

Dynamics of emotions during an inquiry-based activity in experimental science education

Dinamica delle emozioni durante un'attività di indagine in didattica delle scienze sperimentali

Federico Agen^a, Claudia Andreini^b, Rafael Campillos^c, Angel Ezquerra^d

^a *Teaching and Learning Center, Università di Firenze, federico.agen@unifi.it*

^b *Teaching and Learning Center, Università di Firenze, claudia.andreini@unifi.it*

^c *Universidad Complutense de Madrid, rcampillos@ucm.es*

^d *Universidad Complutense de Madrid, angelezq@ucm.es*

Abstract

This study investigates the dynamics of emotions among pre-service science teachers during an Inquiry-Based Learning (IBL) activity. Participants, divided into Observers and Observed, reported the emotions experienced, the phases of the scientific method, and the activation levels of the Observed through an online form. The results indicate that the most frequently reported emotions were enjoyment, confusion, frustration, and satisfaction, following a characteristic sequence typical of this kind of activity. The inquiry phases showed a progression consistent with the cognitive demands of each stage. Attention and engagement consistently reflected high levels of activation, peaking at the beginning of the activity. These findings highlight the crucial role of both positive and negative emotions in learning processes and emphasize the importance of incorporating emotional awareness and regulation into teacher education programs.

Keywords: emotions; Inquiry-Based Learning; future teachers' education.

Sintesi

Questo studio esamina la dinamica delle emozioni di futuri insegnanti durante un'attività di apprendimento basata sull'indagine (IBL). I partecipanti, suddivisi in Osservatori e Osservati, hanno riportato le emozioni, le fasi del metodo scientifico e i livelli di attivazione degli Osservati tramite un modulo online. I risultati hanno mostrato che le emozioni più frequenti sono state Divertimento, Confusione, Frustrazione e Soddisfazione con una sequenza caratteristica per un'attività di questo tipo. Le fasi del metodo hanno mostrato una progressione coerente con le richieste cognitive di ciascun momento. L'attenzione e il coinvolgimento hanno indicato livelli elevati di attivazione, con un picco nelle fasi iniziali dell'attività. I risultati confermano il ruolo cruciale delle emozioni, sia positive che negative, nei processi di apprendimento e sottolineano l'importanza di integrare la consapevolezza e la regolazione emotiva nei programmi di formazione degli insegnanti.

Parole chiave: emozioni; didattica basata sull'indagine; formazione docenti.

1. Introduzione

Oggigiorno è fondamentale avere consapevolezza che la classe è un ambiente complesso, nel quale studenti e insegnanti sperimentano un'ampia gamma di emozioni, sia positive che negative (Borrachero et al., 2015; Brígido et al., 2010; Costillo et al., 2013; Mellado et al., 2014). Contributi significativi alla comprensione del ruolo delle emozioni nei processi di apprendimento provengono dagli studi sull'intelligenza emotiva. I lavori pionieristici di Salovey e Mayer (1990) introdussero originariamente il termine, definendolo come la capacità di osservare e comprendere i propri sentimenti e quelli altrui, discriminare tra emozioni differenti e utilizzare tali informazioni per orientare il pensiero e le azioni. Il concetto fu successivamente ampliato e reso noto da Daniel Goleman (1995), che ne mise in relazione i processi e gli effetti con il rendimento educativo e l'apprendimento. Goleman estese inoltre la definizione di intelligenza emotiva alla gestione consapevole delle proprie emozioni e alla capacità di influenzare quelle degli altri. Questo insieme di conoscenze, abilità e atteggiamenti necessari per comprendere, esprimere e regolare in modo appropriato i fenomeni emotivi è stato successivamente definito da Bisquerra (2003) come competenza emotiva. Secondo Bisquerra e Pérez (2007), gli apprendimenti accademici risultano più efficaci quando gli studenti possiedono adeguate competenze emotive. In linea con tali evidenze, Extremera e Fernández-Berrocal (2004) hanno dimostrato empiricamente che lo sviluppo delle competenze emotive incide direttamente sul rendimento scolastico, sulla salute mentale e sul benessere personale degli studenti. Come sottolinea Hargreaves (1998), le emozioni svolgono una funzione cruciale nel processo di apprendimento, poiché l'interpretazione emotiva che ciascun individuo costruisce della propria realtà facilita la comprensione dei concetti, delle relazioni e del contesto sociale. Si riconosce oggi che la dimensione cognitiva e quella affettiva si influenzano reciprocamente: la prima modella l'altra, e viceversa, determinando un'interazione dinamica essenziale nei processi di costruzione della conoscenza.

Le emozioni modulano l'apprendimento (Marcos-Merino et al., 2021) influenzando l'attenzione, la memoria, il recupero delle informazioni, la risoluzione dei problemi, l'autodisciplina, l'autoregolazione, le strategie di studio e i risultati accademici (Barrett, 2016; Rebollo-Catalán et al., 2014). Di conseguenza, la gestione delle emozioni assume un ruolo centrale nel processo di insegnamento-apprendimento, sia per i docenti che per gli studenti, i quali necessitano di tale competenza per sviluppare un apprendimento profondo nelle scienze sperimentali. Tuttavia, la maggior parte delle pratiche didattiche in aula si concentra principalmente sugli aspetti cognitivi dei contenuti di apprendimento. Questo comporta che si trascurino i diversi stati affettivi, le conoscenze pregresse con le loro concezioni alternative, gli stili di apprendimento, le conoscenze epistemologiche e le capacità di ragionamento di ciascun studente. È inoltre necessario considerare che il cambiamento concettuale, evento cardine dell'apprendimento profondo, costituisce un'esperienza altamente personale, legata ai bisogni, agli obiettivi, alle abilità e ai valori di ciascun discente (D'Mello et al., 2014; Mellado et al., 2014).

L'uso da parte dei docenti di linguaggi emotivi positivi e pro-sociali esercita un'influenza significativa sul comportamento proattivo degli studenti, rafforzando la loro autoefficacia e facilitando un ambiente di apprendimento più inclusivo ed efficace (Savekar et al., 2021). Per questa ragione, è essenziale che gli insegnanti siano consapevoli delle emozioni coinvolte nel contesto educativo, al fine di regolarle adeguatamente in funzione delle diverse fasi dell'attività didattica (Larruzea-Urkixo et al., 2020). In questo modo, essi

possono favorire emozioni positive nei confronti delle discipline scientifiche e contrastare le emozioni negative che potrebbero emergere nel corso della carriera scolastica degli studenti (Costillo et al., 2013; Mellado et al., 2014). Tuttavia, va sottolineato che le conoscenze sulle interazioni tra emozioni e attività di apprendimento in aula, così come il ruolo della componente affettiva nella pratica dell'insegnamento, risultano ancora limitate (Harley et al., 2019; Vilhunen et al., 2021). Per questo motivo, la ricerca in ambito educativo deve considerare la diversità emotiva, prendendo in esame tutte le possibili emozioni sperimentate sia dagli insegnanti che dagli studenti (Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2014). La ricerca sulle emozioni è divenuta, inoltre, un ambito di studio rilevante anche all'interno delle didattiche disciplinari specifiche (Vázquez & Manassero, 2007), in particolare nel campo della didattica delle scienze naturali le emozioni rappresentano fattori determinanti per l'apprendimento significativo. Come evidenziano Borrachero, Mellado e Cañada (2014), risulta fondamentale integrare la dimensione emotiva nella didattica scientifica per migliorare la qualità dell'apprendimento e, come proposto in altri studi (Ezquerria et al., 2022), nella formazione degli insegnanti, affinché essi possano sviluppare consapevolezza e competenze di regolazione emotiva utili alla gestione delle dinamiche affettive nei contesti educativi.

