



Epigenetica, neuroscienze e processi educativi: il valore formativo della scuola dell'infanzia nella decostruzione degli stereotipi di genere

Epigenetics, neuroscience and educational processes: the educational value of early childhood education in deconstructing gender stereotypes

Francesca Buccini | Università degli Studi di Napoli Federico II | francesca.buccini@unina.it

Abstract (EN)

Starting from the recognition of the brain's plastic and relational nature – its capacity to change through experiences that shape neural networks and cognitive processes – this contribution adopts an interdisciplinary approach. It examines the relationship between brain development, educational practices, and the deconstruction of gender stereotypes in early childhood education. The focus on neuroscience is particularly relevant. It highlights the importance of education in the early years of life, when behavioral patterns, preferences, and values begin to take shape. At this stage, children may already internalize traditional gender identities, which can become increasingly difficult to challenge over time.

Keywords: epigenetics, neuroscience, early childhood education, gender stereotypes, brain plasticity

Abstract (IT)

A partire dal riconoscimento della natura plastica e relazionale del cervello, ossia della sua capacità di modificarsi mediante le esperienze plasmando le reti neuronali e i processi cognitivi, il contributo indaga, con un approccio interdisciplinare, il rapporto tra neurogenesi cerebrale, pratiche educative e decostruzione degli stereotipi di genere nella scuola dell'infanzia. Significativo è il focus sulle neuroscienze che invita a riflettere sull'importanza dell'educazione nei primi anni di vita quando si avvia quel processo di acquisizione di schemi comportamentali preferenze e valori in grado di consolidare, in bambine e bambini, identità tradizionali difficili da decostruire.

Parole chiave: epigenetica, neuroscienze, scuola dell'infanzia, stereotipi di genere, plasticità cerebrale

1. Introduzione

Il processo di strutturazione dell'identità di genere, l'acquisizione di aspettative e convenzioni socialmente condivise e di informazioni sui ruoli socialmente desiderabili, evidenziano quanto siano importanti i modelli trasmessi a partire dall'infanzia. Le riflessioni condotte sul tema dell'educazione infantile hanno messo in luce l'importanza, a partire proprio da questa fase della vita, di un progetto educativo con finalità chiare e condivise.

La rappresentazione stereotipata dei ruoli femminili e maschili, frutto di secoli di tradizionale divisione delle funzioni sociali, è sempre in agguato: tende a semplificare la complessità della realtà offrendone letture riduttive in grado di rafforzare identità tradizionali difficili da decostruire.

Già nei primi anni di vita, bambine e bambini iniziano ad interiorizzare modelli e aspettative di genere che plasmano in modo profondo la costruzione di sé e la percezione delle proprie competenze (Becchi, 1994; Biemmi, 2017; Biemmi & Leonelli, 2016; Borruso, 2019; Covato & Ulivieri, 2001).

È necessario, pertanto, riservare grande cura alla qualità educativa dei contesti in cui crescono e in particolare alle dinamiche che in essi si attivano potenzialmente costruttive e creative e/o distruttive e regressive.

I ruoli di genere devono infatti essere riconosciuti come prodotto storico, sociale, culturale e politico che necessita di una costante operazione critica di decostruzione per non divenire stereotipo vincolante e limitante le possibilità stesse di espressione e autonomia del soggetto.

A partire dal pensiero greco, la cultura patriarcale, fondata sul predominio maschile nei sistemi filosofici, politici e sociali, ha visto marginalizzare le donne, proprio attraverso l'educazione e i vincoli socialmente istituiti al suo accesso, condizionando la loro relazione con il sapere e la conoscenza soprattutto quello scientifico.

Ancora oggi in tutto il mondo continua a permanere il fenomeno della segregazione formativa e lavorativa che, soprattutto nell'ambito scientifico, diviene per le donne causa di esclusione e autoesclusione.

La percezione sociale diffusa che le discipline più vicine alle scienze naturali siano territorio del maschile, frutto di una tradizione che si rintraccia nella lunga esclusione delle donne dai luoghi di produzione del sapere, si è rafforzata attraverso il consolidarsi di ruoli di genere interni alle società nella distribuzione delle competenze e dei compiti tradotti poi in profili professionali.

Non si tratta dunque soltanto di educare all'uguaglianza di genere si tratta di esplorare il genere come dimensione che ha influito e influisce sull'idea stessa di ciò che preferibile e legittimo studiare.

