricerca pedagogica contemporanea integra approcci teorici, storici, qualitativi, quantitativi e sperimentali e può utilizzare la ricerca-azione come modalità attraverso cui teoria e pratica vengono costantemente messe in relazione (Baldacci, 2009; Fabbroni, 2009). Essa non si limita inoltre a raccogliere i risultati

provenienti dalle altre scienze dell'educazione, ma li interpreta, li confronta e attribuisce loro un significato rispetto ai problemi e alle finalità dell'educazione (Cambi et al., 2020).

La complessità dell'oggetto pedagogico rende difficilmente adeguati modelli lineari e rigidamente deterministici, poiché nei fenomeni educativi interagiscono dimensioni individuali, cognitive, relazionali, sociali, culturali e istituzionali (ivi). Tale pluralità non rappresenta necessariamente una debolezza epistemologica, ma richiede metodologie adeguate alla natura multidimensionale dell'educazione (ivi).

Alla domanda di ricerca iniziale è dunque possibile rispondere affermativamente. La pedagogia può essere considerata una disciplina scientifica, purché la sua scientificità non venga misurata sulla base della semplice somiglianza con le scienze naturali. Il suo carattere scientifico risiede nella capacità di produrre conoscenze sistematiche, metodologicamente controllate e aperte alla revisione, di mettere in relazione teoria ed esperienza e di costruire spiegazioni coerenti con la complessità dei fenomeni che costituiscono il proprio oggetto di indagine (Cambi, 2022; Cambi et al., 2020). Questa conclusione risulta coerente con il quadro epistemologico sviluppato nel primo capitolo, nel quale è emersa l'impossibilità di identificare la scientificità con un unico metodo (Chalmers, 1979; Popper, 2005; Lakatos, 1979; Feyerabend, 2002).

Questa risposta permette anche di chiarire il ruolo delle neuroscienze. La pedagogia non diventa scientifica grazie al loro contributo, perché possiede una propria autonomia epistemologica e metodologica (Cambi, 2022; Bechtel, Mandik, Mundale, 2001). Al tempo stesso, tale autonomia non implica isolamento, ma costituisce la condizione che rende possibile un autentico rapporto interdisciplinare nel quale le diverse discipline mantengono i propri livelli di analisi e contribuiscono alla comprensione di aspetti differenti dell'apprendimento (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012). Le neuroscienze possono infatti approfondire i meccanismi biologici e cognitivi coinvolti nell'apprendimento, nella memoria, nell'attenzione e nella plasticità, ma non sono sufficienti, da sole, a stabilire il significato educativo di tali processi o le finalità che devono orientare l'insegnamento (ivi).

In questa prospettiva trova la propria funzione la neuroeducazione. Essa costituisce uno spazio interdisciplinare nel quale conoscenze neuroscientifiche, psicologiche e pedagogiche possono essere messe in relazione allo scopo di approfondire la comprensione dei processi di insegnamento e apprendimento (Rivoltella, 2012). La sua funzione non consiste nel fondare scientificamente la pedagogia né nel ricavare direttamente prescrizioni didattiche dall'attività cerebrale, poiché il passaggio dal laboratorio alla pratica educativa richiede ulteriori livelli di interpretazione e

mediazione (Matta, 2021; Ansari, De Smedt, Grabner, 2012). In questo senso, la neuroeducazione può essere considerata rilevante per lo sviluppo delle conoscenze pedagogiche, perché permette di ampliare ciò che è possibile conoscere sulle condizioni cognitive e neurobiologiche dell'apprendimento, senza sostituire il livello pedagogico di spiegazione e senza ridurre l'esperienza educativa al solo funzionamento cerebrale (Jolles, Jolles, 2021). Il rapporto interdisciplinare deve pertanto essere concepito come cooperativo e non gerarchico.

Il dato neuroscientifico non si traduce automaticamente in una conoscenza educativa per il solo fatto di essere empiricamente fondato, poiché il suo significato dipende dalle condizioni nelle quali viene applicato e dai fattori che intervengono nei contesti reali di apprendimento (Matta, 2021). La classe costituisce infatti un ambiente aperto nel quale agiscono contemporaneamente componenti cognitive, emotive, relazionali, culturali e sociali difficilmente isolabili come avviene invece nelle condizioni sperimentali (ivi). Per questo motivo, la neuroeducazione può produrre un contributo significativo soltanto mantenendo una mediazione continua tra ricerca sperimentale e pratica educativa (ivi).