Negli ultimi anni, contributi significativi alla comprensione della dinamica dell'apprendimento complesso sono stati forniti dalla Teoria del Controllo e del Valore di Pekrun (2006) e dal modello delle dinamiche emotive di Graesser (D'Mello & Graesser, 2014; Graesser, 2020), (Artino et al., 2012; Loderer et al., 2019). Questi quadri teorici permettono di individuare regolarità nella gestione delle emozioni durante il processo di insegnamento-apprendimento, identificando schemi caratteristici di come un evento possa innescare una dinamica di emozioni discrete. Inoltre, viene riconosciuto che la relazione tra apprendimento ed emozione è situata e personale, e che il contesto modula profondamente i processi cognitivi e motivazionali (Pekrun & Goetz, 2023).

Entrambe queste teorie si centrano sulle emozioni accademiche, in particolare sulle emozioni epistemiche, che caratterizzano situazioni di apprendimento attivo in cui gli studenti costruiscono conoscenza attraverso l'esperienza diretta (van Uum et al., 2016). Durante un'attività per indagine, uno studente può imbattersi in informazioni inaspettate, incongruenze tra le conoscenze pregresse e nuove evidenze, generando stati di confusione che giocano un ruolo centrale nella dinamica emotiva del processo di apprendimento. Queste situazioni di apprendimento complesso o contraddittorio includono anche altre tipiche emozioni epistemiche, tra queste risaltano la sorpresa, la curiosità, il divertimento, la soddisfazione, la frustrazione e la noia (D'Mello & Graesser, 2012; D'Mello et al., 2014; Harley et al., 2017; Lehman et al., 2012; Pekrun, 2017; Pekrun et al., 2017; Vogl et al., 2020). Il susseguirsi di tali emozioni deriva da processi valutativi orientati a comprendere quanto le nuove informazioni si integrino con le strutture di conoscenza preesistenti o generino dissonanza cognitiva (D'Mello & Graesser, 2014; Pekrun & Stephens, 2012; Silvia, 2010). Questo processo tende a determinare la sorpresa iniziale, che può portare ad uno stato di confusione nello sforzo di riuscire a risolvere il problema. Successivamente, se si superano le difficoltà, si può raggiungere uno stato dove l'emozione principale può essere rappresentata dalla soddisfazione. Nel caso invece in cui non si riesca a risolvere il problema affrontato, è possibile che subentri uno stato di frustrazione. Questa emozione negativa, tuttavia, con un ulteriore sforzo dello studente o con il supporto di un compagno (peer tutoring) o del docente (scaffolding), può essere ricondotta ad una situazione per cercare di risolvere il problema, generando nuovamente confusione nell'ulteriore tentativo di comprendere gli eventi, riattivando il ciclo emotivo e favorendo la comprensione. In assenza di tale regolazione, però, la frustrazione può degenerare in noia e disimpegno,

aumentando il rischio di abbandono scolastico. Questo processo, nel suo complesso, può essere rappresentato come la dinamica delle emozioni coinvolte nel processo di apprendimento profondo (Graesser, 2020).

In questa transizione emotiva, il coinvolgimento (engagement) può essere descritto come un'emozione discreta. Ad esempio, Mellado e collaboratori (2017) lo includono in un elenco di emozioni sociali. Tuttavia D'Mello, Dieterle e Duckworth (2017) sottolineano che una definizione scientifica del coinvolgimento rimane ancora difficile da raggiungere e che il termine è stato utilizzato per descrivere una varietà di comportamenti, pensieri, percezioni, sentimenti e atteggiamenti. Allo stesso tempo, diversi autori hanno impiegato termini differenti per riferirsi a costruzioni simili. Il coinvolgimento, nel tentativo di definirlo con maggiore precisione, pur lasciando il termine aperto all'interpretazione del lettore nel suo significato assoluto, è spesso accompagnato da vari aggettivi: emotivo, cognitivo, motivazionale, comportamentale, socio-comportamentale e cognitivo-comportamentale (Fredricks et al., 2004). Inoltre, troviamo il coinvolgimento-agente, definito come il contributo costruttivo degli studenti al flusso dell'istruzione che ricevono (Reeve & Tseng, 2011).

Tra gli stati affettivi che si riscontrano in un'attività didattica sperimentale di apprendimento basato sull'indagine (IBL, Inquiry-Based Learning) è possibile inoltre includere l'*attenzione*, che può essere descritta come una dinamica antitetica rispetto al divagare della mente (Metcalf et al., 2020). L'attenzione è legata alla sfera cognitiva (Plass et al., 2019), ma anche all'affettività, che può influenzarla o, a sua volta, esserne condizionata (D'Mello & Graesser, 2012). L'attenzione si attiva in presenza di uno specifico stato emotivo ed è un elemento imprescindibile per l'apprendimento (Bueno, 2017). Un clima emotivo positivo motiva, aumenta l'attenzione, migliora la qualità socio-affettiva del gruppo, genera soddisfazione e favorisce un maggiore coinvolgimento e disponibilità all'apprendimento (Sáenz-López et al., 2021). Al contrario, è stato dimostrato che l'ansia può ridurre la capacità di attenzione e memoria (Pascual-Leone et al., 2019). Tuttavia risulta ancora complesso operare una corretta classificazione dell'attenzione. Dobbiamo considerare, però, che lo stesso vale per la confusione e il coinvolgimento, che tradizionalmente vengono classificate in modi diversi, talvolta come emozioni o come stati affettivi distinti. È stato dimostrato che entrambe le emozioni, così come le altre descritte, comportano componenti affettive, attivazione fisiologica, impulsi motivazionali e schemi specifici di espressione facciale (Pekrun et al., 2017). Nell'ambito della didattica delle scienze sperimentali, stati affettivi quali l'attenzione e il coinvolgimento possono essere considerati indicatori di attivazione particolarmente significativi per comprendere il livello di partecipazione e di investimento cognitivo degli studenti.

Le emozioni epistemiche possono essere considerate categorie discrete, tuttavia è possibile descrivere l'esperienza emotiva anche attraverso modelli dimensionali, basati su un numero ridotto di dimensioni fondamentali, come valenza e attivazione (Russell, 1980). La valenza indica la caratteristica positiva o negativa (piacere/dispiacere) di un'esperienza emotiva, mentre l'attivazione rappresenta il grado di eccitazione (arousal) associato a tale esperienza (Plass et al., 2019). Tuttavia, dobbiamo considerare che l'attivazione fisiologica e quella cognitiva non sempre coincidono (Knörzer et al., 2016). In questo senso, la *Teoria del Controllo e del Valore* di Pekrun (2006) evidenzia l'importanza della dimensione cognitiva, sottolineando che le valutazioni individuali di controllo e valore influenzano il tipo di risposta emotiva generata. Queste valutazioni portano a considerare che probabilmente sarebbe più opportuno valutare l'attivazione cognitiva, piuttosto che quella fisiologica, come indicatore del tipo di effetto che un'emozione può determinare nel

processo di apprendimento, poiché essa riflette la capacità dell'individuo di mobilitare le proprie risorse per raggiungere l'obiettivo desiderato.

In questa prospettiva, il modello dimensionale può contribuire a spiegare con maggiore dettaglio la complessità delle sensazioni affettive che accompagnano l'apprendimento (Loderer et al., 2019), aiutando a chiarire le apparenti ambiguità tra emozioni che possono sovrapporsi o apparire contraddittorie. Riguardo alla relazione tra valenza ed attivazione, Kuppens e collaboratori (2013) osservano che la relazione tra le due dimensioni a livello nomotetico non è lineare, ma piuttosto debole e probabilistica. In media è probabile osservare un maggiore piacere o un maggiore dispiacere in combinazione con una maggiore attivazione, ma in linea di principio tutte le combinazioni possibili di valenza e attivazione possono verificarsi. A livello idiografico le evidenze suggeriscono grandi differenze nella relazione valenza-attivazione, dipendenti dall'apprendimento, dalla storia di rinforzo e di supporto nello studio di un individuo, dai suoi antecedenti culturali, dalla personalità. Di fatto, a questo punto, non si vedono limiti alla forma che questa relazione può assumere per un singolo individuo. Per questo motivo, si sottolinea la necessità di descrivere l'esperienza affettiva considerando valenza ed attivazione come dimensioni indipendenti, valutando così tutte le possibili combinazioni tra emozioni discrete e le loro coordinate dimensionali.