In questa prospettiva si rende necessario sostenere l'importanza di un'educazione attenta a fornire alle studentesse e agli studenti, già a partire dai primi anni della formazione, lenti critiche necessarie per accostarsi con consapevolezza alla lettura di stereotipi di genere che riguardano in primo luogo proprio i saperi e le discipline.

Come rilevato da Tomasetto et al. (2012), già a partire dai cinque-sei anni le bambine tendono ad associare implicitamente il genere alle discipline: le materie matematico-scientifiche vengono percepite come più adatte ai maschi, mentre quelle linguistico-umanistiche alle femmine.

Tali differenze non derivano da caratteristiche biologiche innate (Hyde & Linn, 2006), ma sono il risultato di modelli educativi e aspettative sociali che condizionano profondamente lo sviluppo individuale.

La credenza, ancora diffusa, che i maschi siano "naturalmente" più portati per la matematica riduce, ad esempio, la fiducia delle bambine nelle proprie capacità, alimentando il fenomeno dello *stereotype threat* (minaccia dello stereotipo) (Steele & Aronson, 1995), ovvero quella situazione in cui la paura di confermare uno stereotipo negativo ne influenza negativamente le prestazioni, che, pertanto, risultano inferiori rispetto alle reali potenzialità possedute (Tomasetto et al., 2011).

Questo meccanismo è una delle principali cause di segregazione formativa (Biemmi & Leonelli, 2016), che fin dalla scuola dell'infanzia orienta le bambine verso percorsi umanistici e i bambini verso ambiti scientifici, contribuendo così a riprodurre le disuguaglianze strutturali presenti nella società.

Queste dinamiche non si limitano solo a condizionare le scelte educative e professionali, ma incidono sulla costruzione dell'identità, modellando la percezione di sé e le possibilità di autorealizzazione. È qui che emerge con forza la responsabilità pedagogica: non basta garantire l'accesso formale all'istruzione, occorre costruire contesti capaci di decostruire stereotipi e di promuovere reali esperienze di emancipazione, valorizzando i talenti individuali al di là delle categorie di genere. Capire quanto le scelte dei soggetti in formazione siano il frutto dell'agire razionale e quanto invece siano influenzate da condizionamenti educativi e culturali è essenziale per comprendere come pregiudizi e stereotipi di genere si riproducano in maniera invisibile e consapevole. È altrettanto fondamentale riconoscere come pratiche e modelli culturali tendono, ancora oggi, a definire e riprodurre opportunità e destini differenziati per uomini e donne.

Le neuroscienze educative, ossia quella parte delle neuroscienze cognitive che provvede allo studio delle problematiche connesse all'istruzione, e l'epigenetica cerebrale, che mette in luce come le esperienze di vita siano in grado di apportare modifiche strutturali e funzionali al cervello agendo direttamente sull'espressione genica, offrono un importante quadro di riferimento per comprendere la profondità e la complessità di questi processi. Gli studi più recenti convergono nell'evidenziare come, nei primi anni di vita, la plasticità neuronale, ossia la capacità del sistema nervoso di modificare in modo relativamente stabile la propria organizzazione strutturale e funzionale in risposta agli stimoli, assuma un ruolo cruciale nello sviluppo umano. In questa fase sensibile, l'interazione dinamica tra patrimonio genetico ed esperienze ambientali contribuisce in maniera decisiva alla costruzione e al funzionamento delle reti neurali (Franklin et al., 2025; Immordino-Yang et al., 2025; Kos et al., 2023; Kundakovic & Tickerhoof, 2024; Speranza et al., 2024). Più nello specifico, la stimolazione precoce agisce come un vero e proprio fattore organizzatore dello sviluppo cerebrale, promuovendo processi quali la sinaptogenesi, il pruning sinaptico e la riorganizzazione dei circuiti neuronali (Frauenfelder, 1994; Pinto Minerva & Gallelli, 2004). Tali meccanismi rappresentano il substrato neurobiologico attraverso cui l'esperienza educativa si traduce in competenze cognitive ed emotive, evidenziando come lo sviluppo emerga da interazioni complesse e bidirezionali tra fattori biologici e ambientali (Fox et al., 2010). Di particolare importanza sono le esperienze interpersonali, soprattutto quelle di natura affettiva, che incidono non solo sullo sviluppo delle capacità cognitive e socio-emotive, ma intervengono anche a livello epigenetico, modulando l'espressione genica attraverso meccanismi di attivazione o di silenziamento (Lam et al., 2012; Penner-Goeke & Binder, 2026).