Il presente lavoro presenta, tuttavia, alcuni limiti. In primo luogo, si tratta di una ricerca prevalentemente teorica e ricostruttiva, fondata sull'analisi della letteratura epistemologica, filosofica, neuroscientifica e pedagogica considerata nei tre capitoli, e non di uno studio empirico condotto direttamente all'interno di contesti educativi. Di conseguenza, le conclusioni raggiunte permettono di chiarire il quadro concettuale entro cui interpretare il rapporto tra scientificità pedagogica e neuroscienze, ma non consentono di valutare direttamente l'efficacia di specifiche pratiche neuroeducative in classe (Jolles, Jolles, 2021).

Un secondo limite deriva inevitabilmente dall'ampiezza degli ambiti disciplinari coinvolti: filosofia della scienza, filosofia della mente, scienze cognitive, neuroscienze e pedagogia costituiscono campi di ricerca estremamente vasti e il presente lavoro ne ha selezionato soltanto alcuni autori, modelli e problemi funzionali alla domanda di ricerca. La ricostruzione proposta non pretende, quindi, di esaurire né il dibattito sulla natura della scienza né quello relativo alle neuroscienze e all'educazione, ma di individuare i nodi teorici necessari per una valutazione critica.

Proprio questi limiti indicano possibili direzioni per sviluppi futuri. Un primo approfondimento potrebbe riguardare il rapporto tra le riflessioni teoriche qui elaborate e la ricerca educativa concreta, verificando in che modo forme di collaborazione tra pedagogisti, neuroscienziati, psicologi e insegnanti possano essere costruite all'interno di contesti scolastici reali (Fischer, 2009).

Un secondo sviluppo potrebbe concentrarsi, invece, sull'alfabetizzazione neuroscientifica degli insegnanti, così da fornire strumenti utili per distinguere risultati scientificamente fondati, generalizzazioni indebite e neuromiti e favorire una relazione più consapevole tra ricerca neuroscientifica e pratica pedagogica (Jolles, Jolles, 2021; Howard-Jones, 2014).

Alla luce dell'intero percorso, il rapporto tra pedagogia e neuroscienze non sembra quindi dover essere interpretato come un'alternativa tra autonomia e interdisciplinarietà. È necessario ampliare le conoscenze disponibili sui processi di apprendimento, mantenendo al tempo stesso una distinzione critica tra i diversi livelli di spiegazione e riconoscendo che nessuna singola disciplina è in grado di esaurire, da sola, la complessità del fenomeno educativo (Ansari, De Smedt, Grabner, 2012).

In questa prospettiva, il dialogo con le neuroscienze non rappresenta il fondamento della scientificità della pedagogia, ma una delle possibilità attraverso cui una disciplina già scientificamente autonoma può continuare a sviluppare e approfondire le proprie conoscenze.

Bibliografia

- Amoretti, M. C.; Serpico, D. (2022). Filosofia della scienza: parole chiave.
- Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R. H. (2012). Neuroeducation—a critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5(2), 105-117.
- Atkinson, D. (2012). Cognitivism, adaptive intelligence, and second language acquisition. *Applied Linguistics Review*, 3(2), 211-232.
- Baldacci, M. (2009). La ricerca empirica in pedagogia. *Studi sulla formazione*: 12, 1/2, 2009, 15-21.
- Bechtel, William, Pete Mandik, and Jennifer Mundale. (2001). Philosophy meets the neurosciences. *Malden, Massachussets: Blackwell Publishers Ltd* 6.
- Bechtel, W., Huang, L. T. L. (2022). Philosophy of neuroscience. *Cambridge University Press*.
- Bennet, M., Hacker, P. M. S. (2003). Philosophical Foundations of Neuroscience. *Oxford: Blackwell*.
- Breakspear, M. (2017). Dynamic models of large-scale brain activity. *Nature neuroscience*, 20(3), 340-352.
- Bruner, J. (1997). La mente a più dimensioni (R, Rini, trans.) (quinta edizione). Biblioteca Universale Laterza.
- Caiani, S. (2017). Corporeità e cognizione. Filosofia della mente incorporata. *Le Monnier Università. Milano: Mondadori*.
- Cambi, F. (2022). Le Pedagogie del Novecento. *Editori Laterza, Roma*
- Cambi, F.; Mariani, A.; Giosi, M.; Sarsini, D. (2020). Pedagogia generale. *Carocci Editore, Roma*.
- Cambi, F. (2016). Un modello pedagogico ancora centrale. *Pedagogia critica e laica a Firenze, 1950-2014: modelli, metamorfosi, figure.-(Filosofia dell'educazione; 1)*, 3-11.
- Chalmers, Alan Francis. (1979). Che cos' è questa scienza?: la sua natura i suoi metodi. *Arnoldo Mondadori Editore*.
- Churchland, P. S. (1987). Epistemology in the Age of Neuroscience. 544-553.
- Couch, M. (2023). Clarifying the relation between mechanistic explanations and reductionism. *Frontiers in Psychology*, 14, 984949.