La situazione più semplice da prendere in considerazione è quando incontriamo emozioni positive attivanti e negative disattivanti. Le prime, come la sorpresa e la curiosità, possono mobilitare energia e motivazione verso l'apprendimento; la capacità di gestire situazioni complesse o di raggiungere risultati attesi può inoltre generare orgoglio e speranza, migliorando il processo di apprendimento. Le emozioni negative disattivanti, invece, come frustrazione, noia o disperazione, spesso conseguenti a ripetuti fallimenti, riducono la motivazione e possono portare alla decisione di interrompere il compito (Loderer et al., 2019). Va infine ricordato che le emozioni possono svolgere un ruolo ambivalente: le emozioni positive, infatti, possono talvolta risultare disattivanti, mentre quelle negative possono essere attivanti. In un modello dimensionale che considera valenza e livello di attivazione, le emozioni discrete positive si collocano nella metà della dimensione a valenza positiva, ma possono variare lungo l'asse dell'attivazione, risultando quindi più o meno attivanti. Analogamente, le emozioni negative si situano nella metà della dimensione a valenza negativa, ma anch'esse possono variare in modo analogo lungo la dimensione dell'attivazione.

Conseguentemente le emozioni con valenza positiva possono essere disattivanti a seconda delle circostanze. Ad esempio, il divertimento può ridurre il livello di attenzione durante l'esecuzione di un compito; analogamente, emozioni come la soddisfazione o il sollievo successivi a un successo inaspettato possono indurre una momentanea interruzione dell'impegno. Tuttavia, nel lungo periodo, tali emozioni sono generalmente associate a esiti positivi, poiché contribuiscono a generare fiducia in sé stessi, favoriscono il miglioramento e aumentano la motivazione all'apprendimento, mostrando quindi una dimensione attivante (Baker et al., 2010).

Le emozioni negative, come ad esempio ansia e vergogna, possono essere disattivanti e ridurre la motivazione intrinseca all'apprendimento, comportando anche una rinuncia a completare un'attività didattica. Tuttavia, se mantenute a livelli moderati, possono indurre lo studente ad un ulteriore tentativo per risolvere il problema per ridurre il proprio stato di disagio. In questo caso, l'ansia, la vergogna o la frustrazione diventano motori di motivazione estrinseca, in quanto capaci di generare una maggiore impegno per prevenire futuri fallimenti. Anche la rabbia e l'invidia possono spingere a studiare di più per ottenere

risultati migliori rispetto ai compagni, inducendo comportamenti competitivi, che se canalizzati in modo costruttivo possono portare a successi. In questo caso pur restando emozioni negative la loro azione risulta attivante. Mentre l'incapacità di gestirle adeguatamente può portare al disimpegno, alla rinuncia e alla disperazione, configurando una dimensione ovviamente disattivante (Loderer et al. 2019).

Come illustrato da questi esempi, una stessa emozione può determinare una risposta comportamentale attivante o disattivante, variando in funzione delle caratteristiche individuali e del momento specifico dell'attività in cui si manifesta. Ciò evidenzia l'importanza non solo di osservare quali emozioni accompagnano un'attività didattica, ma anche di analizzarne la dinamica nel corso della stessa.

Considerando questa base teorica, lo scopo di questo studio è analizzare come le emozioni emergano e si evolvano durante un'attività sperimentale di indagine scientifica, focalizzandosi su due quesiti specifici:

1. Come varia la dinamica delle emozioni in relazione alle diverse fasi del metodo scientifico in un'attività didattica sperimentale basata sull'indagine?
2. Come varia l'attivazione durante tale attività?

2. Metodologia

La raccolta di dati relativi alle emozioni che emergono durante un'attività didattica consente di comprendere meglio le differenze individuali e di rendere più evidenti le dinamiche affettive che accompagnano il processo di apprendimento. Le principali modalità per rilevare le emozioni di una persona consistono nel chiedere direttamente al soggetto di riferirle oppure nel dedurle in modo indiretto. In ambito educativo, la ricerca si avvale generalmente di metodi dichiarativi, osservazionali o di approcci misti (Azari et al., 2020; Harley et al., 2019; Loderer et al., 2019; Pekrun, 2006). Tali metodologie permettono di raccogliere dati in modo rapido, economico e flessibile (Ochoa de Alda et al., 2019; Todd et al., 2020), pur presentando alcune limitazioni intrinseche legate, ad esempio, alla soggettività delle risposte o alla difficoltà di cogliere l'intera complessità del vissuto emotivo.

Nel caso delle metodologie dichiarative, i dati vengono raccolti tramite interviste o questionari, che permettono di ottenere informazioni direttamente da chi sta vivendo l'esperienza emotiva. Tuttavia, questi strumenti risultano spesso difficili da costruire, le risposte possono essere influenzate da pregiudizi personali, desiderabilità sociale o distorsioni inconsapevoli, dovute alla difficoltà di verbalizzare con precisione ciò che si prova. Questo perché non è detto che una persona sia in grado di esprimere correttamente ciò che realmente prova o, anche se ne è capace, che voglia effettivamente farlo (Izard, 2009; Pekrun, 2006).

Nel caso delle metodologie osservazionali, si cerca di dedurre le emozioni espresse da un individuo basandosi sull'inferenza delle emozioni a partire da comportamenti osservabili. Ad esempio, quando vediamo qualcuno sorridere, tendiamo a dedurre che sia contento. Questo implica un'inferenza inversa, ovvero un tentativo di valutare uno stato interno di un'altra persona a cui, in realtà, non abbiamo accesso diretto (Barrett et al., 2019). Ciò comporta diverse difficoltà. Per esempio, l'osservatore potrebbe registrare solo i cambiamenti emotivi più evidenti manifestati dall'individuo, trascurando altri più sottili che, nel loro insieme, potrebbero essere comunque significativi. Inoltre, è possibile che le

emozioni espresse dall'individuo vengano mal interpretate o che si perda la loro dinamica nel corso di intervalli di tempo variabile o in situazioni complesse, come avviene durante un'attività di insegnamento-apprendimento (D'Mello, 2013). La metodologia osservazionale si basa principalmente sulla possibilità di riconoscere le emozioni attraverso la stima della postura e delle espressioni facciali. Quest'ultima si fonda sulla metodologia FACS (Facial Action Coding System), che permette di descrivere le espressioni facciali risultanti dai movimenti dei muscoli del viso mediante l'osservazione di un esperto (Ekman et al., 1971; Ekman & Friesen, 1986; Matsumoto & Ekman, 2009). Questi movimenti sono normalmente descritti come espressioni emotive, le quali vengono interpretate come evidenza di uno stato emozionale. Sebbene il livello di variabilità suggerisce che le configurazioni facciali siano difficili da comprendere correttamente, soprattutto in riferimento ai gesti, ai simboli e agli stereotipi culturali, l'analisi dei dati in un contesto di spazio-tempo specifico permette di ottenere informazioni affidabili sullo stato emotivo degli individui (Barrett, 2017; Barrett et al., 2011).