In questa prospettiva, riconoscere l'intelligenza infantile in quanto risorsa che può essere arricchita e potenziata significa affidare alla scuola dell'infanzia un ruolo cruciale nella costruzione delle conoscenze, delle competenze e delle rappresentazioni sociali, compresi gli schemi di genere.

In questo contesto esperienze di apprendimento significative inserite in ambienti arricchiti e stimolanti, rispettosi dei bisogni individuali, diventano per bambine e bambini un potente catalizzatore dei processi mentali: rafforzano la consapevolezza delle proprie capacità, alimentano curiosità, interessi e aspirazioni, e liberandole e liberandoli dalle costruzioni di genere, aprono alla possibilità di riconoscersi come individui con pari potenzialità.

2. Epigenetica e infanzia in dialogo per ripensare le pratiche educative

A partire dalla seconda metà del Novecento, con l'affermarsi del concetto di cerebralità (*brainhood*) e di soggetto cerebrale, gli studi sull'io e sul cervello trovano un punto di svolta decisivo: il cervello viene riconosciuto come sede originaria e principio costitutivo dell'identità umana. Questa visione si fonda su due assetti teorici principali: da un lato, l'affermarsi di quello che Michael Hagner

definisce *Homo cerebrialis*, cioè il passaggio dalla concezione del cervello come sede dell'anima a quella di centro del sé; dall'altro, l'emergere dell'uomo neuronale di Jean-Pierre Changeux (1985), che ridefinisce l'identità personale a partire dai suoi fondamenti neurobiologici (Rivoltella, 2024).

Il concetto di soggetto cerebrale segna il superamento del dualismo cartesiano, della separazione tra mente e corpo, che per lungo tempo ha marginalizzato la biologia, restituendo una visione unitaria dell'essere umano, poiché è proprio la biologia, soprattutto quella evolutiva, la disciplina fondamentale per lo studio dell'io e dei processi cognitivi.

Lo scopo della ricerca diventa allora comprendere in che modo i cambiamenti nella forma, sia a livello macroscopico, cioè nell'organismo nel suo insieme, sia microscopico, nel cervello, influenzino il comportamento, e come, a sua volta, il comportamento contribuisca a modificare la forma stessa (Edelman, 1992).

Negli anni '90 del Novecento gli studi sul cervello si arricchiscono anche grazie ai contributi della biologia molecolare, dell'anatomia, della genetica, ecc. che offrono un quadro più articolato della conoscenza strutturale e funzionale dell'encefalo, approfondita attraverso la scoperta dei dispositivi biochimici alla base di molti processi mentali.

Il cervello umano e il resto del corpo costituiscono un organismo non dissociabile ... 2) l'organismo interagisce con l'ambiente come un insieme ... 3) i processi fisiologici che noi chiamiamo mente derivano dall'insieme strutturale e funzionale piuttosto che solo dal cervello (Damasio, 1994, p. 24)

In letteratura il rapporto tra neuroscienze ed educazione è descritto con diverse denominazioni: Educational Neuroscience (Geake, 2009), Neuroeducation (Breuer, 1997), Brain-based Education (Caine & Caine, 1995), Neuropedagogy (Danesi, 1988) e Mind, Brain and Education (Battro et al., 2010) che riflettono due tendenze principali, una più orientata alla scienza l'altra alle sue applicazioni educative.

In Italia, la neuropedagogia (o pedagogia neurocognitiva) ha trovato spazio in diverse prospettive. Tra queste la bioeducazione della scuola napoletana di Elisa Frauenfelder, che, basandosi sulla neurobiologia, individua nei processi cerebrali i limiti e le potenzialità dell'educabilità umana, intesa come modulabile ma non completamente modificabile dall'intervento educativo.

Alla condizione imprescindibile della plasticità cerebrale si affianca, con pari rilevanza, quella esperienziale, poiché è attraverso l'esperienza che la plasticità trova espressione concreta, orientando la continua riorganizzazione delle reti neurali e ampliando le possibili risposte dell'individuo al suo ambiente (Frauenfelder, 1983, 1994, 2002).