- Damasio, A. (1994). L'errore di Cartesio. Emozione, ragione e cervello umano. *Adelphi, Milano 1995*.
- Damiani, P., Santaniello, A., Gomez Paloma, F. (2015). Ripensare alla Didattica alla luce delle Neuroscienze. Corpo, abilità visuospaziali ed empatia: una ricerca esplorativa. *Giornale Italiano della Ricerca Educativa, numero 14*.
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in psychology, 3*, 33784.
- Dewey, J. (1951). Le fonti di una scienza dell'educazione. Firenze, *La Nuova Italia*.
- Dewey, J. (1899). Scuola e Società.
- Edelman, G.M. (2007). Seconda natura. Scienza del cervello e conoscenza umana. *Raffaello Cortina Editore, Milano*.
- Frabboni, F. (2009). La ricerca in pedagogia. *Studi sulla formazione: 12, 1/2, 2009*, 9-13.
- Feyerabend, P. K., & Sosio, L. (1982). La scienza in una società libera. *Feltrinelli*.
- Feyerabend, P. K. (2002). Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza. *Feltrinelli Editore*.
- Fischer, K. W. (2009). Mind, brain, and education: building a scientific groundwork for learning and teaching¹. *Mind, Brain, and Education, 3*(1), 3-16
- Fodor, J. A. (1983). The modularity of mind. *MIT press*.
- Frith, C. (2007). Inventare la mente. Come il cervello crea la nostra vita mentale. M, Berlingeri; L, Guzzardi trans. *Raffaello Cortina Editore, Milano 2009*.
- Gardner, H. (1987). The mind's new science: A history of the cognitive revolution. *Basic books*.
- Giovedi, Davide. (2022). Risonanze pragmaticistiche in T. Kuhn: Per una rilettura peirceana di "La struttura della rivoluzioni scientifiche". *Nóema 13*: 68-97
- Godfrey-Smith, Peter. (2009). Theory and reality: An introduction to the philosophy of science. *University of Chicago Press*
- Goswami, U. (2019). Cognitive development and cognitive neuroscience: The learning brain. *Routledge*.
- Grasso, M., Albantakis, L., Lang, J. P., & Tononi, G. (2021). Causal reductionism and causal structures. *Nature neuroscience, 24*(10), 1348-1355.

- Hardiman, M., Rinne, L., Gregory, E., & Yarmolinskaya, J. (2012). Neuroethics, neuroeducation, and classroom teaching: Where the brain sciences meet pedagogy. *Neuroethics*, 5(2), 135-143.
- Heil, J. (2019). *Philosophy of mind: A contemporary introduction*. Routledge.
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature reviews neuroscience*, 15(12), 817-824.
- Illich, I. (1971). *Descolarizzare la società*. E, Capriolo trans. Mondadori, Milano.
- Jolles, J., & Jolles, D. D. (2021). On neuroeducation: Why and how to improve neuroscientific literacy in educational professionals. *Frontiers in psychology*, 12, 752151.
- Kelso, J. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. MIT press.
- Kitcher, Philip, and Wesley C. Salmon. (1962). *Scientific explanation*. Vol. 13. U of Minnesota Press.
- Ladyman, James. (2012). *Understanding philosophy of science*. Routledge.
- Lakatos, Imre. (1979). *Dimostrazioni e confutazioni: la logica della scoperta matematica*. Feltrinelli.
- Laudan, Larry. (1983). The demise of the demarcation problem. *Physics, philosophy and psychoanalysis: Essays in honour of Adolf Grünbaum*. Dordrecht: Springer Netherlands. 111-127.
- Leiva, C. (2005). Conductismo, cognitivismo y aprendizaje. *Tecnología en marcha*, 18(1), 66-73.
- Logothetis, N. K. (2008). What we can do and what we cannot do with fMRI. *Nature*, 453(7197), 869-878.
- Lycan, W. G. (1996). *Philosophy of mind*. The Blackwell companion to philosophy, 173.
- Machamer, Peter, Lindley Darden, and Carl F. Craver. (2000). Thinking about mechanisms. *Philosophy of science* 67.1: 1-25.
- Magnani, L. (2022). Discoverability: The Urgent Need of an Ecology of Human Creativity. Vol. 26. *Springer Nature*.
- Magnani, L. (2017). *The Abductive Structure of Scientific Creativity*.
- Matta, C. (2021). Neuroscience and educational practice—A critical assessment from the perspective of philosophy of science. *Educational Philosophy and Theory*, 53(2), 197-211.
- Medler, D. A. (1998). A brief history of connectionism. *Neural computing surveys*, 1, 18-72.
- Meloni, M. (2011). Philosophical implications of neuroscience: The space for a critique. *Subjectivity*, 4(3), 298-322.