3. Disegno della metodologia utilizzata

La consapevolezza da parte del docente delle dinamiche emotive che si manifestano in classe e la capacità di riconoscere le emozioni degli studenti rappresentano competenze fondamentali nella formazione professionale dell'insegnante. A partire da questa considerazione, il presente studio ha avuto l'obiettivo di stimolare e osservare tali competenze nei futuri docenti. A tal fine, 40 corsisti (32 femmine e 8 maschi) dei percorsi formativi abilitanti, del Centro di Formazione per gli Insegnanti (Teaching and Learning Center) dell'Università di Firenze per le classi di concorso A034 e A050, sono stati formati sulle emozioni epistemiche che si possono individuare in un processo di apprendimento per indagine. Successivamente si è loro proposto una attività sperimentale, con l'intento di osservare una dinamica affettiva delle emozioni epistemiche in un processo di generazione cognitiva della conoscenza attraverso l'indagine, processo legato al cambiamento concettuale con un particolare riferimento teorico alla dinamica delle emozioni (Graesser, 2020). Inoltre sono state annotate le diverse fasi del metodo scientifico, l'attenzione e il coinvolgimento.

L'obiettivo della procedura era analizzare la variazione dei parametri indicati percepiti dai partecipanti e osservati attraverso i cambiamenti delle espressioni facciali, dei gesti e della postura durante le diverse fasi del processo di indagine. L'attività proposta consisteva nell'individuare il contenuto di una scatola di cartone in una simulazione di una lezione sperimentale in didattica delle Scienze. L'esperienza, già impiegata in studi precedenti (Agen & Ezquerro, 2021; Haber-Schaim et al., 1979; Solís-Espallargas et al., 2015), è stata scelta per la sua efficacia nel generare emozioni epistemiche e nel riprodurre un contesto di problem solving scientifico. Prima di iniziare l'attività, la procedura è stata spiegata ai partecipanti. Sono state descritte le difficoltà di stimare in modo attendibile e specifico le emozioni osservate in altre persone o percepite. Per questo sono state fornite indicazioni per avere uno schema di valutazione omogeneo considerando le emozioni incluse in un elenco precedentemente determinato (coerente con la base teorica illustrata) ponendo l'accento sulle fasi del processo e simulando possibili situazioni. Inoltre è stato spiegato il significato dell'attenzione e del coinvolgimento in un contesto di questo tipo.

I partecipanti venivano suddivisi in dieci gruppi, ciascuno composto da due sottogruppi: due osservatori e due osservati. Ogni gruppo disponeva di una scatola, denominata Black Box (Figura 1), identica per forma, dimensioni e contenuto. La scatola era di cartone con

dimensioni di 25x18x12 centimetri. Al suo interno conteneva tre monete da 1, 10 e 50 centesimi di euro, libere di muoversi.



Figura 1. Black Box.

Durante il processo di indagine, gli Osservati dovevano scoprirne il contenuto senza poter aprire o rompere la scatola; potevano servirsi soltanto delle proprie conoscenze tecnico-scientifiche, come osservare, formulare e verificare ipotesi, trarre conclusioni. I partecipanti sapevano che all'interno si trovano delle monete, ma non il tipo, né il numero. Non potendo aprire la scatola, dovevano manipolarla inclinandola, ruotandola e scuotendola, in modo da cercare di comprendere il contenuto attraverso i rumori generati dagli spostamenti, in particolare dallo scivolamento delle monete. L'obiettivo era scoprire tipologia e numero delle monete presenti.

L'attività si articolava in cinque sessioni della durata di due minuti ciascuna, intervallate da pause di un minuto. Durante ogni sessione, gli Osservatori registravano le fasi del metodo scientifico seguite dagli Osservati, le emozioni espresse, nonché il livello di attenzione e di coinvolgimento manifestato. Per la raccolta dei dati, gli Osservatori utilizzavano il proprio dispositivo mobile, scegliendo le opzioni delle varie voci proposte direttamente sul modulo prestabilito del Google Forms¹. Il modulo precedentemente era stato inviato all'indirizzo e-mail istituzionale di ciascun partecipante. Anche gli Osservati, a loro volta, registravano gli stessi parametri compilando il medesimo questionario, ma nei momenti di pausa di 1 minuto. Il tempo veniva scandito da un docente tutor, perché fosse il medesimo per tutti.

Entrambi i sottogruppi, Osservatori e Osservati, dovevano selezionare una delle opzioni indicate nella Tabella dei parametri utilizzati (Figura 2), per un totale di quattro risposte per ciascuna sessione. Alla fine gli Osservati avevano una risposta in più riguardo al tipo e numero delle monete, che però non è stata oggetto di analisi nel presente testo.

Al termine dell'attività ciascun partecipante doveva inviare il modulo completato. In questo modo è stato possibile raccogliere i dati direttamente in formato Excel.

¹ <https://forms.gle/oyuVoggPG5a7MjcU6>

Fase del Metodo Scientifico	Emozioni
Osservazione	Sorpresa
Approccio al problema	Divertimento
Emissione di ipotesi	Confusione
Verifica sperimentale	Frustrazione
Conclusioni	Soddisfazione
Comunicazione dei risultati	Noia
Attenzione	Coinvolgimento
Alto	Alto
Basso	Basso
Assente	Assente

Figura 2. Tabella dei parametri analizzati.

4. Risultati e analisi

I dati delle risposte raccolti attraverso il modulo online sono stati analizzati. L'analisi si riferisce ai cinque tempi dell'attività, durante i quali i partecipanti hanno indicato le diverse fasi del metodo scientifico, le emozioni espresse o percepite e il loro livello di attenzione e coinvolgimento, questi ultimi interpretati complessivamente come attivazione cognitiva. È stato analizzato anche il flusso emotivo che caratterizza le diverse fasi del metodo

4.1. Fasi del metodo scientifico

Sia gli Osservatori che gli Osservati hanno mostrato una sequenza che privilegia inizialmente l'osservazione, l'approccio al problema e l'emissione di ipotesi (Figure 3 e 4).

Quest'ultima si è mantenuta anche nei tempi centrali e successivi finali, anche se in forma più contenuta. Nel tempo centrale si è osservato un aumento consistente della verifica sperimentale, seguita nei tempi finali, prima da un aumento delle conclusioni e successivamente dalla comunicazione dei risultati.

È possibile notare come le sequenze delle fasi del metodo scientifico siano congrue con quanto ci possiamo aspettare da un'attività sperimentale di questo tipo.

Tra i due gruppi dei partecipanti, Osservatori e Osservati, ci sono alcune differenze di intensità, ma sostanzialmente le sequenze sono sovrapponibili.

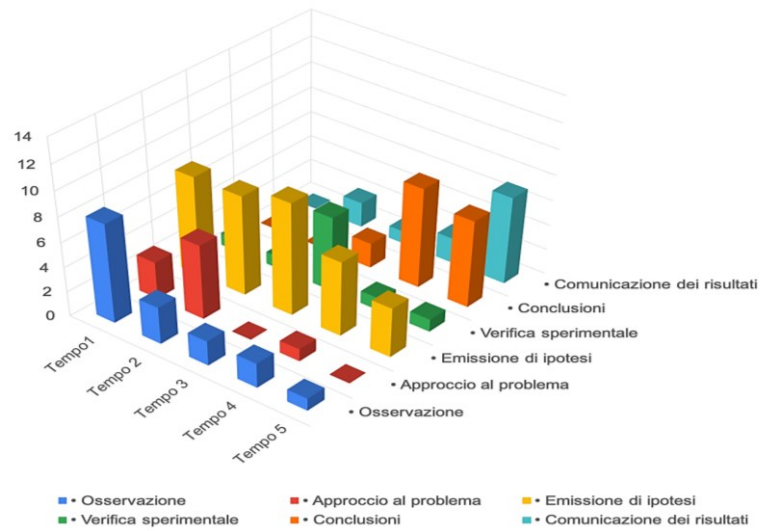


Figura 3. Osservatori: fasi del metodo scientifico.