Ma qual è il substrato neurobiologico di questo cambiamento che, superando una prospettiva deterministica della biologia, apre un nuovo dialogo tra neuroscienze ed educazione? Dalle ricerche in campo epigenetico¹ emerge che il genoma cerebrale viene modulato nella sua espressione da meccanismi epigenetici² che mediano l'influenza dell'ambiente fisico e sociale sul cervello e sull'organismo nel suo insieme: fattori relazionali, affettivi e cognitivi possono, difatti, controllare e modulare l'espressione genica³ a livello cerebrale senza modificare la sequenza di DNA (acido desossiribonucleico), incidendo sulla costruzione e sull'equilibrio delle reti neuronali (Benatti et al., 2024; Lister et al., 2013; Peña et al., 2025; Roth & Sweatt, 2011).

¹ L'epigenetica è una branca della biologia molecolare che studia le mutazioni genetiche e le trasmissioni dei caratteri ereditari non attribuibili direttamente alla sequenza del DNA ossia tutte quelle modifiche e tutti quei cambiamenti che sono in grado di variare il fenotipo di un individuo senza tuttavia alterarne il genotipo.

² I meccanismi epigenetici sono processi che controllano l'attività dei geni senza cambiare la sequenza genetica della molecola di DNA. In pratica, decidono quali geni si accendono o si spengono, in quali cellule e in quali momenti, influenzando lo sviluppo e il funzionamento delle cellule.

³ L'espressione genica è il processo complessivo attraverso il quale l'informazione codificata in un gene è convertita in un fenotipo osservabile.

Tenuto conto che i meccanismi di epigenetici sono influenzati dall'interazione con l'ambiente prende corpo l'ipotesi secondo la quale il processo di metilazione⁴ uno dei più noti meccanismi epigenetici, sia il tramite grazie al quale l'esperienza è in grado di plasmare le sinapsi e che il momento di maggiore sensibilità a tali stimolazioni ambientali corrisponda all'infanzia, periodo in cui il cervello costruisce la sua architettura più profonda (Burns et al., 2018; Zhang et al., 2022)

Da questa prospettiva il cervello emerge come un organo plastico e relazionale capace di riorganizzarsi in risposta agli stimoli ambientali: ogni gesto, ogni parola, ogni attenzione, ogni esperienza, siano esse positive o negative, lasciano tracce, non solo nella memoria, ma nella sua stessa materia, rafforzando, o meno, connessioni, regolando emozioni e aprendo nuove possibilità di crescita.

Anche la strutturazione dell'ambiente educativo e le relazioni che in esso si attivano (docente-allievo; allievo-allievo) possono influenzare direttamente l'espressione genica (Bueno, 2021). A tal proposito Pickersgill (2019) parla di corpo plastico per indicare proprio un corpo che si trasforma attraverso ciò che vive, sente e impara; un approccio biosociale (Combs-Orme, 2013; Youdell, 2017, 2018) in cui l'educazione, la cura e il contesto possono incidere, in profondità, sui processi di sviluppo, di costruzione dell'identità e di adattamento, contribuendo al benessere complessivo dell'individuo.

Le ricerche più recenti (Burns et al., 2018; Zhang et al., 2022, 2023) hanno inoltre confermato che le esperienze vissute nei primi anni di vita – dalle cure genitoriali alla qualità delle relazioni educative, fino alle situazioni di stress o di sostegno emotivo – lasciano vere e proprie impronte biochimiche nel cervello, influenzando la formazione delle sinapsi e i delicati meccanismi che regolano le emozioni. Altri studi (Gabbianelli et al., 2025) hanno inoltre evidenziato come le modificazioni epigenetiche possano perdurare nel tempo e trasmettersi alle generazioni successive.

A partire da tali evidenze prende forma il valore pedagogico dell'epigenetica: comprendere come ogni esperienza lasci un'impronta non solo nella mente, ma anche nel corpo, apre nuove prospettive sul ruolo e sul senso stesso della scuola dell'infanzia.

Il concetto di plasticità cerebrale si lega direttamente a queste evidenze: l'apprendimento non è soltanto acquisizione culturale, ma un processo che modifica l'architettura del cervello, rafforzando o indebolendo connessioni sinaptiche in funzione delle esperienze vissute.

In questa prospettiva, la qualità della relazione educativa e la progettazione didattica non possono essere considerate variabili secondarie: esse partecipano attivamente alla costruzione del soggetto, incidendo sia sul piano simbolico che su quello biologico.