- Montessori, M. (1918). Metodo della pedagogia scientifica applicato all'educazione infantile nelle Case dei Bambini. *Maglione & Strini*.
- Neisser, U. (2014). Cognitive psychology: Classic edition. *Psychology press*.
- Noe, A. Thompson, E. (2004). Are there neural correlates of consciousness?. *Journal of Consciousness Studies* 11: 3-28.
- Parker, D. (2022). Neurobiological reduction: From cellular explanations of behavior to interventions. *Frontiers in Psychology*, 13, 987101.
- Place, U. T. (1956). Is Consciousness a Brain Process? *British Journal of Psychology*, 47, 44–50. Reprinted in Lycan (1990, 1999).
- Poldrack, R. A. (2006). Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data?. *Trends in cognitive sciences*, 10(2), 59-63.
- Popper, Karl. (2005). The logic of scientific discovery. *Routledge*.
- Raimo, G. (2022). Psicoanalisi e filosofia della scienza: Teoreticità dell'osservazione e riduzionismo neurobiologico. *Mimesis*.
- Rescorla, M. (2019). The language of thought hypothesis.
- Rivoltella, P. C. (2012). Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende. *Raffaello Cortina*.
- Rivoltella, P.C. (2023). La previsione. Neuroscienze, apprendimento, didattica. *Scholè*.
- Ross, L. N., Bassett, D. S. (2024). Causation in neuroscience: keeping mechanism meaningful. *Nature Reviews Neuroscience*, 25(2), 81-90.
- Salmon, Wesley C. (2010). Statistical explanation and statistical relevance. Vol. 69. *University of Pittsburgh Pre*.
- Salmon, Wesley C. (1984). Scientific explanation: Three basic conceptions. *PSA: Proceedings of the biennial meeting of the philosophy of science association*. Vol. 1984. No. 2. Cambridge University Press.
- Schleim, S. (2014). Critical neuroscience—or critical science? A perspective on the perceived normative significance of neuroscience. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 336.
- Siegel, D.J. (2001). La mente relazionale. Neurobiologia dell'esperienza interpersonale (L. Madeddu Trans.). Raffaello Cortina Editore.
- Smart, J. J. C. (1959). Sensations and Brain Processes. *Philosophical Review*, 68, 141–56.

- Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. MIT press.
- Thompson, E. (2007). *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Science of Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Torrijos-Muelas, M., González-Víllora, S., & Bodoque-Osma, A. R. (2021). The persistence of neuromyths in the educational settings: A systematic review. *Frontiers in psychology, 11*, 591923.
- Van Gelder, T. (1995). What might cognition be, if not computation?. *The journal of Philosophy, 92*(7), 345-381.
- Varela, F., Thompson, E., Rosch, E., & Kabat-Zinn, J. (1991). *The embodied mind*. MIT Press. Boston, Mass.
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological review, 20*(2), 158.
- Weisberg, D. S., Taylor, J. C., & Hopkins, E. J. (2015). Deconstructing the seductive allure of neuroscience explanations. *Judgment and Decision making, 10*(5), 429-441.
- Weisberg, D. S., Keil, F. C., Goodstein, J., Rawson, E., & Gray, J. R. (2008). The seductive allure of neuroscience explanations. *Journal of cognitive neuroscience, 20*(3), 470-477.
- Wittgenstein, Ludwig. (1953). *Philosophical Investigations*, Blackwell, Oxford.