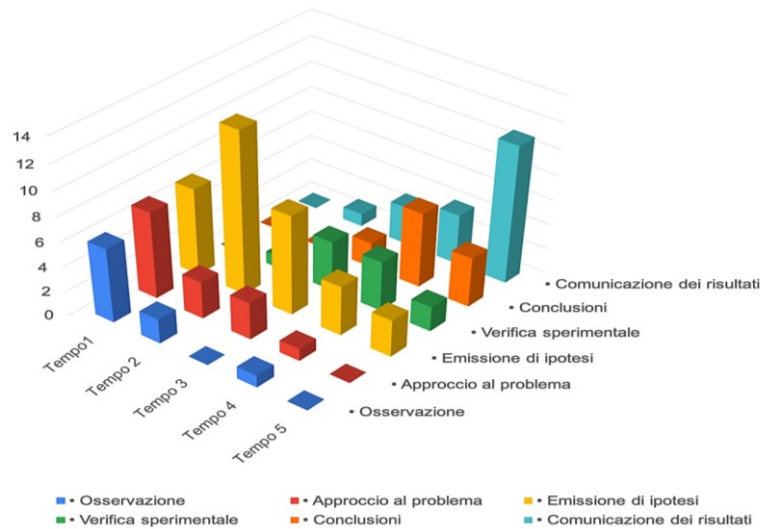


Figura 4. Osservati: fasi del metodo scientifico.

4.2. Emozioni osservate

Le attività e gli atteggiamenti dei partecipanti stessi hanno determinato, attraverso la conduzione delle fasi, gli stimoli per i distinti picchi di ciascuna emozione.

Inizialmente è possibile notare come, per entrambi i sottogruppi dei partecipanti, il divertimento sia stata l'emozione prevalente, insieme alla confusione (Figure 5 e 6).

La sorpresa ha i suoi valori più alti nei tempi iniziali, ma decisamente contenuti. Questo trova coerenza con il fatto che la scatola era sigillata e l'aspetto della scena non variava dall'inizio alla fine. Con il passare del tempo la confusione, presente anche nel tempo centrale, ha lasciato spazio alla frustrazione, successivamente alla soddisfazione e nell'ultimo tempo alla noia. Per entrambi i sottogruppi si può notare un flusso che descrive chiaramente il succedersi delle emozioni. Ciò risulta evidente per le emozioni più caratterizzanti in relazione alle fasi del metodo, nelle grafiche delle Figure 5 e 6.

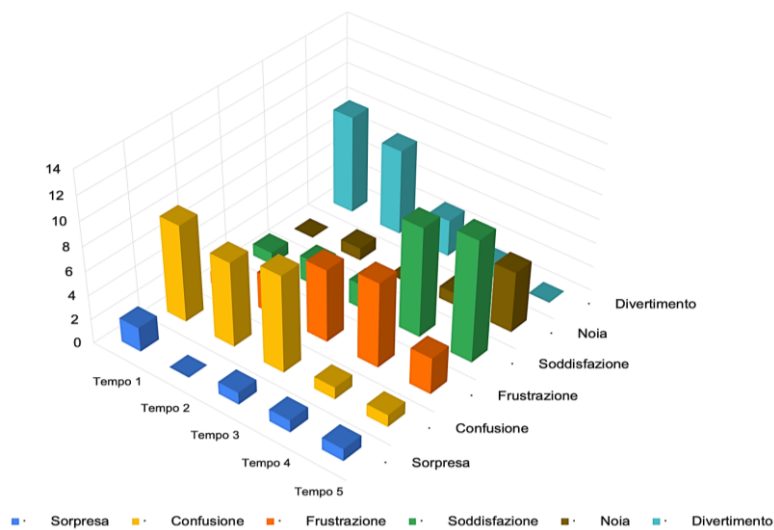


Figura 5. Osservatori: flusso delle emozioni nel tempo.

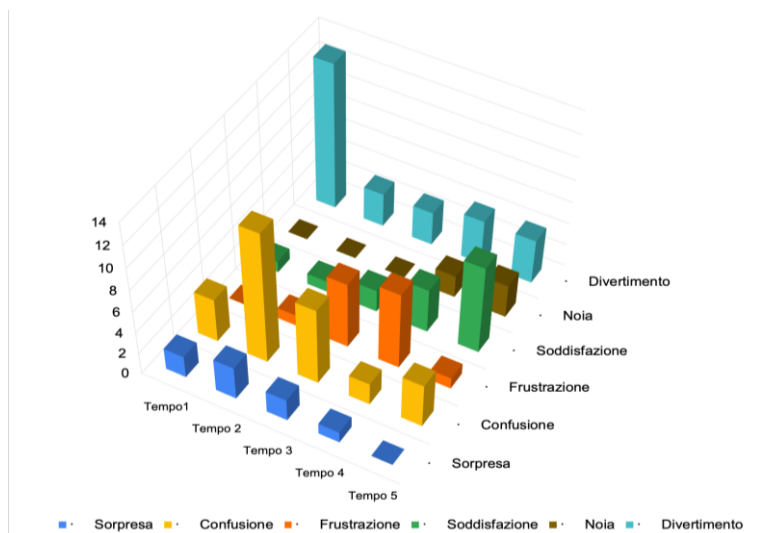


Figura 6. Osservati: flusso delle emozioni nel tempo.

4.3. Flusso delle emozioni rispetto alle fasi del metodo

Nel raffronto tra le emozioni più caratterizzanti e le fasi del metodo, durante i cinque tempi registrati, è possibile osservare come queste mostrino un flusso caratteristico coerente con quanto sperimentato dai partecipanti durante le varie fasi. Inizialmente le fasi di osservazione e approccio al problema si caratterizzano per sorpresa, divertimento e confusione. Successivamente, quando gli Osservati dovevano formulare delle ipotesi (emissione di ipotesi), la principale emozione è la confusione, diminuisce il divertimento ed inizia la frustrazione, segnale del crescente impegno cognitivo richiesto per generare e sostenere spiegazioni plausibili. Nelle fasi centrali e finali, l'insistere di emozioni quali la confusione e l'aumento di emozioni negative, come la frustrazione, durante la verifica sperimentale e le conclusioni, suggerisce che le sfide cognitive nel tempo possono creare una dinamica che oscilla tra motivazione e delusione. Evidentemente il dover affrontare le difficoltà di scoprire il contenuto della scatola aumenta la tensione tra i partecipanti, che

diventa più intensa quando devono verificare le proprie ipotesi (verifica sperimentale). La fase delle conclusioni mostra una suddivisione emotiva: da un lato la frustrazione, come emozione epistemica negativa connessa all'incertezza o all'errore; dall'altro la soddisfazione, emozione positiva che accompagna la percezione di successo o la conferma di ipotesi ritenute corrette.

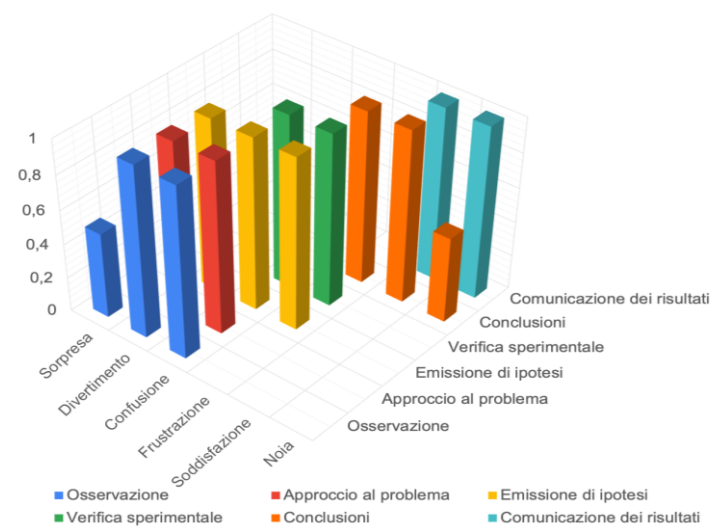


Figura 7. Osservatori: emozioni caratterizzanti le fasi del metodo.