L'infanzia non è, dunque, un semplice passaggio verso l'età adulta, ma un periodo della vita e della formazione pieno di senso, ricco di scoperte e di significati; un tempo in cui il bambino costruisce, passo dopo passo, le basi del proprio modo di sentire, pensare e imparare, ponendo le fondamenta per un apprendimento autentico e duraturo.

2.1 Educare oltre gli stereotipi

La relazione tra la dimensione biologica dei processi cognitivi e le esperienze vissute evidenzia la necessità di elaborare, fin dai primi anni della formazione, modelli formativi integrati, fondati sul riconoscimento del corpo come unità biopsichica e come luogo di incontro tra «materialità fisica ed esperienza della realtà» (Manuzzi, 2006, p. 83).

⁴ La metilazione del DNA cerebrale è un processo epigenetico cruciale per l'apprendimento. Consiste nell'aggiunta di gruppi metilici (CH₃) ad alcune basi del DNA (citosina e guanina, nelle sequenze CpG). Durante la crescita controlla quali geni si attivano o si spengono nelle diverse aree del cervello, guidando la formazione dei neuroni e delle connessioni nervose, contribuendo alla plasticità cerebrale, cioè alla capacità del cervello di adattarsi e modificarsi a partire da sollecitazioni esterne, ambientali. In questo modo, l'esperienza si concretizza come il tramite attraverso cui i geni vengono "letti" e utilizzati, influenzando direttamente l'attività e l'adattamento del cervello.

Fin dall'infanzia, bambine e bambini sono immersi in una molteplicità di esperienze che contribuiscono alla costruzione della propria identità e del proprio modo di conoscere; ma se è vero che le esperienze di apprendimento precoci lasciano delle impronte nel cervello tanto importanti da poter orientare in modo significativo tutte le scelte successive, occorre quindi chiedersi in che misura queste impronte agiscano orientando o limitando le scelte di nuove opportunità e orizzonti di possibilità (Fabbri, 2006).

Questo è particolarmente importante nelle discipline STEM (Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica), ancora oggi percepite come ambiti maschili: interiorizzare l'idea che le bambine siano *meno portate* per le materie scientifiche, non solo non incoraggia adeguatamente certe abilità, ma genera delle percezioni che possono consolidarsi nel tempo, modellando traiettorie cognitive e affettive che restringono le possibilità di crescita e di apprendimento (Buccini, 2020; Marone & Buccini, 2022; Lopez, 2015).

Esperienze scientifiche ben strutturate già a partire dalla scuola dell'infanzia, in un clima libero da pregiudizi, permettono di intervenire, precocemente, sulle basi culturali e simboliche che alimentano le discriminazioni di genere (Buccini, 2023). Tali esperienze possono concretizzarsi, ad esempio, in attività di esplorazione e osservazione del mondo naturale, attraverso la raccolta, la classificazione e la rielaborazione di materiali (foglie, acqua, terra), nonché in semplici esperimenti su fenomeni fisici di base, quali il galleggiamento, le trasformazioni della materia o le variazioni di stato. A queste si possono affiancare attività di coding e prime esperienze di robotica educativa, che contribuiscono allo sviluppo del pensiero computazionale in un'ottica ludica e cooperativa. Studi più recenti evidenziano come l'introduzione precoce di tali esperienze basate sull'esplorazione attiva e sull'indagine incida sulle rappresentazioni che bambine e bambini costruiscono rispetto alle discipline scientifiche, influenzando il loro senso di autoefficacia (González-González et al., 2022; McGuire et al., 2020; Wahyuningsih et al., 2020).

L'orientamento di genere alle scienze dovrebbe, dunque, partire dalla decostruzione di quegli abiti mentali che, agendo sulla percezione di autoefficacia, rafforzano nelle bambine e nelle ragazze una visione di sé come non adeguate a ricoprire ruoli tradizionalmente maschili.

Risulta pertanto fondamentale promuovere, fin dalle prime fasi del percorso formativo, una consapevolezza critica dei ruoli e delle differenze, accompagnata dal sostegno alle capacità individuali, al fine di contrastare gli stereotipi che ancora ostacolano la piena espressione della soggettività.

Prevenire la segregazione formativa non è semplice, ma è possibile: è nella progettazione intenzionale di situazioni di apprendimento che si rintraccia il potenziale trasformativo capace di incidere sulle rappresentazioni sociali della conoscenza scientifica.