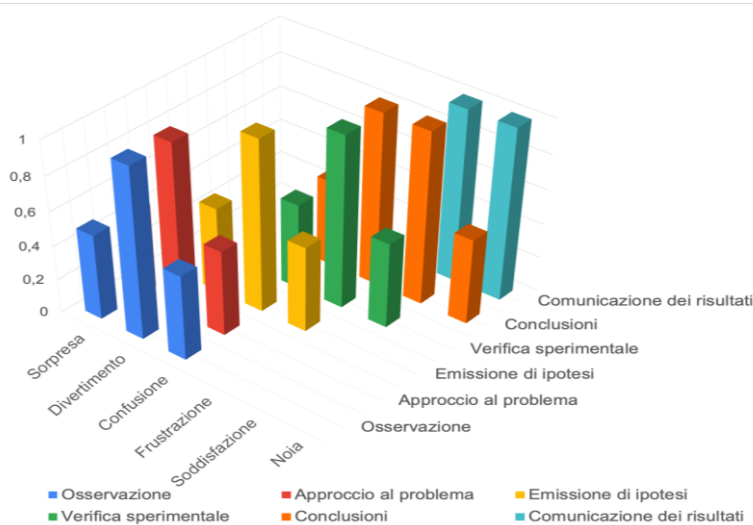


Figura 8. Osservati: emozioni caratterizzanti le fasi del metodo.

Successivamente, la frustrazione può trasformarsi in noia per coloro che non si sentono soddisfatti delle proprie conclusioni, mentre per altri si consolida la soddisfazione, a testimonianza della varietà di esiti emotivi possibili a conclusione del processo. Infine, la fase di comunicazione dei risultati si caratterizza prevalentemente per la soddisfazione per chi percepisce di aver raggiunto l'obiettivo e per la noia, per chi vive invece una sorta di distacco emotivo o di riduzione della motivazione dopo l'impegno cognitivo sostenuto.

Nel caso degli Osservatori (Figura 7) è possibile notare un flusso sovrapponibile con l'altro

sottogruppo degli Osservati (Figura 8), anche se per questi ultimi sembra essere più sfumato il passaggio da un tempo a quello successivo. Queste parziali differenze tra i due tipi di sottogruppi potrebbero indicare una difficoltà maggiore per gli Osservati nell'annotare con precisione i vari parametri, dato che le loro annotazioni avvenivano in un intervallo di soli sessanta secondi tra una sessione e l'altra. In questo breve lasso di tempo, dovevano richiamare alla memoria i parametri osservati e valutarne l'intensità, mentre la loro attenzione principale restava rivolta al compito di indagare il contenuto della scatola.

4.4. Attivazione: attenzione e coinvolgimento

I dati raccolti mostrano livelli di attenzione e coinvolgimento elevati durante tutte le fasi (Figure 9 e 10). Tale risultato evidenzia una costante attivazione cognitiva dei partecipanti, elemento che conferma la capacità delle attività di indagine di mantenere elevato l'interesse e la partecipazione anche in presenza di sfide cognitive significative.

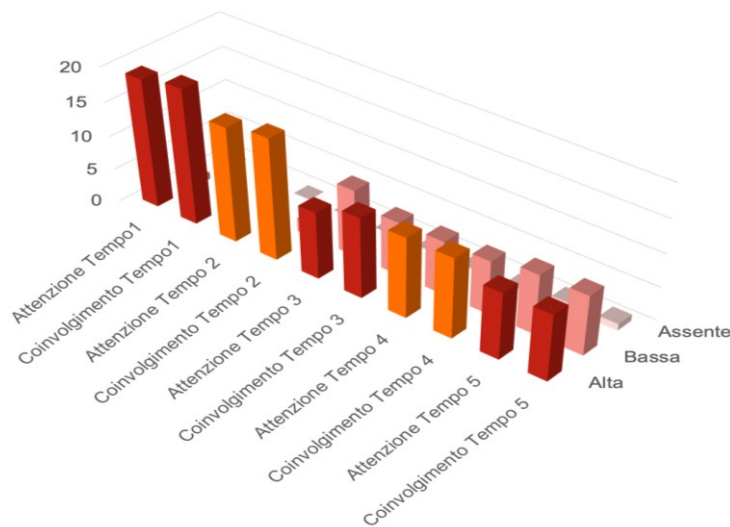


Figura 9. Osservatori: andamento dell'attenzione e coinvolgimento nel tempo.

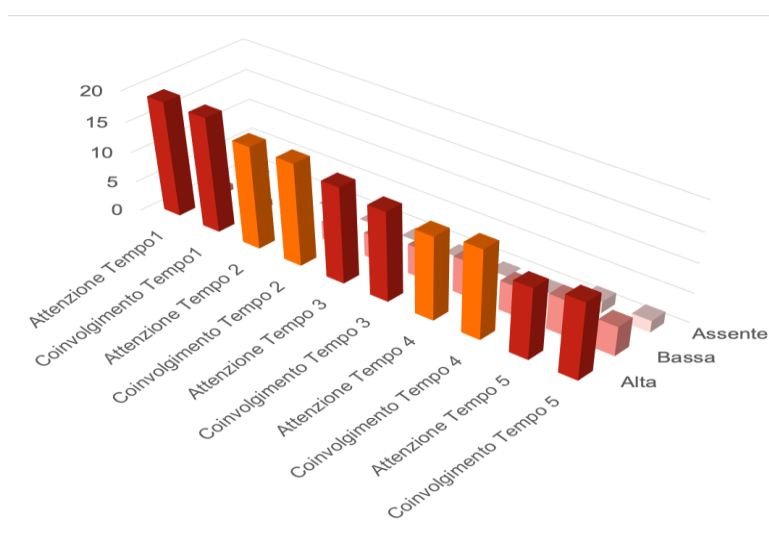


Figura 10. Osservati: andamento dell'attenzione e coinvolgimento nel tempo.

Nel dettaglio è possibile osservare un andamento decrescente dell'intensità. Le risposte indicate con maggiore intensità per i parametri attenzione e coinvolgimento sono state registrate nelle fasi iniziali, in corrispondenza delle fasi di osservazione e formulazione delle ipotesi. Mentre è possibile osservare una diminuzione dell'attivazione nelle fasi successive, come durante la verifica sperimentale, in particolare in corrispondenza dei picchi di emozioni come soddisfazione, frustrazione e noia. In questo caso la tendenza dei parametri attenzione e coinvolgimento è sovrapponibile per entrambi i sottogruppi, anche se gli Osservatori hanno registrato un calo più netto dopo le prime fasi, mentre la percezione degli Osservati è stata più graduale.

5. Conclusioni

Questa attività di apprendimento per indagine ha permesso di mettere in evidenza il flusso di emozioni, le fasi del metodo scientifico e l'attivazione registrati dai partecipanti per cinque intervalli di tempo, durante i quali dovevano scoprire il contenuto in monete di una scatola chiusa (Black Box). Sono state utilizzate due metodologie per raccogliere i dati dei partecipanti, il metodo osservazionale per il sottogruppo degli Osservatori e il metodo auto-dichiarativo per quello degli Osservati.

L'analisi del flusso emotivo dei due sottogruppi ci ha permesso di rispondere al primo quesito. È emerso che, in modo analogo per entrambi i sottogruppi, la presenza delle emozioni positive (sorpresa, divertimento e soddisfazione) e negative (confusione, frustrazione e noia) è stata associata alle transizioni delle diverse fasi dell'attività. Le emozioni di sorpresa, divertimento e confusione sono state maggiormente espresse nelle fasi iniziali di osservazione e approccio al problema. Questo sembra suggerire che gli Osservati erano motivati a esplorare e comprendere il contenuto della scatola. La confusione si è mantenuta alta nel tempo centrale, in corrispondenza nella fase di verifica sperimentale, indicando che i partecipanti affrontavano sfide per risolvere i problemi posti dall'approccio al problema ed emissione di ipotesi. Si può notare come il protrarsi dell'attività con la necessità di dare risposte e l'incertezza della conferma delle ipotesi formulate, porti ad emozioni negative come la frustrazione, raggiungendo il picco massimo al penultimo tempo registrato, e la noia nell'ultimo tempo, in corrispondenza del minimo di valori di attenzione e coinvolgimento. È quindi possibile concludere che la dinamica del flusso delle emozioni sia legata al contesto delle fasi del metodo sperimentate e che entrambe si influenzano reciprocamente. I risultati ottenuti mostrano che le emozioni svolgono un ruolo cruciale nel determinare l'efficacia delle attività didattiche basate sull'indagine sperimentale.