3. Conclusioni

La promozione dell'uguaglianza di genere rappresenta un principio fondativo della progettazione didattica in quanto ogni scelta educativa, dall'organizzazione degli spazi alla selezione dei materiali, fino alla cura delle esperienze quotidiane, contribuisce a modellare le traiettorie di sviluppo e a sostenere la costruzione dell'identità personale.

Le esperienze precoci, mediate dall'interazione con l'ambiente e con i sistemi simbolico-culturali, costituiscono il terreno entro cui si strutturano conoscenze, credenze e atteggiamenti.

Attraverso processi di assimilazione e accomodamento, i bambini e le bambine interiorizzano modelli interpretativi della realtà che, se non adeguatamente problematizzati, possono tradursi in rappresentazioni stereotipate, anche in relazione al genere.

In questo senso, le esperienze educative non sono mai neutre, ma contribuiscono attivamente a orientare le modalità con cui i soggetti percepiscono le proprie possibilità di azione e di sviluppo.

Le stimolazioni offerte nella scuola dell'infanzia rappresentano una condizione fondamentale per l'avvio dei processi apprenditivi: esse non determinano esiti definitivi, né conducono a una piena consapevolezza delle proprie potenzialità, ma pongono le basi affinché tale consapevolezza possa svilupparsi progressivamente nel tempo. È proprio nella qualità e nella natura di queste esperienze precoci che si gioca una parte significativa della possibilità di contrastare, o al contrario rafforzare, gli stereotipi di genere.

È evidente, dunque, come le stimolazioni potenziali rappresentino una grande occasione per il processo apprenditivo che si realizza quando il soggetto assume una presa di coscienza delle proprie potenzialità ma anche la piena consapevolezza della realtà esterna che lo circonda.

Alla luce delle riflessioni riportate, emerge dunque la necessità di un'azione educativa consapevole e continuativa in grado di agire, fin dai primi anni della formazione, non solo sul curricolo esplicito, ma anche su quello implicito. Intervenire nella scuola dell'infanzia non significa determinare in modo lineare gli esiti dello sviluppo, ma contribuire a costruire le condizioni educative e culturali entro cui bambine e bambini possano, nel tempo, riconoscersi come soggetti liberi di esplorare, apprendere e progettare il proprio percorso al di là dei vincoli imposti dagli stereotipi di genere.

Diventa quindi fondamentale promuovere ambienti di apprendimento in cui la varietà delle proposte, la qualità delle interazioni e la riflessività dell'azione educativa contribuiscano a contrastare precocemente la formazione di rappresentazioni stereotipate, ampliando le possibilità di accesso ai diversi ambiti del sapere.

Riferimenti bibliografici

- Barreto-Zarza, F., & Arranz-Freijo, E. B. (2022). Family context, parenting and child development: an epigenetic approach. *Social Sciences*, 11(3), 113. <https://doi.org/10.3390/socsci11030113>
- Battro, A. M., Fischer, K. W., & Léna, P. J. (2010). *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation*. Cambridge University Press.
- Becchi, E. (1994). *I bambini nella storia*. Laterza.
- Benatti, B. M., Adiletta, A., Sgadò, P., Malgaroli, A., Ferro, M., & Lamanna, J. (2024). Epigenetic modifications and neuroplasticity in the pathogenesis of depression: a focus on early life stress. *Behavioral Sciences*, 14(10), 882. <https://doi.org/10.3390/bs14100882>
- Biemmi, I. (2017). *Educazione sessista. Stereotipi di genere nei libri delle elementari*. Rosenberg & Sellier.
- Biemmi, I., & Leonelli, S. (2016). *Segregazioni formative e lavoro*. FrancoAngeli.
- Borruso, F. (2019). *Infanzie: percorsi storico-educativi fra immaginario e realtà*. FrancoAngeli.
- Breuer, J. T. (1997). Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher*, 26, 4–16.
- Buccini, F. (2020). L'educazione di genere tra teoria e prassi: itinerari di ricerca per l'infanzia. *Education Sciences & Society*, 2, 355–366.
- Buccini, F. (2023). *Genere e STEM: una prospettiva bioeducativa*. Pensa Multimedia.
- Burns, S. B., Almeida, D., & Turecki, G. (2018). The epigenetics of early life adversity: current limitations and possible solutions. *Progress in molecular biology and translational science*, 157, 343–425. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2018.01.008>
- Caine, G., & Caine R. N. (1995). Re-inventing schools through brain-based learning. *Educational Leadership*, 52(7), 43–47.
- Changeux, J. P. (1998). *L'uomo neuronale* (C. Sughì, Trad.) Feltrinelli Editore. (Originariamente pubblicato nel 1983).
- Combs-Orme, T. (2013). Epigenetics and the social work imperative. *Social Work Research*, 37(3), 211–222. <https://doi.org/10.1093/sw/sws052>

- Covato, C., & Ulivieri, S. (2001). *Itinerari nella storia dell'infanzia. Bambine e bambini, modelli pedagogici e stili educativi*. Unicopli.
- Damasio, A. (1994). *Insegnare con i concetti. Un modello didattico tra scienza e insegnamento*. Sei.
- Danesi, M. (1988). *Cervello, linguaggio, educazione*. Bulzoni.
- Edelman, G. M. (1993). *Sulla materia della mente* (S. Frediani, Trad.). Adelphi. (Originariamente pubblicato nel 1992).
- Fabbri, M. (2006). I giorni del cambiamento. Imprintin, plasticità cerebrale e ristrutturazione dell'esperienza formativa. In M. Contini, M. Fabbri, & P. Manuzzi (Eds). *Non di solo cervello. Educare alle connessioni mente-corpo-significati-contesti* (pp. 125-197). Raffaello Cortina.
- Fox, S. E., Levitt, P., & Nelson III, C. A. (2010). How the timing and quality of early experiences influence the development of brain architecture. *Child development*, 81(1), 28–40. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01380.x>
- Franklin, A., Davies, J. P., Clifton, N. E., Blake, G. E., Bamford, R., Walker, E. M., & Prabhakar, S. (2025). Cell-type-specific DNA methylation dynamics in the prenatal and postnatal human cortex. *Cel Genomics*, 5(12), 101010. <https://doi.org/10.1016/j.xgen.2025.101010>
- Frauenfelder, E. (1983). *La prospettiva educativa tra biologia e cultura*. Liguori.
- Frauenfelder, E. (1994). *Pedagogia e biologia. Una possibile alleanza*. Liguori.
- Frauenfelder, E., & Santoianni, F. (2002). *Le scienze bioeducative. Prospettive di ricerca*. Liguori.
- Gabbianelli, R. (2025). Impact of social stress on epigenetics: an updated narrative review. *Journal of Laboratory and Precision Medicine*, 10, 14. DOI: 10.21037/jlpm-25-4
- Gallelli, R., & Pinto Minerva, F. (2004). *Pedagogia e post-umano. Ibridazioni identitarie e frontiere del possibile*. Carocci.
- Geake, J. (2009). *The brain at school: Educational neuroscience in the classroom: Educational neuroscience in the classroom*. McGraw-Hill Education (UK).
- González-González, C. S., Violant-Holz, V., & del Castillo-Olivares Barberán, J. M. (2022). *Gender roles and gender stereotypes in childhood education: A pilot study*. [Relazione a convegno]. Proceedings of the International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (pp. 448–454). Springer.
- Hyde, J. S., & Linn, M. C. (2006). Gender similarities in mathematics and science. *Science*, 314(5799), 599–600.
- Immordino-Yang, M. H., Darling-Hammond, L., & Krone, C. R. (2019). Nurturing Nature: How Brain Development Is Inherently Social and Emotional, and What This Means for Education. *Educational Psychologist*, 54(3), 185–204.
- Kos, A., Lopez, J. P., Bordes, J., De Donno, C., Dine, J., Brivio, E., & Chen, A. (2023). Early life adversity shapes social subordination and cell type-specific transcriptomic patterning in the ventral hippocampus. *Science Advances*, 9(48), eadj3793. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adj3793>
- Kundakovic, M., & Tickerhoof, M. (2024). Epigenetic mechanisms underlying sex differences in the brain and behavior. *Trends in neurosciences*, 47(1), 18–35. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2023.09.007>
- Lam, L. L., Emberly, E., Fraser, H. B., Neumann, S. M., Chen, E., Miller, G. E., & Kobor, M. S. (2012). Factors underlying variable DNA methylation in a human community cohort. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(supplement_2), 17253–17260. <https://doi.org/10.1073/pnas.1121249109>
- Lister, R., Mukamel, E. A., Nery, J. R., Urich, M., Puddifoot, C. A., Johnson, N. D., & Ecker, J. R. (2013). Global epigenomic reconfiguration during mammalian brain development. *Science*, 341(6146), 1237905. <https://doi.org/10.1126/science.1237905>
- Lopez, A. G. (2015). *Scienza, genere, educazione*. FrancoAngeli.
- Manuzzi, P. (2006). Il corpo, l'invisibile presenza. In M. Contini, M. Fabbri, & P. Manuzzi (Eds). *Non di solo cervello. Educare alle connessioni mente-corpo-significati-contesti* (pp. 63–124). Raffaello Cortina.
- Marone, F., & Buccini, F. (2022). Nuove disuguaglianze nell'era contemporanea: ragazze e STEM. *Education Sciences & Society*, 1, 170–184.