In risposta al secondo quesito si è rilevato un alto livello dell'attivazione con un chiaro decremento nel tempo. Le emozioni attivanti divertimento e confusione sono state predominanti durante le fasi iniziali dell'attività, favorendo un elevato livello di attivazione. In particolare il divertimento, in relazione con la progressione dell'attenzione e del coinvolgimento, indica una funzione iniziale attivatrice, che sembra lasciare il posto successivamente all'altra emozione positiva, la soddisfazione, nella fase finale della attività. In quest'ultimo caso l'attivazione appare minore, questo sembra suggerire, almeno in parte, l'interpretazione della soddisfazione come un appagamento disattivante, con diminuzione generale dell'attenzione e del coinvolgimento.

È opportuno considerare quanto sia determinante il ruolo attivante o disattivante di una stessa emozione. La frustrazione appare al centro della dinamica tra confusione,

soddisfazione e noia, probabilmente la sua gestione personale e il supporto o meno dei colleghi (peer-tutoring) può determinare un tentativo ulteriore di risolvere il problema (attivante) o portare alla decisione di abbandonarlo (disattivante).

La nostra analisi permette di concludere che le emozioni sono strettamente legate al processo di apprendimento, in particolare in attività che richiedono una continua revisione delle proprie ipotesi e strategie cognitive. Questi risultati sottolineano l'importanza di una adeguata gestione delle emozioni sia da parte degli insegnanti che degli studenti, per favorire un ambiente di apprendimento produttivo e stimolante. Tali evidenze incoraggiano a integrare la teoria delle emozioni e le pratiche di educazione emotiva nei percorsi di formazione iniziale e continua degli insegnanti, affinché questi possano riconoscere, interpretare e gestire efficacemente le dinamiche affettive che emergono in contesti di apprendimento.

Infine, questo studio presenta le limitazioni insite in questo tipo di metodologie osservazionale e dichiarativa, descritte nel quadro teorico, oltre al limitato numero di partecipanti per poter avere significato statistico.

Riferimenti bibliografici

- Agen, F., & Ezquerro, A. (2021). Análisis de las emociones en el trabajo de indagación: «La Caja Negra». *Investigación en la Escuela*, 103, 125–138. <http://dx.doi.org/10.12795/IE.2021.i103.09>
- Artino, A. R., Holmboe, E. S., & Durning, S. J. (2012). Control-Value Theory: Using Achievement Emotions to Improve Understanding of Motivation, Learning, and Performance in Medical Education: AMEE Guide No. 64. *Medical Teacher*, 34(3), e148–e160. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.651515>
- Azari, B., Westlin, C., Satpute, A., Hutchinson, J. B., Kragel, P. A., Hoemann, K., Khan, Z., Wormwood, J. B., Quigley, K. S., Erdogmus, D., Dy, J., Brooks, D. H., & Barrett, L. F. (2020). Comparing Supervised and Unsupervised Approaches to Emotion Categorization in the Human Brain, Body, and Subjective Experience. *Scientific Reports*, 10, 20284. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77117-8>
- Baker, R., D'Mello, S. K., Rodrigo, M. M., & Graesser, A. C. (2010). Better to be Frustrated Than Bored: The Incidence, Persistence, and Impact of Learners' Cognitive-Affective States During Interactions with Three Different Computer-Based Learning Environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68, 223–241.
- Barrett, L. F. (2016). The Theory of Constructed Emotion: An Active Inference Account of Interoception and Categorization. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, nsw154. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw154>
- Barrett, L. F. (2017). *How Emotions are Made: The Secret Life of the Brain*. Pan Macmillan.
- Barrett, L. F., Adolphs, R., Marsella, S., Martinez, A. M., & Pollak, S. D. (2019). Emotional Expressions Reconsidered: Challenges to Inferring Emotion From Human Facial Movements. *Psychological Science in the Public Interest*, 20(1), 1–68.

- Barrett, L. F., Mesquita, B., & Gendron, M. (2011). Context in Emotion Perception. *Current Directions in Psychological Science*, 20(5), 286–290.
- Bisquerra, R. (2003). Educación emocional y competencias básicas para la vida. *Revista de Investigación Educativa*, 21(1), 7–43.
- Bisquerra, R., & Pérez, N. (2007). Las competencias emocionales. *Educación XXI*, 10, 61–82.
- Borrachero, A. B., Dávila, M. A., & Mellado, L. (2015). La influencia de las emociones en la elección de los itinerarios científicos. In *Conference: V Jornadas Emoción y Bienestar At: Madrid (Spain)*. Madrid (Spain).
- Borrachero, A. B., Mellado, V., & Cañada, F. (2014). *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas*. Universidad de Extremadura.
- Brígido, M., Bermejo, M. L., Conde, M. C., & Mellado, V. (2010). The Emotions in Teaching and Learning Nature Sciences and Physics/Chemistry in Pre-Service Primary Teachers. *US-China Education Review*, 7(12). <https://eric.ed.gov/?id=ED514884>
- Bueno, D. (2017). *Neurociencia para educadores*. Octaedro.
- Costillo, E., Borrachero, A. B., Brígido, M., & Mellado, V. (2013). Las emociones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas de futuros profesores de Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(extra), 514–532. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.iextra.03
- D’Mello, S. (2013). A Selective Meta-Analysis on the Relative Incidence of Discrete Affective States During Learning with Technology. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 1082–1099.
- D’Mello, S., Dieterle, E., & Duckworth, A. (2017). Advanced, Analytic, Automated (AAA) Measurement of Engagement During Learning. *Educational Psychologist*, 52(2), 104–123.
- D’Mello, S., & Graesser, A. C. (2012). Dynamics of Affective States During Complex Learning. *Learning and Instruction*, 22(2), 145–157.
- D’Mello, S., & Graesser, A. C. (2014). Confusion and Its Dynamics During Device Comprehension with Breakdown Scenarios. *Acta Psychologica*, 151, 106–116.
- D’Mello, S. K., Lehman, B. A., Pekrun, R., & Graesser, A. C. (2014). Confusion Can be Beneficial for Learning. *Learning and Instruction*, 29, 153–170.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1986). A New Pan-Cultural Facial Expression of Emotion. *Motivation and Emotion*, 10(2), 159–168.
- Ekman, P., Friesen, W. V., & Tomkins, S. (1971). Facial Affect Scoring Technique: A First Validity Study. *Semiotica*, III.
- Extremera, N., & Fernández-Berrocal, P. (2004). El papel de la inteligencia emocional en el alumnado: evidencias empíricas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 6(2), 1–17.
- Ezquerro, A., Agen, F., Rodríguez-Arteche, I., & Ezquerro-Romano, I. (2022). Integrating Artificial Intelligence into Research on Emotions and Behaviors in Science

- Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(4), em2099. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11927>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109.
- Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ*. Bantam Books.
- Graesser, A. C. (2020). Emotions are the Experiential Glue of Learning Environments in the 21st Century. *Learning and Instruction*, 70, 101212.
- Haber-Schaim, U., Cross, J. B., Abegg, G. L., Dodge, J. H., & Walter J. A. (1979). *Curso de introducción a las ciencias físicas*. Reverté.
- Hargreaves, A. (1998). The Emotional Practice of Teaching. *Teaching and Teacher Education*, 14(8), 835–854.
- Harley, J. M., Jarrell, A., & Lajoie, S. P. (2019). Emotion Regulation Tendencies, Achievement Emotions, and Physiological Arousal in a Medical Diagnostic Reasoning Simulation. *Instructional Science*, 47, 151–180.
- Harley, J. M., Lajoie, S. P., Frasson, C., & Hall, N. (2017). Developing Emotion-Aware, Advanced Learning Technologies: A Taxonomy of Approaches and Features. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27, 268–297.
- Izard, C. E. (2009). Emotion Theory and Research: Highlights, Unanswered Questions, and Emerging Issues. *Annual Review of Psychology*, 60, 1–25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.60.110707.163539>
- Knörzer, L., Brünken, R., & Park, B. (2016). Facilitators or Suppressors: Effects of Experimentally Induced Emotions on Multimedia Learning. *Learning and Instruction*, 44, 97–107.
- Kuppens, P., Tuerlinckx, F., Russell, J. A., & Barrett, L. (2013). The Relation Between Valence and Arousal in Subjective Experience. *Psychological Bulletin*, 139(4), 917–940.
- Larruzea-Urkixo, N., Cardeñoso, M.O., & Idoiaga Mondragon, N. (2020). El alumnado del Grado de Educación ante las tareas universitarias: emoción y cognición. *Educación XXI*, 23(1). <https://doi.org/10.5944/educXXI.23453>
- Lehman, B., D’Mello, S., & Graesser, A. (2012). Confusion and Complex Learning During Interactions with Computer Learning Environments. *The Internet and Higher Education*, 15(3), 184–194.
- Loderer, K., Pekrun, R., & Plass, J. L. (2019). Affective Foundations of Game-Based Learning. In J. L. Plass, E. Richard, R. E. Mayer, & B. D. Homer (Eds.), *The Handbook of Game-based Learning* (pp. 111–151). MIT Press.
- Marcos-Merino, J. M., Esteban Gallego, M. R., & Gómez Ochoa de Alda, J. A. (2021). Conocimiento previo, emociones y aprendizaje en una actividad experimental de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 107–124. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3361>

- Matsumoto, D., & Ekman, P. (2009). Basic Emotions. In D. Sander & K. R. Scherer (Eds.), *The Oxford Companion to Emotion and the Affective Sciences* (pp. 69–73). Oxford University Press.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez-Borreguero, G., Ruiz, C., Sánchez-Martín, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez-Bernal, B., Jiménez, R., & Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11–36. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>
- Mellado, L., Montaña, J., Luengo, M. R., & Bermejo, M. (2017). Cambios en las emociones y en las metáforas sobre el rol docente y del alumnado, del futuro profesorado de Ciencias de Secundaria, tras las prácticas de enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14, 487–504.
- Metcalfe, J., Schwartz, B. L., & Eich, T. S. (2020). Epistemic Curiosity and the Region of Proximal Learning. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 35, 40–47.
- Ochoa de Alda, J. A. G., Marcos-Merino, J. M., Méndez Gómez, F. J., Mellado Jiménez, V., & Esteban Gallego, M.R. (2019). Emociones académicas y aprendizaje de biología, una asociación duradera. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 43–61 <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2598>
- Pascual-Leone, A., Fernández, A., & Bartrés-Vaz, D. (2019). *El cerebro que cura*. Plataforma.
- Pekrun, R. (2006). The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341.
- Pekrun, R. (2017). Emotion and Achievement During Adolescence. *Child Development Perspectives*, 11, 215–221.
- Pekrun, R., & Goetz, T. (2023). How Universal are Academic Emotions? A Control-Value Theory Perspective. In G. Hagenauer, R. Lazarides & H. Järvenoja (Eds.), *Motivation and Emotion in Learning and Teaching across Educational Contexts: Theoretical and Methodological Perspectives and Empirical Insights* (pp. 85-99). Routledge.
- Pekrun, R., & Linnenbrink-Garcia, L. (2014). *International Handbook of Emotions in Education*. Taylor y Francis.
- Pekrun, R., & Stephens, E. J. (2012). Academic Emotions. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, S. Graham, J. M. Royer, & M. Zeidner (Eds.), *APA Educational Psychology Handbook, Vol. 2. Individual Differences and Cultural and Contextual Factors* (pp. 3–31). American Psychological Association.
- Pekrun, R., Vogl, E., Muis, K. R., & Sinatra, G. M. (2017). Measuring Emotions During Epistemic Activities: The Epistemically-Related Emotion Scales. *Cognition and Emotion*, 31, 1268–1276.
- Plass, J. L., Homer, B. D., Macnamara, A., Ober, T. M., Rose, M. C., Pawar, S., Hovey, C. M., & Olsen, A. (2019). Emotional Design for Digital Games for Learning: The Effect of Expression, Color, Shape, and Dimensionality on the Affective Quality of Game Characters. *Learning and Instruction*, 101194.

- Rebollo-Catalán, A., García-Pérez, R., Buzón-García, O., & Vega-Caro, L. (2014). Las emociones en el aprendizaje universitario apoyado en entornos virtuales: diferencias según actividad de aprendizaje y motivación del alumnado. *Revista Complutense de Educación*, 25(1). https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2014.v25.n1.41058
- Reeve, J., & Tseng, C. M. (2011). Agency as a Fourth Aspect of Students' Engagement During Learning Activities. *Contemporary Educational Psychology*, 36(4), 257–267.
- Russell, J. A. (1980). A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178.
- Sáenz-López, B., Almagro Torres, B. J., Conde García, C., Heras Pérez, M. Á. de las, Fernández Ozcorta, E. J., Fierro Suero, S., González Castanedo, Y., Paramio Pérez, G., Rebollo González, J. A., & Romero Fernández, R. (2021). *Cómo mejorar el clima emocional en las aulas universitarias*. Universidad de Huelva.
- Salovey, P., & Mayer, J. D. (1990). Emotional Intelligence. *Imagination, Cognition and Personality*, 9(3), 185–211.
- Savekar, A., Tarai, S., Singh, M., & Kumar, R. (2021). Impact of Prosocial and Positive Emotional Languages of Teacher on Habits of Students: Some Quantitative Empirical Evidence. *Journal of Language and Linguistic Studies*, 17, 60–68.
- Silvia, P. J. (2010). Confusion and Interest: The Role of Knowledge Emotions in Aesthetic Experience. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4(2), 75.
- Solís-Espallargas, C., Escriva, I., & Rivero, A. (2015). Una experiencia de aprendizaje por investigación con cajas negras en formación inicial de maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 167–177.
- Todd, R. M., Miskovic, V., Chikazoe, J., & Anderson, A. K. (2020). Emotional Objectivity: Neural Representations of Emotions and Their Interaction with Cognition. *Annual Review of Psychology*, 71, 25–48. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010419-051044>
- van Uum, M.S., Verhoeff, R., & Peeters, M. (2016). Inquiry-Based Science Education: Towards a Pedagogical Framework for Primary School Teachers. *International Journal of Science Education*, 38, 450–469.
- Vázquez, A., & Manassero, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 247–271.
- Vilhunen, E., Tang X., Juuti K., Lavonen J., & Salmela-Aro K. (2021) Instructional Activities Predicting Epistemic Emotions in Finnish Upper Secondary School Science Lessons: Combining Experience Sampling and Video Observations. In O. Levrini, G. Tasquier, T. G. Amin, L. Branchetti, M. Levin (Eds.), *Engaging with Contemporary Challenges through Science Education Research. Contributions from Science Education Research*, 9.
- Vogl, E., Pekrun, R., Murayama, K., & Loderer, K. (2020). Surprised–Curious–Confused: Epistemic Emotions and Knowledge Exploration. *Emotion*, 20(4), 625.