- McGuire, L., Mulvey, K. L., Goff, E., Irvin, M. J., Winterbottom, M., Fields, G. E., & Rutland, A. (2020). STEM gender stereotypes from early childhood through adolescence at informal science centers. *Journal of applied developmental psychology, 67*, 101109. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2020.101109>
- Nelson, C. A., Fox, N. A., & Zeanah, C. H. (2014). *Romania's abandoned children: Deprivation, brain development, and the struggle for recovery*. Harvard University Press.
- Peña, C. J. (2026). Epigenetic regulation of brain development, plasticity, and response to early-life stress. *Neuropsychopharmacology, 51*, 5–15. <https://doi.org/10.1038/s41386-025-02179-z>
- Penner-Goeke, S., & Binder, E. B. (2026). Unraveling the interaction between stress and genetic risk in psychiatric disorders: Challenges, mechanisms, and new advances. *Neuron*. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2026.02.014>
- Pickersgill, M. (2020). Epigenetics, education, and the plastic body: Changing concepts and new engagements. *Research in Education, 107*(1), 72–83. <https://doi.org/10.1177/0034523719867102>
- Rivoltella, P. C. (2024). *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*. Raffaello Cortina Editore.
- Roth, T. L., & Sweatt, D. J. (2011). Annual research review: epigenetic mechanisms and environmental shaping of the brain during sensitive periods of development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 52*(4), 398–408. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02282.x>
- Speranza, L., Filiz, K. D., Lippiello, P., Ferraro, M. G., Pascarella, S., Miniaci, M. C., & Volpicelli, F. (2024). Enduring neurobiological consequences of early-life stress: Insights from rodent behavioral paradigms. *Biomedicines, 12*(9), 1978. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12091978>
- Steele, C. M., & Aronson, J. (1995). Stereotype threat and the intellectual test performance of African Americans. *Journal of personality and social psychology, 69*(5), 797.
- Tomasetto, C., Galdi, S., & Cadinu, M. (2012). Quando l'implicito precede l'esplicito: gli stereotipi di genere sulla matematica in bambine e bambini di 6 anni. *Psicologia sociale, 7*(2), 169–186.
- Wahyuningsih, S., Nurjanah, N. E., Rasmani, U. E. E., Hafidah, R., Pudyaningtyas, A. R., & Syamsuddin, M. M. (2020). STEAM learning in early childhood education: A literature review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education, 4*(1), 33–44. <https://doi.org/10.1108/08876040210443391>
- Youdell, D. (2017). Bioscience and the sociology of education: The case for biosocial education. *British Journal of Sociology of Education, 38*(8), 1273–1287. <https://doi.org/10.1080/01425692.2016.1272406>
- Youdell, D. (2018). Genetics, epigenetics and social justice in education: Learning as a complex biosocial phenomenon. In M. Meloni, J. Cromby, D. Fitzgerald, & S. Lloyd (Eds). *The Palgrave handbook of biology and society* (pp. 295–315). Palgrave Macmillan UK.
- Zhang, L., Rath, E. M., & Cheng, Y. Y. (2022). The Use of Epigenetic Biomarkers as Diagnostic and Therapeutic Options. *Epigenomes, 6*(4), 30. <https://doi.org/10.3390/epigenomes6040030>



© 2026 by the Author(s)

double blind peer review



Citation: Buccini, F. (2026). Epigenetica, neuroscienze e processi educativi: il valore formativo della scuola dell'infanzia nella decostruzione degli stereotipi di genere. *Lifelong Lifewide Learning, 24*(48), 267–275. <https://doi.org/10.19241/lll.v24i48.1115>

Corresponding author: Francesca Buccini | francesca.buccini@unina.it

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of interest: The author declares no conflicts of interest.